

---

## UM EXERCÍCIO DE USO RACIONAL DA ENERGIA: O CASO DO TRANSPORTE COLETIVO<sup>+</sup>

---

*Rubens Alves Dias*

*José Antônio Perrella Balestieri*

Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – UNESP

Guaratinguetá – SP

*Cristiano Rodrigues de Mattos*

Instituto de Física – USP

São Paulo – SP

### **Resumo**

*O tema “uso racional da energia” tem sido apresentado atualmente, por influência da mídia, como relacionado exclusivamente ao setor produtivo e à energia elétrica. Todavia, devido à sua característica interdisciplinar, ele permite a análise de diversos processos de transformação energética e essas, por sua vez, propiciam uma reflexão a respeito de modelos de desenvolvimento, principalmente no que tange ao planejamento energético. Como exemplo de exercício para compreensão do uso racional de energia, este trabalho apresenta uma avaliação comparativa entre os dois tipos de veículos destinados a duas formas de transporte de passageiros: o particular e o coletivo. Levando-se em conta as diferenças entre esses dois tipos de veículos, foram contabilizadas as necessidades de processamento do petróleo e a participação de cada um na emissão de dióxido de carbono. Espera-se, assim, que este exercício sirva de subsídio tanto para a formação de professores e estudantes como para a compreensão da complexidade do problema do transporte coletivo, seja do ponto de vista do consumo energético, seja das ações necessárias para efetivar medidas de implementação de comportamentos para o uso racional de energia.*

**Palavras-chave:** *Uso racional de energia, CTSA, Ensino de Física, Cidadania.*

---

<sup>+</sup> An exercise on the rational use of energy: the collective transportation

<sup>\*</sup> *Recebido: agosto de 2005.*

*Aceito: dezembro de 2005.*

## **Abstract**

*Recently the theme of the rational use of energy has been presented by the media as an exclusive problem of the productive sector, mainly those linked to the electric power. Though, due to its interdisciplinary characteristic, that theme allows the analysis of several processes of energy transformation and these propitiate a reflection regarding development models, mainly with respect to the energy planning. As exercise example for understanding the rational use of energy, in this work it is presented a comparative evaluation among two types of vehicles destined to two forms of passengers' transportation: private and collective. In account of the differences between those two types of vehicles, the needs of petroleum processing and their participation in the carbon dioxide emission were counted. We hope that this exercise serves as a subsidy for teachers' and students' formation as well for understanding the complexity of the public transportation problem, considering that from the point of view of energy consumption as well from the necessary effective actions for implementation of behaviors to the rational use of energy.*

**Keywords:** *Rational use of energy, STSE, Physics teaching, Citizenship.*

## **I. Introdução**

Ao pensar na forma como se pratica a democracia no Brasil, em que a decisão política da população se exerce basicamente no momento da votação, conseguir mobilizar as pessoas requer instrumentos que estão muito além dos comportamentos individuais, tem sido necessária uma orientação externa, papel normalmente desempenhado pela mídia. Um exemplo foi a mudança de comportamento da população quanto ao suposto uso racional de energia elétrica, em resposta à campanha para a redução de consumo que tomou corpo na mídia após o apagão do ano de 2001, o que, na verdade, configurou um racionamento de energia.

O modelo brasileiro de política energética para controle de consumo de energia elétrica segue o modelo proposto por Haas (1997) e está baseado na alteração de comportamento dos consumidores, ou seja, a maioria das intervenções governamentais voltadas para a redução de consumo baseia-se na propaganda e no reajuste de preço (DIAS et al., 2004). Este último se dá de forma extremada nos momentos em que o consumo descola da produção energética.

Uma educação para o uso racional de energia prescinde de elementos que possam forçar uma mudança de comportamento, de atitude e de valores frente às ne-

cessidades sociais. No Brasil, o uso racional da energia elétrica é mais compreensível do que o do petróleo, pois dominamos integralmente o processo de produção e consumo dessa energia. Apesar do aumento vertiginoso da produção nacional nas últimas décadas, ainda dependemos da política econômica que gerencia sua distribuição e estabelece o seu preço no país<sup>1</sup>, o que impede o indivíduo de conscientizar-se das ações que lhe dizem – ou deveriam dizer-lhe –, respeito. Assim, da mesma forma que se fez na crise da energia elétrica, o refreamento do consumo do petróleo se dá pelo controle de preço e não por uma educação para o seu uso racional.

Recentemente, Dias et al. (2004) propuseram uma alteração no modelo de política energética de Haas (1997). Ao modelo foi acrescentada uma ação educacional oficial para motivar a alteração de valores e, por consequência, de atitudes em detrimento das alterações de comportamento. A principal diferença entre os conceitos de mudança de comportamento e mudança de atitude é que o primeiro se refere a uma mudança que pode ser revertida quando as condições que a provocaram desaparecerem, enquanto no segundo a mudança não é revertida com a volta das condições anteriores à necessidade da mudança pois se refere a uma alteração de valores e de visão de mundo. No caso do consumo de energia elétrica, está claro que houve uma mudança de comportamento com o aumento dos preços, diminuindo o consumo, mas à medida que os preços voltaram a se normalizar verificou-se um retorno ao padrão de consumo da mesma ordem que ocorria antes do apagão (BRASIL, 2004).

A inclusão de uma ação educacional oficial implica na realização de esforços e na alocação de recursos por parte das concessionárias de energia elétrica, principais responsáveis pela educação para um uso racional de energia. Haveria, assim, um reforço de recursos para a educação e não mais para *marketing*, a estratégia mais utilizada pelas concessionárias e governos até agora (ANEEL, 1999; DIAS et al., 2004). Além disso, a adoção dessa ação educacional oficial implicaria em tornar o setor de distribuição de eletricidade um novo parceiro na construção de uma escola que trate o uso racional de energia não mais como um tema dentro de uma disciplina, mas como um tema transversal que, no mínimo, tivesse o *status* de uma disciplina. Essa é uma modificação profunda, que exige uma mudança dos critérios de seleção de conteúdos escolares e deve resultar em um currículo mais adequado às necessidades sociais. O engajamento da comunidade escolar nessa proposta viria da sua compreensão da necessidade da implementação dessas mudanças curriculares, muitas vezes retardadas pela falta de clareza dos critérios de seleção dos conteúdos curriculares (FIEDLER-FERRARA; MATTOS, 2002).

---

<sup>1</sup> O barril de petróleo extraído no Brasil tem seu preço balizado pelo mercado internacional, sendo assim cotado em dólares americanos.

## II. Energia, consumo e CTSA<sup>2</sup>

Apesar da vasta pesquisa feita nas últimas décadas sobre concepções de energia (WATTS, 1983; SOLOMON, 1983; BLISS; OGBORN, 1985; KRUGER, 1990; LIJNSE, 1990; TRUMPER, 1990; GOMEZ-GRANELL; CERVERA-MARCH, 1993; NICHOLLS; OGBORN, 1993; TRUMPER; GORSKY, 1993; GOLDRING; OSBORNE, 1994; STYLIANIDOU, 1997; TRUMPER, 1997; FETHERSTON, 1999) sabemos, há algum tempo, que não basta investigar as concepções de estudantes e professores sobre o conceito de energia, ou mesmo propor uma diversidade de atividades didático-pedagógicas que levem em consideração apenas os aspectos cognitivos em detrimento dos culturais e afetivos (STERN, 1992; 2000; WEBER, 1997; LEGGETT; FINDLAY, 2001; LEGGETT, 2003). O incremento de atitudes e competências para uma atuação social de professores e alunos em favor de um desenvolvimento social sustentável está relacionada com a educação ambiental (MARCOTE; SUÁREZ, 2005). A necessidade de explicitar critérios de escolha nas tomadas de decisão que dizem respeito aos problemas ambientais que afetam o planeta necessita de uma atitude cidadã na qual os valores que a fundamentam estejam explícitos e sejam assumidos livremente (NOVO, 1995; SOLBES; VILCHES, 2004). Assim, para uma gestão social de recursos energéticos em que os aspectos sócio-políticos e ambientais sejam levados em conta, não basta um ensino de ciências no qual o conceito de energia é apresentado aparte de seu papel na sociedade, na economia e na cultura. É necessário tornar claro os problemas ambientais em seus diversos níveis de complexidade, conhecendo seus mecanismos, situando e reconhecendo suas conseqüências para vida do homem e do planeta, ou seja, a apresentação do conhecimento isolado do seu contexto sócio-político e ambiental não é suficiente para gerar mudanças de atitudes ou valores nos indivíduos. (MARCOTE; SUÁREZ, 2005). A abordagem CTSA associada à explicitação dos valores sócio-político e ambientais nos oferece os referenciais para tratar do problema complexo do meio ambiente (STERN, 2000; MANASSERO MAS et al., 2004) no qual se inclui o homem.

A inclusão desse modo de ver o mundo, na escola, implica na incorporação da dimensão CTSA nos currículos, seja no ensino formal (SANTOS; MORTIMER, 2002) como no informal (LEAL; GOUVEIA, 2002). Essa necessidade, apontada em diversos trabalhos científicos (DEBOER, 2000; GIL; VILCHES, 2001; SOLBES; VILCHES, 2004), está expressa na *Declaração de Budapeste*, apresentada na Conferência Mundial sobre a Ciência para o Século XXI:

*Hoje, mais do que nunca, é necessário fomentar e difundir a alfabetização científica em todas as culturas e todos os setores da sociedade, assim como as capacidades de raciocínio e as compe-*

---

<sup>2</sup> Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

*tências práticas e uma apreciação pelos princípios éticos, a fim de melhorar a participação dos cidadãos na tomada de decisões relativas a aplicação de novos conhecimentos*<sup>3</sup> (UNESCO, 1999, artigo 34).

É nesse sentido que apresentamos neste trabalho um exemplo de como o conhecimento científico pode ser usado como um dos critérios para a alteração de atitudes visando o uso racional de energia. Está claro que esse não é o único quesito para essa mudança – daí a apresentação das limitações dos modelos apresentados – mas é inegável que, apesar de não ser única, o conhecimento é condição para se exercer a cidadania em um mundo cujas decisões políticas, muitas vezes, ferem até o bom senso.

O conhecimento como ferramenta para mediar o homem com a natureza pode dar aos nossos estudantes e professores condições para que selecionem, em meio ao grande volume de informações que é veiculado nos meios de comunicação, sem critérios ou valores explícitos (DIAS, 2003), as relevantes, o que lhes permitiria adotar posturas significativas em relação ao meio ambiente (STERN, 2000). Assim, o conhecimento sobre o uso racional da energia deve ser entendido como uma ferramenta para a avaliação dos vários processos energéticos estabelecidos em uma sociedade. Essa avaliação pode ser feita em diversos níveis sociais e políticos: nos governos federal, estaduais e municipais, nas comunidades, nas universidades, nas escolas e, principalmente, no uso individual de energia. É a composição desses níveis de análise que leva a uma compreensão mais ampla dos problemas acarretados pelo consumo irracional de energia, como o feito em países com consumo desregrado de combustíveis fósseis.

A compreensão de que os princípios ligados a um uso racional da energia não dependem exclusivamente de uma fonte primária de energia (fóssil, nuclear, elétrico, etc.) é função de uma educação com enfoque CTSA, que parta de recortes na complexidade da realidade, mostrando casos particulares e suas relações com recortes mais amplos, que incluam mais elementos da realidade sócio-política-ambiental. Assim é possível estabelecer critérios comparativos entre os tipos de fontes energéticas levando-se em consideração as unidades consumidoras associadas.

Aproveitando o caráter interdisciplinar do tema *uso racional da energia*, será apresentado, neste artigo, um estudo que serve como um instrumento para avaliar o impacto no consumo de petróleo e na emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de veículos de transporte. O estudo se caracteriza pela comparação desses parâmetros de impacto no caso do transporte de passageiros em veículo particular e coletivo e torna

---

<sup>3</sup> “Hoy más que nunca es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todas las culturas y todos. los sectores de la sociedad así como las capacidades de razonamiento y las competencias prácticas y una apreciación de los principios éticos, a fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la adopción de decisiones relativas a la aplicación de los nuevos conocimientos.” (UNESCO, 1999, artigo 34)

claro diversos elementos que estão em jogo na escolha dos meios de transporte em centros urbanos, mostrando que as escolhas atualmente feitas, em muitas cidades, não levam em consideração critérios racionais para o consumo de energia. Esta compreensão deve ser levada a qualquer nível de ensino, seja ele fundamental, médio ou superior, se desejamos alterações de atitudes dos estudantes.

### III. Consumo de energia e transporte

O setor de transportes é responsável por mais da metade do consumo mundial de petróleo e de, aproximadamente, 30% do total da energia comercializada no mundo. Estima-se que 25% das emissões de CO<sub>2</sub> devidas à queima de combustíveis fósseis no planeta podem ser atribuídas ao transporte, e desse valor os países da OC-DE<sup>4</sup> participam com mais de 30% (DARGAY; GATELY, 1997). De 1973 até 1993, o uso de energia no setor de transportes no mundo aumentou em 77%, com crescimento anual médio de 2,6%. Essa taxa de crescimento foi muito maior que o crescimento da demanda energética do setor industrial (1,9%) ou de outros setores de uso final<sup>5</sup> (1,9%). A participação dos derivados de petróleo (diesel, gasolina, nafta, etc.) no setor de transportes aumentou de 41,9% do total produzido em 1971 para 55,6% em 1993 (WOHLGEMUTH, 1997). Em vez de proporcionar maior liberdade de movimento, o uso crescente do automóvel nos grandes centros urbanos está sendo responsável por enormes congestionamentos, o que causa custos enormes para muitas nações. Nos países da União Européia, por exemplo, o custo com congestionamentos é por volta de 2% do PIB anual (WOHLGEMUTH, 1997).

Na década de 1970, muitas análises do ambiente e instrumentos legais de controle estavam concentrados em poluentes convencionais, como o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), o monóxido de carbono (CO) e particulados. Recentemente, a preocupação ambiental tem se estendido para o controle de outros poluentes, incluindo substâncias químicas tóxicas (mesmo presentes em pequenas quantidades), bem como poluentes de significativo impacto global, como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (DINCER, 1999).

Diante do exposto, fica claro que a eficiência energética no setor de transportes consiste, também, em um elemento de importância estratégica no contexto do planejamento energético, nas políticas de preservação do meio ambiente e na seleção de conteúdos escolares.

---

<sup>4</sup> Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico.

<sup>5</sup> Os setores de uso final da energia são caracterizados pelo emprego da energia nos processos de transformação de produtos e bens de consumo, bem como na prestação de serviços.

#### **IV. Elementos de reflexão sobre o transporte**

As formas de uso dos transportes em uma nação podem ser determinadas por três fatores: geográficos, econômicos e sócio-demográficos. Os determinantes econômicos se referem principalmente ao retorno de capital, ou seja, ao custo do meio de transporte escolhido para uma viagem. Fatores sócio-demográficos incluem a relação do tamanho típico das famílias com sua estrutura, gênero, posição social e distribuição de idade na população a que pertencem, ou seja, a origem sócio-econômica dos usuários. Os fatores ligados às condições geográficas são, por exemplo, a densidade populacional das regiões interligadas por vias transportadoras (aéreas, terrestres ou marítimas) e as distâncias entre os destinos de uma viagem (WOHLGEMUTH, 1997).

#### **V. Opção pelo transporte rodoviário**

A opção pelo transporte rodoviário em território brasileiro tem seu marco histórico no projeto de desenvolvimento econômico adotado no governo de Juscelino Kubitschek (1956-1961)<sup>6</sup>, que favoreceu uma nova etapa na industrialização do país caracterizada principalmente pela implantação das fábricas de automóveis. Com o aumento da produção automobilística, surgiu a necessidade da construção e modernização das estradas de rodagem e, conseqüentemente, houve um consumo crescente de petróleo e de seus derivados (LEITE, 1997). O setor de transporte rodoviário desenvolveu-se de forma tão acentuada que inibiu o desenvolvimento de outros meios de transportes, dentre os quais, o ferroviário e o fluvial.

Nesse contexto, em 1975, chegou-se a importar 79,8% do total do petróleo processado nas refinarias (BNDES, 1998). Somente após as duas crises desse combustível fóssil, em 1973 e 1979, que ocasionaram um drástico aumento em seu preço, começaram a ocorrer preocupações com relação à nossa dependência em relação a ele.

No final da década de 1970 e na primeira metade da década de 1980, o programa de substituição da gasolina pelo álcool combustível para os automóveis particulares – Pró-álcool – surgiu como uma alternativa à redução das importações de petróleo. Tal iniciativa, a despeito de representar um avanço em segmentos produtivos do país, não apresentou significativas alterações estruturais no setor de transportes – houve somente o deslocamento do tipo de fonte dentro da mesma matriz energética.

Em 1986, o aumento da oferta do petróleo no mercado forçado pela Arábia Saudita, causou uma queda vertiginosa do valor do barril de petróleo<sup>7</sup>, seguido de

---

<sup>6</sup> Cujo *slogan* era “cinquenta anos de progresso em cinco de governo”.

<sup>7</sup> O valor era de US\$ 7,85 enquanto em 1979 o valor do barril de petróleo havia chegado próximo dos US\$ 40,00.

um aumento que determinou preços em uma faixa compreendida entre US\$ 12,00 e US\$ 20,00 (MELLONI, 2000). Nessas circunstâncias, os derivados do petróleo, principalmente a gasolina, reassumiram a sua participação na matriz energética nacional.

Atualmente, o Brasil importa 16% do petróleo que consome (BRASIL, 2004), todavia, tal fato não garante uma balança comercial favorável, em virtude do crescente aumento de demanda de combustíveis e das variações no preço do barril de petróleo<sup>8</sup>. A Fig. 1 mostra a evolução do gasto total de petróleo de 1985 a 2004, na qual destaca-se a participação do transporte rodoviário como o agente determinante do perfil de consumo do setor de transportes.

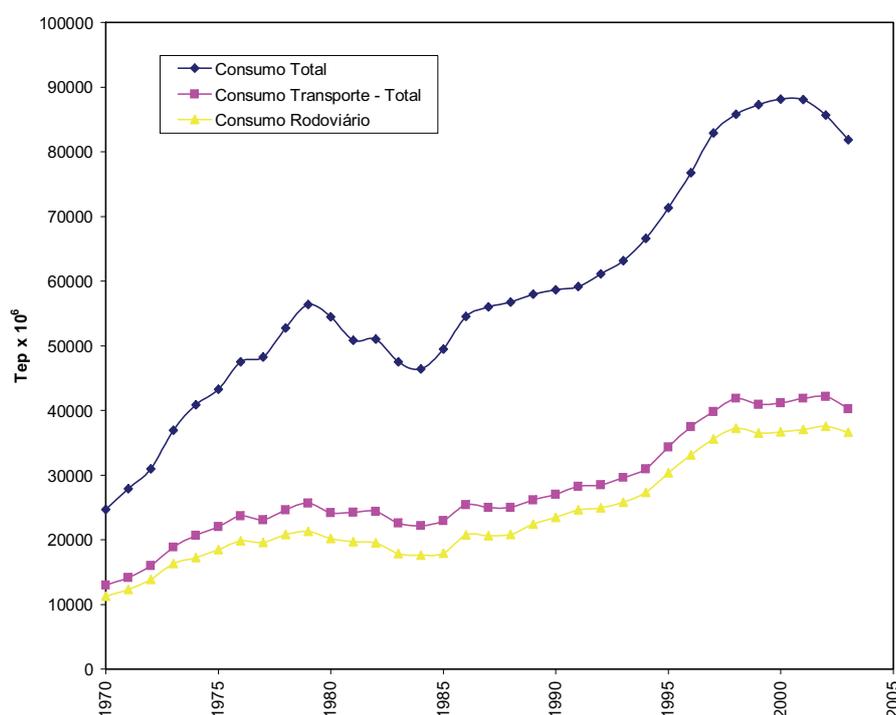


Fig. 1 - Evolução do consumo de petróleo no Brasil (BRASIL, 2004).  
(1 tep = 45,22 × 10<sup>9</sup>J).

## VI. Estudo de caso: automóvel versus ônibus

De modo a evidenciar o grande potencial de conservação de energia resultante da mudança de postura das pessoas a partir da incorporação de valores voltados ao uso racional da energia, a avaliação que segue visa estabelecer a comparação entre o consumo de um automóvel particular e um ônibus, no que diz respeito à neces-

<sup>8</sup> Em 4 jul. 2002, o barril de petróleo tipo Brent para entrega em agosto estava cotado a US\$ 25,59.

sidade de processamento de petróleo e emissão de dióxido de carbono por passageiro (CO<sub>2</sub>/passageiro).

Para o desenvolvimento do estudo de caso foram assumidas as condições apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Dados assumidos para o automóvel.

<b>Automóvel</b>	
Combustível	gasolina
Ocupação	1 passageiro
Desempenho	$10 \frac{\text{km}}{\text{litro}}$ ou $0,1 \frac{\text{litro}}{\text{km}}$
Consumo de gasolina/passageiro	$0,1 \frac{\text{litro}}{\text{km}} \div 1 \text{ passageiro} = 0,1 \frac{\text{litro}}{\text{km} \cdot \text{passageiro}}$

Tabela 2 – Dados assumidos para o ônibus.

<b>ônibus</b>	
Combustível	diesel
Ocupação	44 passageiros
Desempenho	$2,7 \frac{\text{km}}{\text{litro}}$ ou $0,37 \frac{\text{litro}}{\text{km}}$
Consumo de diesel/passageiro	$0,37 \frac{\text{litro}}{\text{km}} \div 44 \text{ passageiros} = 0,0084 \frac{\text{litro}}{\text{km} \cdot \text{passageiro}}$

Como os dois meios de transporte funcionam com combustíveis distintos, para comparar os valores de consumo é necessário representá-los em quantidade de petróleo necessários ao refino para cada um. Nas refinarias, a produção de cada derivado de petróleo deve respeitar uma determinada faixa percentual no processo de destilação, que depende tanto dos limites físico-químicos (como a impossibilidade de produzir somente um tipo de derivado de petróleo), como dos limites mercadológicos definidos pela necessidade de respeitar as prioridades de cada mercado consumidor.

Na Tabela 3 estão as informações sobre as porcentagens do volume de petróleo transformadas em cada derivado.

Tabela 3 – Percentual de extração de derivados por refino do petróleo definidos no mercado de consumo brasileiro em 2001 (SCHAEFFER et al., 2004 apud TAVARES, 2005).

Distribuição no refino do petróleo (% do volume de petróleo <sup>9</sup> )	
GLP	8,1
Nafta	10,5
Gasolina	19,5
Querosene	2,6
Diesel	36,4
Outros	22,9

Pode-se, então, considerar o consumo específico de petróleo do automóvel e do ônibus, calculando o volume de petróleo necessário para gerar a quantidade de gasolina e diesel utilizados. Baseados nas informações fornecidas nas tabelas 1 e 2, podemos dizer que para obter 0,1 litros de gasolina são necessários aproximadamente 0,51 litros de petróleo, ou seja, o consumo específico do automóvel, com 1 passageiro, vale:

$$C_{e_{\text{automóvel}}} = 0,51 \frac{\text{litros de petróleo}}{\text{km} \cdot \text{passageiro}}$$

Da mesma forma, usando os dados das Tabelas 1 e 3, para obtermos 0,0084 l de diesel são necessários, aproximadamente, 0,023 litros de petróleo, ou seja, o consumo específico do automóvel, com 1 passageiro, vale:

$$C_{e_{\text{ônibus}}} = 0,023 \frac{\text{litros de petróleo}}{\text{km} \cdot \text{passageiro}}$$

Quanto à emissão de poluentes na atmosfera, a Tabela 4 apresenta o valor em gramas do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), do monóxido de carbono (CO) e dos óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) emitidas por quilômetro. Essas são as substâncias de interesse para este estudo de caso.

Como as emissões apresentadas são valores totais por veículo, o número de passageiros determinará o valor final em g/km. Assim, no estudo de caso apresentado, em relação à liberação de CO<sub>2</sub>, o automóvel produz 223 g/km por passageiro, enquanto o ônibus gera 22,2 g/km por passageiro.

<sup>9</sup> 1 barril de petróleo = 158,98 litros.

Tabela 4 – Emissão de alguns poluentes.

<b>Poluentes</b>	<b>automóvel</b>	<b>ônibus</b>
CO <sub>2</sub> (g/km) <sup>10</sup>	223	975
CO (g/km)	2,0 <sup>11</sup>	4,0 <sup>12</sup>
NO <sub>x</sub> (g/km)	0,6 <sup>11</sup>	7,0 <sup>12</sup>

Nos cálculos apresentados, buscou-se primeiramente a identificação de um elemento comum aos dois tipos de combustíveis (gasolina e diesel): o petróleo. Dessa forma, contornando as diferenças tecnológicas entre os dois veículos, evidencia-se o impacto de cada um sobre as quantidades de combustíveis processadas nas refinarias e sua influência sobre as necessidades de produção e importação de petróleo. Na emissão de dióxido de carbono, verifica-se a importância de se realizar a avaliação em bases relativas – o número de passageiros.

Tanto o uso dos combustíveis quanto a emissão de dióxido de carbono refletem o resultado das escolhas, que nem sempre tem fundamentação explícita, realizadas por indivíduos ou mesmo pela sociedade. A demonstração de que uma alternativa é mais ecologicamente correta do que outra não é condição decisiva para que o povo troque a tecnologia usada por outra. Assim, um dos objetivos do exercício proposto é o de sugerir uma reflexão crítica a respeito da capacidade das sociedades de alterar os modelos de desenvolvimento sócio-econômico e suas causas e efeitos, conduzindo ao aprimoramento das condições para que as pessoas possam exercer a sua cidadania.

É interessante testar os limites deste tipo de exercício por meio do cálculo da economia de petróleo que a cidade de São Paulo, por exemplo, poderia fazer caso todo o transporte realizado por automóveis fosse substituído por ônibus. Atualmente circulam na cidade de São Paulo cerca de 5,4 milhões de automóveis<sup>13</sup> e 11 mil ônibus (DETRAN, 2005). Substituindo cada grupo de 44 automóveis por um ônibus, temos:

$$5,4 \times 10^6 \text{ automóveis} \times 1 \text{ passageiro} \approx 122.000 \text{ ônibus} \times 44 \text{ passageiros}$$

Mas como queremos o consumo por passageiro e o número total de passageiros é o mesmo, sejam dos 5,4 milhões de automóveis sejam dos 120 mil ônibus,

<sup>10</sup> Valor aproximado calculado em função da condição estequiométrica para os dados do estudo de caso (Anexo).

<sup>11</sup> Limites máximos de emissão até 31/12/2006.

<sup>12</sup> Limites máximos de emissão até 31/12/2005 (Ibama, 2001).

<sup>13</sup> O número fornecido pelo Departamento de Transporte do Estado de São Paulo é 5.358.210 automóveis, o que representa 68,96% da frota do estado (DETRAN, 2005).

calculamos o consumo por passageiro usando o valor obtido na equação acima e as informações da tabela 4. Assim, o consumo por passageiro em automóveis é:

$$5,4 \times 10^6 \text{ passageiros} \times 0,55 \frac{\text{litros de petróleo}}{\text{km} \cdot \text{passageiro}} = 2,97 \times 10^6 \frac{\text{litros de petróleo}}{\text{km} \cdot \text{passageiro}}$$

Enquanto o consumo dos ônibus é:

$$5,4 \times 10^6 \text{ passageiros} \times 0,025 \frac{\text{litros de petróleo}}{\text{km} \cdot \text{passageiro}} = 1,35 \times 10^5 \frac{\text{litros de petróleo}}{\text{km} \cdot \text{passageiro}}$$

O que equivale a uma economia de aproximadamente  $28,4 \times 10^5$  litros de petróleo/km. Com relação à emissão de CO<sub>2</sub>, teríamos uma diminuição de massa emitida de aproximadamente:

$$\begin{aligned} m_{\text{CO}_2} &= 5,4 \times 10^6 \text{ passageiros} \times \left( 223 \frac{\text{g}}{\text{km} \cdot \text{passageiro}} - 22,2 \frac{\text{g}}{\text{km} \cdot \text{passageiro}} \right) = \\ &= 5,4 \times 10^6 \text{ passageiros} \times 200,8 \frac{\text{g}}{\text{km} \cdot \text{passageiro}} \approx 1084 \times 10^6 \frac{\text{g}}{\text{km}} \end{aligned}$$

O impacto causado pelos resultados apresentados neste estudo pode chamar a atenção dos usuários dos sistemas viários das grandes cidades e reverter a tendência dos últimos anos, pelo menos na cidade de São Paulo, do esvaziamento do sistema de transporte coletivo em virtude de um planejamento precário. No ano de 2004, a média de passageiros por quilômetro por mês na cidade de São Paulo, o I.P.K.<sup>14</sup>, foi de 2,04, o que dá uma noção clara da disparidade entre o resultado do exercício proposto neste trabalho e a realidade dos grandes centros urbanos. A reversão dos problemas de trânsito não depende apenas da apresentação de resultados assustadores, mas de um planejamento de transporte sério e responsável que tenha como principal foco o bem estar sócio-ambiental.

## VII. Comentários finais

A compreensão dos conceitos relativos ao uso racional de energia é de grande importância quando se planeja o uso das fontes energéticas. Existem vários fatores de ordem social, econômica e tecnológica que devem ser considerados quando se pretende implementar ações que visam o uso racional dos recursos energéticos, principalmente no que tange aos modelos de desenvolvimento adotados e às estruturas asso-

---

<sup>14</sup> I.P.K. – Índice de passageiros por quilômetro. “É calculado com a divisão do número de passageiros transportados no mês pelo quilômetro percorrido por linha, sem considerar os números de greve, retratando dados da antiga CMTc, empresas contratadas e sistema atual.” (SPTRANS, 2005)

ciadas, como no caso do setor de transportes. Nas refinarias, a produção de cada derivado de petróleo deve respeitar uma determinada faixa percentual no processo de destilação, ou seja, estão presentes tanto os limites físico-químicos como, por exemplo, a impossibilidade de produzir somente um tipo de derivado de petróleo.

A escolha pelas estradas de rodagem fortaleceu outros segmentos econômicos, como a indústria automobilística e de autopeças, as empresas transportadoras e de construção civil. Tal opção político-econômica reflete os interesses das organizações ligadas ao transporte rodoviário que são os pilares que suportam esse tipo de transporte. A introdução de proposições de ações educacionais oficiais governamentais na reflexão sobre os modelos de política energética pode explicitar o conjunto de valores sócio-políticos e econômicos que originam as decisões tomadas pelos governos. Além disso, pode dar a dimensão da cadeia sócio-econômica ligada à produção dos bens que sustentam o setor de transportes, o que inclui os postos de trabalho de milhares de indivíduos.

Apesar das barreiras no desenvolvimento das atividades ligadas ao uso eficiente dos recursos energéticos (WEBER, 1997), a avaliação do impacto das formas de uso social da energia é uma das etapas que proporcionam uma visão estratégica do próprio modelo de desenvolvimento adotado. Nesse contexto, será possível identificar os procedimentos a serem modificados em determinados prazos, conforme a sua viabilidade social, técnica e econômica.

Em uma análise preliminar, o estudo de caso apresentado quantifica a vantagem em investir no transporte coletivo de passageiros em relação ao particular individual. O transporte coletivo, além de contribuir para a redução do volume de petróleo processado nas refinarias, diminui a emissão de gases poluentes quando comparados os valores por passageiro transportado. Os resultados expostos foram obtidos de valores médios, em condições ideais de tráfego, o que sugere a agregação de outros fatores para estudos mais completos, como a produção de outros gases residuais (por exemplo, o ozônio), a qualidade dos serviços de transporte coletivo e as alterações urbanísticas e rodoviárias do ponto de vista logístico e de segurança.

O propósito deste artigo foi mostrar que é possível uma discussão a respeito do uso racional de energia em sala de aula em um contexto interdisciplinar. Esta reflexão possibilita a percepção dos sistemas energéticos como complexos e passíveis de análise em diferentes níveis e, ao mesmo tempo, alimenta uma atitude crítica em relação às conseqüências de decisões políticas que nos afetam.

## Referências

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Relatório síntese dos programas de combate ao desperdício de energia elétrica** – ciclo 1998/99. 1999. Disponível em:

<[http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/Relatorio\\_Sintese\\_98-99.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/Relatorio_Sintese_98-99.pdf)>. Acesso em: 06 mar. 2000.

AUSTRALIAN GREENHOUSE OFFICE (AGO) – Department of the Environment and Heritage. **Fuel consumption and the environment**. 2005. Disponível em: <<http://www.greenhouse.gov.au/fuellabel/environment.html>>. Acesso em: 02 ago. 2005.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Informe infra-estrutura**. 1998. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/infra/q7121.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2002.

BLISS, J.; OGBORN, J. Children's choices of uses of energy. **European Journal of Science Education**, n. 7, p. 195-203, 1985.

BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Balanco energético nacional 2001 – ano base 2000**. 2001. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/sen/ben/ben.html>> Acesso em: 26 jun. 2002.

BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Balanco energético nacional 2004 – ano base 2003**. 2004. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>> Acesso em: 01 jan. 2005.

DARGAY, J.; GATELY, D. Vehicle ownership to 2015: implications for energy use and emissions. **Energy Policy**, v. 25, n. 14/15, p. 1121-1127, 1997.

DEBOER, G. B. Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, n. 6, p. 582-601, 2000.

DETRAN – Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.detran.sp.gov.br/>> Acesso em: 01 mai. 2005.

DIAS R. A.; MATTOS, C. R.; BALESTIERI, J. A. P. Energy education: breaking up the rational energy use barriers. **Energy Policy**, v. 32, n. 11, p. 1339-1347, 2004.

DIAS, R. A. **Desenvolvimento de um modelo educacional para a conservação de energia**. 2003. 235f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

DIAS, R. A.; MATTOS, C. R.; BALESTIERI, J. A. P. The limits of human development and the use of energy and natural resources. In Press: **Energy Policy**, 2005.

DINCER, I. Environmental impacts of energy. **Energy Policy**, v. 27, p. 845-854. 1999.

FETHERSTON, T. Students constructs about energy and constructivist learning. **Research in Science Education**, v. 29, n. 4, p. 515-525, 1999.

FIEDLER-FERRARA, N.; MATTOS, C. R. Seleção e organização de conteúdos escolares: recortes na pandisciplinaridade. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 8, 2002. Águas de Lindóia. **Atas...** São Paulo: SBF, 2002. 1 CD.

GIL, D.; VILCHES, A. Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. **Investigación en la Escuela**, n. 43, p. 27-37, 2001.

GOLDRING, H.; OSBORNE, J. Students' difficulties with energy and related concepts. **Physics Education**, v. 29, n. 1, p. 26-32, 1994.

GOMEZ-GRANELL, C.; CERVERA-MARCH, S. Development of conceptual knowledge and attitudes about energy and the environment. **International Journal of Science Education**, v. 15, n. 5, p. 553-565, 1993.

HAAS, R. Energy efficiency indicators in the residential sector. **Energy Policy**, v. 25, n. 7/9, p. 789-802, 1997.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores – Proconve**. 2001. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/proconve/>>. Acesso em : 01 out. 2001.

KRUGER, C. Some primary teachers' ideas about energy. **Physics Education**, n. 25, p. 86-91, 1990.

LEAL, M. C.; GOUVÊA, G. Narrativa, mito, ciência e tecnologia: o ensino de ciências na escola e no museu. **Ensaio**, v. 2, n. 1, p. 1-29, 2002.

LEGGETT, M. Lessons that non-scientists can teach us about the concept of energy: A human-centred approach. **Physics Education**, v. 38, n. 2, p. 130-134, 2003.

LEGGETT, M. R.; FINDLAY, M. Science, story, and image: a new approach to crossing the communication barrier posed by scientific jargon. **Public Understand. Science**, n. 10, p. 157-171, 2001.

LEITE, A. D. **A energia do Brasil**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 528 p.

LIJNSE, P. L. Energy between the life-world of pupils and the world of physics. **Science Education**, v. 74, n. 5, p. 571-583, 1990.

MANASSERO MAS, M. A.; VÁZQUEZ ALONSO, A.; ACEVEDO DÍAZ, J. A. Evaluación de las actitudes del profesorado respecto a los temas CTS: nuevos avances metodológicos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 22, n. 2, p. 299–312, 2004.

MARCOTE, P. V.; SUÁREZ, P. A. Planteamiento de un marco teórico de la Educación Ambiental para un desarrollo sostenible. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 1, 2005.

MELLONI, E. Reunião da Opep pode por fim à crise do petróleo. **O Estado de São Paulo**. São Paulo, Economia, 5 mar., p. 1, 2000.

NICHOLLS, G.; OGBORN, J. Dimensions of children's conceptions of energy. **International Journal of Science Education**, v. 15, n. 1, p. 73-81, 1993.

NOVO, M. **La Educación Ambiental**. Bases éticas, conceptuales y metodológicas. Madrid: Editorial Universitas, 1995.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio**, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2002.

SOLBES, J.; VILCHES, A. El papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 22, n. 3, p. 337-348, 2004.

SOLOMON, J. Messy, contradictory and obstinately persistent: A study of children's out-of-school ideas about energy. **School Science Review**, v. 65, n. 231, p. 225-230, 1983.

SPTRANS – São Paulo Transporte. **Índice de passageiro médio por quilometro**. Disponível em: <[http://www.sptrans.com.br/Indicadores/ind\\_frame.htm](http://www.sptrans.com.br/Indicadores/ind_frame.htm)> Acesso em: 01 mai. 2005.

STERN, P. C. What psychology knows about energy conservation? **American Psychologist**, v. 47, n. 10, p. 1224-1232, 1992.

STERN, P. C. Toward a coherent theory of environmentally significant behavior. **Journal of Social Issues**, v. 56, n. 3, p. 407-424, 2000.

STYLIANIDOU, F. Children's learning about energy and processes of change. **School Science Review**, v. 79, n. 286, p. 91-97, 1997.

TAVARES, M. E. E. **Análise do refino no Brasil: estado e perspectivas - uma análise “cross-section”**. 2005. 402p. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

TRUMPER, R. Energy and a constructivist way of teaching. **Physics Education**, v. 25, n. 4, p. 208-212, 1990.

TRUMPER, R. The need for a change in elementary school teacher training: The case of the energy concept as an example. **Educational Research**, v. 39, n. 2, p. 157-174, 1997.

TRUMPER, R.; GORSKY, P. Learning about energy: The influence of alternative frameworks, cognitive levels, and closed-mindedness. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 30, n. 7, p. 637-648, 1993.

UNESCO – ICSU. Declaración de Budapest: Declaración sobre la Ciencia y el uso del saber científico. In: CONFERENCIA MUNDIAL SOBRE LA CIENCIA PARA EL SIGLO XXI: UN NUEVO COMPROMISO, 1999, Budapest. 1999. Disponível em: <<http://www.campus-oei.org/salactsi/budapestdec.htm>>. Acesso em: 07 set. 2002.

WATTS, M. Some alternative views of energy. **Physics Education**, v. 18, p. 213-217, 1983.

WEBER, L. Viewpoint – some reflexions on barriers to the efficient use of energy. **Energy Policy**, v. 25, n. 14/15, p. 1109-1119, 1997.

WOHLGEMUTH, N. World transport energy demand modelling. **Energy Policy**, v. 25, n. 14/15, p. 1109-1119, 1997.

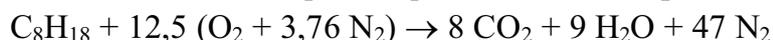
## **Anexo**

### **Estimativa da emissão de dióxido de carbono**

#### **Gasolina**

Fazemos aqui uma estimativa da emissão de dióxido de carbono na condição estequiométrica na qual consideramos apenas a quantidade de oxigênio necessária à combustão.

Tomando a fórmula química aproximada da gasolina como  $C_8H_{18}$  e, para a combustão, a proporção em massa do Nitrogênio (79%) em relação ao Oxigênio (21%) como  $79/21 = 3,76$ , temos que, a equação de balanço pode ser escrita como:



Assim, neste processo, para cada 1 mol de  $C_8H_{18}$  são produzidos 8 mols de  $CO_2$ . As massas moleculares do octano e do dióxido de carbono são, respectivamente:

$$C_8H_{18} = 114 \text{ g/mol e } CO_2 = 44 \text{ g/mol.}$$

Considerando-se o número de mols no balanço químico, as massas das moléculas na reação são:

$$m(C_8H_{18}) = 114 \text{ g/mol} \times 1 \text{ mol} = 114 \text{ g e } m(CO_2) = 44 \text{ g/mol} \times 8 \text{ mols} = 352 \text{ g.}$$

Para determinar a massa de combustível utilizamos a eficiência de 10 km/l, tomando a densidade da gasolina como  $\rho_{\text{gasolina}} = 720 \text{ g/l}$ , assim, para cada quilometro, temos, que:

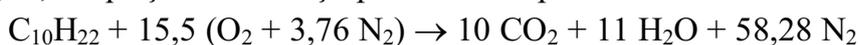
$$0,1 \text{ litro de gasolina} \rightarrow 72 \text{ g de gasolina}$$

Podemos agora calcular a proporção entre a quantidade de gasolina e a quantidade de dióxido de carbono produzido por quilometro, como 114 g de gasolina (octano) correspondem a 352 g de  $CO_2$ , dada a proporção estequiométrica, e 72 g de gasolina correspondem a 222,3 g de  $CO_2$  (Usaremos o valor aproximado 223 g de  $CO_2$ /km).

## Diesel

Para o diesel o procedimento de cálculo se repete com as variáveis relativas ao combustível.

Tomando a fórmula química aproximada do diesel como  $C_{10}H_{22}$  e, para a combustão, a mesma proporção em massa do Nitrogênio (79%) em relação ao Oxigênio (21%) 3,76, a equação de balanço para o diesel pode ser escrita como:



$$1 \text{ mol de } C_{10}H_{22} \rightarrow 10 \text{ mols de } CO_2$$

Neste processo, para cada 1 mol de  $C_{10}H_{22}$  são produzidos 10 mols de  $CO_2$ . As massas moleculares do diesel e do dióxido de carbono são, respectivamente,  $C_{10}H_{22} = 142 \text{ g/mol}$  e  $CO_2 = 44 \text{ g/mol}$ . Considerando-se o número de mols no balanço químico, as massas das moléculas na reação são  $m(C_{10}H_{22}) = 142 \text{ g/mol} \times 1 \text{ mol} = 142 \text{ g}$  e  $m(CO_2) = 44 \text{ g/mol} \times 10 \text{ mols} = 440 \text{ g}$ .

Para determinar a massa de combustível utilizamos uma eficiência de 2,7 km/l, tomando a densidade da gasolina como  $\rho_{\text{gasolina}} \approx 850 \text{ g/l}$ , assim, para cada quilometro, temos, que:

$$0,37 \text{ litro de diesel} \rightarrow 314,5 \text{ g de diesel}$$

Podemos agora calcular a proporção entre a quantidade de diesel e a quantidade de dióxido de carbono produzido por quilometro, como 142 g de diesel correspondem a 440 g de  $CO_2$ , dada a proporção estequiométrica, e 314,5 g de gasolina correspondem a 974,5 g de  $CO_2$  (Usaremos o valor aproximado 975 g de  $CO_2$ /km).

Para outras informações ver Australian Greenhouse Office (2005).