

**DESENVOLVIMENTO DE TEMAS TRANSVERSAIS NO ENSINO DE
CIÊNCIAS TÉRMICAS****Rubens Alves Dias**

Unesp – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – Departamento de Energia
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 – Guaratinguetá, SP – 12516-410
rubdias@zipmail.com.br

Cristiano Rodrigues de Mattos

Unesp – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – Departamento de Física
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 – Guaratinguetá, SP – 12516-410
cmattos@feg.unesp.br

José Antônio Perrella Balestieri

Unesp – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – Departamento de Energia
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 – Guaratinguetá, SP – 12516-410
perrella@feg.unesp.br

Resumo. Nos últimos anos, os cursos de engenharia têm sido alvo de várias reformulações curriculares, visando-se o atendimento das determinações da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. O ensino de disciplinas relacionadas com as Ciências Térmicas, assim como qualquer outra, deve buscar um enfoque que não o coloque de maneira isolada, mas evidencie as relações de causa e efeito proporcionadas pela tecnologia e a sua influência sobre a sociedade. O desenvolvimento de temas transversais, como por exemplo o uso racional da energia, lixo urbano e meio ambiente, constituem elementos que podem funcionar como espinha dorsal dentro de um conteúdo programático, resgatando uma série de conceitos e informações que contribuem para uma visão mais ampla da capacidade de intervenção do Homem. Nesse contexto, o domínio dos conceitos técnicos nem sempre são suficientes para a obtenção de resultados satisfatórios nas atividades da engenharia, e em algum instante a percepção social de uma dada situação poderá representar o elemento que determinará o sucesso ou o fracasso numa intervenção. O presente artigo visa propor uma forma de ensino para as Ciências Térmicas que identifique e supere as barreiras sociais, através de processos educacionais que contemplem a contextualização e o desenvolvimento de temas transversais.

Palavras chave: energia, uso racional da energia, ensino para cidadania, contextualização.

1. Introdução

No processo educacional brasileiro tem-se observado várias reformulações curriculares com o objetivo de construir um novo perfil de cidadão, que esteja sintonizado com os processos produtivos e suas relações com a sociedade. No tocante à educação em nível superior, as finalidades definidas pela Lei nº 9394 (MEC, 1996) além de atribuir a responsabilidade de alavancar desenvolvimento científico e técnico, através do conhecimento dos problemas mundiais e mais particularmente os nacionais e regionais, visa também promover a integração com a sociedade por intermédio da difusão das conquistas e benefícios resultantes da criação cultural e da pesquisa científica e tecnológica.

No caso da engenharia, mais especificamente no ensino das Ciências Térmicas, uma meta a ser atingida seria a introdução da noção de co-responsabilidade por parte do futuro profissional com respeito ao desenvolvimento social, econômico e ambiental da sociedade, de modo a que a sociedade como um todo alcance patamares mais elevados de qualidade de vida com respeito a esses quesitos. Com tal perspectiva, a capacidade de transformação do meio ambiente através dos processos que envolvem as conversões e transferências energéticas é umas das questões mais delicadas a serem enfrentadas. As grandes alterações no planeta têm sido alvo de amplos debates alimentados pela observação das modificações climáticas, causadas em parte pela alteração nos ciclos naturais do carbono, da água e do ar, pela escassez de água potável e pela crescente necessidade do uso da energia.

Diante de tais circunstâncias, o ensino das Ciências Térmicas deve buscar um enfoque que não o coloque de maneira isolada, mas evidencie as relações de causa e efeito entre tecnologia e sua influência sobre a sociedade. A abordagem de temas transversais, como por exemplo, uso racional da energia, lixo urbano e meio ambiente, constituem elementos que podem funcionar como linha mestra dentro em um conteúdo programático, resgatando uma série de conceitos e informações que contribuem para uma visão mais ampla da capacidade de modificações decorrentes das atividades humanas e suas conseqüências.

Os currículos normalmente deixam a desejar quanto à relação entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS). De um lado existem professores com deficiências didático-pedagógicas e que participam no processo educacional como

perpetuadores de informações e procedimentos que lhes foram ensinados. Por outro lado, os livros didáticos reservam apenas algumas páginas iniciais às questões ligadas às relações entre desenvolvimento tecnológico e desenvolvimento humano, quase em caráter de curiosidade (Bazzo *et al.*, 2000). Em um sistema educacional que se tem mostrado pouco flexível diante das modificações que a sociedade vem sofrendo, os alunos de engenharia acabam aprendendo conceitos (em sua maioria perenes) num contexto em que a conexão com a realidade não é privilegiada.

A contextualização dos conteúdos ensinados possibilita a assimilação dos conceitos em uma linguagem que supera o ambiente escolar, sem deixar o rigor que o conteúdo programático requer. Nesse trabalho propõe-se a utilização do tema “uso racional da energia” como forma de contextualizar o ensino das ciências térmicas devido à sua característica transversal, capaz de agregar várias informações dentro das áreas do conhecimento humano.

2. O uso racional da energia

A escolha do uso racional da energia como tema transversal no ensino das Ciências Térmicas, baseia-se no fato de que as questões energéticas representam um conjunto de informações de considerável importância estratégica para o desenvolvimento social, político e econômico de uma nação. Todavia, mesmo sendo o uso racional da energia um assunto que remonta à década de 1970¹, a percepção dos problemas no setor energético é limitada em vários segmentos sociais, e se são obtidos resultados positivos em termos de economia de energia, em determinados momentos, em parte é graças à pressão tarifária, a qual não garante completamente a continuidade de comportamentos que contribuam para o uso consciente da energia.

No uso racional da energia visa-se a utilização dos recursos energéticos, dentro de suas etapas de transformação, de forma a proporcionar as condições para o desenvolvimento sustentável. Por isso, nos procedimentos necessários à utilização eficiente da energia devem ser objetivados a qualidade de vida, o respeito ao meio ambiente e atratividade econômica, os quais podem ser sistematizados em seis níveis de intervenção (La Rovere, 1985):

- a eliminação pura e simples de desperdícios;
- aumento da eficiência das unidades consumidoras;
- aumento da eficiência das unidades geradoras;
- reaproveitamento dos recursos naturais, pela reciclagem e redução do conteúdo energético dos produtos e serviços;
- rediscussão das relações centro/periferia, no que tange ao transporte e à localização de empresas produtoras e comerciais;
- mudança dos padrões éticos e estéticos, a partir dos quais a sociedade poderia penalizar os produtos e serviços mais energointensivos em favor de sua cidadania.

Mesmo sendo tecnicamente possível e economicamente viável, vários procedimentos sugeridos nesses níveis de intervenção, principalmente no último, não são de fácil condução em virtude de certas barreiras presentes, ou seja, pela presença de fatores que inibem o uso eficiente da energia. Esse cenário sugere um considerável potencial de energia a ser economizada; a título de exemplo, nos países pertencentes à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), a energia a ser economizada é de aproximadamente de 30% da total consumida (Weber, 1997). De acordo com Weber (1997), as barreiras para o uso eficiente da energia dividem-se em quatro situações, ou na combinação dessas:

- institucionais: são de responsabilidade dos governos e autoridades locais;
- de mercado: presentes nas indefinições das propostas de negociação durante a compra e venda de energia, ou de produtos a ela vinculada;
- organizacionais: são as presentes nas instituições empresariais;
- comportamentais: estão presentes nos próprios indivíduos.

Dentre as possíveis linhas de ação para o cumprimento dos níveis de intervenção, levando-se em conta as barreiras existentes à sua implementação, a formação de profissionais conscientes das políticas energéticas e suas implicações constitui numa das formas de promover o uso racional da energia em bases mais estáveis, e conseqüentemente, parte dessa responsabilidade recai sobre a formação dos engenheiros.

3. Proposta de ensino para as Ciências Térmicas

Em diversos centros universitários, o ensino das ciências térmicas segue uma seqüência que se inicia com a Mecânica dos Fluidos, sendo posteriormente seguido pela Termodinâmica e a Transferência de Calor². No desenvolvimento das disciplinas mencionadas e nas que se utilizam dos conceitos estudados, o emprego de informações

¹ O choque do petróleo de 1973, que apresentou em 1979 uma segunda oportunidade para a elevação súbita e unilateral do preço do barril de petróleo, com repercussões nas duas décadas seguintes, pode ser considerado um marco nas relações geopolíticas da energia. O descompasso então verificado entre a oferta e a demanda de um insumo básico para a indústria, comércio e transportes obrigou a mudança dos parâmetros até então vigentes, forçando as sociedades a aceitarem novos padrões de consumo (a redução no porte dos veículos, por exemplo) e a gerarem produtos com privilégio do aumento da eficiência (a evolução dos motores veiculares, com tecnologia eletrônica que garante elevadas potências para reduzidas capacidades volumétricas) e, mais recentemente, com maior apelo ambiental.

² Essa é uma questão discutível, com os que advogam que os conceitos da Termodinâmica devam ser ministrados antes que a Mecânica dos Fluidos seja apresentada, visto que a Equação de Conservação de Energia, ou 1ª Lei da Termodinâmica, faz parte das equações gerais apresentadas no conteúdo dessa última disciplina, e o pensamento contrário, em que a 1ª Lei é apresentada em termos gerais na Mecânica dos Fluidos para somente no ensino da Termodinâmica assumir maior expressão a compreensão e o cálculo dos termos entalpia e energia interna.

disponíveis no setor energético proporcionam uma visão do antes e do depois num processo de transformação energética.

Antes de tratar das transformações energéticas é necessário revelar outras variáveis que estão envolvidas no problema e que definem os tipos de recursos energéticos a serem utilizados, a disponibilidade dos mesmos no contexto nacional e internacional, as necessidades de importação e produção própria, as formas de negociação e condições mercadológicas, as estruturas de transporte, os impactos ambientais relacionados à exploração e uso de tais recursos e os interesses geopolíticos. Posteriormente aos processos de transformação energética, surgem outras variáveis, tais como o atendimento ao mercado consumidor, as estruturas de transporte, a tecnologia de uso final, os impactos ambientais decorrentes das transformações energéticas e as políticas setoriais. Tais elementos mantêm relações entre si, fazendo com que se estabeleça uma complexa cadeia de informações ao serem analisados; todavia, num estágio inicial de aprendizagem, essas informações devem ser conduzidas qualitativamente, e nesse ponto os aspectos históricos, geográficos e sociais contribuem para uma melhor eficiência didática. O importante, nesse nível, é que o estudante perceba que toda transformação energética está inserida em um contexto mais amplo do que o do sistema de transformação.

Uma das principais ferramentas para compreender os fenômenos ligados ao uso racional da energia é a aplicação da Segunda Lei da Termodinâmica. Com ela é possível compreender a necessidade de se minimizarem as irreversibilidades nas transformações energéticas, de modo a que seja obtido o máximo proveito possível da energia disponível e, por conseguinte, que se evite a exploração de recursos energéticos para o suprimento de desperdícios; no entanto, é notório que o ensino do conceito de entropia, exergia e irreversibilidade, assim como a aplicação da Segunda Lei no contexto dos fenômenos de engenharia, não é trivial. Há quase sempre, em decorrência desse fato, uma superficial e pouco enfática aplicação desses conceitos nos cursos de graduação, o que acaba sendo responsável pela perpetuação da sempre presente dificuldade de aceitação dos parâmetros exergéticos, pelo corpo técnico das empresas, como os verdadeiros indicadores de qualidade dos fluxos energéticos.

Para minorar tais dificuldades, uma proposta implementada pelos autores e que vem apresentando relativo sucesso consiste em explorar aspectos históricos correlatos de outras ciências que, à época do desenvolvimento dos conceitos afeitos à Segunda Lei, também apresentavam dificuldades técnicas que somente puderam ser superadas a partir do desenvolvimento de novos conceitos. Thorwald (1976) sinaliza o ano de 1846 como aquele em que a anestesia da dor por meio de gases químicos foi pela primeira vez empregado (p. 97), e esse é tido como um marco para a superação de um quadro tenebroso nesse campo do conhecimento, em que relatos médicos atestam os horrores da amputação e mesmo cauterização à margem daquele conhecimento; fazendo um paralelo para o campo das ciências térmicas, 1824 assinala a publicação da grande contribuição de Sadi Carnot (1824), trabalho no qual estabelece as bases para a construção da teoria que deu suporte à Segunda Lei, mas é em 1840 que James Joule estabeleceu o fator de proporcionalidade entre calor e trabalho, ocasião em que ainda persistia a compreensão da equação da Primeira Lei numa condição ideal, sem a incorporação das irreversibilidades (Van Wylen *et al.*, 1995). Tais aspectos são abordados em sala de aula, procurando estabelecer uma lógica de construção do conhecimento voltada a garantir melhor aceitação dos conceitos associados à Segunda Lei da Termodinâmica e suas aplicações.

Um exemplo de estratégia didática para que sejam explorados os aspectos de transversalidade do uso racional de energia no ensino de ciências térmicas seria a criação de um ambiente propício ao debate de temas que estão implícitos aos processos de transformação. A Fig. (1) permite a criação de oportunidades para explorar um pouco mais as variáveis envolvidas, e introduzir alguns conceitos para o uso racional da energia. Com esse esquema é possível integrar um elemento em geral estudado isoladamente no contexto da disciplina Termodinâmica, o ciclo Rankine, com seu uso final que, em função da tecnologia empregada e da forma de sua operação, atribui certas qualidades aos produtos e serviços dela decorrentes. De acordo com as características e o momento em que os produtos e serviços são obtidos, pode ocorrer tanto uma redução na utilização dos recursos e nos insumos por meio da adequação dos processos pela aplicação dos conceitos do uso racional da energia (o mesmo valendo para o ciclo Rankine) quanto um aumento nos recursos e insumos em virtude de um crescimento econômico.

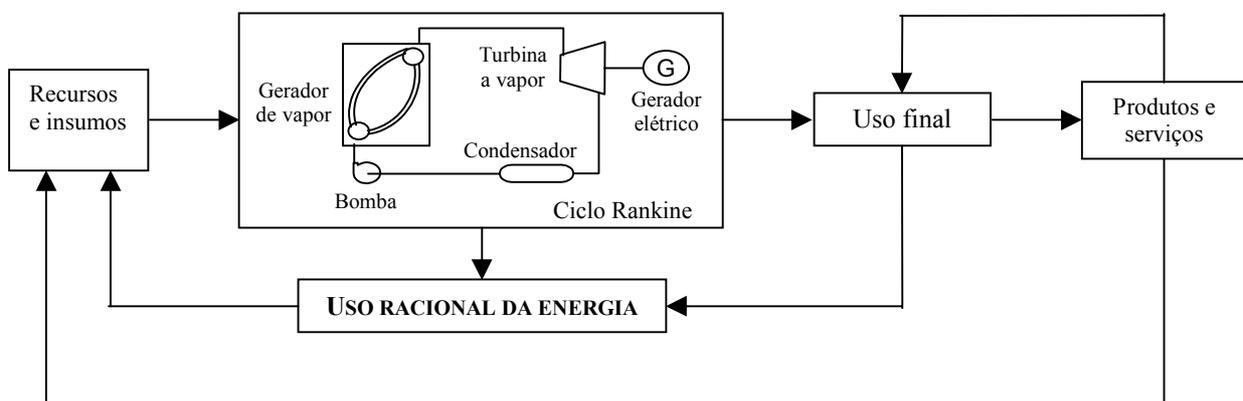


Figura 1. Representação esquemática do uso racional da energia nos processos energéticos

É comum nos cursos de engenharia, após o estudo dos principais conceitos da Mecânica dos Fluidos, a análise dos escoamentos incompressíveis e compressíveis através de cálculos que avaliam as necessidades de aplicação de trabalho e a quantificação das perdas de carga num determinado sistema. Os sistemas de compressão de gases e bombeamento de líquidos, bem como em suas distribuições, são responsáveis por significantes parcelas de perdas nas indústrias, nas residências e condomínios e nos sistemas de saneamento básico.

A contextualização para o ensino de um determinado escoamento permite estabelecer relações com outros elementos que justifiquem a importância do dimensionamento correto dos parâmetros em jogo, pois as necessidades e as conseqüências operacionais de um dado sistema, de alguma forma, acabam interagindo entre si de forma positiva ou negativa, sendo responsabilidade do projetista a minimização dos aspectos negativos. A Fig. (2) esquematiza uma abordagem possível para um sistema de bombeamento, na qual a preocupação com o uso racional da energia visa o melhor aproveitamento do sistema elétrico, e conseqüentemente, favorece a racionalização do uso da água.

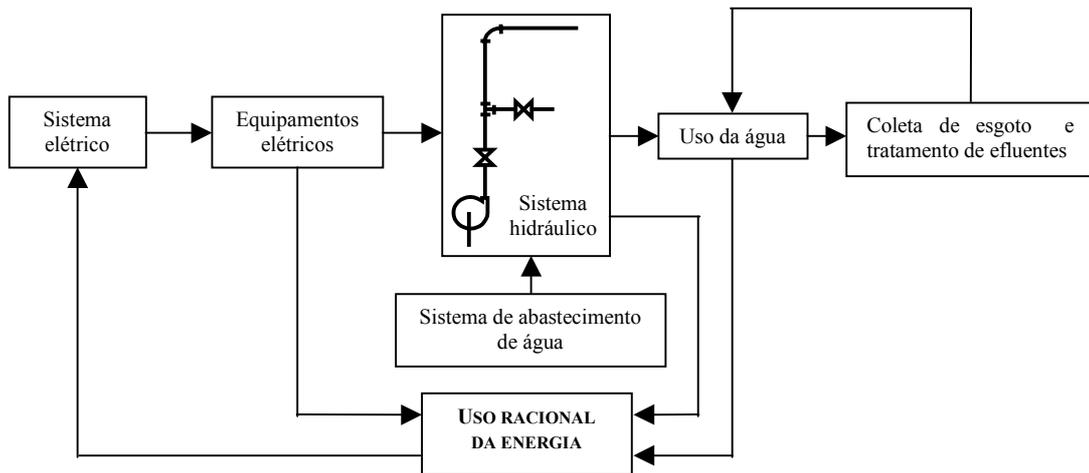


Figura 2. Contextualização de um sistema hidráulico através do uso racional da energia.

Utilizando-se o uso racional da energia como elo de ligação com os outros elementos que constituem sistemas mais amplos, cujas abrangências podem variar de âmbito regional a mundial, consegue-se integrar sistemas menores numa relação de causa e efeito. Essa propriedade que um tema possui de envolver várias áreas do conhecimento humano para facultar a compreensão de processos presentes no cotidiano recebe o nome de **transversalidade**. Ao se discutirem as questões relacionadas à eficiência energética, sob a concepção da transversalidade, discutem-se também os conteúdos das Ciências Exatas juntamente com os preceitos das Ciências Humanas e Biológicas, a partir do instante em que se percebe que o centro das decisões encontra-se no próprio ser humano.

A sociedade atual é marcada por uma atividade tecnológica intensa, porém a tecnologia não é neutra, pois modifica e cria comportamentos e necessidades sociais que merecem ser vistas com responsabilidade (Lacerda Neto *et al.*, 1999). O domínio dos conceitos técnicos, apesar de necessários, nem sempre são suficientes para a obtenção de resultados satisfatórios nas atividades da engenharia, e em algum instante a percepção de uma dada situação social poderá representar o elemento que determinará o sucesso ou o fracasso numa intervenção.

Tendo em vista que os estudantes de engenharia, num futuro próximo, poderão estar ocupando posições que possuem potencial de modificação do meio, necessitam se apropriar de conceitos que reforcem a **ética profissional** para participar de forma positiva na sociedade. Ao longo do programa dos cursos de Transferência de Calor, poder-se-ia questionar as técnicas de aquecimento da água nas residências, sabendo-se que no Brasil a maioria dos sistemas de aquecimento utilizam energia elétrica e que por sua vez representam aproximadamente 30% da eletricidade total consumida por uma família de quatro pessoas. Oferecer opções tecnológicas com baixo custo de implantação e de operação é uma das responsabilidades da engenharia. A fig. (3) ilustra uma maneira de apresentar a situação, na qual o sistema usual de aquecimento (elétrico) serviria de referência, e os demais sistemas seriam comparados com o usual e entre si, levando-se em conta possíveis técnicas para o aquecimento da água e os conceitos pertinentes ao uso racional da energia – considerando-se tal análise em escala comercial, cria-se condições favoráveis à economia de capital e à preservação do meio ambiente.

Os exemplos apresentados dão uma pequena amostra de como o processo educacional pode ser enriquecido ao se adotar o uso racional da energia como tema transversal, e o que é mais interessante é que as abordagens não são únicas e dependem da criatividade na ocasião em que se prepara as aulas. Todavia, contextualizar não significa abarrotar de informações um tópico desenvolvido, mas saber exatamente quando e onde uma informação adicional deve ser inserida. Uma inserção didática deve ser bem planejada para atingir de forma satisfatória o estudante, e para tanto é necessário que o professor da área de engenharia esteja atento não somente ao conteúdo técnico mas também aos aspectos didático-pedagógicos.

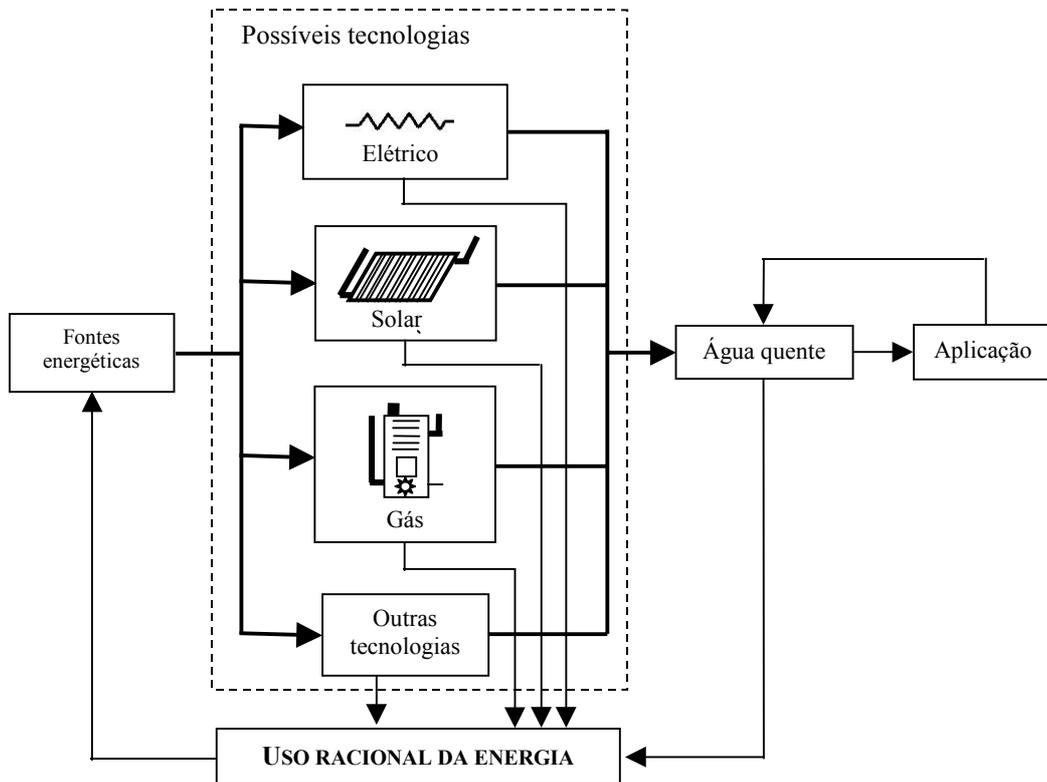


Figura 3. O uso racional da energia aplicado à escolha de um sistema de aquecimento de água.

4. Planejamento do processo educacional

Um dos principais desafios no processo educacional é a condução dos conteúdos das disciplinas de numa forma que faça sentido ao estudante. A escolha e definição dos conteúdos é, em última instância, tarefa do professor. É ele que tem pela frente determinados alunos, com suas características de origem social, vivendo num mundo cultural determinado, com certas disposições e preparo para enfrentar o estudo. O professor não pode esperar que os livros didáticos revelem os aspectos reais das coisas (Libâneo, 1992).

Levando-se em conta a experiência do docente e a sua capacidade de pesquisa, o mesmo dispõe de vários exemplos que são capazes de ilustrar os processos que irão compor o planejamento da aula. O exemplo apresentado na fig. (2) foi decorrente de uma situação vivenciada numa indústria do setor de bebidas, na qual durante o *start up* de sua estação de tratamento de efluentes, a equipe de engenheiros responsáveis pelo setor identificou o potencial de reaproveitamento da água oriunda de um dos processos, após a avaliação quantitativa e qualitativa dos efluentes. Tal fato determinou uma série de modificações na unidade fabril, que por sua vez proporcionou economia de energia elétrica e de água potável e, conseqüentemente, a redução do custo operacional.

Todavia, a elaboração do plano de aula constitui num processo dinâmico, no qual os conceitos formais necessitam de constantes releituras a cada ciclo. Na interação do professor com o estudante devem-se criar condições para que haja o estudo ativo, e para tanto sugerem-se as seguintes etapas (Libâneo, 1992):

- o incentivo propriamente dito;
- destaque da importância da matéria;
- estabelecimento de vínculos (contextualização e desenvolvimento de temas transversais);
- auxílio aos alunos;
- elogiar e corrigir (com sensibilidade e responsabilidade) resultados obtidos;
- evidenciar a exigência social (cidadania).

Normalmente no ensino de Ciências, entre ele as Ciências Térmicas, existe uma predisposição do professor de reproduzir os métodos utilizados por seus antigos professores. Em parte isso se deve a uma ausência de uma formação mais acentuada na área da educação. Nessas circunstâncias, as intervenções nos currículos ficam restritas às atualizações de conteúdos e modernização de instrumentos didáticos (informática e recursos audiovisuais). É pouco freqüente o questionamento crítico a respeito dos pressupostos pedagógicos envolvidos e de suas conseqüências sobre a formação dos alunos (Llagostera, 1999).

As disciplinas que compõem as Ciências Térmicas proporcionam um ambiente muito rico em exemplos ao longo da História, que mostram o conjunto de esforços da humanidade, cujos resultados, frutos de uma constante alternância entre acertos e desacertos, culminaram no mundo atual. Entretanto, cabe à sociedade atual, diante do que já foi realizado, o desafio de estabelecer o equilíbrio entre as necessidades de crescimento econômico, principalmente para os países em desenvolvimento (aproximadamente 70% da população mundial), e o consumo de energia (Goldemberg,

1998). Caso esse equilíbrio não seja atingido, estar-se-á penalizando no futuro as condições de sobrevivência sobre a Terra.

O uso racional da energia deve ser fundamentado pela mudança de valores (fatores culturais e educacionais) e não simplesmente pela adequação do comportamento (na maioria das vezes apresenta um caráter temporário, normalmente sujeito às pressões políticas e financeiras). O aluno de engenharia, no processo educacional destinado à aprendizagem dos assuntos ligados às transformações energéticas, necessita de uma visão ampla da questão a fim de compreender a importância do planejamento energético. Nesse sentido, os conceitos presentes no uso racional da energia se constituem numa importante ferramenta de aprendizagem e de ação, bem como no fornecimento de bases para a concepção de modelos que visem o desenvolvimento sustentável.

5. Aplicação da proposta de ensino

A atividade de educar e formar um engenheiro passa por uma tarefa dupla. A primeira consiste em fornecer ao estudante as técnicas, conceitos e princípios sobre os quais a engenharia está apoiada, pois dessa desenvolver-se-ão as condições para a criatividade e a capacidade de interagir e alterar as ferramentas do cotidiano (sistemas apoiados na tecnologia). A segunda tarefa consiste em não tornar a prática cotidiana da engenharia num objetivo único, pois nessa situação o profissional correria o risco de obsolescência precoce (Bannwart *et al.*, 1999).

Durante o processo educacional, o aluno de engenharia necessita ter de forma clara as inter-relações entre as disciplinas que compõem a sua formação. No caso das Ciências Térmicas, a fig. (4) ilustra uma possível esquematização de como os diversos conceitos desse campo do saber podem ser encadeados numa aula inicial, estabelecendo-se uma linha de evolução conceitual dos conteúdos programáticos; a fig. (5) identifica oportunidades de inserção dos conceitos de uso racional de energia nos conteúdos da disciplina Máquinas Térmicas, de vertente tecnológica, tal como é ministrada na UNESP–Campus de Guaratinguetá. O uso racional da energia, na qualidade de tema transversal, ilustraria as necessidades e estratégias dentro de um modelo de desenvolvimento sustentável.

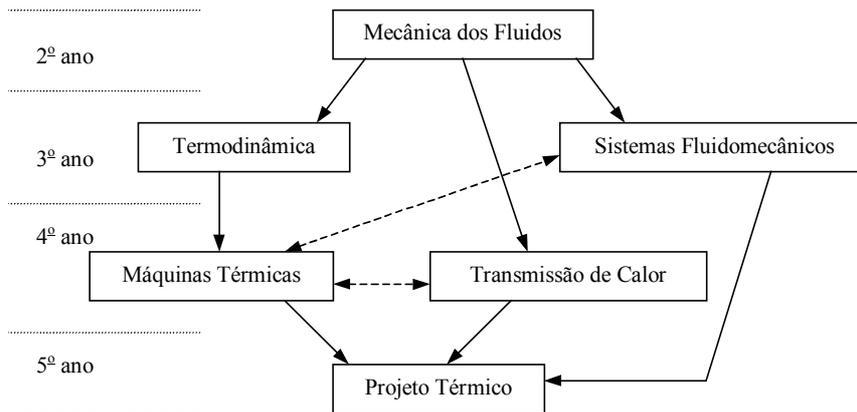


Figura 4. Ilustração de encadeamento entre disciplinas da área de Ciências Térmicas

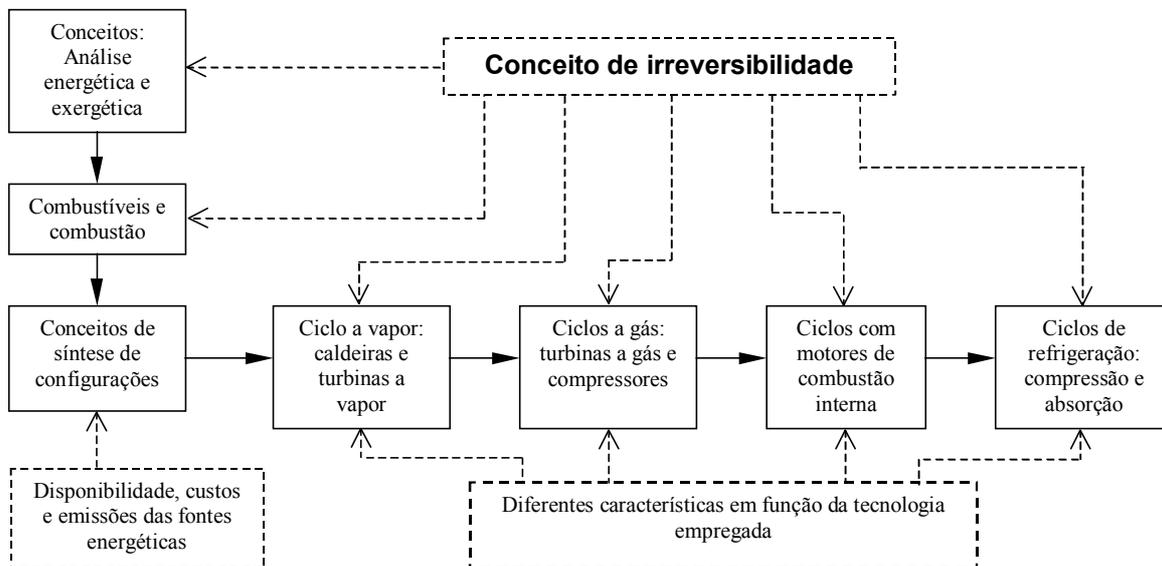


Figura 5. Esquematização da disciplina Máquinas Térmicas e identificação das oportunidades de inserção do tema Uso Racional de Energia em cada conteúdo.

A abordagem de aspectos históricos, a respeito dos desafios e conquistas no tocante à energia, mostra ao estudante que os conceitos presentes nas aulas e nos materiais didáticos dependeram da dedicação de pessoas, ou seja, o conhecimento é resultado da própria evolução humana, construído a partir de acertos e erros. Nesse contexto, a preocupação com a eficiência energética, presente no final do século XX e início do século XXI, possibilita a reflexão sobre a capacidade de transformação da sociedade pelo avanço da tecnologia, buscando-se alternativas que garantam a qualidade de vida sobre a Terra.

O estudo de casos, posteriormente aos conteúdos disciplinares e às atividades de propostas, reforça a visão da integração dos conceitos. Os sistemas energéticos presentes nos setores residencial, comercial e industrial normalmente apresentam várias oportunidades para verificar a aplicação do que foi aprendido em sala de aula, sem perder de vista os aspectos qualitativos do uso da energia. Numa possível extrapolação dos resultados obtidos, pode-se chegar à uma idéia aproximada das alterações comerciais e ambientais na fronteira do sistema analisado. Certos documentos, como por exemplo, o Balanço Energético Nacional elaborado pelo Ministério de Minas e Energia, proporcionam uma visão macroscópica dos vários setores que compõem a sociedade e servem de base de comparação dentro dos níveis de organização política.

Numa abordagem complementar, torna-se oportuno evidenciar a importância da participação do engenheiro como cidadão, e que, durante a condução de qualquer atividade, será o responsável pelos resultados obtidos no tocante às suas análises, atitudes e delegações. Entretanto, diante do conhecimento que foi adquirido ao longo de sua formação, parte das soluções dos problemas vividos pela sociedade pode estar nas mãos dos engenheiros.

6. Discussão final

Devido à condição estratégica assumida pela energia ao longo da evolução humana, o seu consumo representa um dos fatores determinantes para o desenvolvimento sócio-econômico das populações. O ensino das Ciências Térmicas nas engenharias tem a incumbência de formação de recursos humanos com habilidades para a solução das mais diversas situações, desde a concepção de novos elementos, ou minoração de efeitos indesejáveis, até o desenvolvimento de projetos de médio e longo prazos (por exemplo, planejamento energético).

A utilização do uso racional da energia como tema transversal constitui numa das possíveis ferramentas didáticas, pois através dele torna-se possível integrar os conceitos presentes na Mecânica dos Fluidos, Termodinâmica e Transferência de Calor, na busca de solução que minimizem as irreversibilidades inerentes aos processos de transformação energética.

Nessa concepção de ensino, o professor necessita rever a suas metodologias de ensino afim de aprimorar as técnicas de apresentação dos conteúdos disciplinares, levando em conta parâmetros educacionais, como as pré-concepções e as limitações cognitivas dos estudantes. O objetivo de uma abordagem contextualizada é estabelecer a conexão entre a informação formal e os elementos que constituem as realidades tecnológicas, sociais, políticas e econômicas dos indivíduos.

7. Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio prestado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), através do processo nº 99/05499-4.

8. Referências

- Bannwart, A.C., Mesquita Neto, E., Dedini, F.G., Caram, R., 1999, "A história da mecânica e seu papel na formação do engenheiro", Anais do XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, CD-ROM, Águas de Lindóia, Brasil.
- Bazzo, W.A., von Linsingen, I., Pereira, L.T.V., 2000, "O que são e para que servem os estudos CTS", Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, CD-ROM, Ouro Preto, Brasil.
- Carnot, S., 1824, "Reflections on the motive power of fire, and on machines fitted to develop that power", p. 3-22. IN: Mendoza, E. (Edt.), 1960, "Reflections on the motive power of fire and other papers", Dover Publications, New York, 174p.
- Goldemberg, J., 1998, "Energia, meio ambiente e desenvolvimento", Ed. USP, S. Paulo, Brasil, 235 p.
- Lacerda Neto, J.C.N., Almeida, N., Barros Filho, J., Silva, D., Sánchez, C.G., Ordonez, J.F., Silva, C.A.D., 1999, "O ensino técnico para o próximo século: um estudo considerando a perspectiva de CTS", Anais do XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, CD-ROM, Águas de Lindóia, Brasil.
- La Rovere, E.L., 1985, "Conservação de energia em sua concepção mais ampla: estilos de desenvolvimento a baixo perfil de consumo de energia", Ed. Marco Zero/FINEP, Brasil, pp.474-489.
- Llagostera, J., 1999, "Reflexão pedagógica no âmbito do ensino de engenharia", Anais do XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, CD-ROM, Águas de Lindóia, Brasil.
- Libâneo, J.C., 1992, "Didática", Ed. Cortez, S. Paulo, Brasil, 261 p.
- MEC, Ministério da Educação e Cultura, 1996, "Lei de diretrizes e bases da educação nacional – Lei nº 9394", Brasília, Brasil, 34 p.
- Thorwald, J., 1976, "O século dos cirurgiões", Ed. Hemus, São Paulo.

- Van Wylen, G.J., Sonntag, R.E., Borgnakke, C., 1995, "Fundamentos da termodinâmica clássica", Ed. Edgard Blücher, S. Paulo, Brasil, 591 p.
- Weber, L., 1997, "Viewpoint – some reflections on barriers to the efficient use of energy", Energy Policy, Vol.25, No. 10, pp. 833-835.

DEVELOPMENT OF TRANSVERSE SUBJECTS IN THERMAL SCIENCE TEACHING

Rubens Alves Dias

Unesp – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – Energy Department
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 – Guaratinguetá, SP – 12516-410

Cristiano Rodrigues de Mattos

Unesp – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – Physics Department
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 – Guaratinguetá, SP – 12516-410

José Antônio Perrella Balestieri

Unesp – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – Energy Department
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 – Guaratinguetá, SP – 12516-410

***Abstract.** In the last years, Brazilian engineering courses were submitted to many curricular reformulation for attending the determinations of the National Education Guide and Basis (LDB). With reference to the Thermal Sciences, the teaching of the necessary subjects must to be done by means of non-isolated topics and by showing the relationship of causes and effects relatively to the technology and its influence on the society. The development of transverse subjects like, for example, rational use of energy, municipal wastes and the environment can be the "vertebral column" of the program contents. Many concepts and information with these transverse subjects can be detected when verifying the capacity of human intervention in the nature and society, and hence they contribute to the citizenship. In this context, the domain of technical concepts do not suffice for getting satisfactory results in the engineering activities. The perception of the social condition of such defined question under analysis should represent the element that will determine the success or the failure in an intervention. This paper suggests one strategy for Thermal Science teaching that identifies and overcome the social barriers, that limits the teaching and learning process, using educational process for taking into account the contextualization and the development of transverse subjects.*

***Keywords.** Energy, rational use of energy, teaching*