

1786447

B.I.F. - USP

**INSTITUTO
DE FÍSICA**

preprint

IFUSP/P-222

O CONSUMO DE MADEIRA NO BRASIL

por

Richard I. Brown

Instituto de Física, Universidade de São Paulo,
São Paulo, Brasil

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA
Caixa Postal - 20.516
Cidade Universitária
São Paulo - BRASIL

B.I.F. - USP

IFUSP/P 222
B.I.F. - USP

O CONSUMO DE MADEIRA NO BRASIL

Richard I. Brown

Instituto de Física, Universidade de São Paulo, S.P., Brasil
(em licença do Eisenhower College, Seneca Falls, N.Y., EUA).

INDICE

| | | |
|--------------|--|----|
| I | - Introdução | 2 |
| | A participação da energia da madeira no quadro geral | 4 |
| | Histórico do consumo de lenha (como combustível), entre 1941 e 1976 | 6 |
| II | - Discussão do uso da lenha como combustível nos diferentes setores econômicos | 10 |
| | A. O setor doméstico | 12 |
| | B. O consumo de madeira para a produção do carvão vegetal | 20 |
| | C. O consumo de lenha na agricultura e na indústria | 24 |
| | D. O uso da madeira para fins não energéticos | 28 |
| III | - As diferenças regionais nos padrões de uso da lenha como combustível | 31 |
| IV | - O preço da lenha | 43 |
| Apêndice I | - Aspectos técnicos e problemas de combustão da madeira e cálculos de consumo | 49 |
| Apêndice II | - Predizendo o passado e gerando dados | 63 |
| Apêndice III | - Recomendações e opiniões | 68 |
| Referências | | 71 |

AGRADECIMENTO: Esse estudo foi proposto pelo Prof. José Goldemberg, que também conseguiu suporte financeiro para o autor levar adiante a tarefa.

I. INTRODUÇÃO

As árvores são parte importante do suprimento de energia no Brasil, principalmente na forma de lenha para a cozinha doméstica nas áreas rurais. Embora a quantidade de lenha usada para cozinhar nas áreas urbanas seja apenas de cerca de 1/4 da usada em áreas rurais, a quantidade absoluta é ainda grande em escala nacional. Em termos de energia, a madeira para produzir carvão vem em segundo lugar de importância dentro do quadro do uso da madeira. O Brasil tem a maior produção do mundo de ferro gusa a partir do carvão vegetal. Essa indústria consome a maior quantidade do carvão vegetal brasileiro. O próximo, na ordem do consumo total de madeira, é o uso para fins não energéticos da madeira para carpintaria, papel, celulose, etc.. Os restantes usos significativos de madeira para fins energéticos, em ordem de importância, são nos setores da agricultura e da indústria. Assar o tão apreciado pão que comparamos diariamente na padaria da esquina é um exemplo do uso industrial da lenha.

Neste artigo, iremos examinar em mais detalhes a distribuição do uso da madeira, para fins energéticos ou não, nos diferentes setores econômicos e nas diferentes regiões geográficas do Brasil. Informações sobre o consumo de lenha são menos confiáveis do que as informações sobre o uso de outras fontes de energia. Tentamos examinar criticamente a metodologia subtendida nas informações disponíveis e comparar as diferentes fontes de informações.

A tabela 1 mostra o padrão de consumo de madeira de 1976, juntamente com as estimativas desse autor das incertezas sobre os dados.

TABELA 1 - O uso da Madeira no Brasil 1976

| | | 10 ⁶ m ³ | 10 ⁶ TEP | % | % |
|---|--------------------------------------|--------------------------------|---------------------|------|-------|
| Como lenha | Doméstico: Rural | 100 ± 30 | 17.8 | 50% | 34% |
| | Urbano | 30 ± 10 | 5.3 | 15 | 10 |
| | Agricultura: | 35 ± 15 | 6.2 | 18 | 12 |
| | Indústria: | 32 ± 5 | 5.7 | 16 | 11 |
| | Comércio, transp., Governo: | 2 | .4 | 1 | 1 |
| | SUBTOTAL | 200 ± 35 | 35.4 | 100% | 69% |
| Para produ- zir carvão | Para reduzir miné- rio de ferro | 33 | 5.9 | 73% | 11% |
| | Doméstico | 10 | 1.8 | 22 | 3 |
| | Industrial | 2 | .4 | 4 | 1 |
| | SUBTOTAL | 45 ± 10 | 8.0 | 100% | 15.5% |
| Para fins não energé- ticos (estimativa) | Carpintaria | 22 | 4.0 | 49% | 8% |
| | Celulose (papel) | 13 | 2.3 | 29 | 4 |
| | Produtos indus- triais da madeira | 10 | 1.7 | 22 | 3 |
| | SUBTOTAL | 45 ± 10 | 8.0 | 100% | 15.5% |
| TOTAL | | 290 ± 45 | 41 | | 100% |

Fontes: Tabela 4 e correções do Apêndice I

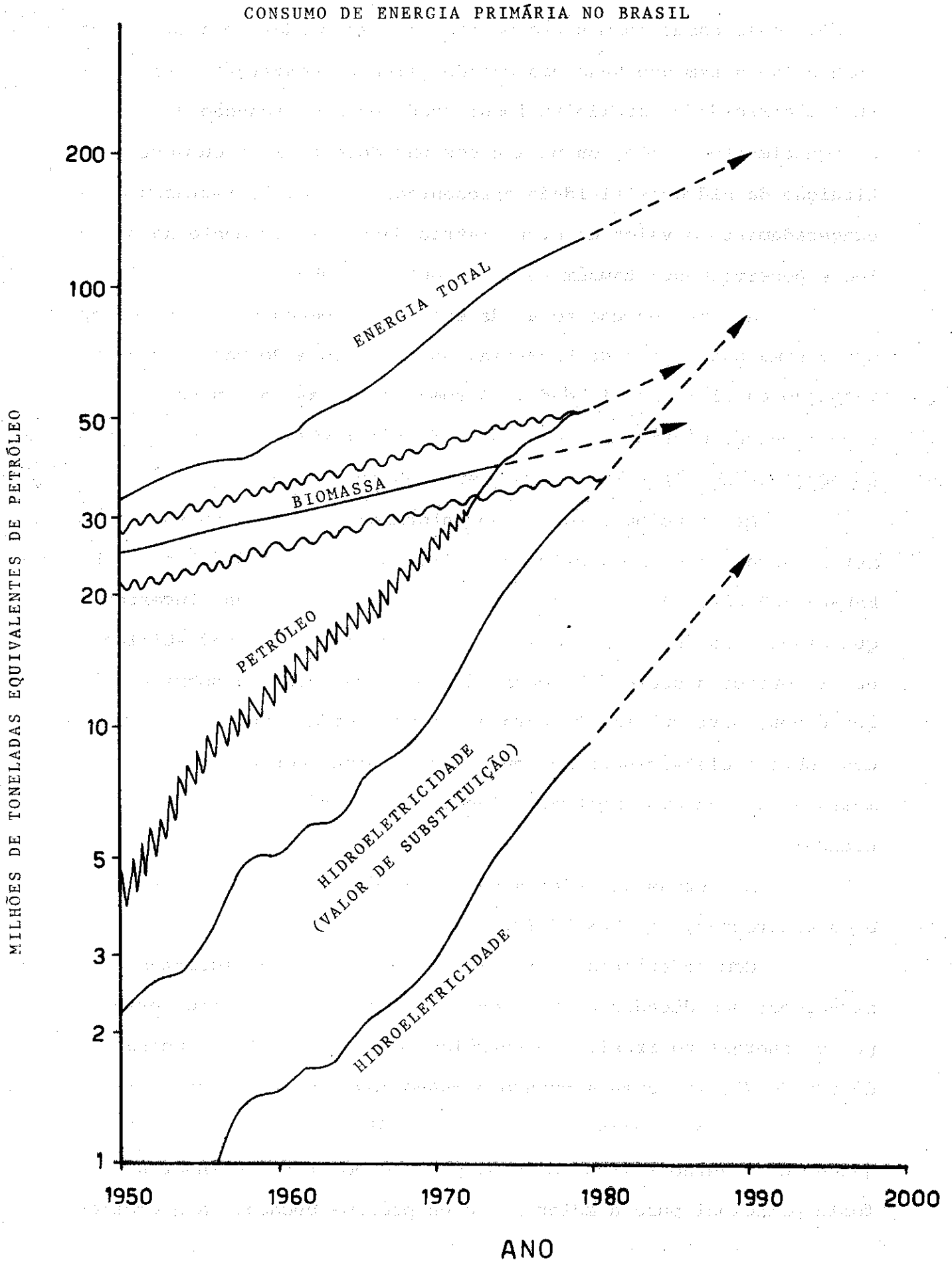
As estimativas para fins não energéticos foram obtidas aceitando-se as porcentagens dadas pelo IBDF e um volume total situado entre os valores do IBDF e do IBGE.

A Participação da Energia da Madeira no Quadro Geral de Energia

O Brasil assim como outros países em desenvolvimento possui alguns traços característicos nos seus padrões de consumo de energia. Entre esses estão: uma grande porcentagem de dependência da lenha, mudanças rápidas nos padrões de consumo e grandes contrastes dos padrões de consumo de energia entre as diferentes classes sociais.

A participação de 3 fontes principais de energia no Brasil é mostrada na fig. 1, onde os níveis de consumo são dados em Toneladas Equivalente de Petróleo (TEP). A biomassa inclui a lenha, o bagaço de cana de açúcar, o carvão vegetal e o álcool etílico derivado da cana de açúcar. Esses 4 componentes são apresentados na ordem, segundo sua contribuição relativa atual. A participação da lenha diminuiu de cerca de 90% para cerca de 70% do total da biomassa durante a escala de tempo do gráfico. O uso não energético da madeira não está incluído na curva da biomassa. O uso não energético da madeira atualmente constitui cerca de 15% do seu uso total.

A curva do petróleo inclui usos não energéticos, mas esse representa apenas 7% do total do seu uso. São apresentadas 2 curvas para a energia hidroelétrica; a curva mais baixa dá a energia real da eletricidade gerada, enquanto que a curva mais alta dá o total de petróleo que seria necessário para gerar a eletricidade real, supondo 27% de eficiência na conversão de energia (i.e., para instalações termoelétricas substituindo as instalações hidroelétricas, que dominam a produção de eletricidade no Brasil). Em outras palavras, o gráfico mais alto dá os valores de substituição da hidroeletricidade do Brasil em termos de demanda do petróleo quando da troca desta por instalações termoelétricas. A prática atual na literatura brasileira é discutir a energia elétrica em termos desse valor de substituição. Ela é apropriada quando a eletricida



de é usada para força mecânica, processos eletro-químicos e iluminação, todas essas formas não podem ser abastecidas diretamente por combustíveis sem que haja uma grande perda na conversão. Se a atual eletricidade brasileira fosse usada para a produção de vapor ou aquecimento direto, ou para a cozinha doméstica, a curva de substituição da hidroeletricidade apresentada na fig. 1, representaria exageradamente o valor da hidroeletricidade relativamente ao petróleo e possivelmente também relativamente à lenha.

A curva do uso total de energia é apenas um pouco maior que a soma das curvas da biomassa, do petróleo e do valor de substituição da hidroeletricidade. A soma de outras fontes de energia como o carvão mineral e o gás natural (não mostradas como curvas separadas na fig. 1) acrescentam apenas 5% ao total.

As principais fontes de informações sobre o consumo de energia apresentado no gráfico são Wilberg (1), BEN-78 (2) e FDTE-EPUSP-CESP (3). As larguras das curvas representam as incertezas que associamos às informações. Em termos gerais, a confiabilidade das informações sobre a biomassa é apenas razoável, a sobre petróleo é boa, particularmente para a última década. Supomos que os dados sobre a eletricidade são muito bons comparados com os da biomassa e não tentamos mostrar a incerteza no gráfico da hidroeletricidade.

As curvas tracejadas são projeções típicas da Petrobrás e da Eletrobrás, via BEN-78 (2).

Com referência à fig. 1, podemos fazer as seguintes observações: nas décadas de 50 e de 60, a lenha era a fonte principal de energia no Brasil. O petróleo se tornou fonte principal na década de 70, exatamente quando o mundo teve os primeiros sinais fortes da crise do abastecimento de petróleo. De acordo com as projeções do governo feitas em 1978, o petróleo iria continuar a ser fonte principal para a maior parte da próxima década. A hidroele-

tricidade está atualmente ultrapassando a lenha em valor de substituição de energia e provavelmente logo vai ultrapassar toda a biomassa. O consumo de eletricidade, de crescimento rápido, está projetado para ultrapassar o uso do petróleo nos fins da década de 80. A projeção da fig. 1 para a biomassa sugere que sua contribuição iria cair para menos de 25% do consumo total de energia. A participação da lenha seria, talvez, 15%. Essa pequena participação em termos estritamente energéticos não deve ser vista como indicando a importância total do consumo de lenha em termos econômicos e muito menos em termos de valores sociais ou implicações ecológicas. Retomaremos esse problema mais adiante.

Histórico do Consumo da Lenha entre 1941 e 1976

Nesse período, vemos um rápido crescimento da população, mas também uma urbanização muito rápida, a qual diminuiu o crescimento da população rural. Assim sendo, o uso rural da lenha deveria ter aumentado lentamente. Com o crescimento urbano selvagem, houve uma rápida introdução concomitante do gás liquefeito de petróleo (GLP) como o combustível principal para a cozinha urbana (veja a tabela 5 adiante). Consequentemente, o uso urbano da lenha para cozinhar talvez não tenha aumentado nada. Assim também, na indústria tem havido grandes mudanças no consumo de lenha já que a maioria das novas indústrias operam com óleo combustível ao invés de lenha. Por outro lado, tem havido um desenvolvimento substancial na indústria de ferro gusa baseada no carvão vegetal no estado de Minas Gerais. Também os usos não energéticos da madeira estão crescendo rapidamente.

Porém, em contrapartida, desde que os primeiros usos mencionados da madeira eram e ainda continuam sendo os maiores usos, o aumento líquido no consumo de madeira foi pequeno em comparação com outras fontes de energia, como fica dramaticamente evidente na fig.

1. Parece que os dados básicos são inadequados para documentar essas transições, sem que haja uma considerável incerteza residual. Um problema é a consistência das unidades e a tarefa inerentemente difícil de se medir as propriedades técnicas da madeira. Outro problema é na metodologia e na falta de estimativas sobre as incertezas. Esses problemas são tratados no Apêndice I.

TABELA 2

Problemas na equiparação dos dados anteriores a 1970

| Unidades | 1941 | 1950 | 1960 | 1976 |
|---|------|-----------|------|-----------|
| Uso da madeira como combustível ($10^6 m^3$) (incl. carvão vegetal) | 97 | 90 | 111 | 250 |
| % da energia total | 75 | 60 (A) | 42 | 24 (B) |
| População (C) - milhões | 42 | 52 | 70 | 110 |
| Uso da madeira como combustível per capita (D) m^3 /cap | 2.1 | 1.6 | 1.6 | 2.3 |

Fontes:

(A) Wilberg

(B) veja tabela 4

(C) Anuário Estatístico 1978 IBGE (1)

(D) Consistente com a referência (5), pg.136 MA-IBDF-COPLAN
Persp. e Tend. 8, vol. 2 (1977)

Se se usa uma versão simplificada da metodologia da Matriz Energética Brasileira (MEB) de 1970, para se estimar o consumo doméstico da lenha para 1940 com base no tamanho das populações urbana e rural e taxas de consumo essencialmente inalteradas por domicílio, se chega a cerca de $3,0 m^3$ /capita como média do consumo bra

sileiro per capita (veja apêndice II sobre projeções do consumo de madeira do passado). Essa taxa é substancialmente mais alta que o resultado da tabela 2, deduzidas das informações de Wilberg. O valor mais alto resultante do modelo razoavelmente simples é consistente com nossa noção intuitiva que com a rápida urbanização deve ter havido um declínio substancial do uso da madeira per capita. Entretanto, as informações da tabela 2 podem sugerir um aumento no uso de madeira per capita.

Há também problemas com as informações pós 1970. O Anuário Estatístico do IBGE de 1978 foi publicado em janeiro de 1980. Ele dá valores substancialmente diferentes dos do Balanço de Energia de 1978, do Ministério da Minas e Energia (BEN-78-MME), veja a tabela 3 abaixo. Além disso, o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) publica frequentemente dados que não são concordantes com outros dados do próprio IBDF e também com as outras fontes citadas.

Os dados sobre a lenha dados pelo IBGE estão apresentados como sendo produção, a qual talvez seja apenas produção comercial. Nesse caso, porém, usando as porcentagens dadas pelo IBGE para a lenha obtida fora do mercado (veja seção IV), não há boa concordância nos níveis regionais. Os valores nacionais dados pelo IBGE para a produção de lenha devem estar próximos de representar a parte comercial do consumo de lenha estimado pelo BEN.

A discussão acima não se aplica às discrepâncias mostradas na tabela 3 para a madeira usada na produção de carvão e para usos não energéticos.

TABELA 3

Discrepâncias nas tabelas de dados publicadas que o autor não conseguiu resolver em termos das informações dadas

| <u>Lenha queimada diretamente para calor</u> | | | | | | | | | |
|--|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | Unidades (A) | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 |
| BEN-78-MME concorda com | | | | | | | | | |
| FINEP (6) | $10^6 m^3$ | 201 | 202 | 189 | 186 | 198 | 206 | 227 | 223 |
| IBGE | | | | | | | | | |
| Anuários (4) | $10^6 m^3$ | 135 | 129 | | 133 | 139 | 152 | 156 | |
| <u>Madeira usada para produzir carvão</u> | | | | | | | | | |
| | Unidades (A) | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 |
| BEN-78-MME concorda com | | | | | | | | | |
| FINEP (6) | (B) $10^6 m^3$ | 24 | 26 | 29 | 30 | 36 | 41 | 45 | 36 |
| | $10^6 tons$ | 2.4 | 2.6 | 2.9 | 3.0 | 4.0 | 4.6 | 5.0 | 4.0 |
| IBGE | (B) $10^6 ton$ | | | | 2.2 | 2.8 | 3.4 | (C) | |
| Anuários (4) | | | | | | | 2.9 | 2.8 | |
| <u>Madeira industrial (uso não energético)</u> | | | | | | | | | |
| | Unidades (A) | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 |
| IBDF/COPLAN | $10^6 m^3$ | | | | | | 28 | 31 | 36 |
| IBGE | $10^6 m^3$ | | | | 37 | 44 | 50 | 55 | 61(D) |

(A) Toneladas de TEP convertidas para m^3 usando o fator de conversão dados nas Fontes

(B) Toneladas de carvão vegetal

(C) Séries descontínuas nos Anuários consecutivos de 1977 a 1978, sem explicação.

(D) Dados de 1977 do IBGE para plantações: $28Mm^3$ em 1976.

Não foram fornecidas informações para florestas nativas. O autor acrescentou $33Mm^3$ na suposição de que a produção das florestas nativas foi a mesma que a dada para 1976. A tendência no passado era de um aumento lento.

II. DISCUSSÃO DO USO DE LENHA NOS DIFERENTES SETORES ECONÔMICOS

A principal base para informações sobre o consumo de energia no Brasil é a Matriz Energética Brasileira-1970 (MEB-80) (8), (9), que foi elaborada no período de 1971 a 1973. As informações do censo de 1970 foram usadas na Matriz, mas também foram feitos levantamentos de amostragens especiais para testar e complementar as informações do censo. O consumo de diferentes formas de energia nos diferentes setores econômicos foi tabulado. Essa informação existe tanto para as regiões como também para o país como um todo. As taxas de mudança do consumo de formas específicas de energia nos diferentes setores por região foram calculadas, assim como também os chamados coeficientes técnicos que dão a quantidade de energia necessária para a produção de uma determinada unidade de bem ou serviço (e.g., a quantidade de lenha usada para a produção de um tijolo).

Projeções do consumo de energia foram feitas para intervalos de 1 ano até 1975 e daí, para os anos de 1980 e 1985, usando um modelo envolvendo os vários parâmetros mencionados acima, projeções de população e outros fatores, como a substituição. O Balanço Anual de Energia, publicado pelo MME, depende muito da Matriz. Infelizmente, o projeto MEB-70 não foi mantido depois de 1973.

Recentemente, a FINEP (6) publicou tabelas derivadas da MEB, dando o consumo de energia em unidades de toneladas equivalente de petróleo (TEP) para cada ano entre 1967 e 1977 e uma projeção para 1990.

A tabela 4 mostra as informações básicas do MEB-70 para lenha e para carvão vegetal, para 1970. Então para efeitos de comparação, também mostramos as informações para 1975 e 1976, que são obtidas em parte do MEB-70. A concordância entre elas é geralmente mais ou menos boa, apesar que em alguns pontos para indústrias específicas, existem grandes discrepâncias. Como já foi observado anteriormente e mostrado na tabela 3, há uma grande diferença entre os números dependentes do MEB-70 e os publicados pelo IBGE.

TABELA 4 - Comparação do Consumo de Lenha e de Carvão Vegetal nos Setores Econômicos.

| | 1970 | | | | 1975 | | | | 1976 | | | | | | | |
|---|--|------|----------|------|-------|-----|---------|-----|--|------|---------|-----|-------|-----|--------|--|
| | MEB | | FDTE | | MEB | | MEB | | MEB | | MEB | | | | | |
| | MME | IPEA | EPUSP | CESP | BUSSE | (A) | FINEP | (B) | MME | IPEA | BUSSE | (A) | FINEP | (B) | | |
| | Lenha em 10 ⁶ m ³ (Sólido) | | | | | | | | Carvão em 10 ³ t (Métricas) | | | | | | | |
| Produção total para energia | 226. | | 247. | | 226. | | 285. | | 2253 | | 4410 | | 4101 | | 5006 | |
| Produção para fins não-energéticos | | | 32 (C) | | | | 51 (D) | | 107 | | | | 10 | | | |
| Madeira para produzir carvão | 28. | | 40. | | 33. | | 57. | | | | | | | | | |
| Consumo por setores | 198. | | 207. | | 193. | | 228. | | 2253 | | 4410 | | 4101 | | 5006 | |
| (Setor primário) Agricultura | 28. | | 145. (E) | | 30. | | 37. | | | | 129 (E) | | | | | |
| Mineração | .07 | | 17. | | | | | | 17 | | | | | | | |
| Transformação de minerais não metálicos | 8.9 | | 9.2 | | 9.9 | | (F) | | 17 | | 29 | | | | (F) | |
| Ferro e aço | .01 | | .03 | | | | | | 1689 | | 3664 | | 3478 | | 3320 | |
| Outras metalurgias | .4 | | 1.1 | | | | .5 | | 16 | | 23 | | 33 | | 48 | |
| Máquinas e equip. de transporte | .01 | | .08 | | .01 | | | | 5 | | 13 | | | | | |
| Produtos Químicos | .7 | | 1.9 | | .8 | | 1. | | | | 2 | | | | | |
| Texteis | 1.5 | | 1.5 | | 1.3 | | 2. | | | | 2 | | | | | |
| Papel, celulose e prod. de madeira | 3.2 | | 3.3 | | 4.6 | | 4. | | | | | | | | | |
| Produtos alimentares | 10.2 | | 10.6 | | 12.1 | | 14. | | 1 | | 12 | | | | | |
| Outras indústrias | .8 | | 1.3 | | .1 | | (F) 13. | | 1 | | | | | | (F) 52 | |
| Construção civil | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (Setor Secundário) Subtotal | 25.9 | | 28.2 | | 29.7 | | 34. | | 1744 | | 3745 | | 3511 | | 3420 | |
| Transporte | .3 | | .2 | | | | .2 | | | | | | | | | |
| Comércio e serviços | 1.1 | | 1.1 | | 1.2 | | 1.5 | | 3 | | 25 | | 3 | | | |
| (Setor terciário) Subtotal | 1.4 | | 1.3 | | 1.2 | | 1.7 | | 3 | | 25 | | 3 | | | |
| Governo e serviços públicos | .09 | | 0.9 | | .17 | | .1 | | | | | | 4 | | | |
| Urbano doméstico | 30.5 | | 31.3 | | 29.3 | | 33. | | 355 | | | | 426 | | 1076 | |
| Rural doméstico | 112. | | (E) | | 102. | | 120. | | 151 | | (E) | | 167 | | 457 | |
| (Setor doméstico) Subtotal | 142. | | | | 131. | | 154. | | 506 | | 510 | | 593 | | 1533 | |

(A) Referência (20) A. Busse. Comunicação pessoal.

(B) Dados da FINEP foram convertidas de TEP para m³ usando o coeficiente dado pelo MME e usado pela FINEP.

(C) IBDF referência (16).

(D) IBGE Anuário Estatístico 1978.

(E) FDTE inclui fogões domésticos rurais com agricultura.

(F) FINEP coloca um sub-setor adicional dentro de outras categorias de indústria.

A. O setor doméstico

A lenha é usada para o preparo de alimentos por cerca de 1/3 da população brasileira. Nas duas últimas décadas, o GLP (gás liquefeito de petróleo) tomou rapidamente o lugar da lenha nas áreas urbanas e até mesmo em algumas áreas rurais. A tabela 5 mostra, porém, que em 1976, os fogões a lenha eram ainda em número maior que os fogões a GLP, na proporção de 4 para 1 nas áreas rurais, mas nas áreas urbanas os fogões a GLP eram mais numerosos, na proporção de 7 para 1. Apesar da importância relativa da lenha ter declinado, os preços crescentes do óleo e outras condições socioeconômicas, parecem determinar que a lenha continuará a ser a única opção para um grande número de pessoas, particularmente nas áreas rurais. Como mostrado em outro estudo (10), a lenha usada na cozinha representa uma grande parte (30% ou mais no Brasil) dos gastos energéticos totais para a maioria dos habitantes da zona rural. Isso significa que o consumo doméstico de lenha que é o maior componente do uso total da madeira no Brasil (veja tabela 1), é de maior importância social, apesar da pequena participação das rendas da lenha no balanço nacional (veja tabela 25, na seção IV). Além de ser o maior componente do uso da madeira, o consumo da lenha doméstica é também medido com pouca precisão. O problema da medida começa com as unidades (veja apêndice I).

A lenha é medida em pilhas soltas em m^3 chamado "stères", ou m^3st , mas frequentemente apenas chamada de m^3 . Um m^3st corresponde a cerca de .2 a .8 m^3 sólidos, dependendo se se trata de pequenos ramos tortos empilhados irregularmente, ou se são pedaços longos e retos (cortados exatamente com 1 m de comprimento) e bem empilhados. Um segundo problema com a medida, é que a madeira, substância que é medida, varia intrinsecamente de densidade, calor de combustão, umidade e forma geométrica, dependendo da espécie.

TABELA 5

Fogões de cozinha no Brasil

Milhões de domicílios com dado tipo de fogão

| Tipo de combustível | 1960 | | 1970 | | 1976 | |
|-----------------------------|--------|--------------|--------|-------|--------|-------|
| | URBANO | (c) RURAL | URBANO | RURAL | URBANO | RURAL |
| Lenha | 3.2 | 5.8 | 2.1 | 5.8 | 1.65 | 4.9 |
| Sem fogão | | 1.0 | .4 | 1.0 | .35 | .9 |
| Carvão vegetal | .7 | .1 | .55 | .14 | .53 | .22 |
| GLP e gás e eletricidade | 2.4 | .1 | 7.3 | .4 | 12.0 | 1.3 |
| Outros | .4 | | .1 | | | |
| TOTAL | 6.6 | 7. | 10.5 | 7.3 | 14.5 | 7.3 |

Fonte: IBGE: Anuário e

Relatório Preliminar Global MEB, DT-GE.84; DT-GE.89

(e) estimativas baseadas no número total de domicílios rurais e ten
dências

Um terceiro problema é que uma grande quantidade de lenha é obtida por transações fora do mercado, ou por vendas sem os recibos legais.

Nos documentos da MEB-70 (11) estão os resultados das amostragens que supostamente cobriram 0,1% de todos os domicílios e que foram testadas em sua validade estatística. A tabela 6 mostra os resultados convertidos para m³sólido, assumindo 0,7 como fator de conversão do m³solto ("Stère"). Supomos uma incerteza de 20% nesses resultados devido justamente ao problema de não se saber o valor médio para esse fator na prática. Na coluna B da tabela 6 es

tão incluídos domicílios sem fogão juntamente com domicílios com fogão a lenha. Isso é razoável para o modelo, já que a fração é pequena (16%) e a madeira seria queimada em fogueira aberta nesses domicílios. Também essa inclusão tenderia a compensar a madeira queimada nos fogões daquelas famílias das quais o fogão principal é o de GLP, mas que também usam alguma madeira. Tal consumo de madeira não seria contado de outra forma em um modelo simples. As pesquisas da MEB-70 tentaram coletar informações sobre o consumo doméstico de madeira em função da renda familiar e daí construir o consumo total de madeira, em cima de um modelo mais elaborado. Examinamos seus resultados para 1970 e encontramos uma boa concordância, simplesmente multiplicando-se o número de fogões pelo consumo por fogão.

De acordo com a pesquisa MEB-70, o consumo rural médio de lenha por família, que usa basicamente lenha, é de cerca de $16\text{m}^3/\text{domicílio}$, com variações entre 15 e $22\text{m}^3/\text{domicílio}$. As regiões geográficas são grandes demais, não mostrando as variações que provavelmente existem nas regiões, dependendo da disponibilidade de árvores e das condições econômicas e sociais. A tabela 16, mostrando a produção por estado, dá alguma indicação da variação que muito provavelmente existe no consumo.

Os consultores do projeto MEB calculam que a faixa de variação provável é de $10\text{-}20\text{m}^3/\text{domicílio}$. Entre nossos esforços informais para se ter uma idéia dessa situação e o ouvir falar, encontramos uma variação de $8\text{-}28\text{m}^3/\text{domicílio}$ em regiões onde havia acesso ilimitado à madeira. A cifra de $8\text{m}^3/\text{domicílio}$ era para residências de 4 adultos onde a lenha predominava, mas onde o GLP também era usado.

TABELA 6 - Consumo Doméstico de Lenha por Região: 1970

| | R U R A L | | | | U R B A N O | | | |
|------------------|------------------------------|---|---|---|------------------------------|---|---|---|
| | A Domicílios (milhões) | B Domicílios com fogão a lenha (milhões) | C Consumo de lenha por domicílio com fogão | D Produto de B X C: Consumo doméstico de lenha (10 ⁶ m ³) | A Domicílios (milhões) | B Domicílios com fogão a lenha (milhões) | C Consumo de lenha por domicílio com fogão | D Produto de B X C: Consumo doméstico de lenha (10 ⁶ m ³) |
| 1970 | | | | | | | | |
| NORTE | .33 | .26 | 21.8 $\frac{m^3}{dom.}$ | 5.7 | .26 | .05 | 20.5 $\frac{m^3}{dom.}$ | 1.0 |
| NORDESTE | 3.09 | 2.9 | 14.6 " | 42.3 | 2.19 | .73 | 12.3 " | 9.0 |
| SUDESTE | 2.04 | 1.9 | 15.9 " | 30.2 | 6.09 | .92 | 11.8 " | 10.9 |
| SUL | 1.66 | 1.6 | 16.2 | 25.9 | 1.48 | .61 | 11.3 " | 6.9 |
| CENTRO- OESTE | .50 | .49 | 17.9 | 8.8 | .46 | .19 | 13.5 " | 2.6 |
| BRASIL | 7.62 | 7.08 | 15.6 $\frac{m^3}{dom.}$ | 113. | 10.5 | 2.51 | 12.2 $\frac{m^3}{dom.}$ | 30.4 |

Fonte: MEB-70, DT-GS-78 2/2/73, IBGE Anuário 78. C = Resultados de pesquisa estatística.

Os valores 10-20m³/domicílio correspondem a cerca de 2-4m³/capita, apenas para a cozinha doméstica. Os valores da tabela 6 levam a uma média nacional de cerca de 2,6m³/capita para aquelas pessoas cuja comida é cozida a lenha.

A média nacional do consumo total de madeira é mais ou menos a mesma já que apenas cerca da metade das pessoas tem sua comida cozida a lenha; a lenha doméstica constitui apenas cerca de 1/2 do consumo total de madeira (tabela 1).

As tabelas 7 e 8 dão os parâmetros regionais para o consumo de lenha separadamente para as áreas rural e urbana.

Existe no geral uma forte anti correlação entre a dependência da lenha e o grau de urbanização e o nível de renda. Também se nota que as diferenças são maiores entre as regiões.

A tabela 9 mostra o orçamento energético para vários vilarejos rurais em várias partes do mundo e também uma comparação com o Brasil e com os EUA. Dois dos lugarejos mostram decididamente um consumo maior per capita do que a média brasileira. Eles se localizam em regiões muito frias ou frias, com menor grau de desenvolvimento econômico. Muitas das taxas per capita do uso de lenha mostradas na tabela são semelhantes às do Brasil (1,3 a 1,7m³/capita), apesar que somente as vilas do norte do México mostram evidências de um nível semelhante de atividade econômica, em termos de sua taxa de utilização das assim chamadas energias comerciais. As condições dos vilarejos da Índia não parecem compatíveis em nenhuma escala significativa com o Brasil, mas talvez representem algum tipo de extremo na escala do uso da madeira. As cifras americanas de 1870 representam o outro extremo da alta taxa de uso. Os EUA eram, então, 75% rurais e o aquecimento das casas era o maior uso final da energia. Talvez no máximo 1/4 ou cerca de 2m³/capita do uso da madeira como combustível em 1870 era para a indústria. O que por si só é semelhante à taxa total da madeira nos atuais países em desenvolvimento, nos quais, porém, o maior uso é para a cozinha doméstica.

TABELA 7 - Fogões na Região Rural - 1970

Distribuição percentual dos fogões por tipo de combustível e por renda per capita em diferentes regiões-padrão de estatística.

| REGIÃO | % dos domicílios rurais usando combustível | | % lenha e carvão de todos os domicílios (rural e urbano) | % dos domicílios rurais sobre o total de domicílios | Renda rural per capita cruzeiros de 1970 |
|----------|--|------|--|---|--|
| | lenha e carvão | GLP | | | |
| N - I | 91,6 | 6,7 | 51,2 | 54,8 | 320 |
| NE - II | 98,3 | 1,6 | 73,2 | 40,8 | 310 |
| NE - III | 98,2 | 1,8 | 52,5 | 54,0 | 510 |
| NE - IV | 97,7 | 2,2 | 57,1 | 58,0 | 500 |
| SE - V | 97,5 | 2,4 | 46,6 | 48,0 | 680 |
| SE - VI | 65,7 | 31,6 | 6,7 | 12,0 | 1090 |
| SE - VII | 78,4 | 21,5 | 14,2 | 19,6 | 1620 |
| S - VIII | 97,0 | 2,9 | 59,9 | 63,6 | 820 |
| S - IX | 95,8 | 4,1 | 44,5 | 49,5 | 1050 |
| CO - X | 98,3 | 1,6 | 51,5 | 51,8 | 850 |

Fonte: MEB-70, DT-GE.89 8/2/73.

TABELA 8 - Fogões na Região Urbana - 1970

Distribuição percentual dos fogões por tipo de combustível e por renda per capita.

| REGIÃO | % dos domicílios urbanos usando combustível | | % População urbana | Renda urbana per capita (cruzeiros de 1970) | % da população urbana empregada com renda inferior a 100 cruzeiros |
|----------|---|-----|--------------------|---|--|
| | Lenha e Carvão | GLP | | | |
| N - I | 41* | 58 | 45 | 1310 | 22 |
| N - II | 71* | 29 | 28 | 820 | 55 |
| NE - III | 56* | 43 | 46 | 990 | 57 |
| NE - IV | 50* | 46 | 42 | 1130 | 46 |
| SE - V | 47 | 53 | 52 | 1620 | 44 |
| SE - VI | 4,5 | 76 | 88 | 2640 | 13 |
| SE - VII | 8,8 | 88 | 80 | 2920 | 16 |
| S - VIII | 39 | 60 | 36 | 1830 | 23 |
| S - IX | 42 | 57 | 50 | 2060 | 20 |
| CW - X | 42 | 57 | 48 | 990 | 30 |

* Geralmente cerca de 20% dos fogões nessas regiões usavam carvão, enquanto que seu uso era quase 0 em outras regiões. 17% dos fogões nessa região (Rio) usavam gás de rua em 1970. Em todas as outras regiões, o uso do gás de rua era zero ou muito pequeno.

Fonte: MEB-70 DT-GE.84 17/01/73

TABELA 9 - Orçamentos Energéticos para Vilarejos Rurais Protótipos em MKCAL/capita e Uso da Lenha como Combustível em M³/capita.

| Por volta de 1975 | Energia Humana | Tração Animal | Energia Comercial | Combustíveis Orgânicos | Parte do combustível orgânico que é lenha | Energia Total | Lenha como % da energia total | Consumo de lenha em m ³ por caplt | Comentários |
|-----------------------|----------------|---------------|--------------------|------------------------|---|---------------|-------------------------------|--|---|
| Bihar Índia | .75 | 1.88 | 0.4 | 1.00 | (.25) | 3.7 | 7% | .11 | quente, pobre e pouca madeira |
| Nordeste da Nigéria | .71 | .18 | 0.3 | 3.75 | (3.75) | 4.7 | 80% | 1.6 | quente, com muita madeira |
| Planalto da Tanzânia | .75 | - | - | 5.50 | (5.50) | 6.2 | 89% | 2.4 | terras altas frias |
| E Hunon China | .75 | 1.25 | .87 | 5.00 | (4.) ⁺ | 1.9 | 50% | 1.7 | alguma interação com economia desenvolvida |
| Andes Boli-vianos | .83 | 2.50 | - | 8.33 | (8.33) | 11.7 | 71% | 3.6 | frio, com muita madeira |
| Nordeste do México | .89 | 1.78 | 9.19 | 3.57 | (3.) ⁺ | 15.4 | 20% | 1.3 | Participação ativa na economia em desenvolvimento |
| Brasil | .85 | - | 7.6 | 3.9 | 3.5 ⁺ | 12.3 | 28% | 1.5 | Valores energéticos desse estudo |
| EUA ⁺ 1870 | .95 | 3. | 7. ⁺⁺⁺⁺ | - | 18. ⁺⁺⁺ | 29. | 62% | 7.8 | Clima frio, muita madeira carvão maior combustível industrial |
| EUA ⁺ 1976 | 1.05 | .05 | 90. | 2.0 | 1.9 ⁺⁺⁺ | 94. | 2% | .8 | Madeira tem papel bem secundário |

Fonte: Makhajani e Poole (Ref. 15)

+ Estimativas desse autor

++ A FAO usa 4,6 kcal/g, que corresponde a 0% de umidade. Supondo 0,5 t/m³ de madeira seca que produziria alguma energia, como dado na tabela. Esse procedimento produz cerca de 30% menos volume de madeira do que o procedimento descrito no Apêndice I, que usou 25% de teor de umidade como padrão e também um valor mais baixo da densidade da madeira seca.

+++ Tillman

++++ A termillogia energia comercial não separa com acuidade o carvão mineral da madeira nos EUA antes de 1870, já que a madeira era um produto comercial importante para a indústria. Mas, segundo a convenção atual, apenas os combustíveis fósseis (nesse caso quase exclusivamente carvão mineral) foram incluídos sob o nome de energia comercial.

Fica claro da tabela 9 que o consumo de combustível de ma deira em uma sociedade depende muito da geografia e da história. Porém, as diferenças nos processos de cálculo e o desconhecimento da confiabilidade da informação exige uma tentativa de análise das di-
ferenças entre os países no que diz respeito aos padrões de uso do combustível de madeira. Observe, por ex., que a tabela 9 é deduzi-
da de informações da FAO (FAO é Food and Agriculture Organization, ou, Organização para Alimentos e Agricultura, das Nações Unidas), as quais são baseadas no calor de combustão da madeira com 0% de teor de umidade, enquanto que a convenção brasileira, usada nesse artigo, é baseada no calor de combustão da madeira, com um teor de umidade de aproximadamente 25%. Também são supostas diferenças de densidade da madeira seca.

B. O consumo de madeira para a produção de carvão vegetal

Cerca de 40 a 50 milhões de m³(sólidos) de madeira fo-
ram convertidos em carvão no Brasil, em 1976. A maior parte dessa conversão ocorreu no estado de Minas Gerais, para o uso na redução de minério de ferro para fazer ferro gusa. A tabela 4 mostra as estimativas do MEB-70 sobre uso do carvão vegetal nos diferentes setores. Os vários estudos não são muito concordantes a nível dos setores individuais. Com base nessas informações, fizemos uma suposição sobre a distribuição do uso de carvão vegetal para 1976. Nossa suposição é apresentada na tabela 10.

TABELA 10 - Distribuição Estimada do Consumo de Carvão no Brasil em 1976

| | | |
|---|------------------------|-------------|
| Produção de ferro gusa (mais uso muito pequeno em outras metalurgias) | 3,5 toneladas | 81% |
| Uso doméstico (cozinha) | 0,6 | 14% |
| Usos energéticos industriais | 0,1 | 5% |
| Usos não energéticos | 0,1 | |
| | <u>4,3 M toneladas</u> | <u>100%</u> |

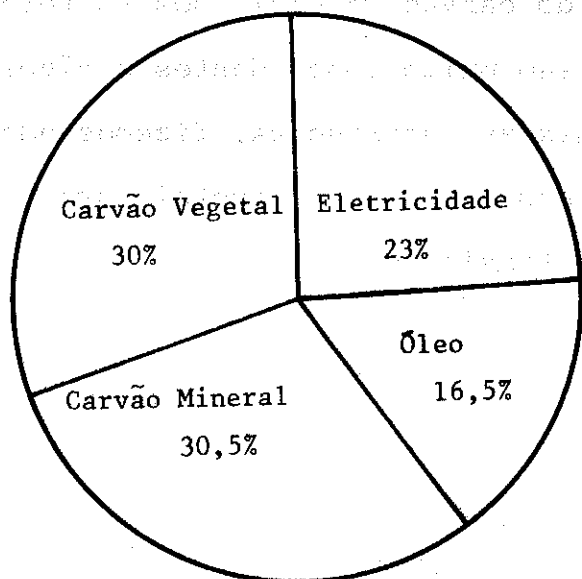
Já que a maioria das indústrias de ferro gusa baseadas no carvão vegetal estão no estado de Minas Gerais, talvez 75% da produção e do consumo de carvão também aconteçam nesse estado.

A tabela 11 mostra a dependência relativa da indústria brasileira de ferro e aço do carvão.

TABELA 11 - Uso de Energia no Setor de Ferro e Aço em 1976

Fonte: MEB-FINEP-1979

(ref. 6)



O Brasil tem a maior produção mundial de ferro gusa baseada no uso do carvão vegetal. Atualmente a maior parte desse carvão é feito da madeira das florestas nativas. Apenas cerca de 14% do carvão para ferro gusa veio de plantações (eucalipto) em 1977. Já que as florestas nativas não irão sustentar a demanda crescente na região de Minas Gerais por mais de uma década, a siderúrgica está dependendo de reflorestamento para estabelecer uma fonte de carvão confiável e local. Resta ver se os incentivos governamentais e o planejamento industrial irão resultar em um programa de reflorestamento suficientemente rápido para suprir o declínio de disponibilidade previsto das florestas nativas. A tabela 12 dá alguns custos relativos do carvão vegetal nativo versus o plantado e mostra como os custos de transporte afetam os sistemas de abastecimento da madeira e do carvão.

TABELA 12 - O Transporte de Madeira e do Carvão Vegetal

De: Oliveira - Cálculos do aspecto econômico do carvão vegetal-1977
(ref. 17)

| <u>Tipo de Produção</u> | <u>Transporte por caminhão</u> | | <u>Custo total</u> |
|--|--------------------------------|-------------------------|--------------------|
| | <u>Raio</u> | <u>% do custo total</u> | |
| Siderúrgicas Plantação de eucalipto | 50 km | 7% | US\$ 61/t |
| Floresta natural | 400 km | 40% | US\$ 39/t |

De: Tillman - se até 4% do teor de energia da madeira é gasto no seu transporte até o local de uso, então:
(ref. 13)

| <u>Para</u> | <u>A entrega é econômica até</u> | |
|---|----------------------------------|--------------|
| Lenha com 40% de umidade | ~ 70 km | por caminhão |
| | ~ 250 km | por ferrovia |
| Pedacos de madeira seca - 15% de umidade | ~ 140 km | por caminhão |
| | ~ 420 km | por ferrovia |
| Carvão vegetal | ~ 270 km | por caminhão |
| | ~ 780 km | por ferrovia |

Parâmetros da produção de carvão vegetal:

Em 1830, nos EUA, foram necessários 22m^3 steres para produzir 5,6 mdc de carvão, que foram usados para produzir cerca de 1 tonelada de ferro gusa, segundo Tillman (13). Conseqüentemente, a produção de carvão precisou de cerca de 4m^3 steres para produzir 1 mdc de carvão. As normas técnicas que são parte da MEB-70 (8) fornecem a seguinte produção de carvão no Brasil:

TABELA 13 - Produção de Carvão (1970)

| | | | |
|---------------------------|------------|-------|-------|
| Cerrado (Savanas) | 3 steres | ————→ | 1 mdc |
| Matas (Arbustos) | 2,5 steres | ————→ | 1 mdc |
| Plantações (eucalipto) | 2,0 steres | ————→ | 1 mdc |

A produção média do Brasil em 1976 era provavelmente cerca de 9 st de madeira para se produzir 3,5 mdc e obter 1 tonelada de ferro gusa. Se, por volta de 1990, a maior parte do carvão vier das plantações de eucalipto e se as tendências das eficiências da produção de ferro gusa continuarem, o resultado poderá ser 1,6 st para se produzir 1 mdc e 2,8 mdc para produzir 1 tonelada de ferro gusa. Então, apenas 4,5 st de madeira seriam necessários por tonelada de ferro gusa. Haveria uma melhoria de fator 5 da eficiência desde 1830 nos EUA.

A eficiência energética da produção do carvão vegetal brasileiro

A maior parte da produção de carvão em Minas Gerais vem do cerrado (savanas) e 3 st são necessários para se obter 1 mdc, assumindo $0,6\text{m}^3/\text{steres}$ teremos $1,8\text{m}^3$ (sólido) como quantidade média necessária para produzir 1 mdc de carvão. Usando $4,6 \text{Mkcal/t}$

como calor de calor de combustão de madeira a 0% de umidade, chega-se a 39% (A) como eficiência de conversão para o carvão brasileiro. A MEB-FINEP calcula uma eficiência de conversão em energia de 59% para o Brasil, sendo que eles usam o valor prático de eficiência para a madeira com teor de umidade de 25% ao invés do teor de umidade de 0%. No BEN-78, o valor energético do consumo de carvão é dado em tabelas de energia primária, mas a energia perdida na conversão da madeira em carvão não é dada. Com apenas 39% de eficiência de conversão, chega-se a uma perda substancial (veja Apêndice I, onde há melhor discussão do problema de se escolher um valor apropriado para o calor de combustão). Ao autor parece que o valor calorimétrico e provavelmente o valor com 0% de umidade é uma escolha mais útil para os cálculos de eficiência de energia.

C. O consumo de lenha na agricultura e na indústria

De acordo com a tabela 1, os próximos usuários de madeira para fins energéticos, depois do setor doméstico e da produção de carvão, são respectivamente, os setores agrícola e industrial. Não nos foi possível achar uma tabela que nos desse as maneiras diferentes pelas quais a madeira é usada na agricultura. Evidentemente, parte é usada para se secar as sementes. Velhos cafeeiros são também usados para esse fim. Não se sabe se esses são considerados. O estudo da FDTE não separa o uso doméstico rural da lenha do uso agrícola (veja fig. 4). Também não se sabe até que ponto essa separação é incompleta no trabalho da MEB-70.

O uso industrial da lenha é provavelmente mais conhecido do que o agrícola, mas apesar das maiores informações, existem inconsistências nos dados. Assim como para o setor doméstico, o con

(A) O Modelo Energético Brasileiro-79, do MME, afirma que a atual eficiência de utilização na produção de carvão vegetal é de 40%.

sumo de madeira do MEB-70 e dos estudos derivados, dependem de uma amostra estatística de pesquisas dos usuários da madeira. Comparando os dados de Busse e da FINEP na tabela 4, existem diferenças de 15% a 50% nos subsetores industriais. Maiores discrepâncias existem entre os estudos baseados na MEB-70 e o do IBGE e do IBDF. Um trabalho preliminar tentando extrair o consumo de lenha da Matriz Econômica do IBGE sugere que a lenha é sistematicamente subestimada (18). Talvez seja porque a produção de lenha é também contada através das notas fiscais, que a produção total do IBGE é muito menor que as suposições de consumo da MEB-70, baseadas em pesquisas sobre o uso. Conversas informais com os consumidores de lenha sugerem que há muito comércio sem notas fiscais.

Em 1978 e 1979, o Departamento de Industrialização e Comercialização do IBDF publicou um trabalho sobre o consumo de madeira pelas padarias e olarias, cerâmicas e outras indústrias, baseado nas notas fiscais. O sistema mais ou menos elaborado de notas fiscais anteriormente foi base para impostos cobrados dos consumidores para o reflorestamento. Mas, no esforço de se estimular uma redução na demanda de óleo combustível, o governo decidiu que a Petrobrás pagaria esses impostos para o consumidor, de modo que o IBDF pudesse continuar o reflorestamento sem desestimular o uso da lenha. Porém, o uso da lenha, determinado por esse procedimento, para as indústrias envolvidas, é apenas 25 a 30% maior que o calculado pela MEB-70, baseado em pesquisas. (Talvez exista aqui um caso para o novo Departamento de Desburocratização; pode-se calcular simplesmente o quanto de lenha que está sendo usada por essas indústrias e, por política, se decidir qual a fração dos custos de reflorestamento que a Petrobrás pagará. Assim, toda a burocracia envolvida em tabulação e fiscalização das notas fiscais de lenha seria deixada de lado).

Muthoo (19) apresenta dados do IBGE e do IBDF sobre o uso industrial da lenha em 1976, o qual era apenas 65% dos resultados derivados da MEB-70.

Evidentemente seria necessário refazer cuidadosamente as pesquisas para MEB-70 juntamente com o censo de 1980 para se elucidar as questões que atualmente são apresentadas sobre a real magnitude do uso da lenha no setor industrial e em outros.

Na fig. 3 é mostrada a importância relativa do valor energético da lenha nos setores agrícola e industrial. A informação foi derivada da MEB-FINEP (6) e de Busse (20), porém o valor energético da lenha foi corrigido segundo o procedimento desenvolvido no Apêndice I. Para a agricultura como um todo, a lenha parece bem importante, enquanto que na indústria, sua participação percentual é baixa.

Se examinarmos alguns subsetores, acharemos alguns onde a lenha desempenha um papel importante. A fig. 3 mostra esses subsectores em ordem de quantidade absoluta de lenha usada. São: produtos alimentares, tijolos, cal e cerâmica; carpintaria, papel e celulose; e têxteis. Metade da lenha usada no setor de produção de alimentos é usada pelas padarias. Esse subsector tem seus padrões de energia dominados pelo bagaço de cana porque o subsector também inclui a produção de açúcar e de álcool. Se essa atividade não for considerada, então os produtos alimentares remanescentes mostram uma dependência muito maior da lenha. Busse tabulou o uso industrial da energia, desagregando ainda mais. De acordo com os cálculos dele, os principais consumidores de energia industrial estão na ordem dada pela tabela 13.

TABELA 13 - Uso da lenha para fins industriais - 1976

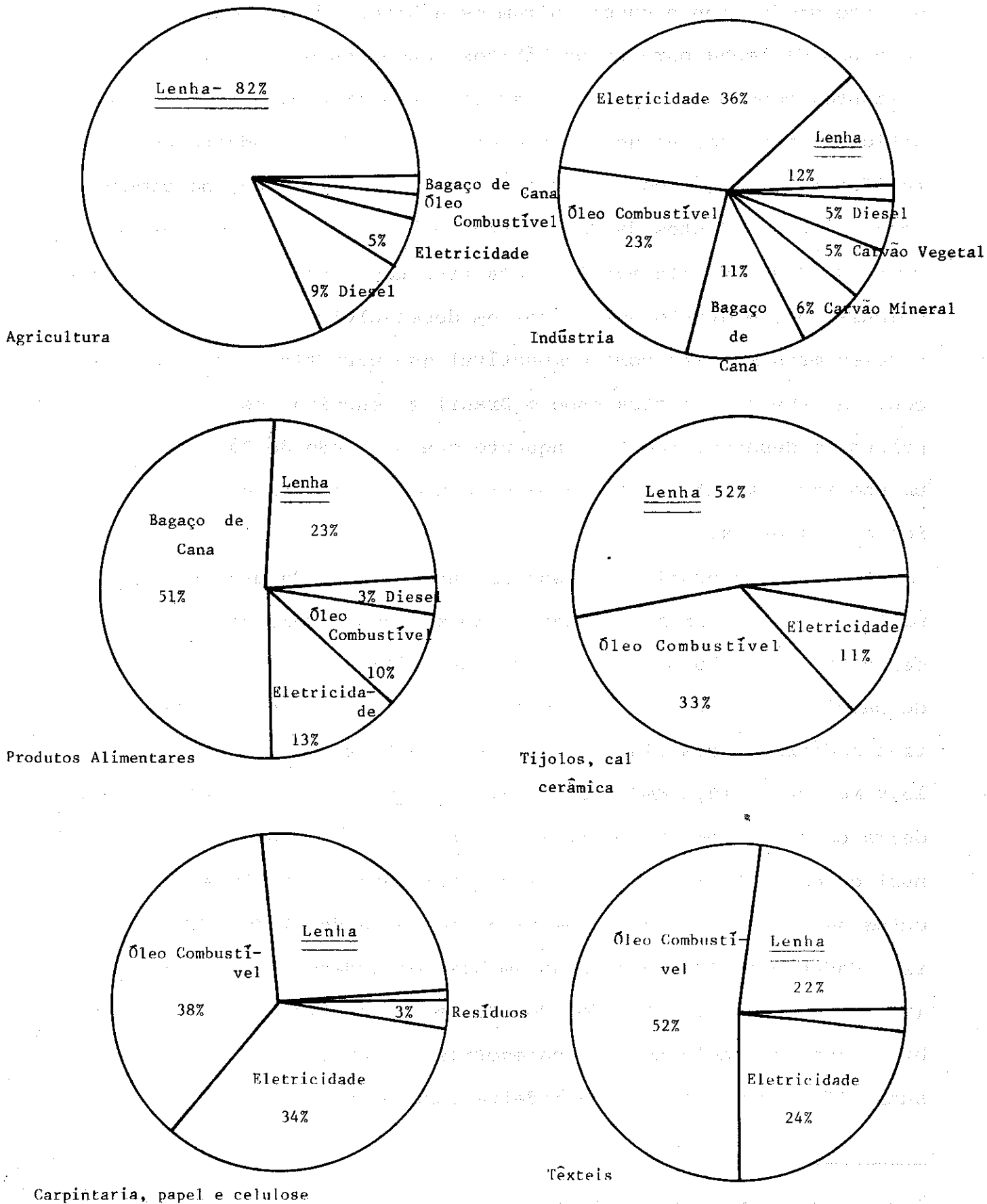
| | |
|-----------------------------|----------------------------|
| Tijolos e cal | 8,4 Mm ³ sólido |
| Padarias | 6,3 |
| Açúcar e álcool | 3,6 |
| Carpintaria | 2,9 |
| Outros produtos alimentares | 2,2 |
| Papel e celulose | 1,7 |
| Têxteis | 1,3 |
| Cerâmicas | 1,3 |
| Outros | 2,1 |
| | <u>29,8 Mm³</u> |

Examinando com mais detalhes os maiores consumidores de lenha na indústria, achamos nos documentos da MEB-70 evidências de diferenças regionais substanciais na performance dos oleiros e dos produtores de cal. A tabela 14 mostra essas diferenças regionais em coeficientes técnicos. Os dados sugerem um fator 5 de diferença na lenha necessária para se produzir um tijolo

TABELA 14 - Variação regional nos coeficientes técnicos para tijolos e cal

| <u>Regiões</u> | <u>Produto</u> | <u>Unidade</u> | <u>Lenha</u> | <u>Produto</u> | <u>Unidade</u> | <u>Lenha</u> |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | | m ³ | | | m ³ |
| Norte | Tijolos | 1.000 | 6,1 | cal | t | - |
| Nordeste | " | " | 2,7 | " | " | 2,2 |
| Sudeste | " | " | 1,1 | " | " | 1,7 |
| Sul | " | " | 1,6 | " | " | 2,2 |
| Centro-Oeste | " | " | 1,05 | " | " | - |
| Brasil | " | " | 2,2 | " | " | 2,0 |

FIGURA 3 - Participação da lenha na indústria e na agricultura - 1977



D. O uso da madeira para fins não energéticos

Na era da abundância de petróleo, os países em desenvolvimento gradualmente substituíram os hábitos tradicionais envolvendo o uso da lenha para novos hábitos, envolvendo o petróleo. Entretanto, como o uso da lenha per capita diminuiu, o uso não energético da madeira, no geral, cresceu. Nos EUA, a madeira usada para fins não energéticos já suplantou o uso energético, no começo desse século. Fontes da FAO mostram países desenvolvidos usando cerca de 8 vezes mais madeira para fins não energéticos que como combustível, enquanto que países em desenvolvimento usam cerca de 6 vezes mais madeira como combustível que para fins não energéticos. A tabela 21 mostra como o Brasil se encaixa nos padrões dos países em desenvolvimento, enquanto que o estado de São Paulo tem um uso marcadamente maior da madeira para outros fins do que como fonte de energia.

Na categoria dos usos não energéticos da madeira, a carpintaria está em primeiro lugar. Em segundo lugar, vem a produção de polpa e de celulose, que em última análise significam produção de papel. Uma terceira categoria são os painéis de madeira e outras madeiras industriais para fins de estrutura. O IBDF (5) dá 13,9 Mm³ RWE⁺, 10,8 Mm³ RWE e 7,7 Mm³ RWE como quantidades de madeira consumida em 1976 para se fazer respectivamente a produção anual de carpintaria, papel, polpa e celulose e painéis e outros produtos de madeira. Isso dá um total de cerca de 32 Mm³ RWE. As cifras dadas pelo IBGE não estão em boa concordância com esse total (veja a tabela 3). Os dados do IBGE são para toras que podem cobrir usos não incluídos nas categorias do IBDF, porém o IBDF soma suas cifras com a lenha e a madeira para produzir carvão vegetal,

⁺ RWE - Round Wood Equivalent, ou Equivalência em Madeira Roliça (EMR).

a fim de que se tenha a demanda total da madeira. A tabela 15 mostra essa situação confusa assim como também mostra alguns aspectos da distribuição regional da produção de produtos não energéticos da madeira. Tanto o IBDF como o IBGE concordam que os usos industriais não energéticos da madeira cresceram tão rapidamente quanto a economia na última década.

As demandas de carpintaria e de papel, apesar de menores que as demandas da madeira como combustível, apresentam um desafio para a flora natural, já que esta está crescendo lentamente e contém muitas espécies dentre as quais apenas poucas podem ser usadas para carpintaria. Assim, há sempre muita perda. Além disso, os requisitos mais ou menos específicos para a carpintaria ou para a polpa estimulam o plantio de canteiros com uma só espécie de árvore geralmente não nativa, como o eucalipto. Portanto, o aumento da demanda para suprimento da madeira para fins não energéticos tem mudado a paisagem e continuará a fazê-lo.

As análises dos padrões de consumo da energia e opções energéticas da madeira deveriam incluir o uso não energético da madeira porque os dois competem pela mesma fonte e terra. Já que os dois modos principais de uso são tão diferentes: a cozinha rural doméstica de um lado e o crescimento moderno urbano industrial de outro, é muito fácil considerar o último sem se considerar o primeiro. Há muitas maneiras, porém, pelas quais os usos energéticos e não energéticos podem ser integrados e de fato há muitos exemplos disso na prática. A indústria de carpintaria usa restos para suprir algumas de suas necessidades energéticas. Uma grande parte da plantação de madeira, cortada para a produção de celulose, não é adequada para os equipamentos típicos de processamento e é às vezes vendida como lenha, servindo uma grande área ao redor da fábrica de celulose. Existem muitas oportunidades aqui que precisam ser achadas e usadas.

TABELA 15 - Distribuição Regional da Produção de Derivados não Energéticos da Madeira

| 1976 | Carpintaria | Painéis | Papel e Celulose | Total 10 ³ m ³ |
|--------------|-------------|---------|------------------|--------------------------------------|
| Norte | 4.600 | 500 | - | 5.100 |
| Nordeste | 1.000 | 130 | 200 | 1.300 |
| Sudeste | 3.100 | 1.400 | 3.300 | 7.800 |
| Sul | 10.500 | 2.100 | 2.400 | 15.000 |
| Centro-Oeste | 2.100 | 2 | - | 2.100 |
| Brasil (A) | 21.300 | 4.100 | 5.900 | 31.300 |
| Brasil (B) | 13.900 | 7.000 | 10.800 | 32.400 |
| Brasil (C) | | | | 50.000 |

(A) IBDF/COPLAN Perspectivas 4 (Fig.11, pg. 35)
 (B) IBDF/COPLAN Perspectivas 8
 (C) IBGE Anuário 1978 Dados de 1975

III. DIFERENÇAS REGIONAIS NOS PADRÕES DE USO DA MADEIRA COMO COMBUSTÍVEL

Não se pode fazer paralelos entre os EUA e o Brasil no que diz respeito ao desenvolvimento de mercados de energia e aos sistemas de transporte.

Nos EUA, a disponibilidade de madeira nos meados do século XIX possibilitou o início dos sistemas locais de ferrovias, mas a disponibilidade de carvão estimulou a transformação do sistema de transporte em um sistema nacional, o qual criou mercados nacionais. A era do petróleo permitiu completar o mercado nacional para bens, por meio dos trens elétricos a diesel e por caminhões a diesel. O Brasil não teve nem a fase de carvão, nem uma fase abundante (em termos de fontes nacionais) de petróleo.

A madeira, que continua sendo uma fonte abundante e que poderia ser mantida com o reflorestamento, não é, em virtude da sua magnitude, capaz de levar a um desenvolvimento em termos de um mercado nacional. Ela continuará sendo um bem para mercados locais e deve ser tratada em termos de condições locais.

Então, é necessário estudar as regiões, os estados e mesmo distritos geográficos menores para se entender a necessidade e as opções no que diz respeito à lenha.

Na seção seguinte, faremos um breve exame de algumas das diferenças regionais da produção e do consumo da lenha; também as quantidades relativas de madeira de florestas nativas e de plantações serão estudadas.

A produção de madeira por região e por tipo de cultivo

Já que a madeira é raramente transportada por mais que 100 km, um exame da produção regional deve também dar uma idéia razoável dos padrões de consumo, pelo menos em termos relativos. Na

tabela 16, são reproduzidos os dados do IBGE no passado recente para a produção de lenha por estado e região em termos da proveniência ou não da lenha de uma plantação. Além disso, dados sobre a população são fornecidos e, assim, a produção per capita é calculada. No norte, há muito pouca gente, fontes de florestas naturais imensas e, mesmo assim, poucas plantações para obtenção de lenha. Um "press release" (21) do Jari, a enorme empresa de celulose, madeira para carpintaria e caolin, situada no Pará e Amapá, anunciou a queima de mais de 3 Mm³ de madeira (a maior parte de florestas naturais) para produzir a eletricidade anualmente. Esse fato, obviamente não está incluído nos dados do IBGE.

No nordeste, a madeira é bastante em alguns estados e pouca em outros. Algumas regiões são muito secas e tiveram sua cobertura florestal esgotada há mais de um século. Há também pouco reflorestamento. Em algumas regiões, o reflorestamento deve ter um impacto social substancial, gerando empregos e até talvez mudando o clima e reduzindo os problemas ocasionais de inundações, assim como fornecendo lenha mais acessível.

No sudeste e no sul, o reflorestamento é um indicador de que há atividade econômica suficiente para estimular os esforços para compensar a exaustão das florestas naturais, que se aproxima rapidamente. A maior parte do reflorestamento se encontra no estado de São Paulo, onde há uma grande população e, apesar de haver um grande uso, o uso per capita é pequeno. O uso per capita de madeira para fins não energéticos é o mais alto em São Paulo e é essa finalidade que mais provavelmente será abastecida pelas plantações.

O Rio de Janeiro é um estado pequeno, que é dominado em população pela cidade do Rio de Janeiro. Naturalmente, uma produção muito pequena per capita é o resultado e o Rio deve depender de Minas Gerais e de São Paulo para se abastecer de lenha.

TABELA 16 - Comparação entre a Produção de Lenha Per Capita por Estado e Regiões e as Proporções que Vem das Plantações

| | 1977 Plantações | 1976 Florestas nativas | (A) Total | Plantações | 1977 Pop. | Rural | Prod. Cap. |
|---------------------|--------------------|--------------------------------|--------------|------------|-----------------|-----------|----------------------|
| | | 10 ⁶ m ³ | | % | 10 ⁶ | % | m ³ /cap. |
| <u>NORTE</u> | | 6.03 | 6.03 | 0 | 4.48 | 51 | 1.3 |
| Rondônia | | .2 | .2 | 0 | .15 | 45 | 1.3 |
| Acre | | .95 | .95 | 0 | .264 | 69 | 3.6 |
| Amazonas | | 3.34 | 3.34 | 0 | 1.15 | 53 | 2.9 |
| Roraima | | .02 | .02 | 0 | .05 | 57 | .4 |
| Pará | | 1.45 | 1.45 | 0 | 2.7 | 50 | .5 |
| Amapá | | .06 | .06 | 0 | .15 | 44 | .4 |
| <u>NORDESTE</u> | .013 | 45.6 | 45.6 | 0 | 33.6 | 54 | 1.4 |
| Maranhão | | 7.8 | 7.8 | 0 | 3.5 | 70 | 2.2 |
| Piauí | | 2.0 | 2.0 | 0 | 2.1 | 63 | .95 |
| Ceará | | 7.9 | 7.9 | 0 | 5.4 | 56 | 1.5 |
| R.G.Norte | | 2.6 | 2.6 | 0 | 2.0 | 49 | 1.3 |
| Paraíba | | 1.7 | 1.7 | 0 | 2.8 | 55 | .6 |
| Pernambuco | .007 | 3.1 | 3.1 | 0 | 6.1 | 40 | .5 |
| Alagoas | | 1.9 | 1.9 | 0 | 1.9 | 57 | 1.0 |
| Sergipe | .004 | .5 | .5 | 1 | 1.0 | 49 | .5 |
| Bahia | .002 | 17.9 | 17.9 | 0 | 8.8 | 55 | 2.0 |
| <u>SUDESTE</u> | 18.7 | 34.2 | 52.9 | 35 | 47.7 | 19 | 1.1 |
| M.Gerais | 2.3 | 28.4 | 30.7 | 8 | 13.0 | 39 | 2.4 |
| E.Santo | .0002 | .7 | .7 | 0 | 1.8 | 44 | .4 |
| R.Janeiro | .13 | .8 | .93 | 14 | 11.0 | 8.3 | .08 |
| São Paulo | 16.3 | 4.3 | 20.6 | 79 | 21.9 | 11.4 | .94 |
| <u>SUL</u> | 11.4 | 32.3 | 44.7 | 26 | 20.5 | 52 | 2.2 |
| Paraná | 1.45 | 10.5 | 11.9 | 14 | 9.1 | 62 | 1.3 |
| S.Catarina | .6 | 12.5 | 13.1 | 5 | 3.6 | 52 | 3.6 |
| R.G.Sul | 9.36 | 9.3 | 18.7 | 50 | 7.8 | 42 | 2.4 |
| <u>CENTRO-OESTE</u> | .03 | 10.6 | 10.6 | 3 | 6.9 | 47 | 1.5 |
| M.Grosso | .03 | 3.5 | 3.5 | 1 | 2.2 | 56 | 1.6 |
| Goiás | | 7.1 | 7.1 | 0 | 4.7 | 43 | 1.5 |
| BRASIL | 30.1 | 128.7 | 159. | 19 | 113.2 | 37 | 1.4 |

Fonte: IBGE, Anuário 1978

(A) Há uma expansão considerável da produção das plantações e, assim, usamos os dados disponíveis mais recentes (1977) para obtermos os valores mais próximos possível do presente. A produção das florestas naturais não está se expandindo tão rapidamente mas os dados disponíveis mais recentes eram de 1976, e, assim, comparamos os dados sobre plantações de 1977 com os de 1976 sobre as florestas nativas.

A produção de madeira para diferentes fins, em 1973, é mostrada na tabela 17. O norte e o sul são os principais abastecedores de madeira para carpintaria. O sudeste, o maior, é também o maior consumidor e depende do sul tanto para a carpintaria como para a lenha. No nordeste, a produção e o consumo são dominados pela lenha, enquanto que no norte, a madeira para carpintaria domina. Como já observado na seção II-B, a produção e o consumo de carvão vegetal estão grandemente concentrados no sudeste, mais especificamente no estado de Minas Gerais.

A tabela 17 também mostra o valor da produção de madeira em cruzeiros de 1973. O câmbio de 1973 era de 1 dólar para 6,2 cruzeiros e, assim, os seguintes preços médios podem ser calculados. Para a lenha Cr\$ 10,00/m³ = US\$ 4/tonelada e para o preço médio da madeira usada para fins não energéticos, Cr\$ 122/m³, o que equivale a cerca de US\$ 20/m³, ou cerca de US\$ 40/t.

Mais uma vez, observe que há diferenças mais ou menos grandes na produção per capita. Já que a produção per capita é geralmente mais ou menos próxima do consumo per capita, temos um indício que a produção per capita de lenha muito pequena no norte, é seriamente subestimada.

A tabela 18 mostra as discrepâncias regionais, dadas pelo IBGE e IBDF e pelas projeções do MEB-70 para 1975 para a lenha.

A explicação para essas discrepâncias talvez esteja na natureza das transações humanas, pelas quais a madeira passa da fase de crescimento à queima. Muitas dessas transações são fora do mercado e algumas são clandestinas. Assim, fica difícil se obter um total confiável da real magnitude das transações. É verdade que as transações no mercado e as fora dele não competem igualmente para as mesmas fontes, mas já que há uma certa superposição entre as duas e com as transações clandestinas, fica claro que erros consideráveis podem existir nos registros sobre essa parte das transa-

ções envolvendo a madeira considerada comercial. Muitas publicações do IBDF (5,16) projetando a demanda, estão baseadas nesses dados questionáveis. Com os erros regionais, possivelmente tão grandes quanto um fator 2, dificilmente se pode ter confiança nas projeções de surplus ou déficits do abastecimento em relação à demanda.

Na tabela 19, é mostrada a importância da plantação como fonte de madeira em comparação com a produção de madeira das florestas nativas para todos os usos da madeira. Assim como com a lenha, o principal reflorestamento para usos industriais não energéticos acontece no estado de São Paulo, no sudeste, e também no sul. De acordo com o IBGE, apenas 11% do carvão vegetal e 19% da lenha vem das plantações. Quanto a fins não energéticos, cerca de 46% vem das plantações. Essa última porcentagem é enganadora porque quase 100% da madeira para celulose, papel e aglomerados vem de plantações, enquanto que muito pouca madeira para carpintaria e para compensados vem de plantações. Isso levaria a uma média de cerca de 50%, já que essas duas categorias são produzidas em quantidades quase iguais.

Hã grandes diferenças nos padrões de uso tanto da lenha como da madeira para fins não energéticos entre o estado de São Paulo, muito desenvolvido, urbano e industrial, o qual tem também uma agricultura moderna, e o nordeste rural e menos desenvolvido. A tabela 20 mostra os padrões de consumo por setores para essas duas áreas e também para o Brasil como um todo.

TABELA 17 - Produção de Madeira Per Capita por Regiões - 1973

| REGIÃO | Madeira para fins não energéticos | 10 ⁶ m ³ EMR | | Total de madeira | 10 ⁶ CR\$ (1973) | | | População (milhões) | Produção de lenha per capita (m ³ /capita) | Total da madeira produzida per capita (m ³ /capita) |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------|------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------|---------------------|---|--|
| | | Para produção de carvão vegetal | Lenha | | Madeira para fins não energéticos | Para produção de carvão vegetal | Lenha | | | |
| NORTE | 8.9 | .4 | 1.2 | 10.5 | 1000. | 13. | 8.9 | 4.0 | .3 | 2.6 |
| NORDESTE | 4.0 | 3.5 | 39. | 46.5 | 250. | 93. | 284. | 30.5 | 1.3 | 1.5 |
| SUDESTE | 4.2 | 18.5 | 38. | 60.7 | 248. | 357. | 443. | 43.1 | .9 | 1.4 |
| SUL | 16. | .4 | 41. | 57.4 | 2733. | 15. | 448. | 18.1 | 2.3 | 3.2 |
| CENTRO-OESTE | 3.7 | .02 | 13.1 | 16.8 | 277. | .6 | 145. | 5.8 | 2.4 | 2.9 |
| BRASIL (A) | 37. | 23. | 133. | 192. | 4508. | 479. | 1330. | 101.4 | 1.3 | 1.9 |

(B)

Fonte: IBGE, Anuários

(A) Já que há pouca exportação e importação, a produção per capita deve ser igual à média nacional de consumo/capita.

(B) Porém os dados do IBGE dão aproximadamente 30% menos para o consumo total do que o BEN e a MEB (Veja Tabela 3 e a discussão sobre a incerteza dos dados na seção II-C).

TABELA 18 - Desacordo entre as Maiores Fontes de Informações Sobre a Lenha - 1975

| TODAS UNIDADES $10^6 m^3$ EMR | PROJEÇÕES MEB (A) + (B) | IBGE | IBDF COPLAN |
|----------------------------------|-------------------------------|------|----------------|
| NORTE | 8 + 2 | 1.2 | 5.6 |
| NORDESTE | 51 + 30 | 39 | 47.3 |
| SUDESTE | 31 + 25 | 38 | 37.6 |
| SUL | 33 + 10 | 41 | 19.8 |
| CENTRO-OESTE | 12 + 3 | 13.1 | 7.9 |
| BRASIL | 135 + 70 205 | 133 | 118.2 |

(A) Resultado da multiplicação dos fogões a lenha pelo consumo médio por fogão

(B) O uso da lenha na indústria e na agricultura foi distribuído entre as regiões por estimativas baseadas em alguns dados e relações esperadas dos níveis de atividade econômica.

TABELA 19 - A produção das Plantações em 1977 de todos os Tipos de Madeira e a Produção de 1976 das Florestas Nativas

| Todas as unidades $10^6 m^3$ EMR (Equivalente de Madeira Roliça) | Plantações 1977 | | | Florestas Nativas 1976 | | |
|---|-----------------------------------|---------------------------------|-------|-----------------------------------|---------------------------------|-------|
| | Madeira para fins não energéticos | Para produção de carvão vegetal | Lenha | Madeira para fins não energéticos | Para produção de carvão vegetal | Lenha |
| NORTE | (B) | | | 5.9 | .3 | 6.0 |
| NORDESTE | .1 | | | 5.5 | 4.0 | 45.6 |
| SUDESTE | 19.4 | 3.4 | 18.7 | 1.9 | 23.6 | 34.2 |
| SUL | 8.7 | .04 | 11.4 | 16.9 | .3 | 32.3 |
| CENTRO-OESTE | | | .03 | 2.8 | .1 | 10.6 |
| BRASIL | 28.2 | 3.4 | 30.1 | 33.1 | 28.3 | 128.7 |

Fonte: IBGE, Anuário 1978.

(A) Um fator 8 foi usado para converter toneladas de carvão em m^3 equivalentes da madeira para plantações que se destinam ao carvão vegetal, enquanto que um fator 12 foi usado para converter as toneladas dadas para as florestas nativas (veja seção II-B)

(B) De acordo com um press-release, cerca de $1 Mm^3$ de madeira está sendo cortada pela JARI no Pará para a produção de celulose em 1979.

TABELA 20 - Comparação dos Padrões de Consumo de Madeira do Estado de São Paulo e do Nordeste

| (10 ⁶ m ³) | 1970 | 1975 | 1975 |
|--|--------------------|---------------------|--------|
| | Região Nordeste | Estado São Paulo | Brasil |
| Consumo total de madeira | 81,4 | 29,4 | 287, |
| Subtotal usado para energia | 78,4 | 18,4 | 247, |
| Subtotal para fins não energéticos (A) | 3, | 11, | 40, |
| Usado para produzir carvão | 5,3 | 4, | 40, |
| Agricultura | 14,5 | 2, | 30, |
| Materiais não metálicos | 2,3 | 2,2 | 9,2 |
| Todos os metais | - | 0,8 | 1,1 |
| Produtos químicos | 0,2 | 0,7 | 1,9 |
| Produtos têxteis | 0,44 | 0,15 | 1,5 |
| Carpintaria, papel e celulose | 0,15 | 0,15 | 3,4 |
| Produtos alimentares | 3,6 | 2,2 | 10,6 |
| Outras indústrias | 0,14 | 0,3 | 1,6 |
| Subtotal - indústrias | 6,8 | 6,5 | 29,2 |
| Transp., Comérc., Governo | 0,2 | - | 1,4 |
| Urbano | 9,0 | 2,4 | 31, |
| Rural | 42,4 | 3,5 (A) | 115, |
| Subtotal - doméstico | 51,4 | 5,9 | 146, |

Fontes: MEB-70 e FDTE-EP/USP - CESP

(A) Estimativas baseadas nesse trabalho.

A tabela 21 dá um resumo da importância relativa das diferentes partes dos padrões de consumo de madeira nessas áreas de contraste com estimativas para Minas Gerais que mostram como a produção de carvão vegetal domina o uso de madeira naquele estado.

TABELA 21 - A participação relativa dos diferentes usos da madeira nas áreas contrastantes do Brasil

Porcentagem de um dado uso de madeira relativamente ao total

| | Lenha Doméstica | Uso da Madeira para fins não energéticos | Uso Industrial da lenha | Uso Agrícola | Produção de carvão vegetal |
|-------------------|-----------------|--|-------------------------|--------------|----------------------------|
| 1970 Nordeste | 63% | 4% | 8% | 18% | 7% |
| 1975 São Paulo | 20% | 37% | 22% | 7% | 14% |
| 1975 M.Gerais (A) | ~15% | ~5% | ~5% | ~5% | ~70% |
| 1975 Brasil | 51% | 14% | 10% | 10% | 15% |

(A) Estimado pelo autor

IV. O PREÇO DA LENHA

Talvez mais que a metade da lenha usada pelo setor doméstico não envolve um mercado formal. As pesquisas nas famílias, feitas pelo IBGE, sugerem que menos que a metade (veja tabela 22); porém, como será mostrado mais adiante (apêndice II), há razões para se acreditar que o uso da lenha está sendo subestimado e provavelmente a subestimação principal envolve o setor rural.

Hã tão grandes diferenças entre o uso da lenha e nos seus preços entre as áreas rural e metropolitana, que as médias globais da tabela 22 não representam situações típicas. Entretanto, pode-se observar que o preço da lenha representa uma grande fração da renda familiar nas regiões pobres e rurais. Frações do gasto total usado para a lenha variam de 0,5% em São Paulo até mais que 6% no nordeste. As transações com a lenha acontecem mais frequentemente fora de uma estrutura de mercado do que a média de todas as transações: cerca de 40-45% em média para a lenha e apenas 20% em média para todos os outros gastos. Nas regiões rurais, tanto as aquisições de alimento quanto as de lenha são fora da estrutura de mercado mais ou menos na mesma extensão. As médias para os estados predominantemente urbanos, como São Paulo e Rio de Janeiro mostram diferenças marcantes entre os gastos com a alimentação e com a lenha, presumivelmente por que a maioria das famílias dependem dos mercados para seu alimento, enquanto que apenas uma pequena fração das famílias usa lenha. Aquelas que usam lenha estão concentradas na periferia e nas regiões rurais onde as transações fora do mercado tendem a ser mais comuns.

Os mercados de lenha são muito locais, com o transporte entre a fonte e o consumidor dificultado pelo custo do transporte da madeira bruta. A tabela 23 mostra a variação regional nos preços da lenha para 2 anos diferentes: 1970 e 1976. A tabela mostra os preços diferindo entre si até por um fator 2.

TABELA 22 - O preço da lenha usada no setor doméstico no Brasil -
1975

| REGIÃO GEOGRÁFICA | Gastos anuais médios de uma família* (total) Cruzeiros de 1975 | Convertidos para o valor do dólar de 1975 | O valor em cruzeiros do consumo médio de lenha | A % de lenha que não foi obtida através do mercado | A % de alimentos que não foram obtidos através de mercado | A % dos gastos totais que não foram obtidos através do mercado |
|---------------------|--|---|--|--|---|--|
| SUDESTE | | | | | | |
| São Paulo | 44.600 | 4920 | 24 | 57 | 14,3 | 16,2 |
| R.Janeiro | 40.000 | 4400 | 24 | 57 | 12 | 15,7 |
| M.Gerais e E. Santo | 23.700 | 2600 | 72 | 33 | 35 | 20 |
| SUL | 29.000 | 3200 | 119 | 41 | 36 | 21 |
| NORDESTE | 13.000 | 1455 | 91 | 34 | 32 | 23 |

* Esse cálculo inclui o valor monetário dos bens e alguns serviços mesmo se esses não forem comprados, i.e., produzidos em casa, obtidos por trocas ou por outros meios.

Fonte: Pesquisa sobre os gastos familiares - IBGE Anuário 1978.

TABELA 23 - As Variações Regionais do Preço da Lenha no Brasil
(dadas em cruzeiros por m³ sólidos)

| Região | 1970 | 1976 |
|--------------|------|------|
| Norte | 3,8 | 15, |
| Nordeste | 3,4 | 20, |
| Sudeste | 5,5 | 35, |
| Sul | 5,1 | 31, |
| Centro-Oeste | 5,3 | 26, |
| Brasil | 4,75 | 26,6 |

Obtida dividindo o valor da produção pela quantidade produzida (dados do IBGE, Anuários)

Seguindo o procedimento usado para obter o preço da lenha da tabela 23, tentamos obter uma sequência temporal do preço médio da lenha. Os resultados são mostrados na tabela 24. Nós ainda tentamos achar um preço em dólar/tonelada para a madeira. Esses resultados são necessariamente grosseiros por muitas razões. Primeiro, há uma grande subestimação das cifras da produção; segundo, não sabemos se usamos a taxa de câmbio apropriada para o cruzeiro, cotada pelo IBGE; terceiro, não temos certeza se unidades consistentes de volume e densidade foram usadas. Para 1978 e 1980, nós apenas temos dados verificados no local para uma cidade.

TABELA 24 - Evolução dos Preços da Lenha no Brasil
(em unidades monetárias correntes) 1969-1980

| | Preço Médio Cr\$/m ³ (sólido) | Taxa de câmbio Cr\$/US\$ | Preço Médio US\$/t |
|-----------|--|-----------------------------|-----------------------|
| 1969 | 4 | 4,35 | 2,3 |
| 1970 | 4,8 + | 4,95 | 2,4 |
| | MEB-70 7,15 Residencial 6,44 Industrial no Sudeste | | |
| 1971 | 5,6 | 5,5 | 2,55 |
| 1973 | 10 | 6,2 | 4,0 |
| 1975 | 21 | 9,1 | 5,8 |
| 1976 | 26,6 | 12,3 | 5,4 |
| 1978 | 28-70 + | 18 | 4 a 10 ⁺ |
| | Variação dos preços encontrada em uma pesquisa informal feita em Poços de Caldas, MG | | |
| Começo de | | | |
| 1980 | 175 + | 45 | 10 ⁺ |
| | Preço industrial em Poços de Caldas | | |

Fonte: Anuários do IBGE, exceto para 1978 e 1980

⁺Esses números não são as médias nacionais, portanto não podem ser usados diretamente para extrapolar as séries temporais.

As informações da tabela 24 são suficientemente boas para concluir que o preço da lenha tem crescido mais rapidamente que a inflação do dólar. Apenas para 1970, tivemos acesso aos resultados de uma pesquisa de preços na região sudeste. Os valores de Cr\$ 7,15/m³ e Cr\$ 6,44/m³ para preços residenciais e industriais concordam razoavelmente bem com os preços obtidos para 1970, já que o preço do sudeste é geralmente 25% mais alto do que a média nacional.

O preço de US\$ 10/t para Poços de Caldas em 1978 provavelmente corresponde ao preço nacional para aquele ano. O preço do começo de 1980 em Poços de Caldas é interessante porque é determinado por um grande fornecedor que entrou recentemente no negócio. A 100 km dali, a Champion Celulose joga fora sobras de madeira que são pequenas demais para o seu processo de produção de celulose. Como resultado, o preço da lenha do começo de 1980 em cruzeiros inflacionados foi o mesmo que o de meados de 1979, apesar de uma inflação de mais ou menos 60%.

Os preços reais para um vendedor de lenha podem facilmente variar por fatores tão grandes quanto 5, dependendo se a lenha vem de floresta nativa, de terra barata, com todo o trabalho sendo manual, ou se vem de uma plantação, de terra cara, com alguma mecanização. Isso pode ser deduzido por comparações das estimativas de custo (16) do abastecimento de madeira para a produção de carvão com os preços da lenha daquele ano. É evidente que não se pode estimar os preços locais da lenha sem que haja uma grande incerteza, a não ser que se tenha informações locais confiáveis.

Na tabela 25, tentamos contrastar a importância da lenha em termos econômicos com sua importância no balanço energético nacional. As quantidades aproximadas das diferentes fontes primárias de energia a serem usadas em 1980 são multiplicadas pelo preço aproximado por unidade dessas fontes. O resultado dá a quantidade de dinheiro a ser paga por todos os consumidores para essas diferentes fontes.

TABELA 25 - Custos para os Consumidores de Energia Brasileira-1980

| | | | |
|-------------------|-------------------------|----------------------------|------------|
| Derivados de óleo | 50 M Ton. | US\$ 440/ton. | 22, B US\$ |
| Eletricidade | 135 10 ⁹ kWH | US\$,04/kWH ⁺ | 5, B US\$ |
| Lenha | 90 M Ton. | US\$ 10/Ton. | 0,9 B US\$ |
| Carvão vegetal | 5 M Ton. | US\$ 80/Ton. ⁺ | 0,4 B US\$ |
| Outros | 5 M Ton. | US\$ 200/Ton. ⁺ | 0,1 B US\$ |
| | | | 29, B US\$ |

⁺ Estimadas pelo autor - as conclusões dessa tabela são pouco sensíveis a possíveis erros nessas estimativas

A participação percentual da lenha nos custos totais do combustível para o consumidor é de cerca de 3%. Esse cálculo supõe que o preço foi pago até mesmo pelos usuários de lenha que a produziram para si, ou que obtiveram a lenha fora do mercado. Em outras palavras, superestima o impacto do pagamento da lenha em termos de fluxo monetário. A participação da lenha em termos de seu valor energético relativamente ao valor energético de outras fontes é da ordem de 30% para a sociedade brasileira atualmente BEN-78 (ref. 2) correntemente afirma que é 20%. Veja o apêndice I para discussão do ponto de vista do autor que afirma que 30% é uma estimativa melhor para a participação da lenha.

Pelas muitas razões de não ser a lenha um combustível tão conveniente quanto os derivados líquidos de petróleo, a sociedade lhe deu como valor uma pequena fração do atualmente dado ao petróleo. Fica para ser visto em quanto tempo e a que nível a sociedade vai alterar sua avaliação para a lenha.

APÊNDICE I

Aspectos Técnicos e Problemas sobre a
Combustão da Madeira e Cálculos de Consumo

As propriedades físicas e as características de combustão da madeira são bem pobres comparadas com combustíveis fósseis, particularmente com as formas líquidas e gasosas. A madeira é um sólido volumoso, sendo altos os custos de seu transporte. A madeira verde é úmida e queima com dificuldade devendo ser estocada para secar. Nos climas úmidos, ela pode apodrecer antes de secar. Já que a madeira é um sólido, é difícil controlar a combustão e a eficiência é geralmente baixa. O teor de umidade e até mesmo as propriedades de combustão variam consideravelmente entre as espécies. No entanto, os combustíveis de primeira não são disponíveis imediatamente em muitos países ou regiões, assim a madeira continua sendo uma opção de energia importante, apesar dessas desvantagens.

Medindo o uso da madeira

Unidades de volume: Para o uso doméstico e em um comércio mais informal de lenha, a unidade padrão é o m^3 empilhado à solta. Essa unidade é chamada tecnicamente de stères e é abreviada $m^3(st)$ ou (st). Infelizmente, ela é geralmente chamada de m^3 e há uma confusão com o m^3 sólido, mais precisamente definido, o qual é simplesmente um m^3 sólido de madeira, como se fosse tirado de uma árvore gigante. A relação entre stères (st) e m^3 sólidos não é simples, pois depende do tamanho e do tipo de madeira. A tabela I-A mostra que o fator de conversão varia de 0,8 a 0,2, dependendo do tipo de madeira.

TABELA I-A - Fatores de Redução para a Conversão da Madeira Empilhada para Conteúdo Sólido de Madeira

| Espécie | Classificação por diâmetro | Fator de redução |
|-------------------------|-----------------------------------|------------------|
| Coníferas | Grande roliça e reta | 0,80 |
| | Toras médias planas e retas | 0,75 |
| | Toras médias tortas | 0,70 |
| | Lenha roliça pequena | 0,70 |
| Madeiras de lei | Toras grandes planas e retas | 0,70 |
| | Toras grandes tortas | 0,65 |
| | Lenha pequena roliça plana e reta | 0,65 |
| | Lenha pequena roliça torta | 0,55 |
| Galhos pequenos e varas | Lenha pequena redonda torta | 0,30 - 0,45 |
| Gravetos | Lenha pequena redonda torta | 0,15 - 0,20 |

Fonte: Troup (1926), como apresentado por D.E. Earl (ref. 14)

A MEB-70 (Matriz Energética Brasileira - 1970) escolhe 0,7 como fator de conversão para o Brasil. Essa cifra pode ser muito alta. Um fator de 0,65 é usado na literatura da FAO. Geralmente se ouve, em pequenas cidades, que o metro tem 90cm de comprimento e também que a madeira é vendida do caminhão, ao invés de ser vendida depois de ser empilhada cuidadosamente no chão. Além disso, apenas cerca de 20% da lenha vem de plantações, produzindo madeira que pode ser empilhada de forma compacta.

Já que o consumo de lenha no Brasil é calculado a partir de estimativas de unidade de consumo começando com stères, pode ser que exista aproximadamente um erro de 10% no sentido de se sobre-estimar o consumo total em m^3 sólidos.

Para os outros derivados da madeira, as medidas são feitas em m^3 ou em toneladas, mas geralmente há diferentes fatores de conversão para cada derivado. A equivalência em madeira roliça em m^3 é dada na tabela I-B para vários produtos. Observe que geralmente 2 m^3 (sólido) de madeira roliça produzem 1 m^3 de materiais de madeira, enquanto que 5 m^3 de madeira roliça produzem 1 tonelada de celulose ou de produtos de papel.

TABELA I-B - Fatores de Conversão para Produtos Florestais em Termos de Equivalência de Madeira Roliça (EMR ou "Round Wood Equivalents - RWE")

| Produtos | Unidade | m ³ sólidos (EMR) | |
|--------------------------------------|---------------------|------------------------------|-----|
| Aglomerados | m ³ | 1,93 | (1) |
| prensados | m ³ | 2,7 | |
| não prensados | m ³ | ,5 | |
| Madeira prensada ("Particle panels") | m ³ | 1,8 | |
| Compostos e laminados | m ³ | 2,4 | |
| Celulose | | | |
| fibra curta | t | 4,2 | |
| fibra longa | t | 5,2 | |
| Papel | t | 5,1 | (1) |
| Lenha | m ³ (st) | ,2- ,8 | |
| Madeira para carpintaria | m ³ | 1,9 | (2) |
| Carvão vegetal | mdc (3) | 1,5-2,0 | (4) |

(1) Valor médio

(2) Média das coníferas: 1,8 , média das não coníferas: 2,0

(3) Metro cúbico de carvão vegetal - não prensado, logo variável

(4) As plantações de eucalipto podem produzir 1 mdc com apenas 1,5 m , enquanto que 2,0 m de cerrados são necessários

Fonte: R.F. Castro e J.R. Nascimento IBDF/COPLAN (ref. 16)

Densidade:

Diferentes espécies de madeira tem densidades bem diferentes, mas os valores médios não parecem variar muito entre um país e outro. Alguns tipos de eucalipto são bem densos, mas apesar que o objetivo é no sentido de aumentar o uso dessas espécies no Brasil, ele ainda contribui com apenas uma pequena fração do total de lenha.

A tabela I-C mostra os valores de densidade usados pela MEB-70 e pelo BEN-78⁺ e os de uma referência norte-americana.

TABELA I-C - Densidades

| | Fonte | Comentários |
|-----------------------------|---|--|
| <u>Lenha</u> | | |
| 400 ± 20% kg/m ³ | MEB-Normas Técnicas 1972 usado pela MEB-FINEP ⁺⁺ BEN-78 etc. | Aparentemente esse é o peso seco por m ³ sólido |
| 320 ± 10 kg/m ³ | Tillman (13) | Peso seco, madeiras norte-americanas empilhadas à solta |
| 500 ± 10% kg/m ³ | Tillman | Peso seco, m ³ sólido Madeiras norte-americanas |
| <u>Carvão</u> | | |
| 240 ± 5% kg/m ³ | MEB-Normas Técnicas 1972 usado pela MEB-FINEP BEN-78 etc Tillman | Peso seco/empilhadas à solta |

O valor brasileiro de 400 kg/m³ parece baixo para um valor de peso seco e claramente muito baixo para um valor de peso úmido. Isso será examinado na seção sobre o cálculo de equivalentes de energia da madeira.

⁺ Balanço Energético Nacional - 1978
Ministério das Minas e Energia

⁺⁺ Atualização da MEB-70 feita pela FINEP em novembro de 1979.

O Calor de Combustão dos Combustíveis de Madeira

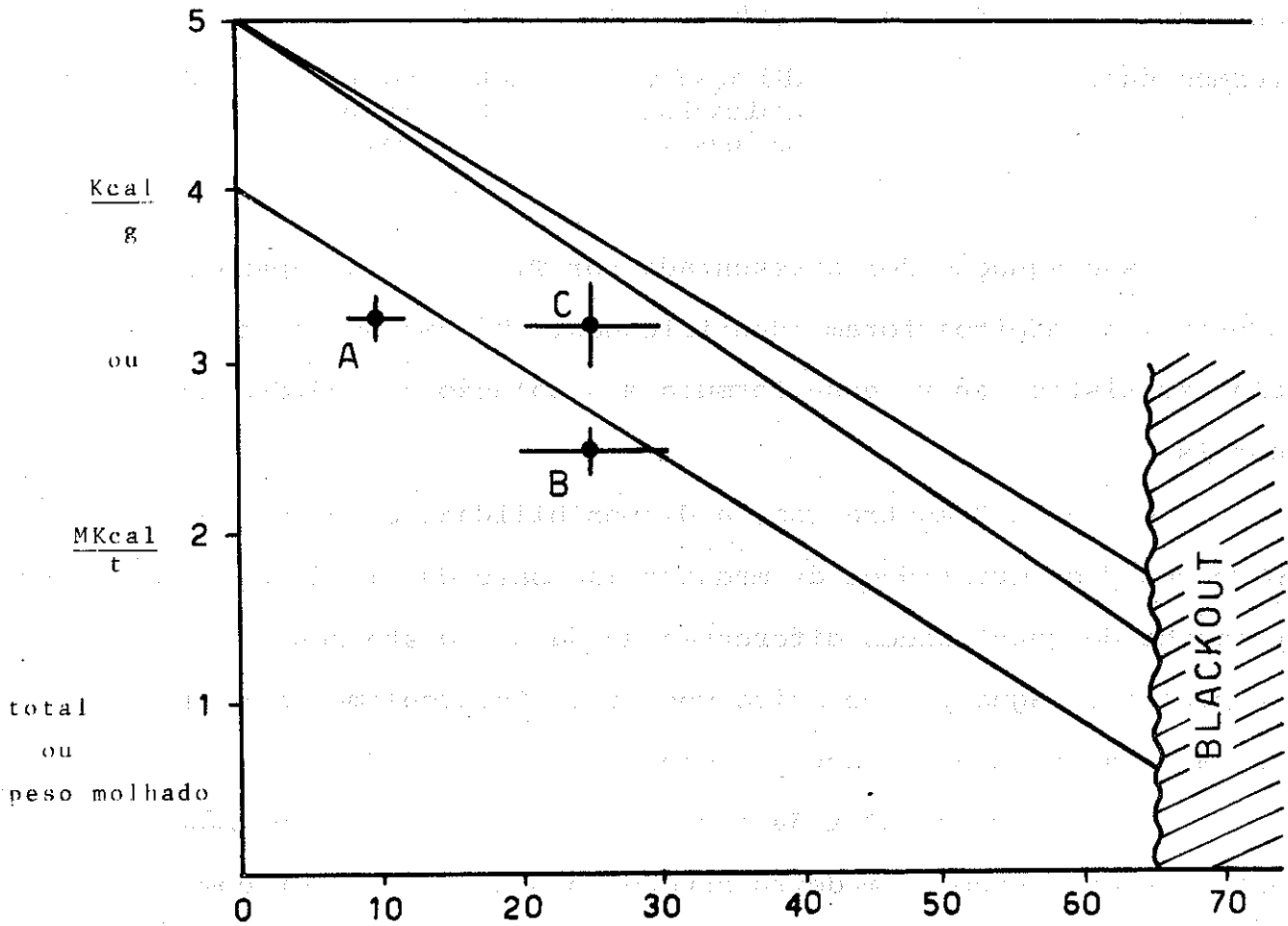
Esse tópico foi revisto por Tillman (13) e seu trabalho foi fonte importante para essa discussão. O calor de combustão da madeira depende da espécie, mas a variável mais importante é o teor de umidade, que varia consideravelmente entre as espécies mas também depende das condições que prevalecem entre o tempo que a madeira é cortada e quando ela é queimada. É comum, mas errado, se acreditar que a energia necessária para evaporar a água e alguma interferência da água com a combustão completa são as razões principais pelas quais a madeira úmida é um combustível menos útil que a madeira seca. Isto é simplesmente a diluição do combustível com uma substância pesada, relativamente inerte, que é mais importante na diminuição do calor de combustão da madeira. Isso fica evidente nas relações mostradas nas figs. I-A e I-B. Outra condição, porém, é que a madeira úmida é de difícil ignição, precisando de esforços maiores, de jeito e tempo por parte do usuário.

Os calores de combustão de espécies diferentes de madeira variam entre 4,5 e 5 kcal/g para secagem no forno de 5-8% ou 0% de teor de umidade. A figura I-A usa 5 kcal/g (que é igual a 5 Mkcal/t). Se a média brasileira é 4,5 kcal/g, a fig. I-A ainda está próxima de representar o declínio desse valor com o aumento do teor de umidade. Na fig. I-A, a linha superior mostra o simples e feito de diluição pela água. Por exemplo, se 1 kg de amostra tem realmente 50% de água, então obviamente seria possível obter desse kg de material apenas 50% de calor, que será obtido de 1 kg de madeira sem água. A linha do meio mostra principalmente o resultado da energia perdida pela remoção de água por evaporação.

(13) D.A. Tillman, Wood as an Energy Resource, Academic Press 1978, New York & London.

FIGURA 1 A

DEPENDÊNCIA DO CALOR DE COMBUSTÃO COM O TEOR DE UMIDADE. Tillman (13)



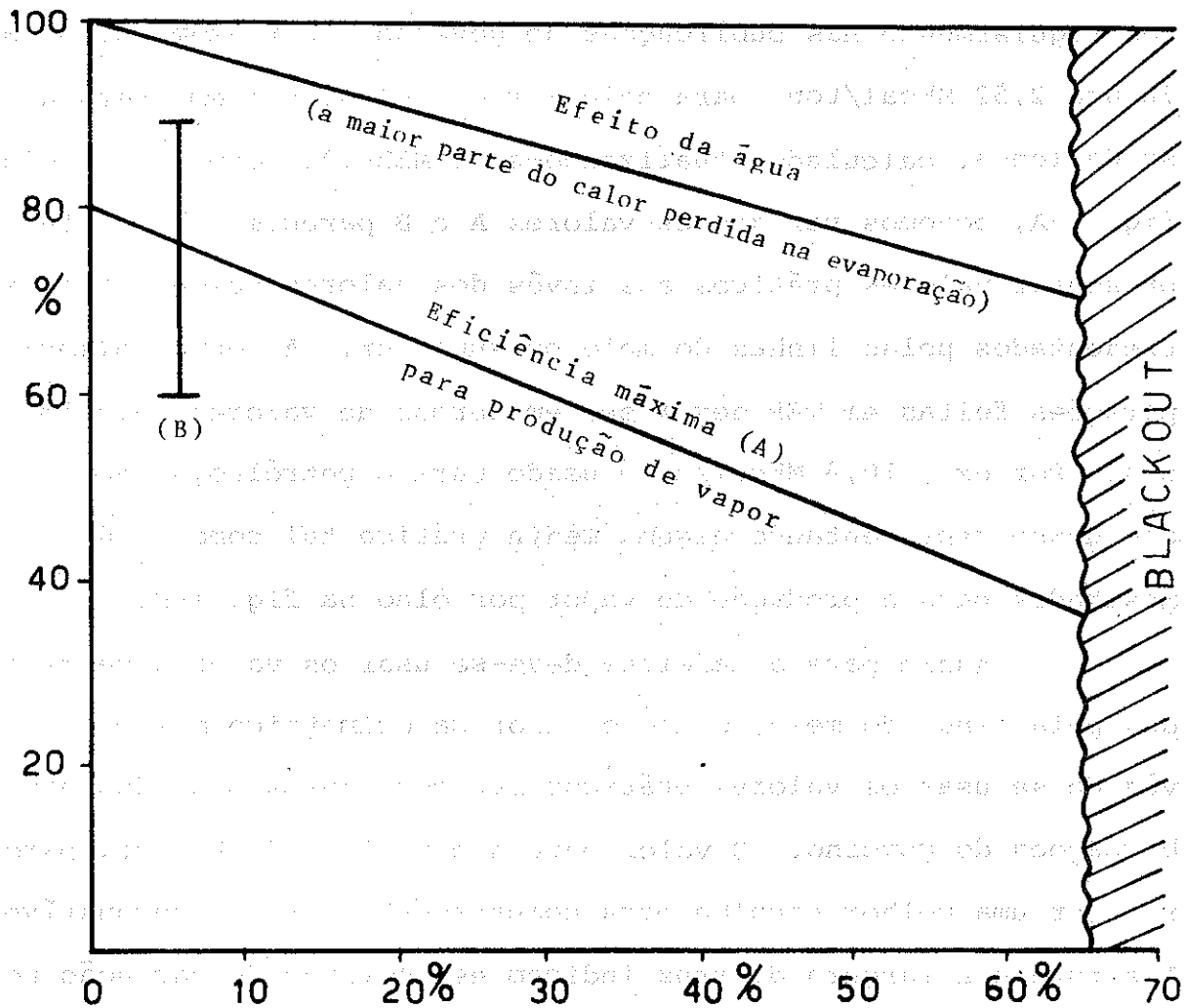
% umidade (peso líquido) como recebido ou como queimado

| | <u>(Mkcal/t)</u> | <u>Umidade</u> | <u>Fonte</u> |
|----|------------------|----------------|----------------------------------|
| A. | 3,25 ± 5% | 10% | Belgo Mineira |
| B. | 2,52 ± 5% | 20-30% | valor nacional atualmente aceito |
| C. | 3,2 ± 10% | 20-30% | proposto nesse estudo |

FIGURA 1 B

EFEITO DA ÁGUA NA EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA COMO COMBUSTÍVEL EM TERMOS DE PESO SECO DA MADEIRA

PORCENTAGEM ALCANÇADA DE PRODUÇÃO DE CALOR DA MADEIRA EM COMPARAÇÃO COM O MÁXIMO, QUANDO SECA.



% umidade (madeira seca) como recebida ou quando queimada (C)

Fonte: As duas curvas aqui são simplesmente as curvas do meio e da parte superior da fig. I-A divididas pela curva superior da fig. I-A

- (A) Essa curva inclui o efeito da curva superior mas, além disso, mostra um tipo de eficiência máxima prática alcançável nas caldeiras convencionais.
- (B) Variação das eficiências para caldeiras a vapor usando óleo para aquecimento (grandes ou pequenas). Essa barra é posta aqui para comparação com a escala de eficiência, ignore a escala de % de umidade.
- (C) D.E. EARL (14) afirma que é costume nas transações com madeira se usar uma escala de umidade com base em peso seco, assim, aquelas de 50% de umidade da fig. I-A e I-B seriam chamadas de 100% de umidade. Para usar essa convenção estranha é necessário apenas mudar as escalas superiores nessas figuras.

Comparação com os Calores de Combustão da Madeira Usados no Brasil

Na figura I-A, as cruzes A e B representam os valores da dos regularmente nas publicações do governo. Por exemplo, o BEN-78 usa 2,52 Mkal/ton para calcular o equivalente em energia do uso da lenha, calculado atualizando-se o MEB-70. Com referência à fig. I-A, podemos ver que os valores A e B parecem claramente representar valores práticos aos invés dos valores calorimétricos representados pelas linhas do meio ou superior. A convenção para comparações feitas em TEP devem ser em termos de valores calorimétricos. Por ex., 10,8 Mkal/t é usado para o petróleo, e não uma fração desse representando alguma média prática tal como os 60 a 90% mostrados para a produção de vapor por óleo na fig. I-B.

Assim para a madeira, deve-se usar os valores representados pela linha do meio, dando o valor calorimétrico máximo, ao invés de se usar os valores práticos máximos, que são usados nas publicações do governo. O valor para a cruz C, 3,2 Mkal/t, pareceria ser uma melhor escolha para comparações entre os combustíveis. A altura e a largura da cruz indicam estimativas da variação no teor de umidade no momento da queima para a maior parte das lenhas e a variação provável no calor de combustão da média das madeiras brasileiras. Lembre-se, 5 kcal/g a 0% de umidade é próximo do limite superior da faixa de madeiras típicas: 4,5 kcal/g a 5 kcal/g.

A seguir, avaliaremos o efeito do valor mais alto proposto nos cálculos energéticos brasileiros, juntamente com o efeito de outras correções.

Cálculo da Equivalência de Energia da Madeira:

Um cálculo modelo será mostrado para se identificar com clareza o procedimento:

1. Usando os valores brasileiros dados para 1976 (números arredondados para se evitar algarismos não significativos)

Insumo básico: = 330 Mm³ steres
Consumo de lenha (sem contar carvão)

$\frac{\text{steres}}{\text{m}^3 \text{ sólido}} = 0,7$ densidade a peso seco = $0,4 \frac{\text{t}}{\text{m}^3 \text{ sólido}}$ Média nacional do calor de combustão a 25% de umidade nominal = $2,5 \frac{\text{Mkcal}}{\text{t}}$

densidade quando molhada a um teor de umidade de 25% = $0,53 \frac{\text{t}}{\text{m}^3}$ 10,8 Mkcal = 1 TEP

a. (330 M steres) x 0,7 = 230 Mm³ sólido

$230 \text{ Mm}^3 \times 0,53 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 122 \text{ M t} \times \frac{2,5 \text{ Mkcal}}{10,8 \text{ Mkcal}} \frac{\text{TEP}}{\text{T}} = 28,2 \text{ MTEP}$

b. Porém, se se usa incorretamente a densidade da madeira seca:

$230 \text{ Mm}^3 \times 0,4 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 92 \text{ M t} \times \frac{2,5 \text{ Mkcal}}{10,8 \text{ Mkcal}} \frac{\text{TEP}}{\text{t}} = 21,3 \text{ MTEP}$

Os resultados dentro dos círculos são exatamente os valores publicados no BEN-78. Se os números não são arredondados, a concordância é perfeita. Esse mesmo resultado é observado para todos os dados do BEN-78, i.e., todos os anos e todos os relatórios que concordam com o BEN-78, como a MEB-FINEP, etc.. O erro está presente no trabalho básico do MEB-70, do qual derivam todos os outros estudos.

O resultado desse erro de procedimento é uma representação subestimada substancial do valor energético da lenha no contexto nacional. Porém se tentamos os mesmos cálculos adotando outras recomendações desse trabalho, as diferenças se tornam ainda maiores.

Usando um fator de conversão menor para steress/m³, chega-se a uma pequena redução, mas usando-se o calor de combustão da madeira recomendado, chega-se a outro aumento substancial.

2. Cálculo do equivalente energético do uso brasileiro da lenha (sem contar o carvão), usando-se os valores recomendados e o procedimento correto:

insumo básico: para 1976 330 Mm³ steress

mas usando:

| | peso seco | 25% teor de umidade | valor calorífico a 25% de teor de umidade |
|---|------------------------------------|------------------------------------|---|
| 0,6 $\frac{\text{steress}}{\text{m}^3}$ | 0,45 $\frac{\text{t}}{\text{m}^3}$ | 0,60 $\frac{\text{t}}{\text{m}^3}$ | 3,2 Mkkal |

ao invés de

| | | | |
|-----|-----|------|-----|
| 0,7 | 0,4 | 0,53 | 2,5 |
|-----|-----|------|-----|

$$\underline{330\text{Mst}} \times 0,6 = \underline{196 \text{ Mm}^3} \times 0,6 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = \underline{118\text{M t}} \times \frac{3,2}{10,8} = \underline{35 \text{ MTEP}}$$

Assim, 35 MTEP ao invés de 21,3 MTEP é o resultado

BEN-78 aproximado

| | |
|--------------------|-----------|
| lenha | 21,3 |
| outros | 78,8 |
| (incluindo carvão) | 99,1 MTEP |

proposto aqui

| | |
|--------|------------|
| lenha | 35 |
| outros | 78,8 |
| | 113,8 MTEP |

O consumo total de lenha em equivalente energético é ~ 50% mais alto que atualmente indicado no BEN-78.

Comparação dos Dois Procedimentos:

Usando o calor de combustão de 0% de umidade

Considere 1m^3 de madeira seca com um calor de combustão de 4,6 Mkcal/t e densidade, quando seca, de $0,5\text{ t/m}^3$.

$$\text{Calor de combustão} = 0,5\text{ t} \times 4,6\text{ Mkcal/t} = 2,3\text{ Mkcal}$$

Usando o calor de combustão de 25% de umidade

Com o mesmo 1m^3 de madeira, agora pesando $0,67\text{ t}$ e $3,2\text{ Mkcal/t}$ (da fig. I-A)

$$\text{Calor de combustão} = 0,67\text{ t} \times 3,2\text{ Mkcal/t} = 2,1\text{ Mkcal}$$

Esses resultados mostram a perda de 10% no calor de combustão, devido ao uso da madeira com 25% de teor de umidade. O valor recomendado de $3,2\text{ Mkcal/t}$ foi escolhido por causa dessa relação no que diz respeito ao valor com provavelmente 0% de teor de umidade da madeira brasileira. Aparentemente, a FAO usa o enfoque que considera 0% de teor de umidade. Este tem a vantagem de envolver as definições mais simples.

O enfoque atual brasileiro que usa 2,5 Mkcal/t, leva em conta as perdas de eficiência adicionais na conversão do calor, mas essas perdas são da mesma natureza que as que ocorrem no uso do petróleo, para o qual essas perdas não são levadas em conta.

Comparando o uso de eletricidade com outros usos de energia nos cálculos nacionais brasileiros, costuma-se contar o valor equivalente de óleo da força hidráulica convertida com alta eficiência. Isso é razoável, já que quase que todo o uso da eletricidade não pode ser simplesmente substituído por calor, sem passar por uma conversão ineficiente de energia calorífica para mecânica.

Pode-se apresentar um argumento mais ou menos paralelo, que os fogões a lenha em princípio podem ser substituídos pelos fogões a GLP, muito mais eficientes, com talvez um fator 5 na redução do uso da energia. Então, nessas bases, pode-se argumentar que o valor energético da madeira deve ser desvalorizado por um fator 5 em comparação com o petróleo mais ou menos da mesma maneira como o valor energético intrínseco da eletricidade é aumentado de um fator de cerca de 3 em comparação com o petróleo.

Porém, a eficiência da cozinha doméstica é extremamente variável (10) e determinar o melhor fator de conversão para a média brasileira não seria fácil. Além disso, e mais importante, apenas cerca de 50% do uso da lenha é na cozinha doméstica. O uso aproximado de 25% da lenha na indústria é muito diferente em termos de eficiência de utilização da energia e as possibilidades técnicas são tais que as eficiências em alguns casos se aproximam das do petróleo. Por essa razão, os cálculos energéticos nacionais devem usar um valor calorimétrico para o calor de combustão da madeira, ao invés de usar um valor representando alguma medida da atual eficiência de utilização prática.

O uso do valor calorimétrico também tenderia a por em evidência o tremendo valor energético da madeira que atualmente não está sendo usado, nem muito eficientemente, nem em tantas aplicações práticas dadas as incertezas da dependência do petróleo.

APÊNDICE II

"Predizendo" o Passado e Gerando Dados

Na introdução e no Apêndice I foi mostrado que existem sérios problemas com os dados sobre o consumo de lenha assim como também falta de informações. Usando basicamente o mesmo procedimento usado pela MEB-70 para gerar estimativas do consumo atual da lenha, tentamos (como mostrado na tabela AII-1) estimar o consumo do passado, para 1960 e 1940. A MEB-70 usa população regional, urbanização, número de fogões a lenha e consumo de lenha por fogão para calcular o consumo doméstico total. Nós usamos, ao invés disso, dados nacionais. Na coluna E da tabela, está a primeira estimativa. Não encontramos o número de domicílios para 1940, mas supomos uma continuação das tendências do presente. Do mesmo modo, tivemos que estimar que fração dos domicílios tinham fogão a lenha, mas uma vez que a fração já era de 83% de domicílios rurais em 1960, não devemos ter tido um erro grande na estimativa da porcentagem, a qual deve estar entre 83% a 100%. Já que a população urbana era apenas 31% da população total em 1940, o erro potencial na estimativa da porcentagem dos domicílios com fogões a lenha é também pequeno.

A outra suposição básica desse modelo é que a média de consumo de lenha por fogão não mudou durante esse período. Deve-se esperar que esse consumo médio era maior no passado, se mudou. Assim, nossa suposição não deve levar a uma super estimativa do consumo no passado.

Estimamos o uso da lenha na agricultura e na indústria, com base essencialmente no crescimento da população. Por outro lado, o consumo de madeira para fins não energéticos foi estimado mais precisamente com base no crescimento industrial. Já que es-

TABELA AII-1 - O Consumo de Madeira no Brasil

| Reconstruído o passado usando um modelo simples | | Brasil 1940 | Brasil 1960 | Brasil 1970 | Brasil 1976 | S. Paulo 1975 |
|---|---|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| + | A População (milhões) | 41 | 70 | 93 | 110 | 20.6 |
| + | B % Rural | 69% | 55% | 44% | 39.5% | 13.7% |
| | C Rural ou urbano nas próximas 6 linhas | $\frac{R}{U}$ | $\frac{R}{U}$ | $\frac{R}{U}$ | $\frac{R}{U}$ | $\frac{R}{U}$ |
| + | D População (milhões) | $\frac{28.4}{12.9}$ | $\frac{38.8}{31.3}$ | $\frac{41.}{52.}$ | $\frac{43.4}{66.7}$ | $\frac{2.8}{17.8}$ |
| + | E Domicílios (milhões) | $\frac{5.2(e)}{2.7}$ | $\frac{7}{6.6}$ | $\frac{7.3}{10.5}$ | $\frac{7.3}{14.5}$ | $\frac{.5}{4.0}$ |
| + | F Pessoas/domicílio D/E | $\frac{5.5}{4.7}$ | $\frac{5.5}{4.7}$ | $\frac{5.6}{5.1}$ | $\frac{5.9}{4.6}$ | $\frac{5.8}{4.4}(e)$ |
| + | G Domicílios c/ fogão a lenha (milhões) | $\frac{4.9}{1.8}$ | $\frac{5.8}{2.7}$ | $\frac{6.8}{2.5}$ | $\frac{5.8}{2.0}$ | $\frac{.25}{.2}(e)$ |
| ++ | H Consumo de madeira por fogão (m ³) | $\frac{15.6}{12.}$ | $\frac{15.6}{12.}$ | $\frac{15.6}{12.}$ | $\frac{15.6}{12.}$ | $\frac{15.5}{12.}$ |
| | J Consumo dos domicílios c/ fogão a lenha | $\frac{76}{23}$ | $\frac{90}{32}$ | $\frac{106}{30}$ | $\frac{90}{24}$ | $\frac{3.9}{2.4}$ |
| | J = G x H | $\frac{99}{99}$ | $\frac{122}{122}$ | $\frac{136}{136}$ | $\frac{114}{114}$ | $\frac{6.3}{6.3}$ |
| +++ | K Para produzir carvão | 7 | 11 | 28 | 45 | 4.0 |
| +++ | L Lenha para agricultura | 12(e) | 21 | 28 | 35 | 1.6 |
| +++ | M Lenha para indústria | 12(e) | 21 | 26 | 32 | 6.5 |
| | N Consumo total de lenha J + K + L + M | 130 | 175 | 218 | 226 | 19.4 |
| | P Consumo não energético da madeira | 5(e) | 11 | 18 | 40 | 11.7(f) |
| | Q Consumo de lenha per capita (m ³ /cap.) N/A | 3.2 | 2.5 | 2.3 | 2.1 | .94 |
| | R Consumo não energético de madeira per capita (m ³ /cap.) P/A | .12 | .16 | .19 | .36 | .57 |
| | S Uso total da madeira per capita (m ³ /cap.) | 3.3 | 2.7 | 2.5 | 2.5 | 1.5 |

(e) estimativa (f) produção

Fontes: + IBGE ++ MEB-70 +++ MEB-70 FDTE - EP/USP - CESP.

ses últimos números são pequenos, suas incertezas não afetam muito as estimativas do consumo total de madeira.

O consumo total de madeira, que resulta desse modelo, é substancialmente mais alto que os de Wilberg (veja tabela 2). Nas colunas Q, R e S da tabela AII-1 estão os valores do consumo per capita de madeira que resultam deste modelo. Eles mostram uma leve tendência de declínio no consumo de madeira como combustível per capita por causa da simples conexão com a urbanização e do declínio da porcentagem de fogões a lenha entre todos os domicílios. O uso gradualmente crescente da madeira para fins não energéticos simplesmente segue a conexão de tal uso da madeira com a expansão econômica. Assim, o valor para o estado de São Paulo aparece como uma continuação desta tendência.

Comparação entre o Consumo de Lenha Calculado a Partir dos Dados da Pesquisa do IBGE sobre Gastos Familiares e o Consumo Calculado com Base no Número de Fogões

O IBGE fez uma pesquisa sobre os gastos familiares em vários estados e regiões para 1975. Ela foi publicada no Anuário de 1978. Tentamos trabalhar ao contrário: partir dos gastos médios da família com lenha para calcular o consumo doméstico total nas regiões ou nos estados. O procedimento e os resultados são mostrados na tabela AII-2. A coluna F é a quantidade de lenha doméstica calculada por esse procedimento, enquanto que a coluna G é a quantidade de lenha doméstica calculada pelo procedimento descrito na seção II-B (i.e., número de fogões x consumo médio/fogão). Esse último procedimento é o que dá os números do consumo da MEB-70, i.e., concorda com o BEN-78, etc..

Nota-se que essas estimativas concordam razoavelmente bem em São Paulo e no Rio, mas as discrepâncias são muito grandes

TABELA AII-2 - Comparação entre as informações do IBGE sobre gastos familiares com o consumo calculado a partir das estimativas do número de fogões a lenha.

| | A | B | C | D | E | F | G | J |
|------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---|---|---|---|--|--|
| 1 9 7 5 REGIÃO | POPULAÇÃO 1975 (milhões) | Nº FAMÍLIAS (milhões) | Gasto médio da família com a lenha (incl. não monetário) 1975 C | Preço Médio da lenha CR\$/m ³ D | Consumo médio familiar C/D em m ³ /fam. E | Total do consumo doméstico de lenha B X E (10 ⁶ m ³) F | Consumo total doméstico de lenha calcula- do a partir do nº de fo- gões a lenha (10 ⁶ m ³) G | Produção de lenha (incl. não domésti- co) (10 ⁶ m ³) J |
| NORDESTE | 32.0 | 5.8 | 91 CR\$ | 15 | 6.1 | 35. | 50 | 44 |
| SÃO PAULO | 20.6 | 4.2 | 24 CR\$ | 25 | 1.0 | 4.2 | 6.3 | 18.5 |
| R. JANEIRO | 10.4 | 2.2 | 24 CR\$ | 22 | 1.1 | 2.4 | 2.7 | .9 |
| M. GERAIS/ E. SANTO | 14.3 | 2.6 | 72 CR\$ | 22 | 3.3 | 8.6 | 22 | 26 |
| SUL | 19.3 | 3.5 | 119 CR\$ | 26 | 4.6 | 16. | 30 | 46 |

Fontes: A, B, C, D, J. Anuário - 1978 - IBGE.

em estados e regiões mais rurais. Isto pode se dever em parte a erros maiores nos preços médios nos estados e nas regiões rurais, mas mais provavelmente, deve-se às dificuldades de se calcular cuidadosamente o consumo rural de lenha em termos de preços.

Na coluna J, incluímos cifras de produção do IBGE, as quais incluem todos os tipos de lenha. Para São Paulo, a produção é suficiente para abastecer a demanda e vender parte para o Rio, cuja produção não alcança a demanda. Isso sugere que a medida da produção é razoavelmente boa em São Paulo. Porém, em outros estados e regiões que estão incluídas na tabela AII-2, a produção dada pelo IBGE não é suficiente para suprir a demanda tanto do setor doméstico quanto outros usos da lenha. A produção do IBGE é também inadequada para suprir a demanda segundo os cálculos da pesquisa sobre os gastos familiares para a região nordeste do próprio IBGE. Para Minas Gerais e Espírito Santo e para a região sul, as cifras de produção do IBGE podem suprir as demandas calculadas segundo a pesquisa de gastos familiares, mas achamos que a discrepância com a coluna G aqui é muito grande. Basicamente, é uma especulação que a contagem dos fogões é mais acurada que medir-se o consumo de madeira em termos de preço.

APÊNDICE III

Três recomendações:

I. Organizar e dar prioridade especial para uma MEB-80, i.e., um programa como a MEB-70, para estudar e quantificar os padrões de uso de energia, incluindo madeira. Juntamente com o IBGE, as seguintes informações devem ser determinadas novamente para o consumo de madeira:

1. O número de domicílios com tipos diferentes de fogão nos diferentes estados, segundo seu status urbano ou rural.
2. A quantidade de lenha usada no setor doméstico em m^3 (sólidos)/domicílio nos diferentes estados e segundo o status urbano ou rural.

Também,

3. Estudos mercadológicos e sobre preços do consumo de lenha por região, por estado e, talvez, mesmo local devem ser expandidos.

Para reduzir as incertezas das medidas acima, será necessário resolver vários problemas, todos relacionados com o estabelecimento de um grupo consistente de valores médios brasileiros para importantes parâmetros. Entre esses estão:

- A. O desenvolvimento de um procedimento para converter o consumo de madeira medido em m^3 (steres) para m^3 (sólido).
- B. A verificação do teor porcentual típico de umidade da madeira queimada.
- C. A verificação da variação e do valor médio da densidade da madeira, tanto a 0% de umidade como na porcentagem de umidade quando queimada.
- D. Reavaliar a escolha apropriada de valores de calor de combustão a serem usados em diferentes contextos de energia. A faixa vai desde o calor de combustão a 0% de umidade até a % de umidade quando da combustão e também a partir de valores calorimétricos teóricos

para valores práticos específicos dos processos.

E. O estabelecimento de padrões similares para a produção de carvão: verificar as atuais quantidades médias de madeira em m³ sólidos necessárias para produzir 1 tonelada de carvão a partir de diferentes fontes: cerrados, matas nativas e matas plantadas.

II. Coordenar as publicações do IBGE e IBDF de modo que conjuntos consistentes de informações sobre a lenha, madeira para carvão e uso da madeira para fins não energéticos, sejam publicados.

III. Direcionar os planos de ação institucionais que envolvem a lenha para garantir que os incentivos para o consumo de lenha sejam baseados nas melhores informações disponíveis, e que os conjuntos de informações sobre o uso da lenha não resultem no desencorajamento deste uso, nem no encorajamento de informações falsas.

Opiniões

O consumo doméstico da lenha é um componente importante na vida de uma grande fração dos habitantes rurais do Brasil e a crise mundial de petróleo sugere que a lenha vai continuar importante. Assim sendo, uma política que melhore ou proteja o acesso e a disponibilidade de abastecimento de lenha local terão um impacto social muito grande e positivo na vida de cerca de 1/3 de todos os brasileiros e impactos positivos indiretos em todo o Brasil.

A rápida devastação florestal no sudeste, juntamente com uma grande pressão demográfica, o rápido crescimento econômico e a demanda concomitante de madeira para fins não energéticos, a partir de plantações de madeira e alimentos das fazendas locais, irá levar a uma falta de lenha na década de 80, a não ser que a lenha seja considerada como um elemento importante no planejamento do uso da terra.

No nordeste, as demandas da grande população e o maior (que no sudeste) consumo de lenha per capita juntamente com a falta quase que total de reflorestamento vai levar a uma falta ainda mais séria da lenha na década de 80. Com seu menor potencial econômico, o nordeste terá poucas opções para enfrentar essa falta.

O reflorestamento deveria, então, também ser estimulado onde os usuários da lenha estão, i.e., no nordeste. O reflorestamento não pode ser muito enfatizado porque a eliminação das florestas nativas nas áreas populosas está acontecendo muito rapidamente.

Um reflorestamento cuidadosamente planejado, mas extensivo, deveria ter um impacto benéfico a longo prazo no clima, i.e., no alto curso do São Francisco, uma maior cobertura de árvores poderia reduzir os crescentes danos anuais das enchentes no curso baixo.

Referências

1. Wilberg, Julius A., "Consumo Brasileiro de Energia", Revista Brasileira de Energia Elétrica 17, 27 (1974).
2. Ministério de Minas e Energia, Brasília, "Balanço Energético Nacional 1978".
3. FDTE-EP/USP-CESP-1978, Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Companhia Energética de São Paulo
"Consumo Energético no Brasil, Perspectivas para 1990".
4. Anuário Estatístico 1978 (IBGE) - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (veja também outros anos).
5. "Perspectivas e Tendências do Setor Florestal Brasileiro 1975-2000 - Vol. I e Vol. II, Ministério da Agricultura/IBDF, Brasília, 1977.
6. MEB-FINEP 1979 - Grupo de Estudos sobre a Energia - M.T. Pierangelini, N.C. Chaves, R.V. Reis.
7. IBDF/COPLAN.
8. MEB-70 Relatório Preliminar Global de MEB (1973).
9. Sumário do Relatório Preliminar Global de MEB (1973).
10. Fogões de cozinha: a tecnologia atual: J. Goldemberg e R.I. Brown 1979.
11. MEB-70 Relatório Preliminar Global. DT-GS 78 de 2/3/73.
12. J.E.M. Arnold - Natural Resources Forum 3 (1979) p. 230.
13. D.A. Tillman, Wood as an Energy Resource, Academic Press 1978, New York & London.
14. D.E. Earl, Forest Energy and Economic Development, Clarendon Press 1975, Oxford, Oxford University Press.
15. A. Makhijani e A. Poole, Energy and Agriculture in the Third World, Ballinger, Cambridge, Mass., 1975.

16. R.F. Castro e J.R. Nascimento IBDF/COPLAN 1979 "Análises e Projeções da Oferta de Madeira e Derivados 1979-1985.
17. Vilmar José de Oliveira - Florestal Acesita 1977 Análise Econômica do Carvão Vegetal.
18. Comunicação pessoal Vito Vanin - Instituto de Física da USP.
19. M.K. Muthoo - "Forest Energy and the Brazilian Socio-Economy, with special reference to Fuelwood", Eight World Forestry Congress, Jakarta 16-18 de outubro de 1978.
20. Adolpho Busse - Comunicação pessoal. "Consumo Energético Setorial, 1976", Eletrobrás.
21. Ronald D.P. Carvalho, "Jari, um bilhão de dólares na floresta", Jornal do Brasil, 2 de abril de 1979, Rio de Janeiro.