

CONSERVAÇÃO DE ENERGIA E EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA NO BRASIL

Preparado pelo



Novembro de 1998

Autores:

Alan Douglas Poole (INEE)

Jayme Buarque de Hollanda (INEE)

Maurício Tiomno Tolmasquim (COPPE/UFRJ)

O presente trabalho foi realizado no âmbito do projeto de “Descrição Geral das Providências Tomadas para a Implementação da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima”, atendendo solicitação do Ministério de Ciência e Tecnologia (Projeto BRA/95/G-31). Preparado no período entre abril e novembro de 1997. Revisto e ampliado de fevereiro a junho de 1998.

Os autores agradecem o trabalho de pesquisa realizado pelo mestrando da COPPE José Gutmam.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	3
2. EMISSÕES ENERGÉTICAS - ATUALIDADE E TENDÊNCIAS	4
2.1 Uso da Energia, Perdas e Eficiência	4
2.2 Evolução do Consumo Final de Energia e Emissões	7
<u>Consumo Final</u>	7
<u>Emissões de CO₂</u>	9
2.3 Evolução da Oferta de Energia	11
<u>Energia Hidráulica</u>	11
<u>Opção pelo Álcool da Cana-de-Açúcar</u>	12
<u>Carvão Vegetal</u>	13
<u>Outros Fatores</u>	14
3. PERSPECTIVAS	16
4. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E REDUÇÃO DE EMISSÕES - FAZENDO ACONTECER	18
4.1 “Laissez Faire” x Conservação	18
4.2 Imperfeições de Governo	19
4.3 Estratégia Brasileira	19
4.4 Fatores Externos	21
5. ONDE AUMENTAR A EFICIÊNCIA ?	22
5.1. Redução das Perdas na Transformação	22
<u>Cogeração com Gás Natural</u>	23
<u>Setor Petróleo</u>	23
<u>Setor Canavieiro</u>	24
<u>Siderurgia a Coque</u>	24
<u>Siderurgia a Carvão Vegetal</u>	24
<u>Sistema Elétrico</u>	25
5.2. Aumento da Eficiência no Uso Final	25
<u>Transportes</u>	25
<u>Indústria</u>	28
<u>Influindo Na Demanda de Serviços Energéticos</u>	29
<u>Serviços</u>	30
<u>Residencial</u>	31
6. CONCLUSÃO	33
ANEXO A: AJUSTES DO BEN	34
ANEXO B - CONSUMO FINAL POR SETOR	37
ANEXO C - BARREIRAS DE MERCADO	39

1. Introdução

O uso de energia que caracteriza as economias modernas é uma das principais causas da emissão antrópica do CO₂¹ na atmosfera. Para reduzir essas emissões sem prejudicar o desenvolvimento econômico, as principais estratégias são: 1) *substituir* os combustíveis fósseis por outras fontes não emissoras (ou renováveis) como a hidráulica, a solar e a biomassa sustentável; e 2) *conservar* ou usar mais eficientemente todas as formas de energia pela sociedade. O objetivo deste trabalho é analisar a aplicação da última estratégia na economia brasileira embora, no contexto brasileiro, muitas vezes os dois temas estejam fortemente ligados.

A emissão de CO₂ energético do Brasil é das mais baixas do mundo em relação à população, sobretudo quando comparada com a produção econômica. Esta posição, no entanto, está mudando e as emissões vêm crescendo nos últimos anos, com tendência a acelerar no futuro. Esta tendência pode ser alterada e, até mesmo revertida com ações de conservação de energia.

Com efeito, existe um grande potencial de economia de energia no Brasil junto aos consumidores finais, seja empregando tecnologias mais eficientes nos carros, motores, eletrodomésticos, etc., seja indiretamente, com ações como a melhoria dos sistemas de transportes. Além disso, há um potencial importante de redução de desperdícios junto aos fornecedores de energia, nos processos de transformação da energia primária nas formas mais utilizadas pelos consumidores.

A relação entre economia de energia e redução de emissões não é linear devido em grande parte à base renovável da energia primária, notadamente o forte componente hidráulico na geração elétrica. No entanto, o aumento da geração com unidades térmicas, previsto para acontecer a curto prazo, faz com que a relação na margem seja importante.

Sendo inevitável o uso de combustíveis fósseis, sua utilização eficiente e a redução de desperdícios são provavelmente a forma mais atraente de reduzir as emissões de CO₂. O uso racional de energia se constitui no principal exemplo de ação “sem arrependimento”, quer dizer, seus benefícios econômicos e sociais são tão importantes que ela se justificaria ainda que as emissões de CO₂ futuramente não sejam mais um problema. A atratividade é reforçada pelo fato de que, para manter e aumentar a utilização de fontes de biomassa não emissoras que substituem combustíveis, o Brasil dependerá, em parte, da melhoria na sua eficiência de transformação.

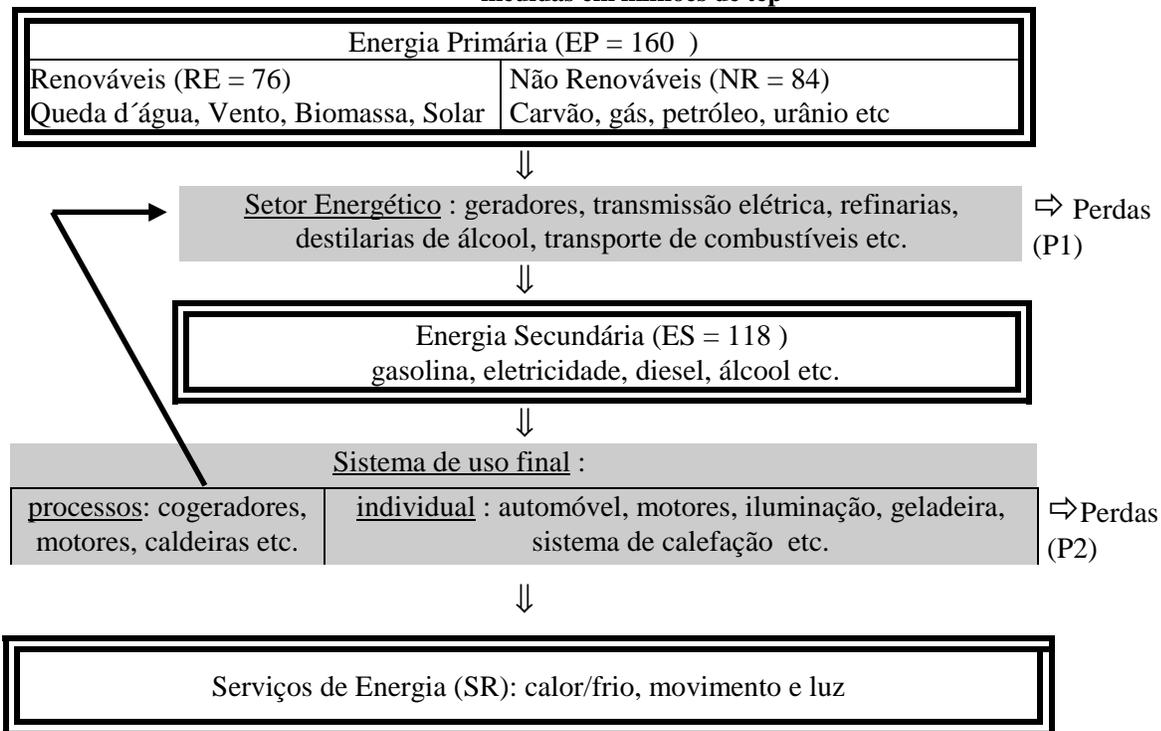
¹ O trabalho não considera a emissão de outros gases de efeito estufa causada pelo uso de energia, como o metano produzido pela decomposição orgânica de árvores submersas nos reservatórios hidrelétricos, vazamentos de gás natural etc. A conservação de energia, *ceteris paribus*, reduzirá, a emissão dos mesmos na mesma proporção que reduzir a demanda de energia primária.

2. Emissões Energéticas - Atualidade e Tendências

2.1 Uso da Energia, Perdas e Eficiência

A figura 2-1 esquematiza o complexo caminho da energia entre o estágio em que ela é encontrada na natureza e o momento em que é usada (uso final). Neste percurso a energia primária sofre transformações e se apresenta de diversas formas que podem ser medidas com uma mesma unidade,² como se a energia fosse uma espécie de fluido percorrendo todos os setores da economia. As diversas formas como a energia se apresenta estão representadas em três retângulos emoldurados, para cada grupo: energia primária; energia secundária e serviço de energia. Os processos que transformam as diversas formas da energia são representados pelos retângulos sombreados.

Figura 2-1
Estrutura do Uso da Energia(1996)³
medidas em milhões de tep



As formas de energia encontradas na natureza são chamadas de **energia primária** e estão divididas em 1) **formas não renováveis** compostas sobretudo do carvão, petróleo e gás natural,⁴ cuja utilização emite CO₂ e 2) **formas renováveis**, manifestações diretas ou indiretas da energia que chega do sol, cuja utilização não emite CO₂: quedas d'água, ventos, marés, biomassas⁵ etc.

² Na prática, são usadas unidades diferentes para as várias formas de energia (kWh, joule, calorias, BTU, etc.) mas todas podem ser convertidas a uma única forma. O Balanço Energético Nacional; BEN, utiliza a unidade "tonelada equivalente de petróleo - tep" (1tep = 10,8 Gcal = 45,2 GJ) comum neste tipo de estatística.

³ Dados baseados no Balanço Energético Nacional; BEN 1997. Os dados foram adaptados para corrigir os critérios de conversão do BEN que inflaciona a importância relativa da energia hidráulica e da eletricidade e não consideram algumas perdas. Ver anexo A.

⁴ Dentre as não renováveis inclui-se o urânio que, ao liberar energia, não emite CO₂. Urânio não pode ser considerado "renovável" com a geração de reatores utilizada no Brasil.

⁵ A queima da biomassa emite CO₂ mas isto é contrabalançado pela fixação do CO₂ durante a fase de crescimento das plantas, quando há uma exploração sustentável.

A energia primária é de pequena utilidade para as sociedades modernas. Para serem utilizadas, na prática, elas precisam ser transformadas em formas que se apresentam aos consumidores como produtos fáceis de medir, transportar e estocar e devem estar disponíveis quando e onde se fizerem necessárias. Exemplos destas formas são a eletricidade, o álcool, o óleo diesel, a gasolina etc.. Por serem obtidas a partir de uma transformação, estas formas são chamadas de *energia secundária* (quadro do meio).

Na transformação (área sombreada superior), parte da energia original é usada para transportar a energia e para fazer funcionar as refinarias e destilarias. Além disso, as usinas termelétricas só conseguem transformar em eletricidade no máximo metade da energia que demandam, pois mais da outra metade é necessariamente transformada em calor, geralmente perdido. Estas energias, desviadas do objetivo de atender o uso final, constituem as *perdas*. Às vezes, as perdas são menos óbvias e difíceis de avaliar quantitativamente, mas nem por isso de pequena expressão. Por exemplo, cerca de 5 % da energia primária brasileira em 1996 foram perdidos na queima das palhas dos canaviais, uma prática adotada para facilitar a colheita da cana-de-açúcar.

Na parte inferior do desenho estão representadas as poucas formas de energia efetivamente utilizadas pelo homem que são o calor, frio, luz e movimento. A energia secundária é usada diretamente pelos indivíduos ou indiretamente, quando adquirem os bens e serviços das fábricas, comércio e entidades de serviços que usam energia nos processos produtivos. Estas formas mais básicas de energia são chamadas de *serviços de energia* (ou “energia útil”)⁶ e correspondem à real necessidade da economia. Como é difícil medir esta energia útil, a demanda da sociedade, na prática, é avaliada pela energia secundária consumida como se a energia fosse um “proxy”.

A parte sombreada inferior representa o *sistema de uso final* e inclui equipamentos como automóveis, aquecedores, lâmpadas e motores elétricos usados pelos indivíduos para produzir a energia útil. Inclui, também, os equipamentos das fábricas, do comércio e do setor de serviços. As perdas de energia nesta fase final são elevadas, sendo comum mais de 70% nas lâmpadas incandescentes e nos automóveis, por exemplo. As perdas não são exclusivamente devidas aos equipamentos mas também ao modo de seu uso. Os motores elétricos, por exemplo, que podem ter em geral uma eficiência superior a 90%, na prática operam com eficiência muito baixa (às vezes menos que 50%) porque são superdimensionados e/ou operados inadequadamente. Sistemas de transportes também geram grandes perdas de combustíveis, como por exemplo a congestão nas rodovias.

O desenho destaca a *cogeração*, um sistema ou tipo de equipamento que é usado em alguns processos e que produz calor/frio juntamente com eletricidade. Se houver excesso de eletricidade, ela pode ser comercializada para uso em outras empresas. A cogeração foi destacada no desenho pela alta eficiência da tecnologia, grande potencial e conseqüente importância em uma política de eficiência energética analisada adiante.

A demanda da sociedade por energia segue o caminho inverso do fluxo indicado no desenho. Inicia com uma demanda por serviços de energia que, por sua vez, geram as demandas pela energia secundária e primária ao final. As escolhas ao longo desta cadeia podem ter um impacto importante no tipo de demanda de energia primária. Por exemplo, a necessidade de transporte leva a uma opção entre um transporte público ou individual. Em ambos os casos, haverá a seleção de um veículo que pode ser acionado pelo óleo diesel, álcool, gasolina ou eletricidade. Por sua vez, as empresas de energia têm variadas formas para atender à demanda de energia secundária que finalmente irão influir fortemente qual a fração de energias não renováveis utilizadas e o nível de emissões.

É impossível eliminar completamente as perdas de energia⁷ mas, em muitos casos, elas podem ser consideravelmente reduzidas. A conservação de energia visa reduzir estas perdas evitáveis sem afetar as necessidades de energia útil e o bem estar da sociedade. As ações para reduzir as perdas variam

⁶ Ambos os termos são utilizados neste relatório.

⁷ Este é um postulado da termodinâmica, ciência que permite avaliar os limites teóricos da eficiência.

muito, dependendo também do objetivo visado ser reduzi-las no setor energético (P1) ou junto ao consumidor final (P2). Ver anexo A.

2.2 Evolução do Consumo Final de Energia e Emissões

Consumo Final

O perfil de consumo final de energia varia muito de setor para setor (Tabela 2-1). O setor industrial consome 42% da energia total e quase a metade da energia elétrica. É também o maior consumidor de combustíveis em geral. A grande participação da biomassa e o reduzido emprego do gás natural são características que distinguem a indústria brasileira em relação a outros países⁸ de patamar equivalente de industrialização. Grande parte do consumo industrial de energia concentra-se em relativamente poucos subsetores. Alguns subsetores são especialmente intensivos no uso de energia em relação ao valor do produto.

Tabela 2-1
Consumo Final de Energia - 1996

Milhões Toneladas Equivalentes do Petróleo - tep

Setor	Combustíveis				Total	Eletri- cidade	Total
	Petróleo	Gás Nat.	Carvão	Biomassa ^a			
Agropecuário	4,5	-	-	0,0 ^a	4,5	0,8	5,3
Industrial	10,9	2,4	9,5	18,3	41,1	10,3	51,4
Comercial	0,5	0,1	-	0,2	0,7	2,8	3,6
Público	0,5	0,0	-	0,0	0,5	2,0	2,5
Transportes	36,3	0,0	-	7,0 ^b	43,2	0,1	43,4
Residencial	6,1	0,1	-	0,4	6,6	5,5	12,1
Consumo Final	<i>!!Indicador não definido, ACIMA</i>	<i>!!Indicador or não definido, ACIMA</i>	<i>!!Indicador não definido, ACIMA</i>	118,3			
Não energético	9,4	0,8	0,1	0,6	10,9	-	10,9
Total	68,2	3,4	9,6	26,5	107,7	21,5	129,2

^a Exclui o consumo residencial e agropecuário da lenha.

^b Álcool para veículos.

Fonte : elaboração própria a partir do BEN. Ver anexo 1

Os setores comercial, público e residencial consomem relativamente pouco combustível. A razão disto está na menor necessidade de calefação de ambientes e o reduzido emprego de gás natural que, em alguns casos, poderia competir com a eletricidade. A energia elétrica domina estes setores, suprimindo 75% do total de energia consumida no comercial e público e 46% do residencial.⁹

O setor dos transportes é o maior consumidor direto de combustíveis fósseis, apesar da expressiva participação do álcool da biomassa.

O transporte rodoviário domina, tanto para carga como para passageiros. A participação da modalidade rodoviária no consumo energético total dos transportes aumentou de 84,6% em 1986 para 90,7% em 1996 - mais alta que a média da OCDE ou muitas economias emergentes. A frota de veículos rodoviários tem crescido constantemente a taxas bem superiores ao crescimento econômico. De 1986 até 1996, o número de veículos por US\$ bilhão de PIB aumentou em 52%.

⁸ Os principais combustíveis de biomassa são bagaço de cana e outros resíduos da indústria canieira (também usados em outras agroindústrias), carvão vegetal para metalurgia e resíduos da indústria de celulose. Outros resíduos existem em grandes quantidades, porém são pouco utilizados, como casca de arroz e cavacos de madeira.

⁹ Este valor exclui o uso da lenha nas residências e na agropecuária, que é substancial. As justificativas são: a baixíssima eficiência do uso (que distorce algumas análises), a pequena contribuição ao desmatamento e a baixa confiabilidade das estatísticas.

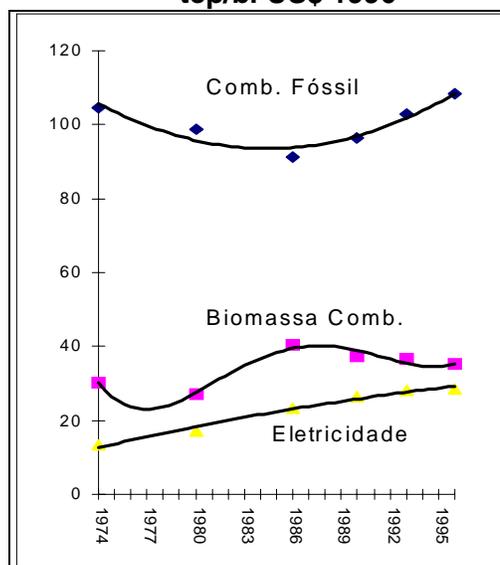
Tabela 2-2
Frota de Veículos Rodoviários¹⁰

	1974	1980	1986	1990	1993	1996
Nº de Veículos (milhão)	5,4	10,8	15,0	18,3	22,7	27,5
Crescimento médio no intervalo (%/ano)		12,4	5,7	5,2	7,6	6,7
Veículos/PIB (mil/10 ⁹ US\$ 96)	14,7	19,8	24,2	28,8	34,5	36,7

Fonte : Registro Nacional de Veículos Automotivos

A intensidade do consumo energético em relação à economia tem aumentado constantemente, tanto para combustíveis como para eletricidade, como mostra a figura 2-2. Durante o período de 1974 até o final da década de 80, esta intensificação do consumo energético não elevou as emissões na mesma taxa. Porém em anos recentes houve uma aceleração no consumo dos combustíveis fósseis. O maior acréscimo foi no setor dos transportes, mas foi expressivo na indústria também. De 1993 até 1996, o consumo final do petróleo cresceu mais rapidamente que o da eletricidade, experiência inédita no país. Nestes três anos o consumo de derivados de petróleo cresceu mais que nos 12 anos anteriores, em termos absolutos. Carvão mineral e gás natural também cresceram. De 1996 até hoje estas tendências têm se mantidas.

Figura 2-2
Consumo Final de Energia / PIB: 1974-1996
tep/bi US\$ 1996



¹⁰ Dados citados no Jornal do Brasil, edição de 12/01/98.

Emissões de CO₂

A Tabela 2-3 resume uma estimativa¹¹ das emissões diretas de CO₂ no consumo final energético em 1996 devido aos principais setores da economia. As emissões do uso energético da biomassa¹² do uso não energético de combustíveis fósseis¹³ e a que ocorrem nas transformações¹⁴ não estão considerados. Estas simplificações não chegam a distorcer o objetivo presente de apresentar um sumário de grandezas e das participações relativas dos vários setores da economia na emissão do CO₂.

Tabela 2- 3
Emissões de CO₂ dos Combustíveis Fósseis
por Setor da Economia: Brasil - 1996
(10⁶ tC de CO₂)

Setor	Emissões	(%)
Agropecuário	3,9	6
Industrial	21,4	34
Comercial	0,4	01
Público	0,4	01
Transportes	31,2	49
Residencial	5,3	8
Consumo Final Energético	62,7	100

Fonte: INEE, *Balanco de Eficiência Energética do Brasil* (em preparação).

Como seria de se esperar, o setor de transportes é, de longe, o que gera mais emissões de CO₂ na economia brasileira.

As comparações internacionais mostram que o Brasil apresenta um dos menores índices de emissão de CO₂ energético do mundo (ver Tabela 2-4).¹⁵ A emissão por unidade de produção econômica (PIB) é também a mais baixa do mundo, ao contrário do que acontece normalmente com os países em desenvolvimento, onde a intensidade energética das economias tende a ser muito elevada. Ressalta das estatísticas, também, que a participação relativa das emissões no setor de transportes é uma das mais elevadas do mundo.

¹¹ Os valores são aproximados pois utilizam um coeficiente médio para a emissão dos derivados de petróleo e carvão.

¹² Alguns usos de biomassa contribuem para o desmatamento - principalmente no consumo industrial de lenha e para a produção de carvão vegetal. É muito difícil estimar a proporção de cada uso que contribui para as emissões e como mudou no tempo. A questão é importante e recebe alguma atenção adiante.

¹³ Como tratar o uso não energético em termos de emissões é uma questão metodológica complexa. Diferente do uso energético, os tempos de oxidação destes materiais variam muito, podendo ser bem longos em muitos casos, como nos plásticos (que praticamente não se decompõem). Estes usos devem ser tratados à parte, exercício que vai além do objetivo deste relatório.

¹⁴ As emissões na transformação (na geração elétrica, consumo de combustíveis do setor energético, perdas na transformação de combustível primário em secundário), que totalizam 10,8 x 10⁶ tC de CO₂ foram atribuídos aos setores de consumo na proporção do uso final.

¹⁵ *CO₂ Emissions From Fuel Consumption 1972/95*. IEA, Paris, 1997. Para a comparação entre países utiliza-se o PPP ("Purchasing Power Parity") em vez do câmbio da moeda. O PPP é usado pelo BIRD para refletir o efetivo poder de compra dentro da economia de cada país.

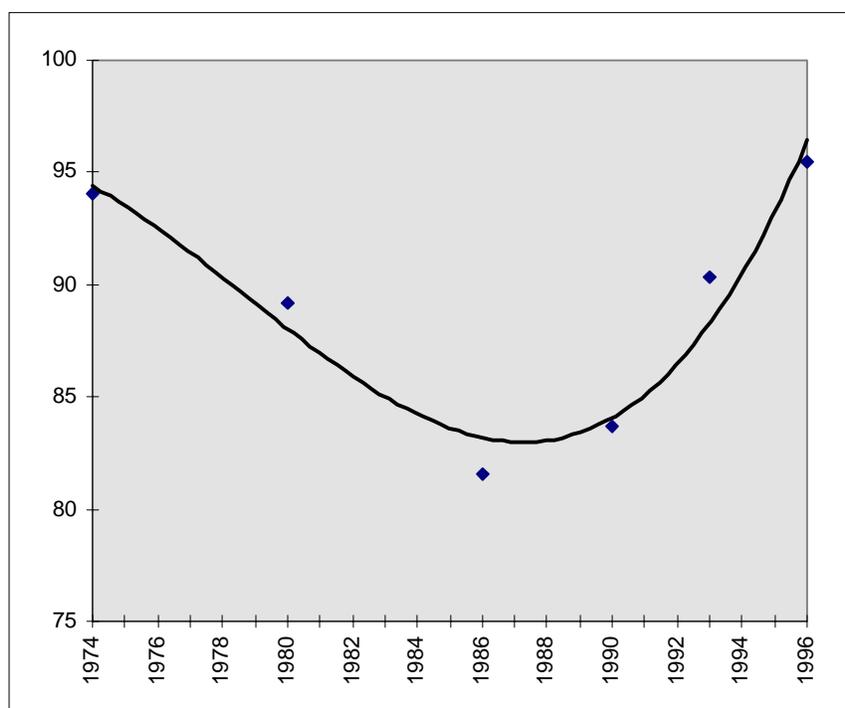
Tabela 2- 4
Emissões de CO₂ - Combustíveis Fósseis:
Brasil e Alguns Países Emergentes e da OCDE, 1995

	Brasil	Japão	União Europ.	EUA	México	Índia	China	Rússia
CO ₂ e economia (kg CO ₂ /US\$ ₉₀ PIB _{PPP})	0,33	0,46	0,51	0,85	0,51	0,73	0,92	2,24
CO ₂ per capita (t CO ₂ /hab)	1,81	9,17	8,55	19,88	3,46	0,86	2,51	10,44
Total CO ₂ (milhões de t CO ₂)	287	1151	3180	5229	328	803	3007	1548
Emissões nos Transportes (milhões de t CO ₂)	119	252	828	1580	101	112	167	108
Particip. dos Transportes (%)	41,5	21,9	26,0	30,2	30,8	13,9	5,6	7,0

Fonte: International Energy Agency, *CO₂ Emissions from Fossil Fuel Combustion: 1972-1995*, OECD, Paris, 1997

Uma análise da evolução da intensidade de emissão com relação à economia (CO₂ por unidade de PIB) ao longo das últimas décadas mostra que este índice foi decrescente ao longo dos anos 70 e 80. No final dos anos 80, esta curva atingiu um ponto mínimo, quando começou a aumentar. No desenho é bem visível uma inflexão da curva no final dos anos 80, quando a curva decrescia em média anualmente cerca 1 kgCO₂/US\$₉₆PIB por ano, passando a crescer à razão média de 1,4. Esta mudança vem ocorrendo apesar do decréscimo da participação da indústria desde o início da década de 1980.

Figura 2-3
Emissões de CO₂ de Combustíveis Fósseis por Unidade de PIB/Brasil
(tC/10⁶ US\$₉₆ PIB)



2.3 Evolução da Oferta de Energia

A tendência declinante das emissões até o final dos anos 80 deveu-se, em grande parte, ao fortalecimento da base renovável da estrutura de oferta de energia primária. Este comportamento atendeu a uma vocação do país mas foi consequência, sobretudo, de ações planejadas. É importante notar que, apesar destas ações não terem tido como objetivo explícito reduzir as emissões de CO₂, acabaram por atingir este objetivo ao tirar vantagem da base de recursos naturais renováveis existentes no país para a produção de energia. Em alguns casos esta substituição foi feita sem atenção à eficiência energética e com custos sociais elevados pela intensividade de capital de algumas obras em um país com grandes dívidas sociais.

Tabela 2- 5
Energia Primária - Estrutura da Oferta: Brasil, 1996

Forma de Energia	10⁶ tep	(%)
Fósseis	92,6	58,2
Óleo	74,8	47,0
Gás Natural	5,8	3,6
Carvão	12,0	7,6
Biomassa	40,5	25,5
Lenha	17,2	10,8
Cana de Açúcar	23,3	14,7
Hidrelétrica(*)	25,1	15,8
Nuclear	0,8	0,5
Total	159	100,0

(*) inclui 2,9 relativa à energia de Itaipu do lado paraguaio

Por variadas razões as políticas que levaram a este quadro de substituição encontram-se em final de ciclo ou em um processo de transição, o que explica a tendência ascendente das emissões por unidade de produção econômica, observada na década de 90. É interessante examinar a situação de cada um dos fatores responsáveis por estas alterações.

Energia Hidráulica

A origem hidráulica da geração elétrica é a principal responsável pela baixa emissão brasileira, pois 94% da geração brasileira em 1996 tiveram esta origem. O coeficiente de emissões em 1996 foi de 13,6 kgC/MWh,¹⁶ comparado com quase 260 kgC/MWh de uma central térmica a vapor com carvão ou 120 kgC/MWh emitidos usando gás natural em uma turbina moderna.¹⁷ Assim, a geração elétrica contribui apenas com 5 % das emissões energéticas totais, comparada com mais de 30 % na OCDE. É difícil estabelecer qual a “emissão evitada” pois não se sabe a priori o “mix” de usinas térmicas que ele estaria evitando. Apenas para dar uma ordem de grandeza, se o “mix” fosse 50% hidro, 25% carvão e 25% turbinas a gás, a emissão evitada seria da ordem de 30 milhões tC em 1996, cerca de 1/3 das emissões brasileiras naquele ano.

A opção pela hidroeletricidade amadureceu no final dos anos 50. Não era óbvia para um país pobre em capitais e em uma época em que os combustíveis fósseis tinham preços cadentes. Além disso, a

¹⁶ Refere-se à emissão de CO₂ dos combustíveis fósseis utilizados na geração elétrica, dividida pela geração total.

¹⁷ Folheto “Cogeneration - a leading energy solution to climate change; do International Cogeneration Alliance; 1997; Bruxelas . Dados em kg CO₂

dimensão relativa dos empreendimentos exigia uma forte interferência do governo federal,¹⁸ o que levou a uma centralização crescente das decisões a partir da década de 60. A administração pelo governo federal permitiu, ainda, resolver o complexo problema da operação otimizada de reservatórios dispostos ao longo de várias bacias. Estima-se que em uma operação sem a atual coordenação integrada, cerca de 20% da energia hidráulica seria perdida.

Em meados dos anos 80 o setor elétrico brasileiro passou por uma grave crise financeira, o que levou a diminuir muito o ritmo de expansão da geração e a interromper a construção de muitas usinas - na maioria hidrelétricas.

A partir de 1993, começaram as reformas do setor elétrico cujo processo de formulação ainda está em curso. O novo modelo substituiu o papel central do governo no passado por uma estrutura descentralizada de decisão com base na iniciativa privada, onde as forças de mercado definirão a estrutura de expansão. A base econômica das concessionárias está bem melhor, devido à estabilidade monetária e às tarifas relativamente elevadas para consumidores cativos, que foram determinadas antes das privatizações.

Na nova sistemática, o “Plano Decenal” perde o caráter impositivo do passado sendo agora um estudo indicativo.¹⁹ Sua última edição²⁰ para 1997/2008 reduz a importância das hidrelétricas a curto prazo, mas volta a enfatizar seu papel no final do período, sem precisar, contudo, como serão equacionados os investimentos de grande porte necessários em vista da redução da importância da ELETROBRÁS²¹ como agência financeira. A construção de algumas usinas foi retomada, mas é pouco provável que a proporção de hidrelétricas observada no passado volte a acontecer.²²

Opção pelo Álcool da Cana-de-Açúcar

Mais de 60% da cana-de-açúcar produzida no Brasil são usadas na fabricação do álcool etílico combustível. Deste total, 70 % sob a forma hidratada substituem a gasolina e o restante em forma anidra é adicionado à gasolina (na proporção de 22% até meados de 1998, quando foi aumentada para 24%) para aumentar a octanagem deste combustível. A produção e utilização do etanol como combustível ou misturado à gasolina reduzem as emissões em 9 milhões tC.²³

A estratégia de substituição foi decidida durante as crises do petróleo para reduzir a dependência de sua importação.²⁴ Foi criado o PROALCOOL, um programa de incentivo à produção do álcool e à adaptação dos veículos. A resposta foi forte. A produção subiu de cerca de 0,5 milhão m³/ano, no final dos anos 70, para cerca de 13 milhões m³/ano em dez anos, quando se estabilizou. Este foi o

¹⁸Fenômeno semelhante ocorreu nos EUA com a criação de estatais federais como a TVA (Tennessee Valley Authority) no sudeste do país e a BPA (Bonneville Power Authority) no noroeste.

¹⁹ Um documento deste tipo é básico para construir grandes hidrelétricas devido à indivisibilidade das obras, o longo período de construção e as garantias de mercado necessárias para o financiamento das obras capital-intensivas.

²⁰ Plano Decenal 1997/2008, GCPS/ELETROBRÁS, maio 1998.

²¹ A Constituição de 1988 reduziu as fontes de recursos e outras foram tiradas depois. Assim, reduziu a capacidade que teve quando financiou a construção das maiores obras civis do mundo - Tucuruí e Itaipu - ao mesmo tempo.

²² Vale notar que em um horizonte de vinte anos deve-se observar a “desinstalação” no Brasil de metade da capacidade de Itaipu (7.000 MW) à medida que aumentar a demanda de eletricidade do Paraguai

A empresa paraguaia ANDE prevê que a demanda chegue a 2.000 MW em 2010 (Gazeta Mercantil LA, no 111 de 1/6/98, pág.23). Considerando o preço baixo (25 a 30 US\$/MWh) da energia, não é impossível uma aceleração da demanda por parte daquele país.

²³ Macedo, Isaias; “Green House Gas Emissions and Avoided Emissions in the production and utilization of Sugar Cane & Ethanol in Brazil”, Report MCT, 1997, tabela 3. O valor é líquido (considera os insumos da agro-indústria que são emissores) .

²⁴ Naquela época o Brasil importava 80% do petróleo que consumia.

único programa de grande porte de substituição de energia fóssil nos transportes por fonte renovável implantado no mundo. No final da década de 80, embora não houvesse mais o fantasma do racionamento, as vendas de carros a álcool chegaram a representar 90% do total e cerca de 5 milhões de veículos a álcool circulavam no país.

O Programa teve problema em 1990, quando houve um período de desabastecimento do álcool²⁵. A partir desta época, considerando que a justificativa para o programa não mais existia, houve um grande debate e incertezas sobre seu rumo.²⁶ A venda de carros a álcool caiu muito (hoje menos de 0,5% das vendas). Até o álcool anidro (cujo custo é competitivo) tem sido ameaçado com a montagem de fábricas para produzir MTBE, um aditivo com origem fóssil e, portanto, emissor. A nova frota de automóveis de passeio é movida a gasolina, observando-se um sucateamento de 300 - 400 mil carros a álcool por ano.

O PROÁLCOOL está sendo reformulado. A percentagem de mistura do álcool anidro à gasolina aumentou em 10 % e o uso de veículos a álcool agora é obrigatório nas frotas do governo federal (“frota verde”) e em automóveis vendidos com isenção de impostos (basicamente táxis). Estuda-se, ainda, a adição do álcool hidratado ao diesel.²⁷ As novas medidas, quando muito, devem manter o nível de consumo. Avanços tecnológicos que reduzam custos de produção do álcool podem ser a chave para a expansão deste setor, reduzindo as necessidades de subsídios. A abertura do setor elétrico também pode tornar as destilarias de álcool produtoras de eletricidade, barateando o custo de produção do álcool. O aproveitamento dos resíduos da cana, principalmente para a geração elétrica, deve contribuir para aumentar a economia da produção do álcool.

Carvão Vegetal

O Brasil foi dos poucos países do mundo a manter uma siderurgia com base no carvão vegetal como redutor. Esta indústria produz ferro gusa e aço de alta qualidade, dado o baixo nível de impurezas do combustível. Cerca de 42 % do gusa produzidos no Brasil têm esta origem.²⁸

Do ponto de vista da emissão de CO₂, esta indústria tem um impacto importante pois substitui o uso do coque como redutor, que tem uma emissão de 0,513 tC / t gusa.²⁹ Este emprego do carvão vegetal evita assim uma emissão de mais de 3 milhões tC de CO₂. Na verdade, o efeito é maior pois a floresta plantada mantém, também, um estoque de carbono fixado na terra.

Se a siderurgia a carvão vegetal é desejável, em princípio, por reduzir a emissão, na prática é apontada como um fator na dinâmica do desmatamento nas regiões Sudeste (Minas e São Paulo), Centro Oeste e Norte (Carajás).³⁰ Durante muitos anos a siderurgia usou como matéria-prima madeira de florestas nativas. Havia um certo equilíbrio entre a demanda e a oferta da madeira resultando da mudança de uso de terra que ocorria. Mas o crescimento nos anos 80 exacerbou o aspecto predatório da produção aomeio ambiente Isso por sua vez levou a que se baixassem leis inibindo esta atividade. A distância média das fontes de carvão vegetal para a indústria no Sudeste vem aumentando, inclusive elevando o custo. Como consequência, tem-se observado migração para o uso de florestas plantadas e

²⁵ O desabastecimento seria perfeitamente evitável e deveu-se inicialmente a uma falha no planejamento da safra e à manutenção de incentivos fiscais para a compra de veículos a álcool.

²⁶ De um lado há o subsídio ao álcool e aos veículos a álcool e a competição com outros produtos agrícolas. De outro, além da baixa emissão de CO₂, é a forma de energia que mais usa mão de obra, tem baixa poluição local, economiza divisas e mostra também custos marginais decrescentes.

²⁷ Testes no Brasil indicam excelentes resultados quanto à emissão de particulados - um problema sério do diesel com mistura de 10% (informação Dr. Aluísio Nunes, COPERSUCAR).

²⁸ Horta Nogueira, L. A.; Bionergias e sustentabilidade energética no Brasil; documento avulso; 1997.

²⁹ Rezende, M. E et alii, Produção Comercial do Carvão Vegetal Para a Siderurgia, XXVI Seminário de Redução de Minério de Ferro, Vitória, ES; 29/11/93.

³⁰ Ver: P.H. May, A.D. Poole, J.B. Ferraz et alii; *op. cit*

declínio daquela atividade, com o fechamento de usinas e troca para o coque de origem fóssil., como mostra a Tabela 2-6.

Tabela 2- 6
Carvão Vegetal Siderúrgico: Brasil -1980/96

	mil t/ano				
	1980	1985	1990	1995	1996
Carvão Vegetal Siderúrgico	4,9	8,1	8,4	6,8	6,1
Madeira plantada/nativa (%)	-	15	35	55	-

fonte : BEN e Horta(97)

A retomada desta forma de siderúrgica com base em reflorestamento dependerá de avanços tecnológicos que aumentem a eficiência energética ao longo do processo, inclusive transformando em eletricidade algumas formas hoje desperdiçadas. Para tanto, são necessários investimentos em pesquisa e os programas com este objetivo foram descontinuados. Há fatores positivos. É interessante notar que o Brasil tem aumentado muito a produtividade florestal e que o novo modelo do setor elétrico incentive uma retomada desta linha com efeitos positivos (ver capítulo 5).

Outros Fatores

Programa Nuclear

A única usina nuclear brasileira em operação, com 620 MW (Angra I), foi contratada no final dos anos 60 para que o Brasil dominasse a tecnologia que, se imaginava, sucederia as hidrelétricas. A construção foi problemática e a operação só começou em 1982. A geração tem sido irregular, bem menos que o projetado (em 1996 não operou, mas a partir de 1997 tem operado continuamente). Em meados dos anos 70o Brasil desenvolveu um programa de auto-suficiência nuclear (da produção e enriquecimento do urânio à fabricação das usinas) que previa construir 8 usinas até meados dos anos 90. O programa foi interrompido e apenas uma usina de 1200 MW (Angra II) deve ser inaugurada em 1999 e a finalização de uma terceira usina (cujos equipamentos foram comprados) está em estudo. Vale notar que, operando em condições normais estas podem evitar a emissão na margem.

Atendimento de Sistemas Elétricos Isoladas

Os sistemas isolados estão concentrados na Amazônia, a maioria com unidades de baixa potência. No total, a potência instalada em 1996 era de 1,8 GW, sendo 1,2 GW térmicos, gerando 7,1 TWh. O crescimento da demanda nesta geração é muito elevado - 15% em 1996 e 14,5% em 1997.³¹ O serviço é pouco confiável e tem um elevado nível de racionamento e demanda reprimida. Assim, embora a participação relativa seja pequena, para a região é de importância fundamental e tem o potencial de aumentar as taxas sempre elevadas. Além disso, para reduzir os custos de fornecimento, há subsídios³² diretos ao combustível usado na geração. Até recentemente a estrutura do subsídio impedia o desenvolvimento de alternativas locais e renováveis (solar e biomassa sobretudo), que exigem investimentos iniciais elevados. Na nova estrutura esta dificuldade está eliminada o que permitirá uma redução no aumento de novas emissões nestas dos sistemas isolados.

³¹ Relatório CCON-CPO-1063/96 ; Plano de Operações Para 1997; Dezembro 1996.

³² Os principais são a CCC e o FUPP. A CCC - conta de compensação (?) de combustíveis arrecada recursos da venda da eletricidade em outros pontos do país e os envia para as concessionárias na Amazônia . O FUPP é um subsídio do transporte do combustível líquido. A estrutura do FUPP está começando ser estudada.

Gás Natural

A participação do gás natural dentre os insumos primários no Brasil (menos que 4%) é muito baixa quando comparada internacionalmente. Isto decorreu de uma estratégia que entendeu que esta forma não deveria ser desenvolvida pois as reservas importantes brasileiras conhecidas estão distantes dos consumidores potenciais. Em muitos países o uso do gás natural é incentivado como forma de reduzir as emissões na margem mas no Brasil é provável que tivesse aumentado as emissões caso fosse usado para geração elétrica centralizada substituindo a fonte hidrelétrica.

A partir de 1995, o governo tomou uma série de providências para a oferta do gás natural, que será importado, triplique a oferta na virada do século. Seu efeito nas emissões será positivo se vier a substituir outros combustíveis com maior grau de emissão ou se for usado intensivamente em ciclos de cogeração.

3. Perspectivas

O quadro apresentado sugere que a intensidade de emissões por unidade de energia tenderá a crescer nos próximos anos. Junto com a intensificação energética da economia, isto resultará num aumento substancial das emissões em relação ao PIB e em termos absolutos no panorama “business as usual”. Ao mesmo tempo, existem muitas oportunidades para reduzir, ou mesmo deter esta tendência.

Para analisar e ilustrar os impactos das ações de conservação sobre as emissões, o INEE desenvolveu um trabalho de cenarização com indicações quantitativas sobre os prováveis níveis de emissões.³³ O trabalho analisa alterações tanto no lado do consumo final por energia quanto das possíveis estruturas de geração elétrica. O modelo serve como instrumento de “reconhecimento” para fazer cálculos aproximados. Dado o nível de incertezas - especialmente neste momento de transição política - e as diversas possibilidades de substituição entre as várias formas de energia primária, as projeções detalhadas de cada um dos energéticos e as respectivas emissões acrescentam pouco para um estudo geral como este.

Para o presente trabalho, foram criados quatro cenários, cujas premissas estão resumidas abaixo. Os dois primeiros são do tipo “business as usual”, onde o crescimento do consumo energético reflete tendências implantadas ou se estabelecendo na economia. É importante ressaltar que os cenários não são meras extrapolações do passado. As elasticidades de consumo para todos os segmentos estão abaixo dos valores dos últimos anos. Portanto, como cenários altos são relativamente conservadores - ainda com o mesmo crescimento econômico suposto (4,5% a.a. em todos os cenários) as emissões poderiam ser maiores.

I	Tendencial com uso de gás elevado.	O consumo final cresce tendencialmente. A expansão da geração seria fortemente baseada na utilização do gás natural (50% da expansão total é térmica, 43% é GN em centrais).
II	Tendencial com uso de gás médio.	Mesmo que o acima com uma penetração menor das térmicas em geral e especialmente do GN (37% da expansão total é térmica, 31% com GN em centrais)
III	Conservação moderada - indústria	O consumo final industrial fica 10% abaixo do tendencial em 2010. Parte importante da geração elétrica é obtida a partir da cogeração (16% expansão total).
IV	Conservação moderada - inclui transportes	Mesmo que o acima, acrescido de ações de conservação na área de transportes

O que diferencia os dois cenários altos é o grau de penetração do gás natural na expansão da geração elétrica entre 1996 e 2010. O Cenário I supõe uma penetração forte do gás natural em centrais termelétricas (44,5% da expansão seria do gás natural, com mais 5,5% de outras fontes fósseis). O Cenário II prevê uma participação menor (32%), porém ainda substancialmente acima da participação prevista no *Plano Decenal 1998-2007*. Estes dois cenários atendem a uma visão de diversos setores sobre a expansão do gás natural, visto suas características de rapidez e modularidade de resposta à demanda.

Os totais do Cenário I para gás natural estão consistentes com os volumes projetados para importações e a produção nacional num horizonte de dez anos. Nestes cenários, o coeficiente de CO₂ / PIB continua crescendo no ritmo elevado dos últimos anos, como mostra a Tabela 3.1.

³³ Para uma descrição deste trabalho ver: A.D. Poole e J.B. de Hollanda a, *Cenários das Emissões de CO₂ dos Combustíveis Fósseis no Brasil*, Nota Técnica do INEE, em finalização.

Nos cenários de "eficiência moderada" ilustra-se o impacto de uma redução de 10% no consumo final energético, primeiro principalmente nas indústrias (Cenário III), depois acrescentando os transportes (Cenário IV). Nestes cenários vê-se também o efeito da realocação de ~1/3 do gás natural utilizado nas centrais elétricas do Cenário II para a cogeração.

Tabela 3-1
Histórico e Cenários das Emissões de CO₂ no Brasil
(Milhão t de C)

	Histórico						Cenários-2010			
	1974	1980	1986	1990	1993	1996	I	II	III	IV
Gás Natural	0,49	0,79	2,27	2,72	3,05	4,01	26,72	22,77	19,37	19,26
Petróleo	32,1	42,6	39,0	41,5	45,9	56,2	127,7	127,7	121,2	112,0
Carvão	2,86	6,32	10,8	10,4	12,0	13,3	26,5	25,9	19,1	19,1
Total	35,44	49,66	52,11	54,60	61,0	73,5	181,9	176,4	159,7	150,3
PIB (US\$ ₉₆)	367	546	621	635	659	749	1387	1387	1387	1387
Índice (kg C/US\$)	96,6	91,0	83,9	86,0	92,6	98,1	130,4	127,2	115,2	108,4
Crescimento médio (kg C/ano)	-	-0,94	-1,17	0,51	2,20	1,85	2,31	2,08	1,22	0,73

Nota Série histórica e cenários de: A.D. Poole e J.B. de Hollanda a, *Cenários das Emissões de CO₂ dos Combustíveis Fósseis no Brasil*, Nota Técnica do INEE, em finalização.

As medidas previstas são relativamente modestas, bem dentro do factível. Ao mesmo tempo representam um esforço importante. Por exemplo, a redução no consumo final de eletricidade é equivalente (um pouco maior) às projeções do PROCEL alcançando suas atuais metas de longo prazo. Os impactos são substanciais. Como mostra a tabela 3.1, há uma redução de 28% no crescimento das emissões no Cenário IV em relação ao Cenário I, e de 25% em relação ao Cenário II.

No entanto, o coeficiente CO₂ / PIB continua aumentando lentamente. Reverter a tendência de aumento, ou até simplesmente estabilizar o coeficiente ao nível de 1996, exigiria intervenções mais profundas, especialmente nos transportes. Apesar de ter potencial suficiente de economias, considerando as possibilidades levantadas no Capítulo 5, é importante reconhecer que sua viabilização dependerá de uma vontade política explícita com estratégias eficazes. Isso leva ao assunto do próximo capítulo.

4. Eficiência Energética e Redução de Emissões - Fazendo Acontecer

O progresso tecnológico normalmente aumenta a eficiência dos aparelhos. Este fenômeno tem-se acelerado na última década com a automação crescente, onde se observa que “a informação substitui a energia”.³⁴ As motivações para aumentar a eficiência energética numa taxa além desta “tendência natural” podem ser de várias naturezas.³⁵

A motivação econômica de um indivíduo ou empresa decorre da comparação entre o custo para reduzir perdas de energia e a economia obtida com a diminuição das despesas com energia.

Em termos macroeconômicos, a colocação é basicamente a mesma, sendo, porém, bem mais difícil caracterizar e avaliar todos os custos que incluem fatores como a poluição atmosférica, intensividade de capital e emprego de mão-de-obra associados ao uso de uma ou outra forma de energia. Um exemplo das dificuldades é definir o custo associado à emissão do CO₂: como o efeito estufa é mundial (a emissão em qualquer país afeta a todos e a emissão evitada beneficia a todos), como avaliar o “custo de aquecimento da terra”? Caso haja consenso quanto a uma fórmula, como aplicá-la? No caso específico do Brasil, que tem entre as menores emissões do mundo, como “premiar” seu esforço?

4.1 “Laissez Faire” x Conservação

Para muitos autores, a eficiência energética seria consequência das forças de mercado agindo em uma estrutura de preços de energéticos adequada. O relatório da Coopers & Lybrand propondo o novo modelo do setor elétrico, ao analisar o tema, resume bem esta posição :

“(c) a definição dos preços de geração pelo mercado, implícito em nossas propostas, proporcionará fortes incentivos aos consumidores para investimento em eficiência energética de maneira a reduzir o consumo

.....

(f) a estrutura dos controles de preço proposta como um todo minimizará os desincentivos ao desenvolvimento da eficiência energética”.³⁶

Na colocação acima não caberia uma “política” (entendida como uma intervenção de governo), pois o mercado se encarregaria de orientar o consumo de forma ótima. Na prática, todos os países industrializados³⁷ têm políticas de efficientização energética por entenderem que variadas barreiras impedem que o mercado tenha um comportamento ideal (ver anexo C) e que preços de energéticos refletindo os custos são uma condição necessária mas não suficiente para orientar o uso otimizado.³⁸ No presente texto assume-se que uma “política de conservação” é desejável pelos seu mérito ambiental e econômico intrínsecos.

³⁴ Há diversos exemplos : computadores de processo que otimizam o uso da energia em fábricas e eletrodomésticos, por exemplo. A tendência é, em parte, ofuscada pela demanda de equipamentos com potências cada vez maiores (p.ex.: carros com potências maiores para garantir “arrancadas” mais rápidas; aspiradores de pó cada vez mais potentes etc.) Ver : Xinhua Chen; Substituição de Energia por Informação nos Sistema de Produção; CADERNOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA do INEE; outubro 1993; pág. 19.

³⁵ Ver Energy Efficiency and Conservation - Strategic Pathways for Energy Efficiency in Brazil, INEE / ESMAP, Rio de Janeiro 21e 22 de março, 1994; pág. 3.

³⁶ “Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro, Estágio VII, MME 1998”.

³⁷ Mesmo, e sobretudo nos EUA, onde os princípios liberais não estão em disputa e onde há muito tempo as sinalizações de preço dos energéticos têm sido relativamente livres.

³⁸ O mesmo documento que torna o sinal de preço uma condição necessária e suficiente propõe a manutenção do PROCEL e a criação de uma componente da fórmula de preço para ser aplicado em conservação.

As políticas podem combater as imperfeições de mercado através de diversos instrumentos: econômicos, de informação e de comando e controle. Os instrumentos econômicos compreendem ações tais como linhas de crédito específicas, garantias, incentivos fiscais, estruturas de preços dos energéticos, subsídios cruzados e apoio à pesquisa. Ações no âmbito da informação vão desde a publicidade, prêmios e selos, até bases de dados, ensino e a certificação de alguns profissionais. As ações de comando e controle incluem normas e regulamentos, como os obrigando padrões mínimos de eficiência.

. Há, naturalmente, diferenças no grau de intervenção do governo. Um crédito subsidiado, por exemplo, é altamente intervencionista. Medidas para assegurar a funcionalidade dos contratos de risco ou a exigência de haver um curso sobre conservação no curriculum das escolas de engenharia interferem bem menos e podem ter efeitos importantes a longo prazo.

Como desenvolvido na secção 5.2, estas ações se aplicam mais ao uso final onde a conservação depende de ações tomadas por milhões de agentes com um grau muito heterogêneo de informação. A palavra chave no caso é buscar “transformar o mercado” para que ele funcione melhor. O objetivo de transformar o mercado para obter maior eficiência é reforçado agora pelo realismo dos preços dos energéticos (apesar de ainda haver distorções³⁹) e a estabilização dos preços em geral desde a reforma monetária. Esta estabilização atende a uma condição “sine-qua-non” para se desenvolver uma política de efficientização economicamente sadia.

4.2 Imperfeições de Governo

Algumas sinalizações para o desperdício de energia são fruto de políticas que, visando um objetivo específico, acabam incentivando a ineficiência energética. O mais importante exemplo no passado recente foi a política governamental de manter os preços de muitos energéticos abaixo do custo como forma de reduzir os índices de inflação. Atualmente as taxas de juros elevadas para atrair capitais internacionais reduzem a atratividade de ações de conservação que exigem investimentos na frente. A sobrevalorização cambial do real também reduz a atratividade de soluções renováveis internas pois reduz a competitividade com os combustíveis fósseis importados.

Grande parte das distorções derivam da estrutura centralizado setor elétrico, tão importante para desenvolver os potenciais hidrelétricos. Esta força hegemônica, por exemplo, impediu o desenvolvimento óbvio de transformar em eletricidade energias hoje desperdiçadas (perdas) pelas siderúrgicas e na agroindústria sucro-alcooleira.⁴⁰

O novo modelo para o setor elétrico, em implantação, incentiva a competição na geração, reduz o protecionismo para as concessionárias e cria novos agentes e mecanismos de competição. Estas são novidades que devem aumentar a eficiência energética na transformação da energia primária. e poderão estimular soluções que viabilizam combustíveis de base renováveis. Por outro lado, a privatização do setor elétrico com a desverticalização das concessionárias elétricas pode colocar em risco algumas ações de fomento da eficiência junto aos consumidores. A função de regulamentação dos diversos energéticos cresce de importância para que sejam evitadas distorções como as observadas no passado.

4.3 Estratégia Brasileira

³⁹ Por exemplo, os preços de energia na hora da ponta estão tão elevados que, em meados de 1998, compensa ligar os geradores de emergência a diesel para regularmente complementar as necessidades.

⁴⁰ Este não é um problema apenas no Brasil. Na Suécia, nos anos 60, a cogeração de eletricidade junto com o serviço de aquecimento comunitário foi dificultada para não tirar mercado da geração nuclear. A cogeração nos EUA, Inglaterra e França só surgiu quando foi permitida a competição na geração.

Em países desenvolvidos, o incentivo ao aumento da eficiência energética está muitas vezes ligado ao objetivo de reduzir as emissões de CO₂.⁴¹ Como mostrado anteriormente, apesar de não ser motivado historicamente pela questão das emissões de CO₂, algumas prioridades da política energética brasileira tiveram impactos mitigadores. Nos primeiros doze anos, após o primeiro choque de petróleo, houve uma forte ênfase na substituição de importações do petróleo, motivada por preocupações de segurança de abastecimento.

Neste período a eficiência da transformação no uso final de energia foram pouco enfatizados. Este quadro começou a mudar na segunda metade dos anos 80 - época marcada também pela perda do ímpeto dos programas de substituição. No final de 1985 foi estabelecido o PROCEL para estimular a eficiência no uso da energia elétrica e em 1991 O CONPET, com objetivos assemelhados, visando os derivados do petróleo e gás natural. Ambos estão articulados ao Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético do Ministério de Minas e Energia mas são administrados pela Eletrobrás (PROCEL) e pela Petrobras (CONPET).⁴² A principal motivação para criar estes programas foi a de reduzir os investimentos das duas empresas controladas pelo governo.

O plano estratégico para o setor elétrico (*Plano 2015*) fixa como meta a longo prazo para o PROCEL reduzir de 75 TWh o consumo de eletricidade com ações de conservação, no ano 2015, ou seja, reduzir em 11% o consumo projetado para aquele ano sem a execução de medidas de conservação. Até 1997,⁴³ o PROCEL investiu R\$ 76 milhões,⁴⁴ levando a uma economia de consumo estimada de 5,6 TWh (1,8 em 1997), e evitando, para o setor elétrico, investimentos de R\$ 2,6 bilhões. Neste esforço, uma grande gama de atividades foram e são desenvolvidas, da publicidade na televisão ao estímulo para que os fabricantes de eletrodomésticos melhorassem a eficiência dos aparelhos vendidos. Os recursos do PROCEL têm origem basicamente nas operações da Eletrobrás.⁴⁵ Além disso, tem reforçado o orçamento com apoio de agências externas e está trabalhando para obter um grande empréstimo do BIRD. No processo de privatização as concessionárias de distribuição elétrica se comprometem a investir uma parte da receita (em torno de 1%) em projetos para aumentar a eficiência no uso da energia.⁴⁶

O CONPET tem como meta geral reduzir, em 20 anos, o consumo de derivados de petróleo e gás natural em 25% pelo aumento da eficiência no uso. Os trabalho do CONPET têm enfatizado a economia de derivados sobretudo diesel e GLP (que têm limites na estrutura de refino). Vem obtendo resultados concretos junto à área de transporte e criou etiquetas com dados de eficiência para orientar os consumidores na compra de fogões. Parte do trabalho do CONPET é voltado para reduzir o consumo na Petrobras em que se inclui a construção de 2 GW de centrais de cogeração nas unidades industriais da empresa (ver 5.2).

Os investimentos ainda são relativamente pequenos considerando a dimensão do problema. O futuro dos programas tem incertezas com o processo de privatizações e re-estruturação institucional e

⁴¹ Isto ocorre de diversas formas : 1) associação dos ganhos de eficiência com a redução do risco ambiental com o efeito estufa, melhor compreendido pela população; 2) subsídios e/ou incentivos fiscais que barateiam o emprego de fontes renováveis; 3) impostos para encarecer os combustíveis fósseis (“carbon tax”), incentivando o aumento da eficiência e 4) (em estudo) mecanismo pelo qual quem emitir CO₂ abaixo de um certo nível, vende um “direito de emissão” (“emission bonds”) para quem supera o limite.

⁴² Um sumário da evolução das políticas de eficiência energética até 1994 pode ser encontrado no relatório preparado pelo INEE para o Banco Mundial em 1995: A.D. Poole, J.B. Hollanda e M.T. Tolmasquim, *Os Caminhos da Eficiência Energético*, INEE/ESMAP.

⁴³ No período 1990-93, o PROCEL quase foi desativado mas voltou a crescer substancialmente desde então.

⁴⁴ No PROCEL cerca de 2/3 dos valores são destinados a reduzir perdas nas concessionárias. Assim, os investimentos para melhorar a eficiência no uso final foi da ordem de R\$ 25 milhões. Relatório para a reunião do Grupo de Apoio à Secretaria Executiva (GASE) do PROCEL/ELETROBRÁS, PROCEL, maio de 1998.

⁴⁵ Além dos recursos operacionais da empresa está prevista a aplicação de parte dos recursos de um fundo administrado pela ELETROBRÁS - RGR (até 2003) para projetos em municípios.

⁴⁶ Hoje, cerca de US\$ 200 milhões por ano. Deste total, pelo menos ¼ devem ser destinados à conservação no consumo final.

regulamentar do setor energético. Qual será, por exemplo o futuro do CONPET e PROCEL se a Eletrobrás e Petrobras forem privatizadas? A lógica do novo modelo conduzirá as concessionárias de gás e eletricidade a uma atuação mais ou menos favorável às medidas de eficiência entre consumidores? Como pode mudar o tipo de atuação?

4.4 Fatores Externos

A eficiência energética e a redução das emissões de CO₂ - têm algumas características peculiares que ficam expostas a fatores externos que valem a pena explicitar.

Assim, políticas orientadas para estes temas nos países mais ricos, grandes emissores e onde existe pressões para atacar esta questão⁴⁷ pode ter o efeito oposto junto nos a países como o Brasil reduzindo ou mesmo anulando os objetivos visados. Por exemplo, a taxa dos combustíveis fósseis (“carbon taxes”) nos países fortemente emissores, ao induzir suas economias a reduzirem o consumo e/ou migração para alternativas renováveis, poderá diminuir a demanda internacional dos combustíveis e levar à consequente redução de preços (que atualmente já estão muito baixos pela situação econômica global). Também pode levar os segmentos mais emissores (siderúrgicas, por exemplo) a se transferirem para outros países onde não houver taxa das emissões.

Nesta situação, o Brasil corre o risco de: 1) acelerar o abandono das soluções renováveis, acentuando a tendência observada na figura 2-1; 2) ser estimulado ao uso ineficiente dos combustíveis, notadamente no setor transporte onde os desperdícios e as emissões são justamente as mais elevadas do país.

Este problema com a aplicação das taxas pode, ser contornado ou mitigado se forem estabelecidos mecanismos internacionais de transferência financeira visando especificamente reduzir as emissões (como “emission bonds”). Considerando a capacidade de resposta do Brasil para esta questão demonstrada no passado e que o país tem um grande potencial de redução de emissões, estímulos financeiros poderão criar um incentivo extra para aumentar a eficiência energética no Brasil.

⁴⁷ -Nos EUA, apesar da relativa resistência a qualquer ação por parte das indústrias e do Congresso, uma pesquisa do New York Times (citada no O GLOBO de 29/XI/97, pág.43) revela que 65% da população desejam que o país reduza as emissões.

5. Onde Aumentar a Eficiência ?

Como destacado na figura 2.1, as perdas que ocorrem junto ao uso final são de natureza muito diferente das observadas na transformação da energia primária em secundária. De um lado, na transformação das formas primárias, o sistema é composto por algumas das maiores empresas brasileiras com faturamento anual hoje da ordem de US\$ 40 bilhões e ativos que superam US\$ 200 bilhões. Estas empresas são mais sensíveis aos sinais de mercado para a eficiência pois conseguem transformar em receita a redução das perdas de energia sob seu controle. Pelo gigantismo das instituições (muitos monopólios estatais até hoje), porém, também tendem a dificultar o pleno desenvolvimento do mercado quando isto ameaça suas atividades^{48 49}.

De outro lado, no uso final, a demanda está pulverizada em milhões de unidades com estoques de investimentos que podem atingir US\$ 300 bilhões. Estes consumidores são mais sensíveis às imperfeições de mercado comentadas anteriormente (anexo C) e para obter resultados de eficiência normalmete são necessários mecanismos de regulamentação, impostos etc.

A seguir são analisadas as possibilidades de reduzir as perdas considerando cada uma das famílias de atores destacados. Como ambos os segmentos estão crescentemente expostos à influência externa, as análises são complementadas com uma consideração sobre este aspecto.

5.1. Redução das Perdas na Transformação

No modelo tradicional do setor elétrico, a atividade de gerar energia elétrica foi considerada um monopólio das empresas constituídas para esta finalidade. Com isto, bloqueou o desenvolvimento de importantes potenciais que poderiam ser transformados em eletricidade, mantendo o desperdício de grandes blocos de energia.

Seguindo tendência internacional recente, o novo modelo do setor elétrico brasileiro cria condições para desenvolver a competição na área de geração com a criação de Produtores Independentes de Energia, o acesso aos sistemas de transmissão, a existência de “comercializadores” e o novo sistema de vendas de energia (Mercado Atacadista de Eletricidade - MAE), permitindo desenvolver potenciais hoje desperdiçados. A instalação destes potenciais junto à carga têm como efeitos, ainda, a redução das perdas de transporte da eletricidade.

A Tabela 5.1 dá uma idéia de faixas de potenciais de crescimento destes potenciais a partir das considerações apresentadas mais adiante. A importância relativa pode ser avaliada quando se considera que em 1997 o consumo de eletricidade foi de 280 TWh.

Antes de analisar os principais casos, é importante notar que a relação entre as ações de conservação e a redução das emissões de CO₂ neste segmento de transformação no Brasil nem sempre é direta pois parte importante da energia primária para a geração elétrica já é renovável.

Tabela 5-1

⁴⁸ Não é um problema unicamente brasileiro. Na Inglaterra, onde a desverticalização das empresas elétricas é um fator chave do modelo para gerar competição, tem havido repetidas tentativas de fusão de distribuidoras e geradoras.

⁴⁹ Não é um problema unicamente brasileiro. Na Inglaterra, onde a desverticalização das empresas elétricas é um fator chave do modelo para gerar competição, tem havido repetidas tentativas de fusão de distribuidoras e geradoras.

Potencial de Redução de Perdas na Transformação Elétrica (TWh/ano)

Cogeração GN - grande	15 - 20
- pequena	4 - 8
Setor Elétrico	30 - 40
Setor Petróleo	15 - 20
Setor Cana	20 - 60
Siderurgia coque	10 - 15
Siderurgia carvão vegetal	4 - 6
TOTAL	98 - 169

Cogeração com Gás Natural

A cogeração pode ser feita a partir de qualquer combustível, mas as tecnologias para o gás natural se desenvolveram muito nos últimos anos, reduzindo custos mesmo para potências baixas. Com o aumento da oferta do gás natural, o Brasil pode acessar as últimas gerações de tecnologia de cogeração e o desenvolvimento deste potencial pode ser muito rápido, como ocorreu na França.⁵⁰ e outros países. Os prazos de implementação podem ser curtos, especialmente para unidades de porte médio e pequeno, como já observado no Brasil.⁵¹ Isso facilitaria uma penetração rápida no mercado.

A vantagem desta tecnologia é a alta eficiência de conversão em energia útil: até 85% da energia do gás natural (ou mais em casos especiais). A “desvantagem” é que o calor não pode ser transportado a grandes distâncias, o que condiciona a cogeração a operar junto às indústrias e estabelecimentos de comércio. Dependendo das necessidades relativas de calor e eletricidade, o cogenerador pode produzir excedentes de eletricidade e, neste caso, vender ao sistema ao qual está conectado. No sistema brasileiro, o cogenerador deve desempenhar um papel importante para regularizar o sistema se houver sinalização de preço adequada: ele tanto pode vender eletricidade ao sistema quanto se transformar em uma carga (por exemplo, se houver excesso de hidreletricidade oferecida a preço baixo, ele desliga o equipamento e usa a eletricidade do sistema, eventualmente até para gerar vapor). Isto dependerá, naturalmente, de haver uma sinalização correta sobre o valor da energia a curto prazo como já ocorre em outros países e que pode acontecer no Brasil.

Os estudos sobre os potenciais nesta área são esparsos, mas um indicador interessante é que em países onde existe oferta de gás chegam a representar de 10 a 15% da geração, podendo aumentar a médio prazo⁵². Ver a análise de cenários no capítulo 3 sobre os efeitos na emissão.

Setor Petróleo

As refinarias brasileiras foram projetadas antes das crises do petróleo, quando pouca atenção era dada à eficiência energética. A Petrobras, estimulada pelo novo modelo do setor, está se associando com terceiros para desenvolver o potencial de cogeração em suas unidades, que atinge 2,5 GW.⁵³ É

⁵⁰ Na França, a retirada de algumas barreiras de mercado levaram as encomendas de unidades de cogeração de 40 MW em 1993 para quase 600 MW em 1997, com previsão de mais de 1000 MW em 1998. Folheto do Le Club Cogénération, janeiro 1998.

⁵¹ Na fábrica de cerveja Kaiser, do Ceará, em 8 meses foi feita a proposta, decidida, obtidas todas as licenças e financiamentos e instalada uma unidade de 20 MW. Ver Anais do *Seminário Internacional sobre Cogeração & Geração Distribuída*, INEE, Rio de Janeiro, 14-15/05/98 - disponível em CD-ROM.

⁵² Poderia alcançar 30% da geração total na Europa; pág. 25; Electric Power International; “Special Report :CHP : choice of the next generation ?”; Summer, 1998

⁵³ *Plano Decenal de Expansão 1998/2007*; GCPS; Eletrobrás; maio 1998, pág. 78.

legítimo imaginar que outros trabalhos de efficientização nestas unidades e nos transportes poderão trazer resultados ainda mais expressivos.

Setor Canavieiro

Embora a cana tenha o equivalente a 23 milhões tep da energia primária, o álcool derivado representa apenas 7 milhões tep no uso final energético. A razão histórica da baixa eficiência na transformação é que o PROÁLCOOL visou exclusivamente a substituição da gasolina no lugar do desenvolvimento integral do potencial energético. As destilarias foram impedidas de desenvolver a vocação de gerar eletricidade, um passo lógico, pois a energia da cana que é convertida em álcool (química) representa 1/3 da energia total. Os 2/3 restantes estão sob a forma de biomassa que, com a tecnologia atual, poderiam produzir da ordem de 20 TWh . Este número pode triplicar, o que tornaria a atividade de produzir eletricidade a principal do setor canavieiro. Uma tecnologia para tanto está sendo desenvolvida no Nordeste do Brasil com apoio do BIRD e do Global Environmental Facility (Nações Unidas).⁵⁴

Do ponto de vista da emissão, o fator mais importante do desenvolvimento deste potencial seria dar a sustentação econômica a longo prazo para a manter o programa do álcool.

Siderurgia a Coque

O potencial de cogeração nas siderúrgicas brasileiras é grande, como indicado na tabela 5.1. Por exemplo, a maior siderúrgica, - Companhia Siderúrgica Nacional - CSN, compra praticamente toda a energia elétrica que consome, perto de 3 TWh/ano. No Japão, uma usina de porte e tecnologia assemelhados exportaria eletricidade, aproveitando as diversas formas de energia disponíveis no processo de redução do ferro.⁵⁵ Muitas usinas já estão com planos em desenvolvimento avançado para cogerar.

Siderurgia a Carvão Vegetal

A tecnologia utilizada na maioria das empresas é relativamente primitiva. O consumo energético por tonelada de gusa a carvão vegetal é substancialmente maior do que nas siderúrgicas a coque. Uma redução no consumo do carvão vegetal de 30% ou mais por tonelada de gusa é factível, ao mesmo tempo que há uma vocação de gerar energia elétrica. A eficiência da transformação da lenha em carvão pode ser mais eficiente também.

A sobrevivência deste setor passa pelo aumento da produtividade nestas linhas, junto com investimentos em fontes renováveis de lenha, como de reflorestamento e manejo florestal. Há perspectivas de que esta estratégia seja economicamente factível, pelo menos em algumas regiões.⁵⁶ No entanto, há pouco ímpeto para implementar esta transição para uma base sustentável. Em termos de desenvolvimento tecnológico, falta um núcleo setorial (como Copersucar para a cana) e algumas empresas que exerciam liderança tecnológica já não investem mais. Muitas guserias em Minas Gerais estão sendo convertidas para operar integralmente ou com porcentagens maiores de coque.

⁵⁴ Projeto WBP sendo desenvolvido por um consórcio da Eletrobrás, CVRD, CHESF e SHELL. A usina piloto com 30 MW deve ficar pronta em 2000.

⁵⁵ Nas siderúrgicas a coque há diversas oportunidades de geração : usando gases de processo, no esfriamento do coque, usando a energia cinética dos gases de auto-forno (turbinas de topo).

⁵⁶ M.E.A. Rezende e R.S. Sampaio; *Alternativas Energéticas para o Pólo Siderúrgico do Programa Grande Carajás: Componente Siderúrgico*; relatório para o Ministério de Integração Regional e o BIRD, Belo Horizonte, 1994.

Sistema Elétrico

As perdas nos sistemas de transmissão/distribuição vêm “desinstalando” o equivalente a 0,5% (~300 MW em 1997) da potência instalada por ano.

Tabela 5-2
% de Perdas na transmissão/distribuição elétrica - Brasil 90-96

Ano	90	91	92	93	94	95	96
Perdas(%)	13,0	13,8	13,6	16,6	15,5	15,7	15,7

Considerando os níveis já obtidos no Brasil e que as perdas em outros países se situam entre 8% (França, EUA) e 10% (Espanha, Noruega), nota-se que uma ação nesta área pode produzir de 4 a 6GW. Esta redução pode ocorrer naturalmente com a descentralização da geração e na medida em que as empresas distribuidoras de eletricidade tomem consciência de que o investimento para reduzir estas perdas tem retornos elevados.

O aumento do número de térmicas para operar em um sistema com sinalizações de mercado permitirá maior modulação das cargas e aproveitamento da energia hidráulica secundária que hoje é desperdiçada. Esta energia de custo zero seria da ordem de 3 a 5%⁵⁷ da geração hidrelétrica.

No setor elétrico, ainda, deve-se destacar trabalhos que reduzem as perdas das hidrelétricas pela repotencialização das usinas antigas e redução dos tempos para limpeza dos sistemas de resfriamento⁵⁸ que, na usina de Balbina, permitiu aumentar a geração em 5%.

5.2. Aumento da Eficiência no Uso Final

A discussão a seguir é por setor de consumo. Fazemos observações sobre tendências, potenciais de economia e barreiras em relação à eficiência energética. Consideramos também a demanda para os serviços energéticos, onde políticas que indiretamente influem o uso e eficiência energética são importantes, como por exemplo na infra-estrutura dos transportes e na reciclagem.

Transportes

Os transportes são o setor de maior peso nas emissões de CO₂ e têm o maior consumo final de combustíveis fósseis (a participação da eletricidade é insignificante). É o setor que mais puxou o crescimento das emissões em anos recentes. Os transportes estão passando por grandes mudanças estruturais e tecnológicas que devem-se acelerar, tanto no Brasil como no mundo. Pelo grande número e diversidade dos agentes envolvidos, é um setor muito complexo para uma política de fomento da eficiência. No entanto, é o setor menos estudado no Brasil e provavelmente no mundo.

O setor dos transportes é composto de subsetores/mercados com características e dinâmicas muito distintas. As diferenças entre, digamos, o mercado de carros individuais e transportes aéreos ou carga pesada são quase tão grandes quanto as diferenças entre os mercados para o consumo energético nas residências e nas industriais. Há diversos critérios para categorizar estes mercados. Um é a distinção

⁵⁷ Este número não é publicado. As informações são “educated guesses” de especialistas para anos em que as reservas estão em níveis que não colocam em risco o abastecimento.

⁵⁸ A limpeza normalmente é feita de forma mecânica, exigindo um tempo elevado de interrupção da geração. O novo procedimento desenvolvido para Balbina com apoio do PROCEL, com produtos químicos, reduz o tempo de operação de forma substancial.

entre passageiro e carga. Outro é entre urbano/local e interurbano/longa distância. Dentro destas quatro grandes categorias há concorrência entre modalidades. Por exemplo, para transporte de passageiros urbanos/locais há o carro individual, ônibus, taxi, lotação e algumas vezes trem/metrô ou barca.

Infelizmente, as análises disponíveis não permitem uma divisão energética mais apurada destas categorias. No entanto, há duas áreas claramente de grande importância: (1) o transporte rodoviário de carga e sua inserção nos transportes interurbanos de carga; (2) o carro individual e sua inserção nos transportes urbanos.

Há três fatores básicos que afetam o consumo energético de uma categoria do mercado dos transportes.

1. *demand do serviço de transporte* - definido como, por exemplo, tonelada-quilômetro ou passageiro-quilômetro.
2. *modalidade de transporte* - entre as modalidades possíveis pode haver uma diferença grande no consumo energético médio por unidade de serviço. Há uma complicação no fato que os serviços de transportes providos pelas modalidades não são necessariamente iguais.
3. *eficiência da modalidade* - a média da eficiência dos veículos da modalidade, que é resultado da tecnologia dos veículos e as condições de sua operação.

No Brasil, como no mundo, a ênfase está no último fator - a eficiência da modalidade e particularmente a eficiência dos veículos de cada modalidade (especialmente as rodoviárias). De fato, há avanços tecnológicos acontecendo que prometem ganhos muito grandes na eficiência dos veículos no horizonte de dez anos. Um exemplo importante é o desenvolvimento de uma nova geração de motores e sistemas de propulsão que permitirão carros de passeio duplicar ou triplicar sua eficiência atual.⁵⁹ O atraso histórico destas soluções significam que deve haver muitas oportunidades à medida que novos carros forem integrados à frota.

Os primeiros dois fatores citados acima (demanda de serviço e a escolha de modalidade de transporte) podem ser vistos como alvos principalmente de medidas “indiretas” de melhoria de eficiência energética. Envolve escolhas e prioridades para diversos tipos de infra-estrutura que representariam uma mudança do rumo das últimas décadas. Portanto, são politicamente ainda mais complexas que as iniciativas para aumentar a eficiência dos veículos.

Apesar da complexidade, influir na demanda para serviços de transporte e o perfil das modalidades serão fatores importantes no grande ajuste exigido nas próximas décadas. Um estudo recente⁶⁰ mostra que as diferenças nas políticas históricas e na geografia resultaram em demandas de serviço, estruturas e eficiências modais muito distintas entre regiões de renda similar nos países industrializados. Por exemplo, o consumo energético por habitante para transporte terrestre individual é 2,5 vezes maior na América do Norte do que na Europa Ocidental. Os impactos destes fatores inter-relacionados exigirão uma visão política mais holística; senão, boa parte dos benefícios energéticos e ambientais advindos dos avanços tecnológicos em veículos serão anulados.

O pano de fundo para políticas públicas será marcado por diversos fatores que podem alterar tendências históricas (“trend-breakers”), como:

⁵⁹ Um exemplo importante é o conceito do “carro híbrido”: um gerador a bordo opera em regime ótimo, carregando baterias que alimentam os motores elétricos usados no acionamento. Existem protótipos usando células combustíveis (que converte a energia do combustível diretamente em eletricidade), micro-turbinas, motores Wenkel, ciclos convencionais (como diesel) e outros como gerador. Podem se tornar comerciais ao longo da próxima década. O Presidente Clinton atribui a esta tecnologia um dos principais fatores de redução das emissões nos EUA.

⁶⁰ World Energy Council, *Global Transport Sector Energy Demand towards 2020*, London, 1995.

- *meio ambiente* - preocupação motivada principalmente pela poluição sonora e atmosférica local;
- *estilo de vida* - organização de trabalho e telecommuting; tipo de veículos desejados (maiores ou para lazer ou até para segurança em acidentes)
- *novas tecnologias* - ao lado da nova geração de carros, e talvez tão revolucionário, está surgindo um conjunto de tecnologias de cobrança automática pelo uso do espaço viário - "road pricing". O impulso vem do problema cada vez mais severo de congestionamento.⁶¹

Estas tendências novas terão conseqüências para todos os fatores que determinam o consumo de energia nos transportes. Ao mesmo tempo, energia (e emissões de CO₂) raramente será o critério decisivo na escolha de alternativas. É preciso vincular a economia de energia a outras questões. Possíveis vínculos não faltam, devido às grandes externalidades dos transportes.

No Brasil, a eficiência dos veículos reflete cada vez mais as tendências internacionais. Isso se deve em grande parte à abertura relativa da indústria automobilística nacional e ao padrão do "carro mundial" das montadoras. Até o início dos anos 90 manteve-se praticamente uma reserva de mercado, com uma defasagem tecnológica em muitas áreas. Por exemplo, caminhões médios com projetos essencialmente dos anos cinquenta continuaram a ser produzidos em grandes números até recentemente. Esta defasagem histórica deve apresentar oportunidades com a renovação da frota de veículos.

Para carros individuais a política de preços para os combustíveis (gasolina e álcool) se aproxima à européia - com impostos relativamente elevados. Isto incentiva a compra de veículos mais eficientes, porém o efeito sobre decisões de compra parece modesto - pelo menos na faixa atual dos preços de combustível.⁶² Para outros tipos de veículos o preço do combustível (principalmente diesel) é, senão explicitamente subsidiado, com níveis de impostos bem abaixo das externalidades do consumo (inclusive o custo da manutenção das estradas).

O objetivo deve ser a incorporação constante dos avanços em eficiência e segurança nos veículos produzidos no país e importados. O crescente comércio internacional em veículos e componentes deve contribuir neste sentido de modo geral. No entanto, cabe um certo cuidado. Por exemplo, alguns modelos importados (como notavelmente a Lada) foram deficientes. Há justificativa para normas de empenho energético, refletidas também na diferenciação dos impostos que incidem sobre veículos.

Há um segundo conjunto de questões em torno da mitigação do crescimento da demanda dos serviços de transporte e das modalidades mais energo-intensivas em particular. Em Curitiba houve uma demonstração das possibilidades, principalmente em relação ao carro individual e os transportes urbanos públicos de passageiros. A energia não foi um motivo principal para as medidas tomadas (congestão e poluição local foram mais importantes), mas resultaram numa nítida redução (~25%) de consumo de combustível por carro em relação a outras cidades de porte parecido.⁶³ Apesar do sucesso do programa e sua popularidade política, houve pouca adaptação e aplicação em outras cidades. Mostra a dificuldade da implementação de "ações indiretas" envolvendo infra-estrutura.

⁶¹ Viagens de carro individual tipicamente exigem 10-50 vezes mais espaço viário por passageiro que outras modalidades. Além disso, a crescente motorização individual cria um novo padrão de ocupação do espaço que gera mais viagens de maior distância média. Tudo isso leva a maior congestionamento. Ver A.D. Poole, R. Pacheco e M.A. Campelo de Melo; *Moving People: Transport Policy in the Cities of Brazil*, International Development Research Centre, Ottawa, 1994.

⁶² O custo do combustível é uma parcela relativamente pequena do custo total de comprar e operar um carro novo. A alta incidência de impostos sobre o veículo e a alta taxa de desconto dos usuários contribui para diminuir ainda mais o peso da eficiência nas decisões.

⁶³ As medidas tomadas incluem planejamento do espaço urbano; prioridade para os ônibus em corredores chaves e outras para aumentar sua velocidade média (por exemplo : as "canaletas" e os "ligeirinhos"; integração física e para a compra de passagens.

Novas pressões devem forçar com tempo uma nova visão à expansão da infra-estrutura brasileira, com conseqüências para energia e emissões de CO₂. A congestão nas cidades e os custos altos de transporte de “commodities” de algumas regiões são dois exemplos. Neste momento é importante, no mínimo, retomar o trabalho de análise abandonado desde meados dos anos 80.

Indústria

A indústria é o segundo setor em emissões e no consumo final de combustíveis fósseis.⁶⁴ É também, de longe, o maior setor de consumo de eletricidade. Com o aumento do peso da geração elétrica nas emissões, o setor industrial provavelmente terá a maior contribuição às emissões até o médio prazo. O setor é caracterizada pela grande diversidade dos processos utilizados. Ao mesmo tempo, alguns setores concentram grande parte do consumo.⁶⁵

Faltam estudos sistemáticos do potencial de economias na indústria. O acompanhamento de projetos recentes sugere que, na maioria das empresas, economias da ordem de 15% no uso final são conservadoramente factíveis a curto prazo (exclui-se os ganhos na cogeração). A evolução tecnológica, liderada pela informática, abre a perspectiva de reduções maiores do consumo no médio e longo prazo.

Em termos proporcionais as economias maiores provavelmente se encontram entre os consumidores de porte médio e pequeno. Estes também enfrentam custos unitários de energia bem mais altos que os dos grandes consumidores.

De modo geral, o nível de consciência na indústria ainda é baixo. Na maioria das empresas a energia tem uma participação pequena (menos de 5%) nos custos totais. Geralmente é tratada como custo fixo. O monitoramento do uso de energia muitas vezes é mínimo. Até grandes consumidores desconhecem o custo real do vapor (por exemplo) que utilizam.

Um caminho de conscientização e mobilização de empresas passará pelos objetivos de melhorar a produtividade geral e a qualidade dos produtos. A abertura da economia à maior concorrência (doméstica e internacional) está pressionando neste sentido. A ampla difusão das normas de qualidade ISO 9000 e 14000 são uma manifestação geral desta motivação ao nível internacional.

Outro fator mobilizador será a entrada do gás natural e acompanhada pelo surgimento da cogeração como opção efetiva. Quando as empresas projetarem a troca de combustível, será uma oportunidade para estimular interesse na otimização energética mais ampla, especialmente quando avaliarem projetos de cogeração.

Vista neste contexto a “venda” da idéia da otimização energética e de seus benefícios deve ser holística. Deve incluir todas as formas de energia, como também outras “utilidades” da fábrica como água, ar comprimido e gases - muitas vezes são vetores importantes de energia. Frequentemente será relevante vincular os ganhos energéticos a melhorias específicas de produtividade, qualidade e controle de emissões ambientais. Infelizmente, hoje a “venda” do conceito está fragmentada, começando com a segmentação institucional entre energéticos.

⁶⁴ O setor inclui: as indústrias de transformação, mineração e construção.

⁶⁵ Em 1995, os cinco maiores subsectores industriais foram responsáveis pelo consumo de 76% da energia total na indústria (79% do consumo de combustíveis e 68% da eletricidade). Estas indústrias são as de: ferro e aço (27,7%), alimentação (22,6%), papel e celulose (9,4%), química (9,2%), e de alumínio e outros metais não-ferrosos (7,0%).

A implementação de projetos hoje enfrenta dificuldades no financiamento por terceiros e nos riscos e custos das transações envolvidas. O financiamento privado de projetos por terceiros ainda é novo no Brasil. Para projetos de uso final há dificuldades adicionais, como sua escala relativamente pequena e a falta de familiaridade.

O assunto é alheio à atividade fim da grande maioria dos consumidores, enquanto a oferta do conjunto de serviços está incipiente e pouco estruturada. Provedores de serviços de projetos ainda estão se capacitando. Faltam alicerces no mercado que simplifiquem a comercialização de serviços e aumentem sua confiabilidade - como modelos de contrato e normas estabelecidas para a verificação dos resultados.

A lentidão na estruturação da oferta de serviços e financiamento por terceiros é um dos principais entraves hoje à difusão mais rápida da efficientização energética, tanto na indústria como no setor de serviços. A consolidação de alguns novos agentes como ESCOs e PIEs⁶⁶ e a definição do papel das concessionárias de energia serão passos críticos no caminho de transformar o mercado.

Influindo Na Demanda de Serviços Energéticos

Além da eficiência dos processos, outros fatores “estruturais” podem influir na intensidade energética do setor industrial como um todo. Um fator importante é o peso relativo das indústrias energointensivas no parque industrial. Estas indústrias produzem matérias básicas que estão no início de uma cadeia de transformações industriais, cujas outras etapas geralmente são muito menos intensivas em energia (especialmente em relação ao valor agregado). Exemplos importantes de indústrias energointensivas no Brasil são ferro gusa, ferro ligas e aço, cimento, celulose, petroquímicos básicos, alumínio, cloro e soda.

A expansão das indústrias energointensivas foi muito rápida nos anos setenta e até o final dos anos oitenta. Sua participação no consumo industrial total aumentou durante este período e contribuiu substancialmente ao crescimento energético total. Houve uma forte participação direta e indireta do Estado no fomento destas indústrias, inclusive com subsídios de energia.

Em anos recentes, a expansão do conjunto das indústrias energointensivas tem sido moderado e sua participação no consumo energético industrial diminuiu. Até agora não apareceram investimentos novos para reverter esta tendência. .

No entanto, no médio e longo prazo alguns subsectores energo-intensivos podem voltar a crescer com mais vigor. Para explorar suas vantagens comparativas com benefício ao país caberá usar preços realistas de insumos importantes como energia. Um legado da antiga política de fomento é uma estrutura irrealista de tarifas elétricas. Indústrias conectadas em 13,8 kV pagam, em média, mais que o dobro das indústrias conectadas em 230 kV. As reformas do setor energético devem diminuir esta distorção, mas a questão da estrutura tarifária merece atenção especial.

O assunto da reciclagem é ligada ao uso dos produtos das indústrias energointensivas - como alumínio, ferro, vidro, papel e alguns plásticos. O uso de matérias recicladas necessita de muito menos energia que matérias produzidas dos recursos naturais primários . A reciclagem é vendida

⁶⁶ PIEs (Produtores Independentes de Eletricidade) são empresas geradoras sem concessão de serviço público, operando no novo mercado competitivo para geração. Foram criadas pela Lei 9074/95. Devem ser importantes agentes na implementação de projetos de cogeração, especialmente de porte maior. ESCOs (Empresas de Serviços de Conservação de Energia) empreendem projetos de efficientização global, trazendo capacidade técnica e financeira. As ESCOs estão menos consolidadas no Brasil. Um IPP pode ser um ESCO e vice versa. Ver (1) A.D. Poole e H. Geller ; *O Novo Mercado de Serviços de Eficiência Energética no Brasil*; INEE com ACEEE, Rio de Janeiro e Washington DC , abril de 1997; (2) *Anais do Seminário sobre Cogeração e Geração Distribuída*, INEE, 14 e 15 de maio de 1998.

principalmente pela questão ambiental, devido aos impactos potencialmente elevados na produção de fontes *in natura*. No Brasil, o potencial para aumentar a reciclagem é relativamente grande e o país já é o maior reciclador de latas de alumínio do mundo.

Serviços

O setor de serviços abrange o consumo comercial (setor terciário privado) e público (escritórios e serviços públicos). Exclui os transportes. Em comparação com o setor industrial, os serviços têm um elenco menor de processos energeticamente importantes. Outra característica é que o perfil do consumo é dominado pela eletricidade - 75% em termos energéticos.

Os serviços vêm aumentando sua participação no consumo elétrico - de 19% em 1986 para 22% em 1996. O perfil do consumo elétrico varia muito entre subsetores (lojas, escritórios, hospitais, etc). Dentro de cada subsetor pode haver diferenças substanciais entre instalações maiores e menores e entre as regiões do país. O perfil médio, portanto, depende do “mix” das atividades incluídas. As amostras disponíveis são pequenas para conclusões estatisticamente significativas ao nível de subsetores.

No entanto, pode-se constatar ao nível setorial que grande parte do consumo elétrico - geralmente 50-65% - está associada às edificações e suas utilidades (principalmente iluminação e ar condicionado).⁶⁷ No estoque existente de prédios, o potencial de ganhos com reformas de equipamentos (“retrofit”) é substancial. Há tecnologias disponíveis para diversas aplicações que reduzem substancialmente o consumo em relação ao padrão típico, muitas vezes da ordem de 50% ou mais.⁶⁸ Ganhos de eficiência em outros usos finais muitas vezes permitirão ganhos no ar condicionado, por diminuir a carga térmica dentro do prédio.⁶⁹

Ao acompanhar projetos de reforma, é comum encontrar economias de 30-40%, sem considerar investimentos na cogeração.⁷⁰ A reforma de instalações prediais é um campo fértil no curto e médio prazo. Há um estoque grande de prédios necessitando reformas gerais, incluindo novos sistemas de controle e automação predial (que podem ser vinculados ou até financiados pelos projetos de eficiência).

Como foi observado no setor industrial, o peso da energia geralmente é relativamente pequeno e o nível de consciência é baixo. Há dificuldades de financiamento e na oferta de serviços para viabilizar e executar projetos. No entanto, este mercado é provavelmente mais acessível que muitos subsetores industriais.

Nos prédios novos, o consumo por m² pode ser reduzido ainda mais. A arquitetura bioclimática, por exemplo, pode reduzir a carga térmica e aumentar o aproveitamento da luz natural. Comparado com os países industrializados, o crescimento porcentual do estoque será grande. Porém as barreiras são grandes. Incluem a falta de conhecimento das oportunidades da parte de arquitetos e consumidores e a separação frequente do usuário do investidor. Linhas de ação incluirão portanto a educação de profissionais e a comunicação de conceitos e potenciais benefícios aos investidores e consumidores.

⁶⁷ Ver R. Lamberts, L.L.B. Lomardo, J.C. Aguiar, M.R.V. Thomé; *Eficiência Energética em Edificações: Estado da Arte*, relatório para PROCEL, Rio de Janeiro, março de 1996.

⁶⁸ Ver R. Lamberts, H. Geller, A.H. Rosenfeld & M.D. Levine, “Energy Efficient Lighting, Windows and Buildings for Developing Countries”, AAAS Session , 1991.

⁶⁹ Nas condições climáticas de quase todo o Brasil, a redução da carga térmica dentro de um prédio é “lucro puro”. Nos países onde o inverno é mais frio, os sistemas de aquecimento precisam ser utilizados mais para compensar a redução da carga térmica..

⁷⁰ Ver A.D. Poole e H. Geller ; *O Novo Mercado de Serviços de Eficiência Energética no Brasil*; INEE com ACEEE, Rio de Janeiro e Washington DC , abril de 1997. Esta experiência coincide com estimativas do potencial de redução média do consumo de energia elétrica em retrofits nos EUA.

Novas construções levantam a questão mais ampla do planejamento urbano, que tem implicações energéticas nos setores de consumo residencial e transportes também. No caso das edificações, um exemplo da relação é o fenômeno de “ilhas de calor urbano”. A falta de vegetação e a baixa refletividade de muitas superfícies nas áreas urbanas (como o asfalto) contribuem para o aumento de temperatura observado em comparação com o entorno.⁷¹ O aumento da temperatura média estimula a demanda para ar condicionado. Há medidas que podem reduzir o efeito da “ilha de calor”.

Num país tropical cabe atenção especial à demanda para o “frio”. O ar condicionado está crescendo rapidamente com o aumento de renda. Ao mesmo tempo, há um grande número de sistemas muito ineficientes (por exemplo, grandes prédios de escritórios com ar condicionado de janela são comuns). A entrada do gás natural em muitas cidades junto com novas tecnologias de cogeração criarão oportunidades para novas soluções qualitativamente mais eficientes - tanto em retrofits como em prédios novos.

Os outros equipamentos utilizados nos serviços apresentam uma variedade de possibilidades. Muitos equipamentos de escritório hoje seguem padrões internacionais. Por exemplo, muitos dos PCs vendidos no Brasil têm o selo do programa norte-americano “Energy Star”. Em outros casos, como equipamentos de cozinha industrial, há uma diferenciação maior dos produtos nacionais. O caminho de melhorar o empenho deste último pode se aproximar ao das eletrodomésticos, considerados em abaixo.

Residencial

No setor residencial a eletricidade tem uma participação grande e crescente no consumo final. O uso predominante dos combustíveis fósseis é para cocção - principalmente com GLP. A calefação, tão importante nos países com inverno rigoroso, é quase inexistente. O perfil do consumo elétrico é sensível à renda, posse de eletrodomésticos e à região. A Tabela 5-3 mostra para os principais eletrodomésticos mais intensivos de energia um conjunto de estimativas do consumo anual típico, saturação no mercado e participação no consumo residencial total.

Tabela 5-3
Consumo dos Principais Eletrodomésticos e sua Saturação

	kWh/Ano Típico	Saturação^a	% Cons. Total^b
Chuveiro elétrico	480	0,70	23
Geladeira	648	0,75	33
Freezer	840	0,07	4
Ar condicionado	1680	0,06	7
Lavadora de roupa	72	0,22	1
Secadora de roupa	180	0,03	<1
Ferro elétrico	36	0,75	2
TV (colorida/preto e branco)	132 / 84	0,35 / 0,53	6
Iluminação	-	1,00	12 ^c
Outros	-	-	11

Fonte: Jannuzzi e Schipper, “The Structure of Electricity in the Brazilian Household Sector”, *Energy Policy*, nov. 1991. Citado em: R. Lamberts, L.L.B. Lomardo, J.C. Aguiar, M.R.V. Thomé, *Eficiência Energética em Edificações: Estado da Arte*, PROCEL/Eletróbrás, 1996.

Notas: ^a Saturação em residências com eletricidade. ^b Porcentagem do total da eletricidade residencial

^c Valor neste estudo apenas para lâmpadas incandescentes. Outros estudos mostram até 25% do consumo residencial para iluminação.

⁷¹ Aumentos da ordem de 1-4° C são observados nos EUA.

A procura por serviços energéticos certamente aumentará. A saturação de mercado de alguns eletrodomésticos intensivos de energia ainda está baixa. Os primeiros dois anos de estabilidade macroeconômica deram um exemplo da pressão latente. Houve uma explosão de compras de eletrodomésticos, especialmente nas camadas de renda menor que foram beneficiadas pela queda da inflação.

O fator crítico na evolução futura do consumo energético será a eficiência dos novos eletrodomésticos vendidos e seu uso adequado. Os potenciais de redução do consumo específico de alguns tipos de eletrodoméstico são significativos. A produção da grande maioria dos eletrodomésticos hoje é feita por empresas multinacionais, o que deve facilitar a transferência de pelo menos parte dos ganhos de eficiência conseguidos no exterior para Brasil. Neste mercado de produtos de massa, porém, a experiência tem mostrado que é importante haver uma ação política sempre presente, como ocorre nos EUA e tem sido observado no Brasil⁷² com a ação do PROCEL.

A demanda residencial para *serviços energéticos* crescerá enormemente, mas há algumas maneiras de diminuir este crescimento para o serviço básico, sem prejudicar o conforto ou bem estar da população. A adequação bio-climática dos prédios e bairros pode reduzir o consumo de energia para ar condicionado, como já observado. As soluções podem ser atraentes por outras razões também. A participação das residências e pessoas físicas em campanhas de reciclagem pode reduzir a demanda para serviços energéticos, mas estes ganhos aparecerão no setor industrial.

⁷² O PROCEL iniciou o trabalho de etiquetagem (etiquetas que indicam a eficiência do aparelho) de geladeiras e congeladores convencendo os fabricantes de que este seria uma forma de estimular as vendas dos produtos. Na prática, as etiquetas têm pequena influência nas vendas (raros equipamentos chegam às lojas com a etiqueta) mas os fabricantes conseguiram ganhos significativos de eficiência a partir da implantação do programa.

6. Conclusão

Ao longo deste trabalho pudemos constatar que o Brasil, graças a políticas adotadas no passado, tem uma estrutura de oferta de energia com um forte componente de energia primária renovável, o que faz com que o país tenha um dos menores índices de emissões de CO₂ pelo sistema energético em relação ao PIB do mundo.

Esta característica do sistema energético brasileiro tem, contudo, se modificado em função de uma inflexão das políticas adotadas, o que tem livrado a perda de espaço do carro à álcool para o carro a gasolina, a substituição de carvão vegetal por coque na siderurgia e a perspectiva de entrada de usinas a gás natural e a carvão mineral em substituição às usinas hidrelétricas.

A tendência observada à partir da década de 90 de aumento da intensidade em CO₂ da economia brasileira não é contudo irreversível. Como procuramos mostrar, existe um grande potencial de redução dos desperdícios, tanto no uso final como nos processos de transformação de energia primária em formas para o uso final.

A redução destas perdas no processo de transformação energética pode ser um elemento chave para viabilizar economicamente as fontes renováveis da matriz. Estes aumentos da eficiência energética, ambiental e econômica do setor energético passam, geralmente, pelo aproveitamento dos resíduos ou do calor de processo para cogeração de energia elétrica.

Assim, por exemplo, o aumento da participação do gás natural na matriz energética brasileira não tem um efeito tão negativo em termos de efeito estufa, se no lugar de ser utilizado em termoelétricas tradicionais em substituição das hidroelétricas, fosse utilizado em processos de cogeração.

No que diz respeito ao uso final, fica claro o quão importante é o setor de transportes em uma estratégia de redução das emissões de gases do efeito estufa, já que este setor sozinho é responsável por mais de 40% das emissões energéticas de CO₂ no Brasil.

Como foi mostrado, tanto no setor de transportes como nos demais setores de consumo, existe uma grande gama de ações que permitem aumentar a eficiência nos usos de energia e por conseguinte de reduzir as emissões de CO₂. Contudo estas medidas não ocorrerão espontaneamente sem uma política estruturada e na ausência de recursos financeiros que alavanquem estas iniciativas.

Assim é fundamental: (1) uma política estruturada do governo brasileiro de forma a criar um quadro institucional favorável a estas iniciativas e; (2) uma mobilização dos países desenvolvidos no sentido de viabilizarem um fluxo de recursos para auxiliar e financiá-las. Este apoio financeiro, é justificável não apenas por fatores éticos, mas também porque é plenamente justificado do ponto de vista econômico e por que o Brasil tem demonstrada capacidade de conseguir resultados.

Anexo A: Ajustes do BEN

Notas sobre a Conversão de Energia para TEP

O Balanço Energético Nacional - BEN⁷³ - principal fonte de estatísticas sobre produção e consumo de energia no Brasil, apresenta o fluxo de todas as formas de energia na sociedade brasileira, convertidas em *tonelada equivalente de petróleo* - **tep**, uma unidade pouco ortodoxa usada por razões históricas nas estatísticas internacionais.⁷⁴

Para converter a maioria das formas de energia, são usados coeficientes calculados em laboratório mas, para a forma hidráulica, o BEN⁷⁵ considera que 1 kWh equivale à energia contida no óleo necessário para gerar esta quantidade de eletricidade,⁷⁶ com uma equivalência de $1\text{kWh} \Rightarrow 3132\text{ kcal} \Rightarrow 0,29 \times 10^{-3}\text{ tep}$. Este número é três vezes superior à conversão física, onde $1\text{kWh} \Rightarrow 860\text{ kcal} \Rightarrow 0,079 \times 10^{-3}\text{ tep}$. Como a eletricidade no Brasil é praticamente toda de origem hidráulica (95%), este coeficiente é usado também para converter a eletricidade.

Esta forma de conversão invalida as análises comparativas sobretudo quando se estuda a questão da eficiência energética global, onde as transformações precisam ser todas fisicamente coerentes⁷⁷ para que os fluxos na economia possam ser tratados de forma consistente.

Para contornar este problema, no presente trabalho são usados os números propostos pelo INEE⁷⁸ que, a partir dos dados do BEN, recalcula as conversões e faz algumas correções que tornam mais realista a análise. Resumidamente :

- Adota a conversão física para fazer as transformações da energia hidráulica e da eletricidade.
- Considera que existem pedas na transformação da energia hidráulica em eletricidade (hoje se considera uma conversão com 100% de eficiência).
- Considera a energia hidráulica secundária (água que poderia gerar eletricidade mas que é vertida por estarem os reservatórios cheios e não haver mercado para uso na hora), que poderá vir a ser aproveitada quando houver mais usinas térmicas e um sistema de informações de mercado mais ágil.
- Considera a energia dos resíduos da cana que hoje é queimada nas plantações mas que poderia ser transformada em eletricidade.

⁷³ Publicado pelo DNDE/MME

⁷⁴ Quando se considerava que o petróleo seria a principal fonte mundial de energia primária (até a década de 50 era utilizada a toneladas de carvão equivalente).

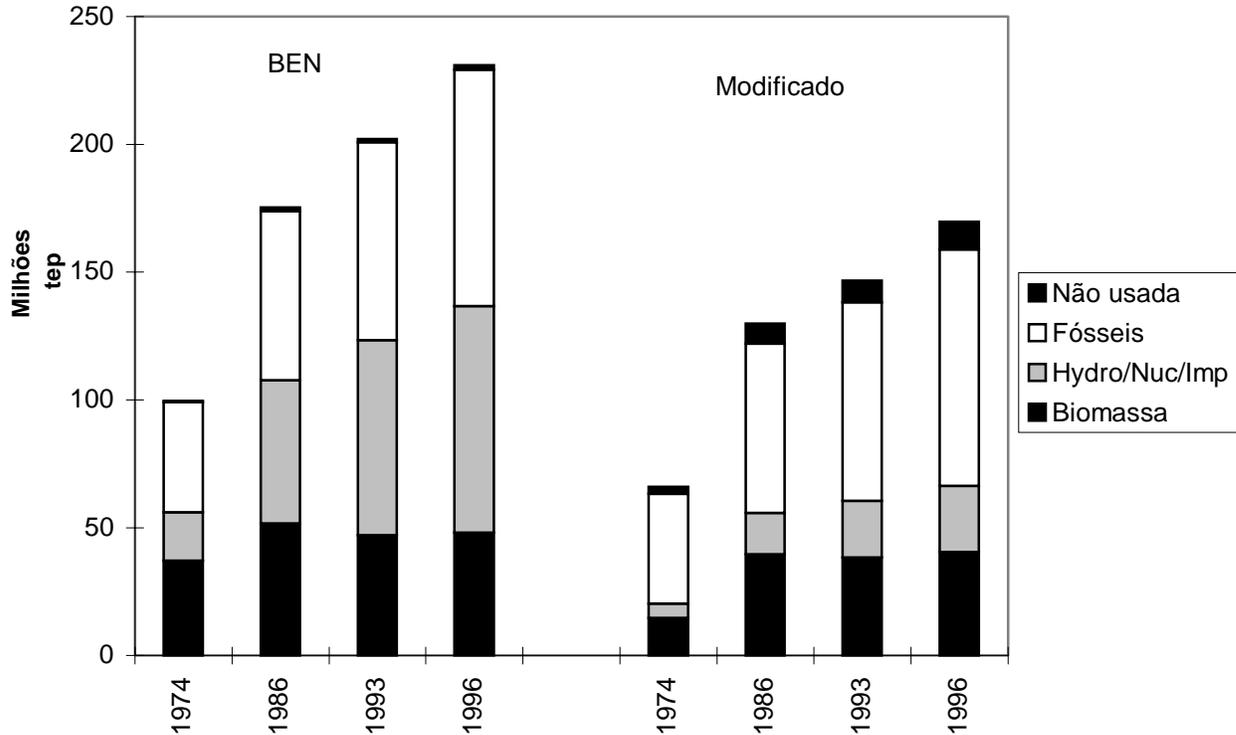
⁷⁵ Critério também usado em algumas estatísticas internacionais mas que está sendo abandonado.

⁷⁶ Equivalente a 0,25 kg de óleo, média de consumo dos geradores no início da década de 70 com eficiência abaixo de 30% . Ver Wlberg, J.; "Consumo Brasileiro de Energia - Dispêndio de Energia Primária no Período 1940-1972; CNB/CME; separata do Boletim 17 de 1973.

⁷⁷ Esta dificuldade é ressaltada por todos os autores trabalhando com o tema Geller , Pinguelli, Tolmasquim e Horta Nogueira.

⁷⁸ Balanço de Eficiência Energética - em preparo pelo INEE com divulgação prevista para o final de 1998

Energia Primária: Comparação BEN e BEE/INEE

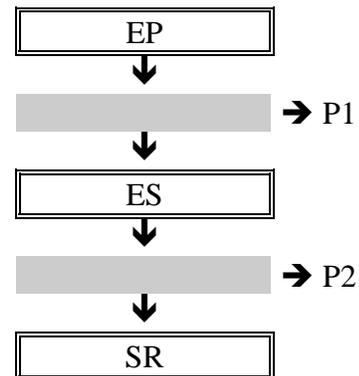


Para se ter uma idéia do efeito das alterações, o quadro acima compara os valores obtidos para a contribuição das fontes primárias.

Fluxos de energia

A figura ao lado é uma simplificação da Figura 2-1 com as variáveis relativas às várias formas de energia. Um princípio básico da termodinâmica (“Primeira Lei”) estabelece que a energia se transforma mas não pode ser criada nem destruída. Ou seja:

$$\begin{aligned} EP &= ES + P1 \\ SR &= ES + P2 \\ \Rightarrow SR &= EP - P1 - P2 \end{aligned}$$



O objetivo da política de conservação é o de reduzir P1 e P2, diminuindo EP, sem afetar SR. Normalmente estes objetivos são traduzidos em termos de coeficientes que dão uma noção mais exata das contribuições relativas :

$$\eta = \frac{SR}{EP} = \frac{SR}{ES} \times \frac{ES}{EP} = \eta_{SE} \times \eta_{UF}$$

Onde o coeficiente η mede a eficiência global da economia e η_{SE} e η_{UF} representam, respectivamente, as eficiências no setor produtor de energia e no uso final de energia.

$$SR = \eta \cdot EP$$

$$e \quad EP = SR / \eta$$

Quando a sociedade demanda uma unidade nova de energia útil, ΔSR , se for mantido o mesmo nível de eficiência η , evidentemente a demanda por energia primária, é dada por :

$$\Delta EP = \Delta SR / \eta$$

Na hipótese de existir uma política energética, é possível variar η e :

$$\Delta EP = \Delta SR / \eta - \Delta \eta \cdot SR / \eta^2$$

e, portanto, o aumento da eficiência permite substituir uma parte da energia primária necessária do equivalente a $\Delta \eta \cdot SR / \eta^2$.

Se houver uma política de eficiência energética, a eficiência pode ser aumentada tanto no setor energético como junto aos consumidores finais. Assim, uma mudança da eficiência global $\Delta \eta$, pode ser calculada como :

$$\Delta \eta \approx \eta_{UF} \cdot \Delta \eta_{SE} + \eta_{SE} \cdot \Delta \eta_{UF}$$

No caso brasileiro, em 1996, $\eta_{SE} = 118/160 = 0,74$. Como desenvolvido no texto, o número relativo a η_{UF} ainda é motivo de especulações, mas estaria na faixa de 0,5 a 0,3 ou seja,

$$\Delta \eta \approx \{0,5 \text{ a } 0,3\} \cdot \Delta \eta_{SE} + 0,74 \cdot \Delta \eta_{UF}$$

Portanto, o aumento da eficiência global tem efeitos cruzados, sendo interessante considerar as duas possibilidades para uma maior efetividade de resultados. Vale notar que o aumento de eficiência de projetos de cogeração tem um efeito mais importante pois ele ocorre no âmbito (figura 2-1) dos dois conjuntos de tecnologias.

Anexo B - Consumo Final por Setor

A fonte original das tabelas é o Balanço Energético Nacional, adaptado no relatório do INEE, *Brazilian Energy Efficiency Balance: National Level Accounts*, sendo concluído.

Tabela B-1
Crescimento do Consumo Final dos Combustíveis e Eletricidade: 1974-96^a

		1974	1980	1986	1990	1993	1996
PIB (US\$ 1996)		366,9	546,0	620,9	635,1	658,5	748,7
<i>Taxa no Intervalo</i>	<i>%/ano</i>		6,8	2,2	0,5	1,1	4,4
Consumo Final^b	10 ⁶ tep	54,29	78,17	96,19	101,6	110,4	128,8
<i>Taxa no Intervalo</i>	<i>%/ano</i>		6,2	3,5	1,4	2,8	5,2
Combustíveis	10 ⁶ tep	49,44	68,73	81,80	84,79	91,86	107,5
<i>Taxa no Intervalo</i>	<i>%/ano</i>		5,7	3,0	0,9	2,7	5,4
Combustíveis Fósseis	10 ⁶ tep	38,38	53,88	56,67	61,24	67,65	81,11
<i>Taxa no Intervalo</i>	<i>%/ano</i>		5,8	0,8	1,9	3,4	6,2
Biomassa	10 ⁶ tep	11,06	14,85	25,13	23,65	24,21	26,34
<i>Taxa no Intervalo</i>	<i>%/ano</i>		5,0	9,2	-1,5	0,7	2,8
Eletricidade^c	10 ⁶ tep	4,85	9,44	14,39	16,79	18,57	21,35
	TWh	60,9	118,5	180,7	210,8	233,2	268,1
<i>Taxa no Intervalo</i>	<i>%/ano</i>		11,7	7,3	3,9	3,4	4,7

Notas:

^a Exclui o consumo próprio do setor energético. Inclui o consumo para fins "não energéticos" (matéria prima para petroquímicos, óleos lubrificantes, asfalto etc.)

^b Exclui o consumo de biomassa não comercial nos setores residencial e agropecuária.

^c O coeficiente para a equivalência térmica da eletricidade é 860 kcal/kWh.

O crescimento do consumo final por setor está resumido nas tabelas B-2 e B-3 para eletricidade e combustíveis.

Tabela B-2
Consumo Final de Eletricidade

		1986	1990	1993	1996
Agropecuário	GWh	5004	6666	8005	9729
	<i>%/ano</i>		7,43%	6,29%	6,72%
Indústria	GWh	104.361	112.339	122.462	129.194
	<i>%/ano</i>		1,86%	2,92%	1,80%
Comercial	GWh	19.588	23.822	27.403	34.775
	<i>%/ano</i>		5,01%	4,78%	8,27%
Público	GWh	14.849	18.133	20.530	24.065
	<i>%/ano</i>		5,12%	4,23%	5,44%
Transportes	GWh	1158	1194	1200	1259
	<i>%/ano</i>		0,77%	0,17%	1,61%
Residencial	GWh	35755	48666	53629	69056
	<i>%/ano</i>		8,01%	3,29%	8,79%
Total	GWh	180.715	210.820	233.229	268.078
	<i>%/ano</i>		3,93%	3,42%	4,75%

Tabela B-3
Consumo Final de Combustíveis Por Setor

			1986	1990	1993	1996
Agropecuário	Total	10 ⁶ tep	2934	3184	3770	4518
	<i>Taxa no Intervalo</i>	<i>%/ano</i>		2,07%	5,79%	6,22%
Indústria	Comb. Fosseis	10 ⁶ tep	15578	16570	19223	22795
	<i>Taxa no Intervalo</i>	<i>%/ano</i>		1,56%	5,08%	5,85%
	Biomasa	10 ⁶ tep	18288	16569	17014	18275
	<i>Taxa no Intervalo</i>	<i>%/ano</i>		-2,44%	0,89%	2,41%
Comercial	Total	10 ⁶ tep	607	-	663	683
	<i>Taxa no Intervalo</i>	<i>%/ano</i>				1,00%
Público	Total	10 ⁶ tep	153	164	283	471
	<i>Taxa no Intervalo</i>	<i>%/ano</i>		1,75%	19,94%	18,51%
Transportes	Comb. Fosseis	10 ⁶ tep	24805	26263	28892	36312
	<i>Taxa no Intervalo</i>	<i>%/ano</i>		1,44%	3,23%	7,92%
	Biomasa	10 ⁶ tep	5437	5702	6063	6961
	<i>Taxa no Intervalo</i>	<i>%/ano</i>		1,20%	2,07%	4,71%
Residencial	Total	10 ⁶ tep	5041	5755	6183	6563
	<i>Taxa no Intervalo</i>	<i>%/ano</i>		3,37%	2,42%	2,01%
Não Energético	Total	10 ⁶ tep	8959	9716	9767	10874
	<i>Taxa no Intervalo</i>	<i>%/ano</i>		2,05%	0,17%	3,64%

Nota: Nos casos onde apenas o total é mostrado, o consumo é dominado pelos combustíveis fosseis.

Anexo C - Barreiras de Mercado

Falta de informação organizada sobre as oportunidades de conservação.

O assunto é relativamente novo, havendo poucos textos didáticos e cursos de formação que difundam os conceitos de conservação e economia de energia. Há pouca difusão de conhecimento das oportunidades.

Difícil avaliação de resultados econômicos derivados do uso eficiente.

O uso otimizado da energia pressupõe um comportamento "racional" do ponto de vista econômico. Vale dizer: supõe-se que os atores consigam comparar entre um investimento inicial maior com equipamentos eficientes e a redução das despesas com energia. Na prática, há inúmeros entraves para que isto aconteça, seja pela dificuldade de calcular os ganhos (pouco trivial para não especialistas), seja pela desinformação do consumidor, ou ainda porque as despesas com energia são, para a maioria dos usuários, parte pequena do orçamento de despesas. Estes problemas no Brasil têm sido exacerbados pela má distribuição de rendas e instabilidade econômica .

Separação entre quem decide sobre a tecnologia de utilização e o usuário final.

Mesmo quando existe uma percepção dos resultados econômicos, em muitas situações o usuário não tem como reverter algumas formas de desperdício geradas pelos projetistas das tecnologias de utilização, cujo objetivo pode ser o de minimizar o preço ou de outra natureza. Isto ocorre, por exemplo, com os "boilers" que equipam os prédios, onde o construtor orienta a seleção para o menor investimento.

Falta de equipamentos eficientes.

Em muitos casos, a tecnologia para aumentar a eficiência é simples e conhecida. *Como o mercado inicial no Brasil é pequeno elas ou não são oferecidas ou o são a preços substancialmente maiores que nos países industrializados.* Este ciclo vicioso já levou a diversas reversões de expectativa.

Inexistência de custos explícitos para a agressão ao meio ambiente.

Qualquer uso de energia primária tem, necessariamente, custos ambientais a um nível regional e mesmo global. As discussões sobre como transformar este custo em um parâmetro financeiro estão longe de estarem resolvidas ou mesmo equacionadas.

Restrição financeira

Equipamentos mais eficientes são normalmente mais caros. Ainda que tenha consciência das vantagens econômicas de fazer o investimento inicial (o que não é óbvio - ver acima), o consumidor pode ter dificuldade em ter acesso a um crédito ou apenas consegui-lo a juros elevados. Como as soluções mais eficientes tendem a ser também mais capital-intensivas, um dos problemas básicos dos programas "voluntários" é induzir os usuários de energia a investirem na frente para ganhar com a redução de custos posteriormente.