



**DELOS**  
**Desarrollo Local Sostenible**  
Revista Desarrollo Local Sostenible.  
Grupo Eumed.net y  
Red Académica Iberoamericana  
Local Global  
**Vol 3, Nº 8**  
[www.eumed.net/rev/delos/08](http://www.eumed.net/rev/delos/08)

## **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E O RETORNO ÀS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO SÉCULO XXI**

**Carla de Almeida Roig**  
**Ivan Prado Silva**  
**Sinclair Mallet-Guy Guerra**

Centro de Engenharias, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas/CECS  
Universidade Federal do ABC/UFABC<sup>1</sup>  
[sguerra@ufabc.edu.br](mailto:sguerra@ufabc.edu.br)

### **RESUMO**

As projeções de importantes órgãos internacionais de pesquisa e desenvolvimento além de informar o público em geral, objetivam influenciar a tomada de decisão política das nações. Elas evidenciam o aumento da demanda global por energia e da alta emissão de CO<sub>2</sub> dos processos atuais, alertando para que as medidas a serem tomadas pelos governos sejam direcionadas a resolução de tais questões, local e regionalmente. Analisam-se aqui as recomendações do relatório do Conselho InterAcadêmico para a redução da intensidade de carbono gerado na atividade da indústria energética através de eficiência e do estímulo à utilização de processos renováveis; qual a eficiência de que tratam e em que medida as fontes fósseis darão lugar às demais na matriz mundial.

### **PALAVRAS-CHAVE**

cenários de referência de produção e consumo, eficiência energética, redução das emissões de CO<sub>2</sub>, mudanças no padrão de consumo.

**Classificação JEL:** Q49

### **ABSTRACT**

In addition to informing the public, the projections of the principal international institutions of research & development tends to influence the policy-making nations. Higher CO<sub>2</sub> emissions and increase global demand for energy within the extraction, production and consumption processes, demonstrate the urgent need for local and regional political actions. The recommendations of the InterAcademy Council report to reduce carbon intensity through efficiency and renewable processes will be analyzed: the kind of efficiency they treat about and in what measure other energy options will replace fossil fuels.

---

<sup>1</sup> Rua Catequese, 242 – 5º. a. 09090-400 Santo André, SP, BRASIL

**Key-words:**

Reference scenarios, energy efficiency, carbon emission reduction, changes in lifestyle patterns and consumers choices.

**JEL Classification:** Q49

## 1. INTRODUÇÃO

Neste início de século um dos temas de maior destaque é a questão energética. Este interesse justifica-se plenamente, na medida em que o sistema econômico vigente apoiou seu processo de expansão na disponibilidade de fontes de energia que durante muito tempo foram abundantes e relativamente baratas.

Estimulada pelos combustíveis fósseis, a elevada expansão da produção de mercadorias, elemento fundamental do processo de acumulação de capital, conduziu o sistema mundial de energia a uma encruzilhada, determinada pela ocorrência do “pico” do petróleo e de sua concentração na conturbada região do Oriente Médio, simultaneamente à divulgação de estudos que apontam o papel deletério dos combustíveis fósseis na emissão de gases que podem levar às mudanças climáticas.

Embora os estudos do IPCC/Painel Intergovernamental de Câmbio Climático apontem a necessidade de, partindo dos níveis atuais, reduzir as emissões entre 50% a 85% até 2050, para manter o aquecimento global entre 2°C e 2,4°C, as emissões mundiais de CO<sub>2</sub> e a demanda por petróleo permanecem aumentando continuamente e a manutenção deste quadro poderia gerar uma alteração irreversível no meio ambiente natural e mudanças significativas em diversos aspectos da vida.

Neste contexto, a alteração no perfil da demanda energética, a ampliação da eficiência na produção e no uso final de energia e a substituição de energias fósseis por renováveis, constituem desafios da maior relevância. O enfrentamento destes desafios, contudo, não pode ser efetivo, se não se considera a complexidade das inter-relações entre a questão energética e o sistema mundial produtor de mercadorias.

Este artigo tem como objetivo contrastar os cenários energéticos para as próximas décadas com as políticas de aumento da eficiência energética e estímulo à substituição das fósseis pelas renováveis que estão sendo implementadas ou recomendadas, com destaque para as proposições elaboradas pelo grupo de estudos no Relatório do InterAcademy Council (2007) liderado por Steven Chu, atual Secretário de Energia dos Estados Unidos da América e José Goldemberg, professor da Universidade de São Paulo, Brasil.

## 2. CENÁRIOS

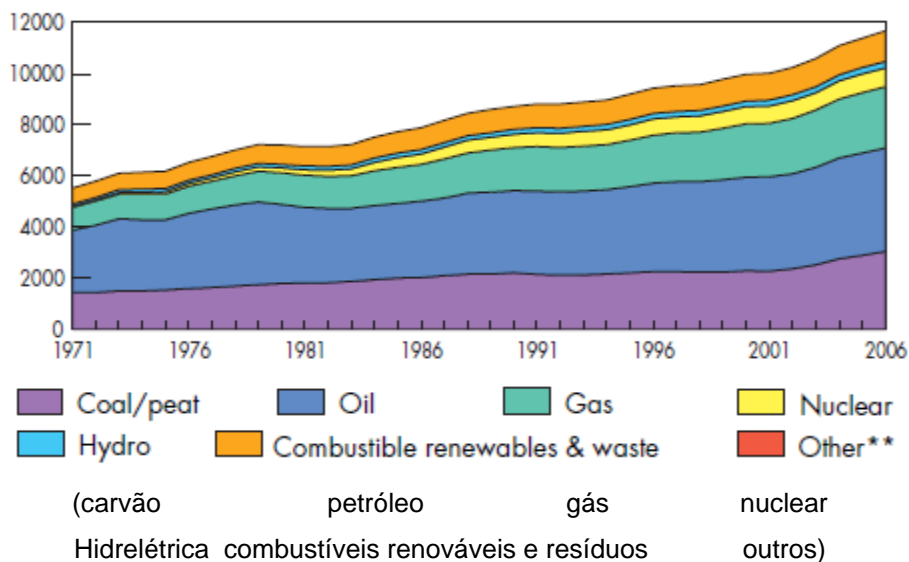
A Agência Internacional de Energia, órgão vinculado aos países da OCDE/Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico, publica periodicamente o “World Outlook Energy”. Apoiado em ampla base empírica, estes estudos apresentam o quadro atual da questão energética e projetam cenários para as próximas décadas. Em sua edição de 2008, o Relatório afirma claramente que o padrão atual de oferta e demanda de energia é insustentável ambientalmente, assim como também nas perspectivas econômica e social, existindo, portanto, a necessidade (e a possibilidade) de se alterar esta tendência.

A continuidade das tendências atuais aponta para uma emissão de gases relacionados ao efeito estufa que poderiam causar uma elevação da temperatura média da terra em até 6°, gerando conseqüências cumulativas não totalmente previsíveis, porém nefastas, para a vida no planeta.

A matriz energética atual é responsável pela maior parte (61%) das emissões destes gases. Como evidencia o gráfico 1, mais de 80% da oferta primária de energia vem de origem fóssil

(petróleo 34,4%, carvão 26%, gás 20,5%). Esta composição apresenta um ritmo de redução relativamente lento da participação dos combustíveis fósseis, que em 1973 representavam 86,5%.

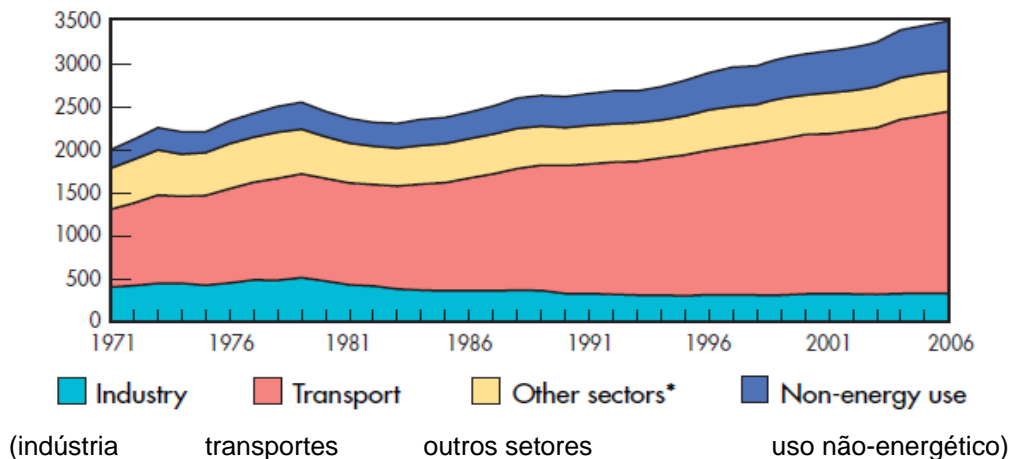
**Gráfico 1. Evolução da oferta total de energia primária no mundo entre 1971 e 2006 por combustível**



Fonte: OCDE/AIE 2008

Ou seja, os choques do petróleo na década de 1970 foram insuficientes para interferir decisivamente no rumo do crescimento da demanda por este combustível daqueles dias até hoje. A indústria pode ter deixado de consumir petróleo passando para sistemas de geração térmica a carvão e gás, mas o desenvolvimento dos meios de transportes em todo o mundo se ocupou em consumir o petróleo economizado e muito mais que isso.

**Gráfico 2 - Evolução do consumo final total de petróleo entre 1971 e 2006 por setor (Mtpe)**



Fonte: OCDE/AIE 2008

Mesmo considerando os efeitos das políticas adotadas até meados de 2008 para aumentar a eficiência energética e acelerar o desenvolvimento das energias renováveis, o “cenário de referência” elaborado pela Agência Internacional de Energia (IEA), estima que até 2030 a demanda primária de energia cresce em média 1,6% ao ano, gerando um aumento acumulado da ordem de 45%, o que significa um consumo superior a 17 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep), como mostra o gráfico 3. Ocorre que, deste total acumulado, 30% virá do petróleo, 29% do carvão e 22% do gás, mantendo, assim, uma participação superior a 80% dos combustíveis fósseis na matriz energética.

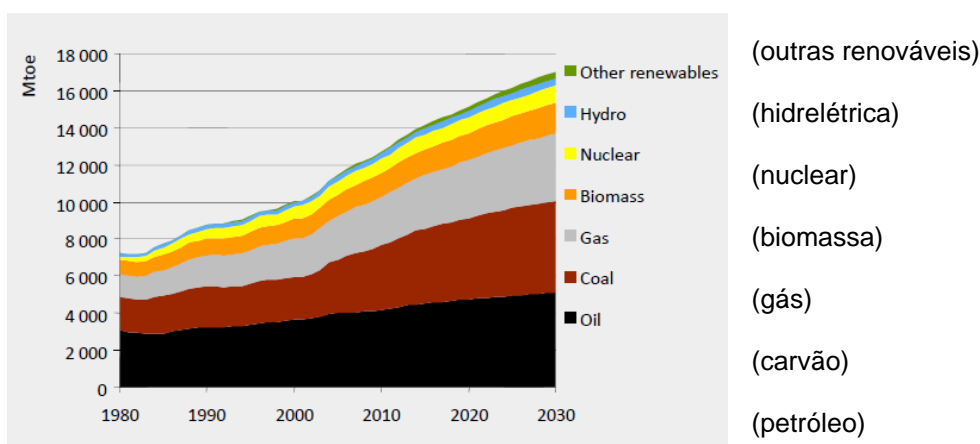
Cabe ressaltar que as reservas comprovadas de petróleo e demais combustíveis fósseis disponíveis no planeta vão muito além do necessário para este desempenho, ainda que a custo mais elevado, vinculado à maior dificuldade de extração em áreas que só apresentam viabilidade econômica à medida que o preço do petróleo se eleva. Neste contexto, o aumento da produção nos países onde os custos são menores, localizados principalmente no Oriente Médio, é crucial.

Evidentemente, este cenário implica aumento insustentável na tendência de aquecimento global. A principal ameaça, portanto, não vem do esgotamento das principais fontes de energia, mas de sua abundância. Como afirma Prevót (apud SACHS, 2007):

*“o perigo que ameaça a humanidade não é o de falta de energia fóssil; bem ao contrário, ele provém da sobre-abundância da energia fóssil. A economia da energia fóssil assemelha-se à economia da droga: uma abundância que arruína a saúde e conduz à morte na falta da vontade de se privar deste produto perigoso”.*

As fontes de energias renováveis (excluindo a biomassa e a hidráulica) crescem em média, neste cenário, a uma taxa superior a qualquer outra fonte (7,2% ao ano). Contudo, como partem de uma base muito restrita, sua participação na matriz energética permanece muito reduzida, como pode ser observado no gráfico 3.

**Gráfico 3 - Demanda mundial por energia primária no Cenário Referência (Mtep)**

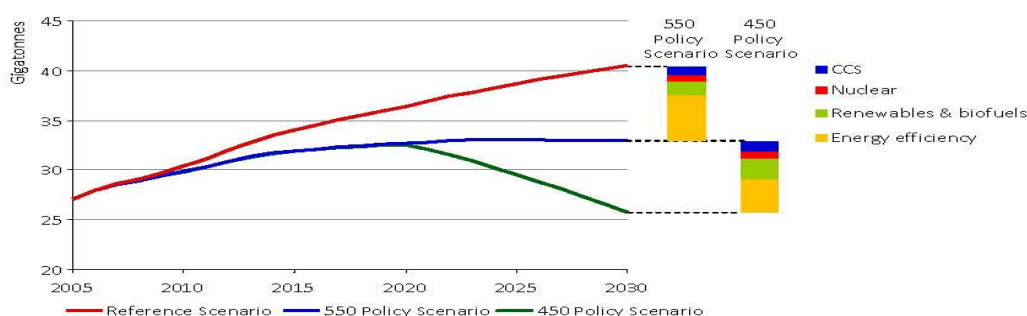


Fonte: IEA

Desta forma, o cenário de referência constitui uma espécie de “crônica de uma morte anunciada”, marcada pela manutenção da tendência de expansão do consumo de energia baseado em fontes fósseis, o que gera a necessidade de constituição de novos cenários.

Para que a temperatura aumente em “apenas” 3°C, a previsão é de que a concentração de gases de efeito estufa deve ser de 550ppm de CO<sub>2</sub> equivalente, vinculados a um crescimento de 32% da demanda mundial de energia primária até 2030. A participação das fontes fósseis decresce comparativamente às de baixa emissão de carbono, como a nuclear, as diversas fontes renováveis e aquelas cujas instalações de produção de energia a partir de combustíveis fósseis sejam convenientemente equipadas para capturar e armazenar o carbono emitido.

**Gráfico 4 - Reduções nas emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas à produção de energia para as diretrizes climáticas dos cenários<sup>2</sup>**



A questão relevante, contudo, é limitar a concentração de gases de efeito estufa em 450ppm de CO<sub>2</sub> equivalente, para que a temperatura aumente apenas cerca de 2°C, na expectativa de evitar, assim, mudanças climáticas de maiores proporções. Este cenário só seria viável no caso de as emissões de CO<sub>2</sub> vinculadas a geração de energia caírem severamente a partir de 2020 atingindo cerca de 26Gt em 2030. Desta forma, as políticas de redução devem considerar a importância relativa dos países que respondem pela maior parte das emissões: Estados Unidos, União Européia, China, Índia e Rússia.

Para o Fórum de Lideranças em Seqüestro de Carbono (Carbon Sequestration Leadership Fórum - CSLF) as tecnologias desenvolvidas devem ser amplamente disponibilizadas inclusive para ajudar os países em desenvolvimento a aplicá-las. As principais tecnologias de captura do carbono são: remover o CO<sub>2</sub> antes da combustão através do tratamento do carvão; outra opção, após a combustão, é o resfriamento do gás e adição de carbonato de amônio que em atrito libera o bicarbonato de amônio; este auxilia na separação do CO<sub>2</sub> que será armazenado no subsolo enquanto gases mais limpos são liberados na atmosfera; uma terceira maneira seria a queima com oxigênio extra para produzir um CO<sub>2</sub> quase puro. Estes sistemas de captura e armazenamento de carbono no subsolo através de avançadas tecnologias são hoje altamente incentivados em um esforço internacional liderado pelos Estados Unidos para torná-los comercialmente competitivos e seguros, a fim de controlar as emissões de gases de efeito estufa e diminuir o ritmo do aquecimento global. No armazenamento de CO<sub>2</sub>, os gases capturados são injetados em formações geológicas como aquíferos salinos de arenito ou de calcário e em antigos campos de gás e petróleo. Mas ninguém sabe o que acontece ao gás no subsolo, o que demonstra o grande equívoco que esta iniciativa sugere, ao invés de solucionar o problema evitando por princípio a emissão através de fontes de energia sem emissão de carbono.

A previsão é de que a energia oriunda de fontes renováveis possa ter sua participação ampliada significativamente, chegando a cerca de 40% da geração de eletricidade em 2030. Contudo, as transformações políticas e tecnológicas necessárias para a viabilização deste

<sup>2</sup> Tradução da Legenda: (azul) CCS - Carbon Capture & Storage Captura & Armazenamento de Carbono / (vermelho) Nuclear / (verde) Renewable & Biofuels Renováveis e Biocombustíveis / (amarelo) Energy Efficiency Eficiência Energética

cenário ainda não estão consolidadas. Quem dirá os preparativos para a conformação de mudanças culturais e do modo de vida das sociedades modernas!

Se por toda a Europa houve uma saturação da ocupação do espaço pelos homens, das terras marginais às estepes e florestas intensivamente ocupados suportar a expansão demográfica e progresso técnico, a Inglaterra, por exemplo, já tinha problemas de escassez e altos custos da lenha a partir do século XIII, devido à forma como empreenderam a “desestocagem” das reservas florestais. Quer se trate de construção, marcenaria, fabricação de ferramentas ou de navios, a madeira era onipresente. Seguiram-se três séculos de contenção, através de uma verdadeira estratégia de defesa dos espaços florestais, mas estes foram novamente devastados no século XV a ponto que a lenha recomeçou a faltar e as pessoas tiveram que voltar-se para um novo combustível: o carvão – pouco apreciado pelo odor desagradável ao queimar. Esta foi uma “revolução energética sem precedentes, pois marca a passagem da utilização de fontes de energia renováveis ao emprego de recursos fósseis na escala da história.” (Hemery, Debeir & Deléage, 1993)

Assim como outros teóricos, Sachs (2007) tem alertado restrições ecológicas, pois é historicamente que os homens se recordam da soberania do planeta por todos os séculos:

*“o que diferencia a revolução energética atual é que nenhuma das energias alternativas oferece, por enquanto, vantagens econômicas claras com relação ao petróleo e seus derivados. Ao mesmo tempo, o imperativo ecológico vai, segundo tudo indica, atuar com uma força cada vez maior, à medida que se afinam os contornos da crise desencadeada pelas mudanças climáticas.”*

### 3. RECOMENDAÇÕES

Em meio ao debate e a busca de alternativas para a questão energética contemporânea e suas interfaces com as mudanças climáticas, um dos documentos que se destaca é o Relatório de 2007: “*Lighting the way: Toward a sustainable energy future*” do Conselho InterAcademico. Algumas das conclusões do relatório são: promover esforços combinados para aperfeiçoar a eficiência energética e reduzir a intensidade do carbono na economia mundial disseminando melhoramentos através de tecnologias mais limpas e eficientes. O alinhamento de incentivos econômicos com objetivos sustentáveis de longo prazo deve ser alvo de políticas e regulamentações, de maneira a induzir o declínio do índice mundial dos processos, produtos e serviços urbanos energo e carbo-intensivos na economia global, assim como incentivar a rotulagem e padrões mínimos para equipamentos.

Acordos intergovernamentais de preços para emissão de carbono são componentes-chave das ações de redução de CO<sub>2</sub> no mundo. O desenvolvimento de novas tecnologias de armazenagem pode contribuir para viabilizar fontes intermitentes de energia renovável, como a solar e a eólica. Para isso, muito deve ser investido em infra-estrutura de transmissão à longa distância – facilitando também o acesso aos modernos serviços de energia ao mundo pobre, especialmente as áreas rurais – e em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de novas fontes para o futuro, como o hidrogênio (perspectivas de viabilidade comercial somente para meados do século ou depois), que podem contribuir para uma variedade de opções de oferta de energia.

Conclui que é tecnicamente possível permitir, através de melhorias na eficiência dos automóveis, que um indivíduo tenha a mesma mobilidade dos dias de hoje utilizando um décimo do consumo de energia primária atualmente associada ao quilômetro rodado por passageiro em uma viagem. Mas a média de economia de combustível por automóvel individual não avançou muito, pois a importância maior foi dada a outros atributos dos veículos como volume interior, segurança e desempenho de aceleração, segundo o Relatório. Na realidade, trata-se de uma visão superficial da questão, onde tornar as máquinas mais eficientes é o único fim, sem vir a discutir os graves problemas que o excesso de veículos individuais tem trazido ao “bem estar das cidades”. A dependência do cidadão “global” em

relação aos automóveis para se locomover é vergonhosa, de São Paulo ou Los Angeles, Lima ou Beijing, justificam-se por sistemas viários que não contemplam a eficiência, esta sim, de um transporte coletivo não poluente, seja em países industrializados – caso extremamente representativo das cidades norte-americanas – ou não, nas pequenas e grandes cidades ao redor do mundo.

De alguma forma os autores lembram que algumas teorias econômicas sugerem que ao mesmo tempo em que são realizados aperfeiçoamentos de eficiência energética para reduzir os custos de certas atividades, produtos ou serviços, espera-se um aumento do consumo destes bens, estimulado pelo crescimento econômico que motivou estes mesmos investimentos. A tendência das economias modernas é realizar mais e mais conversões de energia primária em formas refinadas e mais úteis de energia – como eletricidade e os combustíveis – entretanto é justamente nestes processos em que geralmente ocorrem as maiores e inevitáveis perdas de eficiência. Historicamente a mudança para a eletricidade apresenta grandes impactos à eficiência do uso final, no âmbito do conforto e nas atividades disponíveis às pessoas.

Para garantir a continuidade do padrão de conforto da humanidade e permitir o acesso à energia pela população que ainda não possui, muitos organismos têm destacado a importância da adoção de recentes técnicas de captura e armazenamento de CO<sub>2</sub> pelos mais diversos países do globo e do compromisso das corporações multinacionais com *“iniciativas voluntárias ambiciosas na promoção da eficiência energética e redução da emissão de gases de efeito estufa”*. Todavia é preciso reconhecer que o alastramento de dependências filiais ao redor do mundo não contempla esta visão ao viabilizar processos altamente poluidores, energo-intensivos e de exploração da mão-de-obra a baixo custo; fica claro que existe uma competitiva corrida pelo status de “empresa eficiente energeticamente”, mas também um total descolamento da grande responsabilidade sócio-ambiental que deveriam assumir antes de ampliar sua cadeia de produção com forte redução de custos.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estas recomendações, apesar de apontarem para uma redução gradativa das emissões de CO<sub>2</sub> de origem energética, são insuficientes diante dos cenários apresentados. É importante lembrar que algumas questões fundamentais permanecem ausentes neste tipo de abordagem e que é necessário vincular o crescente agravamento das questões ambientais ao predomínio de um sistema em busca de expansão constante, sem levar em consideração, contudo, o fato de estar circunscrito em um planeta com recursos limitados. *“Hoje, mais que nunca, a verdade está no todo...”* (HÉMERY, DEBEIR & DELÉAGE, 1993)

Deve ser considerada a análise de Altvater (apud ROMERO, 1997) de que

*“a exacerbação dos problemas ambientais é inerente ao processo de desenvolvimento capitalista e conduz, inexoravelmente, como duas faces da mesma moeda, a uma polarização entre, de um lado, uma minoria de países com alto nível de consumo de recursos naturais, e de outro, os demais países excluídos destes benefícios, fadados a servirem como reserva destes recursos ou receptáculos da poluição passível de externalização por parte dos primeiros (como depósitos de resíduos perigosos ou como produtores de bens cujos processos produtivos são altamente poluentes)”*

A necessária aceleração da substituição dos combustíveis fósseis por renováveis não ocorrerá em ritmo suficiente se deixada aos desígnios do mercado. O papel dos governos é crucial e pode manifestar-se na implantação direta de projetos ou na fixação de metas a serem cumpridas pelas empresas da indústria de energia. O caráter concentrador do processo de crescimento baseado em recursos fósseis extraídos em diversas partes do mundo para abastecer os países considerados desenvolvidos, manifesta-se também na exclusão de grande parcela da população mundial que permanece sem acesso à eletricidade.

Neste contexto, a noção de eficiência não pode ficar restrita à viabilização tecnológica de, por exemplo, veículos mais econômicos. Precisam ser questionados os sistemas de transportes que

estimulam o individualismo e, de maneira mais ampla, os estilos de vida e consumo na participação dos ganhos com eficiência.

Qual é a eficiência que se deseja atingir? A de mercado, que tem demonstrado os mais diversos problemas de recuperação a cada nova crise (que inclusive são cada vez mais constantes)? A eficiência social, onde cada indivíduo exerce sua cidadania e tem direitos iguais a qualquer custo? A ambiental, na qual a eficiência se dá através dos resultados do impacto ecológico que se manifesta com clareza somente no longo prazo – fora do horizonte de análise de escolas econômicas, que resistem em reconhecer os limites da atividade antrópica.

Enfim, a questão energética precisa ser analisada como parte fundamental de um sistema que identifica a natureza apenas como recurso a ser dominado e utilizado em seu processo de reprodução, e que manifesta de maneira cada vez mais acentuada sua inviabilidade ambiental e social.

Por tudo isso

*“... a transição (substituição energética) não pode reduzir-se a simples aperfeiçoamentos técnicos ou ao desenvolvimento de novas linhas energéticas: ela implica necessariamente, a mutação completa das sociedades, na escala do mundo. Quaisquer que possam ser sua duração e seu ritmo, esta mutação será global. Nenhuma revolução, até hoje, questionou realmente ou duradouramente as bases materiais da organização social, as quais não poderiam, aliás, ser modificadas por decreto. No entanto, nenhuma alternativa social será concebível, de agora em diante, se não implicar o estabelecimento de um novo sistema energético.” (HÉMERY, DEBEIR & DELÉAGE, 1993).*

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPÉIAS – CCE. 2005. Livro Verde sobre a eficiência energética ou “Fazer mais com menos”. Bruxelas.
- CONSELHO MUNDIAL DE ENERGIA -World Energy Consul – Comitê Brasileiro. 2008. Eficiência Energética: Uma análise Mundial. Rio de Janeiro
- \_\_\_\_\_. -World Energy Consul – Regional Energy Integration in Latin America and the Caribbean
- GUZMÁN, Oscar M. 2009. Eficiência Energética. Um panorama regional. Nueva Sociedad, Buenos Aires.
- HÉMERY, Daniel; DEBEIR, J. C. & DELÉAGE, J. P. 1993. Uma história da Energia. Traduzido e atualizado por Sérgio de Salvo Brito. Editora Universidade de Brasília. Brasília.
- INTERACADEMY Concil 2007. IAC Report. Lighting the way: Toward a sustainable energy future.
- IEA - International Energy Agency. Agência da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) 2008. World Energy Outlook 2008. Paris.
- \_\_\_\_\_. 2008. Key World Energy Statistics. Paris.
- \_\_\_\_\_. 2008. Energy Efficiency Policy Recommendations [In support of the G8 Plan of Action]. Paris
- LUCON, Oswaldo & GOLDEMBERG, José. 2009. Crise Financeira, energia e sustentabilidade no Brasil. Estudos Avançados 23 (65) pág. 121-130
- ROMERO, Ademar Ribeiro. 1997. O preço da riqueza. Revista de Economia Política, vol. 17, nº 3 (67).



SACHS, Ignacy. 2007. *A Revolução Energética do Século XXI*. Estudos Avançados 21 (59), pags. 21-38.

VEIGA, José Eli. 2006. *A insustentável utopia do desenvolvimento*. Em: *André Gorz e seus críticos*; organizadores: SILVA, Josué P. & RODRIGUES, Iram Jácome. Parte III, págs. 183-202.