



O ENSINO DA TERMODINÂMICA NA PERSPECTIVA SOCIOINTERACIONISTA: proposta de um livro paradidático

THE TEACHING OF THERMODYNAMICS IN SOCIO-INTERACIONAL METHODOLOGY: proposal of an additional book

Nilton von Rondow Júnior¹

¹Mestrando do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da PUC-MG e Professor de Física do Ensino Médio das redes pública e privada em Belo Horizonte / *rondow@ibest.com.br*

Lídia Maria Luz Paixão Ribeiro de Oliveira² (orientadora)

² Professora do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da PUC – MG / *lidiamro@pucminas.br*

Resumo

Este artigo apresenta parte da investigação do trabalho de mestrado a respeito do ensino da conservação da energia e da termodinâmica na perspectiva de Vygotsky. Entende-se que o aluno aprende mais e melhor quando toma consciência da importância dos conteúdos para sua vida e para seu momento histórico, e quando percebe a relevância de suas ações como sujeito sócio-histórico. Analisamos as perspectivas de aprendizagem numa dinâmica dialética respeitando a legislação educacional brasileira e os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM). Este trabalho será a base para a produção de um livro paradidático que servirá como ferramenta mediadora nas atividades em sala de aula.

Palavras-chave: materialismo dialético; ensino; física; termodinâmica; conservação da energia.

Abstract

This paper presents part of the investigation in mastership's level on about teaching of energy conservation and thermodynamics in Vygotsky's perspective. The student learns better and more when creates the conscience of importance of the themes and topics for his life and his historic moment, and when it is felt the relevance of own actions as part of social-historic subject. We analyzed the perspectives of learning in dialectic dynamic respecting the Brazilian educational laws and National Curricular Parameters of Middle School (PCNEM). This study will be the mainstay for the production of an additional book which will serve as a mediator tool to activities in classroom.

Keywords: dialectical materialism; teaching; physics; thermodynamics; energy conservation.

INTRODUÇÃO

O presente artigo é parte de uma pesquisa ainda em desenvolvimento para elaboração de uma dissertação de mestrado a respeito do ensino da termodinâmica na perspectiva sociointeracionista. Entende-se que o aluno aprende na medida em que pode interagir com o meio em que vive, sendo tal interação facilitada por instrumentos mediadores, sejam físicos ou simbólicos. Nossa pesquisa tem como fim último a concepção de um livro paradidático e um “relato de experiência” resultante de sua aplicação. O paradidático abordará a caminhada

da humanidade nos últimos dois ou três séculos desde o advento da Primeira Revolução Industrial, quando se inicia de fato o desenvolvimento de novas técnicas e teorias a respeito do calor e da energia, até os dias de hoje, quando não são incomuns as discussões acerca da viabilidade do uso de cada uma das fontes energéticas. O livro paradidático, produto desta pesquisa, será, portanto, o instrumento mediador, tanto físico como simbólico, na relação ensino-aprendizagem da Termodinâmica, visando à preparação do aluno, quanto ao conteúdo escolhido, no que diz respeito à construção de sua cidadania, enquanto sujeito consciente de sua atuação no meio em que vive.

A partir da premissa de que precisamos inovar as nossas estratégias de ensino-aprendizagem em sala de aula para que a escola proporcione aos seus alunos momentos de verdadeira aprendizagem e que os conteúdos disciplinares façam, portanto, sentido para os alunos de hoje, analisaremos, no presente artigo, a construção e a aplicação de um livro paradidático voltado para estudantes da segunda série do ensino médio. O livro terá como conteúdo fundamental a Conservação da Energia e a Termodinâmica. Ao estruturarmos cada um de seus capítulos, procuraremos criar uma ferramenta capaz de auxiliar o professor de Física no que tange ao aspecto da significação dos conteúdos tratados e, principalmente, no processo de conscientização do aluno como sujeito atuante no mundo de seu tempo. Não partimos da concepção de que cada pessoa, em seu meio social, é apenas um pequeno fragmento da sociedade e que, portanto, suas ações isoladas são irrelevantes ou não trazem consequências apreciáveis ao meio em que vive. Segundo esta concepção, ações humanas somente seriam apreciáveis quando somadas com de muitas outras pessoas. A concepção da qual partimos, ao contrário desta, é aquela segundo a qual cada sujeito contém em si toda a complexidade da sociedade de seu tempo e, por isto mesmo, suas ações individuais terão consequências destrutivas ou humanizadoras ao longo da História. Neste sentido, podemos dizer que a ação ou contribuição de um indivíduo consciente das necessidades humanistas de seu tempo, pode ser o passo à frente que toda a humanidade dará rumo a uma sociedade mais civilizada, cujo fim último deveria ser a humanidade como um todo e não os valores impostos pela lógica capitalista. É preciso que o aluno se conscientize de que é um *ser social* e entenda, portanto, o quanto suas decisões afetam a sociedade e a natureza à sua volta, para que suas ações sejam voltadas para a construção de sua cidadania.

Vygotsky tratou deste tema com grande propriedade e enfatizou a importância do meio e dos instrumentos mediadores na construção da estrutura cognitiva do homem. Para Vygotsky, é na interação com o seu meio e com as outras pessoas que compõem este meio que o homem aprende, ou seja, o mundo exterior produz os estímulos moduladores do comportamento humano (Van der Veer; Valsiner, 2006, p. 63). Propõe ele uma relação baseada no materialismo dialético de K. Marx e F. Engels, em que o homem através da transformação consciente da natureza (ato teleológico), transforma também a si mesmo (se torna, assim, mais humano, ou seja, se diferencia cada vez mais dos outros animais). As mudanças históricas ocorridas na estrutura social conduzem a transformações na natureza humana (Palangana, 1998, p. 93). O homem é o construtor de seu tempo e de sua história, não apenas um espectador passivo. Se ele participa da edificação das coisas e fatos de seu momento, por consequência acaba construindo a si mesmo numa relação de mão dupla entre ele e os objetos com os quais interage. Nas palavras de Cole e Scribner: “[...] De acordo com Marx, mudanças históricas na sociedade e na vida material produzem mudanças na ‘natureza humana’ (consciência e comportamento)” (Cole; Scribner *in* Vygotsky, 2007, p. XXV).

Para Marx e Engels “não é a consciência que determina a vida, mas a vida que determina a consciência” (Marx; Engels, 1999, p. 37), ou seja, o ponto de partida é aquilo que eles chamam de “vida real”. Ela determinará o pensamento humano com suas representações e idéias. A produção material humana determinará a formação das idéias, sem impedir que uma visão crítica e rigorosa da realidade que vivemos possa impulsionar visões de mundo,

idéias, completamente inovadoras e emancipadoras que, por sua vez, possam se manifestar através de ações éticas e revolucionárias.

Torna-se desafiador para o professor transportar tudo isso para a dinâmica da sala de aula. No caso específico dos temas propostos neste trabalho, o tratamento histórico e a análise dos últimos dois ou três séculos constituem-se alicerces imprescindíveis tanto para a compreensão por parte do aluno de todos os fatores que levaram a humanidade a se estruturar científica e, porque não dizer, filosoficamente neste início de século XXI, como também para que ele possa compreender seu verdadeiro papel sócio-histórico. Mesclar os conteúdos básicos normalmente tratados nas aulas de Física com temas voltados para a história e a filosofia tornar-se-á mais fácil com o uso do texto paradidático.

Este tipo de recurso dispõe de uma flexibilidade tanto no momento de sua construção como quando de seu uso com os alunos. Flexibilidade que se evidencia por não estar engessado pelo conteúdo curricular próprio dos livros didáticos. Será, então, apresentado como uma ferramenta voltada para a mediação aluno/professor, aluno/objeto de estudo e até mesmo na mediação aluno/aluno. Reportando-nos ainda a Vygotsky, vale lembrar que para ele o homem desde cedo vai interagir com seu meio através de ferramentas mediadoras, sejam elas concretas ou psicológicas, ou seja, símbolos, linguagens ou ferramentas construídas pelo próprio homem. “O instrumento é um elemento interposto entre o trabalhador e o objeto de seu trabalho, ampliando as possibilidades de transformação da natureza” (OLIVEIRA, 2003, p. 29).

Desta forma entendemos que o texto paradidático, desde que bem produzido e bem aproveitado, pode se constituir em instrumento de grande utilidade para o trabalho do professor. Este poderá levar ao aluno novas informações e novos questionamentos, inexistentes nos livros didáticos.

Acreditamos na possibilidade de esta pesquisa indicar caminhos possíveis e inovadores quanto ao trabalho em sala de aula, na segunda série do ensino médio, no tratamento do conteúdo escolhido. No entanto acreditamos também na possibilidade de tratamento de outros conteúdos na perspectiva adotada, apontando possibilidades da Física se associar a conteúdos de outras disciplinas, dialogando inclusive com as ciências humanas, tangenciando-se assim a verdadeira interdisciplinaridade.

LEIS E PARÂMETROS EDUCACIONAIS

Ao pretender que um aluno compreenda os processos que levam à construção do conhecimento científico em sua totalidade e também que ele tenha algum domínio dos diversos conceitos próprios da ciência, utilizando os mesmos de forma competente em seu contexto social, como autor da História, deseja-se, não apenas agora, mas já desde as últimas décadas do século anterior, que este aluno se veja em um processo sócio-histórico, capaz também de perceber como as novas tecnologias se inserem em seu cotidiano doméstico, social e profissional (Pena, 2007).

Almeja-se que o cidadão saiba interagir com o meio em que vive e intervir com respostas teleológicas¹ de seu tempo, participando das decisões mais importantes do seu momento histórico. No que diz respeito à ciência ou à alfabetização científica do cidadão, há pontos de vista conflitantes quanto à necessidade e principalmente quanto à possibilidade de se conseguir que “todos os cidadãos tenham acesso aos conhecimentos científicos e, tomando estes conhecimentos como suporte, possam interferir nas decisões mais importantes da sociedade” (Praia *et al.*, 2007, p. 143). Atestam, Praia *et al.*, a importância de oportunizar aos

¹ Teleologia: “O termo foi criado por Wolff para indicar ‘a parte da filosofia natural que explica os fins das coisas.’ O mesmo que finalismo” (Abbagnano, 1970, p. 907). Respostas teleológicas libertadoras são dadas por pessoas dotadas de uma visão abrangente e rigorosa da realidade de seu tempo.

alunos “ocasiões para analisar os problemas globais” que hoje se apresentam e, ao mesmo tempo, buscar soluções para os mesmos. Desta forma, entendem Praia *et al.*, os estudantes teriam a oportunidade de se constituir como “cidadãos e cidadãs responsáveis” (Praia *et al.*, 2007, p. 145). Corroboram, é claro, com o que afirmamos anteriormente a respeito da necessidade de se formar pessoas preparadas para o mundo do trabalho, mas, ao mesmo tempo, sintonizadas com os problemas mais emergentes de seu tempo.

É importante também observar a forma como os conteúdos são levados até os alunos e, tratando-se de currículo escolar, dirigimos nossas atenções para os conteúdos focalizados neste trabalho. Entende-se que a Física estaria sendo tratada como um emaranhado de “conteúdos descolados da realidade e de interesse duvidoso” (Pietrocola, 2005, p. 16) ao invés de ser tratada como uma disciplina “voltada para a formação do cidadão contemporâneo” (Brasil, 1999, p. 59). Laburu *et al.* (2003) lembram que é preciso repensar os modelos utilizados para se levar os conhecimentos científicos até a sala de aula.

O aluno deve entender “a ciência e a tecnologia, com suas implicações e consequências, para poder ser elemento participante nas decisões de ordem política e social que influenciarão o seu futuro e dos seus filhos” (Pinheiro *et al.*, 2007, p. 72). A escola deve se preparar para colocar o aluno diante dos dilemas sociais mais emergentes. Espera-se, a partir de uma formação educacional, que o cidadão seja “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, 1999, p. 4). Esta “capacidade de lidar” com determinadas situações deve estar associada a uma visão crítica do mundo, o que levaria o aluno/cidadão a perceber as implicações de determinadas decisões que ele ou seu grupo social venha a tomar.

As transformações pelas quais passa o mundo em que vivemos exigem o estabelecimento de uma nova estrutura escolar, ou de uma escola mais atenta a tais transformações. A interação entre a ciência e o mundo do trabalho exige

[...]ações que articulem o conhecimento científico, capacidades cognitivas superiores e capacidade de intervenção crítica e criativa perante situações não previstas, que exigem soluções rápidas, originais e teoricamente fundamentadas, para responder ao caráter dinâmico, complexo, interdisciplinar e opaco que caracteriza a tecnologia na contemporaneidade (Kuenzer, 2000, p. 19).

Além de habilidades que dotem o cidadão de uma maior capacidade adaptativa ao mercado de trabalho, é preciso que, na formação deste cidadão, seja levada em consideração a necessidade do mundo contemporâneo de pessoas atentas a questões como a degradação ambiental, inclusão social, uso racional das fontes energéticas... Deverá a escola ficar atenta a tais questões e à formação dos alunos, dando a eles, como citado no excerto acima, “capacidade de intervenção crítica e criativa perante situações não previstas”.

Apesar de a escola ter deixado de ser o único espaço de informação e socialização de conhecimentos, pois os locais de trabalho, cada vez mais, tornam-se significativos espaços de troca de conhecimentos, além dos meios de comunicação de massa, como a TV, e o uso cada vez mais intenso do computador e de outras mídias, podemos dizer que a escola continua sendo um espaço privilegiado para a formação do cidadão.

Voltando nossa atenção para o que os documentos oficiais nos dizem sobre os objetivos da escola, notadamente do Ensino Médio, e do que se espera do aprendizado científico neste nível, destacamos a importância de se compreender que

[...]o discurso pedagógico oficial formado pelos documentos oficiais é capaz de regular a produção, distribuição, reprodução, inter-relação e mudança dos textos pedagógicos legítimos, suas relações sociais de transmissão e

aquisição e a organização de seus contextos, redefinindo as finalidades educacionais da escolarização (Lopes, 2002, p. 391).

Este mesmo autor fala em “ambigüidades” na construção do “discurso oficial”, dada a necessidade de o mesmo se “legitimar junto a diferentes grupos sociais”. Há que se considerar, quanto ao Ensino Médio, o fato de este nível de escolarização ser ofertado a “um imenso contingente de jovens que se diferenciam por condições de existência e perspectiva de futuro desiguais” (Kuenzer, 2000, p. 27). Os “documentos oficiais” tratariam das questões curriculares de forma mais ampla, ou seja, observando a questão educacional como o que chamaremos de superfície plana, ou seja, distante o suficiente para que não se percebam irregularidades próprias de cada realidade sócio-cultural.

A nova Lei de Diretrizes e bases da educação, no parágrafo 2º de seu artigo 1º afirma que “a educação escolar deverá vincular-se ao mundo do trabalho e à prática social” (Niskier, 1997, p. 59), ou seja, os conteúdos disciplinares deverão ser apresentados com uma nova formatação, não mais como partes independentes e desconectadas da realidade vivida pelo aluno.

Desta forma, o ensino médio, particularmente, “passou a ter função formativa final para a cidadania” (Pietrocola, 2002), deixando de ser apenas uma espécie de trampolim para o ensino superior. Por outro lado, mesmo que uma parcela considerável da população ainda não tenha acesso a um ensino superior gratuito, o ensino médio não deve se desvincular da etapa seguinte. Além disso, quando se diz que o ensino médio “passou a ter” a função de formar cidadãos, é preciso investigar até que ponto isto vem realmente acontecendo.

Deseja-se um aluno autônomo e, para tanto, é importante que este não se comporte apenas como depositário de informações desconectadas de sua realidade sócio-histórica e cultural. Deve ele ter a oportunidade de falar, discutir e apresentar soluções. O Ensino Médio deve, além de completar a educação básica, preparar para a vida, qualificar para a cidadania e capacitar para o aprendizado permanente (Brasil, 1999, p. 8). A escola deve mesmo “formar indivíduos capazes de pensar e de aprender permanentemente”, além de promover uma “formação global”, desenvolver a autonomia do indivíduo e, por fim, “formar cidadãos éticos e solidários” (Libâneo *et al.*, 2003, p. 53).

Se o objetivo maior da educação é promover mudanças na maneira como o aluno vê e participa do mundo em que vive, será preciso que a escola possibilite que ele saiba

[...] solucionar problemas em contextos apropriados, de maneira a ser capaz de transferir essa capacidade de resolução de problemas para os contextos do mundo social e, especialmente, do mundo produtivo (Lopes, 2002, p. 396).

Neste sentido, a articulação dos conteúdos de forma contextualizada e interdisciplinar é de vital importância. Deve-se atentar para o fato de que a atividade humana produtiva “exige o domínio de múltiplos conhecimentos articulados entre si” (Kuenzer, 2000, p. 36). Não é mais possível esperar que os saberes de cada disciplina vão se interligar apenas em uma etapa posterior, ou seja, na universidade, até porque, como já afirmamos, uma grande parcela daqueles que deixam a educação básica sequer prosseguem seus estudos.

O SOCIOINTERACIONISMO

O desenvolvimento de um indivíduo ocorre na interação deste com o meio em que vive e com os outros integrantes deste meio numa relação mediada pelos símbolos e instrumentos utilizados no grupo, cada qual com seu significado específico atrelado à estrutura cultural deste grupo, ou seja, uma “apropriação da cultura mediante a comunicação entre pessoas” (Libâneo, 2004, p. 116). Não há, segundo esta concepção de desenvolvimento

cognitivo, uma relação de aprendizagem que ocorra em uma via de mão única e nem podemos desprezar o ambiente sócio-cultural onde o sujeito está inserido.

A concepção de formação de um indivíduo interagindo dialeticamente com o meio em que vive, aprendendo e reaprendendo todo o tempo, é a base da teoria de aprendizagem proposta por Lev S. Vygotsky no início do século XX. Para ele, os conceitos são construídos pela pessoa que aprende baseados na cultura onde ela se insere. Esta relação é dialética, por conter uma via de duas mãos (como afirmamos anteriormente), já que o indivíduo se transforma e ao mesmo tempo transforma seu ambiente sócio-cultural. Entendendo a escola como um ambiente privilegiado para que este processo ocorra, assume-se que aluno, ambiente escolar, conhecimento e mediadores deverão interagir, contribuindo para a formação do primeiro.

Vygotsky tratará o desenvolvimento da pessoa como um processo de internalização de suas relações sociais. O homem é, portanto, um ser ativo em seu tempo, em seu momento histórico e em seu meio social, ou seja, ele constrói sua cultura, faz sua história e é, ao mesmo tempo, influenciado por ela. Tudo isso está proposto nas idéias de Marx e Engels sobre as relações homem/natureza e Vygotsky transportará tais idéias para o campo da psicologia, mostrando como o ser humano é capaz de transformar a natureza e, ao mesmo tempo, transformar a si mesmo por meio de seu trabalho e por meio de instrumentos mediadores, sejam concretos ou psicológicos (Cole; Scribner *in* Vygotsky, 2007, p. XXVI).

Para Vygotsky, o homem vai interagir com o seu ambiente natural e, neste processo de humanização, terá que se valer de outros instrumentos também imprescindíveis: os signos. É por meio deles que ele passa a se comunicar com seus semelhantes e estes símbolos são o fundamento de toda a linguagem utilizada pelo ser humano no curso de sua história sobre o planeta. Eles serão vitais na construção das culturas, na comunicação entre as pessoas e também no momento em que o homem, de certa forma, tenta se comunicar com as gerações futuras. Para Vygotsky ocorre uma internalização das linguagens e signos formados dentro da cultura de cada sociedade provocando “transformações comportamentais” além de promover uma “ligação entre as formas iniciais e tardias do desenvolvimento individual”. A criança iniciará seu desenvolvimento internalizando todo um sistema de signos próprios de sua cultura e de seu tempo e através deles poderá interagir com outras pessoas e com os objetos à sua volta, construindo-se, reconstruindo-se e alterando seu meio a cada nova interação.

Por fim, vale salientar que para Vygotsky a relação do homem com a natureza e sua ação transformadora sobre ela estabelecerão como irá ocorrer o desenvolvimento do ser humano. Para Marx e Engels, a organização dos seres humanos “e sua conseqüente relação com o resto da natureza” mostrará como nos distinguimos dos animais e, por isso, passamos a buscar formas especificamente humanas para nossa subsistência (Marx e Engels *In* Bottomore, 1988, p. 258). Daí, com relação aos processos que envolvem as formas como o ser humano busca e constrói seu conhecimento, enfatiza-se a importância do trabalho² como ato transformador da natureza e do meio social. Temos, portanto, o seguinte: no momento em que o homem precisa lutar pela sua sobrevivência ele acaba por se organizar “em torno do trabalho” (Palangana, 2001, p 111) e, por isso, cria relações com seus semelhantes e com a natureza à sua volta. A produção guiará a forma de vida social, política e econômica. A forma de pensar e a formação das idéias também ficarão condicionadas a toda essa estrutura.

O homem aprende, portanto, nas relações (mediadas) que mantém com o seu meio, ou seja, com os objetos, com outros homens, com sua cultura..., sempre lembrando que tal relação não possui uma única via, ou seja, ela é dialética. Neste sentido, serão fundamentais, no processo ensino/aprendizagem, as ferramentas mediadoras, sejam elas instrumentos físicos ou simbólicos. O livro paradidático, objeto de nosso estudo, é tanto uma ferramenta física

² A palavra “trabalho” faz referência àquilo que Marx entende como *práxis*.

como também, porque não dizer, simbólica, na medida em que deve utilizar uma linguagem acessível a um determinado segmento: alunos da segunda série do ensino médio e inseridos em uma determinada realidade.

A TERMODINÂMICA E A CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

Se tomarmos como ponto de partida toda a problemática enfrentada pelo homem moderno (o “cidadão contemporâneo” citado pelos PCNEM), principalmente no que diz respeito às questões mais aflitivas e emergentes destes primeiros anos do século XXI, qualquer tema ligado às questões científicas poderia ser abordado em um trabalho de pesquisa voltado para o ensino de ciências. Incrementar a capacidade de cada cidadão de tomar decisões a partir de uma “alfabetização científica” (Praia *et al.*, 2007, p. 142) é, como afirmam estes autores, parte de um “amplo consenso”.

Em nosso livro paradidático optamos por abordar o Tema nº 2 apresentado nos PCNEM: “Calor, ambiente e usos de energia” (Brasil, 1999, p. 73). Normalmente este conteúdo é apresentado aos alunos do 2º ano do Ensino Médio sendo que eles já tiveram algum contato com o mesmo na última série do Ensino Fundamental. O próprio documento oficial citado corrobora a importância dada por nós a este tema quando afirma que “em todos os processos que ocorrem na natureza e nas técnicas, o calor está direta ou indiretamente presente” (Brasil, 1999, p. 73).

O estudo e a compreensão dos processos termodinâmicos são de fundamental importância para o entendimento da Física, dado o princípio da irreversibilidade incutido nesses processos (Sartorelli *et al.*, 1999, p. 116) e nas aplicações tecnológicas deles advindas. Estes mesmos autores afirmam ainda que a Termodinâmica “[...]pela sua complementaridade à mecânica, tem grande relevância na compreensão do mundo tecnológico, em cuja base estão as transformações que envolvem calor” (Sartorelli *et al.*, 1999, p. 116).

Também Silveira e Moreira (1996), citados por Grings *et al.* (2006), lembram que conceitos como “calor temperatura, energia interna e entropia são conceitos-chave na termodinâmica” e, por integrarem um dos campos conceituais da Física, não devem ser tratados de forma isolada.

Objetiva-se que os alunos não só terminem o Ensino Médio capazes de definir o que seja calor, energia, entropia, equilíbrio térmico... como também que sejam capazes de perceber como tais conceitos estão presentes em seu cotidiano. É certo que

[...] A ausência de contextualização, muitas vezes, acaba não só por tornar a compreensão impossível, mas também por facilitar o aprendizado de concepções epistemológicas equivocadas sobre a produção da ciência (Mattos; Drummond, 2004, p. 9).

Uma análise atenta à história da ciência nos mostra que o conceito de energia e sua conservação nos processos ocorridos na natureza levaram um tempo considerável para serem sedimentados pela humanidade. Calor e temperatura são conceitos resultantes de uma “longa evolução histórica” (Mattos; Drummond, 2004, p. 15). Afirmam estes autores que, para Aristóteles, por exemplo, a temperatura de um corpo era resultante da proporção de cada um dos quatro elementos (terra, água, ar e fogo) presentes no mesmo (Mattos; Drummond, 2004, p. 15).

O conceito de energia e o entendimento de como ocorre sua conservação nos processos naturais são, portanto, de grande importância, não só para o estudo da Física como também para diversos outros conteúdos de outras disciplinas³.

³ Cf. Doménech *et al.*, 2003, p. 286.

O conceito de energia, algo que vai se conservar nos processos naturais, pode ser considerado como recente para a humanidade. Sedimentá-lo na mente dos alunos não é mesmo tarefa fácil. Hülsendeger (2007, p. 3) lembra que quando apresentamos aos alunos equações matemáticas e conceitos não associados ao contexto em que eles vivem, a ciência perde o sentido e a Física, particularmente, continuará sendo entendida pelo jovem como um conteúdo a ser dominado por uma meia dúzia de mentes privilegiadas.

A esse respeito, Pietrocola (2005) defende que a escola tem a função de transmissão de um patrimônio cultural para as gerações futuras naquilo que ele chama de “ciclo interminável de incorporação/produção/transmissão de conhecimento”. Para este autor, a escola “[...] como instituição social, incumbe-se de boa parte da tarefa de transmissão das formas de entendimento culturalmente estabelecidas em determinado momento histórico” (Pietrocola, 2005, p. 11).

Caberá, então, à escola a tarefa de implementar formas de apresentação do conhecimento sistematizado aos alunos de maneira que eles consigam perceber neste conhecimento uma ferramenta útil na transformação de seu momento histórico e, como consequência, de transformação dos próprios alunos. Os diversos conceitos e leis associadas à conservação da energia e à termodinâmica devem chegar ao aluno carregados de sentido, apresentando vínculos com sua realidade social e cultural.

Atendo-se a questões ambientais, a obtenção e o uso da energia serão objetos de um estudo mais cuidadoso. O aquecimento do planeta, por exemplo, devido ao efeito estufa tem suscitado “grande preocupação quanto aos riscos de sua intensificação e aos seus reflexos sobre o clima do planeta” (Xavier; Kerr, 2004, p. 328).

A aplicabilidade dos conceitos associados ao estudo da energia e da termodinâmica é muito extensa. Seja para a compreensão de como os processos de aquecimento e resfriamento de ambientes ocorrem, ou mesmo para se iniciar um entendimento a respeito da forja de materiais, ou até mesmo no que tange à produção de trabalho mecânico a partir do calor, em qualquer desses casos, vamos nos deparar com problemas e questões relevantes e atuais, que devem envolver o estudante e despertar nele um interesse por toda a problemática abarcada.

Os PCNEM dividem o tema 2 em quatro unidades temáticas, que são:

- 1- Fontes e trocas de calor.
- 2- Tecnologias que usam calor: motores e refrigeradores.
- 3- O calor na vida e no ambiente.
- 4- Energia: produção para uso social.

Deseja-se que o aluno aprenda a “identificar fenômenos” associados ao calor; avaliar e “reconhecer as propriedades térmicas dos materiais”; compreender o modelo cinético e com isso construir o conceito de temperatura; associar a variação da energia interna com a temperatura; compreender como o calor está associado ao funcionamento das máquinas térmicas; “identificar o calor como forma de dissipação de energia, além da irreversibilidade de alguns processos; entender como o calor está diretamente associado à “origem e manutenção da vida”; compreender como o calor está associado às questões climáticas; “identificar as diferentes fontes de energia” e os “diferentes sistemas de produção de energia” e, por fim, os diversos impactos provocados pelo uso de cada fonte energética e a evolução deste uso ao longo da história recente da humanidade (Brasil, 1999, p. 73 e 74). O aluno deverá partir de um conceito de temperatura, passando pela idéia de calor como uma forma de energia em trânsito entre corpos que apresentem temperaturas diferentes.

A escolha de um bom material didático é também muito importante. A esse respeito Aguiar Jr. (2002) ressalta, entretanto, que livros didáticos de Física já no início dos anos de 1970 apresentavam equívocos conceituais associados ao calor como, por exemplo, fazer “referência ao ‘calor de um corpo’”, tratar calor como verbo e falar de energia térmica às vezes como calor e às vezes como energia interna (Zemansky, 1970 e Warren, 1972 *apud*

Aguiar Jr., 2002, p. 224). O professor precisa escolher bem o material didático a ser utilizado pelo aluno ou, neste caso, este material acabará por se colocar como outro obstáculo à aprendizagem.

Por fim, deverá o estudante entender como e por que se desenvolveram as primeiras máquinas térmicas – enxergando aí a influência do desenvolvimento de um aparato tecnológico na organização social antes instalada –, o desenvolvimento científico advindo – caso da Segunda Lei da Termodinâmica – e todas as consequências observadas no período pós-industrial.

Passados cerca de 250 anos desde o aperfeiçoamento da máquina a vapor por James Watt, o desenvolvimento tecnológico e científico, o crescimento industrial, o consequente inchaço das grandes metrópoles, a necessidade cada vez maior de recursos energéticos e, por fim, a entrada em cena dos combustíveis fósseis apresentam-se como fatores que exigiram da humanidade a busca por alternativas para sua própria sobrevivência. Chegamos hoje a nos preocupar com a nossa própria manutenção sobre o planeta e para isso partimos em busca de fontes alternativas e renováveis de energia. Associam-se os problemas relacionados ao suprimento energético diretamente ao esgotamento dos derivados de petróleo (Martins *et al.*, 2007, p. 1).

O excesso de CO₂ na atmosfera, o buraco na camada de ozônio, o efeito estufa, as doenças relacionadas à poluição do ar e dos recursos hídricos, períodos de estiagem mais dilatados, etc. reduziram nossa “segurança energética” (Martins *et al.*, 2007, p. 2), além de exigirem que o homem refletisse sobre sua condição de hóspede (e não proprietário) da Terra. Assim, em um cenário que se configura a partir do período pós Segunda Guerra (Praia *et al.*, 2007, p. 143), cria-se uma consciência de que estaríamos prejudicando a nós mesmos e colocando em risco nossa própria existência.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escola tem mesmo a função de apresentar as “formas de entendimento culturalmente estabelecidas em determinado momento histórico” Pietrocola (2002). Ela será um dos meios através do qual o aluno buscará sua formação, além de se constituir em um ambiente onde este aluno poderá interagir com outras pessoas e onde também lhe será apresentado o conhecimento cientificamente sistematizado. Para isso, deverá a escola dispor, portanto, de recursos adequados para a execução desta tarefa.

Pela própria natureza do texto paradidático, o seu autor poderá usufruir de certa liberdade em sua produção, não ficando rigidamente atrelado a propostas curriculares com uma determinada seqüência. Os assuntos abordados deverão, é claro, ter alguma relação com os conteúdos a serem trabalhados ao longo do período letivo, afinal temos uma legislação educacional em vigor e os objetivos educacionais relativos às habilidades e competências a serem atingidos pelos alunos são os mesmos em todo o país. O autor poderá, entretanto, optar por um texto mais informativo ou mais crítico, carregado de seus pontos de vista; poderá optar por obedecer a uma seqüência histórica ou por idas e vindas no âmbito da história e, por fim, terá liberdade na escolha da problemática a ser abordada.

Algumas propostas de trabalho são construídas a partir de uma problemática atual e caminham para o interior das disciplinas e seus conteúdos para, posteriormente, retornar à questão de origem, levando o aluno a enxergar tal problemática por outro ângulo, além de torná-lo capaz até mesmo de apresentar soluções à questão. Este trânsito desde uma questão-problema, passando pelos conteúdos sistematizados e voltando à questão original deve ser feito com a ajuda de recursos como textos, filmes, debates..., além do livro didático tradicional. Não é possível que se faça isso sem a ajuda de ferramentas atualizadas no que

tange à ciência e à tecnologia de forma a tornar os conteúdos mais significativos para os alunos (Assis; Teixeira, 2004; Araújo & Santos, 2005).

É preciso cuidar para que o estudo da ciência não se limite à aplicação de fórmulas e leis (Zanotello; Almeida, 2007, p. 438). Estes autores ainda lembram que

[...] Saber física não significa somente saber fazer exercícios de física, mas também desenvolver uma cultura em física, adquirindo noções sólidas sobre o que a física produz, quais seus objetos de estudo, como ela se desenvolve enquanto ciência, quais suas contribuições no mundo contemporâneo, quais seus conceitos fundamentais e suas aplicações (Zanotello; Almeida, 2007, p. 438).

Lembram, estes autores, por fim, que o ensino médio talvez seja o momento ideal para se oferecer aos alunos um conhecimento científico culturalmente significativo em função de muitos deles não terem mais contato com as disciplinas científicas na seqüência de suas vidas escolares.

A partir dessas considerações apontadas acerca dos recursos educacionais para o ensino da Física nas escolas, particularmente em relação ao texto paradidático, o texto que nos propusemos produzir terá elementos de história da ciência; pequenas biografias de personalidades importantes no desenvolvimento da Termodinâmica e das máquinas térmicas; estudo dos fatores que desencadearam a Revolução Industrial e do desenvolvimento observado nos séculos XIX e XX; questionamentos quanto à importância do envolvimento de cada cidadão em toda a problemática relativa ao uso das novas tecnologias e o impacto das mesmas nas sociedades e, por fim, um debate sobre as diversas fontes e formas de energia disponíveis, além das alternativas às mesmas, já que algumas delas não são renováveis.

Procuraremos considerar que livro paradidático, assim como qualquer outro recurso utilizado pelo professor, deve suscitar debates e questionamentos relacionados ao cotidiano dos alunos e desta forma permitir e incentivar o envolvimento de cada um deles em tais debates. Entendemos que desta maneira é possível a formação de cidadãos mais comprometidos com a problemática de seu tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAGNANO, Nicola. **Dicionário de filosofia**. São Paulo: Mestre Jou, 1970.

AGUIAR Jr., O. Planejar o ensino considerando a perspectiva da aprendizagem: uma análise de abordagens didáticas na introdução à física térmica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 219-241, ago. 2002.

ASSIS, Alice.; TEIXEIRA, Odete P. B. Contribuições e dificuldades relativas à utilização de um texto paradidático em aulas de Física. *In IX ENPEF*, 2004, Jaboticatubas, MG.

BOTTOMORE, Tom. **Dicionário do pensamento marxista**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1988.

BRASIL. (1999) Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio – MEC/SEMTEC**. BRASÍLIA: MEC.

DOMÉNECH, J. L. *et al.* La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 285-311, dez. 2003.

GRINGS, Edi T. O.; CABALLERO, Concesa; MOREIRA, Marco A. Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes em conceitos de termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 4, p. 463-471, 2006.

HÜLSENDEGER, Margarete Jesusa Varela Centeno . A história da ciência no ensino da termodinâmica: um outro olhar sobre o ensino da física. Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências, v. 9, p. 2, 2007.

KUENZER, Acácia Z. O Ensino Médio agora é para a vida: entre o pretendido, o dito e o feito. **Educação & Sociedade**, CEDES, Campinas, n. 70, p. 15-40, abr. 2000.

LABURU, Carlos E.; ARRUDA, Sérgio M.; NARDI, Roberto. Pluralismo metodológico no ensino de ciências. **Ciência & Educação**. Campinas, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003.

LIBÂNEO, José C.; OLIVEIRA, João F.; TOSCHI, Mariza S. **Educação escolar: políticas, estrutura e organização**. São Paulo: Cortez, 2003.

LIBÂNEO, José C., A aprendizagem escolar e a formação de professores na perspectiva da psicologia histórico-cultural e da teoria da atividade. **Revista Educar**, Curitiba, n. 24, p. 113-147, 2004.

LOPES, Alice C. Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio e a submissão ao mundo produtivo: o caso do conceito de contextualização. **Educação & Sociedade**, CEDES. Campinas, v. 23, n. 80, p. 389-403, Set. 2002.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA E. B. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São José dos Campos, v. 30, n. 1, 1304, p. 1-13, 2008.

MARX, K.; ENGELS, F. **A ideologia alemã**. 11.ed. São Paulo: Hucitec, 1999.

MATTOS Cristiano; DRUMMOND Ana V. N. Sensação térmica: uma abordagem interdisciplinar. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, , São Paulo, v. 21, n. 1, p. 7-34, abr. 2004.

NISKIER, Arnaldo. **LDB: a nova lei da educação**. Rio de Janeiro: Consultor, 1997.

OLIVEIRA, Marta K. **Vygotsky. Aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio-histórico**. Ed. Scipione, 2004, São Paulo, SP.

PALANGANA, Isilda C. **Desenvolvimento e aprendizagem em Piaget e Vygotsky: a relevância do social**. São Paulo; Summus, 2001.

PENA, Fábio L. A. Qual a influência dos PCNEM sobre o uso da abordagem histórica nas aulas de Física? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, . São Paulo, v. 29, n. 4, p. 517-518, 2007.

PIETROCOLA, Maurício. Reformulação curricular dos cursos de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 3, Set. 2002,

PIETROCOLA, Maurício. Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo *in*: **Ensino de Física**: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. Florianópolis: UFSC, 2005.

PINHEIRO, Nilcéia A. M.; SILVEIRA, Rosemari M. C. F.; BAZZO, Walter A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, Campinas, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

PRAIA, João; GIL-PÉREZ, Daniel; VILCHES, Amparo. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**. v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007, Bauru, SP.

SARTORELI, J. C.; HOSOUME, Y.; YOSHIMURA, E. M. A lei de resfriamento de Newton: introdução às medidas em Física – parte II. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 116-121, Mar. 1999.

VAN DER VEER, René v. D.; VALSINER, Jaan. **Vygotsky**: uma síntese. 5.ed. São Paulo: Loyola, 2006.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

XAVIER, M. E. R.; KER, A. S. Análise do efeito estufa em estudos paradidáticos e periódicos jornalísticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 325-349, Dez. 2004.

ZANOTELLO, Marcelo; ALMEIDA, Maria J. P. M. Produção de sentidos e possibilidades de mediação na Física do ensino médio: leitura de um livro sobre Isaac Newton. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 437-446, 2007.