

**PRIMEIRO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES  
ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

**RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA**

**EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO POR QUEIMA  
DE COMBUSTÍVEIS: ABORDAGEM *TOP-DOWN***

**Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e  
Pesquisa em Engenharia  
COPPE**



*Ministério da Ciência e Tecnologia*  
**2002**

**PRESIDENTE DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
*FERNANDO HENRIQUE CARDOSO*

**MINISTRO DE ESTADO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
*RONALDO MOTA SARDENBERG*

**SECRETÁRIO DE POLÍTICAS E PROGRAMAS DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
*LUIZ GYLVAN MEIRA FILHO*  
**SECRETÁRIA ADJUNTA DE POLÍTICAS E PROGRAMAS DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
*THELMA KRUG*

## **EXECUÇÃO**

**COORDENADOR GERAL DE MUDANÇAS GLOBAIS**  
*JOSÉ DOMINGOS GONZALEZ MIGUEZ*

**COORDENADOR TÉCNICO DO INVENTÁRIO**  
*NEWTON PACIORNIK*

## **IMPRESSÃO**

*INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA*

## **AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

Expressamos nossa mais profunda gratidão ao Prof. José Israel Vargas, Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia, de 1992 a 1999, por compartilhar conosco seus conhecimentos e suas idéias sobre as questões da mudança do clima e por sua incessante orientação e incentivo. Estendemos nosso agradecimento ao Prof. Luiz Carlos Bresser Pereira, Ministro da Ciência e Tecnologia de janeiro a julho de 1999. Finalmente, ao Prof. Luiz Pinguelli Rosa, Diretor da COPPE, nosso reconhecimento e gratidão por seu empenho em transformar idéias em realidade.

Agradecemos, ainda, à equipe do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, na pessoa do seu presidente, Sérgio Besserman Vianna, pelo apoio na impressão desta publicação.

**PRIMEIRO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES  
ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

**RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA**

**EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO POR QUEIMA  
DE COMBUSTÍVEIS: ABORDAGEM *TOP-DOWN***

**Elaborado por:**

**Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia - COPPE**  
Cidade Universitária Bloco G Sala 101 - Centro de Tecnologia - Ilha do Fundão  
21945-970 - Rio de Janeiro - RJ  
*Vice-Diretor*  
Luiz Pinguelli Rosa

**Fundação para a Coordenação de Projetos Tecnológicos, Pesquisa e Estudos**

**Autores:**

Luiz Pinguelli Rosa  
Rafael Schechtman  
Marco Aurélio dos Santos  
Suzana Kahn Ribeiro

***Ministério da Ciência e Tecnologia***  
**2002**

## **Publicação do Ministério da Ciência e Tecnologia**

*Para obter cópias adicionais deste documento ou maiores informações, entre em contato com:*

**Ministério da Ciência e Tecnologia**  
**Secretaria de Políticas e Programas de Ciência e Tecnologia**  
**Departamento de Programas Temáticos**  
**Coordenação Geral de Mudanças Globais**

Esplanada dos Ministérios Bloco E 2º Andar Sala 244  
70067-900 - Brasília - DF  
Telefone: 61-317-7923 e 317-7523  
Fax: 61-317-7657  
e-mail: [cpmg@mct.gov.br](mailto:cpmg@mct.gov.br)  
<http://www.mct.gov.br/clima>

### **Revisão:**

Branca Bastos Americano  
Newton Paciornik

### **Revisão de Editoração:**

Mara Lorena Maia Fares  
Anexandra de Ávila Ribeiro

A realização deste trabalho só foi possível com o apoio financeiro e administrativo do:

***Fundo Global para o Meio Ambiente - GEF***  
***Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD***

*Projeto BRA/95/G31*  
SCN Quadra 02 Bloco A - Ed. Corporate Center 7º Andar  
70712-901 - Brasília - DF  
Telefone: 61-329-2000  
Fax: 61-329-2099  
e-mail: [registry@undp.org.br](mailto:registry@undp.org.br)  
<http://www.undp.org.br>

### ***U.S. Country Studies Program***

PO-2, Room GP-196  
1000 Independence Avenue, SW  
Washington, D.C. 20585 USA  
Telefone: 1-202-426-1628  
Fax: 1-202-426-1540/1551  
e-mail: [csmt@igc.apc.org](mailto:csmt@igc.apc.org)  
<http://www.gcric.org/CSP/webpage.html>

Agradecemos à equipe administrativa do GEF, do PNUD e do U.S. Country Studies Program e, em particular, a algumas pessoas muito especiais sem as quais a realização deste trabalho não teria sido possível: Emma Torres, Richard Hosier e Vesa Rutanen, todos do PNUD/Nova York; Cristina Montenegro, do PNUD/Brasil, de 1985 a 1999, por seu apoio e incentivo em todos os momentos; e Jack Fitzgerald e Robert K. Dixon, do U.S. Country Studies Program, que propiciaram o encaminhamento do programa. A todas essas pessoas, por sua liderança neste processo, nosso mais sincero agradecimento.

# Índice

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| Prefácio   | 9             |
| Introdução   | 11            |
| Sumário Executivo  | 13            |
| Introdução   | 15            |
| 1 O Sistema Energético Brasileiro  | 16            |
| 2 Emissões de CO <sub>2</sub> Derivadas do Uso de Combustíveis Fósseis no Sistema Energético Brasileiro                    | 31            |
| 3 Emissões de CO <sub>2</sub> Derivadas do Uso da Biomassa no Sistema Energético Brasileiro                                | 41            |
| 4 Conclusões e Recomendações   | 46            |
| 5 Referências Bibliográficas   | 49            |
| Anexo I  | 51            |
| Anexo II   | 79            |
| Anexo III – Emissões de CO <sub>2</sub> derivadas do uso da biomassa não renovável no sistema energético brasileiro        | 97            |
| Anexo IV – Indicadores de desempenho do sistema energético brasileiro sob o ponto de vista das emissões de CO <sub>2</sub> | 109           |

## Lista de Figuras

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| FIGURA 1 – Oferta interna bruta de energia por fonte (Mtep)  | 20            |
| FIGURA 2 – Consumo final por fonte (Mtep)  | 20            |
| FIGURA 3 – Consumo final por fonte (%)   | 21            |
| FIGURA 4 – Consumo de lenha por setor ( $10^6$ t)  | 22            |
| FIGURA 5 – Oferta e demanda de álcool ( $10^6$ m <sup>3</sup> )  | 23            |
| FIGURA 6 – Geração de eletricidade (Twh)   | 24            |
| FIGURA 7 – Reservas nacionais de gás natural (bilhões Nm <sup>3</sup> )  | 26            |
| FIGURA 8 – Produção de gás natural (milhões Nm <sup>3</sup> )  | 26            |
| FIGURA 9 – Participação das fontes primárias no consumo final e transformação de energia (%)                                 | 27            |
| FIGURA 10 – Dependência externa de energia (Mtep)  | 30            |
| FIGURA 11 – Dependência externa de petróleo (Mtep)   | 30            |
| FIGURA 12 – Emissões de carbono de combustíveis fósseis (Mt C)   | 33            |
| FIGURA 13 – Emissões de carbono de combustíveis fósseis (%)  | 33            |
| FIGURA 14 – Emissões anuais de carbono de fontes fósseis (1990 = 100)  | 36            |
| FIGURA 15 – Emissões de carbono de combustíveis fósseis, oferta interna bruta e consumo final de energia (1990 = 100)        | 40            |
| FIGURA 16 – Emissões de CO <sub>2</sub> da biomassa (Mt C)   | 44            |
| FIGURA 17 – Emissões de CO <sub>2</sub> da biomassa (%)  | 44            |
| FIGURA 18 – Emissões de CO <sub>2</sub> da biomassa por fonte  | 45            |
| FIGURA 19 – Emissões de carbono de combustíveis fósseis, emissões da biomassa e oferta interna bruta de energia (1990 = 100) | 45            |

## Lista de Tabelas

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| TABELA 1 – Oferta interna bruta de energia por fonte   | 18            |
| TABELA 2 – Consumo final de energia por fonte  | 19            |
| TABELA 3 – Evolução do consumo energético de lenha no Brasil   | 21            |
| TABELA 4 – Aproveitamento do carvão vapor brasileiro para a geração termelétrica   | 25            |
| TABELA 5 – Consumo de energia final por setor  | 28            |
| TABELA 6 – Dependência externa de energia  | 29            |
| TABELA 7 – Emissões de CO <sub>2</sub> de fontes fósseis no sistema energético brasileiro                                  | 32            |
| TABELA 8 – Variação anual das emissões de CO <sub>2</sub> de fontes fósseis no sistema energético brasileiro               | 35            |
| TABELA 9 – Oferta interna bruta de energia   | 36            |
| TABELA 10 – Variação anual da oferta interna bruta de energia no sistema energético brasileiro                             | 37            |
| TABELA 11 – Consumo de energia final no sistema energético brasileiro  | 38            |
| TABELA 12 – Variação anual do consumo de energia final no sistema energético brasileiro                                    | 39            |
| TABELA 13 – Variação das emissões de carbono de combustíveis fósseis da oferta interna bruta e do consumo final de energia | 40            |
| TABELA 14 – Emissões de CO <sub>2</sub> da biomassa  | 43            |
| TABELA 15 – Variação anual das emissões de CO <sub>2</sub> da biomassa   | 43            |





## Prefácio

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima entrou em vigor no Brasil em 1994, após ratificação pelo Congresso Nacional. Nos termos da Convenção, os países assumem, entre outros, o compromisso de desenvolver e atualizar, periodicamente, inventários nacionais das emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros dos gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, além de fornecer uma descrição geral das providências para implementar a Convenção. A série de relatórios setoriais, aqui apresentada, abrange os trabalhos que serviram de base para a elaboração do primeiro inventário brasileiro de gases de efeito estufa, referente ao período 1990-1994.

Para que o Brasil atendesse seus compromissos internacionais nesse campo, foi estabelecido, sob a coordenação do Ministério da Ciência e Tecnologia, um quadro institucional, na forma de um Programa, que também envolveu, para a elaboração dos relatórios setoriais, especialistas externos e instituições com reconhecida capacidade em cada área específica. Aos coordenadores setoriais coube a tarefa de envolver instituições e especialistas nas áreas definidas, para coleta e organização de dados, informações e bibliografia. As atividades foram desenvolvidas de maneira descentralizada, dada sua natureza multidisciplinar, envolvendo cerca de uma centena de instituições e quinhentos especialistas dos setores energético, industrial, florestal, agropecuário e de tratamento de resíduos. Os trabalhos, em muitos casos, envolveram a estimativa de indicadores e coleta de informações que não estão disponíveis na literatura científica nacional e, em alguns casos, informações privadas de empresas nacionais.

A metodologia adotada pela Convenção foi desenvolvida pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC, em conjunto com a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômicos - OCDE e a Agência Internacional de Energia - IEA, com o objetivo de permitir o cálculo e a apresentação das emissões antrópicas líquidas nacionais de gases de efeito estufa e encorajar sua disseminação entre os países participantes do IPCC e Partes da Convenção.

Algumas características importantes merecem ser ressaltadas. Em primeiro lugar, as emissões representam estimativas feitas em *bona fide*, ou seja, visam minimizar as incertezas e não criar viés infundado. Buscou-se a melhor estimativa possível, levando em consideração o atual estágio do conhecimento científico e a disponibilidade de recursos humanos e financeiros. Nem sempre as estatísticas existentes no País permitem a adequada avaliação das emissões e, de modo geral, em determinados setores onde não existe informação, métodos específicos foram desenvolvidos para avaliação do nível de atividade.

Adicionalmente, a coordenação do MCT, mediante a revisão detalhada dos resultados, orientou-se na busca do controle da qualidade, da confiabilidade e da transparência das informações contidas nos relatórios setoriais, disponíveis a qualquer interessado no endereço eletrônico [www.mct.gov.br/clima](http://www.mct.gov.br/clima). São encorajados comentários e sugestões que possam aprimorar o conteúdo dos relatórios, que resultarão no documento final a ser apresentado à Convenção.

Cumpramos ressaltar que esta série de relatórios representa um pequeno passo na compreensão dos diferentes processos de emissões de gases de efeito estufa por atividades antrópicas no País, mas representa um grande avanço para o Brasil. O enfoque baseado na idéia de um processo de melhorias contínuas e graduais permitiu o êxito, alcançado em apenas cinco anos, no esforço de coordenação das atividades nos diferentes setores nacionais, a participação abrangente de instituições e especialistas e a capacitação e conscientização da sociedade nas questões da mudança do clima.

Esse esforço permitiu e continuará a garantir o papel de relevo do Brasil nas negociações internacionais sobre mudança do clima, ao qual se soma, do ponto de vista interno, a recente ratificação do Protocolo de Quioto pelo Brasil. Mais do que isso, boa parte desse esforço terá sido empreendida não apenas em cumprimento a disposições de uma convenção internacional, mas em proveito do País e da sociedade brasileira.

Embaixador Ronaldo Mota Sardenberg  
Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia  
Brasília, junho de 2002

## Introdução

A questão do aquecimento global, difícil de ser compreendida por sua complexidade científica e a existência de poucos especialistas neste tema no Brasil, geralmente envolvidos com projetos considerados mais prioritários, tornam a elaboração do inventário brasileiro de emissões de gases de efeito estufa um esforço complexo e pioneiro.

Há, além dessas dificuldades, a falta de material disponível em português sobre o assunto, a falta de conhecimento sobre as obrigações brasileiras no âmbito da Convenção, a falta de recursos para estudos mais abrangentes e dúvidas sobre os benefícios que adviriam para as instituições envolvidas nesse processo.

Outra dificuldade encontrada é o fato de a mudança do clima não ser um tema prioritário nos países em desenvolvimento, cujas prioridades referem-se ao atendimento de necessidades urgentes, nas áreas social e econômica, tais como a erradicação da pobreza, a melhoria das condições de saúde, o combate à fome, a garantia de condições dignas de moradia, entre outras. Neste sentido, os países em desenvolvimento, como o Brasil, confrontam-se com padrões do século 21, antes mesmo de haverem superado os problemas do século 19. O Brasil, entretanto, é um país em desenvolvimento que possui uma economia muito complexa e dinâmica. É o quinto país mais populoso e de maior extensão do mundo, oitava economia mundial, grande produtor agrícola e um dos maiores produtores mundiais de vários produtos manufaturados, incluindo cimento, alumínio, produtos químicos, insumos petroquímicos e petróleo.

Em comparação com os países desenvolvidos, o Brasil não é um grande emissor no setor energético. Isso se deve ao fato de ser o Brasil um país tropical, com invernos moderados e por mais de 60% de sua matriz energética ser suprida por fontes renováveis. Mais de 95% da eletricidade brasileira é gerada por usinas hidrelétricas e há uma ampla utilização de biomassa (utilização de álcool nos veículos, uso do bagaço da cana-de-açúcar para a geração de vapor, uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica, etc.). Além disso, programas de conservação de energia têm buscado, desde meados da década de 80, melhorar ainda mais a produção de energia e os padrões de consumo no Brasil.

Para que o Brasil cumprisse as obrigações assumidas no âmbito da Convenção, foi estabelecido um quadro institucional na forma de um Programa, sob a coordenação do Ministério da Ciência e Tecnologia, com recursos financeiros aportados pelo PNUD/GEF e apoio adicional do governo norte-americano. Buscou-se, durante a elaboração do inventário, por sua abrangência e especificidade, envolver diversos setores geradores de informação e a participação de especialistas de diversos ministérios, instituições federais, estaduais, associações de classe da indústria, empresas públicas e privadas, organizações não-governamentais, universidades e centros de pesquisas.

Por sua própria origem, a metodologia do IPCC adotada pela Convenção tem, como referência, pesquisas realizadas e metodologias elaboradas por especialistas de países desenvolvidos, onde as emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis representam a maior parte das emissões. Em consequência, setores importantes para os países em desenvolvimento, como a agricultura e a mudança no uso da terra e florestas, não são tratados com a profundidade necessária. Portanto, os fatores de emissão *default* ou até mesmo a própria metodologia devem ser analisados com a devida cautela, uma vez que não refletem, necessariamente, as realidades nacionais. Em muitos casos, não há pesquisa no Brasil que permita avaliar os valores apresentados ou a própria metodologia proposta. Onde existem pesquisas foram encontrados, em

alguns casos, valores significativamente discrepantes. A avaliação de emissões decorrentes do uso intensivo de biomassa no Brasil também não encontra apoio na metodologia, muito embora tais emissões, dado o caráter renovável da biomassa, não sejam contabilizadas nos totais nacionais.

A aplicação da metodologia do IPCC pelos países em desenvolvimento impõe a esses países um ajuste a um sistema para cuja elaboração pouco contribuíram. De qualquer modo, durante sua aplicação, não abdicamos do dever de exercer alguma influência, ainda que modesta, por exemplo, em relação à mudança de uso da terra e florestas. Deve-se levar em conta que o Brasil é um dos países que têm melhores e mais abrangentes sistemas de monitoramento permanente deste setor. Estudos pioneiros foram realizados em relação às emissões de gases de efeito estufa pela conversão de florestas em terras para uso agrícola, pelos reservatórios de hidrelétricas e por queimadas prescritas do cerrado. Cuidado deve ser tomado, também, ao se comparar os resultados totais de emissões por tipo de gás de efeito estufa. Diferenças metodológicas com outros inventários internacionais de emissões de gases de efeito estufa, em especial com alguns países desenvolvidos que não relatam adequadamente suas emissões, como, por exemplo, no caso de mudanças no uso da terra e florestas, impedem a simples comparação dos resultados.

No Brasil, a busca e coleta de informação não são adequadas por causa do custo de obtenção e armazenamento de dados e há pouca preocupação institucional com a organização ou fornecimento de informação, principalmente em nível local. Há, ainda, carência de legislação que obrigue as empresas a fornecer informações, em especial no que diz respeito às emissões de gases de efeito estufa. Por outro lado, muitas vezes, medições não se justificam para o inventário de emissões de gases de efeito estufa por si só, devido ao custo relativamente alto da medição, quando comparado a qualquer melhoria da precisão da estimativa.

Deve-se ter em conta que a elaboração de um inventário nacional é um empreendimento intensivo em recursos. Há que se estabelecer prioridades para realizar estudos e pesquisas de emissões nos setores e gases de efeito estufa principais, uma vez que a metodologia das estimativas e a qualidade dos dados podem melhorar com o tempo. Em virtude deste fato, os relatórios setoriais baseiam-se, normalmente, em trabalhos previamente feitos por diversas instituições nacionais.

Finalmente, é preciso lembrar que ao mesmo tempo que a avaliação das emissões anuais por cada um dos países é importante para o dimensionamento das emissões globais e para a compreensão da evolução futura do problema das mudanças climáticas, as emissões anuais de gases de efeito estufa não representam a responsabilidade de um país em causar o aquecimento global, visto que o aumento da temperatura é função da acumulação das emissões históricas dos países, que elevam as concentrações dos diversos gases de efeito estufa na atmosfera. Para cada diferente nível de concentração de cada gás de efeito estufa, há uma acumulação de energia na superfície da Terra ao longo dos anos. Como é mencionado na proposta brasileira apresentada durante as negociações do Protocolo de Quioto (documento FCCC/AGBM/1997/MISC.1/Add.3), a responsabilidade de um país só pode ser corretamente avaliada se forem consideradas todas as suas emissões históricas, o conseqüente acúmulo de gases na atmosfera e o aumento da temperatura média da superfície terrestre daí resultante. Portanto, os países desenvolvidos, que iniciaram suas emissões de gases de efeito estufa a partir da Revolução Industrial, têm maior responsabilidade por causar o efeito estufa atualmente e continuarão a ser os principais responsáveis pelo aquecimento global por mais um século.

## Sumário Executivo

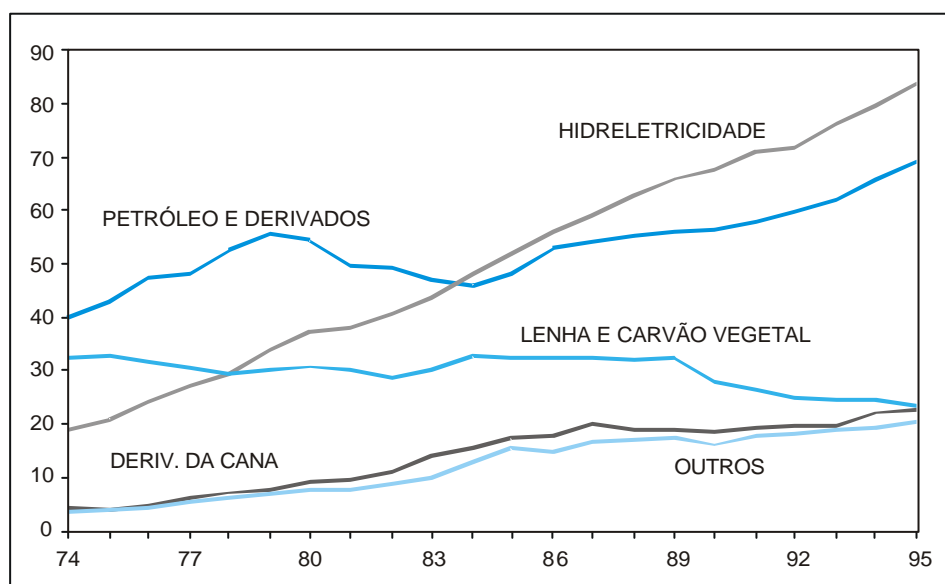
Este relatório apresenta as estimativas das emissões de CO<sub>2</sub> da queima de combustíveis para o período de 1990 a 1994, com base na abordagem *top-down* definida das Diretrizes Revisadas de 1996 do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC.

O presente relatório foi elaborado conforme contrato firmado entre o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, a agência implementadora do Fundo Global para o Meio Ambiente e o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia - COPPE, no âmbito do Projeto BRA/95/G31. Os recursos financeiros para este trabalho foram disponibilizados por meio de um acordo bilateral com o *United States Country Studies Program*.

Este estudo foi solicitado, revisado e reestruturado pela Coordenação Geral de Mudanças Globais do Ministério da Ciência e Tecnologia, a agência executora do Projeto, e elaborado por uma equipe de professores e pesquisadores do Programa de Planejamento Energético - PPE e do Programa de Transporte - PET da COPPE, localizada no Rio de Janeiro - RJ.

O relatório apresenta uma breve descrição do sistema energético brasileiro, salientando suas características únicas, como o uso de fontes de energia renováveis, como mostrado na Figura I.

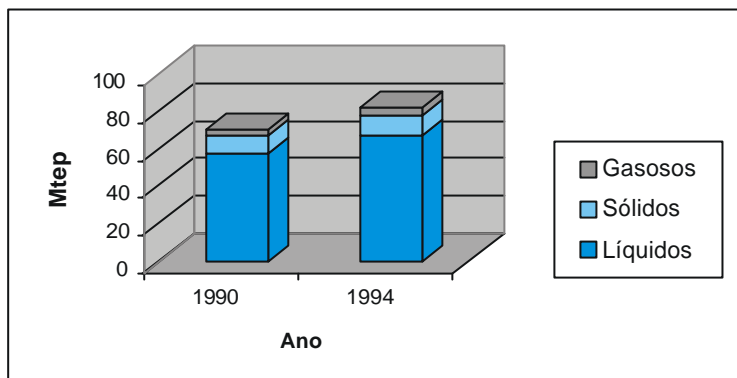
**Figura I** – Oferta interna bruta de energia por fonte (Mtep)



Fonte: BEN, 1998.

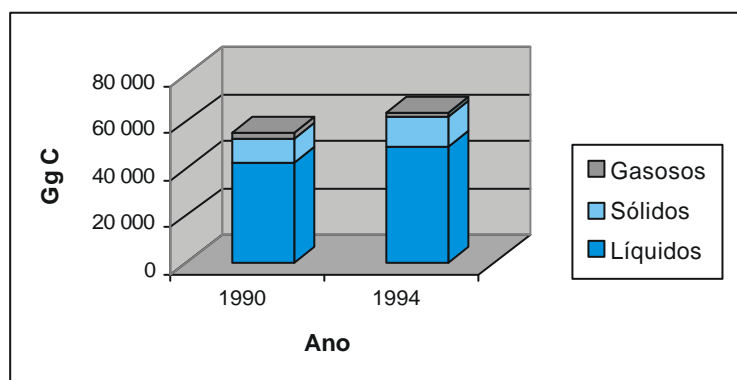
As estimativas das emissões basearam-se nos dados de energia por fonte, obtidos do Balanço Energético Brasileiro, publicado anualmente pelo Ministério de Minas e Energia. O consumo total aparente de combustíveis fósseis foi de aproximadamente 70,8 Mtep em 1990 e 81,9 Mtep em 1994, como apresentado na Figura II, aumentando 15,6% nesse período. Os *bunkers* internacionais foram avaliados separadamente, contabilizando 1,0 Mtep em 1990 e 1,7 Mtep em 1994.

**Figura II** – Consumo aparente de combustíveis fósseis (Mtep)



As emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da queima de combustíveis fósseis foram estimadas em 55,2 TgC em 1990 e 64,4 TgC em 1994, aumentando 16,6% nesse período. As emissões devidas ao consumo de combustíveis fósseis líquidos foi equivalente a 77% do total em 1994, enquanto os combustíveis fósseis sólidos e gasosos foram responsáveis por 19% e 4% respectivamente, como apresentado na Figura III.

**Figura III** – Emissões de CO<sub>2</sub> dos combustíveis fósseis (Gg C)



O relatório também apresenta as estimativas das emissões de CO<sub>2</sub> decorrentes do uso da biomassa no sistema energético, seguindo a recomendação do IPCC de incluir essa informação sem somar essas emissões às emissões totais dos combustíveis fósseis.

## Introdução

Este trabalho visa adequar a metodologia já estabelecida pelo IPCC (IPCC,1996), para a determinação das emissões de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) por fontes de energia, às condições específicas do sistema energético brasileiro e aplicá-la no cálculo de suas emissões, nos anos de 1990 a 1994.

O capítulo 1 deste trabalho descreve sucintamente o sistema energético brasileiro, enfatizando suas características particulares como a utilização de fontes renováveis de energia.

Tendo essa descrição como pano de fundo, o capítulo 2 apresenta os resultados dos cálculos das emissões de  $\text{CO}_2$  derivadas do consumo de combustíveis fósseis, no sistema energético brasileiro, nos anos de 1990 a 1994, e analisa a evolução dessas emissões ao longo desse período.

O capítulo 3 apresenta as estimativas das emissões de  $\text{CO}_2$  provenientes do consumo de biomassa no sistema energético e analisa a sua evolução temporal, no período de interesse. As estimativas visam atender à recomendação do IPCC de que as emissões de  $\text{CO}_2$  da biomassa devem ser incluídas no inventário nacional de emissões do sistema energético apenas a título de informação sem serem adicionadas às emissões dos combustíveis fósseis.

Com base no material apresentado e discutido nos capítulos anteriores, o capítulo 4 apresenta as considerações finais do trabalho. Ressaltam-se as vantagens comparativas do Brasil, no tocante às emissões de  $\text{CO}_2$  do seu sistema energético, pelo uso de fontes renováveis, e alerta-se sobre a necessidade da implantação de políticas que criem condições para a manutenção dessas vantagens.

O Anexo I do relatório apresenta a metodologia e os dados empregados no cálculo das emissões de  $\text{CO}_2$ .

O Anexo II apresenta as planilhas detalhadas contendo todos os cálculos realizados.

No Anexo III apresentamos a análise das emissões de carbono da biomassa não renovável. Nessa parte, são contabilizadas as emissões da biomassa considerando-se o abatimento do carbono da parcela renovável da biomassa. Essas estimativas são úteis para uma melhor compreensão do grau de importância da biomassa renovável no sistema energético, sob o ponto de vista das suas emissões de  $\text{CO}_2$ . Posteriormente, é feita a composição das emissões de  $\text{CO}_2$  dos combustíveis fósseis e da biomassa energética não renovável e são determinadas as emissões totais do sistema energético, para o período de 1990 a 1994. Apesar dessa

abordagem não estar de acordo com a metodologia do IPCC, onde as emissões da biomassa são relatadas na parte de energia mas contabilizadas na parte de uso de solo, ela é de interesse científico e contribui para uma análise sobre a intensidade de carbono do setor energético brasileiro.

Adicionalmente, no Anexo IV se analisa a evolução das emissões brasileiras, no período de tempo de interesse, e se traça comparações entre os sistemas energéticos do Brasil e dos Estados Unidos, no tocante às suas emissões de CO<sub>2</sub>, discutindo-se as vantagens comparativas que o Brasil apresenta pelo uso de fontes renováveis de energia no lugar do emprego intensivo de combustíveis fósseis. Essa análise é feita a partir do estabelecimento de indicadores que visam inferir o desempenho do sistema energético brasileiro, no tocante às suas emissões de CO<sub>2</sub>.

O presente relatório foi elaborado por uma equipe de professores e pesquisadores do Programa de Planejamento Energético e do Programa de Transporte, da COPPE/UFRJ, revisado e reestruturado pela equipe da Coordenação Geral de Mudanças Globais do MCT. Sua execução contou com o suporte do Ministério da Ciência e Tecnologia, através de um convênio firmado entre a Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos - COPPETEC e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, para utilização dos recursos do Programa *United States Initiative for Country Studies on Climate Change*.

## 1 O Sistema Energético Brasileiro

A Tabela 1 apresenta a oferta interna bruta de energia<sup>1</sup>, de origem renovável e não renovável, no Brasil, nos anos de 1970, 1974, 1990 e 1994, e a Figura 1 apresenta a sua evolução temporal no período de 1974 a 1995. A Tabela 2 apresenta o consumo de energia final<sup>2</sup>, primária<sup>3</sup> e secundária<sup>4</sup>, nos anos 1970, 1974, 1990 e 1994, e as Figuras 2 e 3 apresentam a sua evolução no período de 1974 a 1995, em Mtep e percentual, respectivamente.

Conforme se verifica nessas tabelas e figuras, tem sido considerável a participação das

---

<sup>1</sup> Oferta interna bruta de energia - representa a quantidade de energia que se coloca à disposição no país para ser transformada e/ou consumida.

<sup>2</sup> Energia final - produtos energéticos fornecidos ao usuário final para o atendimento de suas necessidades de consumo.

<sup>3</sup> Energia primária - produtos energéticos providos pela natureza, na sua forma direta.

<sup>4</sup> Energia secundária - produtos energéticos provenientes dos diversos centros de transformação de energia que têm como destino os setores de consumo ou outros centros de transformação.



fontes renováveis de energia primárias e secundárias na matriz energética brasileira, a saber: a lenha, o carvão vegetal, a energia hidráulica, o bagaço e o álcool de cana-de-açúcar.

Até a década de 70, a lenha, extraída principalmente de florestas nativas, representava a principal fonte energética do país, atendendo principalmente ao consumo dos setores residencial (cocção de alimentos), industrial (geração de vapor e calor direto) e agropecuário (secagem de grãos) e à produção de carvão vegetal. Em 1970, o uso da lenha ainda era dominante, representando cerca de 43% da oferta interna bruta de energia e 40% do consumo final total de energia do país.

Como apresentado nas Figuras 1 a 3, no início da década de 70, como consequência do quadro de exaustão das florestas nativas perto dos mercados consumidores e da penetração de outras fontes, a participação da lenha na matriz energética começou a declinar. Com a crise energética da década de 70, esse declínio sofreu uma pequena desaceleração, resultante dos projetos de reflorestamento para a produção de carvão vegetal para a indústria siderúrgica. A lenha se estabilizou em segundo lugar na oferta interna bruta de energia, superada apenas pelo petróleo.

**Tabela 1** – Oferta interna bruta de energia por fonte

| FONTE                                  | ANO               |              |                   |              |                   |             |                   |             |
|--|-------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
|  | 1970              |              | 1974              |              | 1990              |             | 1994              |             |
|  | Mtep <sup>a</sup> | %            | Mtep <sup>a</sup> | %            | Mtep <sup>a</sup> | %           | Mtep <sup>a</sup> | %           |
| <i>Oferta de energia primária</i>      | <b>74,5</b>       | <b>100,6</b> | <b>99,1</b>       | <b>100,0</b> | <b>181,2</b>      | <b>96,8</b> | <b>197,6</b>      | <b>93,7</b> |
| <b>Energia não renovável</b>           | <b>27,7</b>       | <b>37,4</b>  | <b>43,0</b>       | <b>43,4</b>  | <b>73,0</b>       | <b>39,0</b> | <b>78,4</b>       | <b>37,2</b> |
| Petróleo                               | 25,2              | 34,0         | 40,0              | 40,3         | 59,3              | 31,6        | 61,8              | 29,3        |
| Gás natural                            | 0,2               | 0,2          | 0,5               | 0,5          | 4,2               | 2,3         | 5,0               | 2,4         |
| Carvão vapor e metalúrgico             | 2,4               | 3,2          | 2,5               | 2,5          | 9,5               | 5,1         | 10,2              | 4,8         |
| Urânio - U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> |                   |              |                   |              |                   |             | 1,3               | 0,6         |
| <b>Energia renovável</b>               | <b>46,8</b>       | <b>63,2</b>  | <b>56,1</b>       | <b>56,6</b>  | <b>108,2</b>      | <b>57,8</b> | <b>119,2</b>      | <b>56,6</b> |
| Hidráulica <sup>b</sup>                | 11,5              | 15,6         | 19,0              | 19,2         | 59,9              | 32,0        | 70,4              | 33,4        |
| Lenha                                  | 31,5              | 42,5         | 32,2              | 32,5         | 28,2              | 15,0        | 24,5              | 11,6        |
| Produtos da cana-de-açúcar             | 3,5               | 4,8          | 4,5               | 4,6          | 17,9              | 9,6         | 21,3              | 10,1        |
| Outras primárias                       | 0,2               | 0,3          | 0,3               | 0,3          | 2,1               | 1,1         | 3,0               | 1,4         |
| <i>Oferta de energia secundária</i>    | <b>-0,4</b>       | <b>-0,6</b>  | <b>0,0</b>        | <b>0,0</b>   | <b>6,1</b>        | <b>3,2</b>  | <b>13,2</b>       | <b>6,3</b>  |
| Derivados de petróleo                  | -0,7              | -0,9         | -0,6              | -0,6         | -2,4              | -1,3        | 3,8               | 1,8         |
| Gás                                    | -0,1              | -0,1         | 0,0               | 0,0          | 0,0               | 0,0         | 0,0               | 0,0         |
| Coque                                  | 0,0               | 0,1          | 0,1               | 0,1          | 0,0               | 0,0         | 1,0               | 0,5         |
| Óxido de urânio - UO <sub>2</sub>      |                   |              |                   |              | 0,6               | 0,3         | -1,3              | -0,6        |
| Eletricidade <sup>b</sup>              | 0,0               | 0,0          | 0,0               | 0,0          | 7,7               | 4,1         | 9,2               | 4,4         |
| Outras secundárias                     | 0,3               | 0,4          | 0,5               | 0,5          | 0,3               | 0,2         | 0,5               | 0,3         |
| <b>Oferta interna bruta</b>            | <b>74,0</b>       | <b>100</b>   | <b>99,2</b>       | <b>100</b>   | <b>187,3</b>      | <b>100</b>  | <b>210,8</b>      | <b>100</b>  |

Fonte: (BEN,1998).

Notas:

<sup>a</sup> 1 tep (1 tonelada equivalente de petróleo)  $\cong$  45,22 GJ (com base no poder calorífico superior médio do petróleo consumido no Brasil).

<sup>b</sup> Para a conversão de energia hidráulica e eletricidade em toneladas equivalentes de petróleo, o BEN adota o princípio de “equivalência na produção”, que estabelece a quantidade de petróleo necessária para gerar 1 MWh em uma usina termelétrica (1MWh = 0,29 tep). A maioria dos países adota o princípio de “equivalência no consumo” baseado na primeira lei da termodinâmica (1MWh = 0,086 tep). A convenção adotada no Brasil superestima a oferta interna bruta de energia hidráulica, eletricidade e energia nuclear, bem como o consumo final de eletricidade, podendo distorcer as comparações com outros países.

A partir de 1978, a oferta de energia hidráulica superou a participação da lenha como fonte primária, que passou então a ocupar o terceiro lugar até os dias atuais.

Além das mudanças no consumo da lenha energética no país, cabe também ressaltar a alteração na distribuição do seu consumo. Conforme mostrado na Tabela 3 e na Figura 4, no período de 1970 a 1994, o consumo de lenha destinado à conversão em carvão vegetal

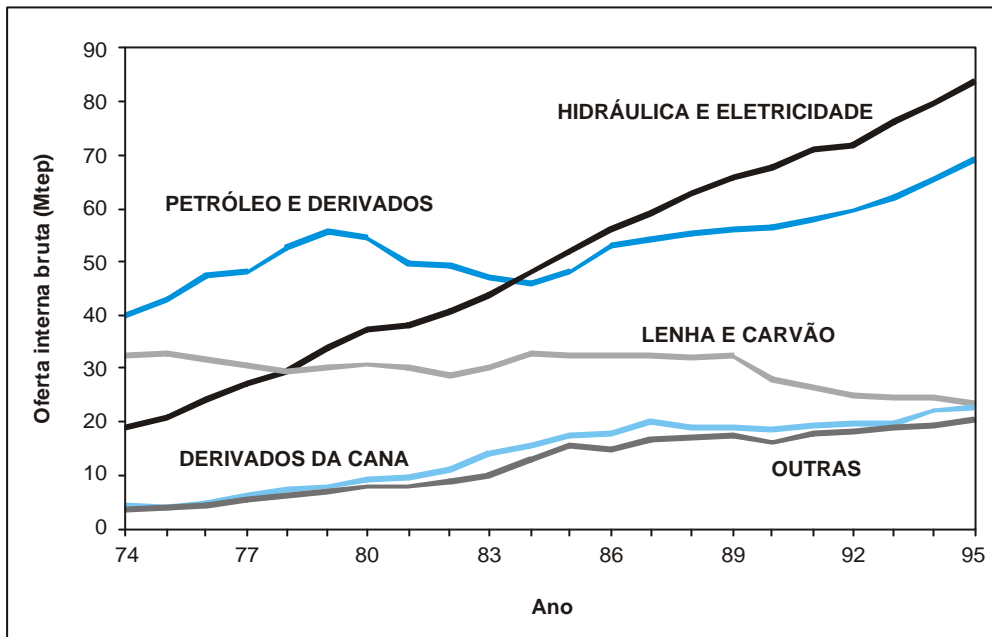
se expandiu 190%, enquanto o seu consumo final, na forma primária, sofreu uma redução de 50%.

**Tabela 2** – Consumo final de energia por fonte

| FONTE DE ENERGIA                 | ANO         |             |             |             |              |             |              |             |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
|                                  | 1970        |             | 1974        |             | 1990         |             | 1994         |             |
|                                  | Mtep        | %           | Mtep        | %           | Mtep         | %           | Mtep         | %           |
| <b><i>Energia primária</i></b>   | <b>31,4</b> | <b>45,3</b> | <b>30,9</b> | <b>33,3</b> | <b>32,0</b>  | <b>18,9</b> | <b>34,9</b>  | <b>18,2</b> |
| Petróleo                         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0          | 0,0         | 0,0          | 0,0         |
| Gás natural                      | 0,1         | 0,1         | 0,3         | 0,4         | 3,0          | 1,8         | 3,7          | 1,9         |
| Carvão vapor e metalúrgico       | 0,1         | 0,1         | 0,1         | 0,1         | 1,0          | 0,6         | 1,1          | 0,6         |
| Lenha para queima direta         | 28,0        | 40,5        | 26,1        | 28,2        | 15,4         | 9,1         | 13,6         | 7,1         |
| Produtos da cana-de-açúcar       | 3,1         | 4,5         | 4,1         | 4,4         | 11,1         | 6,5         | 14,3         | 7,5         |
| Outras primárias                 | 0,1         | 0,2         | 0,3         | 0,3         | 1,5          | 0,9         | 2,2          | 1,1         |
| <b><i>Energia Secundária</i></b> | <b>37,8</b> | <b>54,7</b> | <b>61,9</b> | <b>66,7</b> | <b>137,5</b> | <b>81,1</b> | <b>156,0</b> | <b>81,8</b> |
| Óleo diesel                      | 5,3         | 7,6         | 8,8         | 9,5         | 20,3         | 12,0        | 23,2         | 12,1        |
| Óleo combustível                 | 6,5         | 9,4         | 11,7        | 12,7        | 9,4          | 5,6         | 10,2         | 5,4         |
| Gasolina                         | 7,3         | 10,5        | 10,7        | 11,6        | 7,3          | 4,3         | 9,1          | 4,8         |
| GLP                              | 1,3         | 1,9         | 1,9         | 2,0         | 5,5          | 3,3         | 6,0          | 3,1         |
| Nafta                            | 0,0         | 0,0         | 1,0         | 1,1         | 4,8          | 2,8         | 5,9          | 3,1         |
| Querosene                        | 1,1         | 1,6         | 1,6         | 1,8         | 2,1          | 1,3         | 2,1          | 1,1         |
| Gás                              | 0,4         | 0,5         | 0,4         | 0,5         | 1,5          | 0,9         | 1,5          | 0,8         |
| Coque                            | 1,2         | 1,7         | 1,3         | 1,4         | 5,0          | 3,0         | 6,6          | 3,5         |
| Urânio (UO <sub>2</sub> )        | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0          | 0,0         | 0,0          | 0,0         |
| Eletricidade                     | 11,5        | 16,6        | 18,4        | 19,8        | 63,1         | 37,3        | 72,4         | 38,0        |
| Carvão vegetal                   | 1,6         | 2,2         | 2,7         | 2,9         | 6,0          | 3,5         | 5,2          | 2,7         |
| Álcool etílico                   | 0,3         | 0,4         | 0,3         | 0,3         | 6,0          | 3,5         | 6,8          | 3,6         |
| Outras secundárias de petróleo   | 0,2         | 0,3         | 0,9         | 1,0         | 3,0          | 1,7         | 3,6          | 1,9         |
| Não-energéticos de petróleo      | 1,2         | 1,7         | 1,9         | 2,1         | 3,2          | 1,9         | 3,1          | 1,6         |
| Alcatrão                         | 0,1         | 0,1         | 0,1         | 0,1         | 0,2          | 0,1         | 0,3          | 0,1         |
| <b>Total</b>                     | <b>69,1</b> | <b>100</b>  | <b>92,8</b> | <b>100</b>  | <b>169,4</b> | <b>100</b>  | <b>190,9</b> | <b>100</b>  |

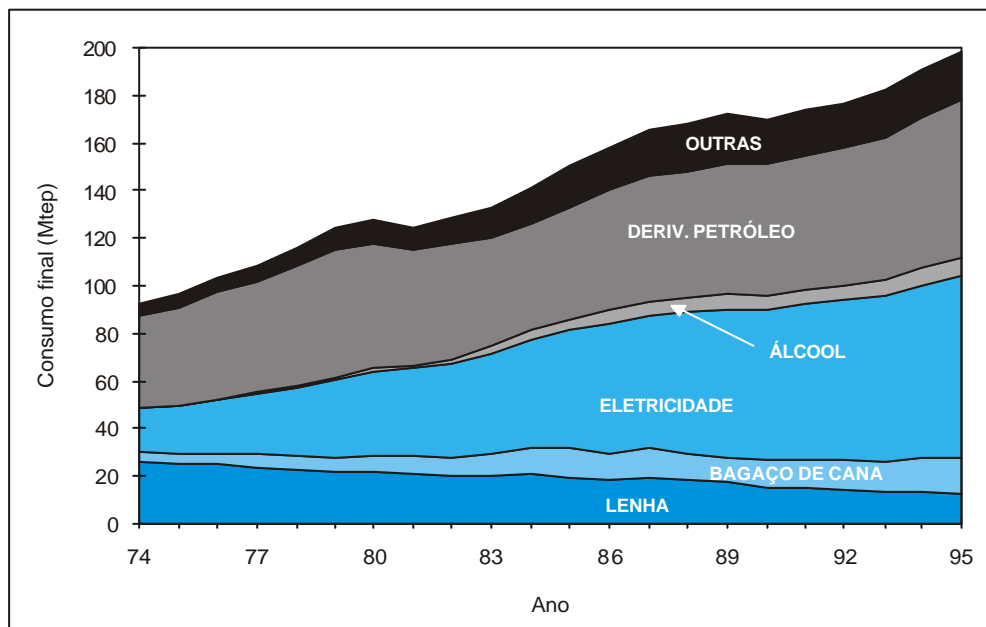
Fonte: (BEN,1998).

**Figura 1** – Oferta interna bruta de energia por fonte (Mtep)



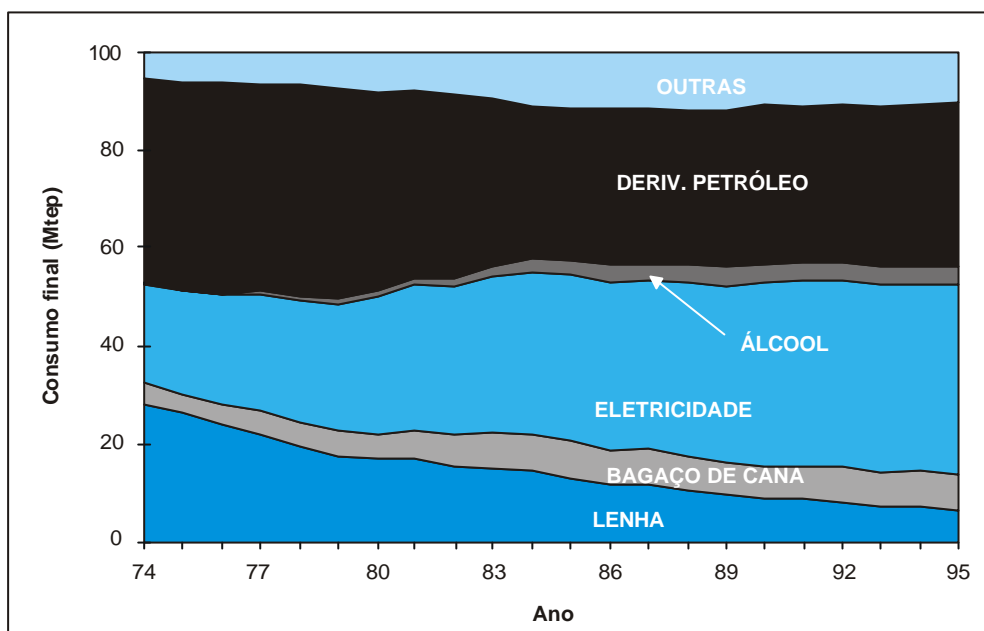
Fonte: (BEN, 1998).

**Figura 2** – Consumo final por fonte (Mtep)



Fonte: (BEN, 1998).

**Figura 3** – Consumo final por fonte (%)

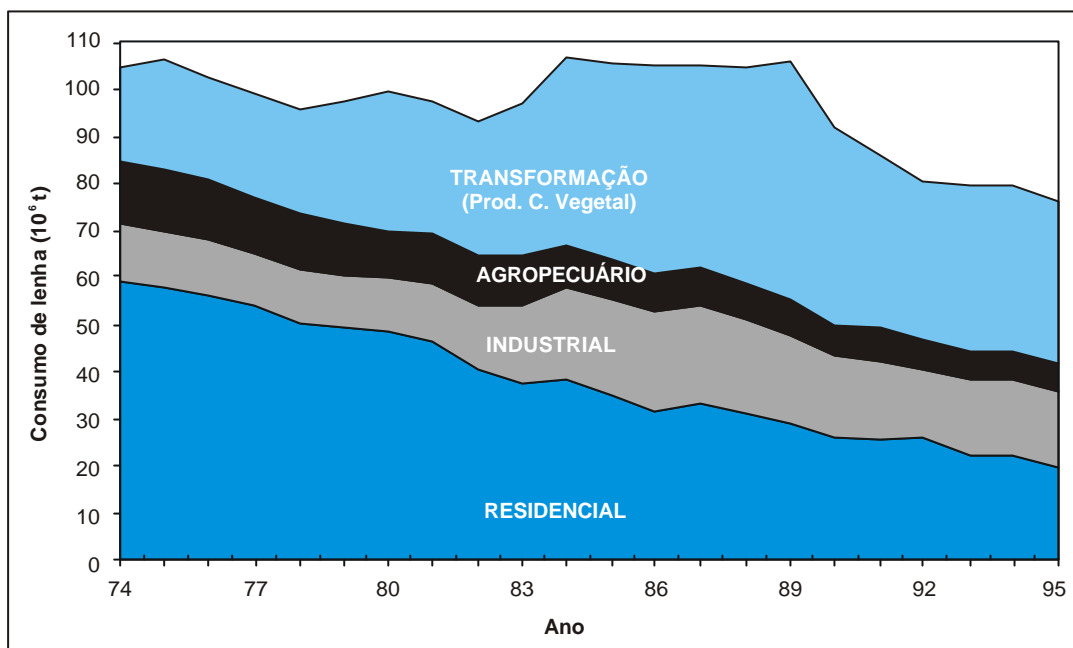


Fonte: (BEN, 1998).

**Tabela 3** – Evolução do consumo energético de lenha no Brasil

| Ano  | Usos                 |    |                  |    |                             |
|------|----------------------|----|------------------|----|-----------------------------|
|      | Transformação (Mtep) | %  | Uso Final (Mtep) | %  | Oferta Interna Bruta (Mtep) |
| 1970 | 3,5                  | 11 | 28,0             | 89 | 31,5                        |
| 1975 | 7,2                  | 22 | 25,5             | 78 | 32,7                        |
| 1980 | 9,1                  | 30 | 21,6             | 70 | 30,7                        |
| 1985 | 12,8                 | 39 | 19,7             | 61 | 32,5                        |
| 1990 | 12,7                 | 45 | 15,4             | 55 | 28,2                        |
| 1994 | 11,0                 | 45 | 13,6             | 55 | 24,5                        |

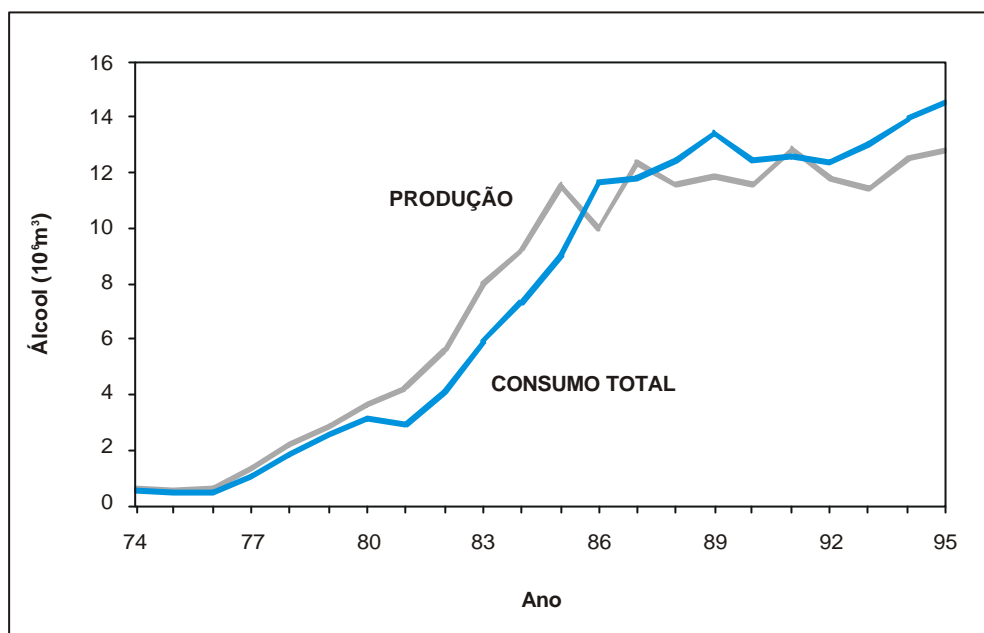
Fonte: (BEN, 1998).

**Figura 4** – Consumo de lenha por setor ( $10^6$  t)

Fonte: (BEN, 1998).

Outra importante fonte primária na matriz energética nacional, a cana-de-açúcar começou a aumentar sua participação a partir de 1975, quando foi criado o PROALCOOL, para incrementar a produção de álcool hidratado para uso automotivo. O consumo de álcool, restrito até 1975 praticamente ao álcool anidro adicionado à gasolina, atingiu o seu pico em 1989, quando alcançou 20% da energia total utilizada pelo setor de transportes e 40% do consumo de combustível dos veículos leves. Na época, os carros a álcool chegaram a participar com 90% das vendas de veículos leves novos.

Conforme se verifica na Figura 1, entre o ano de implantação do PROALCOOL e 1989, a oferta interna bruta de produtos energéticos da cana-de-açúcar cresceu aproximadamente 340%, num ritmo médio de 11% a.a., atendendo também à demanda de bagaço utilizado nas usinas de álcool e na indústria. A Figura 5 mostra que, nesse período, a produção de álcool cresceu cerca de 1900%, correspondendo a uma taxa média de cerca de 24% a.a.. Nos anos seguintes a 1989, a produção de álcool manteve-se estagnada ou declinou, resultado da combinação da queda do preço internacional do petróleo e da falta de políticas de incentivos à produção e ao uso desse combustível renovável. Além do álcool, a cana-de-açúcar também produz o bagaço de cana que supre hoje cerca de 7 a 8% do consumo energético final nacional (Tabela 2).

**Figura 5** – Oferta e demanda de álcool ( $10^6 \text{ m}^3$ )

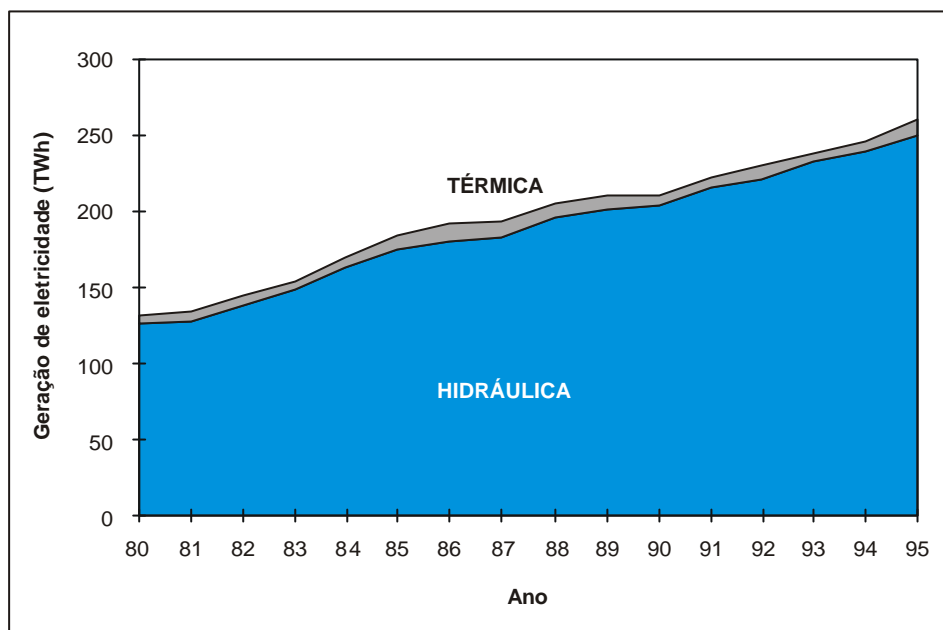
Fonte: (BEN, 1998).

Outra fonte renovável, a energia hidráulica ganhou impulso na década de 1960, com a participação estatal no setor elétrico, através da construção de grandes hidrelétricas. A partir daí, a oferta bruta de energia de origem hidráulica cresceu, na média, 12,5% a.a., na década de 1970, 6,1% a.a., na década de 1980 (Figura 1), e 4,2% a.a., entre 1990 e 1994 (contabilizando-se nesses dois últimos períodos, a parcela de energia importada da participação paraguaia na UHE de Itaipu)<sup>5</sup>.

Na primeira metade da década de 80, a energia hidráulica tornou-se a principal fonte de energia primária, ultrapassando a participação do petróleo na matriz energética (Figura 1). Em 1994, a energia hidráulica já representava 33% da oferta interna bruta total de energia, sendo responsável por cerca de 96% do suprimento de eletricidade no país (Figura 6). Nesse mesmo ano, a eletricidade atendeu a cerca de 40% do consumo final energético do país.

<sup>5</sup> Utilizando o fator de conversão: 1 MWh = 0,29 tep.

**Figura 6** – Geração de eletricidade (TWh)



Fonte: (BEN, 1998).

As fontes primárias não renováveis empregadas no país são principalmente o petróleo, o carvão mineral, o urânio ( $U_3O_8$ ) e o gás natural.

A intensificação do uso do petróleo no país deve-se a duas principais causas. A primeira é decorrente da expansão do parque industrial nacional, no período entre a II Guerra Mundial e o segundo choque do petróleo, quando o país experimentou um desenvolvimento econômico acelerado com taxa de crescimento médio de 7% a.a.

A segunda causa, com raízes no setor de transportes, decorre da opção pelo transporte rodoviário, no escoamento da produção, nos transportes de massa e individual, este último influenciado pelos crescentes índices de urbanização do país e pela ineficiência dos transportes coletivos.

A utilização do carvão mineral no Brasil compreende o carvão vapor, totalmente produzido no país, e o carvão metalúrgico, atualmente quase todo importado, destinado ao setor siderúrgico. O carvão vapor brasileiro, utilizado predominantemente na geração termelétrica e na indústria, possui baixo poder calorífico, alto teor de cinzas (em torno de 50%) e média quantidade de enxofre (de 2 a 4%). Seu alto teor de cinzas torna o seu transporte antieconômico para longas distâncias, restringindo o seu consumo às localidades próximas



de sua ocorrência. Na geração termelétrica seu uso é restrito a usinas que operam em regime de complementação no sistema elétrico interligado, em períodos hídricos desfavoráveis, contribuindo com menos do que 3% da geração elétrica total do país (vide Figura 6).

Estudos realizados sobre o aproveitamento do carvão vapor brasileiro através de novas tecnologias de geração de eletricidade, tais como a combustão em leito fluidizado (FBC) e os sistemas integrados de gaseificação e ciclo combinado (IGCC) (Eletrobrás, 1995), concluíram que as reservas nacionais de carvão existentes são suficientes para atender as necessidades de expansão da termelétrica além do horizonte do ano 2015. Esse potencial está disposto por região produtora do país conforme apresentado na Tabela 4.

O urânio, apesar das suas consideráveis reservas nacionais, de cerca de 1.400 Mtep de  $U_3O_8$ , possui produção ainda incipiente. O baixo preço internacional do combustível nuclear não incentiva a produção para exportação e a demanda interna restringia-se, no período, apenas ao consumo anual do reator nuclear de Angra I, com 626 MWe<sup>6</sup>.

**Tabela 4** – Aproveitamento do carvão vapor brasileiro para a geração termelétrica

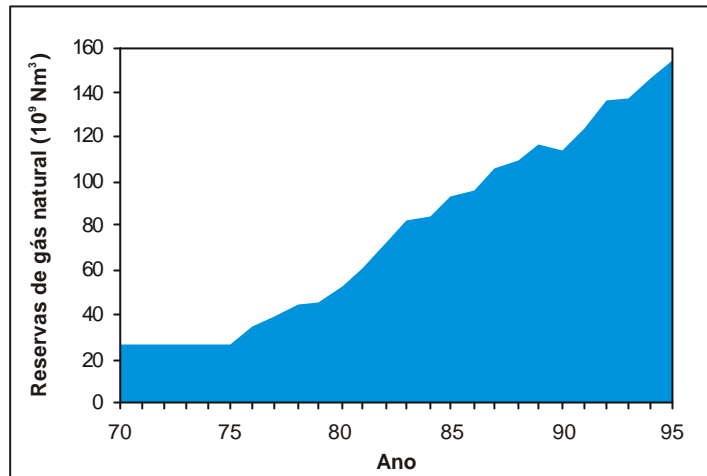
| Estado            | Capacidade Instalada (GW)    |                                |             |
|-------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------|
|                   | Reservas Medidas e Indicadas | Reservas Inferidas e Marginais | Total       |
| Rio Grande do Sul | 27,2                         | 29,5                           | 56,7        |
| Santa Catarina    | 1,8                          | 0,5                            | 2,2         |
| Paraná            | 0,3                          | -                              | 0,3         |
| <b>Total</b>      | <b>29,3</b>                  | <b>30,0</b>                    | <b>59,2</b> |

Fonte: Eletrobrás (1995) Plano 2015 - Plano Nacional de Energia Elétrica, 1993-2015.

Com relação ao gás natural, a sua participação na matriz energética brasileira é considerada tímida, quando comparada com outros países – apenas 2,4% da oferta interna bruta de energia (vide Tabela 1) e 1,5% da energia final consumida (vide Tabela 2), em 1994. As reservas nacionais de gás natural não são também elevadas – em 1994, cerca de 150 bilhões de Nm<sup>3</sup> (vide Figura 7), com uma relação R/P (reserva/produção) de cerca de 19 anos.

<sup>6</sup> Refere-se ao reator nuclear construído fora do Acordo Nuclear Brasil - Alemanha. Das oito unidades previstas a serem construídas no âmbito do acordo, apenas duas foram contratadas, Angra II e III. A usina de Angra II foi inaugurada em 2000 e a construção de Angra III ainda não foi iniciada.

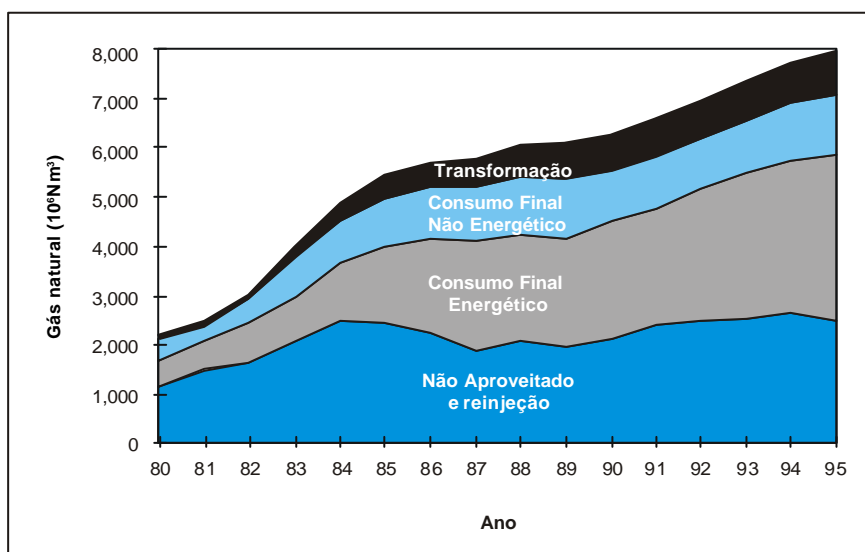
**Figura 7** – Reservas nacionais de gás natural (bilhões Nm<sup>3</sup>)



Fonte: BEN (1998).

Devido a grande parte do gás natural extraído no país ser associada ao petróleo, sua produção sempre dependeu da extração do petróleo e sua oferta, enquanto fonte energética, de políticas da Petrobrás. Em 1970, era aproveitado apenas 14% do gás natural produzido, sendo o restante reinjetado nos poços ou queimado nos *flares* das plataformas de petróleo. Esse índice de aproveitamento foi sendo gradualmente aumentado, tendo chegado a 70% em 1990 (vide Figura 8). Hoje, dada a produção insuficiente para atender à demanda dos setores residencial, industrial e da geração termelétrica, prevê-se a importação de gás natural da Bolívia e da Argentina.

**Figura 8** – Produção de gás natural (milhões Nm<sup>3</sup>)

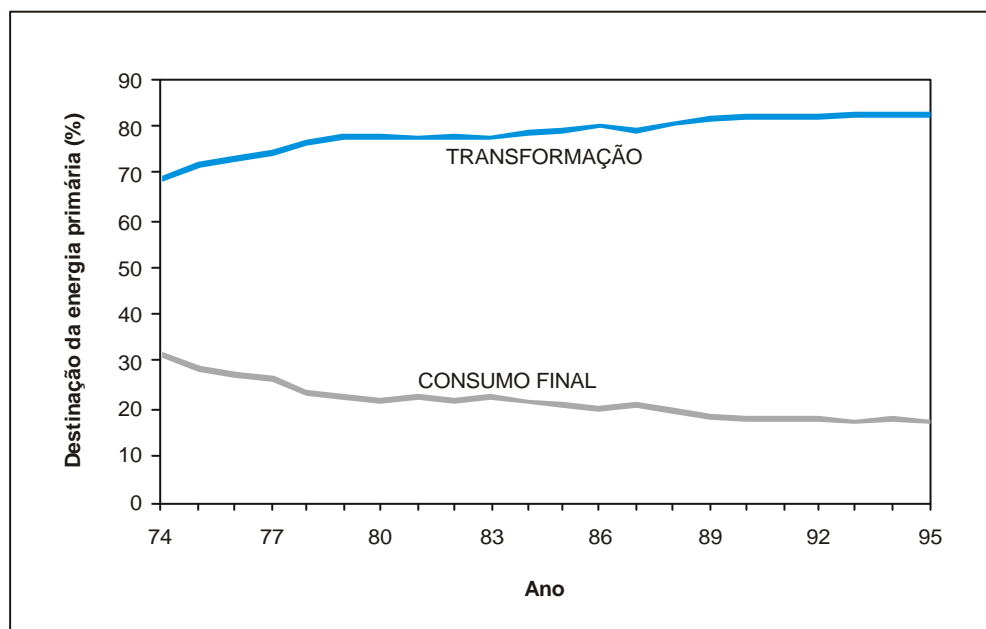


Fonte: (BEN, 1998).

No passado, as fontes de energia renováveis e não renováveis apresentaram taxas de crescimento relativamente próximas. Conforme se extrai da Tabela 1, entre 1970 e 1990, a taxa de crescimento médio da oferta bruta de energia renovável foi de cerca de 5% a.a., enquanto da energia não renovável foi de 4% a.a. Entre 1990 e 1994, ambas apresentaram crescimento médio em torno de 2% a.a.

Uma grande parte da produção de energia primária no país não é consumida diretamente e destina-se aos centros de transformação, onde a energia que entra, primária ou secundária, é convertida em uma ou mais formas de energia secundária. A Figura 9 apresenta a evolução da distribuição do destino da energia primária produzida país. Também, nem todo o combustível consumido no país destina-se ao uso energético. Do consumo nacional de energia primária e secundária, uma pequena parte é utilizada como matéria-prima na fabricação de produtos não energéticos, tais como a nafta petroquímica, o asfalto e os lubrificantes. Dessa forma, classifica-se o consumo final da energia como consumo final energético e não energético. A Tabela 5 apresenta a distribuição do consumo final da energia no Brasil, quanto aos seus usos. A Tabela 5 apresenta ainda a desagregação do consumo energético por setor de consumo. No ano de 1994, do consumo final total de energia, de aproximadamente 191 Mtep, apenas cerca de 5,7% destinou-se ao consumo não energético.

**Figura 9** – Participação das fontes primárias no consumo final e transformação de energia (%)



Fonte: (BEN, 1998).

**Tabela 5** – Consumo de energia final por setor

| SETOR                               | ANO         |                |             |                |              |                |              |                |
|-------------------------------------|-------------|----------------|-------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|
|                                     | 1970        |                | 1974        |                | 1990         |                | 1994         |                |
|                                     | Mtep        | % <sup>a</sup> | Mtep        | % <sup>a</sup> | Mtep         | % <sup>a</sup> | Mtep         | % <sup>a</sup> |
| <i>Consumo final energético</i>     | <b>67,7</b> | <b>97,9</b>    | <b>89,6</b> | <b>96,5</b>    | <b>159,7</b> | <b>94,3</b>    | <b>180,1</b> | <b>94,3</b>    |
| Industrial                          | 20,9        | 30,2           | 31,0        | 33,4           | 65,7         | 38,8           | 75,2         | 39,4           |
| Transporte                          | 13,0        | 18,8           | 20,5        | 22,1           | 32,3         | 19,1           | 37,1         | 19,4           |
| Residencial                         | 23,5        | 34,0           | 24,5        | 26,4           | 27,7         | 16,4           | 29,1         | 15,2           |
| Comercial                           | 1,9         | 2,7            | 2,8         | 3,0            | 7,8          | 4,6            | 9,0          | 4,7            |
| Público                             | 1,1         | 1,7            | 1,9         | 2,0            | 5,4          | 3,2            | 6,8          | 3,6            |
| Energético                          | 1,9         | 2,8            | 3,4         | 3,7            | 13,2         | 7,8            | 14,6         | 7,7            |
| Agropecuário                        | 5,3         | 7,7            | 5,4         | 5,9            | 7,3          | 4,3            | 8,2          | 4,3            |
| Outros consumos                     | 0,0         | 0,0            | 0,0         | 0,0            | 0,3          | 0,2            | 0,0          | 0,0            |
| <i>Consumo final não energético</i> | <b>1,4</b>  | <b>2,1</b>     | <b>3,2</b>  | <b>3,5</b>     | <b>9,7</b>   | <b>5,7</b>     | <b>10,8</b>  | <b>5,7</b>     |
| <i>Consumo final total</i>          | <b>69,2</b> | <b>100</b>     | <b>92,8</b> | <b>100</b>     | <b>169,4</b> | <b>100</b>     | <b>190,9</b> | <b>100</b>     |

Fonte: (BEN, 1998).

Nota:

<sup>a</sup> Os percentuais indicados para os consumos finais energéticos dos setores econômicos são calculados relativamente ao total do consumo energético. Os demais percentuais referem-se ao consumo final total.

Os maiores consumidores de energia final são os setores industrial, de transportes e residencial. A partir da Tabela 5, verifica-se que as participações relativas dos setores residencial e agropecuário no consumo final de energia vêm decrescendo desde 1970. Enquanto isso, as participações dos setores comercial e industrial tiveram um aumento expressivo, refletindo as transformações no perfil da economia do país. No caso do setor industrial, o aumento de seu consumo deve-se não apenas ao crescimento da sua produção econômica (efeito de atividade), mas também à introdução de indústrias energo-intensivas no país (efeito de estrutura), tais como as indústrias de alumínio, papel e celulose e siderurgia.

Parte da energia consumida no Brasil é importada. A Tabela 6 apresenta dados sobre a produção e o comércio externo de energia do país, por combustível, a Figura 10 a evolução da dependência externa de energia do país e a Figura 11 a evolução da dependência de petróleo importado. As informações apresentadas demonstram a forte dependência nacional do petróleo importado. Em 1970, o petróleo importado representava cerca de 24% da oferta interna bruta de energia do país e 69% da demanda total de petróleo. A partir de 1970, a dependência externa da energia cresceu, atingindo seu pico em 1978, quando as

importações de petróleo atingiram 36% da oferta interna bruta de energia (BEN, 1998) e 85% de todo o petróleo consumido no país (Figura 11). A partir de 1978, as importações de petróleo começaram a declinar em função da combinação dos resultados do PROALCOOL, dos programas governamentais de substituição de óleo combustível por eletricidade na indústria e do início da intensificação, por parte da Petrobrás, da exploração das reservas nacionais de petróleo, especialmente as reservas *offshore* de águas profundas. Até 1985, esse conjunto de ações já havia permitido as importações de petróleo diminuírem à metade (Figura 11) e a dependência externa de energia diminuir para 16% (BEN, 1998).

**Tabela 6** – Dependência externa de energia

| FONTE                             | ANO             |                                |                              |                 |                                |                              |                 |                                |                              |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------|--------------------------------|------------------------------|
|                                   | 1970            |                                |                              | 1990            |                                |                              | 1994            |                                |                              |
|                                   | Produção (Mtep) | Importação <sup>a</sup> (Mtep) | Dependência <sup>b</sup> (%) | Produção (Mtep) | Importação <sup>a</sup> (Mtep) | Dependência <sup>b</sup> (%) | Produção (Mtep) | Importação <sup>a</sup> (Mtep) | Dependência <sup>b</sup> (%) |
| Petróleo <sup>c</sup>             | 8,0             | 17,5                           | 68,6                         | 31,9            | 26,9                           | 45,7                         | 33,8            | 31,5                           | 48,3                         |
| Carvão metalúrgico <sup>d</sup>   | 0,5             | 1,5                            | 75,3                         | 0,3             | 7,8                            | 96,1                         | 0,1             | 9,2                            | 99,2                         |
| Eletricidade <sup>e</sup>         | 11,5            | 0,0                            | 0,0                          | 59,9            | 7,7                            | 11,4                         | 70,4            | 9,2                            | 11,6                         |
| <b>Energia total <sup>f</sup></b> | <b>57,1</b>     | <b>18,9</b>                    | <b>24,9</b>                  | <b>148,1</b>    | <b>43,0</b>                    | <b>22,5</b>                  | <b>162,5</b>    | <b>50,8</b>                    | <b>23,8</b>                  |

Fonte: (BEN, 1998).

Notas:

<sup>a</sup> Importações líquidas.

<sup>b</sup> Dependência = Importação/(Produção + Importação).

<sup>c</sup> A importação de petróleo inclui petróleo cru e derivados.

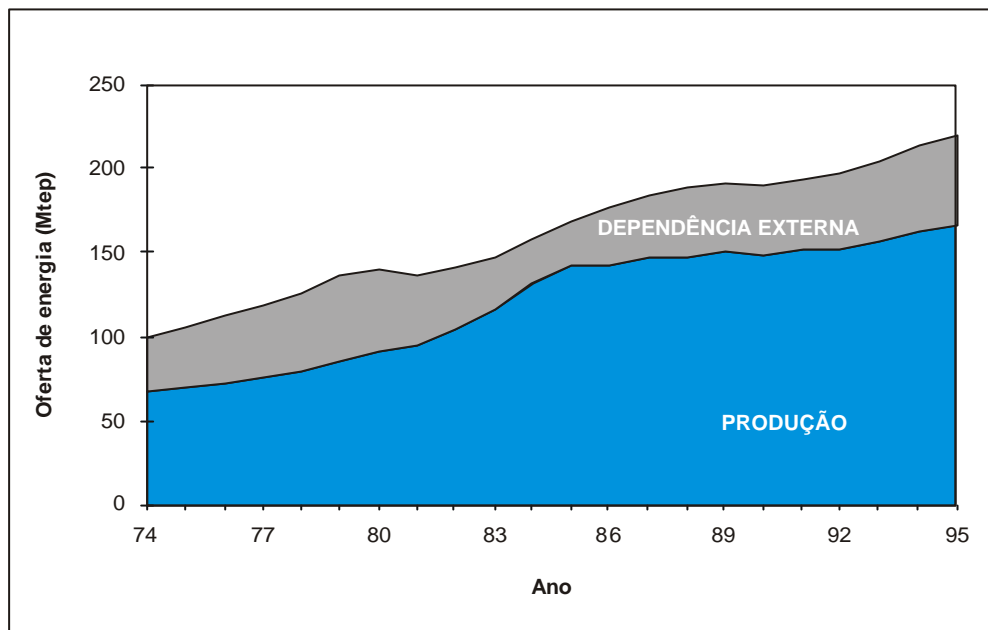
<sup>d</sup> A importação de carvão metalúrgico inclui também coque importado. Na contabilização energética do coque importado é feita equivalência de 1 tep de coque = 1,4 tep de carvão metalúrgico. A constante 1,4 foi obtida a partir da energia contida na quantidade de carvão metalúrgico necessária para produzir 1 tep de coque, determinada por informações do BEN.

<sup>e</sup> A produção de eletricidade inclui todas as formas de transformação de energia em eletricidade. A importação refere-se somente à geração hidrelétrica de Itaipu Binacional.

<sup>f</sup> Energia total: a produção refere-se apenas a produtos energéticos primários domésticos; a importação inclui produtos energéticos primários e secundários importados.

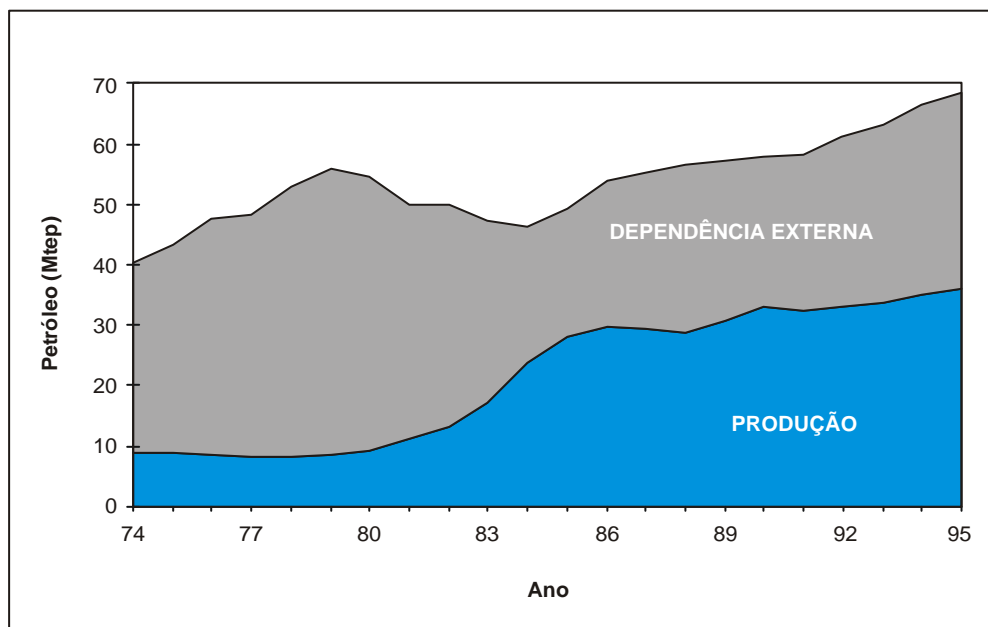
A partir de 1990, a dependência de energia externa voltou a crescer, em função do aumento das importações de carvão metalúrgico, coque, eletricidade gerada pela participação paraguaia na Usina Hidrelétrica de Itaipu e alguns derivados de petróleo, tais como a nafta, o óleo diesel e o GLP. Com relação ao carvão metalúrgico e ao coque, é importante ressaltar que o aumento da sua dependência externa é resultante do desinteresse do setor siderúrgico em dar continuidade aos programas de utilização de carvão vegetal renovável.

**Figura 10** – Dependência externa de energia (Mtep)



Fonte: (BEN, 1998).

**Figura 11** – Dependência externa de petróleo (Mtep)



Fonte: (BEN, 1998).

## 2 Emissões de CO<sub>2</sub> Derivadas do Uso de Combustíveis Fósseis no Sistema Energético Brasileiro

Para estimar as emissões das fontes fósseis foi empregada a metodologia *top-down* desenvolvida pelo IPCC (1996), com adaptações às particularidades do sistema energético brasileiro.

O uso da metodologia *top-down* permite calcular as emissões de CO<sub>2</sub> em função apenas de dados sobre a oferta de energia do país. Consiste de um balanço da produção doméstica de combustíveis primários, das importações líquidas de combustíveis primários e secundários e da variação interna dos estoques desses combustíveis. A metodologia supõe que, uma vez introduzido na economia nacional, em um determinado ano, o carbono contido num combustível ou é liberado para a atmosfera ou é retido de alguma forma (como, por exemplo, através do aumento do estoque do combustível, da incorporação a produtos não energéticos ou da sua retenção parcialmente inoxidado). A grande vantagem da metodologia *top-down*, portanto, é não necessitar informações detalhadas de como o combustível é utilizado pelo usuário final ou por quais transformações intermediárias ele passa antes de ser consumido. Uma descrição detalhada da metodologia *top-down* do IPCC, bem como as adaptações nela introduzidas para que fossem consideradas as características particulares do sistema energético brasileiro estão apresentadas no Anexo I deste relatório.

Deve-se ressaltar que este trabalho se preocupa apenas com as emissões de CO<sub>2</sub> resultantes do consumo de combustíveis no sistema energético. Não é seu escopo determinar as emissões fugitivas de outros gases de efeito estufa durante a produção, armazenamento, distribuição e uso da energia.

Os resultados detalhados dos cálculos das emissões de CO<sub>2</sub> do sistema energético brasileiro, para os anos de 1990 a 1994, estão apresentadas no Anexo II deste relatório. Os principais resultados obtidos encontram-se sumarizados na Tabela 7, e a evolução temporal das emissões nas Figuras 12 e 13, em Mt C<sup>7</sup> e percentual, respectivamente.

---

<sup>7</sup> Mt C = megatonelada de carbono = 1 milhão de toneladas de carbono.

**Tabela 7** – Emissões de CO<sub>2</sub> de fontes fósseis no sistema energético brasileiro

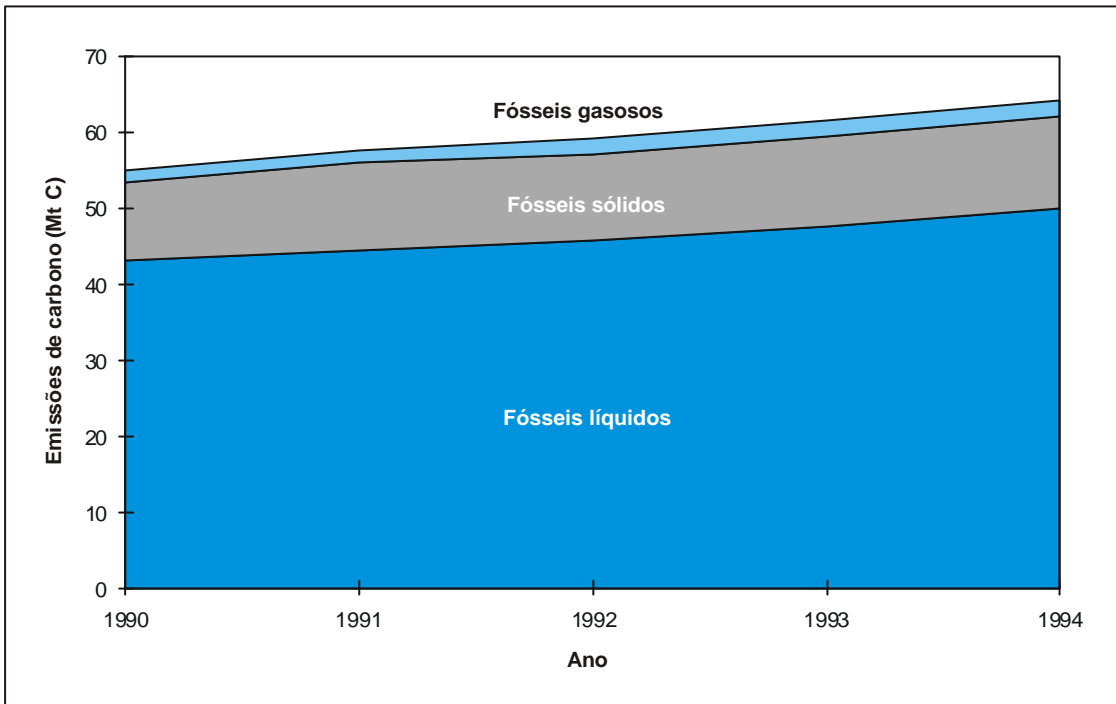
| FONTE   | ANO              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|---|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|   | 1990             |              | 1991         |              | 1992         |              | 1993         |              | 1994         |              |
|   | GgC <sup>8</sup> | %            | GgC          | %            | GgC          | %            | GgC          | %            | GgC          | %            |
| <b><i>Fósseis líquidos</i></b>                    | <b>43045</b>     | <b>77,8</b>  | <b>44311</b> | <b>76,2</b>  | <b>45590</b> | <b>76,9</b>  | <b>47398</b> | <b>76,8</b>  | <b>49815</b> | <b>77,2</b>  |
| Petróleo  | 50406            | 91,1         | 49494        | 85,1         | 50759        | 85,6         | 51339        | 83,2         | 52574        | 81,5         |
| Líquidos de gás natural                           | 653              | 1,2          | 719          | 1,2          | 712          | 1,2          | 712          | 1,2          | 750          | 1,2          |
| Gasolina  | -1420            | -2,6         | -953         | -1,6         | -1356        | -2,3         | -2515        | -4,1         | -1702        | -2,6         |
| Querosene de aviação                              | -455             | -0,8         | -414         | -0,7         | -315         | -0,5         | -289         | -0,5         | -211         | -0,3         |
| Querosene iluminante                              | -10              | 0,0          | 3            | 0,0          | -49          | -0,1         | -60          | -0,1         | -28          | 0,0          |
| Óleo diesel                                       | 279              | 0,5          | 1268         | 2,2          | 1349         | 2,3          | 2583         | 4,2          | 1538         | 2,4          |
| Óleo combustível                                  | -1595            | -2,9         | -1822        | -3,1         | -1596        | -2,7         | -800         | -1,3         | 113          | 0,2          |
| GLP   | 1000             | 1,8          | 1122         | 1,9          | 1231         | 2,1          | 1049         | 1,7          | 1388         | 2,2          |
| Nafta   | -3109            | -5,6         | -2760        | -4,7         | -2597        | -4,4         | -2470        | -4,0         | -2122        | -3,3         |
| Asfalto   | -1130            | -2,0         | -880         | -1,5         | -1097        | -1,9         | -985         | -1,6         | -1186        | -1,8         |
| Lubrificantes                                     | -280             | -0,5         | -254         | -0,4         | -378         | -0,6         | -299         | -0,5         | -290         | -0,5         |
| Coque de petróleo                                 | -21              | 0,0          | -2           | 0,0          | -8           | 0,0          | 15           | 0,0          | -19          | 0,0          |
| Outros produtos de petróleo                       | -1272            | -2,3         | -1209        | -2,1         | -1063        | -1,8         | -882         | -1,4         | -987         | -1,5         |
| <b><i>Fósseis sólidos</i></b>                     | <b>10232</b>     | <b>18,5</b>  | <b>11816</b> | <b>20,3</b>  | <b>11526</b> | <b>19,4</b>  | <b>11929</b> | <b>19,3</b>  | <b>12284</b> | <b>19,0</b>  |
| Carvão metalúrgico                                | 8272             | 14,9         | 8523         | 14,7         | 8552         | 14,4         | 9096         | 14,7         | 8989         | 13,9         |
| Carvão vapor                                      | 2082             | 3,8          | 2590         | 4,5          | 2196         | 3,7          | 1944         | 3,1          | 2101         | 3,3          |
| Alcatrão  | -87              | -0,2         | -94          | -0,2         | -39          | -0,1         | -44          | -0,1         | -60          | -0,1         |
| Coque   | -35              | -0,1         | 797          | 1,4          | 817          | 1,4          | 933          | 1,5          | 1256         | 1,9          |
| <b><i>Fósseis gasosos</i></b>                     | <b>1889</b>      | <b>3,4</b>   | <b>1835</b>  | <b>3,2</b>   | <b>1992</b>  | <b>3,4</b>   | <b>2192</b>  | <b>3,5</b>   | <b>2266</b>  | <b>3,5</b>   |
| Gás natural seco                                  | 1889             | 3,4          | 1835         | 3,2          | 1992         | 3,4          | 2192         | 3,5          | 2266         | 3,5          |
| <b><i>Outras fontes primárias<sup>a</sup></i></b> | <b>174</b>       | <b>0,3</b>   | <b>189</b>   | <b>0,3</b>   | <b>201</b>   | <b>0,3</b>   | <b>219</b>   | <b>0,4</b>   | <b>161</b>   | <b>0,2</b>   |
| <b><i>Total – fósseis</i></b>                     | <b>55339</b>     | <b>100,0</b> | <b>58151</b> | <b>100,0</b> | <b>59309</b> | <b>100,0</b> | <b>61737</b> | <b>100,0</b> | <b>64527</b> | <b>100,0</b> |

<sup>a</sup> Compreende fontes primárias com diferentes estados físicos.

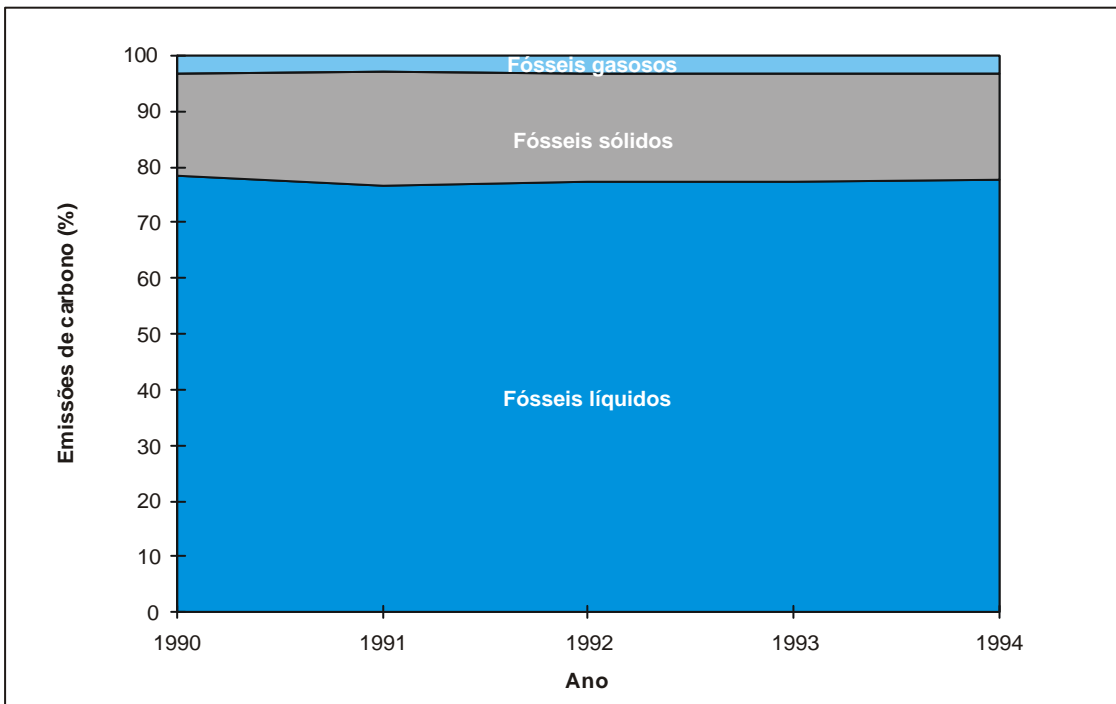
<sup>8</sup> 1 Gg C (gigagrama de carbono) = 10<sup>9</sup> gramas de carbono = 10<sup>3</sup> toneladas = 10<sup>-3</sup> Mt C



**Figura 12** – Emissões de carbono de combustíveis fósseis (Mt C)



**Figura 13** – Emissões de carbono de combustíveis fósseis (%)



Através dos dados apresentados, verifica-se a predominância ( $\approx 76$  a  $78\%$ , conforme o ano) das emissões dos combustíveis líquidos, restritas praticamente às emissões dos derivados de petróleo. O segundo lugar é ocupado pelas emissões dos combustíveis sólidos ( $\approx 19$  a  $20\%$ , conforme o ano), que têm como origem principal o carvão metalúrgico importado para ser transformado em coque. As emissões dos combustíveis gasosos, dominadas pelo gás natural, apesar de crescentes ao longo do período, contribuem pouco para as emissões totais ( $\approx 3,5\%$ ).

Conforme demonstram os resultados encontrados, as emissões totais de  $\text{CO}_2$  provenientes da queima de combustíveis fósseis evoluíram de cerca de  $55,3 \text{ Mt C}^9$ ,<sup>10</sup> em 1990, para  $64,5 \text{ Mt C}$ , em 1994, o que representa um aumento de aproximadamente  $17\%$ , ou seja, uma média anual de  $4\%$ . Conforme mostra a Tabela 8, a evolução das emissões, no entanto, não ocorreu de forma uniforme, apresentando aumento inferior à média anual no ano de 1992. A evolução não foi uniforme, tampouco, para todos os tipos de combustíveis, devendo ser notado um maior crescimento das emissões dos combustíveis sólidos no ano de 1991, dos combustíveis gasosos nos anos de 1992 e 1993 e dos líquidos em 1994 (vide Figura 14).

É ainda interessante comparar o comportamento das emissões de carbono dos combustíveis fósseis, da oferta interna bruta de energia e do consumo de energia final. As Tabelas 9 e 10 apresentam, respectivamente, a oferta interna bruta de energia e a sua variação anual e as Tabelas 11 e 12 apresentam, respectivamente, o consumo de energia final e a sua variação anual, para o período de interesse (1990-1994). Uma comparação da variação anual das emissões de carbono, apresentada na Tabela 8, com aquelas da oferta interna bruta e do consumo de energia final, apresentadas nas Tabelas 10 e 12, respectivamente, mostra que o crescimento das emissões, de  $16,6\%$  no período de 1990 a 1994, superou o crescimento daqueles dois parâmetros indicadores da oferta e da demanda de energia no país, os quais tiveram crescimento de  $12,6\%$  e  $12,7\%$  no mesmo período. Isso indica um aumento da intensidade de carbono no sistema energético brasileiro. Cabe ressaltar que o crescimento do consumo de combustíveis fósseis sólidos decorre do aumento recente das importações de coque e de uma maior penetração da gasolina frente ao uso do álcool automotivo de origem renovável. O coque, além de possuir um fator de emissão cerca de  $25\%$  maior do que o petróleo, vem substituindo o carvão vegetal de origem renovável. A Tabela 13 e a Figura 15 demonstram mais claramente esses fatos.

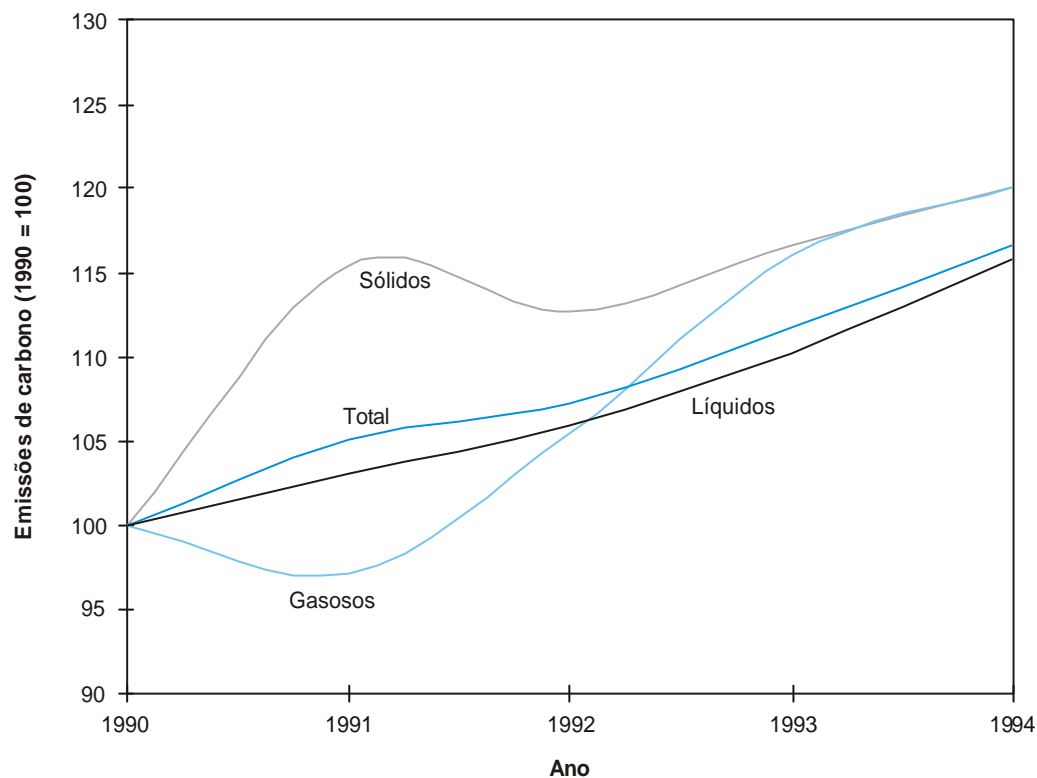
<sup>9</sup> As emissões aqui apresentadas estão expressas em massa de carbono emitida. Sua conversão para massa de  $\text{CO}_2$  é efetuada multiplicando-as pela razão entre os pesos moleculares do  $\text{CO}_2$  e do carbono ( $44/12$ ).

<sup>10</sup>  $\text{Mt C}$  (megatonelada de carbono) = 1 milhão de toneladas de carbono =  $10^3 \text{ Gg C}$ .

**Tabela 8** – Variação anual das emissões de CO<sub>2</sub> de fontes fósseis no sistema energético brasileiro

| FONTE                                      | ANO         |             |             |              |             |
|--|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
|  | 1990-1991   | 1991-1992   | 1992-1993   | 1993-1994    | 1990-1994   |
|  | VARIÇÃO (%) |             |             |              |             |
| <i>Fósseis líquidos</i>                    | <b>2,9</b>  | <b>2,9</b>  | <b>4,0</b>  | <b>5,1</b>   | <b>15,7</b> |
| Petróleo                                   | -1,8        | 2,6         | 1,1         | 2,4          | 4,3         |
| Líquido de gás natural                     | 10,1        | -0,9        | 0,0         | 5,3          | 14,9        |
| Gasolina                                   | -32,9       | 42,2        | 85,5        | -32,3        | 19,9        |
| Querosene de aviação                       | -9,1        | -23,8       | -8,2        | -26,9        | -53,6       |
| Querosene iluminante                       | -133,3      | -1575,0     | 22,0        | -52,8        | 183,3       |
| Óleo diesel                                | 354,2       | 6,4         | 91,5        | -40,5        | 450,8       |
| Óleo combustível                           | 14,2        | -12,4       | -49,9       | -114,1       | -107,1      |
| GLP  | 12,2        | 9,7         | -14,8       | 32,3         | 38,8        |
| Nafta                                      | -11,2       | -5,9        | -4,9        | -14,1        | -31,8       |
| Asfalto                                    | -22,1       | 24,7        | -10,2       | 20,4         | 5,0         |
| Lubrificantes                              | -9,1        | 48,7        | -20,9       | -2,8         | 3,8         |
| Coque de petróleo                          | -88,9       | 250,0       | -285,7      | -223,1       | -11,1       |
| Outros produtos de petróleo                | -5,0        | -12,0       | -17,1       | 12,0         | -22,4       |
| <i>Fósseis sólidos</i>                     | <b>15,5</b> | <b>-2,5</b> | <b>3,5</b>  | <b>3,0</b>   | <b>20,1</b> |
| Carvão metalúrgico                         | 3,0         | 0,3         | 6,4         | -1,2         | 8,7         |
| Carvão vapor                               | 24,4        | -15,2       | -11,5       | 8,0          | 0,9         |
| Alcatrão                                   | 8,4         | -58,6       | 12,5        | 37,0         | -30,8       |
| Coque                                      | -2392,9     | 2,5         | 14,1        | 34,6         | -3710,7     |
| <i>Fósseis gasosos</i>                     | <b>-2,8</b> | <b>8,5</b>  | <b>10,0</b> | <b>3,4</b>   | <b>19,9</b> |
| Gás natural seco                           | -2,8        | 8,5         | 10,0        | 3,4          | 19,9        |
| <i>Outras fontes primárias<sup>a</sup></i> | <b>8,8</b>  | <b>6,3</b>  | <b>9,1</b>  | <b>-26,4</b> | <b>-7,1</b> |
| <i>Total – fósseis</i>                     | <b>5,1</b>  | <b>2,8</b>  | <b>4,1</b>  | <b>4,5</b>   | <b>16,6</b> |

<sup>a</sup> Compreende fontes primárias com diferentes estados físicos.

**Figura 14** – Emissões anuais de carbono de fontes fósseis (1990 = 100)

**Tabela 9** – Oferta interna bruta de energia

| FONTE                                | ANO        |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                                      | 1990       |            | 1991       |            | 1992       |            | 1993       |            | 1994       |            |
|                                      | Mtep       | %          | Mtep       | %          | Mtep       | %          | Mtep       | %          | Mtep       | %          |
| Fósseis líquidos                     | 58         | 31         | 59         | 31         | 61         | 31         | 63         | 31         | 67         | 32         |
| Fósseis sólidos                      | 10         | 5,1        | 11         | 5,6        | 11         | 5,4        | 11         | 5,4        | 11         | 5,3        |
| Fósseis gasosos                      | 3,3        | 1,8        | 3,3        | 1,7        | 3,5        | 1,8        | 3,8        | 1,9        | 4,0        | 1,9        |
| Outras fontes primárias <sup>a</sup> | 0,20       | 0,11       | 0,22       | 0,12       | 0,24       | 0,12       | 0,26       | 0,13       | 0,19       | 0,09       |
| <b>Total fósseis</b>                 | <b>71</b>  | <b>38</b>  | <b>74</b>  | <b>38</b>  | <b>75</b>  | <b>39</b>  | <b>78</b>  | <b>39</b>  | <b>82</b>  | <b>39</b>  |
| Biomassa sólida                      | 40         | 21         | 39         | 20         | 38         | 20         | 38         | 19         | 40         | 19         |
| Biomassa líquida                     | 8          | 4,3        | 8,4        | 4,3        | 8,4        | 4,3        | 8,8        | 4,4        | 9,3        | 4,4        |
| <b>Total biomassa</b>                | <b>48</b>  | <b>26</b>  | <b>48</b>  | <b>25</b>  | <b>47</b>  | <b>24</b>  | <b>47</b>  | <b>23</b>  | <b>49</b>  | <b>23</b>  |
| <b>Oferta int. bruta total</b>       | <b>187</b> | <b>100</b> | <b>193</b> | <b>100</b> | <b>194</b> | <b>100</b> | <b>201</b> | <b>100</b> | <b>211</b> | <b>100</b> |

<sup>a</sup> Compreende fontes primárias com diferentes estados físicos.

**Tabela 10** – Variação anual da oferta interna bruta de energia no sistema energético brasileiro

| FONTE                                | ANO         |             |             |            |             |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|
|                                      | 1990-1991   | 1991-1992   | 1992-1993   | 1993-1994  | 1990-1994   |
|                                      | VARIÇÃO (%) |             |             |            |             |
| Fósseis líquidos                     | 2,0         | 3,0         | 3,4         | 5,8        | 15,0        |
| Fósseis sólidos                      | 14,4        | -2,9        | 3,4         | 2,8        | 18,1        |
| Fósseis gasosos                      | -2,2        | 7,5         | 9,2         | 3,7        | 19,1        |
| Outras fontes primárias <sup>a</sup> | 8,8         | 6,3         | 9,1         | -26,4      | -7,1        |
| <b>Total fósseis</b>                 | <b>3,5</b>  | <b>2,3</b>  | <b>3,7</b>  | <b>5,2</b> | <b>15,5</b> |
| Biomassa sólida                      | -2,4        | -2,1        | -1,6        | 5,4        | -0,8        |
| Biomassa líquida                     | 3,2         | 0,2         | 5,4         | 5,1        | 14,5        |
| <b>Total biomassa</b>                | <b>-1,4</b> | <b>-1,7</b> | <b>-0,3</b> | <b>5,4</b> | <b>1,8</b>  |
| <b>Oferta interna bruta total</b>    | <b>2,8</b>  | <b>0,8</b>  | <b>3,5</b>  | <b>4,9</b> | <b>12,6</b> |

Fonte: (BEN, 1998).

<sup>a</sup> Compreende fontes primárias com diferentes estados físicos.

**Tabela 11** – Consumo de energia final no sistema energético brasileiro

| FONTE                                 | ANO  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                       | 1990 |      | 1991 |      | 1992 |      | 1993 |      | 1994 |      |
|                                       | Mtep | %    | Mtep | %    | Mtep | %    | Mtep | %    | Mtep | %    |
| <i>Gás natural</i>                    | 3,0  | 1,8  | 3,0  | 1,7  | 3,2  | 1,8  | 3,5  | 1,9  | 3,7  | 1,9  |
| <i>Carvão mineral</i>                 | 1,0  | 0,6  | 1,3  | 0,7  | 0,9  | 0,5  | 0,9  | 0,5  | 1,1  | 0,6  |
| <i>Lenha</i>                          | 15,4 | 9,1  | 15,2 | 8,7  | 14,5 | 8,2  | 13,6 | 7,5  | 13,6 | 7,1  |
| <i>Bagaço de cana</i>                 | 11,1 | 6,5  | 11,9 | 6,8  | 12,5 | 7,1  | 12,3 | 6,7  | 14,3 | 7,5  |
| <i>Outras fontes primárias</i>        | 1,5  | 0,9  | 1,6  | 0,9  | 1,9  | 1,1  | 2,1  | 1,2  | 2,2  | 1,1  |
| <i>Gás</i>                            | 1,5  | 0,9  | 1,5  | 0,9  | 1,5  | 0,8  | 1,5  | 0,8  | 1,5  | 0,8  |
| <i>Coque de carvão mineral</i>        | 5,0  | 3,0  | 6,0  | 3,5  | 6,1  | 3,5  | 6,5  | 3,6  | 6,6  | 3,5  |
| <i>Eletricidade</i>                   | 63,1 | 37,3 | 65,4 | 37,6 | 66,8 | 37,9 | 69,9 | 38,4 | 72,4 | 38,0 |
| <i>Carvão vegetal</i>                 | 6,0  | 3,5  | 5,3  | 3,0  | 4,8  | 2,7  | 5,1  | 2,8  | 5,2  | 2,7  |
| <i>Álcool etílico</i>                 | 6,0  | 3,5  | 6,1  | 3,5  | 6,0  | 3,4  | 6,4  | 3,5  | 6,8  | 3,6  |
| <i>Alcatrão</i>                       | 0,2  | 0,1  | 0,3  | 0,2  | 0,3  | 0,1  | 0,3  | 0,1  | 0,3  | 0,1  |
| <i>Total – derivados de petróleo</i>  | 55,7 | 32,9 | 56,2 | 32,3 | 57,8 | 32,8 | 59,9 | 32,9 | 63,3 | 33,2 |
| <i>Óleo diesel</i>                    | 20,3 | 12,0 | 21,1 | 12,2 | 21,6 | 12,2 | 22,3 | 12,2 | 23,2 | 12,1 |
| <i>Óleo combustível</i>               | 9,4  | 5,6  | 8,7  | 5,0  | 9,3  | 5,3  | 10,0 | 5,5  | 10,2 | 5,4  |
| <i>Gasolina</i>                       | 7,3  | 4,3  | 7,9  | 4,6  | 7,9  | 4,5  | 8,3  | 4,6  | 9,1  | 4,8  |
| <i>GLP</i>                            | 5,5  | 3,3  | 5,5  | 3,2  | 5,8  | 3,3  | 5,9  | 3,2  | 6,0  | 3,1  |
| <i>Nafta</i>                          | 4,8  | 2,8  | 4,7  | 2,7  | 5,1  | 2,9  | 5,2  | 2,9  | 5,9  | 3,1  |
| <i>Querosene</i>                      | 2,1  | 1,3  | 2,2  | 1,3  | 2,1  | 1,2  | 2,1  | 1,2  | 2,1  | 1,1  |
| <i>Outras secundárias de petróleo</i> | 3,0  | 1,7  | 3,1  | 1,8  | 3,1  | 1,8  | 3,2  | 1,7  | 3,6  | 1,9  |
| <i>Prod. não energéticos do petr.</i> | 3,2  | 1,9  | 2,9  | 1,7  | 2,9  | 1,6  | 2,9  | 1,6  | 3,1  | 1,6  |
| <i>Total</i>                          | 169  | 100  | 174  | 100  | 176  | 100  | 182  | 100  | 191  | 100  |

Fonte: (BEN, 1998).

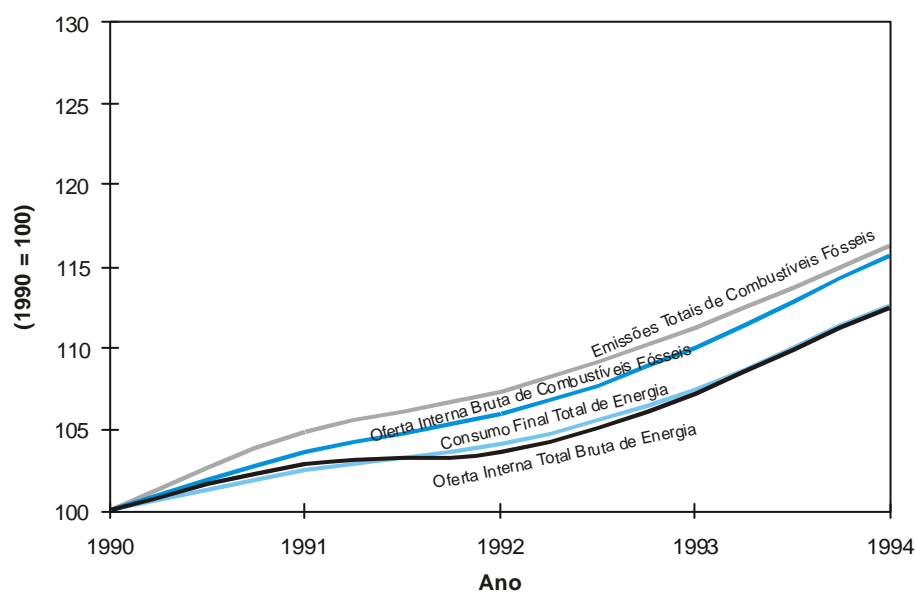
**Tabela 12** – Variação anual do consumo de energia final no sistema energético brasileiro

| FONTE                                 | ANO          |           |           |           |           |
|---------------------------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                       | 1990-1991    | 1991-1992 | 1992-1993 | 1993-1994 | 1990-1994 |
|                                       | VARIACÃO (%) |           |           |           |           |
| <i>Gás natural</i>                    | 0,4          | 6,1       | 10,2      | 3,4       | 21,4      |
| <i>Carvão mineral</i>                 | 30,7         | -28,3     | 3,8       | 16,1      | 13,0      |
| <i>Lenha</i>                          | -1,7         | -4,7      | -5,8      | -0,3      | -12,0     |
| <i>Bagaço de cana</i>                 | 7,3          | 5,7       | -2,3      | 16,5      | 29,1      |
| <i>Outras fontes primárias</i>        | 8,3          | 20,0      | 10,3      | 3,0       | 47,7      |
| <i>Gás</i>                            | 4,1          | -2,7      | 2,0       | -2,5      | 0,8       |
| <i>Coque de carvão mineral</i>        | 19,9         | 1,4       | 5,7       | 1,9       | 31,0      |
| <i>Eletricidade</i>                   | 3,5          | 2,3       | 4,6       | 3,6       | 14,8      |
| <i>Carvão vegetal</i>                 | -12,0        | -8,2      | 6,0       | 1,5       | -13,1     |
| <i>Álcool etílico</i>                 | 2,0          | -2,3      | 6,9       | 6,6       | 13,6      |
| <i>Alcatrão</i>                       | 22,4         | -4,1      | 4,3       | 0,4       | 22,8      |
| <i>Total – derivados de petróleo</i>  | 0,9          | 2,8       | 3,7       | 5,7       | 13,7      |
| <b>Óleo diesel</b>                    | 4,1          | 2,1       | 3,2       | 4,1       | 14,2      |
| <b>Óleo combustível</b>               | -7,9         | 6,9       | 7,5       | 2,5       | 8,4       |
| <b>Gasolina</b>                       | 8,3          | -0,5      | 5,2       | 9,5       | 24,1      |
| <b>GLP</b>                            | -0,7         | 5,6       | 0,6       | 2,0       | 7,7       |
| <b>Nafta</b>                          | -2,7         | 9,1       | 3,3       | 13,0      | 23,8      |
| <b>Querosene</b>                      | 4,0          | -6,8      | 3,6       | -0,1      | 0,4       |
| <b>Outras secundárias de petróleo</b> | 4,1          | 1,4       | 1,6       | 14,8      | 23,2      |
| <b>Prod. não energéticos do petr.</b> | -7,2         | -1,5      | -0,3      | 7,0       | -2,5      |
| <i>Total</i>                          | 2,5          | 1,5       | 3,3       | 4,8       | 12,7      |

Fonte: (BEN, 1998).

**Tabela 13** – Variação das emissões de carbono de combustíveis fósseis da oferta interna bruta e do consumo final de energia

| FONTE  | ANO          |           |           |           |           |
|--|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|  | 1990-1991    | 1991-1992 | 1992-1993 | 1993-1994 | 1990-1994 |
|  | VARIACÃO (%) |           |           |           |           |
| <i>Emissões totais de combustíveis fósseis</i>               | 5,1          | 2,0       | 4,1       | 4,5       | 16,6      |
| <i>Oferta interna bruta total de combustíveis fósseis</i>    | 3,5          | 2,3       | 3,7       | 5,2       | 15,5      |
| <i>Emissões de combustíveis fósseis líquidos</i>             | 2,9          | 2,9       | 4,0       | 5,1       | 15,7      |
| <i>Oferta interna bruta de combustíveis fósseis líquidos</i> | 2,0          | 3,0       | 3,4       | 5,8       | 15,0      |
| <i>Emissões de combustíveis fósseis sólidos</i>              | 15,5         | -2,5      | 3,5       | 3,0       | 20,1      |
| <i>Oferta interna bruta de combustíveis fósseis sólidos</i>  | 14,4         | -2,9      | 3,4       | 2,8       | 18,1      |
| <i>Emissões de combustíveis fósseis gasosos</i>              | -2,8         | 8,5       | 10,0      | 3,4       | 19,9      |
| <i>Oferta interna bruta de combustíveis fósseis gasosos</i>  | -2,2         | 7,5       | 9,2       | 3,7       | 19,1      |
| <i>Oferta interna bruta total</i>                            | 2,8          | 0,8       | 3,5       | 4,9       | 12,6      |
| <i>Consumo final de energia</i>                              | 2,5          | 1,5       | 3,3       | 4,8       | 12,7      |

**Figura 15** – Emissões de carbono de combustíveis fósseis, oferta interna bruta e consumo final de energia (1990 = 100)




### 3 Emissões de CO<sub>2</sub> Derivadas do Uso da Biomassa no Sistema Energético Brasileiro

Além das emissões de CO<sub>2</sub> derivadas da queima de combustíveis fósseis, requeridas no inventário nacional, foram também calculadas as emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da combustão da biomassa no sistema energético brasileiro. As estimativas visam atender à recomendação do IPCC de que as emissões de CO<sub>2</sub> da biomassa devem ser incluídas no inventário nacional de emissões do sistema energético, apenas a título de informação, sem serem adicionadas às emissões dos combustíveis fósseis. As emissões derivadas do consumo da biomassa são objeto de outro módulo metodológico específico – Uso do Solo e Manejo Florestal (*Land Use and Forestry*) (IPCC, 1996), onde será determinado o balanço entre o carbono emitido pela biomassa removida e o carbono absorvido durante o crescimento de novas plantas. Considera-se, portanto, que a taxa de renovação da biomassa é igual ao seu consumo, sem que haja uma preocupação de identificar se é proveniente ou não de desmatamento.

Para o cálculo das emissões CO<sub>2</sub> da queima da biomassa, modificou-se a metodologia desenvolvida pelo IPCC. As modificações introduzidas na metodologia são descritas no Anexo I deste relatório e os cálculos detalhados efetuados são apresentados no Anexo II.

As formas de biomassa contempladas nas estimativas deste trabalho foram a lenha, o carvão, os produtos da cana-de-açúcar (bagaço de cana, melaço e caldo de cana), os álcoois anidro e hidratado, a lixívia e os resíduos vegetais.

A lenha foi desagregada em dois tipos, conforme sua forma de consumo energético: (i) a lenha para a queima direta, em caldeiras, fornalhas e fornos, para produzir calor ou vapor para processos industriais ou para a autoprodução de eletricidade; e (ii) a lenha para a conversão em carvão vegetal.

A queima direta ocorre principalmente nos setores residencial, industrial e agropecuário e, em menor escala, nos setores comercial e público e na autoprodução de eletricidade.

Os álcoois anidro e hidratado somente interessam à metodologia *top-down* quando são importados, exportados ou apresentam variação de estoques.

Para os resíduos vegetais, adotou-se a hipótese de que eles incorporam 50% da energia das outras recuperações<sup>11</sup> consumidas pelas usinas autoprodutoras e pela indústria de cimento (ver Anexo I - 3.1).

---

<sup>11</sup> Adotou-se aqui a nomenclatura do Balanço Energético Nacional (BEN, 1996) para representar uma gama variada de resíduos, com composição desconhecida, utilizados na produção de energia.

As Tabelas 14 e 15 apresentam, respectivamente, as emissões da utilização da biomassa no sistema energético brasileiro e as suas variações anuais, para o período de 1990 a 1994. As Figuras 16 e 17 ilustram a evolução das emissões, em Mt C e percentual, respectivamente. A Figura 18 compara a variação das emissões de cada uma das fontes de biomassa e a Figura 19 compara as evoluções das emissões da biomassa, das emissões dos combustíveis fósseis e da oferta interna bruta total de energia do sistema energético brasileiro.

Como é evidenciado por esses dados, houve um declínio das emissões brutas da biomassa entre 1990 e 1993, seguido de uma elevação de cerca de 5% no ano 1994. A queda das emissões deveu-se principalmente à redução do consumo da lenha, seja para a sua queima direta, seja para a sua transformação em carvão vegetal. A redução do consumo da lenha para queima direta vem ocorrendo desde o início da década de 1970 devido à redução das áreas de florestas nativas e à sua substituição por outras fontes energéticas, tais como, o GLP no setor residencial das áreas rurais, o óleo combustível e o gás natural, na indústria. A redução do consumo de lenha para a conversão em carvão vegetal é um fenômeno mais recente, a partir de 1990 (vide Figura 4 e Tabela 12), quando se iniciou um processo de substituição do carvão vegetal pelo coque de carvão mineral na siderurgia.

A queda de consumo de biomassa também ocorreu no caso do caldo de cana, devido à progressiva redução do consumo do álcool hidratado no transporte de passageiros. A redução do consumo de álcool implica o aumento das emissões, como resultado da substituição do álcool pela gasolina. A redução do consumo de álcool, no entanto, não chegou a afetar a produção do bagaço de cana, pois a queda da produção de álcool automotivo vem sendo compensada por uma maior produção de açúcar pelo setor sucroalcooleiro.

A Figura 19 mostra que, enquanto as emissões de fontes de biomassa líquida vem acompanhando o crescimento da oferta interna bruta de energia brasileira, as emissões de fontes sólidas e as totais tiveram um crescimento inferior.

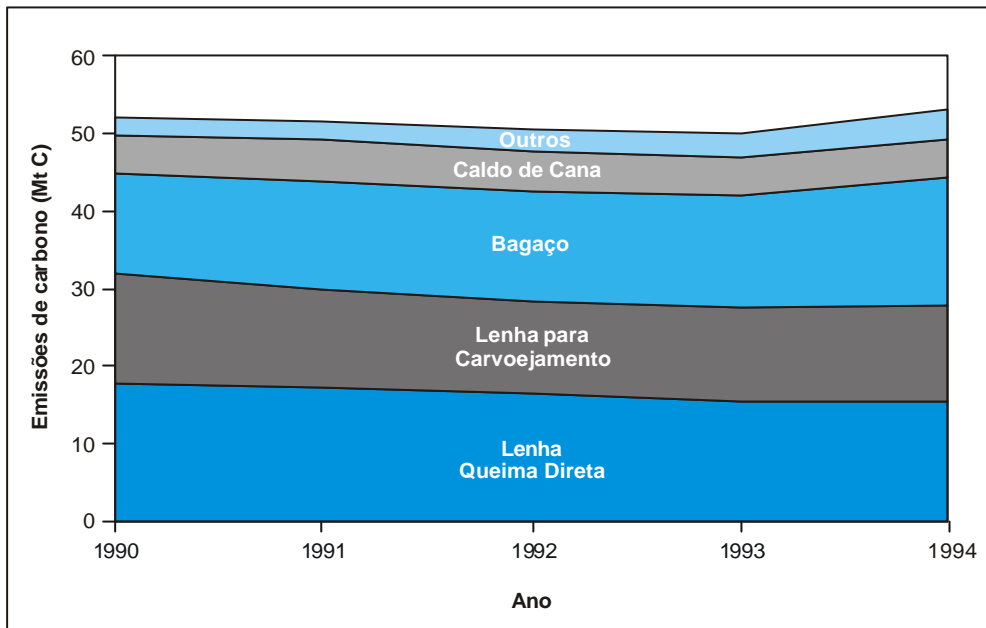
**Tabela 14** – Emissões de CO<sub>2</sub> da biomassa

| FONTE                      | ANO           |             |               |             |               |             |               |             |               |             |
|----------------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
|                            | 1990          |             | 1991          |             | 1992          |             | 1993          |             | 1994          |             |
|                            | GgC           | (%)         | Gg            | (%)         | Gg            | (%)         | Gg            | (%)         | Gg            | (%)         |
| <i>Biomassa sólida</i>     | <b>45 457</b> | <b>87</b>   | <b>44 366</b> | <b>86</b>   | <b>43 436</b> | <b>86</b>   | <b>42 765</b> | <b>86</b>   | <b>45 097</b> | <b>86</b>   |
| Lenha - queima direta      | 17 387        | 33,4        | 17 096        | 33,2        | 16 331        | 32,4        | 15 418        | 30,9        | 15 330        | 29,1        |
| Lenha - para carvoejamento | 14 442        | 27,7        | 12 666        | 24,6        | 11 628        | 23,0        | 12 239        | 34,5        | 12 392        | 23,5        |
| Carvão vegetal             |               |             |               |             |               |             | -11           | -0,02       | -3            | -0,01       |
| Bagaço de cana             | 12 939        | 24,8        | 13 890        | 27,0        | 14 647        | 29,0        | 14 307        | 28,6        | 16 665        | 31,6        |
| Outros resíduos vegetais   | 688           | 1,3         | 714           | 1,4         | 830           | 1,6         | 812           | 1,6         | 714           | 1,4         |
| <i>Biomassa líquida</i>    | <b>6 518</b>  | <b>12,5</b> | <b>6 967</b>  | <b>13,6</b> | <b>6 888</b>  | <b>13,7</b> | <b>7 083</b>  | <b>14,2</b> | <b>7 440</b>  | <b>14,2</b> |
| Caldo de cana              | 4 837         | 9,3         | 5 462         | 10,6        | 4 817         | 9,5         | 4 559         | 9,1         | 4 715         | 9,0         |
| Melaço                     | 682           | 1,3         | 691           | 1,3         | 766           | 1,5         | 715           | 1,4         | 893           | 1,7         |
| Álcool anidro              | 121           | 0,2         | -130          | -0,3        |               |             | -31           | -0,1        | 108           | 0,2         |
| Álcool hidratado           | -220          | -0,4        | -298          | -0,6        | -180          | -0,4        | 161           | 0,3         | -100          | -0,2        |
| Lixívia                    | 1 098         | 2,1         | 1 241         | 2,4         | 1 484         | 2,9         | 1 680         | 3,4         | 1 825         | 3,5         |
| <i>Total – Biomassa</i>    | <b>51 975</b> | <b>100</b>  | <b>51 333</b> | <b>100</b>  | <b>50 324</b> | <b>100</b>  | <b>49 848</b> | <b>100</b>  | <b>52 538</b> | <b>100</b>  |

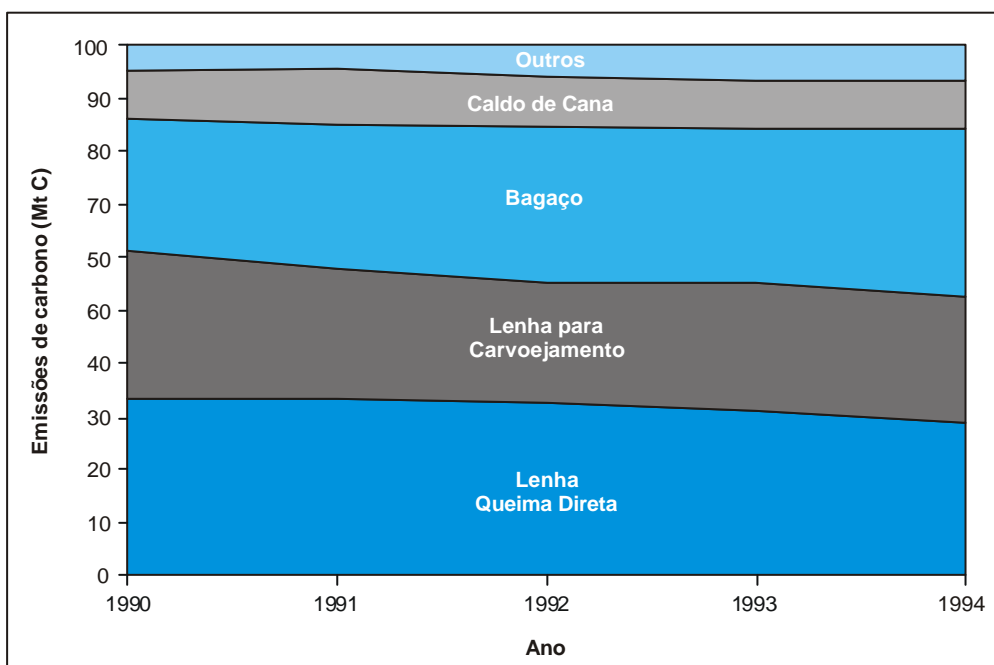
**Tabela 15** – Variação anual das emissões de CO<sub>2</sub> da biomassa

| FONTE                              | ANO          |             |             |            |             |
|------------------------------------|--------------|-------------|-------------|------------|-------------|
|                                    | 1990-1991    | 1991-1992   | 1992-1993   | 1993-1994  | 1990-1994   |
|                                    | VARIACÃO (%) |             |             |            |             |
| <i>Biomassa sólida</i>             | <b>-2,4</b>  | <b>-2,1</b> | <b>-1,5</b> | <b>5,5</b> | <b>-0,8</b> |
| Lenha - queima direta              | -1,7         | -4,5        | -5,6        | -0,6       | -11,8       |
| Lenha - conversão a carvão vegetal | -12,3        | -8,2        | 5,3         | 1,2        | -14,2       |
| Carvão vegetal                     |              |             |             | -70,0      |             |
| Bagaço de cana                     | 7,3          | 5,5         | -2,3        | 16,5       | 28,8        |
| Outros resíduos vegetais           | 3,8          | 16,1        | -2,2        | -12,0      | 3,7         |
| <i>Biomassa líquida</i>            | <b>6,9</b>   | <b>-1,1</b> | <b>2,8</b>  | <b>5,0</b> | <b>14,2</b> |
| Caldo de cana                      | 12,9         | -11,8       | -5,4        | 3,4        | -2,5        |
| Melaço                             | 1,4          | 10,8        | -6,7        | 24,9       | 30,9        |
| Álcool anidro                      | -207,3       | -100,0      |             | -442,0     | -10,9       |
| Álcool hidratado                   | 35,1         | -39,8       | -189,6      | -162,2     | -54,7       |
| Lixívia                            | 13,0         | 19,6        | 13,2        | 8,7        | 66,2        |
| <i>Total – Biomassa</i>            | <b>-1,2</b>  | <b>-2,0</b> | <b>-0,9</b> | <b>5,4</b> | <b>1,1</b>  |

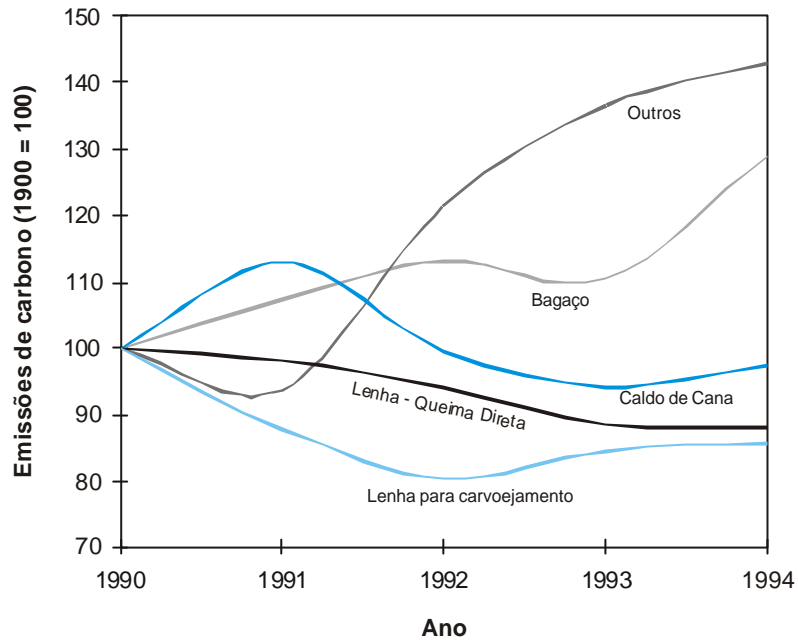
**Figura 16** – Emissões de CO<sub>2</sub> da biomassa (Mt C)



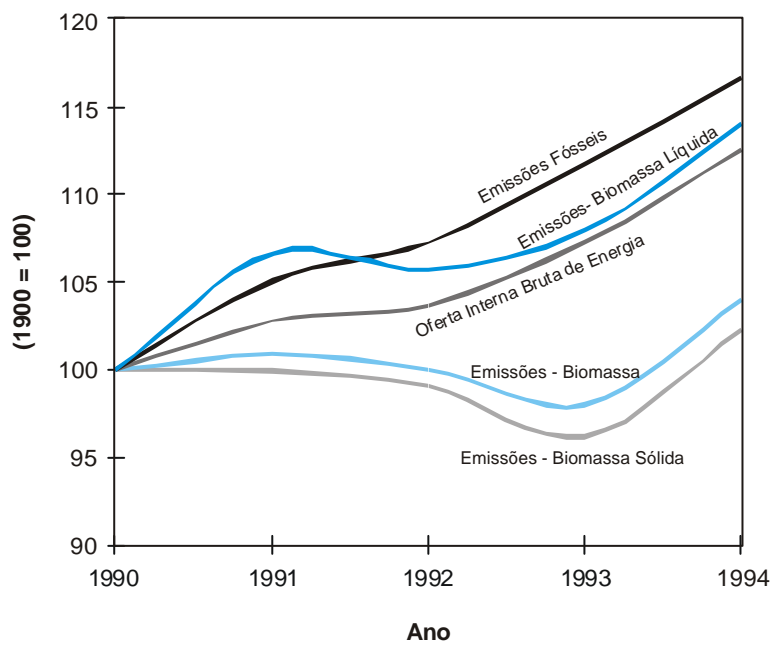
**Figura 17** – Emissões de CO<sub>2</sub> da biomassa (%)



**Figura 18** – Emissões de CO<sub>2</sub> da biomassa por fonte



**Figura 19** – Emissões de carbono de combustíveis fósseis, emissões da biomassa e oferta interna bruta de energia (1990 = 100)



## 4 Conclusões e Recomendações

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que as emissões de CO<sub>2</sub> derivadas da queima de combustíveis fósseis no sistema energético brasileiro evoluíram de cerca de 55,3 Mt C, em 1990, para 64,5 Mt C, em 1994. Isso representa um crescimento das emissões de cerca de 16,6% no período, resultado das seguintes evoluções: 15,7% para as fontes fósseis líquidas, dominadas pelo petróleo e seus derivados, 20,1% para as fontes fósseis sólidas, dominadas pelo coque e pelo carvão metalúrgico, e 19,9% para as fontes fósseis gasosas, dominadas pelo gás natural. A fonte fóssil de maior peso nas emissões foram os combustíveis fósseis líquidos, que tiveram peso de 76 a 78% das emissões, conforme o ano, seguidos pelos combustíveis fósseis sólidos, com um peso de 18,5 a 20,5%, e pelos combustíveis fósseis gasosos, com um peso de apenas 3,2 a 3,5%. O crescimento das emissões dos combustíveis fósseis superou o aumento da oferta interna bruta total de energia no período, que foi de cerca de 13%.

Os combustíveis fósseis tiveram uma participação na oferta interna bruta total de energia ligeiramente crescente, variando de 38%, em 1990, para 39%, em 1994. Essa participação apresentou a seguinte distribuição: fontes fósseis líquidas, 31 a 32% da oferta interna bruta total de energia; fontes fósseis sólidas, 5 a 6%, e fontes fósseis gasosas, menos de 2%.

O crescimento das emissões de CO<sub>2</sub> dos combustíveis fósseis, acima do aumento da oferta interna bruta total de energia, indica um maior uso de combustíveis carbono-intensivos no sistema energético brasileiro, em substituição às fontes renováveis de biomassa. Exemplos são a substituição do carvão vegetal pelo coque de carvão metalúrgico, na siderurgia, da lenha pelo GLP e pelo óleo combustível e do álcool hidratado pela gasolina.

As emissões de CO<sub>2</sub> derivadas do consumo da biomassa no sistema energético brasileiro tiveram apenas um pequeno aumento de 1,1%, no período de 1990 a 1994, crescendo de 52,0 Mt C, em 1990, para 52,5 Mt C, em 1994. Esse aumento foi resultante das seguintes variações: crescimento de 14% para as emissões da biomassa líquida e decréscimo de 0,8% para as emissões das fontes de biomassa sólida, composto por 13% de decréscimo para a lenha e 29% de crescimento para o bagaço da cana-de-açúcar, dominadas pelo melão e a lixo. As fontes sólidas foram as que apresentaram o maior peso nas emissões da biomassa, com participação de 86 a 87%, conforme o ano.

O crescimento modesto das emissões das fontes de biomassa (1,1%) ficou bem abaixo do aumento da oferta interna bruta total de energia, de cerca de 13%, demonstrando uma redução ou estagnação da participação relativa da biomassa no sistema energético brasileiro.

As fontes de biomassa tiveram sua participação na oferta interna bruta total de energia reduzida de cerca de 24,8%, em 1990, para 22,3% em 1994. Essa redução na oferta interna bruta de energia apresentou a seguinte composição: biomassa sólida, de 21,3%, em 1990, para 19%, em 1994; e biomassa líquida, 3,5 a 3,3% durante todo o período.

As análises realizadas neste trabalho evidenciam a ocorrência de uma intensificação no uso de combustíveis fósseis no país, em substituição às fontes renováveis. O país possui ainda um considerável parque de geração hidrelétrica, que atende a cerca de 95% da demanda nacional de eletricidade. No tocante aos gases de efeito estufa, a geração hidrelétrica é, na maioria dos casos, vantajosa sobre a utilização da termelétrica. Há dúvidas, no entanto, se o país dará continuidade ao programa de aproveitamento do seu potencial hidrelétrico. Por um lado, a presença de novos agentes privados no setor elétrico tende a privilegiar a construção de usinas termelétricas que, apesar de possuírem maiores custos totais de geração, requerem menores investimentos e, conseqüentemente, permitem prazos mais curtos para o retorno do capital. Por outro lado, grande parte do potencial hidrelétrico brasileiro situa-se na Região Amazônica, onde se teme que um programa intensivo de implantação de hidrelétricas possa acarretar impactos ambientais irreversíveis à floresta, incluindo efeitos sobre a sua biodiversidade.

O uso do álcool automotivo, produzido da cana-de-açúcar, utilizado puro ou adicionado à gasolina, é outra vantagem brasileira. Como o álcool é um produto renovável, sua emissão líquida de CO<sub>2</sub> é nula. Adicionalmente, o processo de fabricação de álcool produz o bagaço de cana que, se no passado era um subproduto em grande parte descartado pelas destilarias, hoje constitui-se em importante fonte de energia, com emprego tanto na geração de calor quanto na de eletricidade.

Sob o ponto de vista das emissões de CO<sub>2</sub>, a produção de álcool automotivo a partir da cana-de-açúcar é extremamente vantajosa, se comparada a outras culturas para esse fim, pois a queima do bagaço atende a todo o calor necessário ao processo industrial da produção do álcool (existindo até mesmo um excedente de bagaço). Outros países, que produzem álcool a partir do milho, por exemplo, empregam óleo combustível no processo industrial, produzindo emissões líquidas de CO<sub>2</sub> no ciclo de produção e uso do álcool.

Apesar do álcool ser o único combustível renovável com um programa de âmbito nacional implantado com sucesso no mundo, o seu futuro depende hoje das discussões sobre a sua economicidade. A desregulamentação do setor energético está eliminando o álcool hidratado, cujo custo é superior ao da gasolina, devido ao atual preço do petróleo. A produção de carros a álcool, que chegou a atender 90% das vendas de veículos novos, em meados da

década de 80, caiu virtualmente para zero em 1997.

A lenha, apesar do recente declínio de seu consumo, tem ainda uma importante participação no sistema energético brasileiro, através da sua queima direta ou da sua transformação em carvão vegetal. Embora a penetração do GLP venha deslocando a lenha no setor residencial rural, ela ainda é bastante utilizada para cocção e aquecimento d'água.

O emprego do carvão vegetal em grande escala é mais uma particularidade do sistema energético brasileiro. Até recentemente, o uso do carvão vegetal tinha um peso importante no setor siderúrgico brasileiro. A queda das barreiras à importação do carvão metalúrgico e do coque siderúrgico, com custos atuais menores que o carvão vegetal, vem servindo como um desestímulo aos projetos de reflorestamento para a produção de carvão vegetal.

Esses fatos demonstram que a manutenção da atual vantagem comparativa do país depende de escolhas futuras quanto à sua estrutura industrial, aos investimentos destinados ao aumento da eficiência energética e ao perfil de sua matriz energética.

Portanto, deve-se repensar a nova regulamentação do setor energético, evitando-se que o país perca as suas vantagens comparativas decorrentes do uso de energia renovável em grande escala e prevenindo-se que o país siga pelo mesmo caminho por onde hoje os países desenvolvidos tentam retornar.

Ficou patente, na elaboração dos cálculos das emissões de CO<sub>2</sub> do sistema energético brasileiro, a necessidade da coleta e validação dos vários coeficientes físicos necessários à metodologia empregada, dentre os quais incluem-se:

- Poder calorífico inferior dos combustíveis;
- Fator de emissão de carbono dos combustíveis;
- Fator de carbono estocado dos combustíveis;
- Fração oxidada na combustão dos combustíveis.

Muitos desses dados existem dispersos na literatura técnica. No entanto, o seu emprego requer uma verificação de sua validade com relação às características físico-químicas dos combustíveis utilizados neste trabalho, que tiveram como base o Balanço Energético Nacional. Na ausência desses dados, este trabalho lançou mão de valores recomendados pelo IPCC, os quais talvez não reflitam exatamente as condições de produção e uso da energia no país, ou fez uso de aproximações ou hipóteses que merecem investigações mais aprofundadas.



## 5 Referências Bibliográficas

ABRACAVE - Associação Brasileira de Florestas Renováveis, 1996. *Anuário Estatístico*.

DNDE/MME, 1996 - *Balanço Energético Nacional, Brasília*.

DNDE/MME, 1998 - *Balanço Energético Nacional, Brasília*.

ELETROBRÁS, 1995. *Plano 2015 - Plano Nacional de Energia Elétrica, 1993-2015, Volume 1 - Relatório Executivo*.

IEA - International Energy Agency, 1979. *Workshop on Energy Data of Developing Countries - Proceedings, Paris, França*.

IPCC, 1995. *Greenhouse Gas Inventory Reporting Instructions - IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol 1, 2, 3, IPCC, IEA, OECD*.

IPCC, 1996. *Greenhouse Gas Inventory Reporting Instructions - Revised IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol 1, 2, 3, IPCC, IEA, OECD*.

UNSO - United Nations Statistical Office, 1982. *Issues, Concepts and Methods in Energy Statistics with Particular Reference to Energy Account and Balances, Nova York, EUA*.

WEC - World Energy Conference, 1994. *Estatística Brasileira de Energia - Boletim Anual do Comitê Brasileiro do Conselho Mundial de Energia - No. 40*.



# ANEXO I

## Índice

|         | <b>Página</b>   |    |
|---------|---|----|
| I - 1   | Introdução  | 53 |
| I - 2   | Descrição da Metodologia do IPCC                            | 53 |
| I - 3   | Determinação do Consumo Aparente de Combustível             | 55 |
| I - 3.1 | Produção  | 58 |
| I - 3.2 | <i>International bunkers</i>                                | 60 |
| I - 3.3 | Exportações e importações                                   | 60 |
| I - 3.4 | Variação de estoques  | 61 |
| I - 4   | Conversão para uma Unidade Comum de Energia                 | 61 |
| I - 5   | Fatores de Emissão de Carbono                               | 64 |
| I - 6   | Determinação do Carbono Estocado                            | 65 |
| I - 6.1 | Quantidade de combustíveis com uso não energético           | 66 |
| I - 6.2 | Fração de carbono estocada                                  | 66 |
| I - 7   | Correção dos Valores para Considerar Combustão Incompleta   | 67 |
| I - 8   | Conversão do Carbono Oxidado em Emissões de CO <sub>2</sub> | 71 |
| I - 9   | Referências Bibliográficas                                  | 77 |

## Lista de Figuras

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| FIGURA 1 – Fluxograma simplificado da metodologia <i>top-down</i> para cálculo das emissões de CO <sub>2</sub> para o sistema energético | 54            |
| FIGURA 2 – Diagrama simplificado do processo de produção e consumo do carvão vegetal   | 69            |

## Lista de Tabelas

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| TABELA 1 – Lista dos combustíveis - compatibilização          | 56            |
| TABELA 2 – Energia embarcada em <i>bunkers</i> internacionais | 60            |
| TABELA 3 – Fatores de conversão TJ/1000 tep                   | 63            |
| TABELA 4 – Fatores de emissão de carbono empregados           | 64            |
| TABELA 5 – Frações de carbono estocado empregadas             | 67            |
| TABELA 6 – Frações de carbono oxidado empregadas              | 68            |
| TABELA 7 – Dados do SIBE                                      | 72            |

## I - 1 Introdução

Visando calcular as emissões de carbono do sistema energético brasileiro, adaptou-se a metodologia *top-down* recomendada pelo IPCC (1996), para as características particulares do sistema energético brasileiro. A metodologia *top-down* permite calcular as emissões de CO<sub>2</sub> usando apenas dados sobre a oferta de energia do país sem o detalhamento de como essa energia é consumida. Ela envolve a contabilização da produção doméstica de combustíveis primários, das importações e exportações de combustíveis primários e secundários e da variação interna dos estoques desses combustíveis. A metodologia supõe que, uma vez introduzido na economia nacional, em um determinado ano, o carbono contido em um combustível fóssil ou é emitido para a atmosfera ou é retido de alguma forma (por exemplo, através do aumento do estoque do combustível, da sua transformação em produtos não energéticos ou da sua retenção parcial inoxidado nos resíduos da combustão).

Por necessitar ser genérica o suficiente para ser utilizada como uma base de referência, a metodologia do IPCC não cobre aspectos específicos dos sistemas energéticos de todos os países. Portanto, para a obtenção de resultados coerentes com a situação real de um dado país, torna-se necessário adaptar a metodologia às características particulares de seu sistema energético.

Este anexo descreve a metodologia do IPCC e as adaptações nela efetuadas para lhe incorporar as particularidades do sistema energético brasileiro, e apresenta as hipóteses e os dados empregados no cálculo do inventário de suas emissões de CO<sub>2</sub>.

## I - 2 Descrição da Metodologia do IPCC

O emprego da metodologia *top-down* do IPCC abrange os seguintes passos:

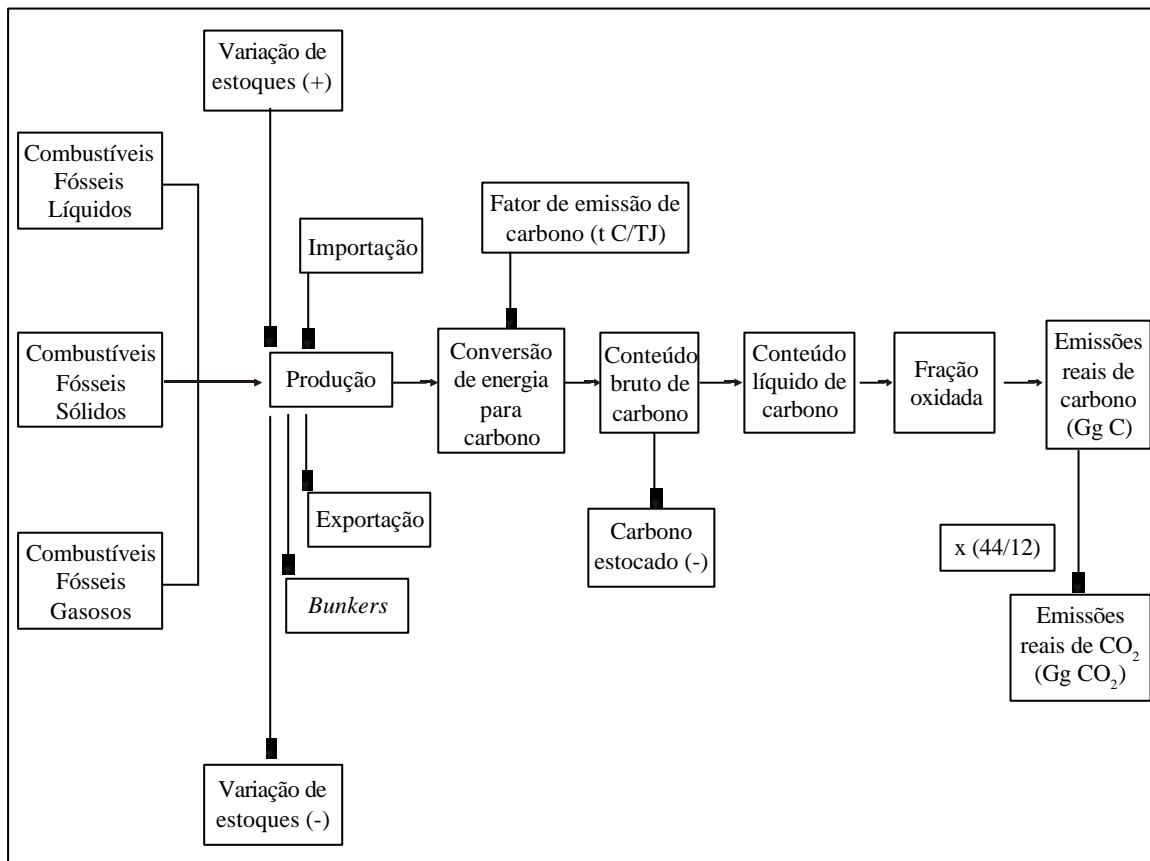
- 1) Determinação do consumo aparente dos combustíveis, nas suas unidades de medida originais;
- 2) Conversão do consumo aparente para uma unidade de energia comum, terajoules (TJ);
- 3) Transformação do consumo aparente de cada combustível em conteúdo de carbono, mediante a sua multiplicação pelo fator de emissão de carbono do combustível;
- 4) Determinação da quantidade de carbono de cada combustível destinada a fins não

energéticos e a dedução dessa quantidade do carbono contido no consumo aparente, para se computar o conteúdo real de carbono possível de ser emitido;

- 5) Correção dos valores para se considerar a combustão incompleta do combustível, para se computar a quantidade de carbono realmente oxidada na combustão;
- 6) Conversão da quantidade de carbono oxidada em emissões de CO<sub>2</sub>.

A seqüência desses passos está apresentada no fluxograma da Figura 1.

**Figura 1** – Fluxograma simplificado da metodologia *top-down* para cálculo das emissões de CO<sub>2</sub> para o sistema energético



Matematicamente, a emissão anual de CO<sub>2</sub> decorrente do uso de uma determinada fonte de energia pode ser determinada através da seguinte equação:

$$\omega = 10^{-3} \cdot \{[(\alpha + \beta - \chi - \delta - \varepsilon) \cdot \phi \cdot \gamma] - \eta\} \cdot \lambda \cdot 44/12 \quad \text{Eq. 1}$$

onde:

- $\omega$  = emissão anual real de CO<sub>2</sub> (Gg CO<sub>2</sub>)
- $\alpha$  = produção anual doméstica de energia primária, medida em unidade original
- $\beta$  = importação anual de energia primária e secundária, medida em unidade original
- $\chi$  = exportação anual de energia primária e secundária, medida em unidade original
- $\delta$  = energia anualmente embarcada em *bunkers* internacionais, medida em unidade original
- $\varepsilon$  = variação anual dos estoques de energia (positiva, caso haja aumento dos estoques), medida em unidade original
- $\phi$  = fator de conversão da unidade original para terajoules (TJ/unidades originais)
- $\gamma$  = fator de emissão de carbono por unidade de energia contida no combustível (t C/TJ)
- $\eta$  = quantidade anual de carbono estocada em produtos não energéticos (t C)
- $\lambda$  = fração do carbono realmente oxidado na combustão

### I - 3 Determinação do Consumo Aparente de Combustível

O consumo aparente de um dado combustível representa a quantidade de combustível disponível para uso interno no país. Para os combustíveis primários, sua determinação é feita através da seguinte equação:

$$\text{Consumo Aparente} = \theta = \alpha + \beta - \chi - \delta - \varepsilon \quad \text{Eq. 2}$$

onde os termos dessa equação foram definidos na Equação 1.

Essa equação é também utilizada para fontes de energia secundária, com exceção de que, nesse caso, o termo  $\alpha$  será nulo.

Neste trabalho, a principal fonte de dados utilizada para a determinação do consumo aparente do país foi o Balanço Energético Nacional (BEN, 1998). Essas informações foram complementadas por informações do Sistema do Balanço Energético (SIBE) e modificadas por algumas hipóteses feitas no âmbito do próprio trabalho.

No quadro abaixo, listamos os combustíveis em três colunas denominadas, respectivamente, de IPCC, MCT-Cálculo e MCT-IPCC. Na coluna IPCC, estão listados os combustíveis

solicitados pelo IPCC. Na segunda coluna, MCT-Cálculo, estão listados os combustíveis como foram desagregados para a elaboração dos cálculos das emissões. Na última coluna, MCT-IPCC, os combustíveis foram reagrupados no formato em que foram introduzidos nas planilhas do software do IPCC.

**Tabela 1** – Lista dos combustíveis - compatibilização

|                 |                         | IPCC   | MCT - Cálculo         | MCT - IPCC                   |                            |
|-----------------|-------------------------|--|-----------------------|------------------------------|----------------------------|
| FOSSIL FUELS    | Liquid Fossil           | Primary Fuels  | Crude Oil             | Petróleo (a)                 | Crude Oil                  |
|                 |                         |  | Orimulsion (c)        |                              |                            |
|                 |                         |  | Natural Gas Liquids   | Líquidos de Gás Natural (b)  | Natural Gas Liquids        |
|                 |                         | Secondary Fuels  | Gasoline              | Gasolina (a)                 | Gasoline                   |
|                 |                         |  | Jet Kerosene          | Querosene Aviação (d)        | Jet Kerosene               |
|                 |                         |  | Other Kerosene        | Querosene Iluminante (d)     | Other Kerosene             |
|                 |                         |  | Shale Oil (c)         |                              |                            |
|                 |                         |  | Gas / Diesel Oil      | Óleo Diesel                  | Diesel Oil                 |
|                 |                         |  | Residual Fuel Oil     | Óleo Combustível (a)         | Residual Fuel Oil          |
|                 |                         |  | LPG                   | GLP (a)                      | LPG                        |
|                 |                         |  | Ethane (c)            |                              |                            |
|                 |                         |  | Naphtha               | Nafta (a)                    | Naphtha                    |
|                 |                         |  | Bitumen               | Asfalto (d)                  | Bitumen                    |
|                 |                         | Lubricants   | Lubrificantes (d)     | Lubricants                   |                            |
|                 | Petroleum Coke          | Coque de Petróleo (d)  | Petroleum Coke        |                              |                            |
|                 | Refinery Feedstocks (c) |  |                       |                              |                            |
|                 | Other Oil               | Gás de Refinaria (d)<br>Outros Produtos Secundários de Petróleo (d)<br>Outros Produtos Não Energéticos de Petróleo (d) | Other Oil             |                              |                            |
|                 | Solid Fossil            | Primary Fuels  | Anthracite (c)        |                              |                            |
|                 |                         |  | Coking Coal           | Carvão Metalúrgico (a)       | Coking Coal                |
|                 |                         |  | Other Bit. Coal (c)   | Carvão Vapor (e)             | Steam Coal                 |
|                 |                         |  | Sub-bit Coal (c)      |                              |                            |
|                 |                         |  | Lignite (c)           |                              |                            |
|                 |                         | Secondary Fuels  | Oil Shale (c)         |                              |                            |
|                 |                         |  | Peat (c)              | Outras Primárias Fósseis (e) | Other Primary Fossil Fuels |
|                 |                         |  | BKB & Patent Fuel (c) | Alcatrão (e)                 | Tars                       |
|                 |                         |  | Coke Oven/Gas Coke    | Coque de Carvão Mineral (a)  | Coke                       |
|                 | Gaseous Fossil          | Natural Gas (Dry)  | Gás Natural (b)       | Natural Gas (Dry)            |                            |
| BIOMASS         | Solid Biomass           | Lenha para Queima Direta (f)   |                       | Solid Biomass                |                            |
|                 |                         | Lenha para Carvoejamento (f)   |                       |                              |                            |
|                 |                         | Bagaço (f)   |                       |                              |                            |
|                 |                         | Resíduos Vegetais (f)  |                       |                              |                            |
|                 |                         | Carvão Vegetal (f)   |                       |                              |                            |
|                 | Liquid Biomass          | Caldo de Cana (f)  |                       | Liquid Biomass               |                            |
|                 |                         | Melaço (f)   |                       |                              |                            |
|                 |                         | Álcool Etílico Anidro (f)  |                       |                              |                            |
|                 |                         | Álcool Etílico Hidratado (f)   |                       |                              |                            |
|                 |                         | Lixívia (f)  |                       |                              |                            |
| Gas Biomass (c) |                         |  |                       |                              |                            |



Dentre os combustíveis listados encontramos seis classes de combustíveis:

a) combustíveis que mantêm a mesma classificação do IPCC e que são obtidos diretamente do BEN – **Petróleo, Gasolina, Óleo Diesel, Óleo Combustível, GLP, Nafta, Carvão Metalúrgico, Coque de Carvão Mineral;**

b) combustíveis que foram obtidos no BEN mas exigiram um cálculo suplementar – **Líquidos de Gás Natural e Gás Natural Seco;**

c) combustíveis que foram excluídos – *Orimulsion, Shale Oil, Ethane, Refinery Feedstocks, Anthracite, Other Bituminous Coal, Sub-Bituminous Coal, Lignite, Oil Shale, Peat, BKB & Patent Fuel e Gas Biomass;*

- Os combustíveis acima foram excluídos da relação de combustíveis já que não constam do BEN.

d) combustíveis desagregados a partir de dados obtidos no SIBE;

- Do “Querosene” obtemos **Querosene de Aviação e Querosene Iluminante.**
- Do “Não Energéticos do Petróleo” obtemos **Asfalto, Lubrificantes e Outros Não-Energéticos de Petróleo.**
- Do “Outras Secundárias do Petróleo” obtemos **Coque de Petróleo, Gás de Refinaria** e o restante é agregado a uma categoria denominada **Outros Produtos Secundários de Petróleo.**

e) combustíveis acrescentados à lista do IPCC – **Carvão Vapor, Alcatrão e Outras Primárias Fósseis;**

f) combustíveis substituídos num nível mais desagregado que no IPCC, como no quadro abaixo:

| IPCC             | MCT   |
|------------------|---|
| Biomassa Sólida  | <b>Lenha para Queima Direta</b> ( <i>Firewood Direct Burning</i> )<br><b>Lenha para Carvoaria</b> ( <i>Firewood for Charcoal Making</i> )<br><b>Bagaço</b> ( <i>Sugar Cane Bagasse</i> )<br><b>Resíduos Vegetais</b> ( <i>Vegetal Residues</i> )<br><b>Carvão Vegetal</b> ( <i>Charcoal</i> ) |
| Biomassa Líquida | <b>Caldo de Cana</b> ( <i>Sugar Cane Juice</i> )<br><b>Melaço</b> ( <i>Molasses</i> )<br><b>Álcool Anidro</b> ( <i>Anhydrous Ethanol</i> )<br><b>Álcool Hidratado</b> ( <i>Hydrous Ethanol</i> )<br><b>Lixívia</b> ( <i>Black Liquor</i> )  |

Foram realizadas as seguintes adequações com relação à metodologia do IPCC:

### I - 3.1 Produção

Como já foi dito, só é contabilizada a produção de combustíveis primários na abordagem *top-down*.

Alguns combustíveis foram obtidos diretamente do BEN. São eles: **Petróleo, Carvão Metalúrgico e Carvão Vapor.**

O IPCC distingue entre **Líquidos de Gás Natural (LGN)** e **Gás Natural Seco (GNS)**. Essa distinção, entretanto, não é feita explicitamente no BEN. A produção de gás natural (GN) a que se refere a metodologia do IPCC não corresponde à produção de gás natural do BEN (GN\*). Para o IPCC, a produção de gás natural não inclui o gás que é reinjetado e o não aproveitado (liberado para a atmosfera ou queimado em *flares*), sendo portanto igual à produção nacional de gás natural subtraída das quantidades de gás reinjetado ( $G_{re}$ ) e não aproveitado ( $G_{na}$ ), como mostra a equação abaixo.

$$GN = GN^* - G_{na} - G_{re} \quad \text{Eq. 3}$$

A produção de líquidos de gás natural (LGN), no entanto, pode ser obtida a partir do BEN. Ela é a soma do fluxo de gás natural que é processado nas plantas de gás natural ( $GN_{plan}$ ) para a produção de derivados líquidos com a quantidade destinada a outras transformações ( $GN_{tran}$ ).

$$\text{LGN} = \text{GN}_{\text{plan}} + \text{GN}_{\text{tran}} \quad \text{Eq. 4}$$

A energia contida nos líquidos de gás natural deve então ser subtraída da energia total do gás natural produzido para fornecer o conteúdo energético do gás natural seco.

$$\text{GNS} = \text{GN} - \text{LGN} \quad \text{Eq. 5}$$

No BEN, podemos obter a produção da lenha (L) e a quantidade que é consumida nas carvoarias - **Lenha para Carvoejamento** ( $L_c$ ). Por diferença calculamos a lenha que vai para a queima direta - **Lenha para Queima Direta** ( $L_d$ ).

$$L_d = L - L_c \quad \text{Eq. 6}$$

Para os derivados dos produtos da cana, obtemos no SIBE os valores para a produção dos seguintes combustíveis: **Bagaçõ, Caldo de Cana e Melaço**.

Para a contabilização das outras formas de energia incluídas na categoria outras primárias do BEN, além da lixívia e dos resíduos vegetais foi inserida uma nova categoria que agrega as outras fontes primárias fósseis.

A **Lixívia** (L) é obtida a partir de “Outras Fontes Primárias” no SIBE.

**Outras Primárias Fósseis** (OPF) agrega 50% do consumo de resíduos vegetais da indústria de cimento mais 50% do item outras recuperações do consumo das centrais elétricas autoprodutoras.

Os **Resíduos Vegetais** (RV) que são contabilizados na planilha correspondem aos resíduos vegetais do SIBE (RV\*) subtraídos da sua parte fóssil e da lixívia.

$$\text{RV} = \text{RV}^* - L - \text{OPF} \quad \text{Eq. 7}$$

A Tabela 7 com os dados do SIBE utilizados na elaboração dos cálculos das emissões de  $\text{CO}_2$  na abordagem *top-down* encontra-se no fim do texto.

### I - 3.2 *International bunkers*

Dados sobre a quantidade de energia contida nos *bunkers* internacionais foram obtidos junto ao SIBE e são reproduzidos na Tabela 2. Como o BEN não explicita a energia embarcada nos *bunkers*, incluindo-a na energia exportada pelo país, a energia dos *bunkers* foi subtraída das exportações de energia do BEN para evitar dupla contagem.

**Tabela 2** – Energia embarcada em *bunkers* internacionais

| COMBUSTÍVEL          | ANO                            |      |                                |      |                                |      |                                |      |                                |      |
|----------------------|--------------------------------|------|--------------------------------|------|--------------------------------|------|--------------------------------|------|--------------------------------|------|
|                      | 1990                           |      | 1991                           |      | 1992                           |      | 1993                           |      | 1994                           |      |
|                      | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> | ktep | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> | ktep | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> | ktep | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> | ktep | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> | ktep |
| Querosene de aviação | 579                            | 470  | 609                            | 494  | 563                            | 457  | 595                            | 483  | 728                            | 590  |
| Óleo diesel          | 166                            | 141  | 103                            | 87   | 111                            | 94   | 142                            | 120  | 121                            | 103  |
| Óleo combustível     | 413                            | 391  | 697                            | 659  | 752                            | 711  | 940                            | 889  | 1107                           | 1047 |

Fonte: SIBE.

### I - 3.3 Exportações e importações

As fontes secundárias só interessam à metodologia *top-down* quando são importadas, exportadas ou apresentam variação de estoques.

São obtidas diretamente do BEN as importações e exportações de: **Petróleo, Gasolina, Óleo Diesel, Óleo Combustível, GLP, Nafta, Coque de Carvão Mineral, Carvão Metalúrgico e Carvão Vapor.**

São obtidas no SIBE as importações e exportações de: **Querosene de Aviação, Querosene Iluminante, Asfalto, Lubrificantes, Outros Produtos Não Energéticos de Petróleo e Carvão Vegetal.**

Para o **Querosene de Aviação, Óleo Diesel e Óleo Combustível** é necessário subtrair das exportações a parcela referente a *international bunkers*.

As importações de álcool são consideradas combustíveis renováveis, com exceção da parte correspondente ao metanol importado para substituir o álcool hidratado no transporte. Como o BEN não faz essa distinção, o metanol importado – que é um subproduto do petróleo – é subtraído do Álcool Hidratado e alocado em Outros Produtos Secundários de Petróleo.

### I - 3.4 Variação de estoques

São obtidas diretamente do BEN as variações de estoque de: **Petróleo, Gasolina, Óleo Diesel, Óleo Combustível, GLP, Nafta, Coque de Carvão Mineral, Carvão Metalúrgico, Carvão Vapor, Gás Natural e Carvão Vegetal**. Na variação de estoque, assume-se que o gás estocado é o gás natural seco.

São obtidas no SIBE as variações de estoque de: **Querosene de Aviação, Querosene Iluminante, Asfalto, Lubrificantes, Coque de Petróleo, Outros Produtos Não Energéticos de Petróleo, Álcool Etílico Anidro e Álcool Etílico Hidratado**.

### I - 4 Conversão para uma Unidade Comum de Energia

A conversão do consumo aparente de cada combustível, medido na sua unidade original, para uma unidade comum de energia, é efetuada multiplicando-se o consumo aparente pelo poder calorífico inferior do combustível (PCI). A unidade comum de energia adotada pelo IPCC é o terajoule (TJ). O uso do PCI do combustível, ao invés do seu poder calorífico superior (PCS), é necessário, pois os fatores de emissão de carbono recomendados pelo IPCC, em quantidade de carbono por unidade de energia, são definidos com base na energia efetivamente aproveitável do combustível.

O BEN expressa as quantidades dos combustíveis em toneladas equivalentes de petróleo (tep). A tep representa a energia contida em uma tonelada do petróleo médio consumido, que, em média, é 10.000 Mcal. No Brasil, o conteúdo energético de 1 tep, que é função do tipo de petróleo adotado como padrão, equivale a 10.800 Mcal ou  $45,217 \times 10^{-3}$  TJ. Os cálculos são feitos da seguinte forma:

$$1 \text{ tep padrão} = 10.000 \text{ Mcal} = 41,868 \times 10^{-3} \text{ TJ}$$

$$1 \text{ tep brasileira} = 10.800 \text{ Mcal} = 10.800/10.000 \times 41,868 \times 10^{-3} \text{ TJ} = 45,217 \times 10^{-3} \text{ TJ}$$

No entanto, é incorreto converter as quantidades expressas em tep diretamente para terajoules (TJ), pois no BEN o conteúdo energético dos combustíveis tem como base os seus PCSs. Para contornar esse problema, a conversão dos valores do BEN para terajoules foi efetuada conforme recomendação do IPCC (1996), mediante a seguinte equação:

$$\begin{aligned} \text{Fator de Conversão (tep com base em PCS para TJ com base em PCI)} &= \\ &= 45,217 \times 10^{-3} \cdot \text{fator de correção} \end{aligned}$$

onde o *fator de correção* é igual a 0,95 para os combustíveis sólidos e líquidos e 0,90 para os combustíveis gasosos.

Deve ser ressaltado que esse é um procedimento aproximado, uma vez que a relação entre o PCI e o PCS de um dado combustível é fortemente dependente do seu conteúdo de água e de hidrogênio. Seria, portanto, mais adequado se empregar os verdadeiros PCIs dos combustíveis, caso eles se encontrassem disponíveis.

Na tabela abaixo, estão listados os fatores de conversão utilizados nos cálculos das emissões brasileiras, levando-se em consideração o conteúdo energético da tep brasileira e os fatores de correção para o PCI, como descrito acima.

**Tabela 3** – Fatores de conversão TJ/1000 tep

|                         |   |       |
|-------------------------|---|-------|
| <b>Fósseis líquidos</b> | Petróleo                                    | 42,96 |
|                         | Líquidos de gás                             | 42,96 |
|                         | Gasolina                                    | 42,96 |
|                         | Querosene de aviação                        | 42,96 |
|                         | Querosene iluminante                        | 42,96 |
|                         | Óleo diesel                                 | 42,96 |
|                         | Óleo combustível                            | 42,96 |
|                         | GLP   | 42,96 |
|                         | Nafta                                       | 42,96 |
|                         | Asfalto                                     | 42,96 |
|                         | Lubrificantes                               | 42,96 |
|                         | Coque de petróleo                           | 42,96 |
|                         | Gás de refinaria                            | 40,70 |
|                         | Outros produtos secundários de petróleo     | 42,96 |
|                         | Outros produtos não energéticos de petróleo | 42,96 |
| <b>Fósseis sólidos</b>  | Carvão metalúrgico                          | 42,96 |
|                         | Carvão vapor                                | 42,96 |
|                         | Alcatrão                                    | 42,96 |
|                         | Coque                                       | 42,96 |
| <b>Fósseis gasosos</b>  | Gás natural (seco)                          | 40,70 |
| <b>Outras primárias</b> | Outras primárias fósseis                    | 42,96 |
| <b>Biomassa sólida</b>  | Lenha queima direta                         | 42,96 |
|                         | Lenha carvoejamento                         | 42,96 |
|                         | Bagaço de cana                              | 42,96 |
|                         | Resíduos vegetais                           | 42,96 |
|                         | Carvão vegetal                              | 42,96 |
| <b>Biomassa líquida</b> | Caldo de cana                               | 42,96 |
|                         | Melaço                                      | 42,96 |
|                         | Álcool anidro                               | 42,96 |
|                         | Álcool hidratado                            | 42,96 |
|                         | Lixívia                                     | 42,96 |
| <b>Biomassa gasosa</b>  |   | 40,70 |

## I - 5 Fatores de Emissão de Carbono

Os fatores de emissão de carbono (*Carbon Emission Factors* - CEFs) representam a quantidade de carbono contida no combustível por unidade de energia. Os fatores de emissão de carbono utilizados neste trabalho encontram-se na Tabela 4.

**Tabela 4** – Fatores de emissão de carbono empregados

|                         |   |       |
|-------------------------|---|-------|
| <b>Fósseis líquidos</b> | Petróleo                                    | 20    |
|                         | Líquidos de gás                             | 17,2  |
|                         | Gasolina                                    | 18,9  |
|                         | Querosene de aviação                        | 19,5  |
|                         | Querosene iluminante                        | 19,6  |
|                         | Óleo diesel                                 | 20,2  |
|                         | Óleo combustível                            | 21,1  |
|                         | GLP   | 17,2  |
|                         | Nafta                                       | 20    |
|                         | Asfalto                                     | 22    |
|                         | Lubrificantes                               | 20    |
|                         | Coque de petróleo                           | 27,5  |
|                         | Gás de refinaria                            | 18,2  |
|                         | Outros produtos secundários de petróleo     | 20    |
|                         | Outros produtos não energéticos de petróleo | 20    |
| <b>Fósseis sólidos</b>  | Carvão metalúrgico                          | 25,8  |
|                         | Carvão vapor                                | 25,8  |
|                         | Alcatrão                                    | 25,8  |
|                         | Coque                                       | 29,5  |
| <b>Fósseis gasosos</b>  | Gás natural (seco)                          | 15,3  |
| <b>Outras primárias</b> | Outras primárias fósseis                    | 20    |
| <b>Biomassa sólida</b>  | Lenha queima direta                         | 29,9  |
|                         | Lenha carvoejamento                         | 29,9  |
|                         | Bagaço de cana                              | 29,9  |
|                         | Resíduos vegetais                           | 29,9  |
|                         | Carvão vegetal                              | 29,9  |
| <b>Biomassa líquida</b> | Caldo de cana                               | 20    |
|                         | Melaço                                      | 20    |
|                         | Álcool anidro                               | 14,81 |
|                         | Álcool hidratado                            | 14,81 |
|                         | Lixívia                                     | 20    |
| <b>Biomassa gasosa</b>  |   | 30,6  |



Os fatores apresentados na tabela são aqueles recomendados pelo IPCC (1996), com as exceções que se seguem:

- Para os **Outros produtos não energéticos do petróleo e Outros produtos secundários do petróleo** foi adotado o fator de emissão do *Other Oil*, definido no IPCC, que abrange as duas categorias.
- Para o **Carvão vapor**, uma vez que não há recomendação do IPCC, adotou-se o mesmo valor do fator de emissão do carvão betuminoso (*Other Bituminous Coal*).
- Para o **Alcatrão** obtido como subproduto da transformação do carvão metalúrgico em coque, uma vez que não há recomendação do IPCC, adotou-se o mesmo fator de emissão do carvão metalúrgico (*Coking Coal*).
- É desconhecida a composição das fontes incluídas em **Outras fontes primárias fósseis**. Sendo assim, adotou-se o mesmo fator de emissão do petróleo (*Crude Oil*).
- Para o **Álcool etílico anidro e Álcool etílico hidratado**, adotou-se o fator de emissão médio da frota nacional, calculado no módulo específico de transporte a partir dos dados obtidos na CETESB (1994), para o período 1990-1994.
- Para as outras fontes de biomassa foram adotados os fatores de emissão recomendados pelo IPCC. Esses fatores, no entanto, somente são diferenciados pelo estado físico da biomassa, não apresentando uma distinção específica para cada tipo de biomassa (por exemplo, bagaço, lenha, etc.)

## I - 6 Determinação do Carbono Estocado

Nem todo combustível suprido a um país destina-se ao seu setor energético. Parte dele é utilizado como matéria-prima na manufatura de produtos não energéticos, onde o carbono torna-se fixado, tais como, plásticos e asfalto, etc. Na metodologia do IPCC, esse carbono é denominado “estocado” (*stored carbon*), devendo-se subtraí-lo do conteúdo de carbono do consumo aparente dos combustíveis.

O cálculo do carbono estocado requer a determinação das quantidades de combustíveis destinadas ao setor não energético e das frações dessas quantidades que efetivamente se mantêm fixadas aos bens produzidos (*fraction of carbon stored*).

Segundo a metodologia do IPCC, o carbono estocado para cada combustível é determinado como:

$$\eta = 10^{-3} \cdot \rho \cdot \phi \cdot \gamma \cdot \varphi \quad \text{Eq. 8}$$

onde

$\eta$  = carbono estocado [Gg C]

$\rho$  = quantidade de combustível com uso não energético [tep]

$\phi$  = fator de conversão de tep para TJ [TJ/tep]

$\gamma$  = fator de emissão de carbono [t C/TJ]

$\varphi$  = fração de carbono estocada

### I - 6.1 Quantidade de combustíveis com uso não energético

Os combustíveis que apresentam consumo não energético são: **gás natural, nafta, querosene iluminante, álcool anidro e hidratado, gás de refinaria, asfalto, lubrificantes, outros produtos não energéticos do petróleo e alcatrão**. Do gás natural assumimos que todo o consumo não energético venha do gás natural seco. Dos outros combustíveis temos informações no SIBE ou diretamente no BEN, no caso da nafta e do alcatrão.

### I - 6.2 Fração de carbono estocada

Os valores para a fração de carbono estocada dos combustíveis utilizados para fins não energéticos no Brasil e que constam do IPCC (1996) foram utilizados. Para os combustíveis que não encontramos recomendação no IPCC (**Querosene iluminante, Outros produtos não energéticos de petróleo, Álcool etílico anidro e Álcool etílico hidratado**) foi utilizado o valor 1, que significa dizer que a quantidade de combustível de uso não energético é estocado na sua totalidade.

Os valores para a fração de combustível estocada são apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5** – Frações de carbono estocado empregadas

|   |      |
|---|------|
| Outro Querosene                             | 1    |
| Nafta                                       | 0,8  |
| Asfalto                                     | 1    |
| Lubrificantes                               | 0,5  |
| Gás de refinaria                            | 1    |
| Outros produtos não energéticos de petróleo | 1    |
| Alcatrão                                    | 0,75 |
| Gás natural (seco)                          | 0,33 |
| Álcool anidro                               | 1    |
| Álcool hidratado                            | 1    |

## I - 7 Correção dos Valores para Considerar Combustão Incompleta

A diferença entre o carbono contido no consumo aparente de combustível e aquele estocado em produtos não energéticos representa o carbono disponível para ser emitido na combustão. Porém, nem todo esse carbono será oxidado, uma vez que, na prática, a combustão nunca ocorre de forma completa, deixando inoxidada uma pequena quantidade de carbono contida nas cinzas e outros subprodutos.

Na metodologia do IPCC, esse fato é levado em conta no cálculo das emissões reais, multiplicando-se o carbono disponível para a emissão pela fração de carbono oxidada na combustão.

A Tabela 6 apresenta os valores adotados neste trabalho para a fração de carbono oxidada na combustão.

**Tabela 6** – Frações de carbono oxidado empregadas

|                         |   |       |
|-------------------------|---|-------|
| <b>Fósseis líquidos</b> | Petróleo                                    | 0,99  |
|                         | Líquidos de gás                             | 0,99  |
|                         | Gasolina                                    | 0,99  |
|                         | Querosene de aviação                        | 0,99  |
|                         | Querosene iluminante                        | 0,99  |
|                         | Óleo diesel                                 | 0,99  |
|                         | Óleo combustível                            | 0,99  |
|                         | GLP   | 0,99  |
|                         | Nafta                                       | 0,99  |
|                         | Asfalto                                     | 0,99  |
|                         | Lubrificantes                               | 0,99  |
|                         | Coque de petróleo                           | 0,99  |
|                         | Gás de refinaria                            | 0,995 |
|                         | Outros produtos secundários de petróleo     | 0,99  |
|                         | Outros produtos não energéticos de petróleo | 0,99  |
| <b>Fósseis sólidos</b>  | Carvão metalúrgico                          | 0,98  |
|                         | Carvão vapor                                | 0,98  |
|                         | Alcatrão                                    | 0,98  |
|                         | Coque                                       | 0,98  |
| <b>Fósseis gasosos</b>  | Gás natural (seco)                          | 0,995 |
| <b>Outras primárias</b> | Outras primárias fósseis                    | 0,98  |
| <b>Biomassa sólida</b>  | Lenha queima direta                         | 0,87  |
|                         | Lenha carvoejamento                         | 0,891 |
|                         | Bagaço de cana                              | 0,88  |
|                         | Resíduos vegetais                           | 0,88  |
|                         | Carvão vegetal                              | 0,88  |
| <b>Biomassa líquida</b> | Caldo de cana                               | 0,99  |
|                         | Melaço                                      | 0,99  |
|                         | Álcool anidro                               | 0,99  |
|                         | Álcool hidratado                            | 0,99  |
|                         | Lixívia                                     | 0,99  |
| <b>Biomassa gasosa</b>  |   | 0,99  |

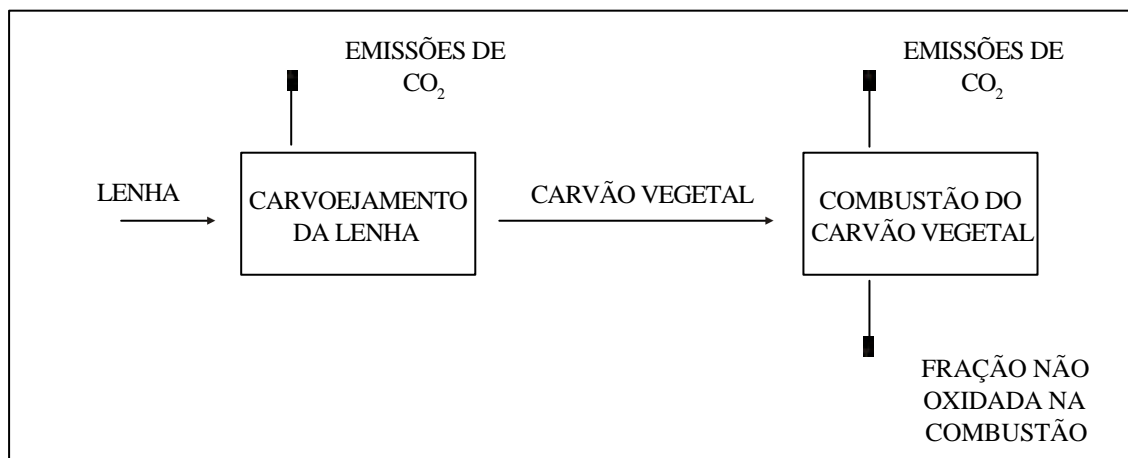
Utilizamos os valores recomendados pelo IPCC: 0,98 para carvões, 0,99 para o petróleo e seus derivados, 0,995 para o gás natural.

Para os demais combustíveis fósseis, foram utilizados os seguintes valores: 0,99 para os combustíveis líquidos, 0,98 para os combustíveis sólidos e 0,995 para os combustíveis gasosos. Arbitramos também o valor de 0,99 do petróleo e seus derivados para as outras fontes primárias fósseis.

Na versão de 1995, o *Workbook* do IPCC (IPCC, 1995, v.2, pg.1.12) apresenta a tabela I-5 com valores para a fração oxidada de biomassa e que foram utilizados nos cálculos das emissões de CO<sub>2</sub> da lenha (0,87), dos resíduos vegetais (0,88) e do carvão vegetal (0,88). Utilizamos o fator dos combustíveis fósseis líquidos (0,99) para os combustíveis líquidos de biomassa.

No caso da lenha destinada ao carvoejamento, o processo de transformação produz uma série de subprodutos e rejeitos que afetam a fração disponível para oxidação no processo de queima do carvão vegetal. Portanto, a determinação da fração não oxidada da lenha destinada ao carvoejamento deve levar em conta a cadeia completa de produção e consumo do carvão vegetal, considerando os resíduos liberados do processo de carvoejamento e a fração não oxidada na combustão do carvão vegetal, conforme ilustra a Figura 2.

**Figura 2** – Diagrama simplificado do processo de produção e consumo do carvão vegetal



De acordo com os dados do BEN, cada 1 TJ de lenha produz 0,5 TJ de carvão vegetal no processo de carvoejamento (energia com base no PCS). Os poderes caloríficos superiores da lenha e do carvão vegetal são (BEN, 1996):

$$PCS_{\text{lenha}} = 3.300 \text{ kcal/kg (25\% de umidade)}$$

$$PCS_{\text{c. vegetal}} = 6.800 \text{ kcal/kg (0\% de umidade)}$$

A seguinte relação determina a massa de carvão vegetal ( $M_{c. vegetal}$ ) resultante da massa de lenha ( $M_{lenha}$ ) no processo de carvoejamento da lenha:

$$\frac{M_{c. vegetal}}{M_{lenha}} = \frac{0,5/6.800}{1/3.300} = 0,243 \quad \text{Eq. 9}$$

Considerando os valores 0,5 e 0,87 (IPCC, 1995) para a fração mássica de carbono da lenha e do carvão vegetal (base seca), respectivamente, e a fração oxidada na queima do carvão vegetal como 0,88 (IPCC, 1995), obtém-se o seguinte balanço de carbono para o ciclo de produção e queima do carvão vegetal.

$$\text{Carbono emitido} = \text{Carbono emitido na produção de carvão vegetal} + \text{carbono emitido na combustão do carvão vegetal} \quad \text{Eq. 10}$$

onde

$$\begin{aligned} \text{Carbono emitido na produção de carvão vegetal} &= \\ &= 0,5 \cdot 0,75M_{lenha} - 0,87M_{c. vegetal} \\ &= 0,5 \cdot 0,75M_{lenha} - 0,87 \cdot 0,243M_{lenha} \\ &= 0,164M_{lenha} \end{aligned} \quad \text{Eq. 11}$$

$$\begin{aligned} \text{Carbono emitido na combustão do carvão vegetal} &= \\ &= 0,87 \cdot 0,88M_{c. vegetal} = 0,87 \cdot 0,88 \cdot 0,243M_{lenha} \\ &= 0,186M_{lenha} \end{aligned} \quad \text{Eq. 12}$$

Adotou-se que o carbono estocado nos subprodutos do processo de produção do carvão vegetal é igual a 0.

Usando-se as equações 11 e 12 na equação 10, obtém-se

$$\text{Carbono emitido} = (0,164 + 0,186)M_{lenha} = 0,350M_{lenha} \quad \text{Eq. 13}$$

Como 1 tonelada de lenha é equivalente a 0,306 tep (BEN, 1998)

então,

$$1 \text{ t lenha} = 0,306 \cdot 45,217 \cdot 10^{-3} \cdot \text{fator de correção [TJ]} \quad \text{Eq. 14}$$

Como para a lenha o fator de correção é 0,95, o carbono emitido por unidade de energia da lenha será:

$$\begin{aligned}
 &\text{Carbono emitido por unidade de energia} = \\
 &= (0,350M_{\text{lenha}}) / (M_{\text{lenha}} \cdot 0,306 \cdot 45,217 \cdot 10^{-3} \cdot 0,95) = \text{Eq. 15} \\
 &= 26,63 \text{ (t C/TJ)}
 \end{aligned}$$

Como o fator de emissão da lenha é 29,9 t C/TJ, determina-se a fração oxidada da lenha destinada ao carvoejamento como:

$$\text{Fração oxidada} = 26,63/29,9 = 0,891 \quad \text{Eq. 16}$$

## I - 8 Conversão do Carbono Oxidado em Emissões de CO<sub>2</sub>

Os cálculos até aqui descritos levam à determinação das emissões em termos da quantidade de carbono liberada na queima do combustível. A sua conversão para emissões de CO<sub>2</sub> é facilmente obtida, multiplicando as emissões em termos de carbono pela razão entre os pesos moleculares do CO<sub>2</sub> e do carbono, isto é, 44/12.

**Tabela 7 – Dados do SIBE (1 de 5)**

| <b>QUEROSENE</b>                  | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |            |            |             |            |
|-----------------------------------|-----------------------------------|------------|------------|-------------|------------|
|                                   | 1990                              | 1991       | 1992       | 1993        | 1994       |
| OFERTA INTERNA BRUTA              | -482                              | -417       | -375       | -360        | -258       |
| <b>OFERTA TOTAL</b>               | <b>-5</b>                         | <b>135</b> | <b>142</b> | <b>224</b>  | <b>406</b> |
| IMPORTAÇÃO                        | 23                                | 119        | 117        | 372         | 333        |
| <b>VARIAÇÃO DE ESTOQUES</b>       | <b>-28</b>                        | <b>16</b>  | <b>25</b>  | <b>-148</b> | <b>73</b>  |
| EXPORTAÇÃO                        | -477                              | -552       | -517       | -584        | -664       |
| <b>CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO</b> | <b>79</b>                         | <b>78</b>  | <b>64</b>  | <b>61</b>   | <b>31</b>  |
| <b>QUEROSENE ILUMINANTE</b>       | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |            |            |             |            |
|                                   | 1990                              | 1991       | 1992       | 1993        | 1994       |
| OFERTA INTERNA BRUTA              | 67                                | 82         | 5          | -11         | -3         |
| <b>OFERTA TOTAL</b>               | <b>67</b>                         | <b>82</b>  | <b>5</b>   | <b>37</b>   | <b>28</b>  |
| IMPORTAÇÃO                        | 0                                 | 3          | 7          | 0           | 0          |
| <b>VARIAÇÃO DE ESTOQUES</b>       | <b>67</b>                         | <b>79</b>  | <b>-2</b>  | <b>37</b>   | <b>28</b>  |
| EXPORTAÇÃO                        | 0                                 | 0          | 0          | -48         | -31        |
| <b>CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO</b> | <b>79</b>                         | <b>78</b>  | <b>64</b>  | <b>61</b>   | <b>31</b>  |
| <b>QUEROSENE DE AVIAÇÃO</b>       | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |            |            |             |            |
|                                   | 1990                              | 1991       | 1992       | 1993        | 1994       |
| OFERTA INTERNA BRUTA              | -549                              | -499       | -380       | -349        | -255       |
| <b>OFERTA TOTAL</b>               | <b>-72</b>                        | <b>53</b>  | <b>137</b> | <b>187</b>  | <b>378</b> |
| IMPORTAÇÃO                        | 23                                | 116        | 110        | 372         | 333        |
| <b>VARIAÇÃO DE ESTOQUES</b>       | <b>-95</b>                        | <b>-63</b> | <b>27</b>  | <b>-185</b> | <b>45</b>  |
| EXPORTAÇÃO                        | -477                              | -552       | -517       | -536        | -633       |



**Tabela 7 – Dados do SIBE (2 de 5)**

| <b>NÃO ENERGÉTICOS DE PETRÓLEO</b>        | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |             |             |             |             |
|---|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|   | 1990                              | 1991        | 1992        | 1993        | 1994        |
| OFERTA INTERNA BRUTA                      | -178                              | -33         | -299        | 190         | 1           |
| <b>OFERTA TOTAL</b>                       | <b>-127</b>                       | <b>86</b>   | <b>-90</b>  | <b>353</b>  | <b>163</b>  |
| IMPORTAÇÃO                                | 99                                | 76          | 11          | 49          | 103         |
| VARIAÇÃO DE ESTOQUES                      | -226                              | 10          | -101        | 304         | 60          |
| EXPORTAÇÃO                                | -51                               | -119        | -209        | -163        | -162        |
| <b>CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO</b>         | <b>3161</b>                       | <b>2933</b> | <b>2890</b> | <b>2880</b> | <b>3081</b> |
| <b>ASFALTO</b>                            | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |             |             |             |             |
|   | 1990                              | 1991        | 1992        | 1993        | 1994        |
| OFERTA INTERNA BRUTA                      | -6                                | -4          | 3           | 25          | -23         |
| <b>OFERTA TOTAL</b>                       | <b>-6</b>                         | <b>0</b>    | <b>10</b>   | <b>61</b>   | <b>12</b>   |
| VARIAÇÃO DE ESTOQUES                      | -6                                | 0           | 10          | 61          | 12          |
| EXPORTAÇÃO                                | 0                                 | -4          | -7          | -36         | -35         |
| <b>CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO</b>         | <b>1202</b>                       | <b>937</b>  | <b>1176</b> | <b>1078</b> | <b>1245</b> |
| <b>LUBRIFICANTES</b>                      | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |             |             |             |             |
|   | 1990                              | 1991        | 1992        | 1993        | 1994        |
| OFERTA INTERNA BRUTA                      | 13                                | 30          | -171        | -51         | -28         |
| <b>OFERTA TOTAL</b>                       | <b>60</b>                         | <b>72</b>   | <b>-79</b>  | <b>41</b>   | <b>53</b>   |
| IMPORTAÇÃO                                | 73                                | 65          | 0           | 43          | 11          |
| VARIAÇÃO DE ESTOQUES                      | -13                               | 7           | -79         | -2          | 42          |
| EXPORTAÇÃO                                | -47                               | -42         | -92         | -92         | -81         |
| <b>CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO</b>         | <b>684</b>                        | <b>658</b>  | <b>547</b>  | <b>601</b>  | <b>627</b>  |
| <b>SOLVENTES</b>                          | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |             |             |             |             |
|   | 1990                              | 1991        | 1992        | 1993        | 1994        |
| OFERTA INTERNA BRUTA                      | -18                               | 5           | -40         | -39         | 34          |
| <b>OFERTA TOTAL</b>                       | <b>-16</b>                        | <b>5</b>    | <b>-32</b>  | <b>-34</b>  | <b>37</b>   |
| IMPORTAÇÃO                                | 0                                 | 7           | 0           | 4           | 37          |
| VARIAÇÃO DE ESTOQUES                      | -16                               | -2          | -32         | -38         | 0           |
| EXPORTAÇÃO                                | -2                                | 0           | -8          | -5          | -3          |
| <b>CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO</b>         | <b>217</b>                        | <b>300</b>  | <b>297</b>  | <b>272</b>  | <b>345</b>  |
| <b>OUTROS NÃO ENERGÉTICOS DE PETRÓLEO</b> | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |             |             |             |             |
|   | 1990                              | 1991        | 1992        | 1993        | 1994        |
| OFERTA INTERNA BRUTA                      | -167                              | -64         | -91         | 255         | 18          |
| <b>OFERTA TOTAL</b>                       | <b>-165</b>                       | <b>9</b>    | <b>11</b>   | <b>285</b>  | <b>61</b>   |
| IMPORTAÇÃO                                | 26                                | 4           | 11          | 2           | 55          |
| VARIAÇÃO DE ESTOQUES                      | -191                              | 5           | 0           | 283         | 6           |
| EXPORTAÇÃO                                | -2                                | -73         | -102        | -30         | -43         |
| <b>CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO</b>         | <b>1058</b>                       | <b>1038</b> | <b>870</b>  | <b>929</b>  | <b>864</b>  |

**Tabela 7 – Dados do SIBE (3 de 5)**

| <b>OUTRAS SECUNDÁRIAS DE PETRÓLEO</b> | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |             |             |             |             |
|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                       | 1990                              | 1991        | 1992        | 1993        | 1994        |
| OFERTA INTERNA BRUTA                  | -306                              | -8          | -80         | -73         | -102        |
| <b>OFERTA TOTAL</b>                   | <b>-18</b>                        | <b>-2</b>   | <b>-7</b>   | <b>13</b>   | <b>-16</b>  |
| VARIAÇÃO DE ESTOQUES                  | -18                               | -2          | -7          | 13          | -16         |
| <b>NÃO APROVEITADA</b>                | <b>-288</b>                       | <b>-6</b>   | <b>-73</b>  | <b>-86</b>  | <b>-86</b>  |
| CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO            | 239                               | 216         | 161         | 197         | 211         |
| <b>GAS DE REFINARIA</b>               | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |             |             |             |             |
|                                       | 1990                              | 1991        | 1992        | 1993        | 1994        |
| OFERTA INTERNA BRUTA                  | -288                              | -6          | -73         | -86         | -86         |
| <b>NÃO APROVEITADA</b>                | <b>-288</b>                       | <b>-6</b>   | <b>-73</b>  | <b>-86</b>  | <b>-86</b>  |
| CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO            | 239                               | 216         | 161         | 197         | 211         |
| <b>COQUE DE PETRÓLEO</b>              | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |             |             |             |             |
|                                       | 1990                              | 1991        | 1992        | 1993        | 1994        |
| OFERTA INTERNA BRUTA                  | -18                               | -2          | -7          | 13          | -16         |
| <b>OFERTA TOTAL</b>                   | <b>-18</b>                        | <b>-2</b>   | <b>-7</b>   | <b>13</b>   | <b>-16</b>  |
| VARIAÇÃO DE ESTOQUES                  | -18                               | -2          | -7          | 13          | -16         |
| <b>OUTRAS PRIMÁRIAS RENOVÁVEIS</b>    | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |             |             |             |             |
|                                       | 1990                              | 1991        | 1992        | 1993        | 1994        |
| OFERTA INTERNA BRUTA                  | 2104                              | 2313        | 2715        | 2950        | 2967        |
| <b>OFERTA TOTAL</b>                   | <b>2104</b>                       | <b>2313</b> | <b>2715</b> | <b>2950</b> | <b>2967</b> |
| PRODUÇÃO                              | 2104                              | 2313        | 2715        | 2950        | 2967        |
| <b>LIXÍVIA</b>                        | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |             |             |             |             |
|                                       | 1990                              | 1991        | 1992        | 1993        | 1994        |
| OFERTA INTERNA BRUTA                  | 1291                              | 1459        | 1745        | 1975        | 2146        |
| <b>OFERTA TOTAL</b>                   | <b>1291</b>                       | <b>1459</b> | <b>1745</b> | <b>1975</b> | <b>2146</b> |
| PRODUÇÃO                              | 1291                              | 1459        | 1745        | 1975        | 2146        |
| <b>OUTRAS RECUPERAÇÕES</b>            | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |             |             |             |             |
|                                       | 1990                              | 1991        | 1992        | 1993        | 1994        |
| OFERTA INTERNA BRUTA                  | 813                               | 854         | 970         | 975         | 821         |
| <b>OFERTA TOTAL</b>                   | <b>813</b>                        | <b>854</b>  | <b>970</b>  | <b>975</b>  | <b>821</b>  |
| PRODUÇÃO                              | 813                               | 854         | 970         | 975         | 821         |

**Tabela 7** – Dados do SIBE (4 de 5)

| <b>PRODUTOS DA CANA</b> | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |              |              |              |              |
|-------------------------|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                         | 1990                              | 1991         | 1992         | 1993         | 1994         |
| OFERTA INTERNA BRUTA    | 17937                             | 19524        | 19523        | 18859        | 21337        |
| <b>OFERTA TOTAL</b>     | <b>17937</b>                      | <b>19524</b> | <b>19523</b> | <b>18859</b> | <b>21337</b> |
| PRODUÇÃO                | 17937                             | 19524        | 19523        | 18859        | 21337        |
| <b>CALDO DE CANA</b>    | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |              |              |              |              |
|                         | 1990                              | 1991         | 1992         | 1993         | 1994         |
| OFERTA INTERNA BRUTA    | 5687                              | 6422         | 5663         | 5360         | 5543         |
| <b>OFERTA TOTAL</b>     | <b>5687</b>                       | <b>6422</b>  | <b>5663</b>  | <b>5360</b>  | <b>5543</b>  |
| PRODUÇÃO                | 5687                              | 6422         | 5663         | 5360         | 5543         |
| <b>MELAÇO</b>           | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |              |              |              |              |
|                         | 1990                              | 1991         | 1992         | 1993         | 1994         |
| OFERTA INTERNA BRUTA    | 802                               | 813          | 901          | 841          | 1050         |
| <b>OFERTA TOTAL</b>     | <b>802</b>                        | <b>813</b>   | <b>901</b>   | <b>841</b>   | <b>1050</b>  |
| PRODUÇÃO                | 802                               | 813          | 901          | 841          | 1050         |
| <b>BAGAÇO DE CANA</b>   | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |              |              |              |              |
|                         | 1990                              | 1991         | 1992         | 1993         | 1994         |
| OFERTA INTERNA BRUTA    | 11448                             | 12289        | 12959        | 12658        | 14744        |
| <b>OFERTA TOTAL</b>     | <b>11448</b>                      | <b>12289</b> | <b>12959</b> | <b>12658</b> | <b>14744</b> |
| PRODUÇÃO                | 11448                             | 12289        | 12959        | 12658        | 14744        |

**Tabela 7** – Dados do SIBE (5 de 5)

| <b>ÁLCOOL ETÍLICO</b>             | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |             |            |            |            |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------|------------|------------|------------|
|                                   | 1990                              | 1991        | 1992       | 1993       | 1994       |
| OFERTA INTERNA BRUTA              | 522                               | -146        | 270        | 794        | 743        |
| <b>OFERTA TOTAL</b>               | <b>522</b>                        | <b>-146</b> | <b>270</b> | <b>878</b> | <b>888</b> |
| IMPORTAÇÃO                        | 584                               | 542         | 272        | 722        | 935        |
| VARIAÇÃO DE ESTOQUES              | -62                               | -688        | -2         | 156        | -47        |
| EXPORTAÇÃO                        | 0                                 | 0           | 0          | -84        | -145       |
| <b>CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO</b> | <b>477</b>                        | <b>341</b>  | <b>346</b> | <b>444</b> | <b>524</b> |
| <b>ÁLCOOL ETÍLICO ANIDRO</b>      | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |             |            |            |            |
|                                   | 1990                              | 1991        | 1992       | 1993       | 1994       |
| OFERTA INTERNA BRUTA              | 223                               | -206        | 0          | 12         | 236        |
| <b>OFERTA TOTAL</b>               | <b>223</b>                        | <b>-206</b> | <b>0</b>   | <b>12</b>  | <b>236</b> |
| IMPORTAÇÃO                        | 228                               | 99          | 0          | 0          | 212        |
| VARIAÇÃO DE ESTOQUES              | -5                                | -305        | 0          | 12         | 24         |
| CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO        | 31                                | 0           | 0          | 62         | 65         |
| <b>ÁLCOOL ETÍLICO HIDRATADO</b>   | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |             |            |            |            |
|                                   | 1990                              | 1991        | 1992       | 1993       | 1994       |
| OFERTA INTERNA BRUTA              | 299                               | 60          | 270        | 782        | 507        |
| <b>OFERTA TOTAL</b>               | <b>299</b>                        | <b>60</b>   | <b>270</b> | <b>866</b> | <b>652</b> |
| IMPORTAÇÃO                        | 356                               | 443         | 272        | 722        | 723        |
| VARIAÇÃO DE ESTOQUES              | -57                               | -383        | -2         | 144        | -71        |
| EXPORTAÇÃO                        | 0                                 | 0           | 0          | -84        | -145       |
| <b>CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO</b> | <b>446</b>                        | <b>341</b>  | <b>346</b> | <b>382</b> | <b>459</b> |
| <b>ESTOQUE</b>                    |                                   |             |            |            |            |
| <b>NAFTA</b>                      | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |             |            |            |            |
|                                   | 1990                              | 1991        | 1992       | 1993       | 1994       |
| CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO        | 4781                              | 4654        | 5076       | 5242       | 5917       |
| <b>ALCATRÃO</b>                   | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |             |            |            |            |
|                                   | 1990                              | 1991        | 1992       | 1993       | 1994       |
| CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO        | 107                               | 116         | 48         | 54         | 74         |
| <b>GÁS NATURAL</b>                | <b>UNIDADE 10<sup>3</sup> tep</b> |             |            |            |            |
|                                   | 1990                              | 1991        | 1992       | 1993       | 1994       |
| CONS. FINAL NÃO ENERGÉTICO        | 872                               | 916         | 891        | 889        | 959        |

## **I - 9 Referências Bibliográficas**

ABRACAVE - Associação Brasileira de Florestas Renováveis, 1996. *Anuário Estatístico*.

DNDE/MME, 1996. *Balanço Energético Nacional - BEN*, Brasília.

DNDE/MME, 1998. *Balanço Energético Nacional - BEN*, Brasília.

IPCC, 1995. *Greenhouse Gas Inventory Reporting Instructions - IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Vol 1, 2, 3, IPCC, IEA, OECD.

IPCC, 1996. *Greenhouse Gas Inventory Reporting Instructions - Revised IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Vol 1, 2, 3, IPCC, IEA, OECD.



## **ANEXO II**

|   |    |
|---|----|
| Emissões de Carbono do Sistema Energético Brasileiro - Ano 1990 | 81 |
| Emissões de Carbono do Sistema Energético Brasileiro - Ano 1991 | 84 |
| Emissões de Carbono do Sistema Energético Brasileiro - Ano 1992 | 87 |
| Emissões de Carbono do Sistema Energético Brasileiro - Ano 1993 | 90 |
| Emissões de Carbono do Sistema Energético Brasileiro - Ano 1994 | 93 |





**Emissões de Carbono**  
**do Sistema Energético Brasileiro**

Ano

1990

| MÓDULO                                  |                     | ENERGIA                       |               |              |                   |                   |                  |              |
|---|---------------------|-------------------------------|---------------|--------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| SUBMÓDULO                               |                     | CO.(REFERENCE APPROACH)       |               |              |                   |                   |                  |              |
| PLANILHA                                |                     | 1-1                           |               |              |                   |                   |                  |              |
| FOLHA                                   |                     | 1 DE 5                        |               |              |                   |                   |                  |              |
| PAÍS                                    |                     | BRASIL                        |               |              |                   |                   |                  |              |
| ANO                                     |                     | 1990                          |               |              |                   |                   |                  |              |
| PASSO 1                                 |                     |                               |               |              |                   |                   |                  |              |
|   |                     | A                             | B             | C            | D                 | E                 | F                |              |
|   |                     | Produção                      | Importação    | Exportação   | Variação Estoques | Variação Estoques | Consumo Aparente |              |
|   |                     | (1000 tep)                    | (1000 tep)    | (1000 tep)   | (1000 tep)        | (1000 tep)        | (1000 tep)       |              |
| COMBUSTÍVEL                             |                     |                               |               |              |                   |                   | F=(A+B-C-D-E)    |              |
| Fósseis Líquidos                        | Fontes Primárias    | Petróleo                      | 31.906        | 28.882       |                   |                   | 1.524            | 59.264       |
|   |                     | Líquidos de Gás Natural       | 893           |              |                   |                   |                  | 893          |
|   | Fontes Secundárias  | Gasolina                      |               | 4            | 1.706             |                   | 65               | -1.767       |
|   |                     | Querosene de Aviação          |               | 23           | 7                 | 470               | 95               | -549         |
|   |                     | Querosene Iluminante          |               |              |                   |                   | -67              | 67           |
|   |                     | Óleo Diesel                   |               | 577          | 75                | 141               | 36               | 325          |
|   |                     | Óleo Combustível              |               | 620          | 2.051             | 391               | -44              | -1.778       |
|   |                     | GLP                           |               | 1.405        | 5                 |                   | 33               | 1.367        |
|   |                     | Nafta                         |               | 181          |                   |                   | 12               | 169          |
|   |                     | Asfalto                       |               |              |                   |                   | 6                | -6           |
|   |                     | Lubrificantes                 |               | 73           | 47                |                   | 13               | 13           |
|   |                     | Coque de Petróleo             |               |              |                   |                   | 18               | -18          |
|   |                     | Gás de Refinaria              |               |              |                   |                   |                  |              |
|   |                     | Outros Prod. Sec. de Petróleo |               |              | 203               |                   |                  |              |
| Outros Prod. Não Energ. Petróleo        |                     |                               | 26            | 4            |                   | 207               | -185             |              |
| <b>Fósseis Líquidos - Total</b>         |                     | <b>32.799</b>                 | <b>31.994</b> | <b>3.895</b> | <b>1.002</b>      | <b>1.898</b>      | <b>57.998</b>    |              |
| Fósseis Sólidos                         | Fontes Primárias    | Carvão Metalúrgico            | 314           | 7.437        |                   |                   | 135              | 7.616        |
|   |                     | Carvão Vapor                  | 1.564         |              |                   |                   | -353             | 1.917        |
|   | Fontes Secundárias  | Alcatrão                      |               |              |                   |                   |                  |              |
|   |                     | Coque de Carvão Mineral       |               | 388          |                   |                   | 416              | -28          |
| <b>Fósseis Sólidos - Total</b>          |                     | <b>1.878</b>                  | <b>7.825</b>  |              |                   | <b>198</b>        | <b>9.505</b>     |              |
| Fósseis Gasosos                         |                     | Gás Natural Seco              |               | 3.332        |                   |                   | -5               | 3.337        |
| <b>Fósseis Gasosos - Total</b>          |                     |                               |               | <b>3.332</b> |                   |                   | <b>-5</b>        | <b>3.337</b> |
| Outras Fontes Primárias Fósseis         |                     |                               |               | 204          |                   |                   |                  | 204          |
| <b>Combustíveis Fósseis - Total</b>     |                     | <b>38.213</b>                 | <b>39.819</b> | <b>3.895</b> | <b>1.002</b>      | <b>2.091</b>      | <b>71.044</b>    |              |
| <b>Combustíveis da Biomassa</b>         |                     |                               |               |              |                   |                   |                  |              |
| Biomassa Sólida                         | Lenha Queima Direta |                               | 15.560        |              |                   |                   |                  | 15.560       |
|   | Lenha Carvoejamento |                               | 12.620        |              |                   |                   |                  | 12.620       |
|   | Bagaço de Cana      |                               | 11.448        |              |                   |                   |                  | 11.448       |
|   | Resíduos Vegetais   |                               | 609           |              |                   |                   |                  | 609          |
|   | Carvão Vegetal      |                               |               |              |                   |                   |                  |              |
| <b>Biomassa Sólida - Total</b>          |                     | <b>40.237</b>                 |               |              |                   |                   | <b>40.237</b>    |              |
| Biomassa Líquida                        | Caldo de Cana       |                               | 5.687         |              |                   |                   |                  | 5.687        |
|   | Melaço              |                               | 802           |              |                   |                   |                  | 802          |
|   | Álcool Anidro       |                               |               | 228          |                   |                   | 5                | 223          |
|   | Álcool Hidratado    |                               |               | 153          |                   |                   | 57               | 96           |
|   | Lixívia             |                               | 1.291         |              |                   |                   |                  | 1.291        |
| <b>Biomassa Líquida - Total</b>         |                     | <b>7.780</b>                  | <b>381</b>    |              |                   | <b>62</b>         | <b>8.099</b>     |              |
| Biomassa Gasosa                         |                     |                               |               |              |                   |                   |                  |              |
| <b>Combustíveis da Biomassa - Total</b> |                     | <b>48.017</b>                 | <b>381</b>    |              |                   | <b>62</b>         | <b>48.336</b>    |              |

**Emissões de Carbono**

**Ano 1990**

**do Sistema Energético Brasileiro**

| MÓDULO                                  |                    | ENERGIA                                     |                                  |  |                                      |                                       |        |
|---|--------------------|---|----------------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|--------|
| SUBMÓDULO                               |                    | CO <sub>2</sub> (REFERENCE APPROACH)        |                                  |  |                                      |                                       |        |
| PLANILHA                                |                    | 1-1   |                                  |  |                                      |                                       |        |
| FOLHA                                   |                    | 2 DE 5                                      |                                  |  |                                      |                                       |        |
| PAÍS                                    |                    | BRASIL                                      |                                  |  |                                      |                                       |        |
| ANO                                     |                    | 1990  |                                  |  |                                      |                                       |        |
|   |                    | PASSO 2                                     |                                  | PASSO 3  |                                      |                                       |        |
|   |                    | G (b)<br>Fator de<br>Conversão<br>(TJ/Unid) | H<br>Consumo<br>Aparente<br>(TJ) | I<br>Fator de<br>Emissão<br>do Carbono<br>(t C/TJ) | J<br>Conteúdo<br>de Carbono<br>(t C) | K<br>Conteúdo<br>de Carbono<br>(Gg C) |        |
| COMBUSTÍVEL                             |                    |   | H=(F×G)                          |  | J=(H×I)                              | K=(J/1000)                            |        |
| Fósseis Líquidos                        | Fontes Primárias   | Petróleo                                    | 42,96                            | 2.545.778  | 20                                   | 50.915.561                            | 50.916 |
|   |                    | Líquidos de Gás Natural                     | 42,96                            | 38.360   | 17,2                                 | 659.796                               | 660    |
|   | Fontes Secundárias | Gasolina                                    | 42,96                            | -75.904  | 18,9                                 | -1.434.590                            | -1.435 |
|   |                    | Querosene de Aviação                        | 42,96                            | -23.583  | 19,5                                 | -459.872                              | -460   |
|   |                    | Querosene Iluminante                        | 42,96                            | 2.878  | 19,6                                 | 56.411                                | 56     |
|   |                    | Óleo Diesel                                 | 42,96                            | 13.961   | 20,2                                 | 282.010                               | 282    |
|   |                    | Óleo Combustível                            | 42,96                            | -76.377  | 21,1                                 | -1.611.550                            | -1.612 |
|   |                    | GLP   | 42,96                            | 58.722   | 17,2                                 | 1.010.012                             | 1.010  |
|   |                    | Nafta                                       | 42,96                            | 7.260  | 20                                   | 145.193                               | 145    |
|   |                    | Asfalto                                     | 42,96                            | -258   | 22                                   | -5.670                                | -6     |
|   |                    | Lubrificantes                               | 42,96                            | 558  | 20                                   | 11.169                                | 11     |
|   |                    | Coque de Petróleo                           | 42,96                            | -773   | 27,5                                 | -21.264                               | -21    |
|   |                    | Gás de Refinaria                            | 42,96                            |  | 20                                   |                                       |        |
| Outros Prod. Sec. de Petróleo           | 42,96              | 8.720                                       | 20                               | 174.404  | 174                                  |                                       |        |
| Outros Prod. Não Energ. Petróleo        | 42,96              | -7.947                                      | 20                               | -158.939   | -159                                 |                                       |        |
| <b>Fósseis Líquidos - Total</b>         |                    |   | <b>2.491.395</b>                 |  | <b>49.562.670</b>                    | <b>49.563</b>                         |        |
| Fósseis Sólidos                         | Fontes Primárias   | Carvão Metalúrgico                          | 42,96                            | 327.157  | 25,8                                 | 8.440.656                             | 8.441  |
|   |                    | Carvão Vapor                                | 42,96                            | 82.348   | 25,8                                 | 2.124.572                             | 2.125  |
|   | Fontes Secundárias | Alcatrão                                    | 42,96                            |  | 25,8                                 |                                       |        |
|   |                    | Coque de Carvão Mineral                     | 42,96                            | -1.203   | 29,5                                 | -35.482                               | -35    |
| <b>Fósseis Sólidos - Total</b>          |                    |   | <b>408.302</b>                   |  | <b>10.529.746</b>                    | <b>10.530</b>                         |        |
| Fósseis Gasosos                         |                    | Gás Natural Seco                            | 40,70                            | 135.802  | 15,3                                 | 2.077.764                             | 2.078  |
| <b>Fósseis Gasosos - Total</b>          |                    |   | <b>135.802</b>                   |  | <b>2.077.764</b>                     | <b>2.078</b>                          |        |
| Outras Fontes Primárias Fósseis         |                    |   | 42,96                            | 8.763  | 20                                   | 175.263                               | 175    |
| <b>Combustíveis Fósseis - Total</b>     |                    |   | <b>3.044.262</b>                 |  | <b>62.345.442</b>                    | <b>62.345</b>                         |        |
| <b>Combustíveis da Biomassa</b>         |                    |   |                                  |  |                                      |                                       |        |
| Biomassa Sólida                         |                    | Lenha Queima Direta                         | 42,96                            | 668.404  | 29,9                                 | 19.985.286                            | 19.985 |
|   |                    | Lenha Carvoejamento                         | 42,96                            | 542.112  | 29,9                                 | 16.209.145                            | 16.209 |
|   |                    | Bagaço de Cana                              | 42,96                            | 491.767  | 29,9                                 | 14.703.827                            | 14.704 |
|   |                    | Resíduos Vegetais                           | 42,96                            | 26.161   | 29,9                                 | 782.200                               | 782    |
|   |                    | Carvão Vegetal                              | 42,96                            |  | 29,9                                 |                                       |        |
| <b>Biomassa Sólida - Total</b>          |                    |   | <b>1.728.443</b>                 |  | <b>51.680.458</b>                    | <b>51.680</b>                         |        |
| Biomassa Líquida                        |                    | Caldo de Cana                               | 42,96                            | 244.294  | 20                                   | 4.885.880                             | 4.886  |
|   |                    | Melaço                                      | 42,96                            | 34.451   | 20                                   | 689.023                               | 689    |
|   |                    | Alcool Anidro                               | 42,96                            | 9.579  | 14,81                                | 141.870                               | 142    |
|   |                    | Alcool Hidratado                            | 42,96                            | 4.124  | 14,81                                | 61.074                                | 61     |
|   |                    | Lixívia                                     | 42,96                            | 55.457   | 20                                   | 1.109.139                             | 1.109  |
| <b>Biomassa Líquida - Total</b>         |                    |   | <b>347.905</b>                   |  | <b>6.886.986</b>                     | <b>6.887</b>                          |        |
| Biomassa Gasosa                         |                    |   | 40,70                            | 30,6   |                                      |                                       |        |
| <b>Combustíveis da Biomassa - Total</b> |                    |   | <b>2.076.349</b>                 |  | <b>58.567.444</b>                    | <b>58.567</b>                         |        |

**Emissões de Carbono**

**Ano 1990**

**do Sistema Energético Brasileiro**

| MÓDULO                                  |                                   | ENERGIA                            |  |                                      |                                       |  |                |
|---|-----------------------------------|------------------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|--|----------------|
| SUBMÓDULO                               |                                   | CO.(REFERENCE APPROACH)            |  |                                      |                                       |  |                |
| PLANILHA                                |                                   | 1-1                                |  |                                      |                                       |  |                |
| FOLHA                                   |                                   | 3 DE 5                             |  |                                      |                                       |  |                |
| PAÍS                                    |                                   | BRASIL                             |  |                                      |                                       |  |                |
| ANO                                     |                                   | 1990                               |  |                                      |                                       |  |                |
|   |                                   | PASSO 4                            |  | PASSO 5                              |                                       | PASSO 6  |                |
|   |                                   | L<br>Carbono<br>Estocado<br>(Gg C) | M<br>Emissões Líquidas<br>de Carbono<br>(Gg C) | N<br>Fração de<br>Carbono<br>Oxidada | O<br>Emissões<br>de Carbono<br>(Gg C) | P<br>Emissões de<br>CO <sub>2</sub><br>(Gg CQ) |                |
| COMBUSTÍVEL                             |                                   |                                    | M=(K-L)  |                                      | O=(MxN)                               | P=(Ox[44/12])                                  |                |
| <b>Fósseis Líquidos</b>                 | Fontes Primárias                  | Petróleo                           |  | 50.916                               | 0,99                                  | 50.406   | 184.823        |
|   |                                   | Líquidos de Gás Natural            |  | 660                                  | 0,99                                  | 653  | 2.395          |
|   | Fontes Secundárias                | Gasolina                           |  | -1.435                               | 0,99                                  | -1.420   | -5.208         |
|   |                                   | Querosene de Aviação               |  | -460                                 | 0,99                                  | -455   | -1.669         |
|   |                                   | Querosene Iluminante               | 67   | -10                                  | 0,99                                  | -10  | -37            |
|   |                                   | Óleo Diesel                        |  | 282                                  | 0,99                                  | 279  | 1.024          |
|   |                                   | Óleo Combustível                   |  | -1.612                               | 0,99                                  | -1.595   | -5.850         |
|   |                                   | GLP                                |  | 1.010                                | 0,99                                  | 1.000  | 3.666          |
|   |                                   | Nafta                              | 3.286  | -3.141                               | 0,99                                  | -3.109   | -11.401        |
|   |                                   | Asfalto                            | 1.136  | -1.142                               | 0,99                                  | -1.130   | -4.144         |
|   |                                   | Lubrificantes                      | 294  | -283                                 | 0,99                                  | -280   | -1.026         |
|   |                                   | Coque de Petróleo                  |  | -21                                  | 0,99                                  | -21  | -77            |
|   | Gás de Refinaria                  | 205                                | -205   | 0,99                                 | -203                                  | -745   |                |
| Outros Prod. Sec. de Petróleo           |                                   | 174                                | 0,99   | 173                                  | 633                                   |  |                |
|   | Outros Prod. Não Energy, Petróleo | 1.095                              | -1.254   | 0,99                                 | -1.242                                | -4.553   |                |
| <b>Fósseis Líquidos - Total</b>         |                                   |                                    | <b>6.083</b>                                   | <b>43.480</b>                        |                                       | <b>43.045</b>                                  | <b>157.831</b> |
| <b>Fósseis Sólidos</b>                  | Fontes Primárias                  | Carvão Metalúrgico                 |  | 8.441                                | 0,98                                  | 8.272  | 30.330         |
|   |                                   | Carvão Vapor                       |  | 2.125                                | 0,98                                  | 2.082  | 7.634          |
|   | Fontes Secundárias                | Alcatrão                           | 89   | -89                                  | 0,98                                  | -87  | -320           |
|   |                                   | Coque de Carvão Mineral            |  | -35                                  | 0,98                                  | -35  | -127           |
| <b>Fósseis Sólidos - Total</b>          |                                   |                                    | <b>89</b>                                      | <b>10.441</b>                        |                                       | <b>10.232</b>                                  | <b>37.517</b>  |
| <b>Fósseis Gasosos</b>                  | Gás Natural Seco                  | 179                                | 1.899  | 0,995                                | 1.889                                 | 6.927  |                |
| <b>Fósseis Gasosos - Total</b>          |                                   |                                    | <b>179</b>                                     | <b>1.899</b>                         |                                       | <b>1.889</b>                                   | <b>6.927</b>   |
| <b>Outras Fontes Primárias Fósseis</b>  |                                   |                                    |  | 175                                  | 0,99                                  | 174  | 636            |
| <b>Combustíveis Fósseis - Total</b>     |                                   |                                    | <b>6.351</b>                                   | <b>55.994</b>                        |                                       | <b>55.339</b>                                  | <b>202.911</b> |
| <b>Combustíveis da Biomassa</b>         |                                   |                                    |  |                                      |                                       |  |                |
| <b>Biomassa Sólida</b>                  |                                   | Lenha Queima Direta                |  | 19.985                               | 0,87                                  | 17.387   | 63.753         |
|   |                                   | Lenha Carvoejamento                |  | 16.209                               | 0,891                                 | 14.442   | 52.955         |
|   |                                   | Bagaçõ de Cana                     |  | 14.704                               | 0,88                                  | 12.939   | 47.444         |
|   |                                   | Resíduos Vegetais                  |  | 782                                  | 0,88                                  | 688  | 2.524          |
|   |                                   | Carvão Vegetal                     |  |                                      | 0,88                                  |  |                |
| <b>Biomassa Sólida - Total</b>          |                                   |                                    |  | <b>51.680</b>                        |                                       | <b>45.457</b>                                  | <b>166.677</b> |
| <b>Biomassa Líquida</b>                 |                                   | Caldo de Cana                      |  | 4.886                                | 0,99                                  | 4.837  | 17.736         |
|   |                                   | Melaço                             |  | 689                                  | 0,99                                  | 682  | 2.501          |
|   |                                   | Álcool Anidro                      | 20   | 122                                  | 0,99                                  | 121  | 443            |
|   |                                   | Álcool Hidratado                   | 284  | -223                                 | 0,99                                  | -220   | -808           |
|   |                                   | Lixívia                            |  | 1.109                                | 0,99                                  | 1.098  | 4.026          |
| <b>Biomassa Líquida - Total</b>         |                                   |                                    | <b>303</b>                                     | <b>6.584</b>                         |                                       | <b>6.518</b>                                   | <b>23.898</b>  |
| <b>Biomassa Gasosa</b>                  |                                   |                                    |  |                                      |                                       |  |                |
| <b>Combustíveis da Biomassa - Total</b> |                                   |                                    | <b>303</b>                                     | <b>58.264</b>                        |                                       | <b>51.975</b>                                  | <b>190.575</b> |

**Emissões de Carbono**

**Ano 1991**

**do Sistema Energético Brasileiro**

| MÓDULO                                  |                                  | ENERGIA                              |                               |               |              |              |               |               |        |
|---|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------|
| SUBMÓDULO                               |                                  | CO <sub>2</sub> (REFERENCE APPROACH) |                               |               |              |              |               |               |        |
| PLANILHA                                |                                  | 1-1                                  |                               |               |              |              |               |               |        |
| FOLHA                                   |                                  | 1 DE 5                               |                               |               |              |              |               |               |        |
| PAÍS                                    |                                  | BRASIL                               |                               |               |              |              |               |               |        |
| ANO                                     |                                  | 1991                                 |                               |               |              |              |               |               |        |
| PASSO 1                                 |                                  |                                      |                               |               |              |              |               |               |        |
|   |                                  | A                                    | B                             | C             | D            | E            | F             |               |        |
|   |                                  | Produção                             | Importação                    | Exportação    | Variação     | Variação     | Consumo       |               |        |
|   |                                  | (1000 tep)                           | (1000 tep)                    | (1000 tep)    | Estoques     | Estoques     | Aparente      |               |        |
|   |                                  |                                      |                               |               | (1000 tep)   | (1000 tep)   | (1000 tep)    |               |        |
| COMBUSTÍVEL                             |                                  |                                      |                               |               |              |              | F=(A+B-C-D-E) |               |        |
| <b>Fósseis Líquidos</b>                 | Fontes Primárias                 | Petróleo                             | 31.518                        | 26.605        |              |              | -68           | 58.191        |        |
|   |                                  | Líquidos de Gás Natural              | 983                           |               |              |              |               | 983           |        |
|   | Fontes Secundárias               |                                      | Gasolina                      |               | 8            | 1.163        |               | 31            | -1.186 |
|   |                                  |                                      | Querosene de Aviação          |               | 116          | 58           | 494           | 63            | -499   |
|   |                                  |                                      | Querosene Iluminante          |               |              | 3            |               | -79           | 82     |
|   |                                  |                                      | Óleo Diesel                   |               | 1.545        | 70           | 87            | -88           | 1.476  |
|   |                                  |                                      | Óleo Combustível              |               | 226          | 1.631        | 659           | -33           | -2.031 |
|   |                                  |                                      | GLP                           |               | 1.656        |              |               | 122           | 1.534  |
|   |                                  |                                      | Nafta                         |               | 519          | 4            |               | 37            | 478    |
|   |                                  |                                      | Asfalto                       |               |              | 4            |               |               | -4     |
|   |                                  |                                      | Lubrificantes                 |               | 65           | 42           |               | -7            | 30     |
|   |                                  |                                      | Coque de Petróleo             |               |              |              |               | 2             | -2     |
|   |                                  |                                      | Gás de Refinaria              |               |              |              |               |               |        |
|   |                                  |                                      | Outros Prod. Sec. de Petróleo |               | 192          |              |               |               | 192    |
|   | Outros Prod. Não Energ. Petróleo |                                      |                               | 11            | 73           |              | -3            | -59           |        |
| <b>Fósseis Líquidos - Total</b>         |                                  |                                      | <b>32.501</b>                 | <b>30.946</b> | <b>3.045</b> | <b>1.240</b> | <b>-23</b>    | <b>59.185</b> |        |
| <b>Fósseis Sólidos</b>                  | Fontes Primárias                 | Carvão Metalúrgico                   | 145                           | 7.886         |              |              | 184           | 7.847         |        |
|   |                                  | Carvão Vapor                         | 1.919                         |               |              |              | -446          | 2.385         |        |
|   | Fontes Secundárias               | Alcatrão                             |                               |               |              |              |               |               |        |
|   |                                  | Coque de Carvão Mineral              |                               |               | 726          |              | 84            | 642           |        |
| <b>Fósseis Sólidos - Total</b>          |                                  |                                      | <b>2.064</b>                  | <b>8.612</b>  |              | <b>-198</b>  | <b>10.874</b> |               |        |
| <b>Fósseis Gasosos</b>                  |                                  | Gás Natural Seco                     | 3.260                         |               |              |              | -5            | 3.265         |        |
| <b>Fósseis Gasosos - Total</b>          |                                  |                                      | <b>3.260</b>                  |               |              |              | <b>-5</b>     | <b>3.265</b>  |        |
| <b>Outras Fontes Primárias Fósseis</b>  |                                  |                                      | 222                           |               |              |              |               | 222           |        |
| <b>Combustíveis Fósseis - Total</b>     |                                  |                                      | <b>38.047</b>                 | <b>39.558</b> | <b>3.045</b> | <b>1.240</b> | <b>-226</b>   | <b>73.546</b> |        |
| <b>Combustíveis da Biomassa</b>         |                                  |                                      |                               |               |              |              |               |               |        |
| <b>Biomassa Sólida</b>                  |                                  | Lenha Queima Direta                  | 15.299                        |               |              |              |               | 15.299        |        |
|   |                                  | Lenha Carvoejamento                  | 11.068                        |               |              |              |               | 11.068        |        |
|   |                                  | Bagaçõ de Cana                       | 12.289                        |               |              |              |               | 12.289        |        |
|   |                                  | Resíduos Vegetais                    | 632                           |               |              |              |               | 632           |        |
|   |                                  | Carvão Vegetal                       |                               |               |              |              |               |               |        |
| <b>Biomassa Sólida - Total</b>          |                                  |                                      | <b>39.288</b>                 |               |              |              |               | <b>39.288</b> |        |
| <b>Biomassa Líquida</b>                 |                                  | Caldo de Cana                        | 6.422                         |               |              |              |               | 6.422         |        |
|   |                                  | Melaço                               | 813                           |               |              |              |               | 813           |        |
|   |                                  | Álcool Anidro                        |                               | 99            |              |              | 305           | -206          |        |
|   |                                  | Álcool Hidratado                     |                               | 251           |              |              | 383           | -132          |        |
|   |                                  | Lixívia                              | 1.459                         |               |              |              |               | 1.459         |        |
| <b>Biomassa Líquida - Total</b>         |                                  |                                      | <b>8.694</b>                  | <b>350</b>    |              | <b>688</b>   | <b>8.356</b>  |               |        |
| <b>Biomassa Gasosa</b>                  |                                  |                                      |                               |               |              |              |               |               |        |
| <b>Combustíveis da Biomassa - Total</b> |                                  |                                      | <b>47.982</b>                 | <b>350</b>    |              | <b>688</b>   | <b>47.644</b> |               |        |

**Emissões de Carbono**  
**do Sistema Energético Brasileiro**

**Ano 1991**

| MÓDULO                                  |                    | ENERGIA                                     |                                  |  |                                      |                                       |        |
|---|--------------------|---|----------------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|--------|
| SUBMÓDULO                               |                    | CO.(REFERENCE APPROACH)                     |                                  |  |                                      |                                       |        |
| PLANILHA                                |                    | 1-1   |                                  |  |                                      |                                       |        |
| FOLHA                                   |                    | 2 DE 5                                      |                                  |  |                                      |                                       |        |
| PAÍS                                    |                    | BRASIL                                      |                                  |  |                                      |                                       |        |
| ANO                                     |                    | 1991  |                                  |  |                                      |                                       |        |
|   |                    | PASSO 2                                     |                                  | PASSO 3  |                                      |                                       |        |
|   |                    | G (b)<br>Fator de<br>Conversão<br>(TJ/Unid) | H<br>Consumo<br>Aparente<br>(TJ) | I<br>Fator de<br>Emissão<br>do Carbono<br>(t C/TJ) | J<br>Conteúdo<br>de Carbono<br>(t C) | K<br>Conteúdo<br>de Carbono<br>(Gg C) |        |
| COMBUSTÍVEL                             |                    |   | H=(FxG)                          |  | J=(HxI)                              | K=(J/1000)                            |        |
| <b>Fósseis Líquidos</b>                 | Fontes Primárias   | Petróleo                                    | 42,96                            | 2.499.686  | 20                                   | 49.993.713                            | 49.994 |
|   |                    | Líquidos de Gás Natural                     | 42,96                            | 42.226   | 17,2                                 | 726.292                               | 726    |
|   | Fontes Secundárias | Gasolina                                    | 42,96                            | -50.946  | 18,9                                 | -962.889                              | -963   |
|   |                    | Querosene de Aviação                        | 42,96                            | -21.435  | 19,5                                 | -417.989                              | -418   |
|   |                    | Querosene Iluminante                        | 42,96                            | 3.522  | 19,6                                 | 69.040                                | 69     |
|   |                    | Óleo Diesel                                 | 42,96                            | 63.404   | 20,2                                 | 1.280.759                             | 1.281  |
|   |                    | Óleo Combustível                            | 42,96                            | -87.245  | 21,1                                 | -1.840.865                            | -1.841 |
|   |                    | GLP   | 42,96                            | 65.895   | 17,2                                 | 1.133.400                             | 1.133  |
|   |                    | Nafta                                       | 42,96                            | 20.533   | 20                                   | 410.665                               | 411    |
|   |                    | Asfalto                                     | 42,96                            | -177   | 22                                   | -3.780                                | -4     |
|   |                    | Lubrificantes                               | 42,96                            | 1.289  | 20                                   | 25.774                                | 26     |
|   |                    | Coque de Petróleo                           | 42,96                            | -86  | 27,5                                 | -2.363                                | -2     |
|   |                    | Gás de Refinaria                            | 42,96                            |  | 20                                   |                                       |        |
|   |                    | Outros Prod. Sec. de Petróleo               | 42,96                            | 8.248  | 20                                   | 164.953                               | 165    |
| Outros Prod. Não Energ. Petróleo        | 42,96              | -2.534                                      | 20                               | -50.689  | -51                                  |                                       |        |
| <b>Fósseis Líquidos - Total</b>         |                    |   | <b>2.542.384</b>                 |  | <b>50.526.022</b>                    | <b>50.526</b>                         |        |
| <b>Fósseis Sólidos</b>                  | Fontes Primárias   | Carvão Metalúrgico                          | 42,96                            | 337.080  | 25,8                                 | 8.696.669                             | 8.697  |
|   |                    | Carvão Vapor                                | 42,96                            | 102.451  | 25,8                                 | 2.643.246                             | 2.643  |
|   | Fontes Secundárias | Alcatrão                                    | 42,96                            |  | 25,8                                 |                                       |        |
|   |                    | Coque de Carvão Mineral                     | 42,96                            | 27.578   | 29,5                                 | 813.554                               | 814    |
| <b>Fósseis Sólidos - Total</b>          |                    |   | <b>467.110</b>                   |  | <b>12.153.470</b>                    | <b>12.153</b>                         |        |
| <b>Fósseis Gasosos</b>                  | Gás Natural Seco   | 40,70                                       | 132.871                          | 15,3   | 2.032.933                            | 2.033                                 |        |
| <b>Fósseis Gasosos - Total</b>          |                    |   | <b>132.871</b>                   |  | <b>2.032.933</b>                     | <b>2.033</b>                          |        |
| <b>Outras Fontes Primárias Fósseis</b>  |                    | 42,96                                       | 9.536                            | 20   | 190.727                              | 191                                   |        |
| <b>Combustíveis Fósseis - Total</b>     |                    |   | <b>3.151.902</b>                 |  | <b>64.903.152</b>                    | <b>64.903</b>                         |        |
| <b>Combustíveis da Biomassa</b>         |                    |   |                                  |  |                                      |                                       |        |
| <b>Biomassa Sólida</b>                  |                    | Lenha Queima Direta                         | 42,96                            | 657.193  | 29,9                                 | 19.650.057                            | 19.650 |
|   |                    | Lenha Carvoejamento                         | 42,96                            | 475.443  | 29,9                                 | 14.215.755                            | 14.216 |
|   |                    | Bagaço de Cana                              | 42,96                            | 527.893  | 29,9                                 | 15.784.009                            | 15.784 |
|   |                    | Resíduos Vegetais                           | 42,96                            | 27.149   | 29,9                                 | 811.742                               | 812    |
|   |                    | Carvão Vegetal                              | 42,96                            |  | 29,9                                 |                                       |        |
| <b>Biomassa Sólida - Total</b>          |                    |   | <b>1.687.678</b>                 |  | <b>50.461.562</b>                    | <b>50.462</b>                         |        |
| <b>Biomassa Líquida</b>                 |                    | Caldo de Cana                               | 42,96                            | 275.867  | 20                                   | 5.517.342                             | 5.517  |
|   |                    | Melaço                                      | 42,96                            | 34.924   | 20                                   | 698.474                               | 698    |
|   |                    | Álcool Anidro                               | 42,96                            | -8.849   | 14,81                                | -131.054                              | -131   |
|   |                    | Álcool Hidratado                            | 42,96                            | -5.670   | 14,81                                | -83.977                               | -84    |
|   |                    | Lixívia                                     | 42,96                            | 62.674   | 20                                   | 1.253.473                             | 1.253  |
| <b>Biomassa Líquida - Total</b>         |                    |   | <b>358.945</b>                   |  | <b>7.254.257</b>                     | <b>7.254</b>                          |        |
| <b>Biomassa Gasosa</b>                  |                    | 40,70                                       |                                  | 30,6   |                                      |                                       |        |
| <b>Combustíveis da Biomassa - Total</b> |                    |   | <b>2.046.623</b>                 |  | <b>57.715.818</b>                    | <b>57.716</b>                         |        |

**Emissões de Carbono**

**Ano 1991**

**do Sistema Energético Brasileiro**

| MÓDULO                                  |                     | ENERGIA                              |                                     |                           |                            |   |                |
|---|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|----------------------------|---|----------------|
| SUBMÓDULO                               |                     | CO <sub>2</sub> (REFERENCE APPROACH) |                                     |                           |                            |   |                |
| PLANILHA                                |                     | 1-1                                  |                                     |                           |                            |   |                |
| FOLHA                                   |                     | 3 DE 5                               |                                     |                           |                            |   |                |
| PAÍS                                    |                     | BRASIL                               |                                     |                           |                            |   |                |
| ANO                                     |                     | 1991                                 |                                     |                           |                            |   |                |
|   |                     | PASSO 4                              |                                     | PASSO 5                   |                            | PASSO 6   |                |
|   |                     | L                                    | M                                   | N                         | O                          | P   |                |
|   |                     | Carbono Estocado (Gg C)              | Emissões Líquidas de Carbono (Gg C) | Fração de Carbono Oxidada | Emissões de Carbono (Gg C) | Emissões de CO <sub>2</sub> (Gg CO <sub>2</sub> ) |                |
| COMBUSTÍVEL                             |                     |                                      | M=(K-L)                             |                           | O=(MxN)                    | P=(Ox[44/12])                                     |                |
| Fósseis Líquidos                        | Fontes Primárias    | Petróleo                             |                                     | 49.994                    | 0,99                       | 49.494  | 181.477        |
|   |                     | Líquidos de Gás Natural              |                                     | 726                       | 0,99                       | 719   | 2.636          |
|   | Fontes Secundárias  | Gasolina                             |                                     | -963                      | 0,99                       | -953  | -3.495         |
|   |                     | Querosene de Aviação                 |                                     | -418                      | 0,99                       | -414  | -1.517         |
|   |                     | Querosene Iluminante                 | 66                                  | 3                         | 0,99                       | 3   | 12             |
|   |                     | Óleo Diesel                          |                                     | 1.281                     | 0,99                       | 1.268   | 4.649          |
|   |                     | Óleo Combustível                     |                                     | -1.841                    | 0,99                       | -1.822  | -6.682         |
|   |                     | GLP                                  |                                     | 1.133                     | 0,99                       | 1.122   | 4.114          |
|   |                     | Nafta                                | 3.199                               | -2.788                    | 0,99                       | -2.760  | -10.121        |
|   |                     | Asfalto                              | 886                                 | -889                      | 0,99                       | -880  | -3.228         |
|   |                     | Lubrificantes                        | 283                                 | -257                      | 0,99                       | -254  | -932           |
|   |                     | Coque de Petróleo                    |                                     | -2                        | 0,99                       | -2  | -9             |
|   | Gás de Refinaria    | 186                                  | -188                                | 0,99                      | -184                       | -674  |                |
| Outros Prod. Sec. de Petróleo           |                     | 165                                  | 0,99                                | 163                       | 599                        |   |                |
| Outros Prod. Não Energ. Petróleo        | 1.150               | -1.200                               | 0,99                                | -1.188                    | -4.357                     |   |                |
| <b>Fósseis Líquidos - Total</b>         |                     |                                      | <b>5.768</b>                        | <b>44.758</b>             |                            | <b>44.311</b>                                     | <b>162.473</b> |
| Fósseis Sólidos                         | Fontes Primárias    | Carvão Metalúrgico                   |                                     | 8.697                     | 0,98                       | 8.523   | 31.250         |
|   |                     | Carvão Vapor                         |                                     | 2.643                     | 0,98                       | 2.590   | 9.498          |
|   | Fontes Secundárias  | Alcatrão                             | 96                                  | -96                       | 0,98                       | -94   | -346           |
|   |                     | Coque de Carvão Mineral              |                                     | 814                       | 0,98                       | 797   | 2.923          |
| <b>Fósseis Sólidos - Total</b>          |                     |                                      | <b>96</b>                           | <b>12.057</b>             |                            | <b>11.816</b>                                     | <b>43.325</b>  |
| Fósseis Gasosos                         |                     | Gás Natural Seco                     | 188                                 | 1.845                     | 0,995                      | 1.835   | 6.730          |
| <b>Fósseis Gasosos - Total</b>          |                     |                                      | <b>188</b>                          | <b>1.845</b>              |                            | <b>1.835</b>                                      | <b>6.730</b>   |
| Outras Fontes Primárias Fósseis         |                     |                                      |                                     | 191                       | 0,99                       | 189   | 692            |
| <b>Combustíveis Fósseis - Total</b>     |                     |                                      | <b>6.052</b>                        | <b>58.851</b>             |                            | <b>58.151</b>                                     | <b>213.220</b> |
| Combustíveis da Biomassa                |                     |                                      |                                     |                           |                            |   |                |
| Biomassa Sólida                         | Lenha Queima Direta |                                      |                                     | 19.650                    | 0,87                       | 17.096  | 62.684         |
|   | Lenha Carvoejamento |                                      |                                     | 14.216                    | 0,891                      | 12.666  | 46.443         |
|   | Bagaço de Cana      |                                      |                                     | 156.784                   | 0,88                       | 13.890  | 50.930         |
|   | Resíduos Vegetais   |                                      |                                     | 812                       | 0,88                       | 714   | 2.619          |
|   | Carvão Vegetal      |                                      |                                     |                           | 0,88                       |   |                |
| <b>Biomassa Sólida - Total</b>          |                     |                                      |                                     | <b>50.462</b>             |                            | <b>44.366</b>                                     | <b>162.676</b> |
| Biomassa Líquida                        | Caldo de Cana       |                                      |                                     | 5.517                     | 0,99                       | 5.462   | 20.028         |
|   | Melaço              |                                      |                                     | 698                       | 0,99                       | 691   | 2.535          |
|   | Alcool Anidro       |                                      |                                     | -131                      | 0,99                       | -130  | -476           |
|   | Alcool Hidratado    |                                      | 217                                 | -301                      | 0,99                       | -298  | -1.092         |
| Lixívia                                 |                     |                                      | 1.253                               | 0,99                      | 1.241                      | 4.550   |                |
| <b>Biomassa Líquida - Total</b>         |                     |                                      | <b>217</b>                          | <b>7.037</b>              |                            | <b>6.967</b>                                      | <b>25.545</b>  |
| Biomassa Gasosa                         |                     |                                      |                                     |                           |                            |   |                |
| <b>Combustíveis da Biomassa - Total</b> |                     |                                      | <b>217</b>                          | <b>57.499</b>             |                            | <b>51.333</b>                                     | <b>188.221</b> |

**Emissões de Carbono**  
**do Sistema Energético Brasileiro**

Ano

1992

| MÓDULO                                  |                     | ENERGIA                       |               |              |                   |                   |                  |        |
|---|---------------------|-------------------------------|---------------|--------------|-------------------|-------------------|------------------|--------|
| SUBMÓDULO                               |                     | CO.(REFERENCE APPROACH)       |               |              |                   |                   |                  |        |
| PLANILHA                                |                     | 1-1                           |               |              |                   |                   |                  |        |
| FOLHA                                   |                     | 1 DE 5                        |               |              |                   |                   |                  |        |
| PAÍS                                    |                     | BRASIL                        |               |              |                   |                   |                  |        |
| ANO                                     |                     | 1992                          |               |              |                   |                   |                  |        |
|   |                     | PASSO 1                       |               |              |                   |                   |                  |        |
|   |                     | A                             | B             | C            | D                 | E                 | F                |        |
|   |                     | Produção                      | Importação    | Exportação   | Variação Estoques | Variação Estoques | Consumo Aparente |        |
|   |                     | (1000 tep)                    | (1000 tep)    | (1000 tep)   | (1000 tep)        | (1000 tep)        | (1000 tep)       |        |
| COMBUSTÍVEL                             |                     |                               |               |              |                   |                   | F=(A+B-C-D-E)    |        |
| Fósseis Líquidos                        | Fontes Primárias    | Petróleo                      | 31.861        | 26.812       |                   |                   | -1.005           | 59.678 |
|   |                     | Líquidos de Gás Natural       | 974           |              |                   |                   |                  | 974    |
|   | Fontes Secundárias  | Gasolina                      |               |              | 1.555             |                   | 132              | -1.687 |
|   |                     | Querosene de Aviação          |               | 110          | 60                | 457               | -27              | -380   |
|   |                     | Querosene Iluminante          |               | 7            |                   |                   | 2                | 5      |
|   |                     | Óleo Diesel                   |               | 1.914        | 155               | 94                | 95               | 1.570  |
|   |                     | Óleo Combustível              |               | 507          | 1.611             | 711               | -36              | -1.779 |
|   |                     | GLP                           |               | 1.661        | 3                 |                   | -25              | 1.683  |
|   |                     | Nafta                         |               | 1.091        | 35                |                   | 49               | 1.007  |
|   |                     | Asfalto                       |               |              | 7                 |                   | -10              | 3      |
|   |                     | Lubrificantes                 |               |              | 92                |                   | 79               | -171   |
|   |                     | Coque de Petróleo             |               |              |                   |                   | 7                | -7     |
|   |                     | Gás de Refinaria              |               |              |                   |                   |                  |        |
|   |                     | Outros Prod. Sec. de Petróleo |               |              | 209               |                   |                  | 209    |
| Outros Prod. Não Energ. Petróleo        |                     |                               | 11            | 110          |                   | 32                | -131             |        |
| <b>Fósseis Líquidos - Total</b>         |                     | <b>32.835</b>                 | <b>32.322</b> | <b>3.628</b> | <b>1.262</b>      | <b>-707</b>       | <b>60.974</b>    |        |
| Fósseis Sólidos                         | Fontes Primárias    | Carvão Metalúrgico            | 79            | 7.622        |                   |                   | -173             | 7.874  |
|   |                     | Carvão Vapor                  | 1.762         |              |                   |                   | -260             | 2.022  |
|   | Fontes Secundárias  | Alcatrão                      |               |              |                   |                   |                  |        |
|   |                     | Coque de Carvão Mineral       |               | 668          |                   |                   | 10               | 658    |
| <b>Fósseis Sólidos - Total</b>          |                     | <b>1.841</b>                  | <b>8.290</b>  |              |                   | <b>-423</b>       | <b>10.554</b>    |        |
| Fósseis Gasosos                         |                     | Gás Natural Seco              |               | 3.512        |                   | 3                 | 3.509            |        |
| <b>Fósseis Gasosos - Total</b>          |                     |                               |               | <b>3.512</b> |                   | <b>3</b>          | <b>3.509</b>     |        |
| Outras Fontes Primárias Fósseis         |                     |                               |               | 236          |                   |                   | 236              |        |
| <b>Combustíveis Fósseis - Total</b>     |                     | <b>38.424</b>                 | <b>40.612</b> | <b>3.628</b> | <b>1.262</b>      | <b>-1127</b>      | <b>75.273</b>    |        |
| <b>Combustíveis da Biomassa</b>         |                     |                               |               |              |                   |                   |                  |        |
| Biomassa Sólida                         | Lenha Queima Direta |                               | 14.615        |              |                   |                   | 14.615           |        |
|   | Lenha Carvoejamento |                               | 10.161        |              |                   |                   | 10.161           |        |
|   | Bagaço de Cana      |                               | 12.959        |              |                   |                   | 12.959           |        |
|   | Resíduos Vegetais   |                               | 734           |              |                   |                   | 734              |        |
|   | Carvão Vegetal      |                               |               |              |                   |                   |                  |        |
| <b>Biomassa Sólida - Total</b>          |                     | <b>38.469</b>                 |               |              |                   |                   | <b>38.469</b>    |        |
| Biomassa Líquida                        | Caldo de Cana       |                               | 5.663         |              |                   |                   | 5.663            |        |
|   | Melaço              |                               | 901           |              |                   |                   | 901              |        |
|   | Álcool Anidro       |                               |               |              |                   |                   |                  |        |
|   | Álcool Hidratado    |                               |               | 63           |                   |                   | 2                | 61     |
|   | Lixívia             |                               | 1.745         |              |                   |                   |                  | 1.745  |
| <b>Biomassa Líquida - Total</b>         |                     | <b>8.309</b>                  | <b>63</b>     |              |                   | <b>2</b>          | <b>8.370</b>     |        |
| Biomassa Gasosa                         |                     |                               |               |              |                   |                   |                  |        |
| <b>Combustíveis da Biomassa - Total</b> |                     | <b>46.778</b>                 | <b>63</b>     |              |                   | <b>2</b>          | <b>46.839</b>    |        |

**Emissões de Carbono**

**Ano 1992**

**do Sistema Energético Brasileiro**

| MÓDULO                                  |                    | ENERGIA                                     |                                  |  |                                      |                                       |        |
|---|--------------------|---|----------------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|--------|
| SUBMÓDULO                               |                    | CO <sub>2</sub> (REFERENCE APPROACH)        |                                  |  |                                      |                                       |        |
| PLANILHA                                |                    | 1-1   |                                  |  |                                      |                                       |        |
| FOLHA                                   |                    | 2 DE 5                                      |                                  |  |                                      |                                       |        |
| PAÍS                                    |                    | BRASIL                                      |                                  |  |                                      |                                       |        |
| ANO                                     |                    | 1992  |                                  |  |                                      |                                       |        |
|   |                    | PASSO 2                                     |                                  | PASSO 3  |                                      |                                       |        |
|   |                    | G (b)<br>Fator de<br>Conversão<br>(TJ/Unid) | H<br>Consumo<br>Aparente<br>(TJ) | I<br>Fator de<br>Emissão<br>do Carbono<br>(t C/TJ) | J<br>Conteúdo<br>de Carbono<br>(t C) | K<br>Conteúdo<br>de Carbono<br>(Gg C) |        |
| COMBUSTÍVEL                             |                    |   | H=(F×G)                          |  | J=(H×I)                              | K=(J/1000)                            |        |
| Fósseis Líquidos                        | Fontes Primárias   | Petróleo                                    | 42,96                            | 2.563.562  | 20                                   | 51.271.241                            | 51.271 |
|   |                    | Líquidos de Gás Natural                     | 42,96                            | 41.840   | 17,2                                 | 719.643                               | 720    |
|   | Fontes Secundárias | Gasolina                                    | 42,96                            | -72.468  | 18,9                                 | -1.369.640                            | -1.370 |
|   |                    | Querosene de Aviação                        | 42,96                            | -16.323  | 19,5                                 | -318.308                              | -318   |
|   |                    | Querosene Iluminante                        | 42,96                            | 215  | 19,6                                 | 4.210                                 | 4      |
|   |                    | Óleo Diesel                                 | 42,96                            | 67.442   | 20,2                                 | 1.362.325                             | 1.362  |
|   |                    | Óleo Combustível                            | 42,96                            | -76.420  | 21,1                                 | -1.612.456                            | -1.612 |
|   |                    | GLP   | 42,96                            | 72.296   | 17,2                                 | 1.243.490                             | 1.243  |
|   |                    | Nafta                                       | 42,96                            | 43.257   | 20                                   | 865.145                               | 865    |
|   |                    | Asfalto                                     | 42,96                            | 179  | 22                                   | 2.835                                 | 3      |
|   |                    | Lubrificantes                               | 42,96                            | -7.346   | 20                                   | -146.911                              | -147   |
|   |                    | Coque de Petróleo                           | 42,96                            | -301   | 27,5                                 | -8.269                                | -8     |
|   |                    | Gás de Refinaria                            | 42,96                            |  | 20                                   |                                       |        |
| Outros Prod. Sec. de Petróleo           | 42,96              | 8.978                                       | 20                               | 179.558  | 180                                  |                                       |        |
| Outros Prod. Não Energ. Petróleo        | 42,96              | -5.627                                      | 20                               | -112.546   | -113                                 |                                       |        |
| <b>Fósseis Líquidos - Total</b>         |                    |   | <b>2.619.234</b>                 |  | <b>52.080.315</b>                    | <b>52.080</b>                         |        |
| Fósseis Sólidos                         | Fontes Primárias   | Carvão Metalúrgico                          | 42,96                            | 338.240  | 25,8                                 | 8.726.592                             | 8.727  |
|   |                    | Carvão Vapor                                | 42,96                            | 86.858   | 25,8                                 | 2.240.941                             | 2.241  |
|   | Fontes Secundárias | Alcatrão                                    | 42,96                            |  | 25,8                                 |                                       |        |
|   |                    | Coque de Carvão Mineral                     | 42,96                            | 28.265   | 29,5                                 | 833.830                               | 834    |
| <b>Fósseis Sólidos - Total</b>          |                    |   | <b>453.364</b>                   |  | <b>11.801.363</b>                    | <b>11.801</b>                         |        |
| Fósseis Gasosos                         |                    | Gás Natural Seco                            | 40,70                            | 142.801  | 15,3                                 | 2.184.858                             | 2.185  |
| <b>Fósseis Gasosos - Total</b>          |                    |   | <b>142.01</b>                    |  | <b>2.184.858</b>                     | <b>2.185</b>                          |        |
| Outras Fontes Primárias Fósseis         |                    |   | 42,96                            | 10.138   | 20                                   | 202.755                               | 203    |
| <b>Combustíveis Fósseis - Total</b>     |                    |   | <b>3.225.536</b>                 |  | <b>66.269.292</b>                    | <b>66.269</b>                         |        |
| <b>Combustíveis da Biomassa</b>         |                    |   |                                  |  |                                      |                                       |        |
| Biomassa Sólida                         |                    | Lenha Queima Direta                         | 42,96                            | 627.810  | 29,9                                 | 18.771.526                            | 18.772 |
|   |                    | Lenha Carvoejamento                         | 42,96                            | 436.482  | 29,9                                 | 13.050.802                            | 13.051 |
|   |                    | Bagaço de Cana                              | 42,96                            | 556.674  | 29,9                                 | 16.644.558                            | 16.645 |
|   |                    | Resíduos Vegetais                           | 42,96                            | 31.530   | 29,9                                 | 942.751                               | 943    |
|   |                    | Carvão Vegetal                              | 42,96                            |  | 29,9                                 |                                       |        |
| <b>Biomassa Sólida - Total</b>          |                    |   | <b>1.652.496</b>                 |  | <b>49.409.637</b>                    | <b>49.410</b>                         |        |
| Biomassa Líquida                        |                    | Caldo de Cana                               | 42,96                            | 243.263  | 20                                   | 4.865.261                             | 4.865  |
|   |                    | Melaço                                      | 42,96                            | 38.704   | 20                                   | 774.077                               | 774    |
|   |                    | Alcool Anidro                               | 42,96                            |  | 14,81                                |                                       |        |
|   |                    | Alcool Hidratado                            | 42,96                            | 2.620  | 14,81                                | 38.807                                | 39     |
|   |                    | Lixívia                                     | 42,96                            | 74.959   | 20                                   | 1.499.184                             | 1.499  |
| <b>Biomassa Líquida - Total</b>         |                    |   | <b>359.546</b>                   |  | <b>7.177.330</b>                     | <b>7.177</b>                          |        |
| Biomassa Gasosa                         |                    |   | 40,70                            | 30,6   |                                      |                                       |        |
| <b>Combustíveis da Biomassa - Total</b> |                    |   | <b>2.012.043</b>                 |  | <b>56.586.967</b>                    | <b>56.587</b>                         |        |



**Emissões de Carbono**  
**do Sistema Energético Brasileiro**

**Ano 1992**

| MÓDULO                                  |                    | ENERGIA                            |  |                                      |                                       |  |                |
|---|--------------------|------------------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|--|----------------|
| SUBMÓDULO                               |                    | CO.(REFERENCE APPROACH)            |  |                                      |                                       |  |                |
| PLANILHA                                |                    | 1-1                                |  |                                      |                                       |  |                |
| FOLHA                                   |                    | 3 DE 5                             |  |                                      |                                       |  |                |
| PAÍS                                    |                    | BRASIL                             |  |                                      |                                       |  |                |
| ANO                                     |                    | 1992                               |  |                                      |                                       |  |                |
|   |                    | PASSO 4                            |  | PASSO 5                              |                                       | PASSO 6  |                |
|   |                    | L<br>Carbono<br>Estocado<br>(Gg C) | M<br>Emissões Líquidas<br>de Carbono<br>(Gg C) | N<br>Fração de<br>Carbono<br>Oxidada | O<br>Emissões<br>de Carbono<br>(Gg C) | P<br>Emissões de<br>CO <sub>2</sub><br>(Gg CO <sub>2</sub> ) |                |
| COMBUSTÍVEL                             |                    |                                    | M=(K-L)  |                                      | O=(MxN)                               | P=(Ox[44/12])  |                |
| <b>Fósseis Líquidos</b>                 | Fontes Primárias   | Petróleo                           |  | 51.271                               | 0,99                                  | 50.759   | 186.115        |
|   |                    | Líquidos de Gás Natural            |  | 720                                  | 0,99                                  | 712  | 2.612          |
|   | Fontes Secundárias | Gasolina                           |  | -1.370                               | 0,99                                  | -1.356   | -4.972         |
|   |                    | Querosene de Aviação               |  | -318                                 | 0,99                                  | -315   | -1.155         |
|   |                    | Querosene Iluminante               | 54   | -50                                  | 0,99                                  | -49  | -170           |
|   |                    | Óleo Diesel                        |  | 1.362                                | 0,99                                  | 1.349  | 4.945          |
|   |                    | Óleo Combustível                   |  | -1.612                               | 0,99                                  | -1.596   | -5.853         |
|   |                    | GLP                                |  | 1.243                                | 0,99                                  | 1.231  | 4.514          |
|   |                    | Nafta                              | 3.489  | -2.624                               | 0,99                                  | -2.597   | -9.524         |
|   |                    | Asfalto                            | 1.111  | -1.109                               | 0,99                                  | -1.097   | -4.024         |
|   |                    | Lubrificantes                      | 235  | -382                                 | 0,99                                  | -378   | -1.386         |
|   |                    | Coque de Petróleo                  |  | -8                                   | 0,99                                  | -8   | -30            |
|   |                    | Gás de Refinaria                   | 138  | -33                                  | 0,99                                  | -137   | -502           |
|   |                    | Outros Prod. Sec. de Petróleo      |  | 180                                  | 0,99                                  | 178  | 652            |
| Outros Prod. Não Energ. Petróleo        |                    | 1.003                              | -1.115   | 0,99                                 | -1.104                                | -4.048   |                |
| <b>Fósseis Líquidos - Total</b>         |                    |                                    | <b>6.030</b>                                   | <b>46.050</b>                        |                                       | <b>45.590</b>  | <b>167.163</b> |
| <b>Fósseis Sólidos</b>                  | Fontes Primárias   | Carvão Metalúrgico                 |  | 8.727                                | 0,98                                  | 8.552  | 31.358         |
|   |                    | Carvão Vapor                       |  | 2.241                                | 0,98                                  | 2.196  | 8.052          |
|   | Fontes Secundárias | Alcatrão                           | 40   | -40                                  | 0,98                                  | -39  | -143           |
|   |                    | Coque de Carvão Mineral            |  | 834                                  | 0,98                                  | 817  | 2.996          |
| <b>Fósseis Sólidos - Total</b>          |                    |                                    | <b>40</b>                                      | <b>11.761</b>                        |                                       | <b>11.526</b>  | <b>42.263</b>  |
| <b>Fósseis Gasosos</b>                  |                    | Gás Natural Seco                   | 183  | 2.002                                | 0,995                                 | 1.992  | 7.303          |
| <b>Fósseis Gasosos - Total</b>          |                    |                                    | <b>183</b>                                     | <b>2.002</b>                         |                                       | <b>1.992</b>   | <b>7.303</b>   |
| <b>Outras Fontes Primárias Fósseis</b>  |                    |                                    |  | 203                                  | 0,99                                  | 201  | 736            |
| <b>Combustíveis Fósseis - Total</b>     |                    |                                    | <b>6.253</b>                                   | <b>60.016</b>                        |                                       | <b>59.309</b>  | <b>217.465</b> |
| <b>Combustíveis da Biomassa</b>         |                    |                                    |  |                                      |                                       |  |                |
| <b>Biomassa Sólida</b>                  |                    | Lenha Queima Direta                |  | 18.772                               | 0,87                                  | 16.331   | 59.881         |
|   |                    | Lenha Carvoejamento                |  | 13.051                               | 0,891                                 | 11.628   | 42.637         |
|   |                    | Bagaçõ de Cana                     |  | 16.645                               | 0,88                                  | 14.647   | 53.706         |
|   |                    | Resíduos Vegetais                  |  | 943                                  | 0,88                                  | 830  | 3.042          |
|   |                    | Carvão Vegetal                     |  |                                      | 0,88                                  |  |                |
| <b>Biomassa Sólida - Total</b>          |                    |                                    |  | <b>49.410</b>                        |                                       | <b>43.436</b>  | <b>159.267</b> |
| <b>Biomassa Líquida</b>                 |                    | Caldo de Cana                      |  | 4.865                                | 0,99                                  | 4.817  | 17.661         |
|   |                    | Melaço                             |  | 774                                  | 0,99                                  | 766  | 2.810          |
|   |                    | Álcool Anidro                      |  |                                      | 0,99                                  |  |                |
|   |                    | Álcool Hidratado                   | 220  | -181                                 | 0,99                                  | -180   | -658           |
|   |                    | Lixívia                            |  | 1.499                                | 0,99                                  | 1.484  | 5.442          |
| <b>Biomassa Líquida - Total</b>         |                    |                                    | <b>220</b>                                     | <b>6.957</b>                         |                                       | <b>6.888</b>   | <b>25.255</b>  |
| <b>Biomassa Gasosa</b>                  |                    |                                    |  |                                      |                                       |  |                |
| <b>Combustíveis da Biomassa - Total</b> |                    |                                    | <b>220</b>                                     | <b>56.367</b>                        |                                       | <b>50.324</b>  | <b>184.521</b> |

**Emissões de Carbono**

**Ano 1993**

**do Sistema Energético Brasileiro**

| MÓDULO                                  |                     | ENERGIA                              |               |              |              |              |               |        |
|---|---------------------|--------------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------|
| SUBMÓDULO                               |                     | CO <sub>2</sub> (REFERENCE APPROACH) |               |              |              |              |               |        |
| PLANILHA                                |                     | 1-1                                  |               |              |              |              |               |        |
| FOLHA                                   |                     | 1 DE 5                               |               |              |              |              |               |        |
| PAÍS                                    |                     | BRASIL                               |               |              |              |              |               |        |
| ANO                                     |                     | 1993                                 |               |              |              |              |               |        |
| PASSO 1                                 |                     |                                      |               |              |              |              |               |        |
|   |                     | A                                    | B             | C            | D            | E            | F             |        |
|   |                     | Produção                             | Importação    | Exportação   | Variação     | Variação     | Consumo       |        |
|   |                     | (1000 tep)                           | (1000 tep)    | (1000 tep)   | Estoques     | Estoques     | Aparente      |        |
|   |                     |                                      |               |              | (1000 tep)   | (1000 tep)   | (1000 tep)    |        |
| COMBUSTÍVEL                             |                     |                                      |               |              |              |              | F=(A+B-C-D-E) |        |
| <b>Fósseis Líquidos</b>                 | Fontes Primárias    | Petróleo                             | 32.551        | 25.173       |              |              | -2.096        | 60.360 |
|   |                     | Líquidos de Gás Natural              | 974           |              |              |              |               | 974    |
|   | Fontes Secundárias  | Gasolina                             |               |              | 2.988        |              | 141           | -3.129 |
|   |                     | Querosene de Aviação                 |               | 372          | 53           | 483          | 185           | -349   |
|   |                     | Querosene Iluminante                 |               |              | 48           |              | -37           | -11    |
|   |                     | Óleo Diesel                          |               | 3.718        | 550          | 120          | 41            | 3.007  |
|   |                     | Óleo Combustível                     |               | 4.837        | 1.645        | 889          | 3.194         | -891   |
|   |                     | GLP                                  |               | 1.837        | 7            |              | 396           | 1.434  |
|   |                     | Nafta                                |               | 2.061        |              |              | 772           | 1.289  |
|   |                     | Asfalto                              |               |              | 36           |              | -61           | 25     |
|   |                     | Lubrificantes                        |               | 43           | 92           |              | 2             | -51    |
|   |                     | Coque de Petróleo                    |               |              |              |              | -13           | 13     |
|   |                     | Gás de Refinaria                     |               |              |              |              |               |        |
|   |                     | Outros Prod. Sec. de Petróleo        |               | 145          |              |              |               | 145    |
| Outros Prod. Não Energ. Petróleo        |                     |                                      | 6             | 35           |              | -245         | 216           |        |
| <b>Fósseis Líquidos - Total</b>         |                     | <b>33.525</b>                        | <b>38.732</b> | <b>5.454</b> | <b>1.492</b> | <b>2.279</b> | <b>63.032</b> |        |
| <b>Fósseis Sólidos</b>                  | Fontes Primárias    | Carvão Metalúrgico                   | 37            | 8.044        |              |              | -294          | 8.375  |
|   |                     | Carvão Vapor                         | 1.752         |              |              |              | -38           | 1.790  |
|   | Fontes Secundárias  | Alcatrão                             |               |              |              |              |               |        |
|   |                     | Coque de Carvão Mineral              |               | 783          |              |              | 32            | 751    |
| <b>Fósseis Sólidos - Total</b>          |                     | <b>1.789</b>                         | <b>8.827</b>  |              |              | <b>-300</b>  | <b>10.916</b> |        |
| <b>Fósseis Gasosos</b>                  |                     | Gás Natural Seco                     | 3.831         |              |              |              |               | 3.831  |
| <b>Fósseis Gasosos - Total</b>          |                     | <b>3.831</b>                         |               |              |              |              | <b>3.831</b>  |        |
| <b>Outras Fontes Primárias Fósseis</b>  |                     | 257                                  |               |              |              |              |               | 257    |
| <b>Combustíveis Fósseis - Total</b>     |                     | <b>39.402</b>                        | <b>47.559</b> | <b>5.454</b> | <b>1.492</b> | <b>1.979</b> | <b>78.036</b> |        |
| <b>Combustíveis da Biomassa</b>         |                     |                                      |               |              |              |              |               |        |
| <b>Biomassa Sólida</b>                  | Lenha Queima Direta |                                      | 13.798        |              |              |              |               | 13.798 |
|   | Lenha Carvoejamento |                                      | 10.695        |              |              |              |               | 10.695 |
|   | Bagaço de Cana      |                                      | 12.658        |              |              |              |               | 12.658 |
|   | Resíduos Vegetais   |                                      | 718           |              |              |              |               | 718    |
|   | Carvão Vegetal      |                                      |               | 1            | 11           |              |               | -10    |
| <b>Biomassa Sólida - Total</b>          |                     | <b>37.869</b>                        | <b>1</b>      | <b>11</b>    |              |              | <b>37.859</b> |        |
| <b>Biomassa Líquida</b>                 | Caldo de Cana       |                                      | 5.360         |              |              |              |               | 5.360  |
|   | Melaço              |                                      | 841           |              |              |              |               | 841    |
|   | Alcool Anidro       |                                      |               |              |              |              | -12           | 12     |
|   | Alcool Hidratado    |                                      |               | 577          | 84           |              | -144          | 637    |
|   | Lixívia             |                                      | 1.975         |              |              |              |               | 1.975  |
| <b>Biomassa Líquida - Total</b>         |                     | <b>8.176</b>                         | <b>577</b>    | <b>84</b>    |              | <b>-156</b>  | <b>8.825</b>  |        |
| <b>Biomassa Gasosa</b>                  |                     |                                      |               |              |              |              |               |        |
| <b>Combustíveis da Biomassa - Total</b> |                     | <b>46.045</b>                        | <b>578</b>    | <b>95</b>    |              | <b>-156</b>  | <b>46.684</b> |        |

**Emissões de Carbono**  
**do Sistema Energético Brasileiro**

Ano **1993**

| MÓDULO                                  |                    | ENERGIA                                     |                                  |  |                                      |                                       |        |
|---|--------------------|---|----------------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|--------|
| SUBMÓDULO                               |                    | CO. (REFERENCE APPROACH)                    |                                  |  |                                      |                                       |        |
| PLANILHA                                |                    | 1-1   |                                  |  |                                      |                                       |        |
| FOLHA                                   |                    | 2 DE 5                                      |                                  |  |                                      |                                       |        |
| PAÍS                                    |                    | BRASIL                                      |                                  |  |                                      |                                       |        |
| ANO                                     |                    | 1993  |                                  |  |                                      |                                       |        |
|   |                    | PASSO 2                                     |                                  | PASSO 3  |                                      |                                       |        |
|   |                    | G (b)<br>Fator de<br>Conversão<br>(TJ/Unid) | H<br>Consumo<br>Aparente<br>(TJ) | I<br>Fator de<br>Emissão<br>do Carbono<br>(t C/TJ) | J<br>Conteúdo<br>de Carbono<br>(t C) | K<br>Conteúdo<br>de Carbono<br>(Gg C) |        |
| COMBUSTÍVEL                             |                    |   | H=(F×G)                          |  | J=(H×I)                              | K=(J/1000)                            |        |
| <b>Fósseis Líquidos</b>                 | Fontes Primárias   | Petróleo                                    | 42,96                            | 2.592.859  | 20                                   | 51.857.169                            | 51.857 |
|   |                    | Líquidos de Gás Natural                     | 42,96                            | 41.840   | 17,2                                 | 719.643                               | 720    |
|   | Fontes Secundárias | Gasolina                                    | 42,96                            | -134.411   | 18,9                                 | -2.540.370                            | -2540  |
|   |                    | Querosene de Aviação                        | 42,96                            | -14.992  | 19,5                                 | -292.341                              | -292   |
|   |                    | Querosene Iluminante                        | 42,96                            | -473   | 19,6                                 | -9.261                                | -9     |
|   |                    | Óleo Diesel                                 | 42,96                            | 129.170  | 20,2                                 | 2.609.242                             | 2.609  |
|   |                    | Óleo Combustível                            | 42,96                            | -38.274  | 21,1                                 | -807.588                              | -808   |
|   |                    | GLP   | 42,96                            | 61.600   | 17,2                                 | 1.059.515                             | 1.060  |
|   |                    | Nafta                                       | 42,96                            | 55.371   | 20                                   | 1.107.420                             | 1.107  |
|   |                    | Asfalto                                     | 42,96                            | 7.074  | 22                                   | 23.626                                | 24     |
|   |                    | Lubrificantes                               | 42,96                            | -2.191   | 20                                   | -43.816                               | -44    |
|   |                    | Coque de Petróleo                           | 42,96                            | 558  | 27,5                                 | 15.357                                | 15     |
|   |                    | Gás de Refinaria                            | 42,96                            |  | 20                                   |                                       |        |
|   |                    | Outros Prod. Sec. de Petróleo               | 42,96                            | 6.229  | 20                                   | 124.574                               | 125    |
| Outros Prod. Não Energ. Petróleo        | 42,96              | 9.279                                       | 20                               | 185.572  | 186                                  |                                       |        |
| <b>Fósseis Líquidos - Total</b>         |                    |   | <b>2.707.639</b>                 |  | <b>54.008.743</b>                    | <b>54.009</b>                         |        |
| <b>Fósseis Sólidos</b>                  | Fontes Primárias   | Carvão Metalúrgico                          | 42,96                            | 359.761  | 25,8                                 | 9.281.840                             | 9.282  |
|   |                    | Carvão Vapor                                | 42,96                            | 76.892   | 25,8                                 | 1.983.820                             | 1.984  |
|   | Fontes Secundárias | Alcatrão                                    | 42,96                            |  | 25,8                                 |                                       |        |
|   |                    | Coque de Carvão Mineral                     | 42,96                            | 32.260   | 29,5                                 | 951.681                               | 952    |
| <b>Fósseis Sólidos - Total</b>          |                    |   | <b>468.914</b>                   |  | <b>12.217.342</b>                    | <b>12.217</b>                         |        |
| <b>Fósseis Gasosos</b>                  | Gás Natural Seco   | 40,70                                       | 155.905                          | 15,3   | 2.385.350                            | 2.385                                 |        |
| <b>Fósseis Gasosos - Total</b>          |                    |   | <b>155.905</b>                   |  | <b>2.385.350</b>                     | <b>2.385</b>                          |        |
| <b>Outras Fontes Primárias Fósseis</b>  |                    | 42,96                                       | 11.040                           | 20   | 220.797                              | 221                                   |        |
| <b>Combustíveis Fósseis - Total</b>     |                    |   | <b>3.343.497</b>                 |  | <b>68.832.232</b>                    | <b>68.832</b>                         |        |
| <b>Combustíveis da Biomassa</b>         |                    |   |                                  |  |                                      |                                       |        |
| <b>Biomassa Sólida</b>                  |                    | Lenha Queima Direta                         | 42,96                            | 592.715  | 29,9                                 | 17.722.170                            | 17.722 |
|   |                    | Lenha Carvoejamento                         | 42,96                            | 459.421  | 29,9                                 | 13.736.673                            | 13.737 |
|   |                    | Bagaço de Cana                              | 42,96                            | 543.744  | 29,9                                 | 16.257.953                            | 16.258 |
|   |                    | Resíduos Vegetais                           | 42,96                            | 30.843   | 29,9                                 | 922.200                               | 922    |
|   |                    | Carvão Vegetal                              | 42,96                            | -430   | 29,9                                 | -12.844                               | -13    |
| <b>Biomassa Sólida - Total</b>          |                    |   | <b>1.626.293</b>                 |  | <b>48.626.152</b>                    | <b>48.626</b>                         |        |
| <b>Biomassa Líquida</b>                 |                    | Caldo de Cana                               | 42,96                            | 230.247  | 20                                   | 4.604.944                             | 4.605  |
|   |                    | Melaço                                      | 42,96                            | 36.126   | 20                                   | 722.529                               | 723    |
|   |                    | Álcool Anidro                               | 42,96                            | 515  | 14,81                                | 7.634                                 | 8      |
|   |                    | Álcool Hidratado                            | 42,96                            | 27.363   | 14,81                                | 405.251                               | 405    |
|   |                    | Lixívia                                     | 42,96                            | 84.839   | 20                                   | 1.696.784                             | 1.697  |
| <b>Biomassa Líquida - Total</b>         |                    |   | <b>379.092</b>                   |  | <b>7.437.143</b>                     | <b>7.437</b>                          |        |
| <b>Biomassa Gasosa</b>                  |                    | 40,70                                       |                                  | 30,6   |                                      |                                       |        |
| <b>Combustíveis da Biomassa - Total</b> |                    |   | <b>2.005.384</b>                 |  | <b>56.063.295</b>                    | <b>56.063</b>                         |        |

**Emissões de Carbono**

**Ano 1993**

**do Sistema Energético Brasileiro**

| MÓDULO                                  |                     | ENERGIA                              |                                     |                           |                            |                                     |         |
|---|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------|
| SUBMÓDULO                               |                     | CO <sub>2</sub> (REFERENCE APPROACH) |                                     |                           |                            |                                     |         |
| PLANILHA                                |                     | 1-1                                  |                                     |                           |                            |                                     |         |
| FOLHA                                   |                     | 3 DE 5                               |                                     |                           |                            |                                     |         |
| PAÍS                                    |                     | BRASIL                               |                                     |                           |                            |                                     |         |
| ANO                                     |                     | 1993                                 |                                     |                           |                            |                                     |         |
|   |                     | PASSO 4                              |                                     | PASSO 5                   |                            | PASSO 6                             |         |
|   |                     | L                                    | M                                   | N                         | O                          | P                                   |         |
|   |                     | Carbono Estocado (Gg C)              | Emissões Líquidas de Carbono (Gg C) | Fração de Carbono Oxidada | Emissões de Carbono (Gg C) | Emissões de CO <sub>2</sub> (Gg CQ) |         |
| COMBUSTÍVEL                             |                     |                                      | M=(K-L)                             |                           | O=(MxN)                    | P=(Ox[44/12])                       |         |
| <b>Fósseis Líquidos</b>                 | Fontes Primárias    | Petróleo                             |                                     | 51.857                    | 0,99                       | 51.339                              | 188.242 |
|   |                     | Líquidos de Gás Natural              |                                     | 720                       | 0,99                       | 712                                 | 2.612   |
|   | Fontes Secundárias  | Gasolina                             |                                     | -2540                     | 0,99                       | -2.515                              | -9.222  |
|   |                     | Querosene de Aviação                 |                                     | -292                      | 0,99                       | -289                                | -1.061  |
|   |                     | Querosene Iluminante                 | 51                                  | -61                       | 0,99                       | -60                                 | -220    |
|   |                     | Óleo Diesel                          |                                     | 2.609                     | 0,99                       | 2.583                               | 9.472   |
|   |                     | Óleo Combustível                     |                                     | -808                      | 0,99                       | -800                                | -2.932  |
|   |                     | GLP                                  |                                     | 1.060                     | 0,99                       | 1.049                               | 3.846   |
|   |                     | Nafta                                | 3.603                               | -2.495                    | 0,99                       | -2.470                              | -9.058  |
|   |                     | Asfalto                              | 1.019                               | -995                      | 0,99                       | -985                                | -3.612  |
|   |                     | Lubrificantes                        | 258                                 | -302                      | 0,99                       | -299                                | -1.096  |
|   |                     | Coque de Petróleo                    |                                     | 15                        | 0,99                       | 15                                  | 56      |
|   |                     | Gás de Refinaria                     | 169                                 | -69                       | 0,99                       | -168                                | -614    |
|   |                     | Outros Prod. Sec. de Petróleo        |                                     | 125                       | 0,99                       | 123                                 | 452     |
| Outros Prod. Não Energ. Petróleo        | 1.032               | -846                                 | 0,99                                | -838                      | -3.072                     |                                     |         |
| <b>Fósseis Líquidos - Total</b>         |                     | <b>6.132</b>                         | <b>47.877</b>                       |                           | <b>47.398</b>              | <b>173.792</b>                      |         |
| <b>Fósseis Sólidos</b>                  | Fontes Primárias    | Carvão Metalúrgico                   |                                     | 9.282                     | 0,98                       | 9.096                               | 33.353  |
|   |                     | Carvão Vapor                         |                                     | 1.984                     | 0,98                       | 1.944                               | 7.129   |
|   | Fontes Secundárias  | Alcatrão                             | 45                                  | -45                       | 0,98                       | -44                                 | -161    |
|   |                     | Coque de Carvão Mineral              |                                     | 952                       | 0,98                       | 933                                 | 3.420   |
| <b>Fósseis Sólidos - Total</b>          |                     | <b>45</b>                            | <b>12.172</b>                       |                           | <b>11.929</b>              | <b>43.740</b>                       |         |
| <b>Fósseis Gasosos</b>                  |                     | Gás Natural Seco                     | 183                                 | 2.203                     | 0,995                      | 2.192                               | 8.036   |
| <b>Fósseis Gasosos - Total</b>          |                     | <b>183</b>                           | <b>2.203</b>                        |                           | <b>2.192</b>               | <b>8.036</b>                        |         |
| <b>Outras Fontes Primárias Fósseis</b>  |                     |                                      | 221                                 | 0,99                      | 219                        | 801                                 |         |
| <b>Combustíveis Fósseis - Total</b>     |                     | <b>6.360</b>                         | <b>62.472</b>                       |                           | <b>61.737</b>              | <b>226.369</b>                      |         |
| <b>Combustíveis da Biomassa</b>         |                     |                                      |                                     |                           |                            |                                     |         |
| <b>Biomassa Sólida</b>                  | Lenha Queima Direta |                                      |                                     | 17.722                    | 0,87                       | 15.418                              | 56.534  |
|   | Lenha Carvoejamento |                                      |                                     | 13.737                    | 0,891                      | 12.239                              | 44.878  |
|   | Bagaço de Cana      |                                      |                                     | 16.258                    | 0,88                       | 14.307                              | 52.459  |
|   | Resíduos Vegetais   |                                      |                                     | 922                       | 0,88                       | 811                                 | 2.974   |
|   | Carvão Vegetal      |                                      |                                     | -13                       | 0,88                       | -11                                 | -41     |
| <b>Biomassa Sólida - Total</b>          |                     |                                      | <b>48.626</b>                       |                           | <b>42.764</b>              | <b>156.805</b>                      |         |
| <b>Biomassa Líquida</b>                 | Caldo de Cana       |                                      |                                     | 4.605                     | 0,99                       | 4.559                               | 16.716  |
|   | Melaço              |                                      |                                     | 723                       | 0,99                       | 715                                 | 2.623   |
|   | Alcool Anidro       |                                      | 39                                  | -32                       | 0,99                       | -31                                 | -115    |
|   | Alcool Hidratado    |                                      | 243                                 | 162                       | 0,99                       | 161                                 | 589     |
|   | Lixívia             |                                      |                                     | 1.697                     | 0,99                       | 1.680                               | 6.159   |
| <b>Biomassa Líquida - Total</b>         |                     | <b>282</b>                           | <b>7.155</b>                        |                           | <b>7.083</b>               | <b>25.971</b>                       |         |
| <b>Biomassa Gasosa</b>                  |                     |                                      |                                     |                           |                            |                                     |         |
| <b>Combustíveis da Biomassa - Total</b> |                     | <b>282</b>                           | <b>55.781</b>                       |                           | <b>49.848</b>              | <b>182.776</b>                      |         |

**Emissões de Carbono**  
**do Sistema Energético Brasileiro**

Ano

1994

| MÓDULO                                  |                     | ENERGIA                       |               |              |                   |                   |                  |        |
|---|---------------------|-------------------------------|---------------|--------------|-------------------|-------------------|------------------|--------|
| SUBMÓDULO                               |                     | CO.(REFERENCE APPROACH)       |               |              |                   |                   |                  |        |
| PLANILHA                                |                     | 1-1                           |               |              |                   |                   |                  |        |
| FOLHA                                   |                     | 1 DE 5                        |               |              |                   |                   |                  |        |
| PAÍS                                    |                     | BRASIL                        |               |              |                   |                   |                  |        |
| ANO                                     |                     | 1994                          |               |              |                   |                   |                  |        |
| PASSO 1                                 |                     |                               |               |              |                   |                   |                  |        |
|   |                     | A                             | B             | C            | D                 | E                 | F                |        |
|   |                     | Produção                      | Importação    | Exportação   | Variação Estoques | Variação Estoques | Consumo Aparente |        |
|   |                     | (1000 tep)                    | (1000 tep)    | (1000 tep)   | (1000 tep)        | (1000 tep)        | (1000 tep)       |        |
| COMBUSTÍVEL                             |                     |                               |               |              |                   |                   | F=(A+B-C-D-E)    |        |
| Fósseis Líquidos                        | Fontes Primárias    | Petróleo                      | 33.804        | 27.957       |                   |                   | -51              | 61.812 |
|   |                     | Líquidos de Gás Natural       | 1.026         |              |                   |                   |                  | 1.026  |
|   | Fontes Secundárias  | Gasolina                      |               | 23           | 2.315             |                   | -174             | -2.118 |
|   |                     | Querosene de Aviação          |               | 333          | 43                | 590               | -45              | -255   |
|   |                     | Querosene Iluminante          |               |              | 31                |                   | -28              | -3     |
|   |                     | Óleo Diesel                   |               | 2.770        | 694               | 103               | 183              | 1.790  |
|   |                     | Óleo Combustível              |               | 2.728        | 1.530             | 1.047             | 25               | 126    |
|   |                     | GLP                           |               | 1.875        |                   |                   | -22              | 1.897  |
|   |                     | Nafta                         |               | 2.474        | 203               |                   | 32               | 2.239  |
|   |                     | Asfalto                       |               |              | 35                |                   | -12              | -23    |
|   |                     | Lubrificantes                 |               |              | 11                | 81                | -42              | -28    |
|   |                     | Coque de Petróleo             |               |              |                   |                   | 16               | -16    |
|   |                     | Gás de Refinaria              |               |              |                   |                   |                  |        |
|   |                     | Outros Prod. Sec. de Petróleo |               |              | 207               |                   |                  | 207    |
| Dúctus Prod. Não Energ. Petróleo        |                     |                               | 92            | 46           |                   | -6                | 52               |        |
| <b>Fósseis Líquidos - Total</b>         |                     | <b>34.830</b>                 | <b>38.470</b> | <b>4.978</b> | <b>1.740</b>      | <b>-124</b>       | <b>66.706</b>    |        |
| Fósseis Sólidos                         | Fontes Primárias    | Carvão Metalúrgico            |               | 75           | 8.219             |                   | 18               | 8.276  |
|   |                     | Carvão Vapor                  |               | 1.910        | 59                |                   | 35               | 1.934  |
|   | Fontes Secundárias  | Alcatrão                      |               |              |                   |                   |                  |        |
|   |                     | Coque de Carvão Mineral       |               |              | 1.000             |                   | -11              | 1.011  |
| <b>Fósseis Sólidos - Total</b>          |                     | <b>1.985</b>                  | <b>9.278</b>  |              |                   | <b>42</b>         | <b>11.221</b>    |        |
| Fósseis Gasosos                         |                     | Gás Natural Seco              |               | 3.974        |                   |                   | 3.974            |        |
| <b>Fósseis Gasosos - Total</b>          |                     | <b>3.974</b>                  |               |              |                   |                   | <b>3.974</b>     |        |
| Outras Fontes Primárias Fósseis         |                     | 189                           |               |              |                   |                   | 189              |        |
| <b>Combustíveis Fósseis - Total</b>     |                     | <b>40.978</b>                 | <b>47.748</b> | <b>4.978</b> | <b>1.740</b>      | <b>-82</b>        | <b>82.090</b>    |        |
| <b>Combustíveis da Biomassa</b>         |                     |                               |               |              |                   |                   |                  |        |
| Biomassa Sólida                         | Lenha Queima Direta |                               | 13.719        |              |                   |                   | 13.719           |        |
|   | Lenha Carvoejamento |                               | 10.828        |              |                   |                   | 10.828           |        |
|   | Bagaço de Cana      |                               | 14.744        |              |                   |                   | 14.744           |        |
|   | Resíduos Vegetais   |                               | 632           |              |                   |                   | 632              |        |
|   | Carvão Vegetal      |                               |               | 4            | 7                 |                   | -3               |        |
| <b>Biomassa Sólida - Total</b>          |                     | <b>39.923</b>                 | <b>4</b>      | <b>7</b>     |                   |                   | <b>39.920</b>    |        |
| Biomassa Líquida                        | Caldo de Cana       |                               | 5.543         |              |                   |                   | 5.543            |        |
|   | Melaço              |                               | 1.050         |              |                   |                   | 1.050            |        |
|   | Álcool Anidro       |                               |               | 212          |                   |                   | -24              | 236    |
|   | Álcool Hidratado    |                               |               | 516          | 145               |                   | 71               | 300    |
|   | Lixívia             |                               | 2.146         |              |                   |                   |                  | 2.146  |
| <b>Biomassa Líquida - Total</b>         |                     | <b>8.739</b>                  | <b>728</b>    | <b>145</b>   |                   | <b>47</b>         | <b>9.275</b>     |        |
| Biomassa Gasosa                         |                     |                               |               |              |                   |                   |                  |        |
| <b>Combustíveis da Biomassa - Total</b> |                     | <b>48.662</b>                 | <b>732</b>    | <b>152</b>   |                   | <b>47</b>         | <b>49.195</b>    |        |

**Emissões de Carbono**

**Ano 1994**

**do Sistema Energético Brasileiro**

| MÓDULO                                  |                    | ENERGIA                                     |                                  |  |                                      |                                       |        |
|---|--------------------|---|----------------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|--------|
| SUBMÓDULO                               |                    | CO <sub>2</sub> (REFERENCE APPROACH)        |                                  |  |                                      |                                       |        |
| PLANILHA                                |                    | 1-1   |                                  |  |                                      |                                       |        |
| FOLHA                                   |                    | 2 DE 5                                      |                                  |  |                                      |                                       |        |
| PAÍS                                    |                    | BRASIL                                      |                                  |  |                                      |                                       |        |
| ANO                                     |                    | 1994  |                                  |  |                                      |                                       |        |
|   |                    | PASSO 2                                     |                                  | PASSO 3  |                                      |                                       |        |
|   |                    | G (b)<br>Fator de<br>Conversão<br>(TJ/Unid) | H<br>Consumo<br>Aparente<br>(TJ) | I<br>Fator de<br>Emissão<br>do Carbono<br>(t C/TJ) | J<br>Conteúdo<br>de Carbono<br>(t C) | K<br>Conteúdo<br>de Carbono<br>(Gg C) |        |
| COMBUSTÍVEL                             |                    |   | H=(F×G)                          |  | J=(H×I)                              | K=(J/1000)                            |        |
| <b>Fósseis Líquidos</b>                 | Fontes Primárias   | Petróleo                                    | 42,96                            | 2.655.231  | 20                                   | 53.104.628                            | 53.105 |
|   |                    | Líquidos de Gás Natural                     | 42,96                            | 44.073   | 17,2                                 | 758.063                               | 758    |
|   | Fontes Secundárias | Gasolina                                    | 42,96                            | -90.982  | 18,9                                 | -1.719.560                            | -1.720 |
|   |                    | Querosene de Aviação                        | 42,96                            | -10.954  | 19,5                                 | -213.602                              | -214   |
|   |                    | Querosene Iluminante                        | 42,96                            | -129   | 19,6                                 | -2.526                                | -3     |
|   |                    | Óleo Diesel                                 | 42,96                            | 76.892   | 20,2                                 | 1.553.224                             | 1.553  |
|   |                    | Óleo Combustível                            | 42,96                            | 5.413  | 21,1                                 | 114.204                               | 114    |
|   |                    | GLP   | 42,96                            | 81.489   | 17,2                                 | 1.401.604                             | 1.402  |
|   |                    | Nafta                                       | 42,96                            | 96.180   | 20                                   | 1.923.595                             | 1.924  |
|   |                    | Asfalto                                     | 42,96                            | -966   | 22                                   | -21.736                               | -22    |
|   |                    | Lubrificantes                               | 42,96                            | -1.203   | 20                                   | -24.056                               | -24    |
|   |                    | Coque de Petróleo                           | 42,96                            | -687   | 27,5                                 | -18.901                               | -19    |
|   |                    | Gás de Refinaria                            | 42,96                            |  | 20                                   |                                       |        |
|   |                    | Outros Prod. Sec. de Petróleo               | 42,96                            | 8.892  | 20                                   | 177.840                               | 178    |
| Outros Prod. Não Energy. Petróleo       | 42,96              | 2.234                                       | 20                               | 44.675   | 45                                   |                                       |        |
| <b>Fósseis Líquidos - Total</b>         |                    |   | <b>2.865.461</b>                 |  | <b>57.077.453</b>                    | <b>57.077</b>                         |        |
| <b>Fósseis Sólidos</b>                  | Fontes Primárias   | Carvão Metalúrgico                          | 42,96                            | 355.509  | 25,8                                 | 9.172.121                             | 9.172  |
|   |                    | Carvão Vapor                                | 42,96                            | 83.078   | 25,8                                 | 2.143.412                             | 2.143  |
|   | Fontes Secundárias | Alcatrão                                    | 42,96                            |  | 25,8                                 |                                       |        |
|   |                    | Coque de Carvão Mineral                     | 42,96                            | 43.429   | 29,5                                 | 1.281.158                             | 1.281  |
| <b>Fósseis Sólidos - Total</b>          |                    |   | <b>482.016</b>                   |  | <b>12.596.691</b>                    | <b>12.597</b>                         |        |
| <b>Fósseis Gasosos</b>                  |                    | Gás Natural Seco                            | 40,70                            | 161.725  | 15,3                                 | 2.474.388                             | 2.474  |
| <b>Fósseis Gasosos - Total</b>          |                    |   | <b>161.725</b>                   |  | <b>2.474.388</b>                     | <b>2.474</b>                          |        |
| <b>Outras Fontes Primárias Fósseis</b>  |                    |   | 42,96                            | 8.119  | 20                                   | 162.376                               | 162    |
| <b>Combustíveis Fósseis - Total</b>     |                    |   | <b>3.517.320</b>                 |  | <b>72.310.908</b>                    | <b>72.311</b>                         |        |
| <b>Combustíveis da Biomassa</b>         |                    |   |                                  |  |                                      |                                       |        |
| <b>Biomassa Sólida</b>                  |                    | Lenha Queima Direta                         | 42,96                            | 589.321  | 29,9                                 | 17.620.703                            | 17.621 |
|   |                    | Lenha Carvoejamento                         | 42,96                            | 465.134  | 29,9                                 | 13.907.498                            | 13.907 |
|   |                    | Bagaço de Cana                              | 42,96                            | 633.352  | 29,9                                 | 18.937.214                            | 18.937 |
|   |                    | Resíduos Vegetais                           | 42,96                            | 27.149   | 29,9                                 | 811.742                               | 812    |
|   |                    | Carvão Vegetal                              | 42,96                            | -129   | 29,9                                 | -3.853                                | -4     |
| <b>Biomassa Sólida - Total</b>          |                    |   | <b>1.714.826</b>                 |  | <b>51.273.303</b>                    | <b>51.273</b>                         |        |
| <b>Biomassa Líquida</b>                 |                    | Caldo de Cana                               | 42,96                            | 238.108  | 20                                   | 4.762.165                             | 4.762  |
|   |                    | Melaço                                      | 42,96                            | 45.104   | 20                                   | 902.088                               | 902    |
|   |                    | Álcool Anidro                               | 42,96                            | 10.138   | 14,81                                | 150.140                               | 150    |
|   |                    | Álcool Hidratado                            | 42,96                            | 12.887   | 14,81                                | 190.856                               | 191    |
|   |                    | Lixívia                                     | 42,96                            | 92.185   | 20                                   | 1.843.696                             | 1.844  |
| <b>Biomassa Líquida - Total</b>         |                    |   | <b>398.422</b>                   |  | <b>7.848.945</b>                     | <b>7.849</b>                          |        |
| <b>Biomassa Gasosa</b>                  |                    |   | 40,70                            |  | 30,6                                 |                                       |        |
| <b>Combustíveis da Biomassa - Total</b> |                    |   | <b>2.113.248</b>                 |  | <b>59.122.248</b>                    | <b>59.122</b>                         |        |

**Emissões de Carbono**  
**do Sistema Energético Brasileiro**

**Ano 1994**

| MÓDULO                                  |                    | ENERGIA                            |  |                                      |                                       |  |                |
|---|--------------------|------------------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|--|----------------|
| SUBMÓDULO                               |                    | CO.(REFERENCE APPROACH)            |  |                                      |                                       |  |                |
| PLANILHA                                |                    | 1-1                                |  |                                      |                                       |  |                |
| FOLHA                                   |                    | 3 DE 5                             |  |                                      |                                       |  |                |
| PAÍS                                    |                    | BRASIL                             |  |                                      |                                       |  |                |
| ANO                                     |                    | 1994                               |  |                                      |                                       |  |                |
|   |                    | PASSO 4                            |  | PASSO 5                              |                                       | PASSO 6  |                |
|   |                    | L<br>Carbono<br>Estocado<br>(Gg C) | M<br>Emissões Líquidas<br>de Carbono<br>(Gg C) | N<br>Fração de<br>Carbono<br>Oxidada | O<br>Emissões<br>de Carbono<br>(Gg C) | P<br>Emissões de<br>CO <sub>2</sub><br>(Gg CQ) |                |
| COMBUSTÍVEL                             |                    |                                    | M=(K-L)  |                                      | O=(MxN)                               | P=(Ox[44/12])                                  |                |
| <b>Fósseis Líquidos</b>                 | Fontes Primárias   | Petróleo                           |  | 53.105                               | 0,99                                  | 52.574   | 192.770        |
|   |                    | Líquidos de Gás Natural            |  | 758                                  | 0,99                                  | 750  | 2.752          |
|   | Fontes Secundárias | Gasolina                           |  | -1.720                               | 0,99                                  | -1.702   | -6.242         |
|   |                    | Querosene de Aviação               |  | -214                                 | 0,99                                  | -211   | -775           |
|   |                    | Querosene Iluminante               | 26   | -29                                  | 0,99                                  | -28  | -104           |
|   |                    | Óleo Diesel                        |  | 1.553                                | 0,99                                  | 1.538  | 5.638          |
|   |                    | Óleo Combustível                   |  | 114                                  | 0,99                                  | 113  | 415            |
|   |                    | GLP                                |  | 1.402                                | 0,99                                  | 1.388  | 5.088          |
|   |                    | Nafta                              | 4.067  | -2.143                               | 0,99                                  | -2.122   | -7.780         |
|   |                    | Asfalto                            | 1.177  | -1.198                               | 0,99                                  | -1.186   | -4.350         |
|   |                    | Lubrificantes                      | 269  | -293                                 | 0,99                                  | -290   | -1.065         |
|   |                    | Coque de Petróleo                  |  | -19                                  | 0,99                                  | -19  | -69            |
|   | Gás de Refinaria   | 181                                | -81  | 0,99                                 | -179                                  | -658   |                |
| Outros Prod. Sec. de Petróleo           |                    | 178                                | 0,99   | 176                                  | 646                                   |  |                |
| Outros Prod. Não Energy, Petróleo       | 1.039              | -994                               | 0,99   | -984                                 | -3.608                                |  |                |
| <b>Fósseis Líquidos - Total</b>         |                    |                                    | <b>6.759</b>                                   | <b>50.319</b>                        |                                       | <b>49.815</b>                                  | <b>182.657</b> |
| <b>Fósseis Sólidos</b>                  | Fontes Primárias   | Carvão Metalúrgico                 |  | 9.172                                | 0,98                                  | 8.989  | 32.958         |
|   |                    | Carvão Vapor                       |  | 2.143                                | 0,98                                  | 2.101  | 7.702          |
|   | Fontes Secundárias | Alcatrão                           | 62   | -62                                  | 0,98                                  | -60  | -221           |
|   |                    | Coque de Carvão Mineral            |  | 1.281                                | 0,98                                  | 1.256  | 4.604          |
| <b>Fósseis Sólidos - Total</b>          |                    |                                    | <b>62</b>                                      | <b>12.535</b>                        |                                       | <b>12.284</b>                                  | <b>45.043</b>  |
| <b>Fósseis Gasosos</b>                  |                    | Gás Natural Seco                   | 197  | 2.277                                | 0,995                                 | 2.266  | 8.308          |
| <b>Fósseis Gasosos - Total</b>          |                    |                                    | <b>197</b>                                     | <b>2.277</b>                         |                                       | <b>2.266</b>                                   | <b>8.308</b>   |
| <b>Outras Fontes Primárias Fósseis</b>  |                    |                                    |  | 163                                  | 0,99                                  | 161  | 589            |
| <b>Combustíveis Fósseis - Total</b>     |                    |                                    | <b>7.017</b>                                   | <b>65.294</b>                        |                                       | <b>64.527</b>                                  | <b>236.598</b> |
| <b>Combustíveis da Biomassa</b>         |                    |                                    |  |                                      |                                       |  |                |
| <b>Biomassa Sólida</b>                  |                    | Lenha Queima Direta                |  | 17.621                               | 0,87                                  | 15.330   | 56.210         |
|   |                    | Lenha Carvoejamento                |  | 13.907                               | 0,891                                 | 12.392   | 45.436         |
|   |                    | Bagaço de Cana                     |  | 18.937                               | 0,88                                  | 16.665   | 61.104         |
|   |                    | Resíduos Vegetais                  |  | 811                                  | 0,88                                  | 714  | 2.619          |
|   |                    | Carvão Vegetal                     |  | -4                                   | 0,88                                  | -3   | -12            |
| <b>Biomassa Sólida - Total</b>          |                    |                                    |  | <b>51.273</b>                        |                                       | <b>45.097</b>                                  | <b>165.357</b> |
| <b>Biomassa Líquida</b>                 |                    | Caldo de Cana                      |  | 4.762                                | 0,99                                  | 4.715  | 17.287         |
|   |                    | Melaço                             |  | 902                                  | 0,99                                  | 893  | 3.275          |
|   |                    | Álcool Anidro                      | 41   | 109                                  | 0,99                                  | 108  | 395            |
|   |                    | Álcool Hidratado                   | 292  | -101                                 | 0,99                                  | -100   | -367           |
|   |                    | Lixívia                            |  | 1.844                                | 0,99                                  | 1.825  | 6.693          |
| <b>Biomassa Líquida - Total</b>         |                    |                                    | <b>333</b>                                     | <b>7.516</b>                         |                                       | <b>7.440</b>                                   | <b>27.282</b>  |
| <b>Biomassa Gasosa</b>                  |                    |                                    |  |                                      |                                       |  |                |
| <b>Combustíveis da Biomassa - Total</b> |                    |                                    | <b>333</b>                                     | <b>58.789</b>                        |                                       | <b>52.537</b>                                  | <b>192.638</b> |





## **ANEXO III**

### **Emissões de CO<sub>2</sub> Derivadas do Uso da Biomassa Não Renovável no Sistema Energético Brasileiro**

#### **Índice**

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| III - 1 Cálculo das Emissões de CO <sub>2</sub> Derivadas do Uso da Biomassa Não Renovável no Sistema Energético Brasileiro Utilizando uma Metodologia Diversa da Metodologia do IPCC | 99            |
| III - 2 Emissões Totais de CO <sub>2</sub> do Sistema Energético Brasileiro Utilizando uma Metodologia Diversa da Metodologia do IPCC   | 105           |

#### **Lista de Figuras**

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| FIGURA 1 – Emissões de CO <sub>2</sub> da biomassa não renovável utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (Mt C)               | 103           |
| FIGURA 2 – Emissões de CO <sub>2</sub> da biomassa não renovável utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (%)                  | 104           |
| FIGURA 3 – Emissões das biomassas renovável e não renovável utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (Mt C)                    | 104           |
| FIGURA 4 – Emissões das biomassas renovável e não renovável utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (%)                       | 105           |
| FIGURA 5 – Emissões totais de CO <sub>2</sub> do sistema energético brasileiro utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (Mt C) | 107           |

|   |     |
|---|-----|
| FIGURA 6 – Emissões totais de CO <sub>2</sub> do sistema energético brasileiro utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (%)  | 107 |
| FIGURA 7 – Emissões de combustíveis fósseis, emissões da biomassa, da biomassa não renovável e totais de CO <sub>2</sub> e oferta interna bruta de energia utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (1990 = 100) | 108 |

## Lista de Tabelas

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| TABELA 1 – Uso de lenha renovável na produção de carvão vegetal   | 100           |
| TABELA 2 – Emissões de CO <sub>2</sub> da biomassa não renovável  | 101           |
| TABELA 3 – Variação anual das emissões de CO <sub>2</sub> da biomassa não renovável   | 101           |
| TABELA 4 – Emissões de CO <sub>2</sub> da biomassa renovável  | 102           |
| TABELA 5 – Variação anual das emissões de CO <sub>2</sub> da biomassa renovável   | 103           |
| TABELA 6 – Emissões totais de CO <sub>2</sub> do sistema energético brasileiro utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC                                      | 106           |
| TABELA 7 – Variação anual das emissões totais de CO <sub>2</sub> da biomassa utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC  | 106           |
| TABELA 8 – Estimativas do aumento das emissões de carbono de combustíveis fósseis na ausência da biomassa renovável utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC | 108           |

### **III - 1 Cálculo das Emissões de CO<sub>2</sub> Derivadas do Uso da Biomassa Não Renovável no Sistema Energético Brasileiro Utilizando uma Metodologia Diversa da Metodologia do IPCC**

Nesta parte do trabalho, foram calculadas as emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da combustão da biomassa no sistema energético brasileiro segundo uma proposta metodológica diversa. Nesta proposta metodológica, a absorção do CO<sub>2</sub> no processo de renovação da biomassa é levada em consideração no próprio módulo de energia e as estimativas feitas referem-se, portanto, às emissões de CO<sub>2</sub> derivadas exclusivamente da biomassa não renovável. Essas estimativas permitem uma avaliação do grau de importância da biomassa renovável no sistema energético brasileiro, sob o ponto de vista das emissões de CO<sub>2</sub>. Desta forma, este trabalho antecipou-se ao módulo de Uso do Solo e Manejo Florestal e determinou também as emissões de CO<sub>2</sub> da biomassa que contribuem para o aumento do efeito estufa, subtraindo das emissões totais da biomassa aquelas referentes ao consumo da biomassa renovável.

Para o cálculo das emissões de CO<sub>2</sub> da queima da biomassa não renovável, modificou-se a metodologia desenvolvida pelo IPCC da seguinte forma:

Para as fontes de biomassa renovável, foi calculado o carbono fixado durante o ciclo de crescimento das culturas, o qual é determinado a partir da quantidade de biomassa renovável consumida.

Para o caso da lenha utilizada via queima direta, a quantidade de biomassa renovável varia de acordo com o setor de consumo. Para o setor residencial, adotou-se a hipótese de que 50% da lenha energética é renovável, pelo tipo de coleta praticado – aparas de árvores e lenha catada do chão. Portanto, apenas metade do consumo residencial contribui para o aumento do efeito estufa. Para o setor industrial, considerou-se que somente 20% da lenha consumida tem origem renovável, através de programas de reflorestamento (principalmente nas indústrias de papel e celulose). Para os setores comercial, público, agropecuário e de transporte, foi também adotado o valor de 20% para a taxa de utilização de lenha renovável. Para as usinas autoprodutoras de eletricidade, considerou-se que toda a lenha consumida é renovável.

Deve-se ressaltar que essas hipóteses foram adotadas com base na experiência da equipe do PPE/COPPE sobre a matéria, uma vez que não foram encontradas estatísticas recentes publicadas sobre o uso da lenha nativa para a queima direta.

No tocante à conversão da lenha em carvão vegetal, foram adotados os seguintes valores fornecidos pela Associação Brasileira de Florestas Renováveis (ABRACAVE, 1996):

**Tabela 1** – Uso de lenha renovável na produção de carvão vegetal

| Ano                                      | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|--|------|------|------|------|------|
| <b>Percentual de lenha renovável (%)</b> | 34,0 | 42,3 | 38,9 | 43,5 | 54,0 |

Para os produtos da cana-de-açúcar, considerou-se 100% de reciclagem, ou seja, que o ciclo da cana-de-açúcar, desde o seu plantio até o consumo dos seus produtos, produz emissão líquida nula de CO<sub>2</sub>, em virtude da absorção de carbono durante o crescimento da cana.

Os álcoois anidro e hidratado somente interessam à metodologia *top-down* quando são importados, exportados ou apresentam variação de estoques. Parte do álcool importado é metanol e, portanto, um combustível fóssil. Essa parte foi subtraída do álcool importado e a parte restante foi considerada combustível renovável. Para exportação e variação de estoques, admitiu-se que são produzidos a partir da cana-de-açúcar e, portanto, são também de origem totalmente renovável.

Para a lixívia, por ser subproduto da indústria de papel e celulose, considerou-se um índice de 100% de renovação. Para os outros resíduos vegetais, adotou-se a hipótese de que eles são de origem renovável, com exceção de parte da quantidade consumida pelas usinas autoprodutoras e pela indústria de cimento, como explicado no Anexo I, página 59.

As Tabelas 2 e 3 apresentam, respectivamente, as emissões da biomassa não renovável do sistema energético brasileiro e as suas variações anuais, para o período de 1991 a 1994. As Figuras 1 e 2 ilustram a evolução das emissões da biomassa não renovável, em Gg C e percentual, respectivamente. Cabe ressaltar que no caso das emissões da biomassa não renovável, somente são computadas as emissões decorrentes da lenha, uma vez que as demais fontes de biomassa energética são consideradas totalmente renováveis.

Verifica-se um declínio das emissões de biomassa não renovável durante todo o período de interesse. Esse declínio é resultado da combinação de dois fatores distintos. O primeiro é a redução do consumo de lenha pela sua substituição por outros energéticos, conforme já se mencionou anteriormente. O segundo fator é o aumento do uso de florestas renováveis na produção de carvão vegetal, que também contribui para a redução das emissões das fontes não renováveis (vide Tabela 1 e as Figuras 1 e 2). Esse fato é também ilustrado nas Tabelas 2 e 3 e nas Figuras 3 e 4, que mostram as emissões da biomassa renovável ao longo do período. A participação das emissões da biomassa renovável em relação às emissões totais da biomassa foi crescente no período, passando de cerca de 60% em 1990 para 70% em 1994.

**Tabela 2** – Emissões de CO<sub>2</sub> da biomassa não renovável

| FONTE                              | ANO    |     |        |     |        |     |        |     |        |     |
|------------------------------------|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|
|                                    | 1990   |     | 1991   |     | 1992   |     | 1993   |     | 1994   |     |
|                                    | GgC    | %   | GgC    | %   | GgC    | %   | GgC    | %   | GgC    | %   |
| <i>Biomassa sólida</i>             | 20 700 | 100 | 18 256 | 100 | 17 407 | 100 | 16 801 | 100 | 15 619 | 100 |
| Lenha - queima direta              | 11 168 | 54  | 10 948 | 60  | 10 302 | 59  | 9 886  | 59  | 9 919  | 64  |
| Lenha - conversão a carvão vegetal | 9 532  | 46  | 7 308  | 40  | 7 105  | 41  | 6 915  | 41  | 5 700  | 36  |
| <i>Total - biomassa</i>            | 20 700 | 100 | 18 256 | 100 | 17 407 | 100 | 16 801 | 100 | 15 619 | 100 |

**Tabela 3** – Variação anual das emissões de CO<sub>2</sub> da biomassa não renovável

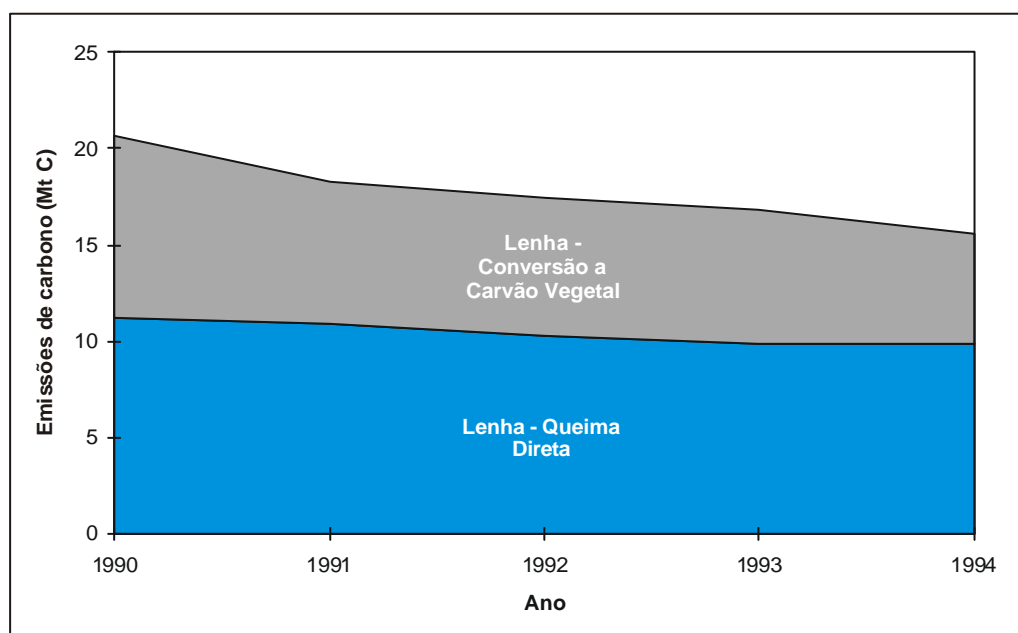
| FONTE                              | ANO          |             |             |             |             |
|------------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                    | 1990 - 1991  | 1991 - 1992 | 1992 - 1993 | 1993 - 1994 | 1990 - 1994 |
|                                    | Variação (%) |             |             |             |             |
| <i>Biomassa sólida</i>             | -11,8        | -4,7        | -3,5        | -7,0        | -24,5       |
| Lenha - queima direta              | -2,0         | -5,9        | -4,0        | 0,3         | -11,2       |
| Lenha - conversão a carvão vegetal | -23,3        | -2,8        | -2,7        | -17,6       | -40,2       |
| <i>Total - biomassa</i>            | -11,8        | -4,7        | -3,5        | -7,0        | -24,5       |

**Tabela 4** – Emissões de CO<sub>2</sub> da biomassa renovável

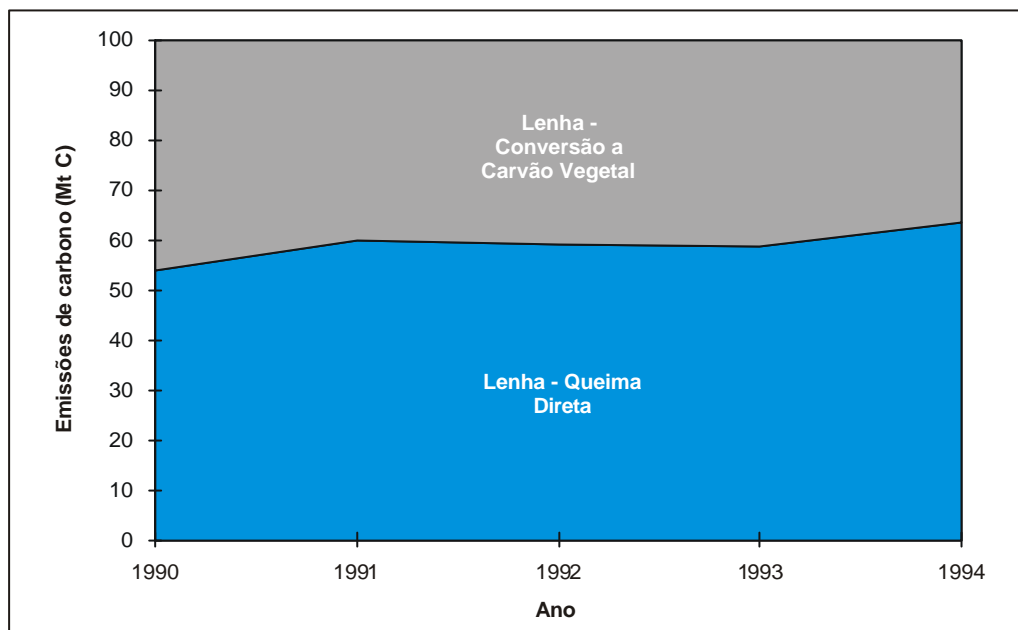
| FONTE   | Ano          |             |              |             |              |             |              |             |              |             |
|---|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
|   | 1990         |             | 1991         |             | 1992         |             | 1993         |             | 1994         |             |
|   | Gg C         | (%)         | Gg C         | (%)         | Gg C         | (%)         | Gg C         | (%)         | Gg C         | (%)         |
| <i>Biomassa sólida</i>  | <b>24757</b> | <b>79</b>   | <b>26110</b> | <b>79</b>   | <b>26029</b> | <b>79</b>   | <b>25964</b> | <b>79</b>   | <b>29479</b> | <b>80</b>   |
| Lenha para queima direta  | 6219         | 20          | 6148         | 19          | 6029         | 18          | 5533         | 17          | 5411         | 15          |
| Lenha para carvoejamento  | 4910         | 16          | 5358         | 16          | 4523         | 14          | 5324         | 16          | 6691         | 18          |
| Carvão  | 0            | 0           | 0            | 0           | 0            | 0           | -11          | 0           | -3           | 0           |
| Bagaço  | 12939        | 41          | 13890        | 42          | 14647        | 44          | 14307        | 43          | 16665        | 45          |
| Outros resíduos vegetais  | 688          | 2           | 714          | 2           | 830          | 3           | 812          | 2           | 714          | 2           |
| <i>Biomassa líquida</i>   | <b>6518</b>  | <b>21</b>   | <b>6967</b>  | <b>21</b>   | <b>6888</b>  | <b>21</b>   | <b>7083</b>  | <b>21</b>   | <b>7440</b>  | <b>20</b>   |
| Caldo de Cana   | 4837         | 15          | 5462         | 17          | 4817         | 15          | 4559         | 14          | 4715         | 13          |
| Melaço  | 682          | 2           | 691          | 2           | 766          | 2           | 715          | 2           | 893          | 2           |
| Álcool anidro   | 121          | 0           | -130         | 0           | 0            | 0           | -31          | 0           | 108          | 0           |
| Álcool hidratado  | -220         | -1          | -298         | -1          | -180         | -1          | 161          | 0           | -100         | 0           |
| Lixívia   | 1098         | 4           | 1241         | 4           | 1484         | 5           | 1680         | 5           | 1825         | 5           |
| <i>Total biomassa</i>   | <b>31275</b> | <b>100</b>  | <b>33077</b> | <b>100</b>  | <b>32917</b> | <b>100</b>  | <b>33047</b> | <b>100</b>  | <b>36919</b> | <b>100</b>  |
| <i>Emissões da biomassa renovável/emissões totais da biomassa (%)</i> |              | <b>60,2</b> |              | <b>64,4</b> |              | <b>65,4</b> |              | <b>66,3</b> |              | <b>70,3</b> |

**Tabela 5** – Variação anual das emissões de CO<sub>2</sub> da biomassa renovável

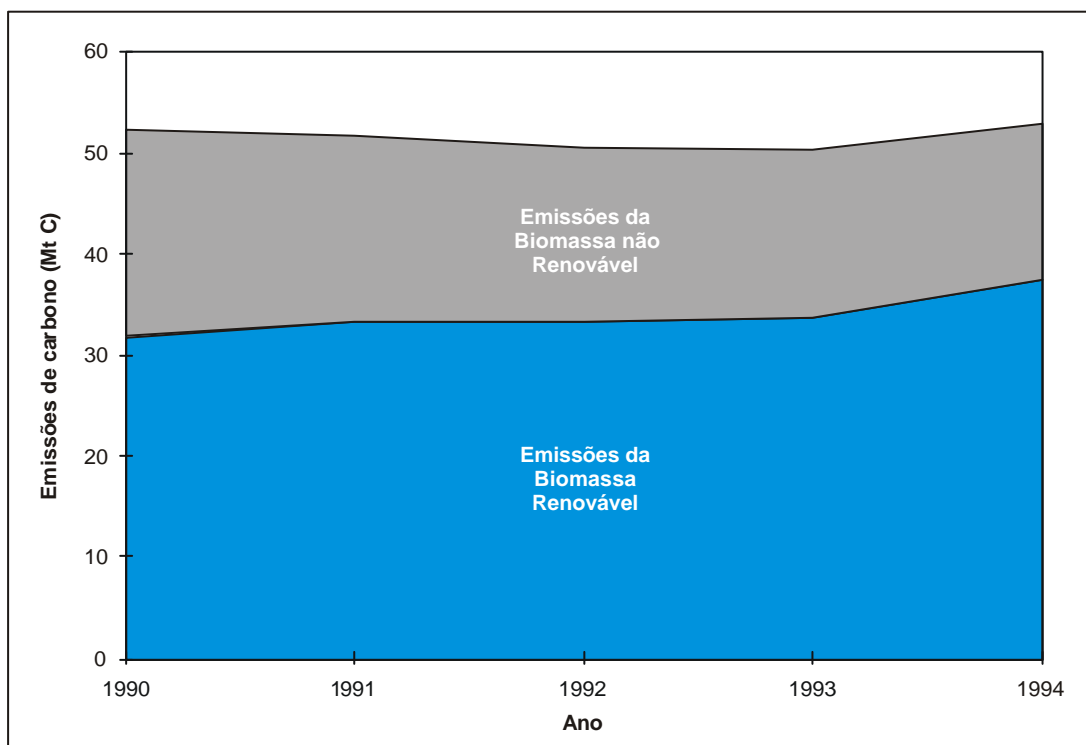
| FONTE                    | ANO          |             |             |             |             |
|--------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                          | 1990 - 1991  | 1991 - 1992 | 1992 - 1993 | 1993 - 1994 | 1990 - 1994 |
|                          | Variação (%) |             |             |             |             |
| <b>Biomassa sólida</b>   | <b>5,5</b>   | <b>-0,3</b> | <b>-0,3</b> | <b>13,5</b> | <b>19,1</b> |
| Lenha para queima direta | -1,1         | -1,9        | -8,2        | -2,2        | -13,0       |
| Lenha para carvoejamento | 9,1          | -15,6       | 17,7        | 25,7        | 36,3        |
| Carvão                   |              |             |             | -70,0       |             |
| Bagaço                   | 7,3          | 5,5         | -2,3        | 16,5        | 28,8        |
| Outros resíduos vegetais | 3,8          | 16,1        | -2,2        | -12,0       | 3,7         |
| <b>Biomassa líquida</b>  | <b>6,9</b>   | <b>-1,1</b> | <b>2,8</b>  | <b>5,0</b>  | <b>14,2</b> |
| Caldo de Cana            | 12,9         | -11,8       | -5,4        | 3,4         | -2,5        |
| Melaço                   | 1,4          | 10,8        | -6,7        | 24,9        | 30,9        |
| Álcool anidro            | -207,3       | -100,0      |             | -442,0      | -10,9       |
| Álcool hidratado         | 35,1         | -39,8       | -189,6      | -162,2      | -54,7       |
| Lixívia                  | 13,0         | 19,6        | 13,2        | 8,7         | 66,2        |
| <b>Total biomassa</b>    | <b>5,8</b>   | <b>-0,5</b> | <b>0,4</b>  | <b>11,7</b> | <b>18,0</b> |

**Figura 1** – Emissões de CO<sub>2</sub> da biomassa não renovável utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (Mt C)


**Figura 2** – Emissões de CO<sub>2</sub> da biomassa não renovável utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (%)

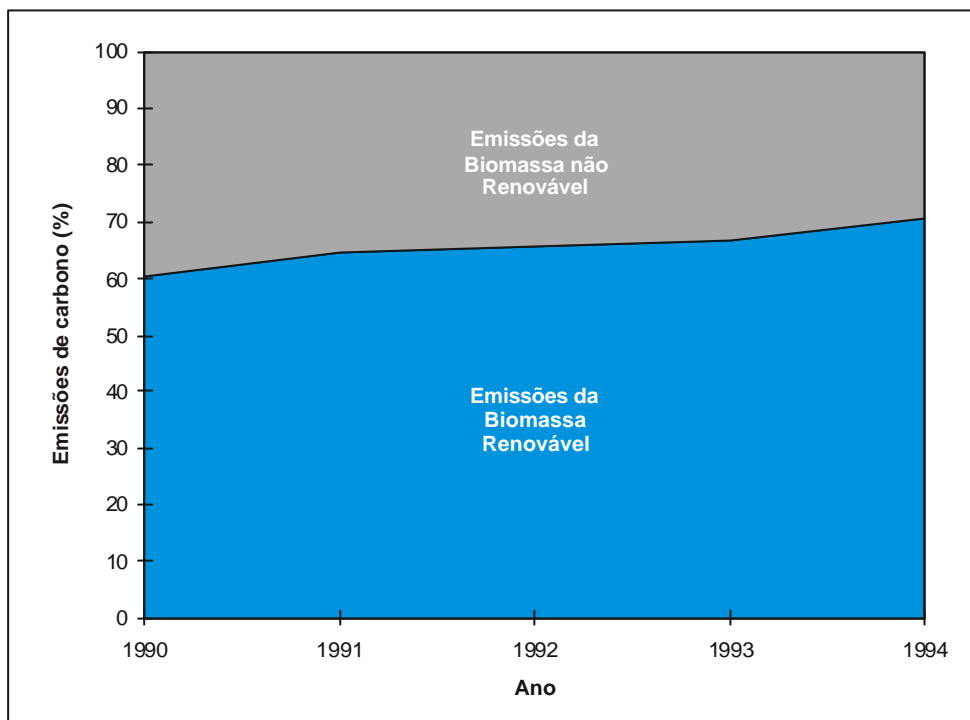


**Figura 3** – Emissões das biomassas renovável e não renovável utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (Mt C)





**Figura 4**– Emissões das biomassas renovável e não renovável utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (%)



### III - 2 Emissões Totais de CO<sub>2</sub> do Sistema Energético Brasileiro Utilizando uma Metodologia Diversa da Metodologia do IPCC

Com base nos resultados apresentados no item anterior, foram estimadas as emissões totais de CO<sub>2</sub> do sistema energético brasileiro, no período de 1990 a 1994, somando-se as emissões dos combustíveis fósseis com as emissões derivadas da biomassa não renovável. As emissões totais calculadas estão apresentadas na Tabela 6, suas variações anuais na Tabela 7 e sua evolução nas Figuras 5 e 6, em Mt C e percentual, respectivamente. Para efeito de comparação, as Tabelas 6 e 7 apresentam também os valores obtidos para as emissões brutas da biomassa. A Figura 7 compara as emissões dos combustíveis fósseis, as emissões brutas e líquidas da biomassa, as emissões totais de carbono e a oferta interna bruta total de energia do sistema energético brasileiro.

Como mostram esses dados, as emissões totais de CO<sub>2</sub> do setor energético aumentaram de 76 para 80 Mt C, no período de 1990 a 1994, sofrendo um acréscimo de 5,4% no período. Esse aumento é, portanto, inferior ao crescimento da oferta interna bruta de energia, de 13%. O crescimento das emissões se deu, em grande parte, nos anos de 1993 (2,4%) e 1994 (2,0%).

As emissões foram dominadas pela queima de combustíveis fósseis, cuja responsabilidade aumentou de cerca de 73% em 1990 para 81% das emissões em 1994.

Os resultados encontrados mostram a importância do uso da biomassa renovável no Brasil, no tocante às emissões de CO<sub>2</sub>. Conforme se pode inferir a partir da Tabela 6, caso combustíveis fósseis fossem utilizados em substituição à biomassa renovável, as emissões de carbono do sistema energético aumentariam significativamente. A Tabela 8 apresenta estimativas desse hipotético aumento das emissões dos combustíveis fósseis caso não fossem utilizadas as fontes de biomassa renovável, para os anos de 1990 a 1994. Essas estimativas adotam a hipótese de que a oferta interna bruta de energia da biomassa renovável seria substituída por igual quantidade de energia produzida a partir da mesma composição de combustíveis fósseis existente no ano de interesse. Como demonstram os resultados da Tabela 8, o aumento das emissões seria de cerca de 31 a 35%, conforme o ano.

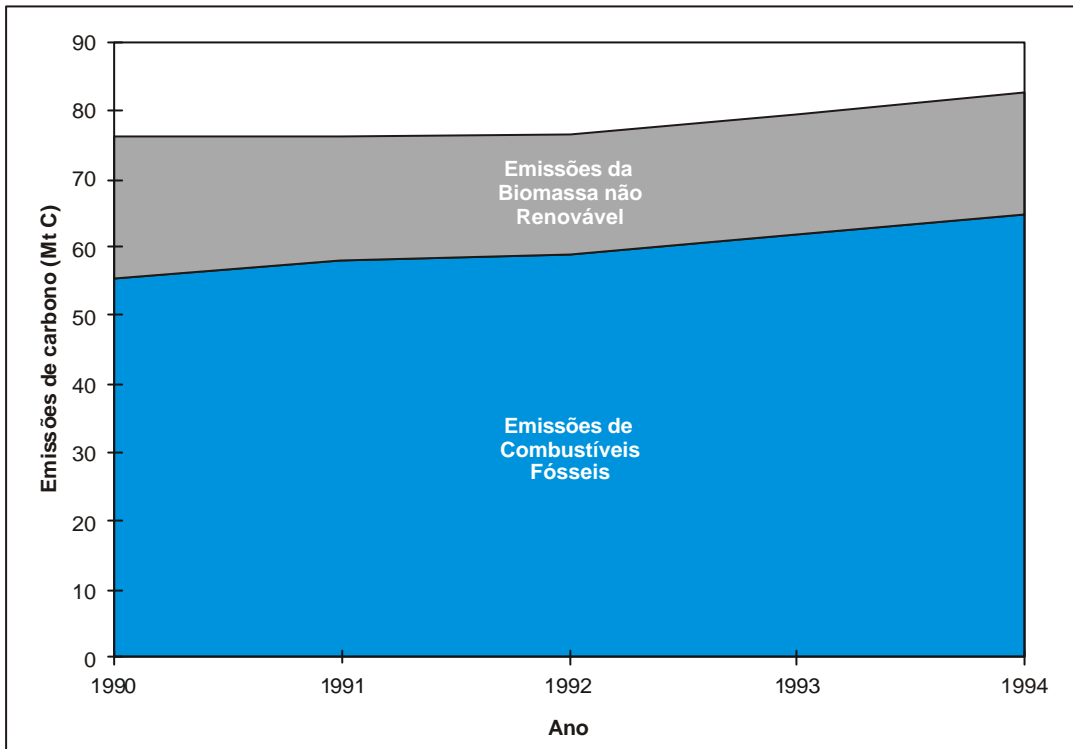
**Tabela 6** – Emissões totais de CO<sub>2</sub> do sistema energético brasileiro utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC

| EMISSIONES DE CO <sub>2</sub>                 | ANO   |     |       |     |       |     |       |     |       |     |
|---|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
|   | 1990  |     | 1991  |     | 1992  |     | 1993  |     | 1994  |     |
|   | Gg C  | %   | Gg C  | %   | Gg C  | %   | Gg C  | %   | Gg C  | %   |
| <i>Emissões brutas da biomassa</i>            | 51975 |     | 51333 |     | 50324 |     | 49848 |     | 52538 |     |
| <i>(1) Emissões de combustíveis fósseis</i>   | 53339 | 73  | 58151 | 76  | 59309 | 77  | 61737 | 79  | 64527 | 81  |
| <i>(2) Emissões da biomassa não renovável</i> | 20700 | 27  | 18256 | 24  | 17407 | 23  | 16801 | 21  | 15619 | 19  |
| <i>Emissões totais [(1) +(2)]</i>             | 76039 | 100 | 76407 | 100 | 76716 | 100 | 78538 | 100 | 80145 | 100 |

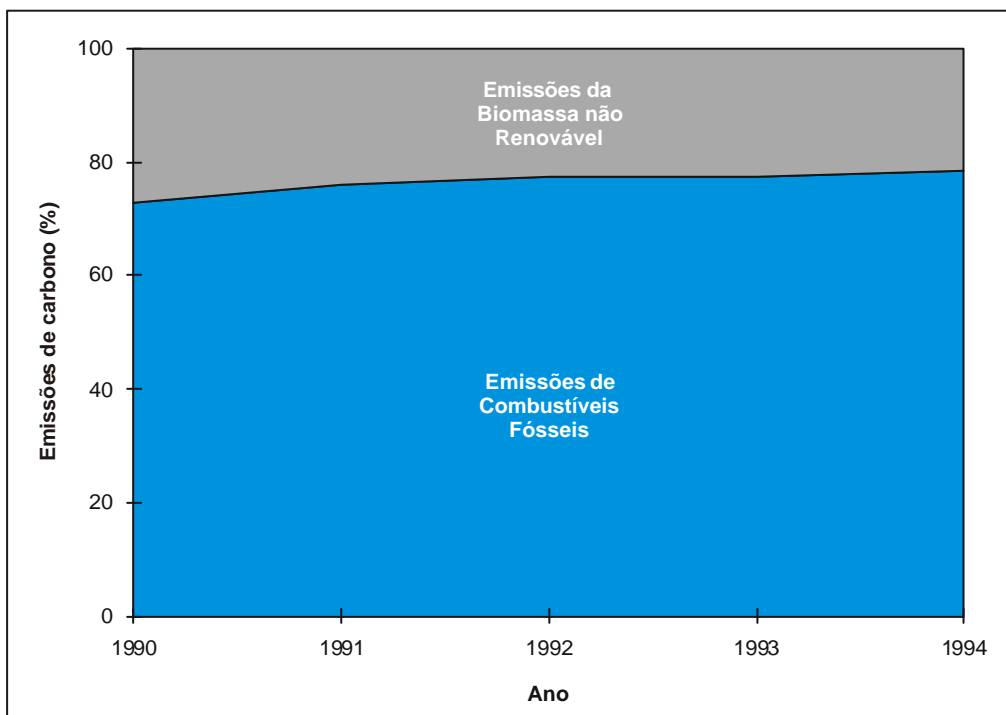
**Tabela 7** – Variação anual das emissões totais de CO<sub>2</sub> da biomassa utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC

| FONTE   | ANO         |             |             |             |             |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|   | 1990 - 1991 | 1991 - 1992 | 1992 - 1993 | 1993 - 1994 | 1990 - 1994 |
|   | Variação %  |             |             |             |             |
| <i>Emissões brutas da biomassa</i>            | -1,2        | -2,0        | -0,9        | 5,4         | 1,1         |
| <i>(1) Emissões de combustíveis fósseis</i>   | 5,1         | 2,0         | 4,1         | 4,5         | 16,6        |
| <i>(2) Emissões da biomassa não renovável</i> | -11,8       | -4,7        | -3,5        | -7,0        | -24,5       |
| <i>Emissões totais [(1) +(2)]</i>             | 0,5         | 0,4         | 2,4         | 2,0         | 5,4         |

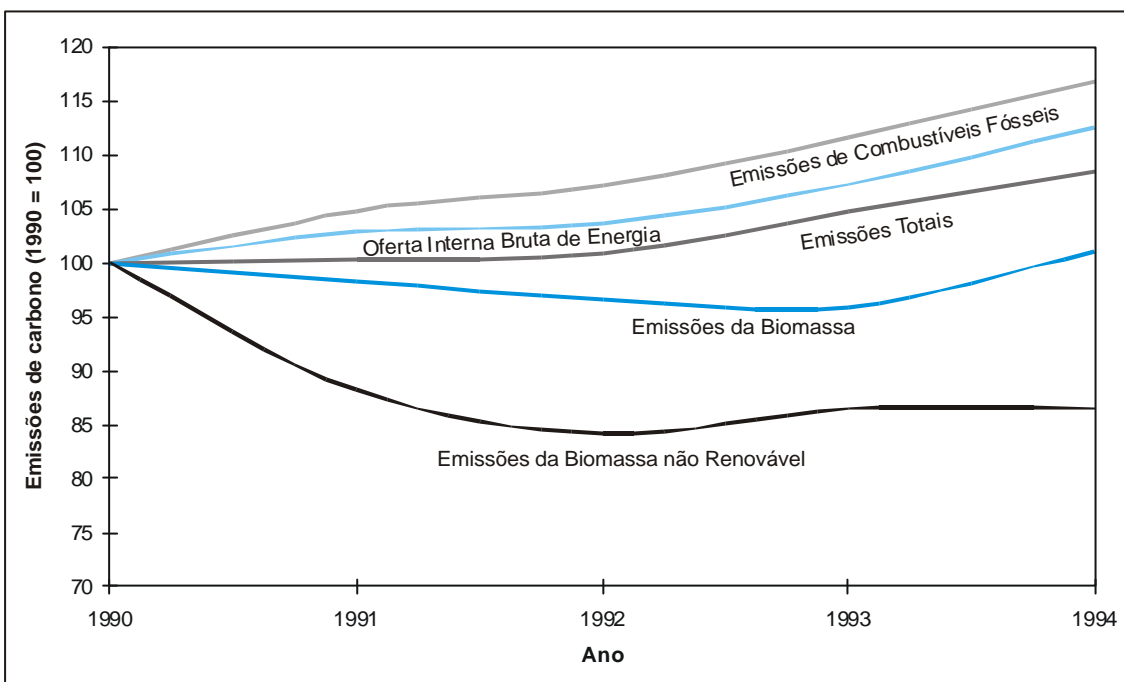
**Figura 5** – Emissões totais de CO<sub>2</sub> do sistema energético brasileiro utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (Mt C)



**Figura 6** – Emissões totais de CO<sub>2</sub> do sistema energético brasileiro utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (%)



**Figura 7** – Emissões de combustíveis fósseis, emissões da biomassa, da biomassa não renovável e totais de CO<sub>2</sub> e oferta interna bruta de energia utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC (1990 = 100)



**Tabela 8** – Estimativas do aumento das emissões de carbono de combustíveis fósseis na ausência da biomassa renovável utilizando uma metodologia diversa da metodologia do IPCC

|  | ANO    |         |         |         |         |
|--|--------|---------|---------|---------|---------|
|  | 1990   | 1991    | 1992    | 1993    | 1994    |
| (1) OIB de energia renovável (Mtep)  | 30,0   | 31,5    | 31,4    | 31,8    | 35,3    |
| (2) Emissões da biomassa renovável (Gg C)  | 31 275 | 33 077  | 32 917  | 33 047  | 36 919  |
| (3) OIB de energia não renovável (Mtep)  | 18,3   | 16,2    | 15,4    | 14,9    | 13,9    |
| (4) Emissões da biomassa não renovável (GgC)   | 20 700 | 18 256  | 17 407  | 16 801  | 15 619  |
| (5) OIB dos combustíveis fósseis (Mtep)  | 71,0   | 73,5    | 75,3    | 78,0    | 82,1    |
| (6) Emissões dos combustíveis fósseis (GgC)  | 55 339 | 58 151  | 59 309  | 61 737  | 64 527  |
| (7) Total das emissões na nova metodologia (4)+(6) (GgC)   | 76 039 | 76 407  | 76 716  | 78 538  | 80 145  |
| (8) Emissões adicionais relativas à hipotética substituição de biomassa renovável por combustíveis fósseis (6)/(5)*(1) (GgC) | 23 378 | 24 875  | 24 749  | 25 154  | 27 777  |
| (9) Emissões hipotéticas incluindo a substituição de biomassa renovável por combustíveis fósseis (7)+(8) (GgC)               | 99 417 | 101 282 | 101 465 | 103 692 | 107 923 |
| (10) Aumento das emissões devido à substituição de biomassa renovável por combustíveis fósseis (9)/(7)                       | 30,7%  | 32,6%   | 32,3%   | 32,0%   | 34,7%   |

OIB = Oferta Interna Bruta

## ANEXO IV

### Indicadores de Desempenho do Sistema Energético Brasileiro sob o Ponto de Vista das Emissões de CO<sub>2</sub>

#### Índice

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| IV - 1 Indicadores de Desempenho do Sistema Energético Brasileiro sob o Ponto de Vista das Emissões de CO <sub>2</sub> | 111           |
| IV - 2 Conclusões  | 115           |

#### Lista de Tabelas

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| TABELA 1 – Oferta interna bruta de energia, emissões de CO <sub>2</sub> , produto interno bruto e população nacionais  | 111           |
| TABELA 2 – Indicadores de desempenho para emissões de CO <sub>2</sub> do sistema energético brasileiro                 | 112           |
| TABELA 3 – Oferta interna bruta de energia, emissões de CO <sub>2</sub> , produto interno bruto e população americanos | 113           |
| TABELA 4 – Indicadores de desempenho para emissões de CO <sub>2</sub> do sistema energético americano                  | 113           |



## IV - 1 Indicadores de Desempenho do Sistema Energético Brasileiro sob o Ponto de Vista das Emissões de CO<sub>2</sub>

Os resultados apresentados até o momento permitem comparar o desempenho do sistema energético brasileiro com o de outros países, sob o ponto de vista de suas emissões de CO<sub>2</sub>. A fim de se verificar o quanto o sistema brasileiro é “carbono intensivo”, foram definidos os seguintes indicadores de desempenho:

- (i) a razão entre as emissões de CO<sub>2</sub> e a oferta interna bruta de energia;
- (ii) a razão entre as emissões de CO<sub>2</sub> e o Produto Interno Bruto (PIB);
- (iii) a razão entre as emissões de CO<sub>2</sub> e a população (emissão de CO<sub>2</sub> per capita);
- (iv) a razão entre a oferta interna bruta de energia e a população (consumo per capita); e
- (v) a razão entre o PIB e a população (renda per capita).

A Tabela 1 apresenta os dados necessários para o cálculo desses indicadores para os anos de 1990 a 1994.

**Tabela 1** – Oferta interna bruta de energia, emissões de CO<sub>2</sub>, produto interno bruto e população nacionais

| PARÂMETRO  | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  | 1994  |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Oferta interna bruta de energia (Mtep) <sup>a</sup>                            | 187,3 | 192,6 | 194,1 | 200,9 | 210,8 |
| Oferta interna bruta de energia (Mtep) <sup>b</sup>                            | 129,3 | 132,0 | 133,0 | 136,4 | 143,3 |
| Emissões totais de CO <sub>2</sub> de combustíveis fósseis (Mt C) <sup>c</sup> | 55,3  | 58,2  | 59,3  | 61,7  | 64,5  |
| Produto interno bruto <sup>d</sup> (1990 US\$ bilhões)                         | 479,2 | 481,7 | 475,9 | 497,3 | 526,2 |
| População (milhões) <sup>d</sup>   | 148,0 | 150,4 | 152,7 | 154,9 | 157,1 |

<sup>a</sup> Fonte: BEN, 1998.

<sup>b</sup> Utilizando a equivalência 1 MWh = 0,086 tep para energia hidráulica e eletricidade e 1 tep = 10.000 Mcal.

<sup>c</sup> Calculadas.

<sup>d</sup> Estatísticas da IEA, 1998.

É importante lembrar que a estrutura da oferta interna bruta de energia no Brasil é função da convenção adotada para a conversão do conteúdo energético da energia hidráulica e da eletricidade para toneladas equivalentes de petróleo (tep). A convenção adotada no Balanço Energético Nacional (BEN) é que a energia hidráulica e a hidreletricidade são contabilizadas em termos da energia fóssil que seria consumida numa termelétrica para a produção equivalente de eletricidade. Sendo assim, o BEN converte a oferta interna de energia e a hidreletricidade para toneladas equivalentes de petróleo usando a equivalência 1MWh = 0,290 tep. Nesse fator de

conversão está embutida a hipótese de que a eletricidade estaria sendo gerada numa termelétrica cuja eficiência seria de 27,5%. Deve ser acrescentado que o BEN adota a equivalência térmica de 1 tep = 10.800 Mcal ao invés de 1 tep = 10.000 Mcal, como é convencionado internacionalmente.

Se o equivalente baseado na primeira lei da termodinâmica (1MWh = 0,086 tep) e o valor de 10,000 Mcal para a tep fossem utilizados, os valores para a parte da oferta interna bruta de energia correspondente à energia hidráulica e à hidreletricidade ficariam 30% abaixo dos valores apresentados no BEN e o total da oferta interna bruta de energia reduzida em 32% (ver linhas 1 e 2 da Tabela 1).

Os indicadores selecionados encontram-se na Tabela 2.

**Tabela 2** – Indicadores de desempenho para emissões de CO<sub>2</sub> do sistema energético brasileiro

| INDICADOR DE DESEMPENHO   | ANO  |      |      |      |      |       |
|---|------|------|------|------|------|-------|
|   | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | MÉDIA |
| Emissão total de CO <sub>2</sub> /oferta interna bruta de energia (t C/tep) | 0,43 | 0,44 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,44  |
| Emissão total de CO <sub>2</sub> /PIB (t C/US\$ mil)                        | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12  |
| Emissão total de CO <sub>2</sub> per capita (t C/hab.)                      | 0,37 | 0,39 | 0,39 | 0,40 | 0,41 | 0,39  |
| Oferta interna bruta de energia/PIB (ktep/US\$)                             | 0,27 | 0,27 | 0,28 | 0,27 | 0,27 | 0,27  |
| Oferta interna bruta de energia per capita (tep/hab.)                       | 0,87 | 0,88 | 0,87 | 0,88 | 0,91 | 0,88  |
| Renda per capita (US\$ mil/hab.)  | 3,24 | 3,20 | 3,12 | 3,21 | 3,35 | 3,22  |

Visando analisar o desempenho do sistema energético brasileiro, no tocante às suas emissões de CO<sub>2</sub>, esses indicadores foram comparados com os dos EUA. A Tabela 3 apresenta os dados a partir dos quais foram calculados os indicadores americanos apresentados na Tabela 4.

Comparando-se a relação entre a emissão total de CO<sub>2</sub> e a oferta interna bruta de energia dos dois países, verifica-se que a matriz energética americana é muito mais “carbono-intensiva” do que a brasileira: a média americana é de 0,69 t C/tep, enquanto a brasileira é de 0,44 t C/tep, mostrando que o sistema americano emite, em média, 55% mais CO<sub>2</sub> por unidade de energia ofertada do que o sistema brasileiro. Para uma oferta interna bruta total de energia cerca de 15 vezes maior, o sistema energético americano emite 23 vezes mais CO<sub>2</sub>. Isso decorre de uma menor participação das fontes energéticas renováveis no sistema energético americano.



No caso da emissão de CO<sub>2</sub> per capita, os EUA apresentam cerca de 5,3 t C/hab., para uma oferta interna bruta de energia per capita de 7,8 tep, enquanto o Brasil emite aproximadamente 0,39 t C per capita, para uma oferta per capita em torno de 0,88 tep/hab. Ou seja, para uma oferta de energia per capita 9 vezes maior, a emissão per capita americana é cerca de 14 vezes maior do que a brasileira.

**Tabela 3** – Oferta interna bruta de energia, emissões de CO<sub>2</sub>, produto interno bruto e população americanos

| PARÂMETRO   | ANO    |        |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|
|   | 1990   | 1991   | 1992   | 1993   | 1994   |
| Oferta interna bruta de energia (Mtep)                            | 1925,7 | 1938,5 | 1975,5 | 2021,3 | 2058,5 |
| Emissões totais de CO <sub>2</sub> de combustíveis fósseis (Mt C) | 1329,1 | 1326,5 | 1343,1 | 1389,5 | 1416,7 |
| Produto Interno Bruto(1990 US\$ bilhões)                          | 5554,1 | 5498,5 | 5653,2 | 5788,0 | 6004,5 |
| População (milhões)   | 249,9  | 252,6  | 255,4  | 258,1  | 260,7  |

Fonte: Estatística da IEA, 1998.

**Tabela 4** – Indicadores de desempenho para emissões de CO<sub>2</sub> do sistema energético americano

| INDICADOR DE DESEMPENHO   | ANO  |      |      |      |      |       |
|---|------|------|------|------|------|-------|
|   | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | MÉDIA |
| Emissão total de CO <sub>2</sub> /oferta interna bruta de energia (t C/tep) | 0,69 | 0,68 | 0,68 | 0,69 | 0,69 | 0,69  |
| Emissão total de CO <sub>2</sub> /PIB (t C/US\$ mil)                        | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 0,24  |
| Emissão total de CO <sub>2</sub> per capita (t C/hab.)                      | 5,3  | 5,3  | 5,3  | 5,4  | 5,4  | 5,3   |
| Oferta interna bruta de energia/PIB (ktep/US\$)                             | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,34 | 0,35  |
| Oferta interna bruta de energia per capita (tep/hab.)                       | 7,7  | 7,7  | 7,7  | 7,8  | 7,9  | 7,8   |
| Renda per capita (US\$ mil/hab.)  | 22,2 | 21,8 | 22,1 | 22,4 | 23,0 | 22,3  |

Essas vantagens do Brasil certamente decorrem da maior participação relativa das fontes renováveis na sua matriz energética. No entanto, deve-se ressaltar algumas outras diferenças importantes entre os sistemas energéticos dos dois países.

Em primeiro lugar, dada a sua elevada demanda de eletricidade, os EUA há muito tempo esgotaram o seu potencial hidrelétrico, cujo montante aproveitado, entretanto, é superior à

capacidade instalada total do Brasil. Conseqüentemente, o uso de combustíveis fósseis na produção de termelétricidade nos EUA é muito significativo.

Em segundo lugar, uma parcela importante do consumo de energia fóssil nos EUA destina-se ao aquecimento, já que as baixas temperaturas são comuns durante o inverno no norte do país.

Finalmente, deve-se destacar que o baixo consumo de energia per capita brasileiro, de aproximadamente 0,88 tep/hab., longe de demonstrar um uso eficiente da energia, é resultado da falta de acesso de uma larga parcela da população a bens e serviços básicos. De qualquer forma, conforme mostram os dados das Tabelas 4 e 5, enquanto os EUA consomem cerca de 0,35 tep para produzir um dólar de PIB, o Brasil emprega 0,27 tep para produzir o mesmo valor.

## IV - 2 Conclusões

A comparação efetuada neste trabalho do desempenho dos sistemas energéticos brasileiro e americano, sob o ponto de vista de suas emissões CO<sub>2</sub>, revela as vantagens comparativas do Brasil, devido ao importante papel desempenhado pelas fontes renováveis de energia, sejam elas a biomassa energética ou a hidreletricidade. Verificou-se nessa comparação que os EUA emitem 72% mais CO<sub>2</sub> por unidade de energia ofertada do que o Brasil. A vantagem comparativa do Brasil torna-se ainda maior quando se compara as emissões de CO<sub>2</sub> per capita dos dois países: a emissão per capita americana é 14 vezes maior do que a brasileira. Esse fato, no entanto, esconde o baixo consumo de energia per capita brasileiro, de 0,88 tep/hab., ou seja, 11% do consumo per capita americano (ambos consumos medidos com base na oferta interna bruta de energia), reflexo da falta de acesso de uma larga parcela da população a bens e serviços básicos.

Adicionalmente, na comparação efetuada, verificou-se que, além de emitir menos CO<sub>2</sub> por unidade de energia ofertada, o Brasil apresenta um fator de emissão por unidade de PIB de 0,12 t C/US\$ mil, metade do valor americano de 0,24 t C/US\$ mil.

capa  
**Chivas Produções**

projeto gráfico  
**Jorge Humberto Ribeiro Jr.**