



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

Nº

61

Abril - Maio  
2007

<http://ecen.com>

Texto para Discussão:

**Co-processar, Incinerar, Aterrorar ou Pirolisar? Caso estudo:  
Resíduos PP, ABS, Borra Tinta**

*Amilcar O. Stinghamen, Henry F. Meier, Vinicius Wiggers*

Opinião:

**A Desregulamentação da Eletricidade Chegou ao seu Limite?**

*Christian Stoffaës*

Resumo de Tese:

**Liberalização, Importação e Crescimento Econômico na América Latina**

*Marcos Souza*

Resultados de Estudo e&e OSCIP:

**Avaliação de Emissões que Contribuem para o Efeito Estufa pelo  
Processo *Bottom-Up* por Coeficientes**

*Carlos Feu Alvim, Frida Eidelman, Olga Mafra,  
Omar C. Ferreira e Rafael Macêdo*

Patrocínio:



Conselho Nacional de Desenvolvimento  
Científico e Tecnológico

**IMPRESSO**  
ENVELOPAMENTO AUTORIZADO  
PODE SER ABERTO PELA ECT

*Economia e Energia*

*Revista*

## Apoio:

**As Usinas Angra 1 e 2** são responsáveis por mais de 50% da energia consumida no Estado do Rio de Janeiro.

Uma energia limpa que gera empregos e desenvolvimento. Além disso, a Eletronuclear tem projetos de responsabilidade social que privilegiam o bem-estar das comunidades locais, a preservação da natureza e a saúde no trabalho.

**Eletronuclear.**  
Energia que respeita a vida.



Rio: Av. Rio Branco, 123 Sala 1308 Centro CEP 20040-005  
Rio de Janeiro RJ Tel (21) 2222-4816 Fax 22224817  
BH: Rua Jornalista Jair Silva, 180 Bairro Anchieta CEP 30310-290  
Belo Horizonte MG Tel./Fax (31) 3284-3416  
Internet :<http://ecen.com>.

Editor Gráfico: Marcos Alvim



## *Economia e Energia*

Nº 61: Abril e Maio de 2007

ISSN 1518-2932

Versão em Inglês e Português disponível em:

<http://ecen.com>

### Texto para Discussão:

#### **Co-processar, Incinerar, Aterrorar ou Pirolisar? Caso estudo: Resíduos PP, ABS, Borra Tinta**

*Amilcar O. Stinghamen, Henry F. Meier, Vinicius Wiggers*      pág. 2

Estuda-se a viabilidade do processo pirolítico para o aproveitamento energético dos resíduos ao invés do tratamento tradicional.

### Opinião:

#### **A Desregulamentação da Eletricidade Chegou ao seu Limite?**

*Christian Stoffaës*      pág. 13

O Setor Elétrico passou, em vários países, por um vigoroso processo de desregulamentação. Algumas crises de abastecimento e a natureza de longo prazo dos investimentos energéticos têm levantado dúvidas sobre o modelo adotado. O autor propõe uma reflexão sobre o problema e sugere a existência de uma “terceira via”.

### Resumo de Tese:

#### **Liberalização, Importação e Crescimento Econômico na América Latina**

*Marcos Souza*      pág. 21

Analisa-se o impacto da liberalização comercial sobre o fluxo de importação e sobre o crescimento econômico (renda e produtividade) de 18 economias latino-americanas no período 1950-2004.

### Resultados de Estudo *e&e* OSCIP:

#### **Avaliação de Emissões que Contribuem para o Efeito Estufa pelo Processo *Bottom-Up* por Coeficientes**

*Carlos Feu Alvim, Frida Eidelman, Olga Mafra, Omar C. Ferreira e Rafael Macêdo*      pág. 24

Os dados das emissões apuradas para o período 1990 a 1999 são revistos de maneira a que seja obedecida a conservação da massa de carbono nos gases emitidos. Os coeficientes para o período são extrapolados para deduzir emissões dos anos anteriores e posteriores aos disponíveis

Texto para Discussão:

## **Co-processar, Incinerar, Aterrizar ou Pirolisar? Caso estudo: Resíduos PP, ABS, Borra Tinta\***

*Amilcar O. Stingenhen<sup>1</sup>, Henry F. Meier<sup>2</sup>, Vinicius Wiggers<sup>3</sup>*

Departamento de Engenharia Química  
Centro de Ciências Tecnológicas  
Universidade Regional de Blumenau

### **Resumo**

No presente trabalho é mostrada uma nova proposta de finalização de resíduos poliméricos, provenientes de sistemas de pintura, processos de manufaturas da indústria metal-mecânica, calçadista, têxtil e automotiva. Ênfase será dada à viabilidade econômica da pirolise frente ao tratamento tradicional de co-processamento e aterro industrial. Os produtos gerados no processo pirolítico, tais como os gases, líquidos e sólidos, são utilizados para promover o aquecimento e provocar o craqueamento térmico. Por outro lado, a fase líquida é rica em compostos combustíveis e substâncias normalmente encontradas em solventes industriais. Na parte sólida encontramos principalmente compostos inorgânicos, responsáveis pela cor, resistência mecânica e carga dos resíduos, que podem ser trabalhados no sentido de retornar novamente ao processo produtivo. De maneira geral, encontramos na massa total de material degradado pelo efeito da temperatura as seguintes proporções: 50% de gases combustíveis, 45% de óleos tipo E (conforme ANP), constituídos de solventes aromáticos, acetonas e ésteres, entre outros de natureza alifática, e somente 2 a 3 % de resíduos classificados como minerais, tais como, chumbo, cromo, titânio, ferro, silício, manganês, zinco, antimônio e cálcio.

---

\*- Projeto Contemplado com Financiamento do Finep para construção de unidade de 500 kg/dia. R\$600.000,00 – Dezembro de 2006. Execução 2007-2008 .

<sup>1,2,3</sup> Universidade Regional de Blumenau, Centro de Ciências Tecnológicas, Departamento de Engenharia Química – Blumenau – Santa Catarina – aos@furb.br, fone 47 9981 4447, 47 32216055

Além de ser mostrado o panorama favorável à aplicação da pirólise na finalização de Resíduos Poliméricos, pretende-se buscar subsídios técnicos para justificar, junto aos órgãos ambientais, a viabilidade deste processo com risco zero, ecologicamente correto e principalmente um mecanismo para reduzir em 95% o volume dos resíduos da Classe I (Munis, 2004) e, por outro lado, agregar valor aos mesmos e atender os procedimentos NBR 14.000.

Palavras Chaves: Pirólise, Decomposição Térmica, Decomposição de Polímeros, Cinética de decomposição de polímeros.

## 1. - INTRODUÇÃO

O alto custo na finalização dos resíduos industriais através da incineração ( R\$ 300 à R\$ 500 por tonelada), co-processamento (R\$ 300 a R\$ 400) e aterros industriais (R\$ 100, a R\$ 300), tem levado o setor produtivo a buscar novas possibilidades ecologicamente corretas e economicamente viáveis.

É neste sentido que, o Departamento de Engenharia Química da FURB tem direcionado as suas pesquisas nos últimos 6 anos. Como resultado tem-se o domínio da tecnologia de pirólise da serragem, de plásticos e de resíduos poliméricos, de lixo urbano e de agroindústrias em geral. Os produtos desta degradação térmica são gases na serie química do metano, óleos similares ao diesel e compostos alcoólicos / acéticos muito importantes para a indústria química.

Do ponto de vista econômico, transformar o resíduo em fonte de receita parece ser a atividade mais inteligente; do ponto de vista ecológico essa prática garante a finalização apropriada, em lugar de políticas de inertização em aterros industriais.

Das mais variadas fontes de resíduos, encontramos os plásticos, as tintas, os resíduos de estamperia e de estações de tratamento, o lodo galvânico, lixo urbano e areias de fundição, entre outros.

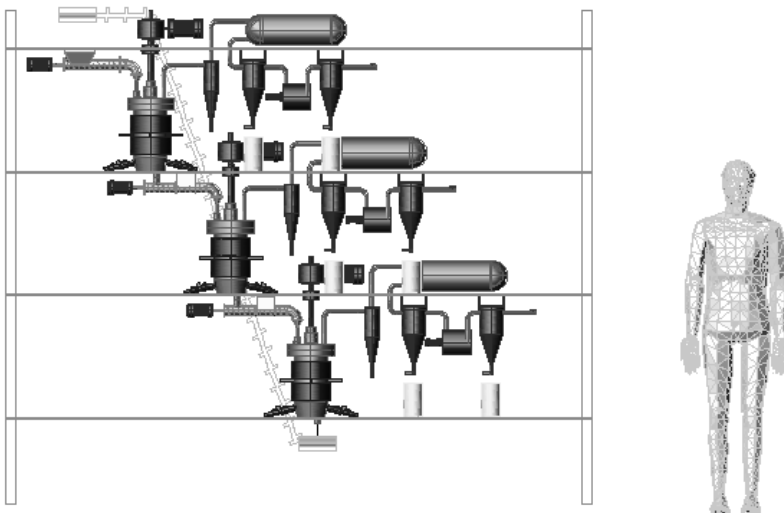
Os resíduos normalmente aterrados e/ou co-processados apresentam a seguinte constituição química: polipropileno (PP), componente utilizado na industrialização de embalagens plásticas flexíveis, na indústria de alimentos em embalagens em geral. Também são alvos de estudo as resinas acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS), matéria prima base para uma gama enorme de produtos utilizados na indústria calçadista, manufatura de componentes da indústria automotiva, tais como painéis, assentos e pára-brisas, e resinas poliuretânicas, epóxi, acrílicas, vinílicas,

alquídias e poliésteres, empregados na formulação de tintas e vernizes utilizadas na indústria automotiva, componentes eletrônicos e da construção civil como agente protetivo (pintura).

Os resultados decorrentes de numerosos estudos, encontrados na literatura de pirólise de resíduos poliméricos [2,3,4,5], constituem uma gama enorme de sub-produtos com valor agregado alto, muitas vezes 5 vezes superior ao do resíduo gerado [5,6,7]. A valorização do resíduo ao nível do produto deve-se ao fracionamento ocorrido durante a quebra de moléculas grandes (macro), ocasionado pelo efeito da temperatura e da ausência de ar e reações intermediárias que ocasionam a conclusão da reação em moléculas menores, compostas principalmente de gases combustíveis e de óleos (1 a 20 átomos de carbono na molécula) agrupados em compostos alifáticos denominados óleos de pirólise, com alto poder calorífico, grande poder de solvência, isentos de anéis aromáticos e formadores de dioxinas, furanos, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> e CO<sub>x</sub> que constituem produtos altamente agressivos ao meio ambiente.

## 2. O Processo de Pirólise

O trabalho experimental a ser executado utiliza 3 reatores de tubomistura em cascata, alimentados por extrusoras, conforme Figura 1[11].



**Figura 1. Planta de Pirólise com 3 reatores de Mistura em Série.**

A planta em escala de laboratório é composta por 3 extrusoras, 3 reatores dispostos em série e um sistema de condensação e monitoramento. As três extrusoras são responsáveis pela transferência de material entre os reatores em série. O material a ser pirolisado é alimentado na primeira extrusora e sofre as reações químicas necessárias no primeiro reator. Os gases de reação são purgados para o sistema de monitoramento. No sistema de monitoramento tem-se um condensador e tanque de recebimento. O analisador de gases (CG), está conectado “on-line” ao sistema e envia as informações de composição ao sistema de aquisição de dados. O líquido condensado é armazenado e posteriormente será caracterizado. Os gases não condensados podem ser comprimidos ou alimentar uma unidade de queima ou “flare”. O resíduo da reação tem tempo espacial pré-estabelecido e sai do reator, alimentando a extrusora e sendo conduzido ao segundo reator. Este procedimento é monitorado; os tempos espaciais e a temperatura são os parâmetros importantes que interferem na taxa de conversão do resíduo nos sub-produtos desejados.

O controle de vazão da extrusora (kg/h) e da temperatura ao longo do túnel é monitorado por um controlador do tipo PID, com sensores de temperatura tipo Pt-100, adaptados na superfície interna do túnel, que permite a leitura da temperatura da massa e atuação do sistema de “liga e desliga” do bloco de resistências, garantindo desta forma um monitoramento térmico próximo ao isotérmico. Este bloco de resistências está ligado a um wattímetro que permite, desta forma, associar o consumo de energia elétrica utilizado à quantidade de massa. Este conhecimento de kg alimentado/KW (T,P), é fundamental para se definir uma função custo de operação.

Uma vez alimentado o primeiro reator de mistura, com uma determinada massa (kg/h), a uma temperatura de 330°C, inicia-se o processo de reação de degradação térmica do resíduo.

O reator, construído em inox 316, com diâmetro de 110 mm (5”) e altura de 220 mm (10”), é totalmente fechado, contendo na parte superior um misturador de esferas, saída de gases de pirólise.

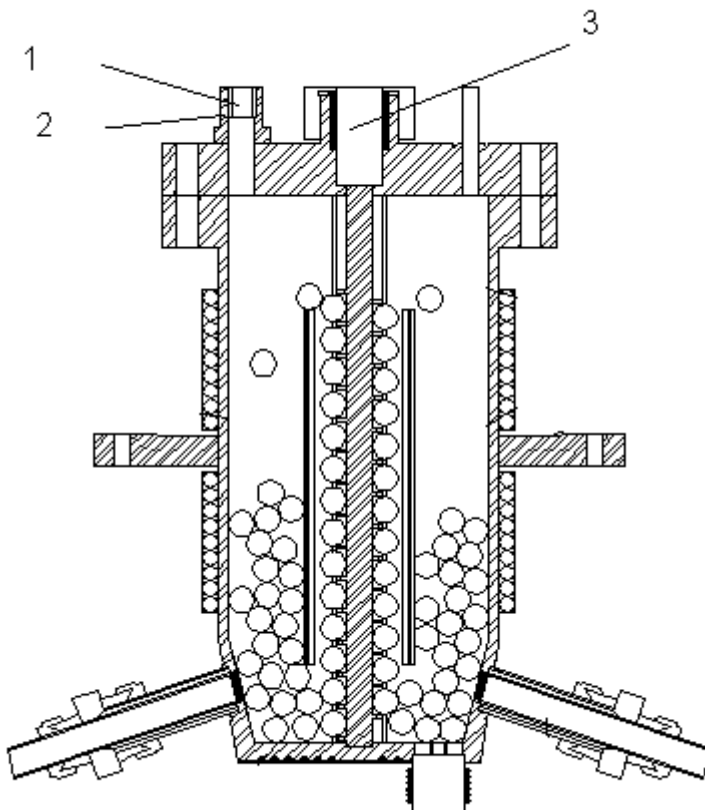
A alimentação é efetuada mediante duto vertical acoplado ao final da extrusora, com diâmetro de 17 mm ( $\frac{3}{4}$ ”). A queda do produto da extrusora acontece em um duto de  $\frac{1}{2}$ ”. O diâmetro deste duto é de 11 mm (1/2 pol). A tampa do reator, no formato abaulado, é fixado no tanque através de tampa flangeada, com junta de vedação resistente a temperaturas de até 1000°C. O conjunto de

agitação, também fixado no topo da tampa mediante conjunto de acoplamentos, selo mecânico (ou dispositivo similar, tipo gaxeta) que permite garantir a vedação total do tanque em qualquer condição de trabalho, tais como vácuo e pressão de 10 bar. Esta tampa e suas respectivas conexões e vedações são confeccionadas em padrão NASA de precisão, sendo confeccionados em tampas fundidas, usinadas em CNC, com tolerância de  $10^{-4}$  mm. Isto se faz necessário para permitir a execução da reação sem quaisquer interferências de entrada e ou saída de oxigênio.

Na parte inferior do reator, encontramos o elemento de mistura, tipo leito de jorro com circulação de esferas com diâmetro de 10 mm, que constituem elementos de isothermicidade e de incorporação de catalisadores. As 500 esferas que compõe o conjunto de homogeneização deverão percorrer da parte inferior do tubo para a parte superior em uma razão de 90 esferas por minuto.

O reator é todo revestido com resistências elétricas, permitindo desta forma manter a isothermicidade e o controle adequado de temperatura. Tomadas de consumo de kW são feitas para determinar a energia de ativação, bem como dispositivos como termopares, PID, em painel são adequados para melhorar o estudo da reação de pirólise. O reator deve ser mantido a 330 °C por um período de 26 minutos. Neste tempo espacial, uma massa de aproximadamente 1,5 kg, sofre os efeitos térmicos, ocorrendo a degradação do polímero a monômeros e, em uma seqüência de múltiplas reações em série e paralelo, gerando gases, líquidos e sólidos conforme análises abaixo. A equalização térmica de 380 e 440 °C é necessária para atingir a degradação de praticamente todo material alimentado. Na Figura 2 é mostrado o reator e suas particularidades que permitem garantir uma reação de pirólise com alto rendimento [11].





**Figura 2 – Reator Pirolítico**

A extrusora alimenta o reator através de 1. Em 2 tem-se a conexão da extrusora e do reator. O eixo que permite o movimento das esferas é representado por 3. O símbolo 4 indica zona de aquecimento com resistências elétricas.

Através de análises cromatográficas da fase gasosa de resíduos de polipropileno, borra de tinta, acrilonitrila e butadieno-estireno, tem-se os resultados de parte da reação química ocasionada pela pirólise.

Nota – O Cromatógrafo é integrado com detector de condutividade térmica, marca CG, modelo 35, utilizando coluna Porapak Q. As condições de análise são:

Gás de arraste: gás hélio, 0,5 ml/s, temperatura do vaporizador, ambiente, na coluna 69 °C, no bloco detector de 125 °C, corrente 220 a 250 mA.



Devido à grande diversidade de substâncias presentes na fase líquida, é comum identificá-las pelo número de átomos de carbono. Os resultados encontrados por análise cromatográfica são mostrados nas Tabelas 3 e 4.

**Tabela 3 Identificação por número de carbonos da fase líquida obtida de resíduo de borra de tinta [8]**

Numero de Carbono	Compostos Identificados
2	Etanona
3	2-(1-metiletoxi)-etanol
3	Propanona
4	2-metilpropilester
4	2-etoxietanol
6	4-metil-2-pentanone
6	2-butoxietanol
7	Metilbenzeno, tolueno
8	Etilbenzeno
8	1,4-dimetilbenzeno; xileno
8	1,3-dimetilbenzeno
8	1,3-dimetilbenzeno
8	Etenilbenzeno;estireno
8	1-fenil-etanone
9	Isopropilbenzeno
9	1,2,4-trimetilbenzeno
9	1,2,4-trimetilbenzeno
9	(1metiletenil)benzeno
10	Naftaleno

#### **Nota Propriedades Físicas**

O valor que se pretende agregar aos resíduos a partir os óleos de pirólise em questão depende de especificações tabeladas pela ANP, Portaria 80, de 30 de abril de 1999, que inclui o calor de combustão, viscosidade cinemática, ponto de fulgor e densidade. Estes ensaios foram realizados pelo laboratório de Reatores e de Polímeros do DEQ/UFSC.

**Tabela 4 – Poder Calorífico do óleo de pirólise**

Amostra de Óleo de pirólise	Poder Calorífico inferior (kcal/kg)	Viscosidade (cSt)	Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )	Ponto de Fulgor (°C)
Tinta 1	9222,20	64,18	880	25
Tinta 2	9296,44	28,61	877	23
Tinta 3	9725,14	30,31	916	20
ABS 1	11.087,00	56,83	760	65
ABS 2	10.456,10	43,32	767	75
ABS 3	11.363,72	54,72	771	76
PP 1	10.458,97	71,73	775	65
PP 2	11.149,43	44,79	933	67
PP 3	10.883,85	45,83	794	67

Nota. Tinta 1, foi a amostra de óleo obtida na pirólise a 450 °C, por um período de 90 min; Tinta 2 amostra a 550 °C, Tinta 3, a 650 °C. Polipropileno 1, 2, e 3, e ABS, 1, 2, e 3 também nas mesmas condições de reação.

Na fase sólida, para os resíduos plásticos, foram encontrados os mesmos componentes verificados ao final da pirólise, de acordo com análise feita com aparelho de infravermelho. Entretanto houve uma redução média em massa de 98 a 99,5 % para os resíduos de PP e ABS. Quanto ao resíduo de tinta, tem-se uma redução de aproximadamente 96 % em massa. Este resíduo foi analisado também por espectrometria de fluorescência por raio X, em espectrômetro, marca Rigaku. Os resíduos analisados apresentaram a composição, conforme Tabela 3.

A análise a borra de tinta pirolisada por espectrometria demonstra elementos em maior quantidade chumbo e cromo, menor quantidade titânio, ferro, silício e manganês e como traços de cloro, zinco, antimônio e cálcio.

Frente a esta amostragem, tem-se ainda a mesma classificação encontrada na borra de tinta inicial, ou seja, classe I

#### 4. Avaliações Preliminares

Os compostos orgânicos voláteis resultantes da pirólise dos resíduos de plástico PP, ABS e da Borra de Tinta mostraram-se ricos em gases combustíveis, com composição aproximada de

metano, etano, propano, eteno e propeno. O teor encontrado no volume de gás é de aproximadamente 60 %. Este gás com alto poder calorífico (9000 kcal/kg), pode ser utilizado para dar sustentabilidade ao processo de geração de energia elétrica. A estratégia seria o aquecimento com queimador industrial para gerar vapor, o vapor tocaria uma turbina e posteriormente um gerador elétrico.

Os resíduos líquidos (óleos de pirólise [9,13]) identificados por cromatografia, têm aspecto de óleo mineral, rico em solventes (30%) tais como acetonas e ésteres, que merecem trabalho de caracterização bem como compostos aromáticos (70 %).

De acordo com a classificação da ANP, os óleos de pirólise obtidos pela decomposição do PP e ABS, podem ser designados como óleo combustível tipo E. O óleo é gerado na pirólise de borra de tinta, com óleos inflamáveis, devido ao baixo ponto de fulgor (abaixo de 60°C).

Quanto o resíduo sólido, não há outros procedimentos se não os de inertização ou de purificação através de processos de fusão na indústria do aço, ou outros procedimentos que possam incorporá-lo novamente em produtos industrializados.

Do ponto de vista global para cada 1000 kg de resíduo tem-se:

50 % de gás combustível  
47 % de líquidos inflamáveis  
3 % resíduos minerais.

O resultado é justificável economicamente haja vista que ambos têm mercado e valor de comercialização superior a R\$ 3,00 o kg.

## 5. Referências Bibliográficas

[1] Arena, Umberto and Mastellone, M.L., 2001. *The phenomenology of bed defluidization during the pyrolysis of food-packaging plastic wast.* Departament of Environmental Sciences, Second University of Naples. Italy.

[2] Arena, U, Mastellone, Maria Laura. (2000) **“Defluidization phenomena during the pyrolysis of two plastic waste**. Department of Chemical Engineering. University “Frederico II” of Naples, Napoli. Italy.

[3] Ayhan Demirbass, 2004. **“Pyrolysis of municipal plastic wastes for recovery of gasoline-range hydrocarbons”**. Department of Chemical Engineering, Konya. Turkey.

[4] Ceamanos, J. et al, 2001. **“Kinetics of pyrolysis of high density polyethylene. Comparasion of isothermal and dynamic experiments**. Department of Chemical and Environmental Engineering. University of Zaragoza, Zaragoza, Spain.

[5] Karayldirim, Tamer et al, 2001. **“Conversion of plastics/HVGO mixtures to fuels by two-step processing**. Departamento f Chemistry. Izmir, Turkey.

[6] Milne, Bruce J. et al, 1999. **“Recycling of waste plastics by ultrapyrolysis using an internally circulation fluidized bed reactor**. Departament of Chemical and Petroleum Engineering. Calgary, Canada.

[7] Meier, D, Faix, O., (1997). **“State of the art of applied fast pyrolysis of lignocellulosic materials – a review**. Federal Research Center form Forestry and Forest Products. Hamburg, Germany

[8] Muniz, Ana Rosa Costa, 2004. **“Otimização da Operação de um Reator de Pirolise de Resíduos Sólidos Industriais**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina.

[09] Rosa del Carmen Miranda Guardiola, Ciro Cesar Segovia Martines, Cesar Alberto Sosa Banco. 2006. **“Pirolisis de Ilantas usadas: Estudio Cinético”**, Ingenierias, Facultad de Ciencias Quimicas, UANL. XI Congreso Latinoamericano de Transferencia de Calor y Materia. Latcym 2006, Mexico.

[10] Yusaku Sakata, et all. 2003. **“Comparison of Thermal Degradation Products From Real Municipal Waste Plastic and Model Mixed Plastics”**, Department of Applied Chemistry, Faculty of Engineering, Okayama University. Okayama, Japan.

[11] Yang, J, Miranda, R., Roy, C. (2000). **“Using the DTG curve fitting method to determine the appaent kinetic parameters of thermal decomposition of polymers**. Institut Pyrovac Inc. Parc Technologique du Quebec. Quebec, Canadá.

[12] Bockhorn, H, et al. (1998) **‘Stepwise pyrolysis for raw material recovery from plastic wast**. Institut fur Chemicche Technik, UniversitatKarsrube, Kaiserstr, Germany.

[13] Adenike O. Adebajo, Ajay K Dalai, Narendra N. Bakhshi. (2005). **“Catalysis and Chemical Reaction Engineering Laboratories”** Department of Chemical Engineering. University of Saskatchewan

**Opinião:**

## **A Desregulamentação da Eletricidade Chegou ao seu Limite?**

Christian Stoffaës(\*)  
Presidente do CEPIL

*Círculo dos Economistas*

### **1. Incidente de percurso?**

A liberalização da indústria elétrica teria chegado ao limite:

No decorrer dos últimos anos, alguns incidentes importantes no setor tiveram destaque no noticiário.

- Os cortes de energia que ocorreram na Califórnia em 2001, muito prejudiciais para a economia e as falências das companhias de distribuição elétrica desse estado, causaram aumentos de preço drásticos nos mercados de atacado;
- Em 2001, a falência fraudulenta da Enron, empresa que originalmente transportava gás e que ingressou em 1985 no setor elétrico, tornando-se líder. O “caso” Enron acarretou no desaparecimento da firma de auditoria encarregada de controlar as contas e colocou em descrédito um certo tipo de capitalismo especulativo;
- Os cortes de energia ocorridos em 2003 em diversos países, como na Itália e no nordeste dos Estados Unidos;
- Mais recentemente o aumento dos preços da eletricidade na Europa devido ao aumento do preço do gás natural e do petróleo, inclusive nos países que dispõem de recursos de produção com preços estáveis (como o nuclear francês);
- Nos países em desenvolvimento que adotaram as privatizações e a desregulamentação nos anos 90, os investimentos na produção e no transporte se reduziram, ou até mesmo foram interrompidos, causando penúrias de energia com graves conseqüências para o desenvolvimento.

- Faltam capitais públicos para a construção de infra-estruturas.
- Os investidores estrangeiros que haviam inicialmente sido atraídos pelas promessas da privatização se retraíram devido aos múltiplos litígios com as autoridades reguladoras. Consideraram-se espoliados e que são demagógicas as críticas a seu comportamento predador. Essa situação de penúria de eletricidade é particularmente acentuada na América Latina, na Índia e na África.

## **2. Ou crise do sistema?**

Serão esses problemas simples incidentes de percurso ou trata-se de uma crise sistêmica abalando o próprio conceito de concorrência aplicado a esse setor tão particular?

Falha de coordenação entre os diversos estágios desde a produção até a distribuição, deficiência dos investidores, desenvolvimento acelerado das centrais de energia a gás cuja intensidade de capital é fraca, mas cuja variação de custos do combustível é forte, com altos riscos em termos de segurança de abastecimento: a origem comum dessas dificuldades parece ser o receio dos investidores privados de entrarem em um setor no qual as regras do jogo são instáveis e não existe integração entre os estágios sucessivos da produção, do transporte e da distribuição o que traz riscos econômicos para os investimentos de longo prazo.

Além do mais, após uma primeira alta nos preços e fragmentação dos antigos monopólios públicos desmantelados pela desregulamentação, não puderam ser constatadas tendências para a retomada da alta nos preços ou para maior concentração ou cartelização nas empresas do setor. Assim, grandes grupos de porte multinacional constituem-se, tirando partido da extinção das fronteiras de demarcação geográfica, por meio de fusões e aquisições que envolvem quantias colossais e capitais especulativos: oligopólios de capitais privados multinacionais que tomam o lugar dos antigos monopólios públicos ou regionais preexistentes à desregulamentação.

Na realidade, a situação atual é análoga, em muitos aspectos, àquela preexistente ao período histórico de imposição da regulamentação pública, no qual a nacionalização das empresas de eletricidade assumiu formas extremas em certos países como a França, o Reino-Unido ou a Itália.



### **3. Um pouco de memória histórica: antes da regulamentação**

A História não se repete, mas nem por isso é inútil reexaminar a história da economia industrial da eletricidade. Essa indústria nasceu no final do séc. XIX, a partir de uma série de invenções técnicas que trouxeram inovações decisivas na economia da época: as mudanças ocorreram tanto nas indústrias, graças aos motores elétricos e à automação, quanto no urbanismo (iluminação pública, metrô, bonde) e nos lares domésticos (iluminação, eletrodomésticos, etc.)

A indústria elétrica constituiu-se primeiro de numerosas empresas de produção ou de distribuição em escala local, que operavam segundo uma multiplicidade de normas técnicas (voltagem, frequência). Ela foi unificando-se paulatinamente em torno de padrões técnicos comuns, no âmbito do regime de concessões do serviço público em escala municipal ou local.

Em seguida, graças ao transporte de longa distância em linhas de alta tensão, concentrou-se em torno de grandes grupos de dimensão regional ou nacional. Esses grupos de capitais privados estiveram no centro de controvérsias públicas animadas. Os sindicatos e os partidos de esquerda os transformaram em símbolo do abuso dos grandes trustes capitalistas: super-tarifação ligada às posições monopolísticas; comportamento maltusianista no investimento - inclusive para a eletrificação das áreas rurais e equipamento dos recursos hidrelétricos cuja rentabilidade financeira era considerada fraca demais ou a prazo muito longo para o capital privado; influência dos lobbies sobre a imprensa e os políticos. Também eram denunciadas as concentrações e monopólios privados, e as especulações desenfreadas nas operações de fusão-concentração.

Essas críticas resultaram nos regimes de regulação pública, i. e, a tomada de controle, pela autoridade pública, das tarifas e dos investimentos das companhias de eletricidade.

Observa-se uma coincidência flagrante dos tempos, em todos os países. Foi em 1935, durante o New Deal de Roosevelt, apesar de os Estados Unidos serem uma nação fundamentalmente hostil à intervenção do Estado na economia, que foi votada a lei anti-truste, chamada PUHCA, que proíbe as holdings financeiras elétricas trans-estaduais, cria as agências para a construção das grandes barragens hidrelétricas (entre as quais a célebre Tennessee Valley), institui as agências públicas para trazer a eletricidade para as áreas rurais. É no mesmo ano de 1935 que a

Alemanha institui as fronteiras de demarcação que delimitam os territórios das concessões dos grandes grupos de eletricidade e reforça a autonomia das empresas locais de distribuição (as *Stadtwerke*). É também em 1935 que, na França, decretos-lei já impõem um controle nacional das tarifas de eletricidade bem como reajustes de preço adaptados à cidade e ao campo, antes dos programas de financiamento público dos grandes equipamentos hidrelétricos do governo da Frente Popular e do período pós-guerra da Reconstrução.

Não é supérfluo lembrar essas circunstâncias: a organização industrial do setor elétrico que a desregulamentação desmantelou - no mínimo parcialmente em certos países - não era aquela que existia na origem. A organização presente se impôs sob a pressão das circunstâncias, passando por debates políticos e sociais muito conflituosos, motivados pela situação preexistente de liberalização econômica e as grandes controvérsias que levantou. A regulação— nacionalização da eletricidade instituída então tornou-se o símbolo das políticas keynesianas e planificadoras da época.

#### **4. As reformas de desregulamentação**

Desde então, o mundo mudou. A partir da década de 1970, a revolução keynesiana deixa o lugar para a contra-revolução liberal e monetarista, sob o efeito das reações da opinião pública frente à estagnação econômica e aceleração da inflação.

A origem da desregulamentação contemporânea do setor elétrico pode ser datada com precisão. O movimento começa em 1978, no âmbito da legislação que autoriza a produção independente de eletricidade (as IPP) e obriga as "utilities", que dispõem dos monopólios exclusivos nos territórios respectivos de suas concessões, a adquirirem a eletricidade produzida pelas centrais independentes. É votada a lei PURPA, concebida pela administração Democrata de Jimmy Carter na esteira do movimento do *consumerism* de proteção aos consumidores, avesso aos monopólios regulamentados, e do movimento ecologista. Verbas consideráveis para a inovação, concedidas pelo Ministério da energia (DOE), foram redistribuídas na pesquisa nuclear, incentivando o desenvolvimento de energias novas e renováveis (energia eólica, solar, geotérmica, etc.), inclusive na Califórnia, estado pioneiro nessa área. A experiência das energias novas redundará em um semi-fracasso econômico por causa de seus custos muito elevados. Contudo, a liberalização da produção leva a uma inovação tecnológica decisiva: as turbinas a gás de alta

temperatura e os ciclos combinados a gás terão um grande sucesso no mundo inteiro, por causa dos ganhos de eficiência energética notáveis que geram por ambos, e de seu baixo custo em capital, ambos contribuindo para difundir a liberalização.

A experiência mais significativa é sem dúvida a do governo Britânico de Margaret Thatcher que faz a votação, em 1989, da lei que prevê a des-integração vertical, fragmentação geográfica e privatização do antigo monopólio público, nacionalizado em 1945 pelo governo Trabalhista de Clement Attlee. A liberalização da eletricidade interveio no âmbito da política monetarista e liberal implementada a seguir as eleições de 1979 que dão a maioria para os ultra-conservadores. A opinião pública britânica estava cansada do papel nefasto dos poderes sindicais e do regime de « closed shop », da hiperinflação, estagnação econômica e desemprego que levam a Inglaterra ao declínio nos anos 1970. Apesar de serem radicais e embaterem-se violentamente contra os sindicatos, as políticas de Thatcher e de seu sucessor John Major gozaram durante quatorze anos de um apoio constante da opinião pública. Tanto que levaram o partido trabalhista a evoluir para o social liberalismo que Tony Blair vem encarnando há dez anos.

Antes de chegarem ao setor elétrico, entre 1983 e 1988, as medidas de privatização e abertura para a concorrência tinham sido aplicadas aos transportes aéreos, às telecomunicações, ao gás, às companhias de água, aos aeroportos, etc. No setor da eletricidade, no qual o conflito social com o sindicato dos mineradores durou um ano, o governo decidiu primeiro fragmentar e desintegrar a produção, o transporte e a distribuição antes de fazer a privatização, a fim de evitar que o antigo monopólio público fosse simplesmente substituído por um monopólio privado. Um regulador independente é instituído com o objetivo de suscitar um verdadeiro mercado de concorrência entre as vinte empresas, aproximadamente, herdeiras do antigo operador histórico.

O efeito econômico imediato, no caso da ousada experiência da Thatcher, é a ruptura do vínculo histórico de integração entre as minas de carvão e as centrais elétricas, suscitar a construção de turbinas a gás natural e ciclos combinados, com conseqüências sensíveis para a baixa dos custos e dos preços. Em seguida ocorreram evoluções menos positivas, como as mudanças freqüentes de investidores, fusões e concentrações limitadas pela legislação da concorrência, os conchavos mais ou menos comprovados na determinação do preço, ou a definição de uma fatia máxima do Estado no mercado das centrais a gás.

Qualquer que seja o julgamento relativamente às conseqüências no longo prazo da reforma britânica, e as circunstâncias particulares vigentes nesse país – e. g.: a ineficiência econômica do sistema preexistente e o papel excessivo do "todo carvão" e do poder sindical - essa experiência serve de exemplo no mundo. Tratando-se dos monopólios elétricos preexistentes, as críticas eram em geral menos hostis. Por isso os regimes de desregulamentação apresentam-se de forma muito diversa conforme o país, sendo que nenhum foi tão longe quanto o Reino Unido.

Na Europa, o modelo thatcheriano de mercado concorrencial da eletricidade inspira diretamente as diretivas de liberalização do mercado interno da eletricidade e sua transposição nos regimes nacionais. Muitos países da América Latina inspiram-se da reforma britânica, pressionados, aliás, pelo Fundo Monetário e o Banco Mundial que sugeriam a todo mundo políticas de liberalização.

Certos países são mais moderados: os Estados Unidos contentam-se com a imposição da produção independente com « utilities » tradicionais (ver acima) e afrouxam a aplicação da lei anti-truste, autorizando alguns movimentos de concentração - reestruturação: como referido acima, o fracasso da Enron e a crise de abastecimento na Califórnia limitam o entusiasmo do desregulamentadores. Na Europa, a França e a Alemanha abrem seu mercado mais a mudança de estrutura do mercado permanece marginal: autonomia da rede de transporte francesa; criação de autoridades independentes de regulamentação; privatização de 15% do capital de EDF (Electricité de France); aproximação entre as companhias de eletricidade e gás alemãs (EON - Ruhrgas).

## **5. Uma desregulamentação à parte**

Ao fim e ao cabo, são poucos os países no mundo que aplicam ao pé da letra o modelo britânico, apesar desse estar em voga há uns quinze anos. A estabilidade prevalece sobre a revolução: caberia mais dizer que são reformas à margem dos antigos serviços públicos.

Contudo, houve mudanças importantes: no geral, os regimes de monopólio são suprimidos; os capitais privados e os recém-chegados são introduzidos; as modificações de comportamento são globalmente positivas.

Em compensação, surge um novo problema, cada vez mais aflitivo: o receio dos investidores a entrarem em investimentos de alta intensidade capital e a penetração acelerada do gás natural (nos países desenvolvidos) e do carvão (nas economias emergentes), duas fontes de energia que representam ambas graves problemas do ponto de vista da segurança do abastecimento e da estabilidade dos preços, ou da poluição. Isso ocorre em detrimento dos investimentos de longo prazo, como a energia nuclear, cujo desenvolvimento parou, praticamente, a grande hidreletricidade ou a energia renovável (que não podem ser desenvolvidas sem verbas vultosas).

Em relação à liberalização de outros setores antigos do serviço público, qualquer tentativa de encontrar um paralelo revela-se, de fato, um pouco artificial. A abertura do transporte aéreo, após alguns combates de retaguarda, suscitou reestruturações profundas: eliminação dos antigos gigantes (Pan Am e TWA por exemplo) e das companhias de médio porte (Sabena, Swissair, SAS etc.); internacionalização das antigas companhias regionais americanas (United, American, Delta etc.); desenvolvimento rápido dos recém-chegados e dos chamados « low costs », desafiantes das posições estabelecidas; constituição de alianças na escala mundial. O público foi muito sensível à redução das tarifas e a democratização do transporte aéreo acarretou um círculo vicioso de crescimento acelerado e de baixa dos preços. O mesmo ocorreu nas telecomunicações, para as quais a liberalização originou múltiplas inovações tecnológicas e novos serviços: internet, telefonia celular, diversas aplicações de software.

Por outro lado, o público demonstrou uma certa insensibilidade à liberalização da eletricidade, pois não notou grandes conseqüências nas tarifas e novos serviços eventuais, ao contrário dos outros setores já referidos.

No final das contas, é provavelmente no setor da eletricidade que o refluxo, característica familiar do ciclo político-ideológico das teorias econômicas, parece a mais próxima. Não se deve esquecer que o séc. XX conheceu sucessivamente o reino do liberalismo econômico schumpeteriano dos engenheiros-empresários, dos trustes capitalistas, do planejamento centralizado, das políticas de regulamentação keynesianas, até encerrar-se com a revolução liberal-monetarista inventada pela América reganiana e a Inglaterra thatcheriana.

Na Europa, muitos países querem preservar um certo modelo social e serviços públicos. As grandes economias

emergentes como a China, a Índia, o Brasil, há muito inspiradas pelo planejamento auto-centralizado abrem-se rapidamente para a globalização e o liberalismo econômico, também percebem que os investimentos nas grandes infra-estruturas de interesse público exigem abordagens pragmáticas, através de parcerias entre o público e o privado.

Vamos fazer a aposta que a eletricidade será, como ela o fora em meados do Séc. XX, um setor simbólico dessas abordagens novas da busca de uma "terceira via", um compromisso pragmático entre concorrência e serviço público.

(\*) Christian Stoffaës é membro do Conselho da Fundação Concorde e desde Julho de 2006 do conselho de administração do centro de estudos (*think-tank*) *Notre Europe* fundado por Jacques Delors em 1996. Foi aluno da *École Polytechnique* (França) e engenheiro do *Corps des Mines* (França), e é Presidente do Conselho do CEPIL (Centre d'Etudes Prospectives et d'Informations Internationales) desde julho de 2004 sendo professor associado da Universidade de Paris-Dauphine e Membro do Círculo de Economistas.

**Resumo de Tese:****Liberalização, Importação e Crescimento Econômico na América Latina**

*Marcos Souza masouza@ecen.com*

Tese apresentada ao Departamento de Economia da Universidade de Brasília como requisito parcial para a conclusão do Curso de Doutorado em Economia

Orientador: Prof. Maurício Barata de Paula Pinto

**Resumo**

Neste estudo, analisamos o impacto da liberalização comercial - definida como movimentos da política comercial em direção à neutralidade, à liberalidade e à abertura - sobre o fluxo de importação e sobre o crescimento econômico (renda e produtividade) de 18 economias latino-americanas no período 1950-2004. Nas estimações, utilizamos técnicas econométricas para dados de séries temporais e de painel; e, na determinação das variáveis explicativas, além de calcularmos séries de estoque de capital total e por tipo de bem: máquinas e equipamentos e bens de construção, construímos um conjunto de indicadores de liberalização, selecionados e estimados a partir de trabalhos e de base de dados internacionais. Por meio deste conjunto de indicadores, que visam captar a liberalização, observamos que todos os países da região podem ser considerados abertos na década de 90. Os resultados mostram que a liberalização elevou a elasticidade-preço da importação do Brasil e o nível da importação do Mercosul e da América Latina. Da mesma forma, sob a hipótese de que as inovações tecnológicas ocorrem principalmente nos países ricos e são melhor absorvidas pelos países mais abertos (Edwards, 1992), verificamos que a liberalização afetou de forma positiva o crescimento dos países latino-americanos. Por meio da contabilidade do crescimento, observamos também, que a produtividade total dos fatores, que teria incorporado os efeitos da abertura sobre o crescimento tecnológico, se elevou na década de 90, apesar de permanecer pequena. Por fim, destacamos que, além da liberalização, as variáveis: estoque de capital em máquinas e equipamentos, capital humano, crescimento tecnológico mundial e defasagem tecnológica dos países latino-americanos apresentaram relação direta com o crescimento econômico da região.

*Palavras-chave: Liberalização Comercial; Importações; Crescimento Econômico; América Latina; Séries Temporais; Dados em Painel*

## **Conteúdo**

O estudo tem como objetivo investigar o impacto da liberalização comercial sobre o fluxo de importação e sobre o desempenho econômico de 18 economias latino-americanas no período 1950-2004<sup>1</sup>. Os resultados, na medida do possível, são apresentados para o Brasil, o Mercosul<sup>2</sup> e a América Latina<sup>3</sup> - AL. O trabalho tem cinco capítulos, considerando este capítulo introdutório e o capítulo de considerações finais.

No Capítulo 2, mostramos como a literatura define e mensura liberalização e os problemas relacionados às medidas mais usuais. Apresentamos, também, um conjunto de indicadores de liberalização por país, coletados de trabalhos e de bases de dados internacionais. Esse capítulo serve, portanto, de base para os dois seguintes, ao determinar o conceito de liberalização e os indicadores a serem adotados no restante do trabalho.

Os indicadores de liberalização são usados na descrição do recente processo de liberalização dos países da América Latina; no estudo do impacto da liberalização sobre o fluxo de importação dos países latino-americanos e na investigação empírica da relação entre liberalização comercial e crescimento econômico (renda e produtividade).

---

<sup>1</sup> Devido à indisponibilidade de dados para algumas variáveis, nem sempre cobriremos todo esse período. Na verdade, para maioria das questões abordadas, consideramos apenas o período de 1960 a 2000.

<sup>2</sup> Por Mercosul, consideramos: Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai. O Mercosul evoluiu a partir de um processo de aproximação econômica entre Brasil e Argentina em meados dos anos 80 e foi iniciado com a assinatura do Tratado de Assunção, em 1991, entre Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai. Na XXVII Reunião do Conselho do Mercado Comum, realizada em dezembro de 2004 em Belo Horizonte, foi formalizada a adesão de Colômbia, Equador e Venezuela ao Mercosul na condição de Estados Associados.

<sup>3</sup> Por América Latina, a não ser quando ressaltado, consideramos os seguintes países: Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, El Salvador, Equador, Guatemala, Honduras, México, Nicarágua, Panamá, Paraguai, Peru, Uruguai e Venezuela.



No Capítulo 3, analisamos a evolução da importação agregada na América Latina. Revisamos a literatura e derivamos a equação de importação a partir do modelo de Clarida (1994), que leva em consideração questões de escolha intertemporal. Ressaltamos que a estimação dessa equação, considerando o efeito da abertura comercial sobre as estimativas das elasticidades-preço e renda, se baseia em técnicas econométricas de séries temporais e de dados em painel.

No Capítulo 4, contribuímos para a análise empírica da relação entre crescimento econômico e liberalização comercial na América Latina, seguindo o modelo de Edwards (1992) e usando técnicas econométricas de dados em painel. Dada a indisponibilidade de séries de estoque de capital e a importância desta variável na explicação do crescimento econômico, nesse capítulo, estimamos o estoque de capital agregado e por tipo de bem: máquinas e equipamentos e bens de construção para 18 países da América Latina de 1950 a 2004.

Acreditamos que o trabalho contribuirá para o entendimento da economia latino-americana. Os indicadores de liberalização e as séries de estoque de capital poderão servir de instrumento em outros estudos. Por sua vez, o conhecimento da sensibilidade da importação e do crescimento econômico à variação nas variáveis explicativas, considerando a liberalização comercial, poderá auxiliar no entendimento de características econômicas e na formulação de políticas macroeconômicas para os países da região.

**Versão Integral na Internet:**

<http://ecen.com/teses/marcossouza.pdf>

## Resultados de Estudo e&amp;e OSCIP:

## Avaliação de Emissões de Compostos de Carbono pelo Processo *Bottom-Up* por Coeficientes

Carlos Feu Alvim feu@ecen.com

Frida Eidelman

Olga Mafra

Omar Campos Ferreira

Rafael Macêdo

### 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. Seu conteúdo está especificamente relacionado com a Meta 2 - Estimativa de Emissões de Gases que Contribuem para o Efeito Estufa no Uso e Transformação de Energia de 1970-2004 pelo Processo “*Bottom-Up*” por Coeficientes”.

### 2. Antecedentes

Para a Declaração Nacional Inicial do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas Sobre as Mudanças do Clima (MCT Novembro de 2004), a Coordenação Geral de Mudança Global do Clima, do Ministério da Ciência e Tecnologia – CGMGC/MCT, consolidou o inventário das emissões que contribuem para a formação do efeito estufa. Os dados do inventário foram fornecidos a e&e<sup>4</sup> na forma de coeficientes emissão/energia que permitem obter, a partir dos dados do Balanço Energético Nacional – BEN/MME, as emissões dos diferentes gases, em massa de cada um deles. Os valores foram calculados a partir de trabalho de referência da COPPE consolidado pela CGMGC/MCT para o período do inventário da referida Declaração Inicial (1990 a 1994) e depois estendidos até 1999. Baseados nestes valores, a e&e - dentro do Convênio (No 01.0065.00-2003) que visava elaborar o balanço de carbono na Matriz Energética Brasileira - confrontou estes dados com os obtidos através da Aplicação da Metodologia “*Top-Down* Estendida” - TDE publicada na Revista e&e No 58

---

<sup>4</sup> Branca Americana – Comunicação Interna.

A Metodologia *Top-Down* recomendada pelo IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), no caso das emissões energéticas, apura a massa de carbono contida nos combustíveis que entram (produção + importação) e saem (exportação) do sistema econômico do país em causa. Ela estabelece uma primeira avaliação da massa de Carbono (convertida em CO<sub>2</sub>) que é incorporada na atmosfera mundial em virtude das atividades em questão. São descontadas deste total as quantidades de carbono não oxidadas e as quantidades retidas nos usos não energéticos. A Metodologia TDE estende esta aproximação às etapas de transformação e consumo de maneira que se dispõe, para cada setor, da quantidade de carbono que “entra” neste setor sob a forma de fontes de energia conforme contabilidade usual dos balanços energéticos nacionais.

Na avaliação do tipo *Bottom-Up*, aplicada às atividades energéticas, são apuradas as emissões por tipo de gás ligado ao efeito estufa, por energético e por tipo de uso em cada Setor ou “Conta” do BEN. Em convênio anterior (Nº01.0065.00/2003) foi verificado que a massa de carbono contida nos gases CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub> e NMVOCs (outros voláteis não metano contendo carbono) emitidos apresentava incoerências com os dados apurados no processo TDE. Parte desta discrepância resulta de que a massa de CO<sub>2</sub> considerada emitida, nas apurações via *Top-Down*, supõe que os demais componentes serão convertidos com o tempo em CO<sub>2</sub> como tende a acontecer com o tempo na natureza. Ao ser adotada esta mesma aproximação na abordagem *Bottom-Up* passa existir dupla contagem com o carbono de outros compostos.

Neste trabalho usou-se um conjunto coerente de coeficientes de emissão cuja aplicação iguala massa total de carbono contida nos gases emitidos à massa “de entrada”, feitas as correções de retenção, não oxidação e, em alguns casos, de emissão de rejeitos.

Esses coeficientes, para os anos de 1990 a 1999, foram usados, como primeira aproximação, para estimar as emissões entre 1970 e 2005. Os coeficientes utilizados foram;

- Para anos anteriores a 1990 foram usados os coeficientes correspondentes a este ano;
- Para os anos 1990 a 1999 os correspondentes a cada um deles,

- Para anos posteriores a 1999 os coeficientes deste último ano.

Pelo mesmo critério de anos de referência foram estimadas as emissões de NO<sub>x</sub> e N<sub>2</sub>O que não contêm carbono.

### 3. Metodologia

Os gases emitidos que contêm carbono têm, com exceção dos NMVOCs, relação bem conhecida entre a massa de carbono e a massa total, que são as seguintes:

$$\text{CO}_2 \quad c1 = 12/44$$

$$\text{CO} \quad c2 = 12/28$$

$$\text{CH}_4 \quad c3 = 12/16$$

Para os NMVOCs foi suposta uma fração de massa de carbono ( $c4=0,85$ ) baseada na média para emissões na indústria.

Se  $m1$ ,  $m2$ ,  $m3$  e  $m4$  forem as massas destes gases emitidos tem-se da conservação da massa de carbono que:

$$m1.c1 + m2.c2 + m3.c3 + m4.c4 = MC.(1-f_{\text{nox-fret}})$$

onde MC é a massa de carbono do combustível usado no setor,  $f_{\text{nox}}$  a fração não oxidada e  $f_{\text{ret}}$  a fração retida.

As frações de combustível não oxidado adotadas na Declaração Inicial são, de maneira geral, as recomendadas pelo IPCC, observadas algumas particularidades brasileiras relacionadas, na maioria dos casos, ao uso da biomassa. De modo geral ela é de 1% para os líquidos e 0,5% para os gases. As frações não oxidadas e retidas estão mostradas na Tabela 3.1. O fator de retenção foi suposto igual a 1 (100% de retenção) nos casos em que não se tem o seu valor em apurações anteriores, para que sejam detectados eventuais usos não energéticos em anos anteriores e posteriores aos do inventário.<sup>5</sup> Note-se que a fração não oxidada referida anteriormente é  $f_{\text{nox}}=1-f_{\text{ox}}$ .

---

<sup>5</sup> Na maioria dos energéticos não existe tal uso registrado no BEN mas quando eventualmente presentes o valor seria detectado e estudado o fator conveniente a ser aplicado.

**Tabela 3.1: Fatores de Oxidação, de Retenção e de Rejeitos**

	Fator Oxidação	Fator de Retenção	Fator de Rejeitos
	Consumo Energético ou Transformação	Consumo Não Energético	Produção de Carvão Vegetal e Álcool
PETRÓLEO	0,99	1	
GÁS NATURAL ÚMIDO	0,995	0,33	
GÁS NATURAL SECO	0,995	0,33	
CARVÃO VAPOR 3100 KCAL/KG	0,98	1	
CARVÃO VAPOR 3300 KCAL/KG	0,98	1	
CARVÃO VAPOR 3700 KCAL/KG	0,98	1	
CARVÃO VAPOR 4200 KCAL/KG	0,98	1	
CARVÃO VAPOR 4500 KCAL/KG	0,98	1	
CARVÃO VAPOR 4700 KCAL/KG	0,98	1	
CARVÃO VAPOR 5200 KCAL/KG	0,98	1	
CARVÃO VAPOR 5900 KCAL/KG	0,98	1	
CARVÃO VAPOR 6000 KCAL/KG	0,98	1	
CARVÃO VAPOR SEM ESPECIFICAÇÃO	0,98	1	
CARVÃO METALÚRGICO NACIONAL	0,98	1	
CARVÃO METALÚRGICO IMPORTADO	0,98	1	
OUTRAS FONTES PRIM. NÃO RENOV.	0,99	1	
LENHA	0,87 (0,89 em carvoarias)	1	
CALDO DE CANA	0,99	1	
MELAÇO	0,99	1	
BAGAÇO DE CANA	0,88	1	
LIXÍVIA	0,99	1	
OUTRAS RECUPERAÇÕES	0,99	1	
ÓLEO DIESEL	0,99	1	
ÓLEO COMBUSTÍVEL	0,99	1	
GASOLINA AUTOMOTIVA	0,99	1	
GASOLINA DE AVIAÇÃO	0,99	1	
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	0,99	1	
NAFTA	0,99	0,8	
QUEROSENE ILUMINANTE	0,99	1	
QUEROSENE DE AVIAÇÃO	0,99	1	
GÁS DE COQUERIA	0,99	1	
GÁS CANALIZADO RIO DE JANEIRO	0,99	1	

	Fator de Oxidação	Fator de Retenção	Fator de Rejeitos
	Consumo Energético ou Transformação	Consumo Não Energético	Produção de Carvão Vegetal e Álcool
GÁS CANALIZADO SÃO PAULO	0,99	1	
COQUE DE CARVÃO MINERAL	0,99	1	
CARVÃO VEGETAL	0,99	1	0,3
ÁLCOOL ETÍLICO ANIDRO	0,99	1	0.71
ÁLCOOL ETÍLICO HIDRATADO	0,99	1	0.71
GÁS DE REFINARIA	0,99	1	
COQUE DE PETRÓLEO	0,99	1	
OUTROS ENERGÉTICOS DE PETRÓLEO	0,99	1	
OUTRAS SECUNDÁRIAS - ALCATRÃO	0,99	0,75	
ASFALTOS	0,99	1	
LUBRIFICANTES	0,99	0,5	
SOLVENTES	0,99	1	
OUTROS NÃO ENERG.DE PETRÓLEO	0,99	1	

Tanto para esses coeficientes como para os de emissão de gases, os valores disponíveis para um agregado foram adotados para seus componentes. Assim o mesmo fator de oxidação foi usado para os diversos tipos de carvão vapor. Estes coeficientes deveriam, em um tratamento futuro, serem objeto de estudos específicos. Com efeito é de se esperar, no caso do carvão vapor, que uma maior quantidade de cinzas em carvões com menor poder calorífico resultem da queima menos completa esperada, reduzindo, portanto, a oxidação.

Os coeficientes de emissão de gases fornecidos pela CGMGC/MCT foram referidos aos dados dos balanços energéticos disponíveis da época do inventário que ainda usavam o conceito de PCS (poder calorífico superior) e a tonelada equivalente de petróleo (tep= 10800 Mcal) antigo na denominação adotada neste trabalho e nos programas auxiliares de cálculo. A massa do gás emitido era calculada multiplicando-se o coeficiente de emissão fornecido para o energético e o gás emitido pela quantidade de energia expressa em tep.

O procedimento e as modificações adotadas ficam mais claros tomando-se, como exemplo, as emissões de CO (monóxido de carbono) no diesel usado no transporte rodoviário no ano de

2005. Os fatores de emissão usados para este ano foram os do último ano em que o MCT forneceu os valores (1999).

- O volume de diesel consumido foi de 30.428 mil m<sup>3</sup> ou de 25.323 mil tep antigo, o coeficiente de emissão de CO é de 0,0430 t de CO por tep antigo ou 1088 mil t de CO que contêm 466 mil t de carbono (1088\*12/28);
- Este mesmo volume de diesel, expresso em tep (novo) é de 25.803 mil tep ou de 1080 mil TJ que multiplicados pelo fator 20,2 tC/TJ equivalem a uma massa de 21.824 mil t de carbono contida no diesel;
- Ou seja,  $466/21.824 = 2,14\%$  do carbono contido no diesel para transporte rodoviário é emitido sob a forma de CO.

O fator de emissão de rejeitos significa que para cada átomo de carbono contido no álcool é produzido 0,71 átomo de CO<sub>2</sub> de fermentação e carbono residual contido no vinhoto. Em uma primeira aproximação, foi suposto, neste trabalho que este carbono apareceria na forma de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Esta hipótese é verdadeira no caso do CO<sub>2</sub> de fermentação, mas deve ser menos válida para o vinhoto em que parte deve se decompor na forma de CH<sub>4</sub>.

No caso das carvoarias existe a formação do pirolenhoso e do alcatrão de madeira. Na falta de estudos sobre o tema, considerou-se a emissão resultante destes compostos a partir do conjunto de coeficientes fornecidos pela CGMGC/MCT não tendo sido usadas, nas emissões, as informações sobre a formação de resíduos.

O cálculo mostrado na Tabela 3.2 ilustra a maneira aqui utilizada de expressar os coeficientes de emissão como percentual do carbono contido. Como o objetivo do trabalho é chegar a um balanço de carbono equilibrado, a adoção de coeficientes de emissão para cada combustível, em percentuais de carbono contido no combustível e que leve ainda em conta as frações não oxidada ou retida, faz com que a massa emitida seja automaticamente igual à que é usada no setor (apurada com a metodologia TDE).

**Tabela 3.2: Exemplo da Aplicação do Coeficiente Fracionário para Apuração de Emissões de CO Provenientes do Uso do Diesel no Transporte Rodoviário para o Ano de 2005**

Cálculo	Especificação	Quantidade	Unidade	Observação
a	Unidades Naturais	30429	mil m3	
b	Fator conversão tep antigo	0,8322	tep ant/m3	
c=a*b	Energia	25323	mil tep antigo	
c	Fator emis CO	0,0430	tCO/tep ant	
d=b*c	Emissões CO	1088	mil t	Gg
e	Fator conversão tep	0,8480	tep/m3	
f=a*e	Energia	25804	mil tep	
g	Fator de conversão tep em TJ	0,0419	TJ/tep	
h	Energia	1080	mil TJ	
i	Massa Carbono por energia	20,2	tC/TJ	PCI
j	Massa de Carbono do Combustível	21824	mil t	Gg
k	Fração de Carbono no CO =12/28	0,4286		
l=k*d	Massa de Carbono no CO	466	mil t	Gg
m=l/j	Fração da massa de C emitida como CO	2,14%	C no CO/ C no diesel	

Para alcançar um conjunto coerente de fatores de emissão relativos ao carbono contido no combustível, os fatores inicialmente disponíveis (em t de gás emitido por tep antigo) foram transformados mediante renormalização usando os coeficientes originais.

O procedimento foi o de calcular o percentual de carbono contido com auxílio do programa *bal\_eec*. A renormalização foi feita alterando-se o percentual de CO<sub>2</sub>. Com objetivo de verificar eventuais incoerências e omissões nos fatores de emissão, foram examinados os coeficientes para todos os anos de todos os combustíveis e “contas”. Em alguns casos, os coeficientes não estavam disponíveis para todas as “contas” embora fosse registrado o uso do combustível no setor correspondente. Neste caso usou-se o valor médio para os setores do mesmo grupo (e.g.: industrial) ou os valores de uma atividade similar (e.g.: transporte ferroviário e marítimo).



A Tabela 3.3 mostra como foi feita a renormalização. Este exemplo é para o mesmo caso da tabela anterior.

**Tabela 3.3 Renormalização de Fatores em % de Carbono para o Diesel no Setor Rodoviário**

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO	NMVOCS	Fnox	Fret	Total	CO <sub>2</sub> Corri- gido
RODOVIÁRIO	99,748	0,019	2,138	0,848	1,000	0,000	103,753	95,996
RODOVIÁRIO Renormalizado	95,996	0,019	2,138	0,848	1,000	0,000	100,000	

No exemplo mostrado, o percentual de carbono emitido e retido seria superior a 100% sendo a correção feita no percentual de CO<sub>2</sub>. Os mesmos percentuais foram utilizados para o uso do diesel nos setores ferroviário e hidroviário.

#### **4. Resultados Emissões de Carbono e de seus Compostos**

O programa *bal\_eec*, elaborado a partir do *ben\_eec*, sofreu modificações a fim de permitir apurar, além dos balanços energético, de energia equivalente e de carbono, as emissões, por energético e por conta, dos gases formadores do efeito estufa CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NMVOCS, CO, NO<sub>x</sub> e N<sub>2</sub>O. A descrição do programa será feita proximamente nesta revista. A soma do carbono contido nestes gases fornece o total de carbono enviado à atmosfera.

Nas Tabelas 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, e 4.5 mostram-se, para anos escolhidos de 1970 a 2005, as emissões por combustível de Carbono (total) de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO e NMVOCS respectivamente.

**Tabela 4.1 Emissões de carbono por Combustível, Período 1970/2005, em Gg/ano**

	1970	1975	1980	1985	1990	1994	1995	2000	2005
GAS NATU RAL	615	460	878	2301	2537	2999	3163	6542	12423
CARVAO VAPOR	617	610	1291	2657	2068	2070	2077	2817	2360
CARVAO MET.	0	0	0	0	0	277	653	2634	3363
OUTRAS NAO REN.	44	39	95	178	287	259	258	679	833
OLEO DIESEL	4675	8608	13451	14650	18009	20482	21887	25955	28691
OLEO COMBUST.	6629	11906	15073	8255	9105	9931	10477	10119	6357
GASOLINA	5834	8827	6940	4777	5863	7274	8699	10432	10681
GLP	974	1436	2169	2926	4054	4364	4621	5590	5076
NAFTA	1	205	284	673	830	1031	1020	1359	1218
QUEROS. ILUM.	403	395	356	223	155	98	82	45	20
QUEROS. AVIACAO	513	1008	1343	1456	1550	1653	1929	2524	2063
GAS DE REFIN.	175	854	884	1301	1410	1670	1595	2143	2828
COQUE PETROLEO	0	0	0	435	445	618	737	3780	4353
OUT.EN. PETROLEO	38	81	709	461	546	704	881	1804	1768
GAS CIDADE	99	130	171	219	211	106	90	64	0
ASFALTOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LUBRIFICANTES	0	0	0	310	292	268	282	344	358
SOLVENTES	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OUT.NAO EN.PET.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COQUE CARV.MIN	1445	1959	3908	6040	6274	8221	8322	7953	7847
GAS DE COQUERIA	170	226	402	692	736	813	821	769	790
OUT.SEC. ALCATRAO	30	41	94	119	182	254	243	145	97
<b>NÃO RENOVÁVEIS</b>	<b>22262</b>	<b>36786</b>	<b>48049</b>	<b>47672</b>	<b>54553</b>	<b>63090</b>	<b>67838</b>	<b>85700</b>	<b>91126</b>
LENHA	-6841	-9095	-9789	-12062	-11333	-9782	-9062	-8591	-10988
CALDO DE CANA	-68	-63	-1498	-5166	-5009	-4970	-4795	-3728	-5109
MELACO	-235	-218	-410	-695	-675	-884	-988	-1109	-1939
OUTRAS	-1	-3	-36	-78	-66	-72	-61	-31	-115
BAGACO DE CANA	-394	-467	-853	-1471	-1417	-1825	-1807	-1716	-2756
LIXIVIA	-1	-3	-7	-9	-11	-18	-18	-24	-36
OUTRAS RECUPER.	0	0	-29	-69	-55	-53	-43	-7	-80
CARVAO VEGETAL	1970	4115	5292	7659	7604	6607	6089	5964	7741
ALCOOL ETILICO	77	67	1107	3299	4561	5175	5351	4534	5424
REJEITO RENOVÁVEL	181	168	1076	3334	3290	3599	3668	3122	4678
<b>RENOVÁVEIS</b>	<b>-5314</b>	<b>-5499</b>	<b>-5148</b>	<b>-5259</b>	<b>-3113</b>	<b>-2222</b>	<b>-1666</b>	<b>-1587</b>	<b>-3179</b>
<b>TOTAL</b>	<b>16948</b>	<b>31288</b>	<b>42901</b>	<b>42412</b>	<b>51440</b>	<b>60868</b>	<b>66172</b>	<b>84113</b>	<b>87947</b>

**Tabela 4.2: Emissões de CO<sub>2</sub> por Combustível, Período 1970/2005 em Gg/ano**

	1970	1975	1980	1985	1990	1994	1995	2000	2005
GAS NATU RAL	2254	1686	3216	8428	9291	10982	11581	23945	45431
CARVAO VAPOR	2261	2147	4654	9655	7571	7580	7607	10321	8649
CARVAO MET.	0	0	0	0	0	1014	2391	9642	12309
OUTRAS NAO REN.	160	141	344	642	1037	938	935	2464	3016
OLEO DIESEL	16707	30768	48097	52422	64405	73283	78317	92831	102607
OLEO COMBUST.	24241	43485	55108	30078	33274	36294	38298	37000	23206
GASOLINA	12082	18272	14370	9893	12136	19554	23388	28049	28723
GLP	3570	5264	7948	10722	14854	15992	16934	20483	18598
NAFTA	4	596	939	2467	3044	3780	3739	4983	4467
QUEROS. ILUM.	1477	1445	1303	816	567	359	302	166	74
QUEROS. AVIACAO	1871	3680	4904	5313	5657	6033	7040	9212	7531
GAS DE REFIN.	501	2416	3143	3746	4343	5870	5466	7839	10355
COQUE PETROLEO	0	0	0	1595	1540	2175	2524	13765	15951
OUT.EN. PETROLEO	138	298	2599	1690	2003	2581	3230	6613	6480
GAS CIDADE	364	477	628	803	773	389	329	236	0
ASFALTOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LUBRIFICANTES	0	0	0	1135	1070	981	1034	1261	1313
SOLVENTES	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OUT.NAO EN.PET.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COQUE CARV.MIN	5279	7155	14276	22065	22918	30033	30403	29054	28656
GAS DE COQUERIA	511	764	1390	2471	2608	2877	2931	2785	2890
OUT.SEC. ALCATRAO	112	151	346	436	667	928	882	532	354
<b>NÃO RENOVÁVEIS</b>	<b>71532</b>	<b>118747</b>	<b>163265</b>	<b>164377</b>	<b>187757</b>	<b>221643</b>	<b>237333</b>	<b>301182</b>	<b>320608</b>
LENHA	-43715	-51584	-51947	-58114	-52716	-45425	-42071	-40429	-51529
CALDO DE CANA	-251	-233	-5494	-18943	-18368	-18222	-17582	-13668	-18734
MELACO	-863	-801	-1505	-2548	-2474	-3240	-3623	-4068	-7108
OUTRAS REN.	-7	-12	-140	-325	-289	-306	-268	-169	-506
BAGACO DE CANA	-1853	-2199	-4014	-6918	-6663	-8582	-8498	-8069	-12962
LIXIVIA	-6	-12	-32	-42	-49	-79	-76	-104	-153
OUTRAS RECUP. REN.	-1	-1	-107	-283	-239	-228	-192	-65	-353
CARVAO VEGETAL	6636	13926	17912	25997	25856	22473	20720	20297	26348
ALCOOL ETILICO	231	203	3344	9961	13771	16005	16550	14022	16776
REJEITO RENOVÁVEL	664	616	3944	12223	12062	13197	13450	11447	17153
<b>RENOVÁVEIS</b>	<b>-39164</b>	<b>-40096</b>	<b>-38040</b>	<b>-38989</b>	<b>-29108</b>	<b>-24406</b>	<b>-21591</b>	<b>-20806</b>	<b>-31069</b>
<b>TOTAL</b>	<b>32368</b>	<b>78651</b>	<b>125225</b>	<b>125388</b>	<b>158649</b>	<b>197237</b>	<b>215742</b>	<b>280376</b>	<b>289540</b>

**Tabela 4.3: Emissões Totais de CH<sub>4</sub> por Combustível para Anos Escolhidos entre 1970 e 2005 em Gg/ano**

	1970	1975	1980	1985	1990	1994	1995	2000	2005
GAS NATU RAL	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	1,0	4,7
CARVÃO MINERAL	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
OUTRAS NAO REN.	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3
OLEO DIESEL	1,2	2,3	3,7	4,2	5,1	5,8	6,2	7,3	8,0
OLEO COMBUST.	0,6	1,2	1,4	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	0,6
GASOLINA	5,0	7,6	6,0	4,1	5,1	3,9	4,6	5,6	5,7
GLP	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
NAFTA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
QUEROS. ILUM.	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
QUEROS. AVIACAO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
GAS DE REFIN.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
COQUE PETROLEO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2
OUT.EN. PETROLEO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
GAS CIDADE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
COQUE CARV.MIN	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
GAS DE COQUERIA	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
OUT.SEC. ALCATRAO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>NÃO RENOVÁVEIS</b>	<b>7,2</b>	<b>11,6</b>	<b>11,9</b>	<b>10,3</b>	<b>12,2</b>	<b>12,0</b>	<b>13,2</b>	<b>16,2</b>	<b>20,5</b>
LENHA	241,2	269,8	260,6	264,9	235,3	201,4	185,7	179,5	230,6
BAGACO DE CANA	4,1	4,9	8,9	15,3	14,7	19,0	18,8	17,8	28,7
LIXIVIA	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3
OUTRAS RECUPER.	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4
CARVAO VEGETAL	13,3	27,8	35,8	51,8	51,4	44,6	41,2	40,3	52,3
ALCOOL ETILICO	0,0	0,0	0,4	1,2	1,7	1,8	1,9	1,6	1,9
<b>RENOVÁVEIS</b>	<b>258,7</b>	<b>302,5</b>	<b>305,8</b>	<b>333,5</b>	<b>303,5</b>	<b>267,1</b>	<b>247,9</b>	<b>239,7</b>	<b>314,1</b>
<b>TOTAL</b>	<b>265,9</b>	<b>322,8</b>	<b>328,8</b>	<b>359,4</b>	<b>331,3</b>	<b>292,7</b>	<b>273,6</b>	<b>267,9</b>	<b>350,5</b>

**Tabela 4.4: Emissões Totais de CO por Combustível para Anos Escolhidos entre 1970 e 2005 em Gg/ano**

	1970	1975	1980	1985	1990	1994	1995	2000	2005
GAS NATU RAL	0,2	0,8	1,4	3,8	5,8	7,8	8,7	21,5	61,6
CARVAO VAPOR	0,7	0,7	2,2	6,0	4,2	3,8	3,2	2,8	2,4
CARVAO MET.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,2	6,7	9,4
OUTRAS NAO REN.	1,2	1,1	2,7	6,2	9,4	6,8	6,6	15,2	22,1
OLEO DIESEL	197,8	360,4	554,4	586,0	737,9	822,6	877,6	1061,6	1177,6
OLEO COMBUST.	31,0	79,2	76,3	87,1	51,6	55,8	55,7	47,2	47,1
GASOLINA	4382,4	6629,6	5213,3	3588,8	4403,4	3339,6	3990,3	4785,5	4895,0
GLP	0,7	1,1	1,7	2,2	3,3	3,4	3,7	5,5	4,4
NAFTA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
QUEROS. ILUM.	0,5	0,6	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0
QUEROS. AVIACAO	2,7	5,4	7,1	7,7	8,2	8,8	10,3	13,4	11,0
GAS DE REFIN.	0,3	1,5	2,0	2,4	2,8	3,7	3,4	4,9	6,5
COQUE PETROLEO	0,0	0,0	0,0	1,2	1,2	1,7	1,9	4,6	6,2
OUT.EN. PETROLEO	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
GAS CIDADE	0,1	0,2	0,3	0,4	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0
COQUE CARV.MIN	10,7	14,5	29,0	44,8	46,5	61,0	61,7	59,0	57,8
GAS DE COQUERIA	0,8	1,2	2,2	3,7	4,0	4,4	4,5	4,2	4,4
OUT.SEC. ALCATRAO	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,7	0,6	0,3	0,1
<b>NÃO RENOVÁVEIS</b>	<b>4629</b>	<b>7096</b>	<b>5893</b>	<b>4341</b>	<b>5279</b>	<b>4321</b>	<b>5030</b>	<b>6032</b>	<b>6306</b>
LENHA	9962,9	9531,1	8197,7	6740,0	5347,3	4581,4	4240,2	4343,1	5431,5
BAGACO DE CANA	239,7	284,4	518,0	890,3	857,3	1105,1	1094,4	1040,0	1671,0
LIXIVIA	0,6	1,2	3,3	4,2	5,0	6,5	6,2	8,5	12,5
OUTRAS RECUPER.	0,2	0,1	0,7	18,5	21,9	19,1	19,6	22,9	36,7
CARVAO VEGETAL	336,2	662,1	851,1	1183,4	1145,6	991,2	908,8	888,7	1149,7
ALCOOL ETILICO	22,6	19,9	327,1	974,5	1347,2	1337,5	1383,0	1171,8	1401,9
<b>RENOVÁVEIS</b>	<b>10562</b>	<b>10499</b>	<b>9898</b>	<b>9811</b>	<b>8724</b>	<b>8041</b>	<b>7652</b>	<b>7475</b>	<b>9703</b>
<b>TOTAL</b>	<b>15191</b>	<b>17595</b>	<b>15791</b>	<b>14152</b>	<b>14004</b>	<b>12362</b>	<b>12682</b>	<b>13508</b>	<b>16009</b>

**Tabela 4.5 Emissões de NMVOCs por Combustível - Anos 1970 a 2005**  
em Gg/ano

	1970	1975	1980	1985	1990	1994	1995	2000	2005
GAS NATU RAL	0,0	0,1	0,1	0,3	0,5	0,6	0,6	1,4	3,3
CARVÃO MINERAL	0,2	0,2	0,6	1,5	1,1	1,0	0,8	0,8	0,7
OUTRAS NAO REN.	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,5	0,7
OLEO DIESEL	39,0	71,4	109,7	115,8	145,6	162,9	173,5	208,5	230,9
OLEO COMBUST.	4,9	13,3	12,0	16,1	8,7	9,3	9,2	7,9	8,3
GASOLINA	772,3	1172,1	920,7	633,2	778,9	596,3	713,8	856,0	877,4
GLP	0,3	0,4	0,7	0,9	1,2	1,3	1,4	1,7	1,5
NAFTA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
QUEROS. ILUM.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
QUEROS. AVIACAO	1,4	2,7	3,6	3,9	4,1	4,4	5,1	6,7	5,5
GAS DE REFIN.	0,0	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6	0,8
COQUE PETROLEO	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4
OUT.EN. PETROLEO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
GAS CIDADE	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
COQUE CARV.MIN	0,8	1,1	2,2	3,4	3,5	4,6	4,7	4,5	4,4
GAS DE COQUERIA	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
OUT.SEC. ALCATRAO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>NÃO RENOVÁVEIS</b>	<b>819</b>	<b>1262</b>	<b>1050</b>	<b>776</b>	<b>945</b>	<b>782</b>	<b>910</b>	<b>1089</b>	<b>1134</b>
LENHA	725,5	773,9	726,4	707,4	617,6	528,1	489,1	473,4	607,9
BAGACO DE CANA	7,0	8,3	15,1	26,0	25,0	32,3	31,9	30,3	48,7
LIXIVIA	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,8
OUTRAS RECUPER.	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,7
CARVAO VEGETAL	6,8	14,3	18,3	26,6	26,4	22,9	21,1	20,7	26,8
ALCOOL ETILICO	4,5	3,9	64,8	192,9	266,7	277,1	286,6	242,8	290,5
<b>RENOVÁVEIS</b>	<b>744</b>	<b>800</b>	<b>825</b>	<b>953</b>	<b>936</b>	<b>861</b>	<b>829</b>	<b>768</b>	<b>975</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1563</b>	<b>323</b>	<b>329</b>	<b>359</b>	<b>331</b>	<b>293</b>	<b>274</b>	<b>268</b>	<b>350</b>

**Apoio:**



---

Revista *Economia e Energia* *e&e* *Economy and Energy*  
Editor Chefe: Carlos Feu Alvim [feu@ecen.com ]

Organização Economia e Energia - e&e - OSCIP  
Diretora Superintendente: Frida Eidelman [frida@ecen.com ]

**Apoio:**

**Ministério do  
Desenvolvimento, Indústria e  
Comércio Exterior**

**Ministério da  
Ciência e Tecnologia**



**Remetente:**

**Revista Economia e Energia**

Rio: Av. Rio Branco, 123 Sala 1308 - Centro  
CEP - 20040-005 Rio de Janeiro - RJ