

DOCUMENTOS DE APOIO
AO RELATÓRIO SOBRE O
DESENVOLVIMENTO
HUMANO NO BRASIL
1996

EMÍLIO LÈBRE LA ROVERE

8/26

Emílio Lèbre La Rovere

**A sustentabilidade da produção e uso de energia do
país.**

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO

**RELATÓRIO
"O DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL"**

"A SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO E USO DE ENERGIA NO PAÍS"

Emilio Lèbre La Rovere

DEZEMBRO 1995

ÍNDICE

Introdução : Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento	01
1. Energia no Brasil : Evolução Recente e Situação Atual	04
2. Análise da Política Energética Nacional	05
3. Distribuição Regional e Estadual do Consumo de Energia	09
4. Distribuição do Consumo de Energia por Classes de Renda	10
5. Distribuição Espacial dos Impactos Ambientais do Setor Energético	12
5.1. Carvão Mineral	12
5.2. Petróleo e Gás Natural	13
5.3. Hidroeletricidade	13
5.4. Energia Nuclear	14
5.5. Lenha e Carvão Vegetal	14
5.6. Álcool e Bagaço de Cana	15
5.7. Intensidade dos Impactos Ambientais dos Energéticos por Bioma	15
6. O Brasil e o Efeito Estufa	16
Conclusão :	
Principais Desafios para a Sustentabilidade da Produção e Uso de Energia	18
Referências Bibliográficas	20
Anexo Estatístico : Indicadores Quantitativos	
Anexo 1 : Potencial de fontes não-convencionais de energia	
a) Xisto	
b) Turfa	
c) Energia Solar	
d) Energia Eólica	
e) Outras Fontes	
Anexo 2 : Dados Complementares sobre o Setor Energético	

Introdução : Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento

Define-se energia como a capacidade de realizar trabalho. O uso de energia é essencial para a satisfação das necessidades humanas. Ao longo dos séculos, o homem aprendeu a utilizar as fontes de energia disponíveis na natureza para atender às suas necessidades. Hoje, a energia, em suas várias formas, está presente em todas as atividades humanas, seja como um serviço essencial à qualidade de vida, seja como um fator de produção que dinamiza o desenvolvimento econômico. Deve-se portanto tratar a produção e o uso de energia dentro de um enfoque sistêmico, superando uma abordagem limitada ao setor energético. Isto acarreta a necessidade de consideração da componente energética das diversas políticas setoriais, analogamente ao que ocorre com o requisito de uma adequada inserção da dimensão ambiental no processo de desenvolvimento.

A relação entre energia e meio ambiente também é muito intensa, devido à utilização de recursos naturais e aos impactos ambientais envolvidos ao longo da cadeia de produção, transformação, transporte, distribuição, armazenagem e uso final da energia. A energia só se torna útil ao homem graças ao uso de equipamentos de consumo (por exemplo : caldeiras, motores, fogões, fornos, turbinas) que convertem nos bens e serviços desejados (calor para aquecimento de ar e de água, para cozinhar e para atividades produtivas; força motriz para o trabalho mecânico e para os meios de transporte; iluminação; etc.) o conteúdo energético das formas finais em que a energia é entregue ao consumidor : gasolina, óleo diesel, óleo combustível, nafta, querosene, gás, coque, carvão vegetal, álcool, eletricidade, dentre outras. Por sua vez, estas formas de energia, ditas secundárias, são obtidas a partir de fontes de energia primária, providas pela natureza (petróleo, gás natural, carvão mineral, lenha, cana de açúcar, energia hidráulica, urânio, principalmente), em centros de transformação : refinarias de petróleo, plantas de gás natural, usinas de gaseificação, coquearias, carvoarias, destilarias, usinas hidroelétricas, centrais termoelétricas (a carvão, gás, derivados de petróleo e nucleares), por exemplo. Algumas fontes de energia primária também podem ser utilizadas diretamente pelo consumidor final, como no caso do uso de lenha para cocção de alimentos.

Ao longo de toda essa cadeia, os processos de produção, transformação, transporte, distribuição, armazenagem e uso final da energia envolvem uma série de perdas que reduzem a quantidade de energia efetivamente útil à sociedade a apenas uma fração do total de energia primária captada na natureza. No caso do Brasil, por exemplo, uma estimativa efetuada para o ano de 1983 indicou que, da oferta interna bruta (produção

mais importações menos exportações e variações de estoque) de energia primária, a energia útil representava 33 %, 11 % foram usados como matéria-prima para fins não-energéticos, e as perdas atingiram 56 % do total (12 % na passagem da energia primária à secundária e 44 % nos equipamentos de uso final).

Além da emissão de resíduos, o aproveitamento das fontes energéticas origina impactos ambientais associados ao custo (econômico, social e ecológico) de oportunidade da utilização de recursos naturais. Tais impactos podem ser muito significativos mesmo no caso do emprego de fontes renováveis de energia (como a hidroeletricidade, a biomassa plantada, a energia solar e eólica), pelas extensas áreas necessárias para a produção energética em grande escala (na construção e na área de influência de grandes barragens, em florestas e plantações energéticas, na superfície ocupada por coletores solares e cataventos).

Adicionalmente aos impactos ambientais que acompanham a operação normal das instalações de produção e uso da energia, as tecnologias energéticas engendram riscos de acidentes, catástrofes e desvios de seu uso para fins indevidos, com grandes prejuízos potenciais para o meio ambiente. O caso da energia nuclear é sem dúvida o mais importante neste campo, mas, em outra escala e com características diversas, também as barragens hidroelétricas, as biotecnologias, as minas de carvão, os poços, as refinarias e o transporte de petróleo, entre outros, apresentam riscos tecnológicos que têm de ser considerados.

Os riscos ambientais (abrangendo os riscos tecnológicos e os impactos ambientais) associados ao uso da energia chegam hoje a colocar em perigo a própria sobrevivência da humanidade e da vida na Terra. Com exceção do "buraco" da camada de ozônio, os principais riscos ambientais em escala planetária com que hoje nos defrontamos estão intimamente associados à elevação do consumo de energia :

- a) O "efeito estufa" : o aquecimento da atmosfera devido à emissão de gases, sobretudo o dióxido de carbono (CO_2), poderá causar perigosas mudanças climáticas.
- b) A poluição do ar urbano, principalmente nas grandes metrópoles, pelas indústrias e veículos de transporte.
- c) A chuva ácida e seus impactos sobre os solos, os recursos hídricos, a vegetação e as construções.
- d) O risco de acidentes em reatores nucleares, os problemas criados pela disposição de seus resíduos e pela desativação dos reatores, após seu tempo de vida útil, e os perigos de contaminação associados ao uso da energia nuclear.

A queima de combustíveis fósseis, principal responsável pelos três primeiros riscos ambientais citados, e a utilização da energia nuclear podem, assim, ameaçar toda a

biosfera, superando amplamente as fronteiras dos países que se beneficiam de seu emprego. É neste contexto geral que se situa a relação entre energia, meio ambiente e desenvolvimento na realidade brasileira, adicionalmente caracterizada por algumas especificidades, entre as quais se destacam :

- i) a forte preponderância da geração de origem hidráulica no suprimento de eletricidade, com a maior parte do potencial hidroelétrico remanescente localizado em região de ecossistemas particularmente frágeis e de elevada biodiversidade, a Amazônia.
- ii) a existência de importante segmento da indústria siderúrgica, em particular a produção de ferro gusa e ferro-ligas, baseada no uso de carvão vegetal (como redutor e combustível), oriundo em sua maior parte de desmatamentos.
- iii) a importância do álcool de cana de açúcar como combustível de automóveis, graças ao maior programa de biomassa renovável em todo o mundo.
- iv) a má qualidade do carvão mineral brasileiro, com seus altos teores de cinzas e enxofre.

Estas especificidades reforçam e complexificam ainda mais, no caso brasileiro, a atual interpenetração entre a política ambiental e o planejamento energético, acima mencionada. Grandes centrais hidroelétricas tiveram sua construção cancelada ou adiada devido à reação da sociedade frente ao potencial de seus impactos sociais e ecológicos. Novas unidades de produção de gusa vêem sua viabilização ameaçada pela obrigatoriedade de obtenção de carvão vegetal a partir de reflorestamentos. Foi necessário abrir uma exceção na redução do teor de álcool na gasolina, para preservar a qualidade do ar na cidade de São Paulo. A queima de carvão mineral para geração termoelétrica no Rio Grande do Sul é apontada como causadora de chuvas ácidas no Uruguai.

Estes e outros exemplos demonstram a necessidade de nossa política ambiental estar particularmente atenta às características da produção e uso da energia no país, assim como a importância crescente de uma adequada inserção da dimensão ambiental no planejamento energético brasileiro.

1. Energia no Brasil : Evolução Recente e Situação Atual

Uma visão de conjunto do uso de energia no país é fornecida pelo balanço energético nacional, que agrega as quantidades consumidas das diferentes formas de energia através de seus equivalentes em toneladas de petróleo calculados a partir dos poderes caloríficos superiores de cada fonte. São apresentadas nos Quadros 1 e 2 a evolução nos últimos 50 anos da estrutura da oferta interna bruta de energia no país (requisitos energéticos globais para atender ao consumo interno de energia primária : produção mais importações menos exportações) e sua situação atual.

O consumo total de energia primária no Brasil registra forte crescimento ao longo da década de 70, com seu aumento sofrendo uma desaceleração nos anos 80. O incremento do uso de energia no país começa a apresentar taxas elevadas a partir do término da 2ª guerra mundial, impulsionado pela urbanização acelerada de uma população crescente, pelo processo de industrialização e pela construção de uma infra-estrutura de transporte rodoviário, de consumo energético intensivo. Em 1940, para uma população de cerca de 41 milhões de habitantes, dos quais 69 % estavam no meio rural, o consumo brasileiro de energia primária era de apenas 15 Mtep. Meio século depois, mais de 70 % de uma população total de 150 milhões de habitantes vivem nas cidades de um país com cerca de 3300 dólares de PIB/capita, e o consumo energético médio por habitante foi triplicado, passando de 0,4 para 1,2 tep/hab/ano.

A estrutura da oferta de energia também se alterou radicalmente ao longo desse período, acompanhando a transformação da demanda. Em 1940, numa sociedade eminentemente rural, a lenha fornecia mais de 3/4 da energia primária utilizada no país, contra uma contribuição de apenas 9 % do petróleo, 7 % do carvão mineral e 7 % da hidroeletricidade. Hoje predominam dois grandes sistemas centralizados de âmbito nacional, constituídos basicamente pela ação do Estado : o hidroelétrico e o petrolífero. Assim podem ser supridas formas fundamentalmente diferentes de energia demandadas por um país industrializado, urbano e rodoviário : eletricidade para a indústria, os domicílios, o comércio e os serviços urbanos; óleo diesel para o transporte por caminhões e ônibus; óleo combustível para a indústria; gasolina e álcool para os automóveis particulares; nafta para a indústria petroquímica; gás liquefeito de petróleo para cocção de alimentos; coque de carvão mineral e carvão vegetal para a indústria siderúrgica, principalmente. O Quadro 3 mostra a estrutura atual do consumo energético final por setor e por forma de energia secundária utilizada.

É importante observar que a convenção adotada para contabilizar a hidroeletricidade no balanço energético nacional tende a superestimar a importância desta fonte e dos setores de uso intensivo de eletricidade, assim como o próprio consumo total de energia. Valoriza-se o recurso hidráulico através do coeficiente de equivalência com a quantidade de combustíveis fósseis que seria necessária para gerar a eletricidade correspondente numa termoelétrica de eficiência limitada ($1 \text{ Mwh} = 3132 \text{ Mcal} = 0,29 \text{ tep}$).

Na verdade, a energia fornecida ao consumidor final por 1 Mwh de eletricidade é de $860 \text{ Mcal} = 0,08 \text{ tep}$. Utilizando-se este coeficiente de equivalência de $1 \text{ Mwh} = 0,08 \text{ tep}$, em 1990 a oferta interna bruta de energia primária foi de $137,1 \text{ Mtep}$ e o consumo energético final de $104,4 \text{ Mtep}$. As perdas de transformação, distribuição e armazenagem atingiram assim $32,7 \text{ Mtep}$, representando $16,6 \%$ da energia primária consumida. Estima-se em $54,3 \text{ Mtep}$ ($39,6 \%$ do total de energia primária) a energia útil correspondente em 1990, além de $9,0 \text{ Mtep}$ utilizados para fins não energéticos (como matéria-prima industrial). Ressalta-se o elevado nível de perdas nos processos e equipamentos de uso final, apontando para um expressivo potencial de conservação de energia, conforme já mencionado.

O rendimento médio de utilização vem crescendo lentamente ao longo dos anos, porém, devido à penetração de energéticos de eficiência de uso mais elevada (eletricidade e derivados de petróleo, principalmente), enquanto o uso de lenha (combustível de baixo rendimento) estagnava nos anos 70 e decrescia levemente na década de 80 (ver Quadros 1 e 2).

2. Análise da Política Energética Nacional

A forte expansão do uso de eletricidade no país pôde ser suprida pelo aproveitamento do enorme potencial hidroelétrico nacional (ver Quadro 4). A geração hidroelétrica vem respondendo desde o início da década de 70 por mais de 90% do consumo nacional de eletricidade. E o grau de utilização do potencial hidroelétrico inventariado em 1993 é de apenas 30% . As importações de eletricidade pelo país a partir de 1985 (ver Quadro 5) se referem à contabilização como importada de metade da energia gerada pela central binacional de Itaipu.

No caso dos derivados de petróleo, porém, o grande aumento de seu consumo acarretou um elevado grau de dependência do petróleo importado, que chegou a 83% em 1980 (ver Quadro 5).

Com efeito, o refino e a distribuição de derivados, segmentos mais rentáveis da indústria do petróleo, foram priorizados pela Petrobrás, no início de suas atividades, em detrimento dos esforços de prospecção. Isto causou graves dificuldades econômicas ao país quando os preços do petróleo no mercado internacional se elevaram acentuadamente, em 1973 e em 1979/80. As importações líquidas de petróleo e derivados (importações menos exportações), no nível de 44 Mtep em 1980, atingiram um valor de 9,4 bilhões de dólares, chegando a representar 47 % da receita total de exportações do país.

As respostas da política energética brasileira aos choques do petróleo foram o lançamento de programas de substituição de derivados de petróleo por fontes energéticas nacionais (álcool de cana, carvão mineral, hidroeletricidade, gás natural, lenha e carvão vegetal) e o crescimento da produção interna de petróleo através da intensificação dos esforços de prospecção "off-shore".

A política adotada viabilizou a drástica redução da dependência externa de petróleo, na década de 80. Também contribuiu nesse sentido a queda do ritmo de aumento do consumo de energia devido à diminuição das taxas de crescimento econômico do país nos anos 80. Houve uma reversão da tendência de aumento da participação dos derivados de petróleo no balanço energético nacional. Foram mobilizados os importantes recursos energéticos nacionais (ver Quadro 4). Grandes investimentos asseguraram a penetração significativa do uso de álcool nos transportes, do gás natural e do carvão mineral na indústria e a continuidade da expansão da oferta de hidroeletricidade a taxas elevadas (ver Quadros 1 e 2). Mesmo a lenha, usada diretamente ou após sua transformação em carvão vegetal, avançou consideravelmente em alguns segmentos industriais, que hoje chegam a absorver, em seu conjunto, quase a metade de toda a energia fornecida pela lenha (ver Quadro 3), atenuando a perda de sua importância causada pela queda de seu consumo no meio rural.

Por outro lado, a produção nacional de petróleo saltou de 9,3 para 28,2 Mtep entre 1980 e 1985. Isto contribuiu decisivamente para reduzir os gastos de divisas com as importações líquidas de petróleo, que caíram para 4 bilhões de dólares em 1985. Posteriormente, o anti-choque de preços do petróleo, que em 1986 derrubou suas cotações no mercado internacional, permitiu minimizar as pressões do dispêndio de divisas com importações líquidas de petróleo sobre o balanço de pagamentos : a parcela do valor das exportações brasileiras absorvida para este fim, que chegou a 47 % em 1980, era de apenas 10 % em 1986. Este nível vem se mantendo praticamente estável (as importações líquidas de petróleo e derivados custaram 3,5 bilhões de

dólares em 1993, correspondentes a 9 % das exportações totais do país), graças não apenas à estabilização dos preços do petróleo no mercado internacional e ao crescimento das exportações brasileiras, mas também a um aumento da produção nacional de petróleo (atingindo 33,5 Mtep em 1993), pois a demanda interna de petróleo voltou a crescer a partir de 1988, estabilizando-se em 32 % do consumo total de energia primária.

Se a política energética contribuiu nos anos 80 para atenuar a crise do balanço de pagamentos, por outro lado o esforço de investimento no setor, absorvendo parcelas crescentes da poupança interna de uma economia combatida, certamente magnificou as pressões inflacionárias. O risco de hiperinflação presente ao longo de toda a década levou à contenção das tarifas públicas, afetando fortemente o setor energético, onde a presença do Estado é preponderante. Preços e tarifas inferiores aos custos de produção (ver Quadro 6) por longos períodos mergulharam o setor em profunda crise financeira.

Seus efeitos foram agravados pelos atrasos cumulativos de diversas obras de grande porte, devidos à não materialização da demanda prevista e à crônica insuficiência de recursos. Este processo conduziu a desperdícios de energia e de recursos, e acarretou um crescente endividamento nos setores de eletricidade, carvão mineral e álcool, além de um nível insuficiente de investimentos nas áreas de petróleo e álcool. A partir de 1990 o governo vem procurando reduzir os subsídios ao preço da energia no país : de 1990 para 1992 os preços reais de quase todos os energéticos aumentaram (ver Quadro 6). A nova orientação adotada pretende estimular a participação da iniciativa privada no setor energético.

A retirada dos subsídios governamentais ao transporte do carvão mineral e a desregulamentação desse setor já provocaram, por exemplo, uma redução da sua participação no balanço energético nacional, que passou de 6 % em 1985 (no auge de sua expansão) para 5 % em 1990. Com o fim da obrigatoriedade do uso de 20 % de carvão metalúrgico nacional nos alto-fornos, todo o carvão metalúrgico passou a ser importado, devido à inadequação do produto nacional para a indústria siderúrgica. O carvão vapor (fração mais pobre do carvão mineral) teve seu uso como combustível industrial limitado aos setores de cimento, papel e celulose, alimentos e bebidas e químico, além da geração termoeletrica, e circunscrito à região sul, onde estão localizadas as jazidas em exploração.

Já no caso do álcool, o fim dos financiamentos em condições privilegiadas à construção de novas destilarias e à ampliação da área plantada com cana de açúcar causou a estagnação da produção a partir de 1987. A recuperação dos preços do

açúcar no mercado internacional chegou a contribuir para uma ligeira queda da produção de álcool em 1989 e 1990. Por outro lado, a manutenção pelo governo de um diferencial de preços para o consumidor, em relação à gasolina, favorecia a continuidade de uma alta proporção de carros a álcool nas vendas de veículos novos. Este descompasso gerou um rápido esgotamento dos estoques até culminar com a crise de desabastecimento que obrigou o país a importar metanol a partir de 1990 (ver Quadro 5). Após beirar o descrédito total da sociedade, o Proálcool se mantém atualmente com a estabilização em níveis bem inferiores das vendas de carros novos a álcool e do teor de álcool anidro em mistura à gasolina.

O preço da eletricidade também aumentou em termos reais de 1990 a 1992, mas tornou a cair em 1993 (ver Quadro 6). Ao longo do primeiro semestre de 1994, foi retomada a recuperação tarifária do setor, de 33 para 60 US\$/MWh. Segundo o Banco Mundial, a recomposição tarifária deveria prosseguir até 67 US\$/MWh. Estas cifras dão a medida da extensão da crise financeira do setor elétrico, talvez o mais atingido pelos fatores anteriormente mencionados (compressão tarifária, não materialização da demanda, atrasos de obras de grande porte por falta de recursos, endividamento externo), por se basear em grandes hidroelétricas, envolvendo altos investimentos de longo prazo de maturação.

Há anos vem sendo discutido, ainda inconclusivamente, um novo modelo institucional para o setor, buscando sua racionalização de forma a viabilizar a captação de recursos privados para investimento na expansão da capacidade instalada. É necessário promover o incentivo à maior eficiência e melhor inter-relacionamento de seus diversos elementos : a Eletrobrás e suas empresas de âmbito regional (Eletronorte, CHESF, Furnas, Eletrosul), concessionárias estaduais, empresas locais (privadas ou municipais), grandes empreiteiras, fabricantes de equipamentos, firmas de engenharia consultiva.

Até na área de petróleo o governo abriu maior espaço para a iniciativa privada, quebrando o monopólio da Petrobrás na produção, comércio externo e transporte em grosso de petróleo, derivados e gás natural. A Petrobrás havia fixado a meta de produção de 1 milhão de barris diários de petróleo e 40 milhões de m³/dia de gás natural em 1995 (a partir de 640 mil barris/dia de petróleo em fins de 1991). O montante de investimentos exigidos para o período 1992-1995 atingiria 19 bilhões de dólares. Apesar da recuperação dos preços dos derivados de petróleo no mercado interno nos anos 90, após uma década de declínio (ver Quadro 6), a Petrobrás não pôde investir no ritmo pretendido. A empresa conta aumentar sua receita através de uma nova estratégia de compra e venda de petróleo e derivados no mercado externo,

da mesma forma como atuam as grandes multinacionais do setor. Por outro lado, a persistência de preços baixos do petróleo no mercado internacional afasta a urgência do atingimento da auto-suficiência, mesmo se tecnologicamente viável.

3. Distribuição Regional e Estadual do Consumo de Energia

A desagregação do consumo energético pelas regiões e estados da federação é dificultada pela ausência da coleta sistemática das informações necessárias em alguns estados. Esta situação vem se agravando nos últimos anos, fazendo com que 1984 seja o último ano com estatísticas energéticas completas para todos os estados, e que após 1988 nenhuma grande região brasileira disponha de dados completos para todas as unidades da federação que a integram. Além disso, o somatório dos estados não confere exatamente com o balanço energético nacional pois as fontes de informação e os critérios de depuração dos dados nem sempre são os mesmos.

O Quadro 7 apresenta o consumo final de energia por estado. A seguir, mostra-se no Quadro 8 a distribuição estadual do consumo de derivados de petróleo e, no Quadro 9, de eletricidade (os dados do setor elétrico estão completos e atualizados até 1993). Enfim, o Quadro 10 compara os principais indicadores energéticos per capita dos estados brasileiros : consumo de derivados de petróleo, consumo de eletricidade, consumo total de energia final e produção de energia primária.

Estes quadros mostram uma distribuição desigual do consumo de energia pelas regiões e estados do país, acompanhando as disparidades de repartição da renda e da população pelo território nacional. A maior parte do consumo energético do país, assim como o de derivados de petróleo e de eletricidade, se concentra na região Sudeste, em particular nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Esta disparidade persiste no consumo médio por habitante, que é superior à média nacional apenas na região Sudeste. Observa-se, no entanto, uma taxa de crescimento do consumo de energia mais elevada nas regiões Norte e Centro-Oeste que no país como um todo, contribuindo para reduzir as diferenças de participação percentual no consumo total e também de consumo per capita, mas com um aumento da desigualdade em termos absolutos. Com relação à produção de energia, a região Nordeste se destaca como a única que seria auto-suficiente, em 1984. Mais recentemente, porém, a região Sudeste tem aumentado sua participação na produção nacional de energia, graças ao aproveitamento das jazidas de petróleo ao largo da costa do estado do Rio de Janeiro.

4. Distribuição do Consumo de Energia por Classes de Renda

Não se encontram disponíveis dados desagregados por classes de renda do consumo energético nacional. Algumas estimativas, no entanto, foram realizadas com base no ENDEF - Estudo Nacional de Despesa Familiar, referente ao período de 1 ano, entre agosto de 1974 e agosto de 1975.

Os resultados apresentados nos Quadros 11, 12 e 13 foram extraídos de um estudo (Bôa Nova, 1985) que se limitou a desagregar por classes de renda o consumo familiar de energia final, ou seja, o consumo energético residencial e no transporte de passageiros. Esta parcela de consumo familiar correspondia em 1974/1975 a apenas 23,8 % do consumo total de energia no país, pois não foram distribuídos pelas famílias os gastos de energia nos setores industrial, comercial, agropecuário, público, energético e de transporte de cargas. A metodologia de conversão, dos gastos monetários no consumo de energia levantados pelo ENDEF em unidades energéticas, variou em função da forma de energia analisada, baseando-se nos preços praticados no período e em coeficientes técnicos de consumo de energia por unidades físicas.

Levando-se em conta estas limitações, pode-se mesmo assim verificar a desigualdade na distribuição do consumo familiar de energia por classes de renda. O Quadro 11 revela que os 10 % mais ricos consumiam em 1974/1975 uma quantidade de energia 2,8 vezes maior do que a média geral da população. É interessante notar, porém, que o consumo energético decrescia junto com a renda apenas do primeiro ao quarto decil, registrando-se aí uma inversão, com o consumo de energia passando a aumentar com o decréscimo da renda, a tal ponto que os três extratos mais pobres superam o nível do terceiro decil mais rico.

Para entender este fenômeno, até certo ponto surpreendente, deve-se observar inicialmente, no Quadro 11, que quanto maior a renda, mais alta a participação percentual dos transportes no consumo familiar de energia : apenas entre os 20 % mais ricos o consumo energético nos transportes supera, e amplamente, o consumo residencial. Além disso, pode-se verificar, no Quadro 12, que o consumo de gasolina, querosene de aviação, gás e energia elétrica decresce monotonamente junto com a redução no nível de renda. E exatamente o contrário ocorre com os combustíveis de biomassa, lenha e carvão vegetal. Ora, essas "energias dos pobres" são aquelas com menor eficiência de uso final, utilizadas pela população rural para cozinhar : em outras palavras, para obter uma dada quantidade de energia útil para aquecimento dos alimentos, é necessário utilizar quantidades de energia final sob a forma de lenha ou carvão vegetal muito maiores do que no caso da cocção a gás.

O óleo diesel se comporta como "energia dos ricos", isto é, de consumo crescente com a renda, até o segundo nível mais elevado de renda : apenas entre os 10 % mais ricos, que usam mais seus automóveis a gasolina que os ônibus, seu consumo cai. Já o querosene iluminante, simetricamente, comporta-se como "energia dos pobres", aumentando seu consumo com a redução do nível de renda, até o terceiro decil mais pobre, mas daí para baixo seu consumo cai, refletindo a existência de níveis de pobreza absoluta tão aguda que impede o acesso até mesmo a esta forma de energia. Pode-se visualizar o acesso diferenciado em função da renda a formas energéticas de qualidade diversa através das curvas de Lorentz reproduzidas na Figura 1 a partir de outro estudo baseado no ENDEF de 1974/1975, mas com outra metodologia, limitada à distribuição do consumo residencial de energia por classes de renda (Rosa, 1986). Nessa figura, o eixo horizontal representa a população do país, ordenada de forma crescente, de zero a cem, segundo os níveis de renda. E o eixo vertical registra, da mesma forma, o consumo residencial de uma dada forma de energia. A reta diagonal representa assim o caso hipotético de uma distribuição perfeitamente equitativa. Abaixo dela aparecem as curvas dos energéticos cujo consumo se concentra principalmente nas classes mais ricas, e vice-versa. Quanto menos equitativa a distribuição, maior será a área compreendida entre a curva e a diagonal.

Verifica-se na Figura 1 que as curvas correspondentes à lenha, ao querosene iluminante e ao consumo residencial de energia final se situam predominantemente acima da diagonal (maior consumo nas classes de renda mais baixa), enquanto para o gás, a energia elétrica e o consumo residencial de energia útil as curvas se situam abaixo da diagonal (maior consumo nas classes de renda mais alta). É interessante notar que a curva de distribuição da renda, também ilustrada na Figura 1, é a de maior desigualdade, sendo acompanhada de perto apenas pela curva de distribuição do consumo residencial de energia elétrica.

Um único trabalho (Vanin et al, 1981) realizou uma estimativa de desagregação do consumo total de energia do país pelas famílias, em 1970, com base na Matriz de Relações Intersetoriais do IBGE, que permitiu alocar o consumo de energia indireta (conteúdo energético dos bens e serviços utilizados pela população) por classe de renda. Seus resultados encontram-se sintetizados no Quadro 13. Verifica-se que 4 % da população, com renda superior a 10 salários mínimos, absorviam um quarto da energia consumida no país, ou em outros termos, 15 vezes mais que as famílias de classe de renda mais baixa (até 2 salários mínimos).

É importante notar que o padrão de consumo de energia na forma indireta é ainda mais desigual que o observado anteriormente no consumo familiar de energia.

De um modo geral, os resultados disponíveis para a distribuição do consumo de energia nos anos de 1970 e 1974/1975 refletem "a existência de uma pirâmide social em que as elites formam um vértice muito estreito, enquanto existe uma larga faixa de pobreza, onde alguns ainda conseguem ser mais pobres do que outros" (Bôa Nova, 1985). Em outras palavras, mesmo as faixas de renda em torno de 5 salários mínimos apresentavam níveis absolutos de consumo de energia muito baixos, caracterizando a pobreza absoluta de 70 % da população, segundo este critério. Sabe-se que o consumo energético total do país aumentou 2,6 vezes entre 1970 e 1993 (ver Quadros 1 e 2), porém também aumentou a concentração da renda, por outro lado. De todo modo, fica patente a insuficiência da análise de níveis médios de consumo de energia pela população, atestando a importância da atualização de estudos de seu aspecto distributivo, a partir de matrizes de relações intersetoriais mais recentes.

5. Distribuição Espacial dos Impactos Ambientais do Setor Energético

Para analisar a distribuição dos impactos ambientais do sistema energético no espaço nacional, este foi dividido em 10 subespaços, com características basicamente correspondentes ao conceito de bioma (com a exceção da inclusão do ambiente urbano como um dos subespaços). São eles : a Amazônia, o Meio Norte, o Cerrado, o Pantanal, a Mata Atlântica, a Caatinga, os Campos do Sul, os Pinheirais, a Zona Costeira e o Ambiente Urbano (ver La Rovere, novembro 1994).

Os impactos ambientais das diferentes cadeias energéticas (para sua descrição em detalhe, ver La Rovere, 1990, 1994 e 1995) incidem diferenciadamente nesses subespaços. Essa espacialização é apresentada a seguir, para cada fonte de energia, através de quadros analíticos do cruzamento entre as atividades envolvidas em cada segmento da cadeia energética, os impactos ambientais resultantes e os biomas em que incidem de forma mais acentuada, com uma síntese hierarquizada ao final.

5.1. Carvão Mineral

Os impactos ambientais decorrentes da produção e uso do carvão mineral nacional se concentram na região Sul do país. Já o carvão metalúrgico é hoje totalmente importado, sendo transformado em coque nas grandes usinas siderúrgicas da região Sudeste, em Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo e São Paulo (ver Quadro 14).

5.2. Petróleo e Gás Natural

A produção de petróleo e gás natural é relativamente concentrada, na bacia de Campos (RJ) e no Recôncavo baiano. Entretanto, 1/3 do consumo de petróleo é importado, chegando às refinarias através de portos espalhados ao longo da costa. Para viabilizar um uso essencialmente pulverizado em todos os ramos da atividade humana, as redes de dutos, o transporte hidroviário, ferroviário e rodoviário atravessam todo o território nacional para entregar os derivados de petróleo nas bases de distribuição espalhadas pelo país (ver Quadro 15).

5.3. Hidroeletricidade

As usinas hidroelétricas com reservatórios de grande porte são responsáveis pelos principais impactos ambientais decorrentes do aproveitamento desta fonte energética. As 60 centrais em operação com potência superior a 30 MW, ao final de 1989, correspondentes a uma potência instalada total de 52 milhões de KW, estão distribuídas pelo território nacional.

Ao todo, os reservatórios dessas usinas ocupam uma área de 2,4 milhões de hectares, cerca de 0,3 % do território nacional, com uma relação média de 46 hectares/MW instalado. Das 14 maiores usinas, que respondem por 78 % da área total alagada, 5 estão na região Norte/Nordeste, inundando 1 milhão de hectares (43 % do total).

Mais 47 novas usinas hidroelétricas foram previstas pelo Programa Decenal de Geração 1990/99. Em seu conjunto, os reservatórios dessas centrais deverão ocupar 1,3 milhões de hectares adicionais. A maior parte se situa na região Sudeste/Centro-Oeste : 28 usinas com cerca de 1 milhão de hectares de área alagada (73 % do total), sendo que apenas 6 centrais estarão localizadas dentro dos limites da Amazônia legal, inundando 0,3 milhões de hectares.

Com relação à população ribeirinha a ser afetada pelas novas usinas hidroelétricas previstas até o ano 2000, o setor elétrico estima em 136 mil o número de habitantes a serem remanejados, principalmente nas regiões Sul (70 mil) e Sudeste/Centro-Oeste (49 mil). A população indígena afetada é estimada preliminarmente em 8 mil, sendo mais de 5 mil na Amazônia legal.

Maiores detalhes e a desagregação desses dados por empreendimento hidroelétrico, de forma a situar em escala mais precisa seus impactos ambientais, são fornecidos no Plano Diretor de Meio Ambiente do Setor Elétrico 1991/1993 (Eletrobrás, 1990). Documentos mais recentes do setor, como o Programa Decenal de Geração

1994/2003, indicam um adiamento da entrada em operação prevista para a maioria das novas centrais hidroelétricas, deslocando conseqüentemente a manifestação de seus impactos ambientais para o horizonte dos próximos 10 anos, com possíveis variações, caso a caso, e em função do ritmo de retomada do crescimento econômico e do mercado de energia elétrica.

Naturalmente os indicadores de área inundada pelos reservatórios e de população a ser remanejada não cobrem adequadamente o conjunto dos impactos ambientais causados por grandes centrais hidroelétricas, servindo apenas para fornecer uma primeira visão da distribuição pelo território nacional da magnitude desses empreendimentos. O Quadro 16 resume os principais impactos ambientais, por bioma, das centrais hidroelétricas e das linhas de transmissão necessárias ao transporte da energia gerada.

5.4. Energia Nuclear

Os impactos ambientais da energia nuclear se concentram na área do complexo de mineração e beneficiamento de urânio em Poços de Caldas (MG), e na praia de Itaorna, em Angra dos Reis (RJ), onde se situam o único reator nuclear em operação, Angra I, com 626 MW de potência, assim como os dois reatores atualmente em construção : Angra II e III, com 1250 MW de potência cada (ver Quadro 17).

Os riscos ambientais decorrentes de sua utilização, porém, se estendem por distâncias consideráveis, dependendo da magnitude de dispersão de radioatividade no ambiente causada por eventuais incidentes, podendo atingir zonas densamente povoadas.

5.5. Lenha e Carvão Vegetal

A lenha tem sua produção espalhada pelo país, sendo utilizada não só como combustível industrial (principalmente nos segmentos de cerâmica, alimentos e bebidas) mas também nos domicílios rurais e da periferia das cidades. Os principais estados produtores de lenha oriunda de florestas nativas são Bahia, Minas Gerais, Ceará e Santa Catarina, com 18, 11, 10 e 9 %, respectivamente, do total nacional.

Já a produção oriunda de reflorestamentos, 5 vezes menor, se concentra em São Paulo (38 %), Rio Grande do Sul (22 %) e Minas Gerais (18 %).

A produção de carvão vegetal a partir de florestas nativas se concentra nos estados supridores das usinas siderúrgicas que o utilizam como termo-redutor na fabricação de

ferro-gusa : Minas Gerais, com mais da metade (53 %) do total nacional, Goiás (15 %), Mato Grosso do Sul (7 %) e Maranhão (5 %).

A produção oriunda de reflorestamentos atinge a metade da quantidade fornecida pelas florestas nativas, e vem principalmente de Minas Gerais (68 %).

Os dados completos para todos os estados da produção de lenha e carvão vegetal de florestas nativas e de reflorestamentos encontram-se no Anexo 2.

O uso da lenha como combustível doméstico é mais impactante no Nordeste, enquanto os impactos do carvão são induzidos a partir de Minas Gerais e Carajás (ver Quadro 18).

5.6. Álcool e Bagaço de Cana

A produção de álcool e bagaço de cana se concentra no estado de São Paulo, que detém metade da capacidade instalada das destilarias de todo o país. Seguem-se Minas Gerais, Alagoas e Paraná, com cerca de 7 % cada um, e Pernambuco, com 5% : estes 5 estados são responsáveis por 3/4 da capacidade de produção nacional. Os dados correspondentes às demais unidades da federação encontram-se no Anexo 2, assim como a distribuição estadual do número de usinas, da quantidade de cana moída e da produção efetiva de álcool.

Além do estado de São Paulo, onde se situa a metade da capacidade instalada, sofrem os impactos ambientais da produção de álcool, principalmente, Minas Gerais e Paraná, no Sul, e Alagoas e Pernambuco, no Nordeste, havendo também a dispersão de 1/4 da produção em destilarias espalhadas nos demais estados. O uso do álcool em motores de veículos se concentra nas zonas urbanas, enquanto o bagaço é consumido nas usinas de açúcar e álcool ou em caldeiras de indústrias vizinhas (ver Quadro 19).

5.7. Intensidade dos Impactos Ambientais dos Energéticos por Bioma

No intuito de fornecer uma visão resumida do conjunto dos impactos ambientais do vetor energético sobre os diferentes biomas, procedeu-se a uma classificação aproximada de sua intensidade, para viabilizar a apresentação de um quadro-síntese (ver Quadro 20). Naturalmente, a escala de magnitude utilizada (pequena/média/grande) é meramente indicativa da distribuição relativa dos impactos de cada sub-vetor pelos biomas, devendo portanto ser lida por coluna, não se julgando

a relevância de suas consequências nos níveis local e regional, que podem ser importantes.

6. O Brasil e o Efeito Estufa

A queima de combustíveis fósseis, a perda de cobertura vegetal, e algumas atividades agrícolas e industriais, vêm causando o acúmulo de alguns gases (CO_2 , principalmente, mas também metano, CFCs, N_2O , vapor d'água) na atmosfera. O teor atmosférico de CO_2 passou de 280 ppm (partes por milhão, em volume), antes da Revolução Industrial, para 340 ppm em 1980. Estima-se que, mantidas as tendências atuais, já na década de 2030 venha-se a atingir a marca de 560 ppm, o dobro do nível correspondente à era pré-industrial. Esses gases, sem afetar a entrada da radiação solar incidente, impedem a passagem do calor refletido pela Terra. Isto contribui para aquecer o globo terrestre, aumentando o chamado "efeito estufa". Tal aquecimento poderá vir a causar importantes alterações climáticas. Modelos de simulação indicam que, para uma duplicação do nível de CO_2 , haveria uma elevação das temperaturas médias da superfície terrestre de 1,5 a 4,5 °C, sendo o aquecimento mais pronunciado durante o inverno nas latitudes mais altas que no equador. Isto poderia fazer o nível dos oceanos subir de 25 a 140 cm, afetando as cidades costeiras e as áreas agrícolas mais baixas. Além disso, essas variações climáticas mudariam os regimes pluviais, e muitos países poderiam sofrer graves desequilíbrios em suas estruturas econômicas, sociais e políticas.

Outros modelos, porém, chegam a variações menores de temperatura, partindo das mesmas hipóteses de aumento de concentração atmosférica de gases de efeito estufa. Na verdade, no atual estágio do conhecimento o grau de incerteza sobre os impactos ambientais globais do aumento do efeito estufa ainda é bem elevado. Há o risco, entretanto, de que as certezas sobre o fenômeno só cheguem quando for tarde demais para controlá-lo. Por outro lado, nenhum país dispõe sozinho dos meios para combater alterações climáticas globais. Tornou-se necessário um acordo internacional para promover o acompanhamento e o estudo do efeito estufa e estabelecer uma política comum para reduzir as emissões dos gases que o provocam. Este é o objetivo da Convenção-Quadro de Prevenção de Mudanças Climáticas que foi assinada no Rio de Janeiro em junho de 1992 por ocasião da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD / Rio - 92).

Estudos internacionais vêm situando o Brasil em posição de destaque (terceiro ou quarto maior contribuidor) a nível mundial quanto às emissões atuais de gases de

efeito estufa. Contrariamente ao que ocorre nos países industrializados, a contribuição do desmatamento para as emissões é significativamente maior que a do uso de energia, no Brasil. Devido à insuficiência dos dados disponíveis, normalmente se deixam de lado os outros gases e calcula-se o valor correspondente às emissões de CO₂, mas ainda assim registra-se um largo espectro de estimativas para as atuais emissões brasileiras causadas pelo desmatamento : 540 Mt C /ano (milhões de toneladas de carbono por ano), segundo o World Resources Institute, 454 Mt C /ano para Myers, e de 290 a 410 Mt C /ano para Reis e Margulis (1990), por exemplo. As discrepâncias são causadas por diferentes hipóteses sobre superfície desmatada e densidade de biomassa da floresta. Mais recentemente, Reis (1992) estimou essas emissões em 150 a 220 Mt C / ano em 1991, devido a uma considerável redução na extensão do fenômeno do desmatamento.

De todo modo, a contribuição do uso de energia no Brasil para o aumento do efeito estufa é significativamente inferior. Considerando apenas as emissões de CO₂, as estimativas do PPE/COPPE/UFRJ são de 69 Mt C /ano para 1990 (ver La Rovere et al, maio 1994), valor bastante próximo às 66 Mt C /ano calculadas por Moreira e Poole (1991). Isto corresponde a pouco mais de 1 % das emissões globais, contra 4,7 a 6,6 % do desmatamento da Amazônia (segundo Reis e Margulis, 1990). O relativamente baixo valor das emissões de CO₂ devidas ao uso de energia se explica pela grande participação da hidroeletricidade e de biomassas renováveis no balanço energético brasileiro (ver seções anteriores). Diante da imprecisão dos dados disponíveis referentes à lenha, considerou-se que apenas 20 % da lenha (incluindo seu uso na forma de carvão vegetal) consumida no setor residencial era oriunda de desmatamentos, contribuindo assim para o aumento do efeito estufa. Nos demais setores de uso de lenha, supôs-se que essa proporção se invertia (80 % da lenha oriunda de desmatamentos).

Segundo essas hipóteses, em 1990 o petróleo contribuiu com 61 % das emissões de CO₂, a lenha com 14 %, o carvão vegetal com 11 %, o carvão mineral com 10 % e o gás natural com 4 %. Dos setores de uso final, o maior responsável por emissões de CO₂ foi o industrial com 40 %, seguido do de transportes com 35 %, do residencial com 10,5 %, do agropecuário com 8 %, do energético com 5,5 % e do comercial e público com 1 %.

A principal contribuição brasileira para deter o avanço do efeito estufa teria de vir, naturalmente, da redução do desmatamento, em particular na Amazônia. Algumas medidas de política energética, porém, também podem contribuir nesse sentido, e podem estar sujeitas a menores dificuldades para sua implementação. A mais

importante é, sem dúvida, a promoção da conservação de energia, em diferentes níveis, através de um aumento do rendimento energético global que permita o atendimento das necessidades econômicas e sociais com um menor consumo de energia. Complementarmente, a substituição do uso dos combustíveis fósseis por fontes energéticas renováveis (hidroeletricidade, bagaço de cana, lenha e carvão vegetal de reflorestamentos, outras biomassas, energia solar, por exemplo), e o maior uso de gás natural em substituição a derivados de petróleo e carvão mineral, também podem contribuir para a limitação do efeito estufa.

Conclusão :

Principais Desafios para a Sustentabilidade da Produção e Uso de Energia

O panorama geral apresentado mostra a importância dos impactos ambientais da produção e uso da energia. Neste sentido, cumpre considerar, desde as fases iniciais de estudo das diversas alternativas de projetos, programas e planos energéticos, a análise de sua dimensão ambiental. Muito ainda há por fazer, porém, no desenvolvimento de metodologias adequadas e no estabelecimento de procedimentos político-institucionais que permitam alcançar esse objetivo, além da indispensável vontade política de atingi-los. A crescente interpenetração do planejamento energético com o ambiental exige o estabelecimento de novos mecanismos, mais ágeis e eficazes, de cooperação para o equacionamento dos conflitos de interesse e a indispensável ação conjunta no seu enfrentamento. Emerge reforçada a necessidade de uma política ambiental proativa, e não meramente de controle, com relação ao sistema energético nacional. A título de exemplo, alguns pontos prioritários para sua atuação (abordados detalhadamente em La Rovere, novembro 1994), são resumidos a seguir :

1. Promoção de uma ampla política de conservação de energia, em todos os níveis.
2. Compatibilizar as normas de emissão atmosférica de enxofre em termoelétricas com as metas de expansão do uso de carvão mineral.
3. Prosseguir o desenvolvimento da tecnologia de combustão em leito fluidizado para geração termoelétrica em grande escala.
4. Elaborar um Plano Diretor de Meio Ambiente para o setor de Petróleo e Gás Natural.

5. Definir as especificações dos combustíveis líquidos de forma a viabilizar o cumprimento das normas estabelecidas no PROCONVE.
6. Antecipar para a fase do inventário de bacias hidrográficas a elaboração do estudo prévio de impacto ambiental e contribuir para a implementação do sistema nacional de gerenciamento de bacias hidrográficas.
7. Definir mecanismos de incorporação da dimensão ambiental e de sua discussão com a sociedade no plano de expansão de longo prazo e no programa decenal de obras do setor elétrico.
8. Definir na forma de lei a destinação final dos rejeitos radioativos produzidos no país.
9. Rever o Plano de Emergência da usina nuclear de Angra dos Reis.
10. Desenvolver tecnologia apropriada a cada contexto regional para reflorestamento e carvoejamento de madeira, com aproveitamento de seus subprodutos para a indústria química.
11. Elaborar e implantar um novo sistema de estímulo ao reflorestamento no país.
12. Estabelecer as metas futuras do Proálcool : proporção de carros novos a álcool, teor de álcool na mistura com a gasolina, expansão do plantio de cana ; e os instrumentos de política para atingi-las.
13. Implantar um programa de desenvolvimento tecnológico de fontes alternativas de energia e de difusão do uso de bagaço de cana.

É na dimensão distributiva, porém, que se encontra o maior desafio à sustentabilidade do desenvolvimento energético brasileiro : a oferta de energia produz uma série de impactos negativos em regiões e populações que pouco se beneficiam de seu uso, concentrado em regiões mais ricas e nas classes de maior renda, espelhando a conhecida assimetria do perfil distorcido de distribuição da riqueza no país.

Referências Bibliográficas

- Bôa Nova, A.C. Energia e Classes Sociais no Brasil, Ed. Loyola, São Paulo, 1985
- Brasil. Ministério das Minas e Energia. "Balanço Energético Nacional". Brasília, 1994
- Brasil. Ministério das Minas e Energia. "Balanço de Energia Útil". Brasília, 1984.
- Brito, S.S. "Transformação do Perfil Energético ; Evolução e Implicações Ambientais". Relatório Nacional do Brasil para a Rio-92. Brasília, maio 1991
- Eletrobrás. "Plano Diretor de Meio Ambiente do Setor Elétrico 1991/1993", 1990.
- Eletrobrás. "Plano 2015. Projeto 7 : A Questão Ambiental e o Setor Elétrico", 1993.
- Eletrobrás. "Programa Decenal de Geração 1994/2003", 1994.
- IBGE. "Anuário Estatístico do Brasil - 1992", 1993.
- La Rovere, E.L. "Conservação de energia em sua concepção mais ampla : estilos de desenvolvimento a baixo perfil de consumo de energia", *in* La Rovere, E.L.; Rosa, L.P.; Rodrigues, A.P.; Economia e Tecnologia da Energia, FINEP/ Ed. Marco Zero, Rio de Janeiro, 1985, p. 474-489.
- La Rovere, E.L. "Energia e Meio Ambiente", *in* Margulis, S. Meio Ambiente : aspectos técnicos e econômicos, IPEA / PNUD, Brasília, 1990, p. 11-34.
- La Rovere, E.L. Cenários para o Planejamento Ambiental - Macrovetor energético, Ministério do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, novembro 1994
- La Rovere, E.L. Energia : Atuação e Tendências, FINEP, setembro 1994
- La Rovere, E.L. et al. "Brazil", *in* Analysis of Abatement Costing Issues and Preparation of a Methodology, UNEP/RISO, maio 1994, vol.2, p.1-17
- La Rovere, E.L. "Requisitos para a inserção da dimensão ambiental no planejamento do setor elétrico brasileiro", *in* "Estado, Energia Elétrica e Meio Ambiente : o Caso das Grandes Barragens no Brasil", COPPE/UFRJ - Fundação Ford, 1995
- Moreira, J.R., Poole, A. "Energia e Meio Ambiente". Subsídio técnico para a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1991
- MME/DNDE-DNAEE-Eletrobrás. "Boletim Trimestral - Síntese 1993", SIESE - Sistema de Informações Empresariais do Setor de Energia Elétrica, 1994.
- Reis, E.J., Margulis, S. "Options for slowing Amazon jungle-clearing", Conference on Economic Policy Responses to Global Warming, Roma, outubro 1990
- Reis, E.; "An Econometric Model of Amazon Deforestation", IPEA, Rio, June 1992
- Rosa, L.P. "Política Energética : na Gangorra do Petróleo", Ciência Hoje, vol. 4, nº 24, maio/junho 1986, p. 58-65.
- Vanin, V., Graça, G. M. G., Goldemberg, J.; "Padrões de Consumo de Energia - Brasil 1970", *in* Ciência e Cultura, 33-4, São Paulo, abril 1981, p. 477-486.

ANEXO ESTATÍSTICO : INDICADORES QUANTITATIVOS

Quadro 1 :

Evolução da estrutura da oferta interna bruta de energia no Brasil de 1940 a 1980

Fontes de Energia	1940 Mtep	1940 %	1970 Mtep	1970 %	1980 Mtep	1980 %
Petróleo	1,4	9,2	24,7	33,4	54,3	39,1
Gás Natural	-	-	0,2	0,3	1,1	0,8
Carvão Mineral	1,1	7,0	2,4	3,2	5,2	3,8
Subtotal não renováveis	2,5	16,2	27,3	36,9	60,6	43,7
E. Hidroelétrica	1,1	7,0	11,5	15,5	37,4	26,9
Lenha	11,3	75,5	31,5	42,6	30,7	22,1
Cana de açúcar	0,2	1,3	3,5	4,7	9,1	6,6
Outras	-	-	0,2	0,3	1,0	0,7
Subtotal renov.	12,6	83,8	46,7	63,1	78,2	56,3
TOTAL	15,1	100	74,0	100	138,8	100

Mtep = milhões de toneladas equivalentes de petróleo

Fonte : MME-SE-DNDE ; "Balanço Energético Nacional", 1994

Quadro 2 : Evolução recente da estrutura da oferta interna bruta de energia no Brasil e sua situação atual - 1990 a 1993

Fontes de Energia	1990 Mtep	1990 %	1992 Mtep	1992 %	1993 Mtep	1993 %
Petróleo	59,4	32,8	59,8	32,2	59,9	31,5
Gás Natural	4,1	2,3	4,5	2,4	4,8	2,5
Carvão Mineral	9,4	5,2	9,9	5,3	10,0	5,2
Energ. Nuclear	0	0	0	0	0,4	0,2
Subtotal não renováveis	72,9	40,3	74,2	39,9	75,1	39,4
E. Hidroelétrica	60,0	33,1	64,8	34,8	68,1	35,8
Lenha	28,2	15,6	24,8	13,3	25,4	13,3
Cana de açúcar	17,9	9,9	19,5	10,5	19,0	10,0
Outras	2,1	1,1	2,7	1,5	2,8	1,5
Subtotal renov.	108,2	59,7	111,8	59,1	115,3	60,6
TOTAL	181,1	100	186,0	100	190,4	100

Fonte : MME-SE-DNDE ; "Balanço Energético Nacional", 1994

Quadro 3 : Estrutura do Consumo Energético Final - Brasil - 1993 - em Mtep/ano

Setores	Eletricidade	Deriv. Petr.	Lenha C. Veg.	Bagaço Álcool	Gás, C. Min, Out	TOTAL GERAL
Energético	2,3	3,4	-	6,8	1,3	13,8
Residencial	15,6	5,4	8,4	-	0,1	29,5
Comercial	8,0	0,6	0,1	-	0,1	8,8
Público	5,9	0,2	-	-	-	6,1
Agropecuário	2,3	3,7	1,9	-	-	7,9
Transportes	0,3	28,8	-	6,1	-	35,2
Uso não energ.	-	8,4	-	0,4	1,0	9,8
Indústria total	35,4	9,3	9,3	5,6	11,9	71,5
Cimento	0,9	1,1	0,2	-	0,4	2,6
Ferro gusa/aço	4,1	0,5	3,6	-	7,7	15,9
Ferro-ligas	2,1	-	0,4	-	0,1	2,6
Miner./Pelot.	1,8	0,6	-	-	0,2	2,6
Não Fer. OutMet	8,2	0,9	0,3	-	0,1	9,5
Química	4,2	2,4	0,2	0,1	0,5	7,4
Alim./Bebidas	3,4	0,9	1,8	5,5	0,2	11,8
Têxtil	1,9	0,4	0,1	-	0,1	2,5
Papel/Celulose	2,8	0,8	0,7	-	2,1	6,4
Cerâmica	0,5	0,6	1,5	-	0,2	2,8
Outras	5,5	1,1	0,5	-	0,4	7,5
TOTAL GERAL	69,9	59,9	19,7	18,8	14,4	182,7

Fonte : MME ; "Balanço Energético Nacional", 1994

Quadro 4 : Recursos e Reservas Energéticas (medidas, indicadas e inventariadas)(1),
Brasil, 31/12/1993

Fontes de Energia	Unidades	Recursos e Reservas	Equivalência Energética - Mtep
Petróleo	milhões m3	595,0	518,8
Gás Natural	bilhões m3	137,4	133,0
Óleo de Xisto	milhões m3	445,1	382,8
Gás de Xisto	bilhões m3	111,0	104,3
Carvão Mineral	milhões tons.	10.162	2.567,9
Hidroeletricidade	bilhões kWh/ano	724,5	210,1 / ano
Energia Nuclear	mil tons. U3O8	192,5	1.347,8
Turfa	milhões tons.	129,3	40,1

Notas :

(1) Não inclui recursos e reservas inferidas e estimadas, nem as demais fontes energéticas novas e renováveis.

(2) Coeficientes de conversão variáveis e admitindo recuperação média de 70 %

(3) Energia firme, convertida pela relação 1 Mwh=0,29 tep

(4) Consideradas as perdas de mineração e beneficiamento, sem considerar reciclagem de plutônio e urânio residuais.

(5) Turfa energética seca.

Fonte : MME ; "Balanço Energético Nacional", 1994

Quadro 5 : Dependência Externa de Energia - Importações energéticas líquidas (Mtep) e Deficit / Demanda total (%)

Fontes Energéticas	1980 Mtep	1980 %	1990 Mtep	1990 %	1992 Mtep	1992 %	1993 Mtep	1993 %
Petróleo/der.	43,8	83,0	26,9	43,1	27,2	45,7	31,6	46,3
carvão/coque	3,7	7,8	7,8	99,7	8,4	100	8,9	100
Eletricidade	-0,1	-0,2	7,7	10,6	7,0	9,0	8,0	9,9
Álcool	-0,2	-12,4	0,6	9,3	0,3	4,5	0,6	11,2
Total	47,2	34,0	43,0	23,7	42,9	23,1	49,1	25,8

Notas :

deficit negativo = exportações líquidas

importação de álcool inclui metanol

Fonte : MME ; "Balanço Energético Nacional", 1994

Quadro 6 : Preços Médios Constantes de Fontes de Energia no Brasil
(US\$ de 1993 / barril equivalente de petróleo)

Energéticos	1980	1985	1986	1990	1992	1993
Petróleo imp.	53,7	39,7	19,9	25,6	19,3	16,3
Óleo diesel	88,5	95,5	70,7	43,4	58,1	57,8
Óleo comb.	34,7	43,6	31,7	22,3	22,3	25,6
Gasolina	230,0	150,3	143,8	97,6	98,5	94,1
Álcool	180,1	151,9	145,4	113,9	120,1	115,3
GLP	63,5	59,9	42,5	30,1	46,1	46,6
Gás natural	58,5	55,4	41,0	22,6	20,7	24,0
Eletr. indust.	102,8	95,5	97,5	87,1	89,5	85,2
Eletr. resid.	204,1	132,5	122,7	115,2	148,2	136,1
Carvão vapor	11,3	12,5	11,6	8,3	10,3	9,3
Carvão veg.	36,8	26,0	28,0	15,8	14,0	15,1
Lenha nativa	-	11,8	14,7	9,9	8,9	7,2
Lenha de refl.	-	16,4	22,2	14,0	12,7	11,6

Notas :

- preço do petróleo importado : dólar corrente convertido a dólar constante de 1993 pelo IPC dos EUA.
- outros preços : cruzeiro corrente convertido a cruzeiro constante de 1993 pelo IGP, convertido a dólar de 1993 pelo câmbio médio de venda de 1993
- coeficiente de equivalência da eletricidade :
1 Mwh = 0,08 tep (uso final)

Fonte : MME ; "Balanço Energético Nacional", 1994

Quadro 7 : Consumo Final de Energia por Estados e Regiões - em Mtep

Estados/Reg.	1980	1984	1988	1990	1992
Norte	3,93	4,75	nd	nd	nd
Rondônia	0,23	0,44	nd	nd	nd
Acre	0,10	0,12	nd	nd	nd
Amazonas	1,00	1,16	1,54	nd	nd
Roraima	0,04	0,05	nd	nd	nd
Pará	2,46	2,89	4,34	nd	nd
Amapá	0,11	0,08	nd	nd	nd
Nordeste	22,0	26,4	nd	nd	nd
Maranhão	0,93	1,27	2,53	2,79	nd
Piauí	0,46	0,50	0,59	nd	nd
Ceará	1,83	2,04	2,48	2,69	nd
Rio G. Norte	0,74	0,93	nd	nd	nd
Paraíba	1,17	1,15	1,21	1,40	1,42
Pernambuco	5,12	5,59	5,76	nd	nd
Alagoas	1,97	2,88	2,70	nd	nd
Sergipe	0,60	1,21	nd	nd	nd
Bahia	9,20	10,8	13,0	nd	nd
Sudeste	74,9	82,7	100	nd	nd
Minas Gerais	18,5	19,1	25,4	25,2	25,6
E. Santo	2,66	4,51	5,17	nd	nd
R. de Janeiro	13,5	15,1	17,7	18,0	18,9
São Paulo	40,2	44,0	52,0	52,5	nd
Sul	16,3	18,2	22,1	nd	nd
Paraná	7,14	7,95	9,98	10,4	10,9
S. Catarina	4,18	4,28	5,10	5,40	nd
Rio G. do Sul	5,02	5,96	7,05	nd	nd
Centro Oeste	4,56	6,44	nd	nd	nd
Mato G. Sul	1,03	1,45	nd	nd	nd
Mato Grosso	0,65	1,17	1,90	nd	nd
Goiás	2,02	2,80	nd	nd	nd
D. Federal	0,86	1,03	1,29	nd	nd
Total Brasil	122	138	nd	nd	nd

Nota : nd = não disponível

Fonte : MME-SE-DNDE; "Balanço Energético Nacional", 1994

Quadro 8 : Consumo de Derivados de Petróleo por Estados e Regiões - em Mtep

Estados/Reg.	1980	1984	1988	1990	1992
Norte	2,04	1,73	nd	nd	nd
Rondônia	0,19	0,37	nd	nd	nd
Acre	0,05	0,06	nd	nd	nd
Amazonas	0,40	0,37	0,48	nd	nd
Roraima	0,03	0,04	nd	nd	nd
Pará	1,30	0,86	1,06	nd	nd
Amapá	0,08	0,04	nd	nd	nd
Nordeste	8,05	7,70	nd	nd	nd
Maranhão	0,34	0,38	0,65	nd	nd
Piauí	0,15	0,17	0,23	nd	nd
Ceará	0,67	0,55	0,66	0,66	nd
Rio G. Norte	0,26	0,26	nd	nd	nd
Paraíba	0,33	0,25	0,32	0,35	0,37
Pernambuco	1,32	0,99	1,06	nd	nd
Alagoas	0,28	0,25	0,30	nd	nd
Sergipe	0,18	0,24	nd	nd	nd
Bahia	4,53	4,60	5,55	nd	nd
Sudeste	32,6	25,9	30,9	nd	nd
Minas Gerais	5,48	3,99	5,52	5,33	5,65
E. Santo	1,11	0,99	1,19	nd	nd
R. de Janeiro	6,62	5,75	6,26	6,34	6,91
São Paulo	19,4	15,2	17,9	18,1	nd
Sul	8,32	7,19	8,55	nd	nd
Paraná	3,26	3,22	3,82	3,98	4,22
S. Catarina	1,50	1,19	1,45	1,55	nd
Rio G. do Sul	3,56	2,78	3,29	nd	nd
Centro Oeste	2,60	2,75	nd	nd	nd
Mato G. Sul	0,64	0,66	nd	nd	nd
Mato Grosso	0,40	0,60	0,99	nd	nd
Goiás	1,14	1,07	nd	nd	nd
D. Federal	0,42	0,42	0,53	nd	nd
Total Brasil	53,6	45,3	nd	nd	nd

Nota : nd = não disponível

Fonte : MME-SE-DNDE; "Balanço Energético Nacional", 1994

Quadro 9 : Consumo de Eletricidade dos Estados e Regiões - em bilhões de Kwh

Estados/Reg.	1980	1984	1990	1992	1993
Norte	2,33	3,39	8,7	11,2	11,5
Rondônia	0,15	0,33	0,51	0,57	0,57
Acre	0,06	0,10	0,17	0,19	0,20
Amazonas	0,70	0,97	1,69	1,73	1,71
Roraima	0,04	0,06	0,13	0,13	0,14
Pará	1,29	1,81	5,99	8,37	8,57
Amapá	0,11	0,13	0,19	0,24	0,28
Nordeste	15,9	22,6	33,2	37,4	38,3
Maranhão	0,53	1,40	5,66	7,13	7,14
Piauí	0,31	0,46	0,76	0,83	0,85
Ceará	1,32	1,91	2,96	3,39	3,66
Rio G. Norte	0,59	0,84	1,46	1,72	1,82
Paraíba	0,77	0,92	1,43	1,57	1,61
Pernambuco	3,42	4,35	5,16	5,34	5,47
Alagoas	1,40	1,91	2,71	3,27	3,22
Sergipe	0,41	0,92	1,30	1,61	1,69
Bahia	7,12	9,90	11,8	12,6	12,8
Sudeste	84,8	106	135	139	145
Minas Gerais	17,9	21,5	30,5	31,8	33,0
E. Santo	2,69	3,81	4,83	5,64	5,88
R. de Janeiro	17,0	21,6	25,7	26,6	26,8
São Paulo	47,2	59,1	74,3	75,3	79,4
Sul	15,4	21,0	30,2	33,1	35,1
Paraná	5,40	7,27	10,7	11,6	12,3
S. Catarina	3,82	5,06	7,52	7,93	8,42
Rio G. do Sul	6,18	8,71	12,0	13,6	14,3
Centro Oeste	3,50	5,66	9,18	9,91	10,7
Mato G. Sul	0,58	0,90	1,63	1,87	2,05
Mato Grosso	0,29	0,60	1,28	1,46	1,57
Goiás	1,40	2,63	4,20	4,38	4,70
D. Federal	1,23	1,53	2,07	2,19	2,42
Total Brasil	122	159	217	231	241

Fonte : MME-SE-DNDE; "Balanço Energético Nacional", 1994

Quadro 10 : Produção e Consumo Energético per Capita, Estados e Regiões - 1984

Estados e Regiões	Produção de Energia Primária Kep/hab	Consumo Final de Energia Kep/hab	Consumo Derivados Petróleo Kep/hab	Consumo de Eletricidade KWh/hab
Norte	417	670	245	479
Rondônia	238	635	532	472
Acre	246	346	183	274
Amazonas	310	696	220	580
Roraima	200	540	390	620
Pará	518	712	212	445
Amapá	271	381	171	624
Nordeste	839	687	200	589
Maranhão	205	280	83	308
Piauí	123	210	72	195
Ceará	437	352	95	329
Rio G. Norte	1112	446	126	401
Paraíba	273	387	83	311
Pernambuco	592	839	149	652
Alagoas	2650	1307	114	867
Sergipe	2821	963	191	730
Bahia	1143	1028	438	943
Sudeste	1241	1427	448	1828
Minas Gerais	1719	1327	277	1492
E. Santo	1158	2012	441	1700
R. de Janeiro	1344	1205	460	1729
São Paulo	965	1527	528	2049
Sul	859	894	353	1033
Paraná	1140	994	403	910
S. Catarina	1081	1068	298	1261
Rio G. do Sul	484	713	333	1041
Centro Oeste	502	729	311	640
Mato G. Sul	499	926	426	576
Mato Grosso	267	821	425	423
Goiás	743	643	246	606
D. Federal	32	685	275	1010
Total Brasil	969	1044	342	1196

Nota : Kep = quilograma equivalente de petróleo

Fonte : MME-SE-DNDE; "Balanço Energético Nacional", 1994

Quadro 11 : Nível e Composição do Consumo Familiar de Energia por Ano,
segundo as Classes de Despesa - 1974/1975

Distribuição de Famílias	Despesa per capita	Cons. energ por família (Mcal/ano)	Composição do consumo (%)		
			Habitação	Transporte	Total
10 % + ricos	> de 12,67	26.961	19	81	100
próx. 10 %	7,59 - 12,67	11.613	34	66	100
próx. 10 %	5,39 a 7,58	7.139	52	48	100
próx. 10 %	4,10 a 5,38	5.214	70	30	100
próx. 10 %	3,16 a 4,09	5.281	81	19	100
próx. 10 %	2,46 a 3,15	5.922	90	10	100
próx. 10 %	1,86 a 2,45	6.805	94	6	100
próx. 10 %	1,38 a 1,85	7.844	97	3	100
próx. 10 %	0,92 a 1,37	8.858	99	1	100
10%+pobre	< de 0,92	9.682	99	1	100
TOTAL	MÉDIA	9.532	61	39	100

Notas :

Cada decil = 1.915.073 famílias (unidades domiciliares)

Despesa inclui gastos não monetários, contribuições sociais, impostos (= renda)

Mcal = Megacalorias (milhares de quilocalorias)

Fonte : Bôa Nova, 1985, p. 172

Quadro 12 : Distribuição do Consumo Familiar de Energia,
segundo as Classes de Despesa - 1974/1975

Popul. Decis	Cons. Tcal	Energ. %	Ol. die sel %	Gasol. + QA %	Gás %	Quero sene %	E. elé trica %	Lenha +CV %
10%+r.	51.633	28,9	14	69	24	3	36	1
pr.10%	22.240	12,2	22	21	18	4	21	2
pr.10%	13.672	7,5	19	7	16	6	16	3
pr.10%	9.985	5,5	15	2	14	7	11	4
pr.10%	10.113	5,5	11	1	11	11	7	6
pr.10%	11.341	6,2	8	0	8	13	4	10
pr.10%	13.033	7,1	5	0	5	14	3	14
pr.10%	15.023	8,2	3	0	3	15	1	17
pr.10%	16.964	9,3	2	0	1	15	1	20
10%+p.	18.541	10,2	1	0	0	12	0	23
TOTAL	182545	100,0	100	100	100	100	100	100

Notas :

gasol. + QA = gasolina mais querosene de aviação

querosene = querosene iluminante

Tcal = Teracalorias = bilhões de quilocalorias

Fonte : Boa Nova, 1985, p.179

Quadro 14 : Impactos Ambientais do Carvão Mineral por Bioma

Atividades	Impactos	Biomias
Mineração Beneficiamento Estocagem de rejeitos Coquearias Termoelétricas	Prejuízos à saúde dos mineiros Poluição dos recursos hídricos Inutilização de grandes áreas Poluição atmosférica urbana Risco de incêndios Chuvas ácidas Aumento do efeito estufa	Campos do Sul Pinheirais Zona Costeira (SC,RS) Ambiente Urbano SC,RS, pólos sid.MG,SP,ES,RJ

Quadro 15 : Impactos Ambientais do Petróleo e Gás Natural por Bioma

Atividades	Impactos	Biomias
Perfuração, Sísmica Produção (plataformas)	Desmatamento Prejuízo à fauna Risco de incêndios	Amazônia
Oleodutos e Gasodutos Terminais Marítimos Ferrovia, Rodovia, Navios Refinarias Queima de derivados	Vazamento hidrocarbonetos mar Prejuízo a lazer e turismo Prejuízo à saúde da população Poluição de baías-metals pesados Poluição atmosférica urbana Aumento do efeito estufa	Zona costeira (RJ, SP, NE) Mata Atlântica Ambiente urbano

Quadro 16 : Impactos Ambientais da Hidroeletricidade por Bioma

Atividades	Impactos	Biomias
Centrais Hidroelétricas com grandes barragens	Erosão e retenção de sedimentos Risco de rompimento da barragem Risco de abalos sísmicos Risco de cheias inéditas a jusante Perda de qualidade da água Perdas para agricultura e pesca Prejuízo à fauna e à flora Risco de perda de biodiversidade Prejuízo à saúde da população Perda de solos agricultáveis Perda de recursos minerais Perda de recursos florestais Grande afluxo migratório Remanejamento de comunidades Impedimentos à navegação Perda de patrimônio histórico Perda de patrimônio paisagístico Interferência - reservas indígenas Interferência em quilombos	Amazônia Mata Atlântica Campos do Sul Cerrado Ambiente Urbano Pinheirais
Linhas de Transmissão	Prejuízo à fauna Formação de ozônio Efeito de borda sobre florestas Efeitos estéticos negativos Campo eletromagnético Risco de acidentes	Ambiente Urbano Mata Atlântica Cerrado Amazônia Campos do Sul Pinheirais

Quadro 17 : Impactos Ambientais da Energia Nuclear por Bioma

Atividades	Impactos	Biomas
Mineração de urânio Beneficiamento de urânio Operação de reatores	Radiação sobre trabalhadores Poluição local do solo, água, ar Resíduos radioativos Risco de dispersão radioativa	Cerrado Mata Atlântica Zona Costeira Ambiente Urbano

Quadro 18 : Impactos Ambientais da Lenha e Carvão Vegetal por Bioma

Atividades	Impactos	Biomas
Cocção a lenha Lenha para calor industrial Monocultura de eucaliptos Fabricação de carvão veg. Queima de carvão vegetal (combustível industrial)	Desmatamento Devastação de manguezais Degradação de solos Poluição hídrica Prejuízo à saúde de trabalhadores Aumento do efeito estufa	Caatinga Zona Costeira Cerrado Mata Atlântica Meio Norte Pantanal Pinheirais

Quadro 19 : Impactos Ambientais do Álcool e Bagaço de Cana por Bioma

Atividades	Impactos	Biomas
Monocultura de cana Queima do canavial Queima do bagaço Fabricação do álcool Queima do álcool	Competição com outros cultivos Empobrecimento dos solos Poluição atmosférica urbana Poluição hídrica: vinhoto/águas lav. Risco de mortandade de peixes Resíduos sólidos (torta de filtro) Emissão de aldeídos Risco de acidentes com metanol	Mata Atlântica Zona Costeira Pantanal Cerrado Ambiente Urbano

Quadro 20 : Intensidade dos Impactos Ambientais do Vetor Energético por Bioma

Energia/ Bioma	Carvão Mineral	Petróleo e Gás Nat.	Hidroele tricidade	Energia Nuclear	Lenha e Carvão V.	Álcool e Bagaço
Amazônia	-	<i>Média</i>	GRANDE	-	pequena	-
Meio Norte	-	pequena	pequena	-	<i>Média</i>	-
Caatinga	-	pequena	-	-	GRANDE	-
Cerrado	-	pequena	<i>Média</i>	pequena	GRANDE	<i>Média</i>
Pantanal	-	pequena	pequena	-	<i>Média</i>	<i>Média</i>
Mata Atl.	-	<i>Média</i>	GRANDE	-	GRANDE	GRANDE
Pinheirais	GRANDE	pequena	<i>Média</i>	-	<i>Média</i>	-
Campos do Sul	GRANDE	pequena	<i>Média</i>	-	pequena	-
Zona Costeira	GRANDE (SC,RS)	GRANDE	-	GRANDE (RJ,SP)	<i>Média</i>	GRANDE
Ambiente Urbano	GRANDE (SC,RS)	GRANDE	<i>Média</i>	GRANDE (RJ)	-	GRANDE

Anexo 1

Potencial de Fontes Não Convencionais de Energia

a) Xisto

O Brasil possui a segunda maior ocorrência de xisto do mundo. As reservas inferidas e estimadas são mais de 20 vezes superiores às reservas medidas e indicadas, que já totalizam 487 Mtep (ver Quadro 3), superando as jazidas de petróleo mas ainda inferiores às de carvão mineral. Esses recursos estão localizados em nove áreas no sul do país que vão desde o Paraná até o Rio Grande do Sul. A Petrobrás desenvolveu a tecnologia para produção de óleo, gás combustível, nafta e gás liquefeito de petróleo (glp), além de enxofre, a partir do xisto (processo Petrosix). Uma usina piloto operou em São Mateus do Sul (Paraná) de 1981 a 1989, sendo reativada para operação a partir de 1992 com sua capacidade ampliada para 3870 barris/dia de óleo.

Os dois principais obstáculos para o aproveitamento do potencial energético do xisto são seu custo elevado e a magnitude de seus impactos ambientais. O custo de produção é estimado em 30,6 US\$/barril de óleo, bem superior ao preço atual do petróleo importado (18 US\$/barril), mas que poderá se tornar competitivo no caso de sua elevação para 35 US\$/barril em 2010, conforme a hipótese assumida no cenário proposto pelo governo (MIF, abril 1991). O problema ambiental é considerado solúvel, quanto à recuperação da área degradada, com base nos conhecimentos adquiridos com a experiência piloto. Deve-se alertar, porém, que toda mineração em céu aberto de grandes áreas causa impactos consideráveis sobre o meio ambiente. No caso do xisto, os danos ambientais são agravados pela maior quantidade de rejeitos produzida. Além do material estéril, no processo de retortagem de xisto para a produção de óleo o rejeito aumenta de volume, acarretando a necessidade de maiores superfícies para disposição. Pode ocorrer a lixiviação dos poluentes contidos no xisto retortado e na água de retortagem, contaminando os recursos hídricos da superfície e subterrâneos.

b) Turfa

As reservas estimadas e inferidas de turfa chegam a 3 vezes o valor das reservas medidas e indicadas, mas ainda assim os recursos brasileiros de turfa atualmente conhecidos representam um potencial energético relativamente modesto em relação

aos demais combustíveis fósseis (ver Quadro 3). Entretanto, sua valorização energética pode ser importante a nível regional, em conjunto com seu uso na agricultura para recuperação de solos. A Companhia Brasileira de Pesquisa de Recursos Minerais concluiu a identificação geológica de inúmeros depósitos de turfa em áreas litorâneas da região Nordeste, no Rio de Janeiro, em São Paulo e em Santa Catarina. Lavras-piloto foram realizadas pela CECRISA em Santa Catarina, pela CESP (Companhia Energética de São Paulo) em São Paulo e pela COPENER (Copene Energética) e pelo CEPED (Centro de Pesquisas e Desenvolvimento) na Bahia, com apoio da FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos). Estes projetos permitiram o desenvolvimento da tecnologia de lavra, secagem, combustão e gaseificação, que é relativamente simples.

Os custos de produção de energia da turfa variam conforme o local, o tipo de exploração e a distância aos centros de consumo. A geração termoelétrica junto à turfeira e o uso como combustível em cerâmicas ou cimenteiras próximas são as opções economicamente mais promissoras. Dificuldades de drenagem, no entanto, inviabilizaram a exploração energética de turfeiras em zonas litorâneas apesar de sua boa qualidade como combustível (alto poder calorífico e baixo teor de cinzas). Seus impactos ambientais também são variáveis, podendo ser sensíveis na medida em que grandes quantidades sejam retiradas sem a devida recomposição do solo.

c) Energia Solar

O Brasil se situa em segundo lugar, a nível mundial, quanto à energia solar incidente. Em média, sobre uma superfície horizontal do território nacional incidem entre 1500 e 2000 kWh/m² por ano, variando conforme o local do país. Isto significa que, tomando-se uma eficiência média de conversão de 6 % da energia solar em eletricidade através de células fotovoltaicas, numa área equivalente aos 142 mil km² que seriam inundados por reservatórios formados pelas barragens caso todo o potencial hidroelétrico do país fosse utilizado, seriam obtidos cerca de 15 trilhões de kWh/ano, ou seja, mais de 20 vezes o valor do potencial hidroelétrico inventariado. Hoje esta comparação tem seu significado prático limitado pela diferença de custos entre as duas fontes : cerca de 2000 US\$/kw para a hidroeletricidade contra 6000 a 8000 US\$/kw para a eletricidade solar fotovoltaica. No futuro, porém, as células fotovoltaicas poderão se tornar competitivas caso prossiga a tendência de redução de seu custo (que era de 20000 US\$/kw no final da década de 70), pois o custo de aproveitamento do potencial hidroelétrico é crescente. Do ponto de vista tecnológico, o Brasil foi o primeiro país do

Terceiro Mundo a fabricar comercialmente a célula fotovoltaica, a partir do silício monocristalino, não se limitando à simples montagem dos painéis solares.

Atualmente, porém, o uso mais difundido da energia solar no país é o aquecimento de água, em residências, hotéis, hospitais e piscinas. Na segunda metade da década de 80, existiam 25 fabricantes de coletores solares planos para aquecimento de água, com uma capacidade anual de produção de 30.000 m². A secagem solar de produtos agrícolas, a climatização ambiental, o bombeamento d'água, a refrigeração solar, a destilação e a dessalinização de água são outras aplicações da energia solar já pesquisadas e demonstradas no país em escala piloto. Em alguns casos, em particular no meio rural, se atinge as condições de viabilidade econômica. O elevado investimento inicial, entretanto, é um obstáculo importante, assim como para outras fontes não convencionais de energia, na ausência de mecanismos de financiamento ao consumidor.

De um modo geral, os impactos ambientais do aproveitamento da energia solar são globalmente positivos, graças à conservação de recursos energéticos não renováveis e à redução dos poluentes emitidos em sua queima, por se tratar de uma fonte de energia pouco agressiva ao meio ambiente e captada em pequena escala. Embora os requerimentos de área (superfície de captação) sejam comparáveis aos de centrais termoelétricas convencionais, em sua maior parte o espaço ocupado não compete com outros usos (terras improdutivas, tetos de edificações, por exemplo).

d) Energia Eólica

A disponibilidade de energia eólica também é intermitente, mas ao contrário da energia solar, seu aproveitamento é viável apenas em áreas limitadas do território nacional, onde os ventos ocorrem com alta velocidade média (4 m/s ou mais) e frequência relativamente constante. Assim, o potencial eólico brasileiro equivale a somente uma pequena fração do potencial hidroelétrico nacional. Apesar disto, sua utilização pode ter importância a nível local, principalmente ao longo da costa, nos estados do Nordeste e do Sul do país, onde levantamentos locais de vento revelaram dados promissores.

Cataventos de pequeno porte podem gerar energia mecânica para bombeamento d'água e irrigação. Existe tecnologia disponível comercialmente no país também para geração elétrica em pequena escala (da ordem de 1 kw). Unidades de maior porte foram estudadas em universidades (COPPE/UFRJ, UFPb, UFPe, UFRGS, PUC-RJ) e centros de pesquisa como o IAE-CTA. A primeira experiência piloto com uma turbina

eólica do porte de 100 kw está em curso de implantação em Fernando de Noronha, para substituir cerca de 10 % do óleo diesel utilizado para geração elétrica na ilha.

O estado da arte em nível internacional, principalmente em países como a Dinamarca e os Estados Unidos, onde operam comercialmente geradores eólicos de até 1 MW de capacidade, aponta para custos de investimento entre 1200 e 1600 US\$/kw, que podem se revelar economicamente competitivos em regiões isoladas.

Os impactos ambientais do uso de energia eólica envolvem apenas o risco de acidentes, o nível de ruído, o efeito estético, a interferência eletromagnética nas telecomunicações, a influência sobre a fauna alada, o uso do solo e, em alguns casos, a possibilidade de alterações microclimáticas. Com exceção de zonas densamente povoadas onde se pretenda instalar "fazendas de cataventos", a pequena escala de aproveitamento da energia eólica torna esses impactos relativamente pouco significativos.

e) Outras Fontes

Alguns estudos têm sido realizados no Brasil sobre outras tecnologias energéticas alternativas, procurando acompanhar o estado da arte a nível internacional. Ainda em estágio de pesquisa e desenvolvimento, e em alguns casos já com projetos de demonstração, podem ser mencionadas : as células a combustível, o uso do hidrogênio como vetor energético, o aperfeiçoamento das tecnologias atuais de combustão, gaseificação e liquefação de carvão, reatores nucleares intrinsecamente seguros, a fusão nuclear, e o aproveitamento das diversas formas de energia dos oceanos : marés, ondas, correntes, gradiente de salinidade e gradiente térmico entre a superfície e o fundo do mar.

A mais longo prazo, algumas aplicações dessas tecnologias poderão se revelar promissoras. Entretanto, para valorizar essas oportunidades deve-se retomar em escala ampliada os esforços de desenvolvimento científico-tecnológico no campo energético. Nos últimos anos, os estudos de fontes alternativas de energia foram sendo descontinuados devido à queda do preço do petróleo e à crise do sistema nacional de ciência e tecnologia. Um apoio institucional adequado e a alocação de recursos financeiros em níveis compatíveis com as potencialidades são indispensáveis para reverter este processo.

Anexo 2
Dados Complementares sobre o Setor Energético

2.1. Carvão Mineral

Quadro 2.1.1

Produção de carvão mineral bruto, por estado, 1987-1991 (Mt-milhões toneladas)

Estado/Ano	1987	1988	1989	1990	1991
S. Catarina	13,4	16,4	13,9	7,2	6,8
R. Grande S	4,3	4,2	4,0	3,8	3,4
Paraná	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3
Brasil	18,1	21,0	18,2	11,3	10,5

Fonte : IBGE, Anuário Estatístico do Brasil, 1992

Quadro 2.1.2

Produção de coque de carvão, por estado, 1988-1990 (Mt-milhões toneladas)

Estado/Ano	1988	1989	1990
Minas Gerais	3,0	3,0	2,7
Espírito Santo	1,7	1,7	1,5
Rio de Janeiro	1,8	1,7	1,5
São Paulo	1,6	1,6	1,3
Santa Catarina	0,1	0,1	0,1
Brasil	8,1	8,0	7,1

Fonte : IBGE, Anuário Estatístico do Brasil, 1992

2.2. Petróleo e Gás Natural

São apresentadas a seguir as seguintes tabelas do Anuário Estatístico do Brasil, publicado pelo IBGE (1992) :

55.1 - Produção de gás natural, segundo as unidades da federação e campos produtores, 1989-91

56.1 - Produção de petróleo bruto, segundo as unidades da federação e campos produtores, 1989-91

O fluxo de derivados de petróleo para as bases de distribuição em todo o país pode ser estimado a partir dos dados de entrega dos principais combustíveis para consumo nos estados, apresentados nas seguintes tabelas do Anuário Estatístico do Brasil, publicado pelo IBGE (1992) :

51.37 - Entregas de gasolinas para consumo, segundo as unidades da federação, 1986-90

51.38 - Entregas de querosenes (iluminante e de aviação) para consumo, segundo as unidades da federação, 1986-90

51.39 - Entregas de óleos (combustível, diesel, lubrificantes) para consumo, segundo as unidades da federação, 1986-90

51.40 - Entregas de gás liquefeito para consumo, segundo as unidades da federação, 1988-90

51.41 - Entregas de outros derivados (asfaltos, graxa, parafinas, solventes) para consumo, segundo as unidades da federação, 1986-88

É anexada em seguida a lista das bases de distribuição, acompanhadas do local de origem de seu abastecimento e do modo de transporte empregado para seu suprimento (fluvial, marítimo, rodoviário ou ferroviário).

2.3. Eletricidade

São apresentadas a seguir as seguintes tabelas do Boletim Trimestral - Síntese 1993, editado pelo SIESE - Sistema de Informações Empresariais do Setor de Energia Elétrica :

- Capacidade nominal instalada das usinas de energia elétrica, segundo as grandes regiões e unidades da federação, 1991-93 : Total, Usinas Hidráulicas e Térmicas

- Energia disponível, segundo as grandes regiões e unidades da federação, 1991-93, incluindo a geração de Itaipu, dos autoprodutores e a geração bruta de energia elétrica das concessionárias, desagregada também segundo sua origem : hidroelétrica e térmica a óleo combustível, óleo diesel, lenha, carvão mineral, gás natural e urânio.

2.4. Lenha e Carvão Vegetal

São apresentadas a seguir as seguintes tabelas do Anuário Estatístico do Brasil, publicado pelo IBGE (1992) :

44.3 - Produção de carvão vegetal, lenha e madeira em tora das espécies florestais nativas, segundo as grandes regiões e unidades da federação, 1988-89

44.5 - Produção de carvão vegetal, lenha e madeira em tora (para papel e celulose e para outras finalidades) das espécies florestais plantadas, segundo as grandes regiões e unidades da federação, 1988-89

2.5. Álcool e Bagaço de Cana

São apresentadas a seguir as seguintes tabelas do Anuário Estatístico do Brasil, publicado pelo IBGE (1992) :

51.42 - Entregas de álcool etílico combustível, segundo as unidades da federação, 1989-91

51.43 - Consumo de álcool etílico combustível hidratado, segundo as unidades da federação, 1988-90

51.53 - Usinas para moagem de cana de açúcar e destilarias de álcool em funcionamento, segundo as unidades da federação, 1989-90

51.54 - Cana moída nas usinas, segundo as unidades da federação - safras de 1988/89, 1989/90 e 1990/91

51.56 - Produção de álcool, segundo as unidades da federação - safras de 1989/90 e 1990/91

As duas primeiras tabelas ilustram o fluxo de álcool para as bases de distribuição espalhadas por todo o país, analogamente ao que ocorre com os derivados de petróleo (ver 2.2. Petróleo e Gás Natural).

O incremento futuro da produção de álcool depende inicialmente da expansão da área de cultivo de cana, pois a capacidade nominal (e a efetiva, ainda maior) instalada das destilarias de álcool permitiria atingir um nível superior de produção de álcool, a partir do processamento de quantidades mais elevadas de cana. O Quadro 2.5.1 a seguir fornece então a distribuição da capacidade (nominal e efetiva) instalada das destilarias de álcool, por estados, permitindo visualizar onde seria imediatamente factível aumentar a produção, desde que seja viável expandir a área plantada de cana de açúcar.

Quadro 2.5.1

Capacidade nominal e máxima de produção de álcool nas unidades da federação

Estados / Capacidade	Nominal (bilh. litros/ano)	Efetiva (bilhões litros/ano)
Norte/Nordeste	2,60	3,28
Acre	0,02	0,03
Alagoas	0,82	1,09
Amazonas	0,04	0,03
Bahia	0,29	0,31
Ceará	0,06	0,09
Maranhão	0,09	0,12
Pará	0,04	0,04
Paraíba	0,28	0,41
Pernambuco	0,69	0,83
Piauí	0,03	0,04
Rio Grande do Norte	0,13	0,16
Roraima	0,06	0,06
Sergipe	0,06	0,08
Centro/Sul	9,97	12,73
Espírito Santo	0,19	0,25
Goiás	0,81	0,88
Minas Gerais	0,89	1,10
Mato Grosso do Sul	0,30	0,38
Mato Grosso	0,38	0,37
Paraná	0,82	1,04
Rio de Janeiro	0,29	0,38
Rio Grande do Sul	0,061	0,05
Santa Catarina	0,054	0,03
São Paulo	6,19	8,24
Brasil	12,57	16,01

Fonte : CENAL

