



*Economia e Energia* – <http://ecen.com>

Nº 58: Outubro-Novembro de 2006

ISSN 1518-2932

Também disponível em: <http://ecen.com>

Textos para Discussão:

### **Energia e Economia**

*João Antonio Moreira Patusco Ferreira.*

pág. 02

As relações entre energia e economia do Brasil revelam a penetração de setores intensivos em capital e energia na estrutura produtiva do País apresentando efeitos na produtividade de capital e no crescimento econômico. Sugere-se, ainda, uma alteração estrutural no programa de biodiesel de maneira a proporcionar aos pequenos produtores maiores participação e renda.

### **Avaliação das Emissões de CO<sub>2</sub> pelo Uso do Processo “Top-Down Estendido” entre 1970 e 2004**

*Olga Mafra, Frida Eidelman e Carlos Feu Alvim*

pág. 10

A aplicação de metodologia “Top-Down” do IPCC ao Balanço Energético Nacional permite avaliar as emissões de carbono emitidas nas atividades de transformação e uso da energia. Uma avaliação para os anos de 1970 a 2004 foi realizada neste trabalho. Também foi montado um Balanço de Carbono já que, à semelhança da energia, o carbono se conserva. Este trabalho é resultado de Termo de Parceria entre a OSCIP e&e e o MCT.

Texto para Discussão / Opinião:

## ENERGIA E ECONOMIA

João Antonio Moreira Patusco

### Sinopse:

O autor analisa as relações entre energia e economia do Brasil, apresentando indicadores de penetração de setores intensivos em capital e energia na estrutura produtiva do País e seus efeitos na produtividade de capital e no crescimento econômico. Ao final é sugerida uma alteração estrutural no programa de biodiesel em vigor, de maneira a proporcionar aos pequenos produtores maiores participação e renda.

### Análise:

Para efeito da análise, os setores econômicos do Brasil são agregados em três grupos, conforme identificados a seguir:

**Grupo 1** – Setores intensivos em capital e energia e de baixo valor agregado

**Grupo 2** – Setores intensivos em capital, de média intensidade em energia e de médio valor agregado.

**Grupo 3** – Setores pouco intensivos em capital e energia e com alto valor agregado.

De acordo com levantamentos e análises de dados de diferentes instituições e documentos (pesquisas da Gazeta Mercantil sobre ativos e empregos em cerca de 11.000 estabelecimentos comerciais e industriais, Contas Nacionais do IBGE, estudos sobre estoque de capital disponíveis na internet e Balanço Energético Nacional - BEN), são enquadrados em cada grupo os seguintes setores econômicos:

**Grupo 1:** aço bruto, alumínio, ferro-ligas, cimento, açúcar e energia.

**Grupo 2:** química, papel e celulose e cerâmica.

**Grupo 3:** serviços, eletroeletrônica, mecânica, fármacos, confecções, construção civil, enfim, todos os demais setores não especificados nos grupos 1 e 2.

Das análises dos dados disponíveis resultaram os seguintes indicadores médios para cada grupo:

#### INDICADOR 1:

*Unidade de Estoque de Capital por unidade de PIB*

Grupo 1: 7 para 1

Grupo 2: 4 para 1

Grupo 3: 1 para 1

#### INDICADOR 2:

*Emprego por milhão de reais de ativos*

Grupo 1: 1 (um)

Grupo 2: 3 (três)

Grupo 3: de 5 a 500 (cinco a quinhentos)

Dadas as distintas características, a maior ou menor inserção de cada grupo na estrutura produtiva do País tem reflexos sobre o nível de crescimento da economia.

De fato, no Brasil, principalmente a partir de 1980, teve início um processo de acelerado crescimento dos setores dos grupos 1 e 2 (exceção ao cimento e cerâmica, voltados para o mercado interno) em detrimento dos setores do grupo 3, conforme demonstram os indicadores a seguir.

1. Em 1980, a energia total agregada a produtos exportados (aço, alumínio, ferro-ligas, açúcar, celulose e soja) correspondia a 9% do consumo industrial de energia e em 2004 passou a 28%;
2. No caso da energia elétrica os percentuais foram de 5% para 16% (28,1 TWh em 2004);
3. Em 1990, o valor médio da tonelada de produtos importados correspondia a 1,9 vezes o valor da tonelada exportada. Em 2006 esta relação está em 2,8 – importamos a quase 900 dólares a tonelada e exportamos a cerca de 300 dólares a tonelada;
4. Com a China a relação era de 2,2 em 1990 e atualmente é de 18,8 – hoje importamos a 1.600 dólares e exportamos a menos de 90 dólares a tonelada;

5. 40% das exportações brasileiras estão centradas em *commodities* primárias, contra 11% da média mundial (segundo estudo do IPEA);
6. Na outra ponta, apenas 12% das exportações brasileiras estão centradas em produtos de alta tecnologia, contra 30% da média mundial;
7. Em 1974 a participação do agregado setorial “aço, alumínio, ferro-ligas, papel e celulose, açúcar e energia” no consumo final de energia do País era de 18%, passando a significativos 32% em 1985. Entretanto, a participação deste mesmo agregado no PIB se manteve praticamente constante no mesmo período, em torno de 8%. Como consequência, houve redução da produtividade do capital. Em 1974 eram necessárias 2,3 unidades de estoque de capital por unidade de PIB e em 1985 já eram necessárias 3,3 unidades de estoque de capital por unidade de PIB, situação que tem se mantido praticamente constante. O aumento da participação do agregado no consumo final de energia foi diretamente proporcional à perda de produtividade do capital;
8. Na mesma direção - negativa – de perda de produtividade do capital - o agregado setorial “Outras Indústrias do BEN”, inserido no grupo 3, teve sua participação no PIB reduzida de 21,5% em 1974, para 18,5% em 1985 e para 16,7% em 2004,
9. Assim, a economia do País, influenciada pela significativa penetração dos grupos 1 e 2 na estrutura produtiva, cresceu a apenas 2,1% a.a. no período 1980 a 2004, sendo que o consumo de energia cresceu a uma taxa maior, de 2,6% a.a. Esta perda de capacidade de crescimento econômico pode ser explicada pela seguinte seqüência de fatos: (i) implementação continuada de grande número de empreendimentos dos grupos 1 e 2, (ii) forte presença do Estado (i) aumento da dívida pública, (ii) aumentos das margens para corrupção e troca de favores, (iii) aumento do risco Brasil, (iv) aumento dos juros, (v) restrições de investimentos, (vi) concentração de renda, (vii) aumento da pobreza e (viii) aumento da carga tributária.
10. Em 1960 a produtividade de um americano correspondia à produtividade de 4 brasileiros (PIB/PEA), em 1980 a relação

melhorou de 1 para 3 e em 2002 voltou ao mesmo patamar de 1960 (IPEA);

Diariamente tomamos conhecimento de notícias sobre as reformas que são necessárias para tirar o País deste estado de inércia econômica: reformas política, tributária, trabalhista, sindical, do judiciário, da previdência, do sistema de crédito, do modelo de concessões, redução do Estado, dentre outras, mas pouco se fala de inovação tecnológica.

Por que tantos governos passam e as reformas não acontecem? De concreto não houve, ainda, uma ruptura estrutural de maneira a possibilitar que a máquina pública exista para servir a sociedade, e não para dela servir-se. Ao que parece, a política brasileira, influenciada por velhos políticos mantenedores de privilégios, emperra as reformas e/ou só permite que as mesmas caminhem a passos muito lentos, mesmo quando há boas intenções dos governantes.

Em 2005 tive a oportunidade de ler um artigo que dava informações sobre uma Cooperativa de pequenos proprietários rurais na área sucroalcooleira, no estado de Alagoas. A Cooperativa, de nome Pindorama, é formada por 2.600 famílias e tem como grande mérito, ser proprietária, também, dos processos industriais de produção de açúcar e álcool. Em 2004, cada família recebeu uma renda média mensal de R\$ 2.000,00 (dois mil reais) – excelente para o padrão rural - pela produção de 40.000 m<sup>3</sup> de álcool e de 40.000 t de açúcar. Restaram R\$ 12 milhões para investimentos e outras despesas. A cidade de Pindorama, com 27.000 habitantes, tem sua economia praticamente voltada para o suprimento das demandas de bens e serviços dos colonos e da indústria. Na cidade não há meninos de rua e mendigos. Cabe o registro de que a Cooperativa compete no mercado mesmo tendo a região nordeste menores níveis de produtividade.

Entusiasmado com a notícia, na mesma noite tive um sonho sobre o assunto e, por força do hábito – 30 anos lidando com estatísticas no BEN – mentalizei alguns cálculos (16 milhões m<sup>3</sup> de capacidade instalada de produção de álcool, divididos por 40 mil m<sup>3</sup> da Cooperativa, resulta em 400 cooperativas, que vezes 1.600 famílias, dá 640.000 famílias, que vezes 4 pessoas por família, dá 2.560.000 pessoas diretamente envolvidas na produção e, extrapolando para a economia da cidade de Pindorama, daria mais 6.750.000 pessoas vivendo dos bens e serviços das cooperativas – um total de 9.310.000 pessoas).

Ai, o sonho passou dos cálculos a imagens de crianças brincando em escolas bem estruturadas, com professores bem remunerados e, logo em seguida, vi meus filhos andando tranqüilamente pelas ruas, de madrugada, voltando para casa depois de uma festa. Quando acordei, a frustração: tratava-se de um sonho.

Não tenho os dados, mas creio que a indústria sucroalcooleira está praticamente 100% nas mãos de grandes empresários. É provável que este exemplo da Cooperativa Pindorama seja o único.

Os fundamentos da economia brasileira - baseada em estoque de capital físico de baixo valor agregado; baseada em estoque de capital humano de baixos níveis de escolaridade e qualidade; baseada em desenvolvimento tecnológico passivo e detentora de alta dívida pública – encontram obstáculos, no curto e médio prazos, para iniciar um ciclo de crescimento virtuoso e sustentável.

As exportações de *commodities*, de baixo valor agregado e concentradas em poucos produtos, não são capazes de manter crescimento econômico em níveis sustentáveis. Quando as exportações estão em alta – com superávit comercial - a demanda interna está em baixa e, quando a demanda interna está em alta, aumentam as importações e parcelas dos produtos de exportação se voltam para o mercado interno, havendo déficit comercial. O Brasil é dependente de máquinas e equipamentos de média e alta tecnologia e quando a demanda interna está aquecida há maior importação destes bens.

Nos últimos 35 anos não houve crescimento concomitante das exportações de *commodities* e da demanda interna. As taxas de crescimento das exportações físicas de produtos dos grupos 1 e 2 apresentaram comportamento oposto ao das taxas de crescimento do Valor Agregado Industrial.

O comportamento do consumo de energia do agregado “Outras Indústrias do BEN”, do grupo 3, ao contrário das *commodities*, sinaliza, com propriedade, os ciclos de bom desempenho da economia. Nos períodos 1970-80, 1983-88 e 1992-98, enquanto o PIB brasileiro cresceu, respectivamente, a 8,6% aa, 5% aa e 4,6%aa, o consumo de energia do agregado cresceu a 10,1% aa, 6,3% aa e 6,2% aa. Portanto, este agregado está fortemente relacionado ao desempenho do consumo interno e, em ciclos virtuosos de crescimento, demanda mais bens importados de alta tecnologia, além de maior demanda sobre as *commodities* nacionais (aço, alumínio, ferro-ligas, dentre outras).

Assim, o círculo vicioso se repete há vários anos, conforme a seguir:

Demanda interna aquecida => crescimento das importações de **bens de alta tecnologia** => redução das exportações de *commodities* => déficit comercial => pressão inflacionária => aumento do risco Brasil => aumento dos juros externos e internos => redução de investimentos => aumento dos juros => esfriamento da demanda interna => aumento das **exportações de commodities** => superávit comercial => demanda interna reprimida => redução de juros => demanda interna aquecida.

E na média, a economia tem patinado na faixa de 2% aa, com aumento da pobreza e da carga tributária.

Na alternativa de haver aumento dos investimentos – há vários anos se mantendo abaixo de 20% do PIB - o Brasil ainda teria obrigatoriamente de direcioná-los, em boa parte, para bens de média e alta tecnologia (grupo 3), de maneira a reduzir a dependência externa e agregar maior valor aos produtos exportados. Nesta condição, haveria possibilidade para crescimento da demanda interna concomitante com crescimento das exportações e superávit comercial. O grande desafio seria ganhar mercado frente à fúria dos países asiáticos em desenvolvimento.

Fundamental será estabelecer ações de suporte tecnológico às empresas nacionais, objetivando aumentar a intensidade tecnológica e de conhecimento. Para tanto, tornam-se necessários maiores investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento – P&D. O autor sugere a leitura do artigo: “Um Modelo de Desenvolvimento Nacional”, de autoria de José Fantine e Carlos Feu Alvin, disponível no endereço [http://ecen.com/eee57/eee57/eee57pum\\_modelo\\_de\\_desenvolvimento\\_nacional.htm](http://ecen.com/eee57/eee57/eee57pum_modelo_de_desenvolvimento_nacional.htm), que aborda detalhadamente sobre este tema.

Supondo que o almejado desenvolvimento tecnológico possa estar maduro somente em vinte anos, ações paralelas poderiam ocorrer, com foco nas atuais vantagens comparativas, notadamente na área da agroindústria, mas com políticas de melhoria na distribuição de renda, a exemplo da Cooperativa Pindorama. Caberia definir, por exemplo, políticas e ações que estabelecessem reserva de mercado de bioenergia para cooperativas proprietárias dos processos industriais e formadas por pequenos produtores. Pelo menos o Brasil já estaria caminhando para uma situação de maior bem-estar social.

A Cooperativa Pindorama é um exemplo real de que pode ser possível se gerar em programas do governo, como o do biodiesel, condições de melhor distribuição de renda, pelo menos na visão deste autor. Mais adiante se sugere um caminho para a criação de cooperativas com pequenos produtores, que sejam proprietárias do processo industrial e que tenham uma parte compulsória do mercado de bioenergia. Mesmo que a atual legislação permita, sem a ação direta do Governo o pequeno produtor não tem como se organizar em cooperativas e competir nos leilões com as empresas já estabelecidas.

A participação do pequeno produtor no valor de venda dos óleos vegetais, na conformação atual do programa de biodiesel, não passará de 10% e, mesmo assim, com salário mensal por família entre 300 e 350 reais – muito baixo do ponto de vista das necessidades básicas de uma família.

Se os óleos vegetais vão ser subsidiados, que pelo menos boa parte destes subsídios sejam direcionados para os pequenos produtores via as cooperativas sugeridas.

Os investimentos necessários para a primeira etapa de produção de 800.000 m<sup>3</sup> de óleo vegetal (2% do consumo atual de 40.000 m<sup>3</sup> de diesel) são da ordem de 480 milhões de reais, montante que representa apenas 1,4 % dos investimentos previstos pela Petrobras para o exercício de 2007, portanto, de fácil aplicabilidade se direcionados em parte para Cooperativas.

Como vantagens das Cooperativas e dos Cooperados podem ser citadas: (i) possibilitam menores custos de logística de escoamento, se devidamente localizadas regionalmente; (ii) auferem os lucros dos processos industriais, quaisquer que sejam as margens; (iii) auferem os ganhos advindos de avanços tecnológicos na agricultura e nos processos industriais; (iv) podem utilizar a oleaginosa de maior produtividade local; (v) passam a não necessitar da bolsa família e de outros auxílios do Governo; (vi) mantêm o homem no campo, diminuindo as pressões sociais nas cidades; (vii) cumprem com o pagamento dos empréstimos para investimentos e (viii) geram desenvolvimento local.

Os recursos evitados do bolsa família e de outros auxílios sociais do Governo poderiam ser redirecionados para P&D, por exemplo.

### **Sugestão para a criação de cooperativas**

O BNDEs entraria com a engenharia financeira, a EMBRAPA com a engenharia agrícola, a PETROBRAS com a engenharia industrial e de logística e o ESTADO com as potencialidades de colonos e respectivas terras.

A PETROBRÁS, pela sua competência e estrutura empresarial, coordenaria as ações, podendo ter alguma participação acionária nos primeiros anos, e saindo assim que os filhos dos colonos, formados em engenharia, agronomia ou administração, pudessem administrar 100% de todos os processos.

Tanto para álcool como para óleos vegetais a PETROBRÁS poderia firmar contratos de longo prazo que assegurariam seus compromissos de exportação e de vendas no mercado interno.

Texto para Discussão:

## AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> PELO USO DO PROCESSO “TOP-DOWN” ESTENDIDO ENTRE 1970 E 2004

*Olga Mafra, Frida Eidelman e Carlos Feu Alvim*  
*olga@ecen.com, frida@ecen.com, feu@ecen.com*

### Sumário

1 - Introdução .....	10
2 - Antecedentes .....	11
3 - Metodologia .....	12
4 - Uso do Programa <i>ben_eec</i> Na Apuração do Conteúdo de Carbono.....	14
4.1 Apuração dos Dados Energéticos através do Programa <i>ben_eec</i> .....	14
4.2 Cálculo do Conteúdo de Carbono no Programa <i>ben_eec</i> .....	18
5 - O Balanço de Carbono .....	19
5.1 Conteúdo de Energia por Carbono Contido nos Combustíveis .....	20
6 - Cálculo das Emissões “Top-Down” .....	22
6.1 – Carbono Retido no Uso Não Energético .....	22
6.2 – Carbono Não Oxidado .....	23
Tabela Anexa .....	30
7 – Lista de Referências .....	32
Lista de Tabelas disponíveis na Internet .....	32

### 1 - Introdução

Este trabalho faz parte do levantamento de dados para a revisão do Balanço de Carbono, objeto do Termo de Parceria 13.0020.00/2005) firmado entre a Organização Social *Economia e Energia – e&e* – OSCIP e o Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT.

Está especificamente relacionado com a Meta 1 - Estimativa de Emissões de C e CO<sub>2</sub> no Uso e Transformação de Energia de 1970-2004 pelo Processo “*Top-Down* Estendido”.

As atividades previstas nesta fase são: uso do balanço de carbono na produção, transformação e uso de energia no Brasil para avaliar as emissões no período e abordagem acima citados.

### 2 - Antecedentes

O MCT celebrou anteriormente com a Organização e&e o Convênio No 01.0065.00-2003, que visava elaborar o balanço de carbono na Matriz Energética Brasileira no processo de levantamento do Inventário Brasileiro das emissões causadoras do efeito estufa. Um dos seus objetivos era detectar eventuais incoerências entre as apurações para o Inventário Inicial que pudessem ser detectadas da comparação entre o processo “*Top-Down* Estendido” (TDE) e “*Bottom-Up*” com o uso de coeficientes.

Na primeira apuração o processo “*Top-Down*” foi estendido de maneira a avaliar o carbono emitido nas etapas de transformação e consumo dos energéticos. Na metodologia “*Bottom-Up*” com o uso de coeficientes foram usadas as emissões apuradas por essa metodologia para o inventário de emissões (1900 a 1994). Assim foram deduzidos coeficientes de emissão dos diversos gases responsáveis pelo efeito estufa, por unidade de energia consumida para cada setor e combustível listados no Balanço Energético.

O resultado do convênio anterior evidenciou uma série de incoerências ou omissões que o presente projeto busca equacionar. O objetivo deste estudo é a consolidação de um Balanço de Carbono que sirva de instrumento para a avaliação das emissões auxiliando a orientar a política para a área.

Este Termo de Parceria prevê como primeira meta a elaboração do Balanço de Carbono pela metodologia TDE. Do trabalho anterior resultou que a aplicação desta metodologia permitia, a partir do uso de algumas das linhas do Balanço de Carbono e dos coeficientes de retenção e oxidação, a apuração das emissões por um processo equivalente ao “*Top-Down*” pela metodologia do IPCC. Esta metodologia foi adotada pelo Brasil na apuração de seu inventário e os resultados da apuração estão expostos na Referência 1.

A comparação dos resultados revelou uma boa concordância nos dados em carbono emitido e seu equivalente em CO<sub>2</sub> sendo a concordância global da ordem de 1,3%. Na análise por combustível, no entanto, foram reveladas algumas divergências que procura-se esclarecer no presente trabalho.

Além disto, o presente Termo de Parceria prevê o aperfeiçoamento e uso de programas de computador destinados a automatizar os cálculos das emissões, visando facilitar o trabalho da apuração dos próximos inventários. Espera-se ainda que, eliminadas as incoerências no uso de coeficientes ou procedimentos conflitantes nas duas metodologias, sejam definidos pontos que necessitem melhores

esclarecimentos, incluindo medidas experimentais, visando eliminar as incoerências de procedimento entre as duas metodologias. Esta nota técnica apura as emissões “*Top-Down*”, revê alguns dos coeficientes e apresenta a metodologia de cálculo para que os trabalhos futuros possam incorporar facilmente mudanças nos coeficientes técnicos que forem julgadas convenientes.

### 3 - Metodologia

A metodologia “*Top-Down*” do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) consiste em contabilizar os combustíveis primários e secundários que entram no sistema econômico de um país no atendimento de necessidades geradas pelas atividades humanas (mesmo que não comerciais) e o quanto sai de carbono do sistema. Uma vez introduzido na economia nacional, em um determinado ano, o carbono contido em um combustível fóssil ou é emitido para a atmosfera ou é retido de alguma maneira, como por exemplo, através do aumento do estoque de combustível, de sua transformação em produtos não energéticos ou de sua retenção parcial não oxidada nos resíduos da combustão.

O uso da metodologia “*Top-Down*” (TD), recomendada pelo IPCC em sua revisão 1996, permite estimar as emissões de CO<sub>2</sub> em função apenas de dados sobre a oferta de energia no país e uns poucos dados sobre sua forma de uso. Os dados usados são obtidos do BEN (Balanço Energético Nacional) Editado pelo Ministério das Minas e Energia – MME.

Os valores usados no BEN são fornecidos originalmente em unidades naturais, que correspondem àquelas usadas na origem das informações (massa em toneladas e volume em metros cúbicos). Em alguns casos, onde há agrupamento de fontes, as unidades estão em toneladas equivalentes de petróleo (tep) e um critério especial deve ser estabelecido para apurar as emissões.

A metodologia “*Top-Down*” (TD) apura o Consumo Aparente de um país por energético a partir da relação:

Consumo Aparente = Produção + Importação – Exportação – *Bunkers* Internacionais + Variações de Estoque

Na prática este conceito coincide com os dados da Oferta Interna Bruta do BEN/MME onde:

Oferta Interna Bruta = Produção + Importação – Exportação (no BEN não inclui *Bunkers*) - Não Aproveitada – Reinjeção

Os conceitos de “Não Aproveitada” e “Reinjeção” referem-se especificamente à contabilidade do Gás Natural que, como será visto mais adiante, pode ser tratado à parte. No entanto, para a apuração pelo processo TD a produção exclui a reinjeção do Gás Natural aos poços e a energia não aproveitada (escapes de gás na atmosfera ou queimada nos *flair* durante a extração não entram na contabilidade TD e são tratadas à parte). Esta equivalência será mostrada mais adiante na análise de um caso prático.

De maneira simplificada a metodologia “*Top-Down*” sugerida pelo IPCC pode ser assim descrita:

- a) Apuração do consumo aparente dos combustíveis, nas suas unidades de medida originais;
- b) Conversão do consumo aparente para uma unidade de energia comum - terajoules(TJ);
- c) Transformação do consumo aparente de cada combustível em conteúdo de carbono, mediante a sua multiplicação pelo fator de emissão de carbono específico daquele combustível;
- d) Apuração da quantidade de carbono de cada combustível destinada a fins não energéticos e a dedução dessa quantidade de carbono do consumo aparente, para se computar o conteúdo real de carbono possível a ser emitido;
- e) Correção dos valores para se considerar a combustão incompleta do combustível, computando-se a quantidade de carbono realmente oxidada na combustão
- f) Conversão da quantidade de carbono oxidada em emissões de CO<sub>2</sub>.

Na metodologia adotada, calculam-se as emissões pela multiplicação dos valores, expressos em energia, relativos ao uso final dos energéticos e a algumas transformações, por coeficientes adequados aos combustíveis em uso no Brasil ou coeficientes “default” recomendados pelo IPCC.



#### 4 - Uso do Programa *ben\_ee* na Apuração do Conteúdo de Carbono

##### 4.1 Apuração dos Dados Energéticos através do Programa *ben\_ee*

Os dados de base do BEN / MME (49 setores e 46 contas) são fornecidos em unidades naturais que fornece planilhas para os anos de 1970 a 2005. Anualmente estes dados são reunidos em publicação que constitui o Balanço Energético Nacional atualmente elaborado pela Empresa de Pesquisas Energéticas – EPE para o Ministério das Minas e Energia - MME.

O programa *ben\_ee*, cujo manual de operação é objeto da Nota Técnica 3, anexada ao Relatório N°1 do Termo de Parceria e&e/MCT, foi desenvolvido anteriormente pela ECEN Consultoria Ltda. para a Organização Economia e Energia e&e. Este programa já foi usado em vários trabalhos de planejamento energético e está disponível na <http://ecen.com> em versão anterior. A versão atual aperfeiçoa a estrutura de cálculo e facilita a revisão de dados.

O programa, a partir dos dados originais, expressos em unidades naturais (massa, volume ou, em casos de agregações em tonelada equivalente de petróleo - tep), a partir de coeficientes para cada energético e ano converte os dados em unidades de energia (Mcal) através de coeficientes energia/massa ou energia/volume. Atualmente o MME utiliza como base o poder calorífico inferior (PCI) mas anteriormente os valores eram expressos em poder calorífico superior (PCS). Estes dados servem para conversão no dado usual nos balanços energéticos que é a tonelada equivalente de petróleo atualmente definida como:

1 tep = 10.000 Mcal com a energia contida medida em valores de PCI

Anteriormente o BEN/MME utilizava a relação:

1 tep (antigo) = 10.800 Mcal com a energia contida medida em valores de PCS

Além disto, a equivalência adotada para a eletricidade levava em conta a quantidade de energia em óleo combustível necessária para gerar eletricidade. Atualmente a conversão é feita diretamente em energia. Disto resulta a seguinte equivalência:

1 kWh=860 kcal=0,086 tep (novo)

Anteriormente a equivalência adotada era a seguinte:

1 kWh equivalente a 3132 kcal = 0,29 tep (velho)

Ao lidar com a literatura anterior (como os documentos de referência para o inventário inicial das emissões de gases formadores do efeito estufa) é freqüente o uso das unidades antigas com os coeficientes de energia referidos ao PCS e os valores em energia em tep (antigo). Por essa razão o programa fornece ao usuário resultados nessas unidades e em tep (novo) e PCI. Note-se que os valores de PCI e PCS não são equivalentes e podem ter outras utilidades para o usuário.

O programa *ben\_ee* ainda converte a energia em energia equivalente (que procura levar em conta as eficiências relativas médias dos energéticos em cada setor) e em carbono contido que tem como objeto servir ao cálculo das emissões e realizar um teste de coerência baseado na conservação do número de átomos de carbono nas reações químicas envolvidas no uso energético.

O MME fornece para cada ano os valores utilizados na conversão para tep. Isto implica que se dispõe, para os valores até o ano de 2002 dos coeficientes em tep antigo e PCS. Como esses valores foram posteriormente convertidos para tep novo, também se dispõe, para todos os anos, dos valores em tep novo e o valor de PCI implícito. Baseado nestes valores e com a extrapolação para os anos posteriores a 2002 da razão PCI / PCS para cada combustível, é possível fornecer os dados para todos os anos, nas unidades antigas e novas. Para cada combustível *j* e ano *i*, dispõe-se de um coeficiente  $c_{(i,j)}$  tal que:

$$[\text{Energia em tep}]_{(i,j)} = [\text{Quantidade em Unidades Naturais}]_{(i,j)} \times c_{(i,j)}$$

Adicionalmente a relação  $r_{(i,j)} = [\text{Energia em tep novo}]_{(i,j)} / [\text{Energia em tep velho}]_{(i,j)}$  permite fazer as conversões de tep novo para tep velho e, baseando-se na equivalência energética anteriormente mencionada, é possível fornecer os valores da energia em Mcal tanto para PCI como para PCS. Estas conversões são feitas automaticamente pelo programa. Além disto, o *software ben\_ee* permite montar tabelas a escolha do usuário e realiza diversas agregações inclusive em energias renováveis e não renováveis o que é importante para a contabilidade das emissões.

Na Tabela 4.1 é ilustrado como o programa obtém os valores, nas diferentes equivalências da energia nas diversas formas de apresentação. Não são mostrados nesta nota técnica os exemplos da eletricidade, da energia hídrica e da energia nuclear que não interessam para o objetivo deste trabalho, já que não existe, nesses casos, nem conteúdo de carbono nem emissões diretas envolvidas.



Tabela 4.1: Ilustração do cálculo pelo programa *ben\_eec* dos valores em

1994		Petroleo	Gás Natural Úmido	Gás Natural Seco	C. Vapor 3100	C. Vapor 3300	C. Vapor 3700	C. Vapor 4200	C. Vapor 4500	C. Vapor 4700	C. Vapor 5200
<b>Oferta Interna Bruta</b>		mil m3	milh m3	milh m3	mil t	mil t	mil t	mil t	mil t	mil t	mil t
A	Unid. Naturais	70885	0	5265	-112	0	0	319	1696	387	89
B=A*x	mil tep	62986	0	4631	-33	0	0	128	721	172	44
C=A*y	mil tep antigo	61812	0	4510	-32	0	0	124	706	168	43
D=10*B	PCI (Tcal)	629861	0	46313	-330	0	0	1275	7205	1721	436
E=C*10,8	PCS (Tcal)	667567	0	48713	-347	0	0	1339	7629	1818	463
F=D*0,004187*z	Gg de Carbono	52742	0	2967	-36	0	0	138	778	186	47
	PCS/PCI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
x	Conversão Tep Novo	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
y	Conversão Tep Antigo	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
z	tC/TJ	20	16	15	26	26	26	26	26	26	26

  

1994		Óleo Combustível	Gasolina Automotiva	Gasolina Aviação	GLP	Nafta	Querosene Iluminac	Querosene Aviação	Gás de Coqueira	Gás Can. RJ	Gás Can. SP
<b>Oferta Interna Bruta</b>		mil m3	mil m3	mil m3	mil m3	mil m3	mil m3	mil m3	milh m3	milh m3	milh m3
A	Unid. Naturais	98986	5866	70543	0	7637	821	0	0	0	2111
B=A*x	mil tep	96221	4615	54291	0	5829	683	0	0	0	950
C=A*y	mil tep antigo	93641	4523	53542	0	5683	666	0	0	0	918
D=10*B	PCI (Tcal)	962207	46146	542914	0	58289	6834	0	0	0	9496
E=C*10,8	PCS (Tcal)	1011320	48845	578255	0	61380	7191	0	0	0	9918
F=D*0,004187*z	Gg de Carbono	85003	3652	44325	0	4881	561	0	0	0	724
	PCS/PCI	1.051	1.058	1.065	1.053	1.053	1.052	1.051	1.047	1.026	1.044
x	Conversão Tep Novo	0.972	0.787	0.770	0.616	0.763	0.832	0.833	0.430	0.380	0.450
y	Conversão Tep Antigo	0.946	0.771	0.759	0.601	0.7442	0.811	0.811	0.4165	0.361	0.435
z	tC/TJ	21.1	18.9	19.5	17.2	20.0	19.6	19.5	29.5	18.2	18.2

energia e do conteúdo de carbono

C. Vapor 5200	C. Vapor 5900	C. Vapor 6000	C. Vapor S. Espec	Carvão Met. Nac.	Carvão Met. Imp.	Outras Não Ren.	Lenha	Caldo de Cana	Melaço	Bagaço de Cana	Lixívia	Outras Recuperaç.	Óleo Diesel
mil t	mil t	mil t	mil t	mil t	mil t	mil tep	mil t	mil t	mil t	mil t	mil t	mil tep	mil m3
89	1379	272	572	97	240	0	11188	135	0	0	242705	80218	0
44	772	155	163	62	178	0	3467	8	0	0	69386	80218	0
43	753	151	159	61	176	0	3417	8	0	0	68065	74276	0
436	7719	1550	1630	622	1775	0	34669	81	0	0	693859	802180	0
463	8133	1631	1715	659	1900	0	36906	84	0	0	735102	802180	0
47	834	167	176	67	192	0	4151	7	0	0	58101	67171	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
26	26	26	26	26	26	20	29	20	20	24	20	20	20

  

Gás Can. SP	Coque de Carvão M	Carvão Vegetal	Alcool Anidro	Alcool Hidratado	Gás de Refinaria	Coque Petróleo	Out. En. Petróleo	Out. Sec Alcairão	Asfaltos	Lubrificantes	Solventes	Out Não En. Pet.
milh m3	mil t	mil t	mil m3	mil m3	mil m3	mil m3	mil m3	mil m3	mil m3	mil m3	mil m3	mil m3
2111	133	-29	3156	3042	0	-4	-314	0	-114	0	0	0
950	92	-19	1685	1550	0	-3	-279	0	-112	0	0	0
918	90	-18	1639	1515	0	-3	-274	0	-109	0	0	0
9496	917	-187	16851	15504	0	-35	-2790	0	-1116	0	0	0
9918	971	-197	17699	16366	0	-35	-2957	0	-1175	0	0	0
724	113	-23	1326	1220	0	-4	-234	0	-103	0	0	0
1.044	1.058	1.053	1.050	1.056	1.048	1.013	1.060	1.053	1.052	1.059	1.050	1.060
0.450	0.690	0.646	0.534	0.510	0.655	0.873	0.889	0.855	0.979	0.890	0.793	0.889
0.435	0.6757	0.6294	0.5193	0.4981	0.6356	0.819	0.872	0.833	0.954	0.873	0.771	0.872
18.2	29.5	29.9	18.8	18.8	18.2	27.5	20.0	25.8	22.0	20.0	20.0	20.0

O exemplo refere-se a uma das linhas (conta Oferta Interna Bruta) para o ano de 1994. A tabela mostra os dados originais (unidades naturais indicadas na primeira linha), os fatores de conversão indicados para tep novo (10.000 Mcal) e tep velho (10.800 Mcal). Na primeira coluna são indicadas as fórmulas de conversão. Também são indicados os fatores referentes à apuração do conteúdo de carbono que serão comentados a seguir.

#### 4.2 Cálculo do Conteúdo de Carbono no Programa *ben\_eec*

O cálculo de carbono contido é feito com o uso de coeficientes expressos em tonelada de carbono contido por energia contida (PCI) nos diversos energéticos (última linha). Esses coeficientes podem, em princípio, apresentar valores médios diferentes para cada ano. A unidade usual deste coeficiente é de tonelada de carbono contido por terajoule tC/TJ.

No Brasil, face ao perfil de produção inadequado ao consumo de derivados de petróleo (principalmente depois das substituições de óleo combustível e de gasolina após as crises de preço de petróleo de 1973 e 1979) e à “dieselização” da frota automotiva, os combustíveis variaram bastante seu comportamento. O mesmo acontece com combustíveis de uso local como os derivados de biomassa intensivamente usados no Brasil. A prática usual, no entanto é adotar-se um valor fixo (para cada combustível) dos coeficientes massa de carbono / energia para todos os anos com algumas exceções que serão comentadas mais adiante. Note-se ainda que a variação dos coeficientes energia / unidade natural disponível para alguns anos no BEN já capta algumas das variações dos combustíveis acima mencionadas.

O programa calcula para cada coluna (combustíveis), além das energias nas diversas equivalências o conteúdo de carbono a partir dos dados originais do balanço energético como é lustrado na Tabela 4.1 (ano de 1994) para a conta Oferta Interna Bruta que corresponde, como foi mostrado, ao Consumo Final na abordagem “*Top-Down*”. O valor do conteúdo de carbono por energia contida é mostrado na última coluna.

O conteúdo de carbono resulta da multiplicação, para cada combustível, do conteúdo energético (convertido em TJ) pelo fator mostrado na última linha. O procedimento é válido para todas as linhas (contas) na mesma coluna.

O fator de conversão para apurar a massa de carbono contido baseia-se na conversão do valor da energia em Tcal baseado no poder calorífico inferior (D na tabela) em TJ pela relação 4,1868 TJ/Tcal correspondente à equivalência destas unidades. Como a relação entre o

conteúdo de energético e a massa de carbono contido é dada pelo fator designado por *z* na Tabela 4.1 que é expresso em Terajoule por tonelada de carbono tem-se:

$$1 \text{ TJ/tC} = 4,1868 \text{ Tcal/tC} = 0,0041868 \text{ Tcal/mil tC} = \\ 0,0041868 \text{ Tcal/Gg de C}$$

Deve-se notar que já foi possível usar neste trabalho os valores do poder calorífico inferior (PCI) adotados pelo BEN para a definição de tonelada equivalente de petróleo (tep) o que não era disponível na apuração do inventário inicial (trabalho de referência COPPE/MCT). Por este motivo, ao se comparar os dados deste trabalho com os obtidos no inventário deve-se levar em conta que embora a fonte de dados primários seja a mesma, as conversões para o poder calorífico inferior são ligeiramente diferentes daquelas do poder calorífico superior.

Também está indicado em uma das linhas da Tabela 3.1 a relação entre os poderes caloríficos superior e inferior (PCS / PCI) que resultam dos coeficientes usados pelo MME. Os valores são (segundo informações dos organizadores do Balanço) baseados em valores internacionais. Os valores oscilam em torno de 1,06. O esperado é que dependessem do conteúdo de hidrogênio dos combustíveis já que a diferença (Ver Nota Técnica No 2) entre os dois tipos de poder calorífico resulta da formação de água no processo de combustão a partir da combinação do hidrogênio contido com o oxigênio da atmosfera.

#### 5 - O Balanço de Carbono

A aplicação da metodologia descrita a todas as linhas do Balanço Energético permite gerar planilhas em carbono contido para todos os combustíveis em todas as contas. Como a fração de carbono que não é enviada à atmosfera no uso energético dos combustíveis fósseis é muito pequena (da ordem de 1%), as planilhas do Balanço de Carbono fornecem já uma boa idéia das emissões por setor ou por combustível. Permitem ainda detectar possíveis falhas na contabilidade do carbono que podem estar influenciando na apuração das emissões.

O conteúdo de carbono obtido, como foi visto, é função dos dados em tep do Balanço Energético (convertidos para TJ) e dos fatores de emissão de carbono apurados para cada combustível (em tC/TJ). Na análise realizada no âmbito do convênio anterior com o MCT foi assinalado o inconveniente do uso de coeficientes genéricos (para biomassa líquida e biomassa sólida) sugeridos pelo IPCC. Este assunto foi objeto da Nota Técnica N° 2 que também faz parte do Relatório N° 1 do Termo de Parceria que gerou este estudo e foi publicado na revista

e&e N° 57. Alguns dos fatores de emissão para a biomassa apurados na NT 2 foram adotados neste trabalho. A seguir discute-se os valores adotados neste estudo que são comparados com os valores usados pela COPPE, com a consolidação realizada pela equipe do MCT e com os do IPCC.

### 5.1 Conteúdo de Energia por Carbono Contido nos Combustíveis

O IPCC fornece os fatores de emissão para os energéticos (tC/TJ) para líquidos fósseis primários e secundários, sólidos fósseis primários e secundários, gás natural e biomassa sólida, líquida e gasosa.

A Tabela 5.1 apresenta os fatores de emissão de carbono usados neste trabalho e sua comparação com outros valores: sugeridos pelo IPCC, utilizados pela COPPE (ref), calculados pelo MCT e calculados pela e&e. Quando o fator de emissão foi calculado pela e&e utilizou-se esse valor (cinza), quando não calculados foram adotados os mais repetidos entre as várias opções e em caso de valores discrepantes entre os vários sugeridos adotou-se o do IPCC.

Na mesma tabela apresenta-se a correspondência entre os vários energéticos conforme nomeados pelo IPCC e a tradução que foi considerada neste trabalho.

z = Fator de Emissão de Carbono

A partir dos dados energéticos em tep (novo) convertidos em TJ chega-se a massa de carbono de cada um dos combustíveis que fazem parte do Balanço Energético e pode-se montar um Balanço de Carbono para cada ano. A Tabela Anexa apresenta, como exemplo, o balanço de carbono para o ano de 2004. Outros anos estão disponíveis na edição eletrônica da e&e.

Tabela: 5.1 Fatores de Emissão de Carbono

	Utilizado e&e	COPPE	Obtidos e&e*	MCT	IPCC	
	tC/TJ	tC/TJ	tC/TJ	tC/TJ	tC/TJ	IPCC
BEN						
Petróleo	20.0	20.0			20	Crude Oil
Líquidos de Gás Natural	17.2	17.2			17.2	Natural Gas Liquids
Gasolina	18.9	18.9		18.9	18.9	Gasoline
Qerosene de Aviação	19.5	19.5		19.5	19.5	Jet Kerosene
Qerosene Iluminante	19.6	19.6		19.6	19.6	Other Kerosene
Óleo Diesel	20.2	20.2		20.2	20.2	Gas/Diesel
Óleo Combustível	21.1	21.1		21.1	21.1	Residual Fuel Oil
GLP	17.2	17.2		17.2	17.2	LPG
Nafta	20.0	20.0		20.0	20.0	Naphta
Asfalto	22.0	22.0		22.0	22.0	Bitumen
Lubrificantes	20.0	20.0		20.0	20.0	Lubricants
Outros Não Energ. de Petr.	20.0	20.0		20.0	20.0	Other Oil
Coque de Petróleo	27.5	27.5		27.5	27.5	Petroleum Coke
Carvão Vapor	25.8	25.8		25.8	25.8	Other Bituminous Coal
Carvão Metalúrgico	25.8	25.8		25.8	25.8	Coking Coal
Alcatrão	25.8	25.8		25.8		Tars
Coque de CM	29.5	29.5		29.5	29.5	Coke Oven / Gas Coke
Gás Natural	15.3	15.3		15.3	15.3	Natural Gas (Dry)
Gás de Refinaria	18.2	18.2		18.2	18.2	Other Oil
Outras Fontes Secund. Petr.	20.0	20.0		20.0	20.0	Other Oil
Gás Canalizado	18.2			15.3		
Gás de Coqueria	29.5	29.5		29.5	13.0	Coke Oven Gas
Lenha Queima Direta	28.6*	29.9	28.6	29.9	29.9	Solid Biomass
Lenha Carvoejamento	28.6*	29.9	28.6	12.4	29.9	Solid Biomass
Carvão Vegetal	29.9	29.9	20.5	32.2	29.9 *	Solid Biomass
Caldo de Cana	20.0	20.0			20.0	Liquid Biomass
Melaço	20.0	20.0			20.0	Liquid Biomass
Bagaço	24.2*	29.9	24.2	29.9	29.9	Solid Biomass
Resíduos Vegetais	29.9	29.9		29.9	29.9	Solid Biomass
Turfa					28.9	Peat
Outros Primárias Fósseis	20.0	20.0		20.0	20.0	Other Prim. Fuel Fossil
Lixívia	20.0	20.0		20.0	20.0	Liquid Biomass
Álcool Etilico Anidro	18.8*	14.8	18.8	14.8	20.0	Liquid Biomass
Alcool Etilico Hidratado	18.8*	14.8	18.8		20.0	Liquid Biomass
Alcatrão + Pirolenhoso			23.9			Solid Biomass

Convenção  Coincidentes com IPCC e outros  Cálculo e&e

(\*) Os valores recomendados pelo IPCC referem-se genericamente à biomassa líquida ou sólida, os adotados aqui são os da NT1

## 6 - Cálculo das Emissões “Top-Down”

### 6.1 – Carbono Retido no Uso Não Energético

O carbono retido é o correspondente ao uso não energético. Os combustíveis que têm consumo não energético são: gás natural, nafta, querosene iluminante, álcool anidro, álcool hidratado, gás de refinaria, asfalto, lubrificantes, outros produtos não energéticos do petróleo e alcatrão. Nesse tipo de uso nem sempre há retenção do carbono e a metodologia do IPCC recomenda o emprego de alguns coeficientes (percentuais em massa) para levar em conta a emissão que pode verificar-se por evaporação natural (e posterior conversão em CO<sub>2</sub> na atmosfera) ou pela queima ou degradação de rejeitos. Quando eles não são fornecidos, pode-se usar um coeficiente avaliado com base nas informações disponíveis. No caso presente, optou-se por repetir, quando possível, os valores considerados no trabalho da COPPE/MCT (ref), como se segue(Tabela 6.1):

C = fração de carbono retido.

Tabela 6.1 – Frações de carbono estocado

Energético	Valor
Querosene	1,0
Nafta	0,8
Asfalto	1,0
Lubrificantes	0,5
Gás de Refinaria	1,0
Outros produtos não energéticos de Petróleo	1,0
Alcatrão	0,75
Gás natural seco	0,33
Álcool anidro	1,0
Álcool hidratado	1,0

Estes valores merecem também alguma crítica. Por exemplo, o álcool hidratado e anidro, usados para fins não energéticos, incluem o álcool usado em limpeza (doméstica e outros) cujo destino certamente é a oxidação na atmosfera a exemplo do que já é considerado no caso dos lubrificantes. O mesmo pode-se dizer do querosene. A análise do assunto extrapola os objetivos deste trabalho. Analogamente ao que foi feito com esses energéticos (usados para fins não energéticos) outras retenções devem ser consideradas. Para isto foi considerado o coeficiente um para todos os energéticos (assinalados em vermelho na

tabela de apuração mostrada em seguida) para que sejam detectados eventuais outros casos de uso não energético onde parte do carbono não é emitida.

### 6.2 – Carbono Não Oxidado

Na prática a diferença entre o consumo aparente de combustível e aquele retido em produtos não energéticos é o que existe de carbono disponível para ser emitido na combustão. Porém nem todo carbono será oxidado, pois a combustão nunca é total deixando uma fração do carbono não oxidado contido nas cinzas. A fração do carbono oxidado (que gera o CO<sub>2</sub> diretamente ou por degradação de outros compostos na atmosfera) varia segundo o combustível. Na metodologia adotada, esta correção é feita pela multiplicação de um fator chamado de fator de oxidação sugerido pelo IPCC.

A Tabela 6.2 ilustra o processo de cálculo, apresenta os resultados para o ano de 1994 e mostra os coeficientes de oxidação utilizados. Foram adotados neste trabalho os valores do fator de oxidação recomendados pelo IPCC. Estes valores foram mantidos para todos os anos calculados e para a maioria dos energéticos salvo em dois casos específicos: gás natural e lenha.

#### a) Gás Natural

O gás natural, por sua vez, contém líquidos que precisam ser discriminados do gás natural consumido (ou em natura ou na forma de gás seco) cuja oxidação é mais completa. Para os líquidos de gás natural usa-se o fator 0,99 (1% não oxidado) para os gases usa-se o fator 0,995 (0,5% não oxidado). O fator de oxidação a ser aplicado ao gás natural total será uma média ponderada pela participação dos dois tipos de consumo. No pé da Tabela 6.3 está indicada a forma de obter a fração de líquidos e a maneira de obter o fator de oxidação médio.

A fração de líquidos extraídos do gás natural pode ser obtida a partir da soma das transformações do gás natural nas “Plantas de Gás Natural”<sup>1</sup> com a de “Outras Transformações”. As emissões resultantes da aplicação do fator médio, como era esperado, são iguais à soma dos valores obtidos separadamente para os líquidos de gás natural e para o gás natural de uso direto (na maioria dos casos gás natural seco).

<sup>1</sup> O valor na coluna gás natural resulta da soma do gás natural úmido que é transformado na unidade (sinal negativo) com o valor do gás seco nela produzido (positivo).

Tabela 6.2 - Emissões Pelo Processo *Top-Down* a Partir do

1994	Petroleo	Gás Natural	Carvão Vapor	Carvão Met. Nac.	Carvão Met. Imp.	Outras Não Ren.	Lenha	Caldo de Cana
OFERTA INTERNA BRUTA (A)	52726	3415	2126	82	8937	0	29756	4970
TOTAL TRANSFORMAÇÃO (B)	-54326	-989	-1188	-82	-8609	0	-13279	-4970
PLANTAS DE GÁS NATURAL (C)	0	-727	0	0	0	0	0	0
CARVOARIAS (D)	0	0	0	0	0	0	-13125	0
OUTRAS TRANSFORMAÇÕES (I)	0	-73	0	0	0	0	0	0
CONSUMO NÃO ENERGÉTICO (J)	0	630	0	0	0	0	0	0
Coefficiente de Retenção (G)	1,00	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coefficiente de Oxidação (H)	0,99	0,994	0,98	0,98	0,98		0,88	0,99
Carbono Retido (I=FxG)	0,0	208,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Emissões Líquidas de Carb (J=A-	52726	3207	2126	82	8937	0	29756	4970
Emissões de Carbono (K=J*H)	52198	3187	2083	81	8758	0	26150	4920
Emissões de CO2 (L=Kx44/12)	191394	11686	7639	296	32113	0	95884	18040

  

	Gás de Refinaria	Coque Petróleo	Out. En. Petroleo	Gas Cidade	Coque de Carvão Min	Gás de Coqueira	Out. Sec Alcatrão	Carvão Vegetal
OFERTA INTERNA BRUTA (A)	-67	-19	0	0	1274	-61	0	-4
TOTAL TRANSFORMAÇÃO (B)	1810	636	649	127	7039	1764	298	6944
PLANTAS DE GÁS NATURAL (C)	0	0	0	0	0	0	0	0
CARVOARIAS (D)	0	0	0	0	0	0	0	6944
OUTRAS TRANSFORMAÇÕES (I)	0	0	711	0	0	0	0	0
CONSUMO NÃO ENERGÉTICO (J)	166	0	0	0	0	0	82	0
Coefficiente de Retenção (G)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00
Coefficiente de Oxidação (H)	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Carbono Retido (I=FxG)	165,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,6	0,0
Emissões Líquidas de Carb (J=A-	-233	-19	0	0	1274	-61	-62	-4
Emissões de Carbono (K=J*H)	-231	-19	0	0	1261	-60	-61	-4
Emissões de CO2 (L=Kx44/12)	-846	-69	0	0	4625	-220	-224	-15

Balanço de Carbono (Gg/ano) mostradas no Anexo 2

Melaço	Bagaço de Cana	Lixívia	Outras Recuperações	Óleo Diesel	Óleo Combustível	Gasolina	GLP	Nafta	Querosene Iluminação	Querosene Aviação
884	15211	1828	687	1554	114	-1710	1401	1944	-3	-214
-884	-477	-351	-315	18737	10023	9461	3273	3403	111	1929
0	0	0	369	0	0	98	237	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	90	16	0	222	149	-1164	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	5136	26	0
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00
0,99	0,88	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4108,5	26,0	0,0
884	15211	1828	687	1554	114	-1710	1401	-2165	-29	-214
875	13386	1809	683	1538	113	-1693	1387	-2143	-28	-211
3207	49081	6634	2505	5641	414	-6206	5084	-7859	-104	-775

  

Alcool Anidro	Alcool Hidratado	Asfaltos	Lubrificantes	Solventes	Out Não En. Pet.	PETROL. GN E DERIV	CARV. MIN. E DERIV	NÃO RENOVÁVEIS	RENOVÁVEIS	TOTAL
190	410	-22	-24	29	16	59140	12359	71498	53932	125430
1176	3896	1186	599	285	710	-2376	-779	-3155	-8260	-11415
0	0	0	0	0	0	-393	0	-393	369	-24
0	0	0	0	0	0	0	0	0	-6181	-6181
0	0	0	0	0	4	-135	0	-135	90	-45
53	371	1176	535	297	736	8703	82	8785	423	9208
1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00					
0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99					
52,5	371,0	1176,5	267,6	297,3	736,4	6986	62	7047	423	7471
138	39	-1198	-291	-268	-721	52154	12297	64451	53508	117959
136	39	-1186	-288	-265	-714	51645	12063	63707	47995	111702
500	143	-4349	-1058	-973	-2616	189364	44229	233593	175980	409573

Tabela 6.3 - Equivalência de Procedimento de apuração das emissões com fator proporcional ao uso

	GAS NATURAL	Líquidos de GN	Gas Nat. Uso Direto	Soma Prod GN	LENHA	Lenha Carvoejamento	Lenha Queima Direta	Soma Lenhas
OFERTA INTERNA BRUTA (A)	3415	801	2614	3415	29756	13125	16631	29756
TOTAL TRANSFORMAÇÃO (B)	-989				-			
PLANTAS DE GÁS NATURAL (C)	-727				0			
CARVOARIAS (D)	0				-	13125		
OUTRAS TRANSFORMAÇÕES (E)	-73				0			
CONSUMO NÃO ENERGÉTICO (F)	630		630	630	0			
Coefficiente de Retenção (G)	0,33		0,33					
Coefficiente de Oxidação (H)	0,994	0,990	0,995		0,879	0,89	0,87	
Carbono Retido (I=FxG)	208,0	0,0	208,0	208	0,0	0,0	0,0	0
Emissões Líquidas de Carb (J=A-I)	3207	801	2406	3207	29756	13125	16631	29756
Emissões de Carbono (K=J*H)	3187	793	2394	3187	26150	11681	14469	26150
Emissões de CO2 (L=Kx44/12)	11686	2907	8778	11685	95884	42832	53052	95884

$flgn = \text{Fração líquidos GN} = -(C+E)/A = 0,234$        $flc = \text{Fração lenha carvoejamento} = -D/A = 0,441$

$H = flgn * 0,99 + (1 - flgn) * 0,995 = 0,994$        $H = flc * 0,89 + (1 - flc) * 0,87 = 0,879$

### b) Lenha

Para a lenha de carvoejamento e lenha para queima direta também são atribuídos dois fatores de oxidação. A fração da primeira é obtida a partir da lenha transformada nas carvoarias dividida pela oferta total. A obtenção do fator de oxidação médio é análoga a do caso anterior e também é mostrada na Tabela 6.3

Os dados obtidos por esta metodologia são comparados com os do trabalho de Referência para apuração do Inventário COPPE/MCT (Tabela 6.4). Pode-se observar que as mudanças introduzidas não alteraram substancialmente os resultados para as energias fósseis (2% no total) mas alteraram significativamente as emissões associadas à biomassa principalmente a biomassa sólida.

Tabela 6.4 Comparação COPPE/MCT com este Trabalho

1994	F. Primárias		Fósseis Líquidos													Fósseis Líquidos Total
	Petróleo	Líquidos de GN	Gasolina	Querosene Aviação	Querosene Iluminação	Óleo Diesel	Óleo Combustível	GLP	Nata	Asfaltos	Lubrificantes	Coque Petróleo	Gás de Refinaria	Out. En. Petróleo	Out Não En. Pet. + Solv.	
																52726
Carbono Contido	52726	801	-1710	-214	-3	1554	114	1401	1944	-22	-24	-19	-67	0	45	56526
COPPE/MCT	53105	758	-1720	-214	-3	1553	114	1402	1924	-22	-24	-19	-67	0	45	57077
Diferença	1%	-6%	1%	0%	9%	0%	0%	0%	-1%	2%	1%	0%	-	100%	0%	1%
Emissões Líquidas de Carbono	52726	801	-1710	-214	-29	1554	114	1401	-2165	-1198	-291	-19	-233	0	-989	49748
COPPE/MCT	52574	750	-1702	-211	-28	1538	113	1388	-2122	-1186	-290	-19	-179	176	-984	49818
Diferença	0%	-7%	0%	-1%	-2%	-1%	-1%	-1%	-2%	-1%	0%	0%	-30%	100%	0%	0%
Emissões de CO2	191394	2907	-6206	-775	-104	5641	414	5084	-7859	-4349	-1058	-69	-846	0	-3589	180585
COPPE/MCT	192770	2752	-6242	-775	-104	5638	415	5088	-7780	-4350	-1065	-69	-658	646	-3608	182658
Diferença	1%	-6%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%	0%	1%	0%	-29%	100%	1%	1%

## Comparação COPPE/MCT com este Trabalho (continuação)

	Fósseis Sólidos						Fósseis Gasosos + Outros					
	F. Primárias			F. Secund.			Foss. Gasosos			Outras		
	Carvão Metalúrgico	Carvão Vapor	Coque de Carvão Min	Alcatrão + Gas Coque	Fósseis Sólidos Total		Gas Nat. Uso Direto	Fósseis Gasosos Total		Fósseis Total		
Carbono Contido	9019	2126	1274	-61	12359		2614	2614		71498		
COPPE/MCT	9172	2126	1281	298	12877		2474	2474		72590		
Diferença	2%	0%	1%	120%	4%		-6%	-6%		2%		
Emissões Líquidas de Carbono	9019	2126	801	-121	11825		2406	2406		63979		
COPPE/MCT	8989	2101	1256	-60	12286		2266	2266		64561		
Diferença	0%	-1%	36%	-101%	4%		-6%	-6%		1%		
Emissões de CO2	32409	7639	2907	-443	42511		8778	8778		231874		
COPPE/MCT	32958	7702	4604	-221	45043		8308	8308		236598		
Diferença	2%	1%	37%	-101%	6%		-6%	-6%		2%		

## Comparação COPPE/MCT com este Trabalho (conclusão)

	Biomassa Sólida						Biomassa Líquida						Totais	
	Lenha Queima Direta	Lenha Carvoejamento	Bagaco de Cana	Outras Recuperações	Carvão Vegetal	Biomassa Sólida Total	Caldo de Cana	Melago	Alcool Anidro	Alcool Hidratado	Lixívia	Biomassa Líquida Total	Total Biomassa	TOTAL GERAL
Carbono Contido	16631	13125	15211	687	4	45650	4970	884	190	410	1828	8281	53932	125430
COPPE/MCT	17621	13907	18937	812	4	51273	4762	902	150	191	1844	7849	59122	131712
Diferença	6%	6%	20%	15%	-1%	11%	-4%	2%	-27%	-115%	1%	-6%	9%	5%
Emissões Líquidas de Carbono	16631	13125	15211	687	4	45650	4970	884	138	39	1828	7858	53508	117487
COPPE/MCT	15330	12392	16665	714	3	45098	4715	893	108	-100	1825	7441	52539	117100
Diferença	-8%	-6%	9%	4%	-35%	-1%	-5%	1%	-28%	139%	0%	-6%	-2%	0%
Emissões de CO2	53052	42832	49081	2505	-15	147455	18040	3207	500	143	6634	28524	175980	407854
COPPE/MCT	56210	45436	61104	2619	-12	165357	17287	3275	394	-367	6693	27282	192639	429237
Diferença	6%	6%	20%	4%	-22%	11%	-4%	2%	-27%	139%	1%	-5%	9%	5%



**Tabela Anexa**  
**Balanco de Carbono - Ano 2004**

Conta	TOTAL PRIM.	PETRO- LEO	GAS NA- TURAL	CARVAO VAPOR	CARVAO MET.	URANIO U3O8	EM HI- DRAUL.	PROD. LENHA	OUTRAS CANA	OUTR. RENOV	OUTR. RECUP.	TOTAL SECUND	OLEO DIESEL
Produção	144704	64325	11215	2177	148	0	0	33730	28394	0	1400	0	0
Importação	35332	19524	4557	0	11252	0	0	0	0	29	0	10585	1932
Varição de Estoques	135	-78	0	75	137	0	0	0	0	327	0	269	-212
<b>Oferta Total</b>	<b>180172</b>	<b>83771</b>	<b>15772</b>	<b>2252</b>	<b>11538</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>33730</b>	<b>28394</b>	<b>356</b>	<b>1400</b>	<b>10854</b>	<b>1721</b>
Exportação	-10470	-10470	0	0	0	0	0	0	0	-737	0	-12810	-692
Não Aproveitada	-1103	0	-1103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reinjeção	-2164	0	-2164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oferta Interna Bruta	166434	73301	12505	2252	11538	0	0	33730	28394	-381	1400	-1955	1029
<b>Total Transformação</b>	<b>-111726</b>	<b>-73301</b>	<b>-4421</b>	<b>-1912</b>	<b>-7920</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-14874</b>	<b>-7860</b>	<b>10575</b>	<b>-757</b>	<b>91678</b>	<b>26577</b>
Refinarias de Petróleo	-74095	-73301	0	0	0	0	0	0	0	0	-794	74080	28116
Plantas de Gás Natural	-1002	0	-1665	0	0	0	0	0	0	663	872	0	0
Usinas de Gaseificação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coqueiras	-7920	0	0	0	-7920	0	0	0	0	0	0	8763	0
Ciclo do Combustível Nuclear	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Centrais Elet. Serv Público	-3810	0	-1937	-1862	0	0	0	0	0	-11	-1669	-1417	0
Centrais Elet. Autoprodutoras	-3743	0	-699	-50	0	0	0	-141	-1425	0	-745	-878	-136
Carvoarias	-14733	0	0	0	0	0	0	-14733	0	5127	0	5127	0
Destilarias	-6435	0	0	0	0	0	0	-6435	5449	0	5449	0	0
Outras Transformações	12	0	-119	0	0	0	0	0	0	131	-66	14	0
Perdas Distrib. Armazenagem	-290	0	-212	-6	-72	0	0	0	0	-203	0	-295	0
<b>Consumo Final</b>	<b>54385</b>	<b>0</b>	<b>7838</b>	<b>334</b>	<b>3546</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>18856</b>	<b>20534</b>	<b>9990</b>	<b>644</b>	<b>89497</b>	<b>27611</b>
Consumo Final Não Energético	472	0	472	0	0	0	0	0	0	332	0	10293	0
<b>Consumo Final Energético</b>	<b>53913</b>	<b>0</b>	<b>7366</b>	<b>334</b>	<b>3546</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>18856</b>	<b>20534</b>	<b>9658</b>	<b>644</b>	<b>79204</b>	<b>27611</b>
Setor Energético	9480	0	1923	0	0	0	0	7557	0	0	0	4012	125
Residencial	9781	0	116	0	0	0	0	9665	0	396	0	4603	0
Comercial	223	0	138	0	0	0	0	85	0	52	0	468	87
Público	30	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	483	105
Agropecuário	2550	0	1	0	0	0	0	2549	0	5	0	4112	4030
Transportes - Total	890	0	890	0	0	0	0	0	0	4659	0	40660	22667
Rodoviário	890	0	890	0	0	0	0	0	0	4659	0	37345	21930
Ferrovário	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	471	471
Aéreo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1960	0
Hidroviário	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	884	266
<b>Indústria - Total</b>	<b>30958</b>	<b>0</b>	<b>4267</b>	<b>334</b>	<b>3546</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6557</b>	<b>12977</b>	<b>4546</b>	<b>644</b>	<b>24867</b>	<b>597</b>
Cimento	226	0	13	11	30	0	0	0	0	224	172	2222	26
Ferro Gusa e Aço	3251	0	600	4	2647	0	0	0	0	3857	0	13870	34
Ferro Ligas	108	0	1	0	0	0	0	108	0	439	0	731	0
Mineração e Pelotização	797	0	147	0	650	0	0	0	0	0	0	944	182
Não Ferrosos e Out. Metalurg.	413	0	290	0	123	0	0	0	0	6	0	1778	0
Química	1533	0	1321	40	39	0	0	58	0	13	74	2534	126
Alimentos e Bebidas	15435	0	314	52	0	0	0	2121	12947	0	0	703	62
Têxtil	303	0	191	0	0	0	0	112	0	0	0	109	1
Papel e Celulose	4787	0	294	96	0	0	0	1363	30	0	372	630	49
Cerâmica	2502	0	491	56	0	0	0	1929	0	0	26	422	6
Outras Indústrias	1603	0	606	76	56	0	0	866	0	8	0	923	109
Consumo Não Identificado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ajustes Estatísticos	-33	0	-33	0	0	0	0	0	0	0	0	71	5

## Carbono Contido Gg/ano

OLEO COMB.	GASOL- LINA	GLP	QUERO- NAFTA	GAS SENE	COQUE CICADE	URANIO C. MIN.	ELETRI- C. UO2	CARVAO VEGET.	ALCOOL ETIL.	O. SEC. PETROL.	ALCA- TRAO	NAO EN. PETROL.	NAO RENOV	RENOVA- VEIS	TOTAL
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	35	897	2882	72	0	1743	0	0	26	3	2478	0	406	45888	45917
221	-2	65	-184	3	0	53	0	0	0	327	27	0	-28	78	405
331	33	962	2697	75	0	1796	0	0	26	330	2505	0	378	123831	191026
-8523	-1235	-58	-11	-912	0	0	0	0	-14	-723	-273	0	-368	-22542	-737
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1103	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2164	0
-8192	-1203	904	2686	-837	0	1796	0	0	12	-394	2232	0	10	98022	164479
13813	11962	4303	3315	2836	0	6662	0	0	5127	5449	6144	230	3593	-6451	-13598
14328	11220	3589	5625	2855	0	0	0	0	0	4915	0	0	3431	779	-794
0	134	604	134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-793	663
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	6662	0	0	0	0	259	0	844	0	844
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-252	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5468	-11
-263	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-276	-29	0	-1627	-2994	-4621
0	0	0	0	0	0	0	0	0	5127	0	0	0	0	0	-9606
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-987	-987
0	608	110	-2445	-19	0	0	0	0	0	1504	0	162	-185	131	-54
0	0	0	0	0	0	-39	0	0	-140	-63	-41	0	0	-382	-203
5680	10793	5171	6001	2000	0	8416	0	0	4999	4992	8334	242	3603	91226	52656
0	0	0	6001	58	0	0	0	0	0	332	111	188	3603	10433	332
5680	10793	5171	0	1942	0	8416	0	0	4999	4659	8224	54	0	80793	52324
918	0	33	0	0	0	0	0	0	0	2560	0	0	0	5935	7557
0	0	4196	0	11	0	0	0	0	396	0	0	0	0	4323	10061
125	0	204	0	0	0	0	0	0	52	0	0	0	0	554	137
47	0	331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	514	0
63	0	15	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	4108	2554
618	10793	0	0	1922	0	0	0	0	0	4659	0	0	0	36891	4659
0	10755	0	0	0	0	0	0	0	0	4659	0	0	0	33576	4659
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	471	0
0	38	0	0	1922	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1960	0
618	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	884	0
3909	0	392	0	9	0	8416	0	0	4546	0	5664	54	0	28468	27356
19	0	0	0	0	0	0	0	0	224	0	1952	0	0	2053	396
69	0	40	0	1	0	8117	0	0	3857	0	418	54	0	13264	3857
36	0	0	0	0	0	131	0	0	439	0	125	0	0	293	547
468	0	21	0	2	0	0	0	0	0	0	271	0	0	1741	0
1004	0	27	0	1	0	169	0	0	6	0	572	0	0	2184	6
568	0	14	0	1	0	0	0	0	13	0	1812	0	0	3921	145
535	0	51	0	703	0	0	0	0	0	54	0	0	0	1069	15069
101	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300	112
561	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1020	4397
261	0	96	0	0	0	0	0	0	0	58	0	0	0	969	1955
286	0	115	0	5	0	0	0	0	8	0	401	0	0	1654	873
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	34	-37	0	3	0	-3	0	0	0	0	12	-1	38	0	38

## **7 – Lista de Referências**

### **Referencias**

MCT 2006 - Emissões de Dióxido de Carbono por Queima de Combustíveis: Abordagem Top-Down – Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, Relatório de Referência.

Relatório Final, Projeto: Balanço de Carbono – Convênio MCT – Economia e Energia N° 010065.00/2003.

MME, 2005 Balanço Energético Nacional.

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

### **Lista de Tabelas disponíveis na Internet**

Anexo 1 - Balanços de Carbono / Anos Selecionados (ver em [http://ecen.com/eee58/eee58p/ecen\\_58p.htm](http://ecen.com/eee58/eee58p/ecen_58p.htm))

Anexo 2: Emissões de Carbono e CO<sub>2</sub> pelo Processo “*Top Down*” Usando Resultados do Balanço de Carbono (ver em [http://ecen.com/eee58/eee58p/ecen\\_58p.htm](http://ecen.com/eee58/eee58p/ecen_58p.htm))