


[BUSCA](#)
[CORREIO](#)
[DADOS ECONÔMICOS](#)
[DOWNLOAD](#)
[e&e ANTERIORES](#)

## e&e No 24

[Página Principal](#)  
[Elaboração da Matriz Energética: Metodologia e Aplicações](#)

[Demanda Energética e Emissões no Setor Doméstico](#)

[Obtenção de Coeficientes da Matriz de Emissões](#)

<http://ecen.com>

[Vínculos e&e Livro de Visitas](#)

[Matriz Energética e de Emissões](#)  
<http://ecen.com/matriz>

## Progressos na Matriz Energética e de Emissões de Gases Causadores do Efeito Estufa

Este número, como os dois anteriores é principalmente dedicado a descrever progressos nos estudos da Matriz Energética e de Emissões Geradoras do Efeito Estufa. Mostramos uma apresentação da proposta *e&e* para a Matriz Energética em reunião do Comitê Assessor para Assuntos da Matriz Energética do CNPE

[Demanda de Energia para o Setor Doméstico no Cenário de Referência](#)

Avaliação preliminar da demanda do Setor Doméstico que exige uma metodologia específica

[e Emissões de Gases geradores do Efeito Estufa no Uso de Energia no Setor Doméstico](#)

Emissões correspondentes ao uso de energia no Setor Domésticos no horizonte 2020.

[Metodologia e&e para Projeção da Matriz Energética](#)

Apresentação resumindo a metodologia adotada.

[Reservas Externa e Dívida Externa e Pública do Brasil](#)

Revisão de dados (breve)

[Obtenção de Coeficientes da Matriz de Emissões](#)

Coeficientes para transformação de dados de consumo final energético em emissões de gases relacionados ao efeito estufa

Graphic Edition/Edição Gráfica:

**MAK**  
*Editoração Eletrônica*

Revised/Revisado:  
Tuesday, 08 November 2005



## PROJEÇÃO DO USO DE ENERGIA NO SETOR RESIDENCIAL e LEVANTAMENTO DE EMISSÕES POR ENERGIA EQUIVALENTE NO SETOR

*PROJETO "FORNECIMENTO DE INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES  
DE EFEITO ESTUFA ACOPLADAS A UMA MATRIZ ENERGÉTICA"*

*CONVÊNIO MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA/  
ECONOMIA E ENERGIA - ONG Meta 3 31 de janeiro de 2.001*

O uso de energia por Setores de Atividade consta no Balanço Energético Nacional, editado desde 1970. Dados de anos anteriores a 1970 podem ser obtidos em publicações da Petrobrás, Eletrobrás, Concessionárias do Setor Elétrico e de Empresas dos Setores de produção, na maioria dos casos em forma não sistemática. Os dados do BEN são, em geral, suficientes para se estabelecer correlações confiáveis.

A elaboração de projeções para o Setor Residencial tem um caráter especial no conjunto dos trabalhos confiados à Economia & Energia, devido à natureza das variáveis que condicionam o uso da energia. No Setor Industrial, por exemplo, prevalecem os fatores econômicos, a tecnologia de produção, os preços da energia, as formas de pagamento, etc. No Setor Residencial, os fatores predominantes são aqueles relacionados com a comodidade, a segurança no uso, a ausência de odores e de fumaça, etc. Esses fatores são de difícil quantificação, exigindo tratamento diferente do caso industrial, onde predominam as relações causais. Em princípio, serão considerados o tamanho da população, a fração de população urbanizada e a renda como fatores relevantes. Nos exercícios preliminares de projeção, verificou-se que a população e a fração urbanizada são descritíveis pela lei logística, desenvolvida por Verhulst como suporte para a análise do

[Página Principal](#)  
[Elaboração da Matriz Energética:](#)  
[Metodologia e Aplicações](#)  
[Demanda Energética e Emissões no Setor Doméstico](#)  
[Obtenção de Coeficientes da Matriz de Emissões](#)

<http://ecen.com>

[Vínculos e&e](#)  
[Livro de Visitas](#)

[Matriz Energética e de Emissões](#)

<http://ecen.com/matriz>

modelo de Malthus e que tem sido aplicada, com sucesso, na previsão de evolução de sistemas auto-reprodutores fechados (1,2,3 - Prigogine, Marchetti, outros) em um nicho de recursos finitos (alimentos, capital, informação, etc).

Pela freqüência com que será utilizada neste trabalho, vale a pena expor a seqüência dos procedimentos adotados na aplicação da lei logística.

A equação diferencial da lei logística [  $dN/dt = a N (N^*-N)$  ] é ajustada ao conjunto de dados observados sobre a taxa ( $dN/dt$ ) de evolução da população  $N$ , permitindo estimar-se o seu tamanho final,  $N^*$ , como o dobro do valor de  $N$  correspondente ao máximo de  $dN/dt$  [  $dN/dt$  é máximo para  $N=N^*/2$  ]. Nesta etapa, usam-se as taxas médias de variação em intervalos de tempo bastante extensos para absorver as flutuações de  $N$  e suficientemente curtos para proporcionar um número conveniente de valores da taxa a serem usados no ajuste de  $dN/dt$ . Temos dado preferência aos intervalos quinquenais quando a série histórica é da ordem de 30 anos, como as do Balanço Energético Nacional. Obtido o valor de  $N^*$ , faz-se a mudança de variável  $F=N/N^*$  e adota-se a forma linearizada da lei logística [  $\ln F/(1-F)=at+b$  ] para verificar se o sistema em estudo obedece a essa lei; se o ajuste da expressão linearizada, pelo método dos mínimos quadrados, proporcionar coeficiente de correlação próximo da unidade, a população pode ser descrita pela forma finita da lei logística [  $N/N^* = 1/(1+ke^{-at})$  ], permitindo a extrapolação respaldada por uma lei já testada para a população de pessoas e para outras "populações", no sentido amplo do termo. Este procedimento previne os erros decorrentes do ajuste mecanizado a funções arbitrárias

## POPULAÇÃO.

Os dados sobre a população provêm dos Censos realizados pelo IBGE,

complementados pela avaliação feita por esse Órgão para 1996. A projeção para o ano 2020 parte da identificação da lei de evolução observada até 1996, identificada como a clássica lei logística. Este comportamento é o esperado para uma população praticamente fechada, visto que, no intervalo coberto pelos dados conhecidos, as migrações importantes já haviam se atenuado. A projeção está fundada em estudo demográfico, elaborado por Neupert (1), que permitiu estimar-se que por volta de 2.100 a população brasileira se aproximará a menos de 1% do seu valor estacionário de 250 milhões de pessoas. Os detalhes da metodologia de projeção encontram-se no nº 1 da revista eletrônica e&e (<http://ecen.com>). O gráfico 1 ( tabela 1) é a representação da lei de crescimento da população linearizada mediante a mudança de variável P (número de habitantes) por

$F = P/P^*$ , onde  $P^*$  é o número final de habitantes previamente estimado.

A tabela abaixo resume os resultados de interesse para este trabalho.

Tabela 3 - População projetada - milhões de habitantes.

Ano	2000	2005	2010	2015	2020
População	166,1	176,7	186,5	195,4	203,4

A interpolação linear em cada quinquênio dá aproximação melhor que 0,1%.

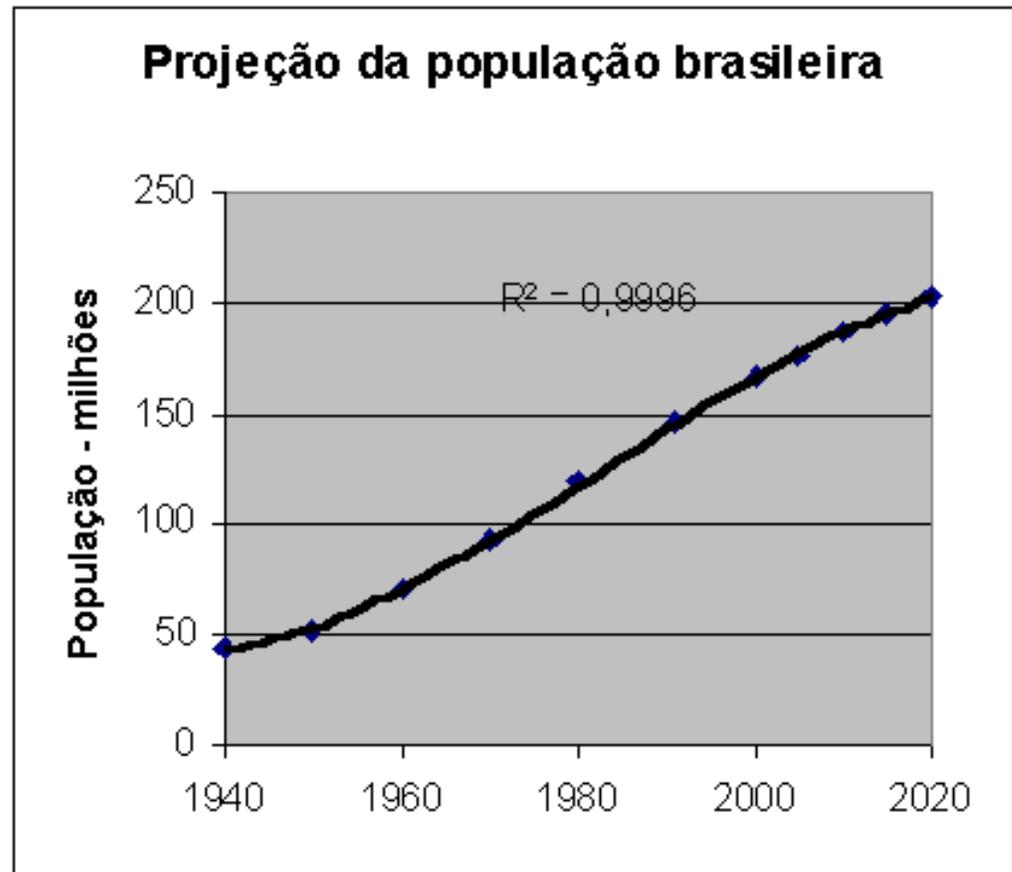


Gráfico 1- População brasileira.

#### POPULAÇÃO URBANA.

Ainda com dados dos Censos, verifica-se que o processo de urbanização no Brasil ajusta se bem a uma curva logística, conforme mostra o gráficos 2.

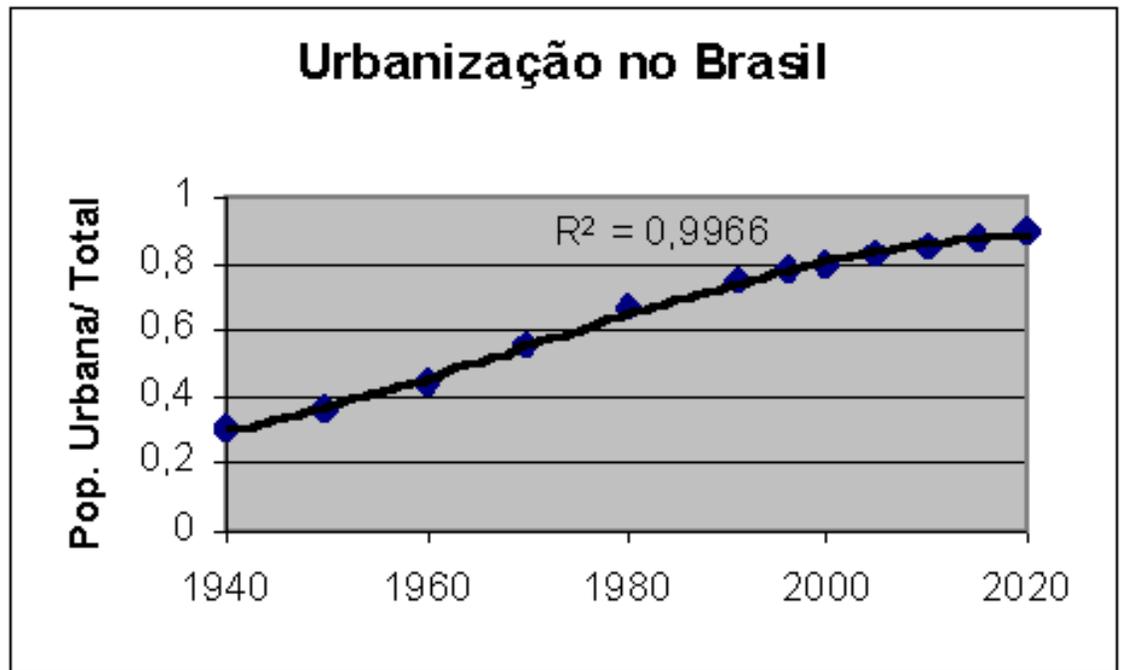


Gráfico 2 - Índice de urbanização.

Os resultados de interesse para este trabalho estão mostrados na tabela abaixo.

ANO	2000	2005	2010	2015	2020
POP. URB.	133	147	160	172	183

### PRODUTO INTERNO BRUTO.

Os valores utilizados foram calculados em dólares de 1994, com base na taxa de câmbio, conforme levantamento de dados históricos elaborado pela equipe da e&e, e pelo conceito de Paridade de Valor de Compra ("Purchase Power Parity") divulgado pela Agência Internacional de Energia, série "Estatísticas e Balanços Energéticos", edição de 1998. Em todos os casos em que se estabeleceram comparações entre países, foram usados os conceitos de energia equivalente de substituição e de paridade do poder de compra.

O gráfico 3 mostra a evolução do Produto Interno Bruto nos conceitos Taxa de Câmbio e Paridade de Poder de Compra (PPC), comparando

os dados elaborados pela e&e com base nas Contas Nacionais, expressos em dólares de 1994, com os da Agência Internacional de Energia (conceito de paridade de poder de compra - PPC). Observa-se que o produto brasileiro avaliado pelo conceito PPC é cerca de 50% maior do que o avaliado pela taxa de câmbio.

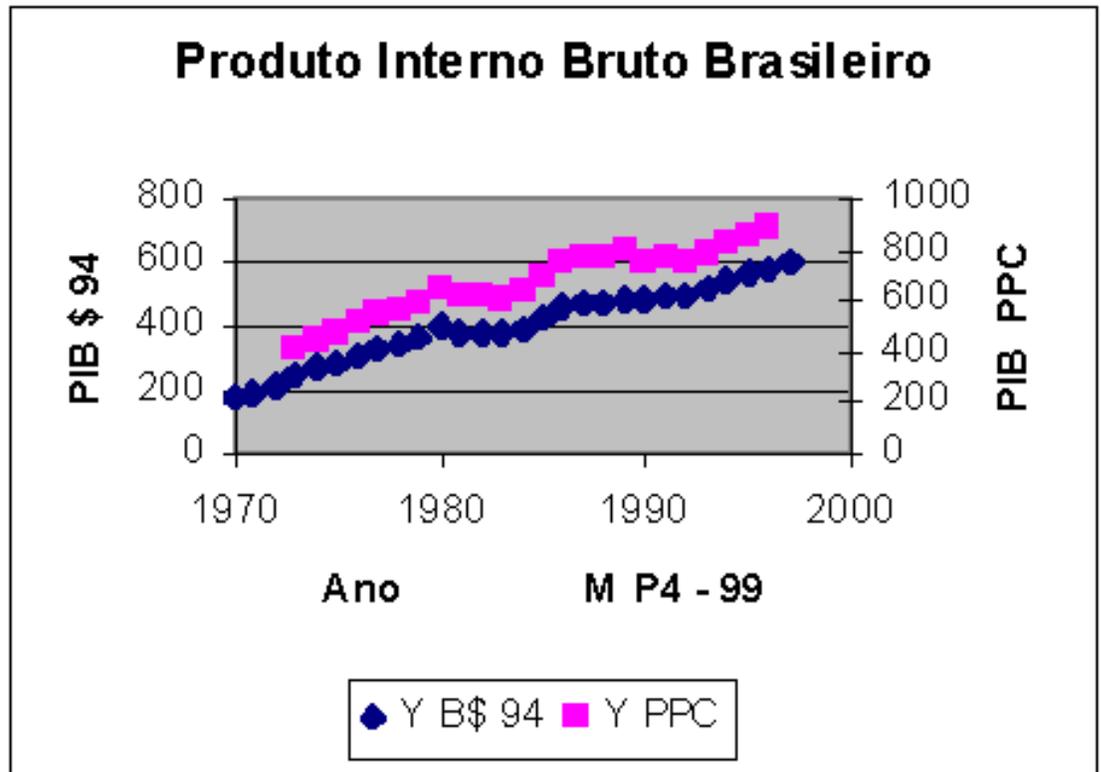


Gráfico 3 - Produto Interno Bruto.

Apesar das bruscas variações iniciadas na década de 80, em seguida ao chamado "choque de preços" do petróleo, ainda não completamente absorvidas, o PIB é descritível por uma lei logística com razoável aderência aos dados observados. Observe-se o retorno elástico à curva logística, após as crises financeiras, já registrado em outros estudos de sistemas fechados.

A metodologia de projeção do Produto Interno Bruto e os resultados de interesse para este trabalho estão apresentados no Modelo Macroeconômico, objeto de relatório anterior. No Cenário de Referência adotado, o PIB evoluiria conforme mostrado na tabela abaixo.

Ano	2.000	2.005	2.010	2.015	2.020
PIB B\$ 94	632	727	849	1.003	1.193

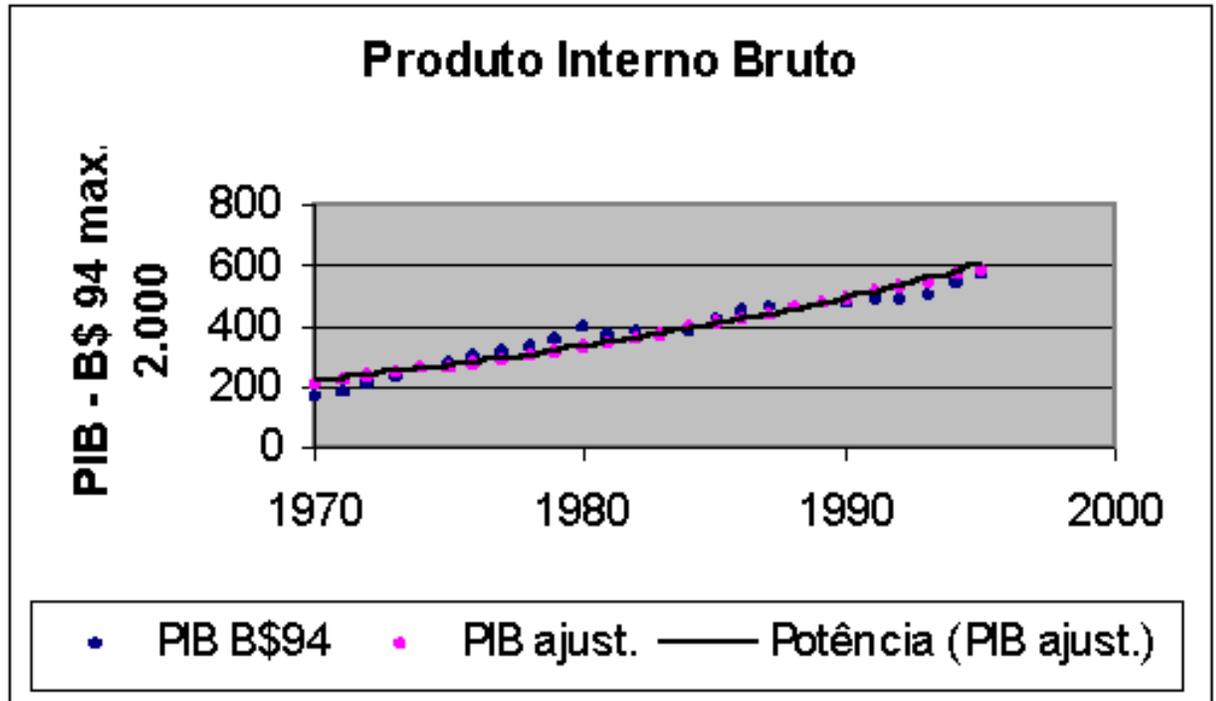


Gráfico 3 - Produto Interno Bruto.

## PROJEÇÃO DO USO DE ENERGIA NO SETOR RESIDENCIAL e LEVANTAMENTO DE EMISSÕES POR ENERGIA EQUIVALENTE NO SETOR (CONTINUAÇÃO)

### PANORAMA ENERGÉTICO DO SETOR RESIDENCIAL.

O uso final de energia no Setor evoluiu na forma mostrada no gráfico 4. Ambas as curvas (M tep e M tep/hab) mostram o efeito da crise financeira do País, iniciada por volta de 1982, bem como a aparente recuperação a partir de 1994. A queda no uso per capita aparece com pequeno relevo, se comparada à queda no PIB, o que reflete, em nossa interpretação, a inadequação no modo como se converte, no Balanço Energético Nacional, a eletricidade em toneladas equivalentes de petróleo (tep), como se toda a eletricidade fosse convertida em energia motriz através de um ciclo termodinâmico. A adoção do conceito de

energia equivalente de substituição corrige esta distorção, evitando também os inconvenientes da valoração pelo equivalente calorífico usado pela Agência Internacional de Energia que levaria a interpretações também inadequadas.

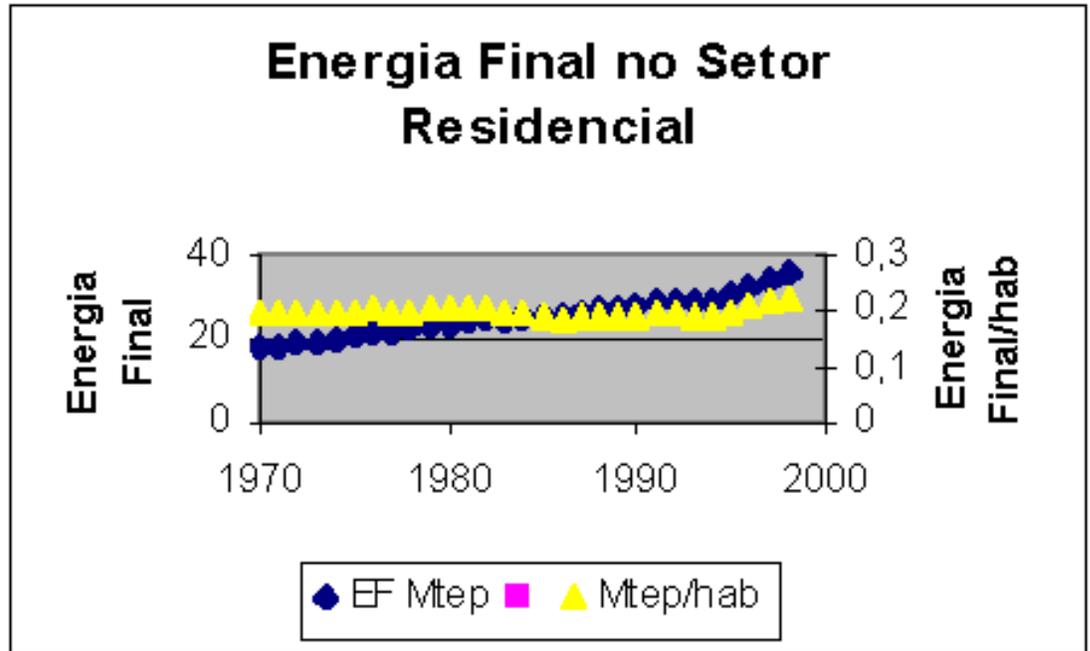


Gráfico 4 - Evolução do uso final de energia no Setor Residencial.

A configuração dos vetores energéticos usados no Setor Residencial variou consideravelmente no período estudado, com a substituição dos combustíveis tradicionais, como a lenha e o carvão vegetal para a cocção e o querosene iluminante, pelo gás liquefeito de petróleo e pela eletricidade. Tendo em vista a metodologia de projeção proposta para este estudo, baseada no conceito de energia equivalente, os energéticos de eficiências iguais estão agrupados no gráfico abaixo, estando a eletricidade ainda contabilizada pela sistemática do BEN.

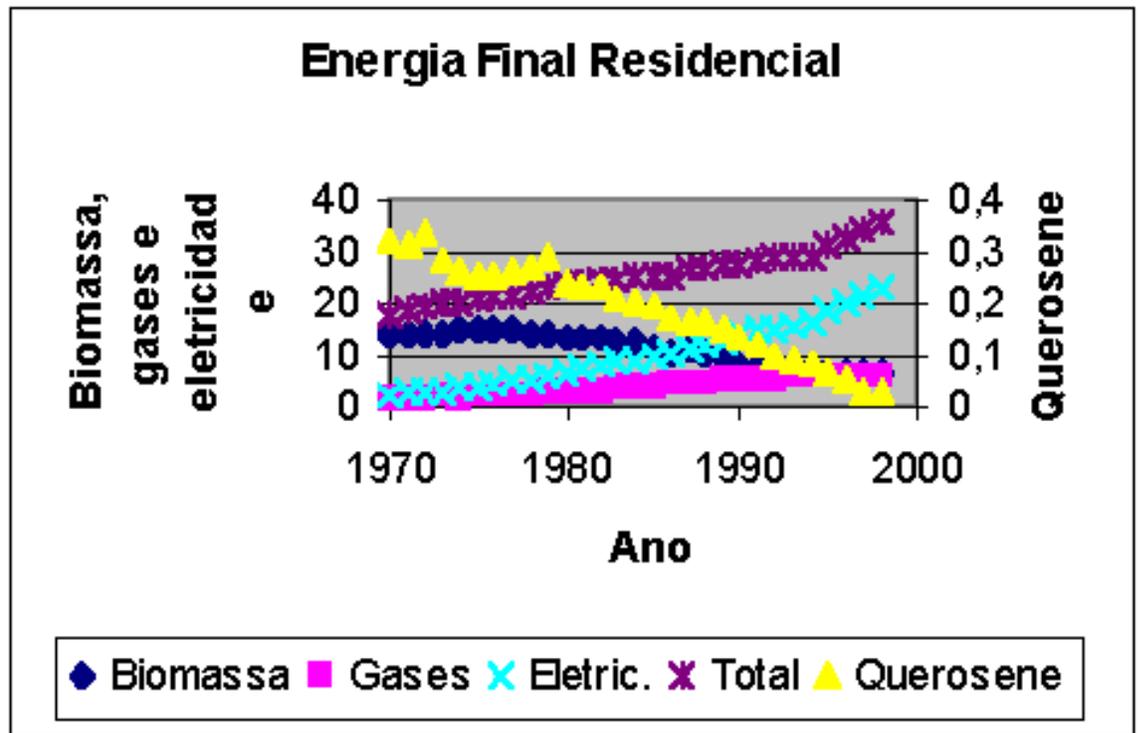
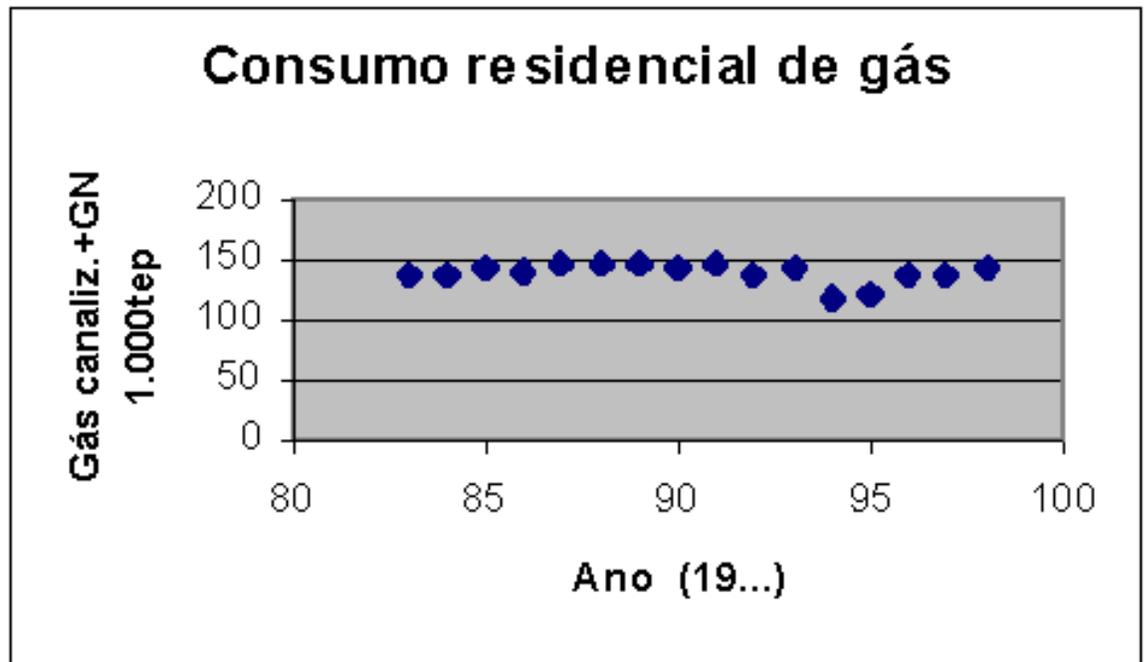


Gráfico 5 - Configurações da oferta de energia.

O gás natural, cujo uso, espera-se, virá a crescer em todos os setores de consumo, apresenta, na atualidade, demanda complementar à de gás canalizado, sugerindo que ele está, por enquanto, apenas substituindo este nas redes de distribuição residenciais existentes (gráfico abaixo).

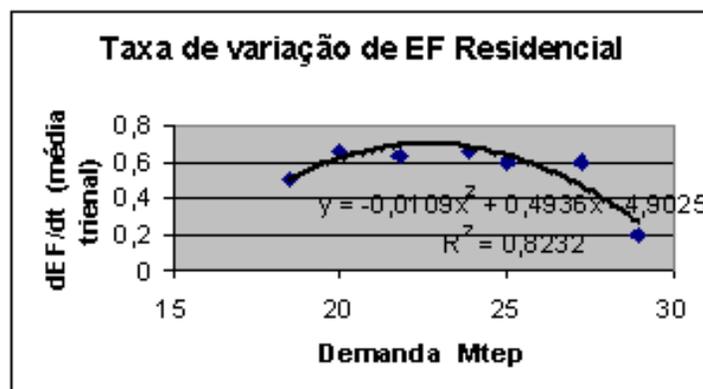


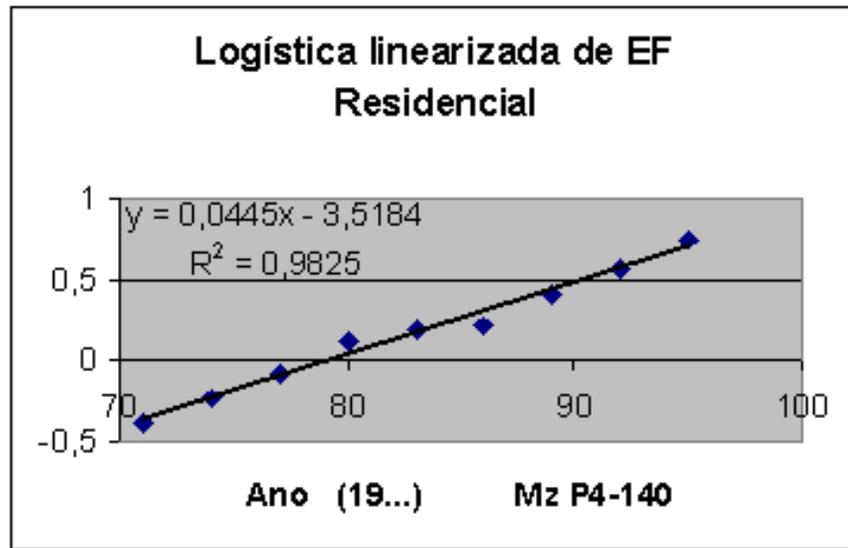
## PROJEÇÕES PARA O SETOR RESIDENCIAL.

Energia Final total.

De 1970 ao início da década de 90, a demanda de energia final evoluiu segundo uma curva logística, como mostram os gráficos abaixo.

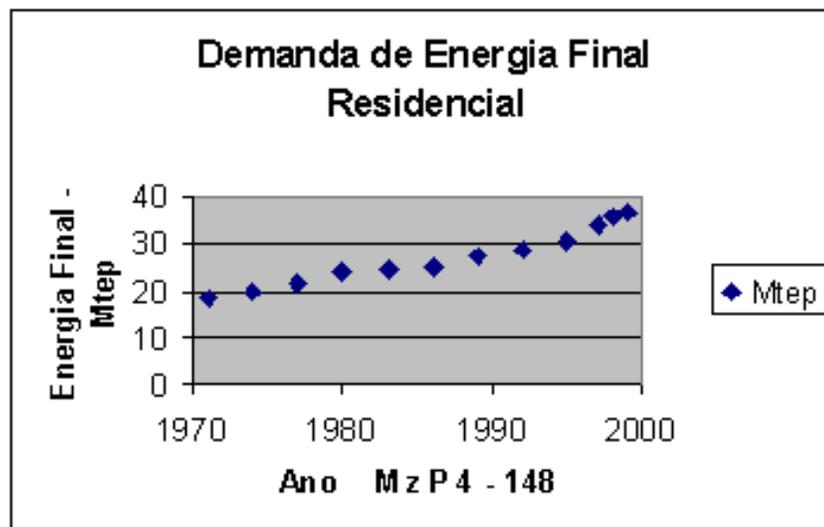
O primeiro gráfico mostra a taxa trienal média de variação da demanda e permite prever a demanda máxima em 45,3 Mtep, sob a hipótese de manutenção das condições pré-92, especialmente o preço da energia. Usando o valor máximo estimado acima, é possível





traçar a curva logística linearizada da demanda, mostrada no segundo gráfico, e projetar a demanda futura. Observe-se que, apesar dos coeficientes de correlação serem bons, o que sugeriria a tendência à manutenção do padrão de evolução observado, registra-se a partir de 94 um crescimento anômalo da demanda, atribuível às condições cambiais

favoráveis à importação e ao baixo preço do petróleo, mas que poderia também ser



atribuída à metodologia.

Em relação à projeção pela curva logística, a demanda registrada para 1.999 estaria adiantada em cerca de 1 década, fato que recomenda o emprego de outra metodologia para se estimar a demanda de energia final, o que será feito em termos de energia equivalente de substituição.

## ENERGIA EQUIVALENTE DE SUBSTITUIÇÃO NO SETOR RESIDENCIAL.

Conforme apresentado no modelo de Obtenção do Balanço de Energia Equivalente, o cálculo da energia equivalente consiste essencialmente em exprimir-se a quantidade de um dado energético usado no setor pela quantidade de um energético de referência, no

$$(E. \text{ Equivalente})_{\text{elet-motriz}} = EF_{\text{eletric.setor}} \times \text{fator de destinação}_{\text{eletr.-motriz}} \times (\text{eficiência de conversão})_{\text{eletric.-motriz}} / (\text{eficiência de conversão de gás natural em energia motriz})_{\text{GN-motriz}}$$

Numericamente, o exemplo seria, para 1.993:

$$(E. \text{ Equivalente})_{\text{motriz}} = 4.230 \text{ tep (eletricidade)} \times 0,418 \times 0,780 / 0,27 = 5.108 \text{ tep}_{\text{GN}}$$

Ressalve-se que a eletricidade é contabilizada no BEU pelo equivalente calorífico.

Uma dificuldade encontrada na aplicação desta metodologia provém do grande espaçamento entre os dois BEU's editados pelo MME, o primeiro em 1983 e o segundo em 1993, acarretando a variação em degrau do coeficiente de destinação e da eficiência ao passar-se de 1992 (BEU 83) para 1993 (BEU 93), o que pode ser resolvido pelo alisamento do produto coeficiente de distribuição X eficiência mediante um progressão geométrica, o que equivale a supor que a variação é contínua ao longo do intervalo. A função assim obtida é chamada neste

trabalho de "energia equivalente alisada". É claro que o alisamento não afeta o dado histórico fundamental que é a quantidade de energia final.

O cálculo de energia equivalente para o Setor Residencial é facilitado pelo pequeno número de energéticos usados, de características físico-químicas bem definidas, e pelo agrupamento de energéticos de eficiências iguais (biomassa = lenha e carvão vegetal; gases = GLP, gás natural e gás canalizado), conforme registrado pelo BEU. Ademais, os combustíveis são usados, neste Setor, apenas para a liberação de calor, o que permite ponderar as eficiências para calor de processo e aquecimento direto pelos respectivos coeficientes de distribuição, ficando assim uma única eficiência associada com cada grupo de combustíveis. O maior trabalho de cálculo é o relativo à energia equivalente à eletricidade, que tem 5 usos diferentes (força motriz, calor de processo, aquecimento direto, iluminação e outros).

Na realidade, a adoção do gás natural como referência, justificada pela coerência do trabalho, que envolve outros setores de demanda é maior do que a residencial, impõe a consideração de processos de conversão compostos, pois nos usos dedicados da eletricidade é necessário supor que o gás natural é convertido em eletricidade para ser aplicado. O esquema abaixo ilustra a composição das eficiências para esses casos.



$$R_{\text{global,GN}} = R_{\text{térmico}} \times R_{\text{elétrico}} \times R_{\text{uso}}$$

Se a forma de energia final é a elétrica,

$$R_{\text{global,eletr.}} = R_{\text{uso}}$$

$$R_{\text{global,eletr.}} / R_{\text{global,GN}} = R_{\text{uso}} / R_{\text{térmico}} \times R_{\text{elétrico}} \times R_{\text{uso}} = 1/R$$

térmico  $\times R$  elétrico

Nos grandes geradores de eletricidade, R difere da unidade em menos do que a incerteza nos demais rendimentos, de forma que  $R \cong 1$ .

Assim, para os usos dedicados da eletricidade, o fator de equivalência ao GN seria

$$1 / 0,27 = 3,7.$$

Dados utilizados.

Os parâmetros de cálculo, já elaborados segundo descrito anteriormente (agrupamento e ponderação da eficiência), estão registrados abaixo como o produto do coeficiente de destinação (primeiro fator) pela eficiência.

Biomassa(ambos os BEU's)      1,0 x 0,10

Gases

BEU 83                                      1,0 x 0,45

BEU 93                                      1,0 x 0,50

<u>Eletricidade</u>	F. motriz	Calor	Iluminação	Outros
BEU 83	0,37 x 3,7	0,25 x 1,0	0,29 x 3,7	0,08 x 3,7
	0,42 x 3,7	0,26 x 1,0	0,24 x 3,7	0,08 x 3,7

Resultados.

[A planilha 1](#), anexa, mostra os dados de entrada (Energia Final) e os resultados (Energia Equivalente em Gás Natural), ano a ano, a partir de 1970.

Os gráficos a seguir, mostram a evolução da energia equivalente e a logística linearizada correspondente. Reproduz-se, para comparação, a

logística linearizada da energia final. Vê-se que a energia equivalente apresenta melhor correlação de ajuste, o que justifica a adoção deste conceito para os fins de projeção.

A logística da energia equivalente foi obtida por aproximações, a partir da comparação da energia equivalente por habitante entre o Brasil e Portugal, em 1996, justificando-se a escolha do paradigma pelos fatos de ser um país europeu, recém inserido na União Européia, e ter, entre os países de renda per capita intermediária, as condições climáticas mais parecidas com as nossas. A comparação levou à estimativa de 42 Mtep para a energia equivalente máxima.

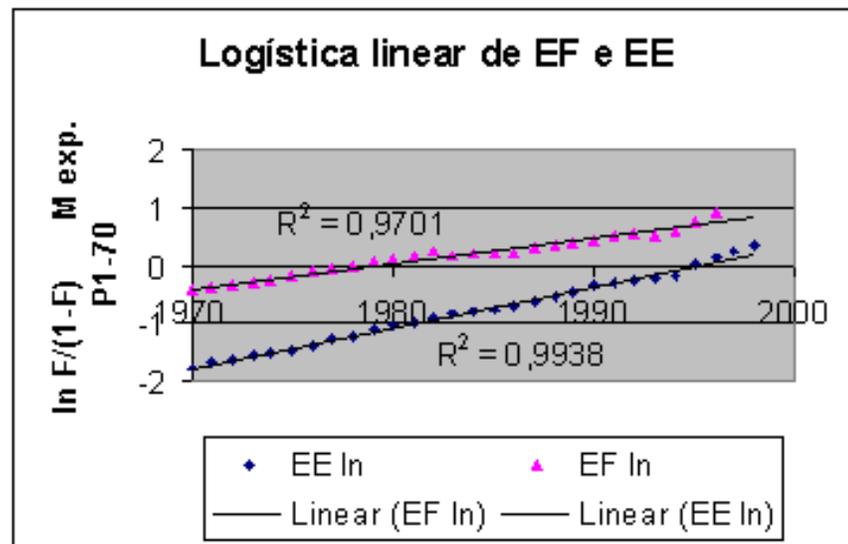


Gráfico 6 - Logística linearizada de energia equivalente e de energia final.

Finalmente, para avaliar os efeitos relativos da população urbanizada e da renda sobre o uso da energia equivalente, foi elaborado um cálculo de correlação dupla, resultando a equação

$$EE \text{ (Mtep)} = 0,222 \text{ Pop. Urbana (milhões)} - 0,00261 \text{ PIB (B\$ 94)} - 5,508$$

acentuando a prevalência da população urbana sobre a renda, já

observada com relação à energia final, como parâmetros determinantes do uso de energia equivalente residencial.

PROJEÇÃO DO USO DE ENERGIA RESIDENCIAL NO PERÍODO  
2.000 - 2.020.

**PROJEÇÃO DO USO DE ENERGIA NO SETOR RESIDENCIAL e  
LEVANTAMENTO DE EMISSÕES POR ENERGIA EQUIVALENTE NO  
SETOR (CONCLUSÃO)**

**PROJEÇÃO DO USO DE ENERGIA RESIDENCIAL NO PERÍODO  
2000/ 2020.**

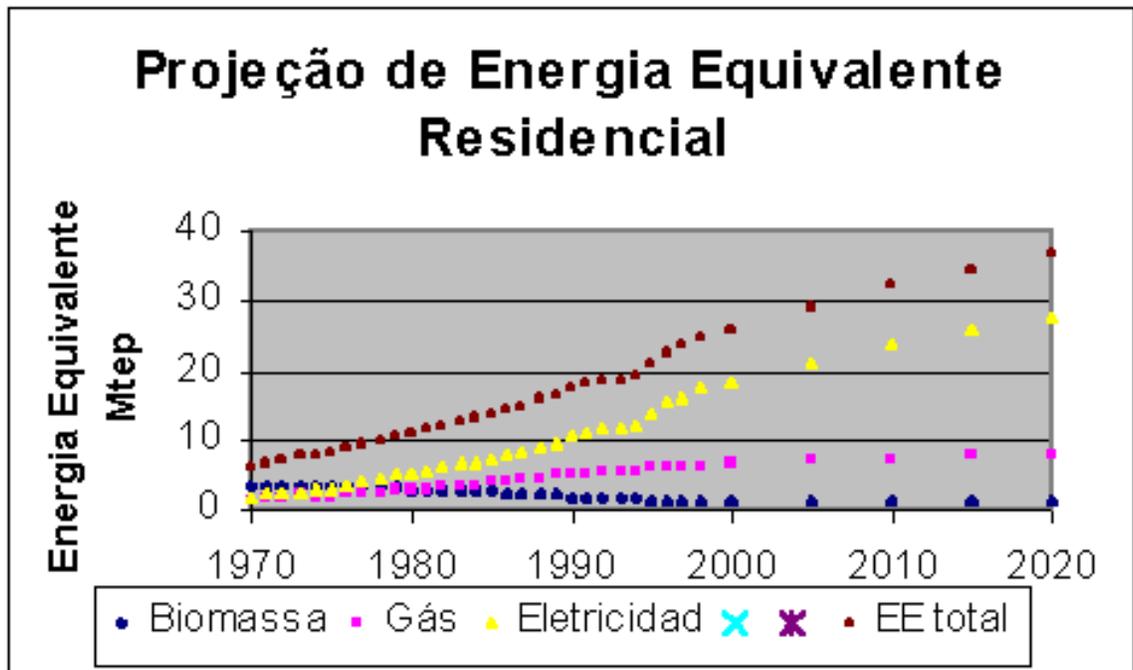
Usando os dados da [Planilha 1](#), anexa, foram elaboradas duas versões da projeção, a primeira partindo da logística linearizada (gráfico 6), mediante a transformação inversa à de linearização, e a segunda usando a correlação

$$EE = f ( \text{Pop. Urbana, PIB} )$$

Os resultados estão registrados na tabela abaixo. O desvio médio entre as duas projeções é de 3%.

Tabela: Projeção Energia Equivalente;

	<b>Ano 2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>
Logística	24,7	28,1	31,2	33,8	35,9
Correlação	25,8	29,1	32,1	34,6	36,5
Média	25,3	28,6	31,7	34,2	36,2



## RESOLUÇÃO DA ENERGIA EQUIVALENTE EM ENERGIA FINAL.

A resolução é necessária para os cálculos de emissão, dado a diferença de coeficientes entre os diversos energéticos. Em princípio, pode-se utilizar a participação de cada energético na energia equivalente ou projetar separadamente a energia equivalente de cada um deles e voltar, assim, à energia final. Como a eletricidade não acarreta emissão no uso, basta projetar a demanda final de gás (compreendendo o GLP, o gás natural e o gás canalizado), na qual o GLP é largamente dominante na atualidade e ainda dominará nas próximas décadas, à vista do elevado custo das instalações residenciais de gás canalizado.

## GLP.

Os gráficos abaixo mostram a seqüência de levantamento da curva de variação da demanda residencial de GLP. A demanda máxima estimada é de 7,72 Mtep/ano.

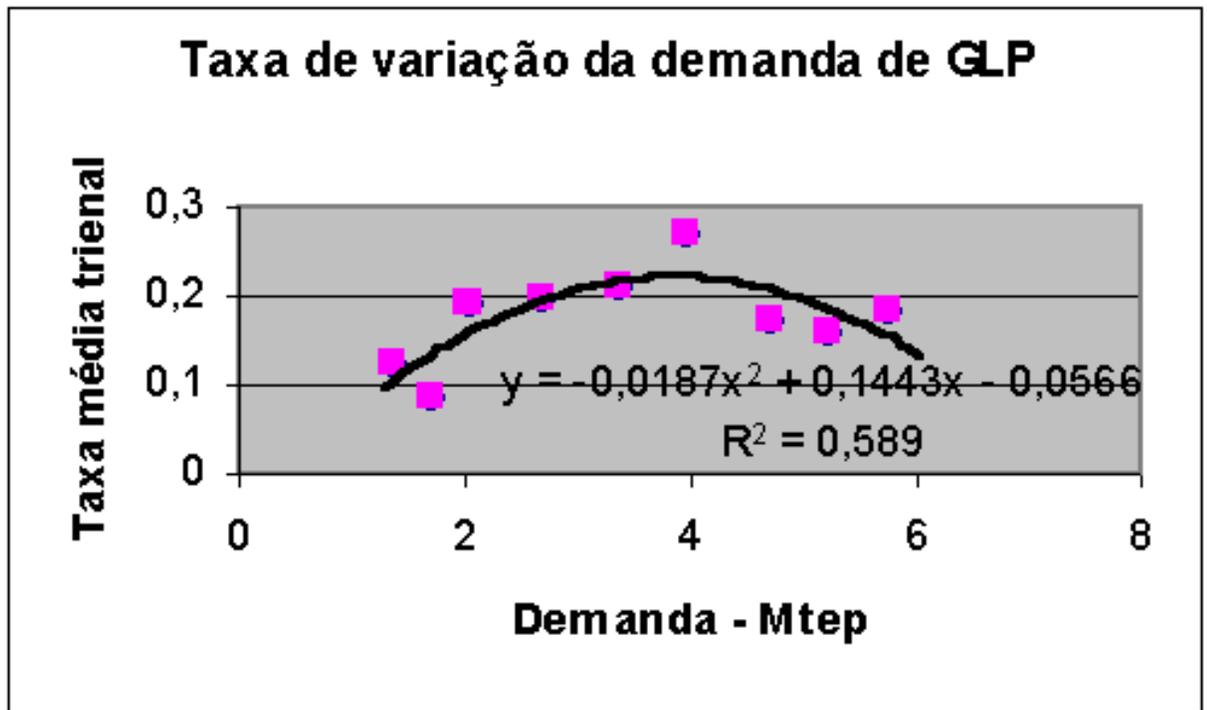


Gráfico 7 - Taxa de variação da demanda residencial de GLP

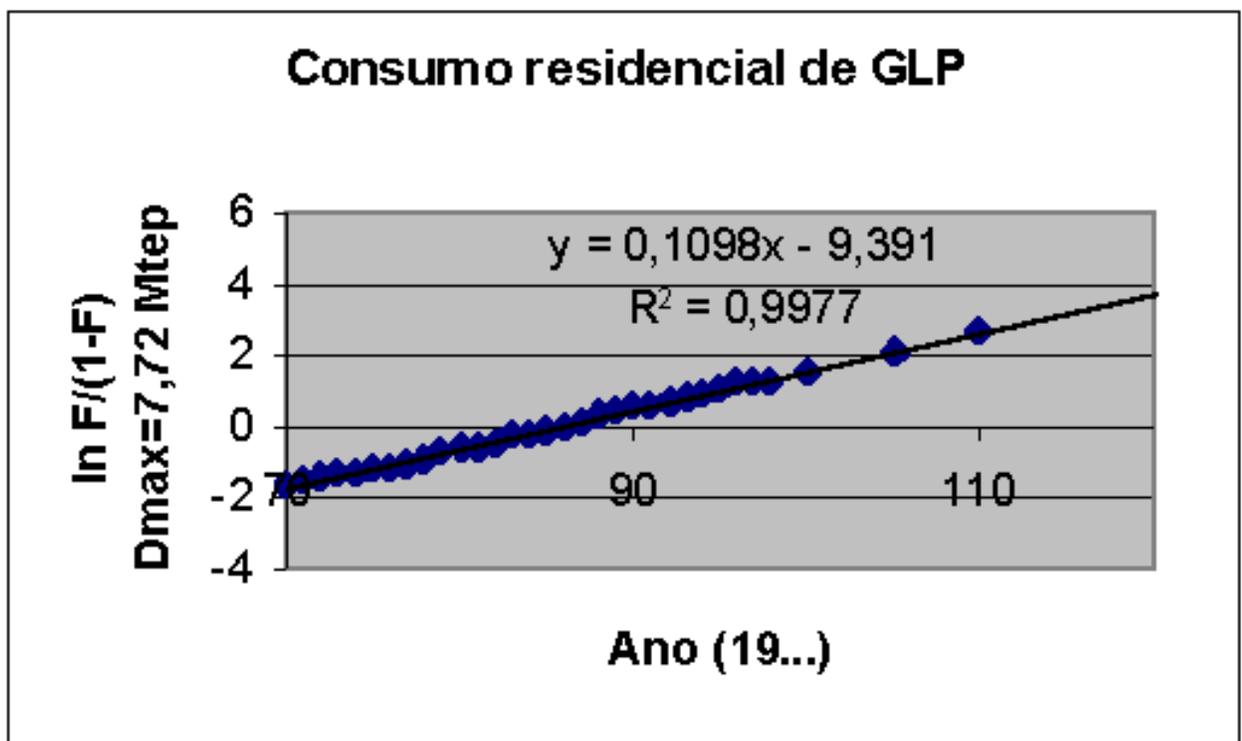


Gráfico 8 - Logística linearizada da demanda de GLP

A demanda projetada a partir da logística linearizada está registrada na tabela e gráfico abaixo.

Ano	2.000	2.005	2.010	2.015	2.020
Demanda	6,41	6,90	7,23	7,43	7,55

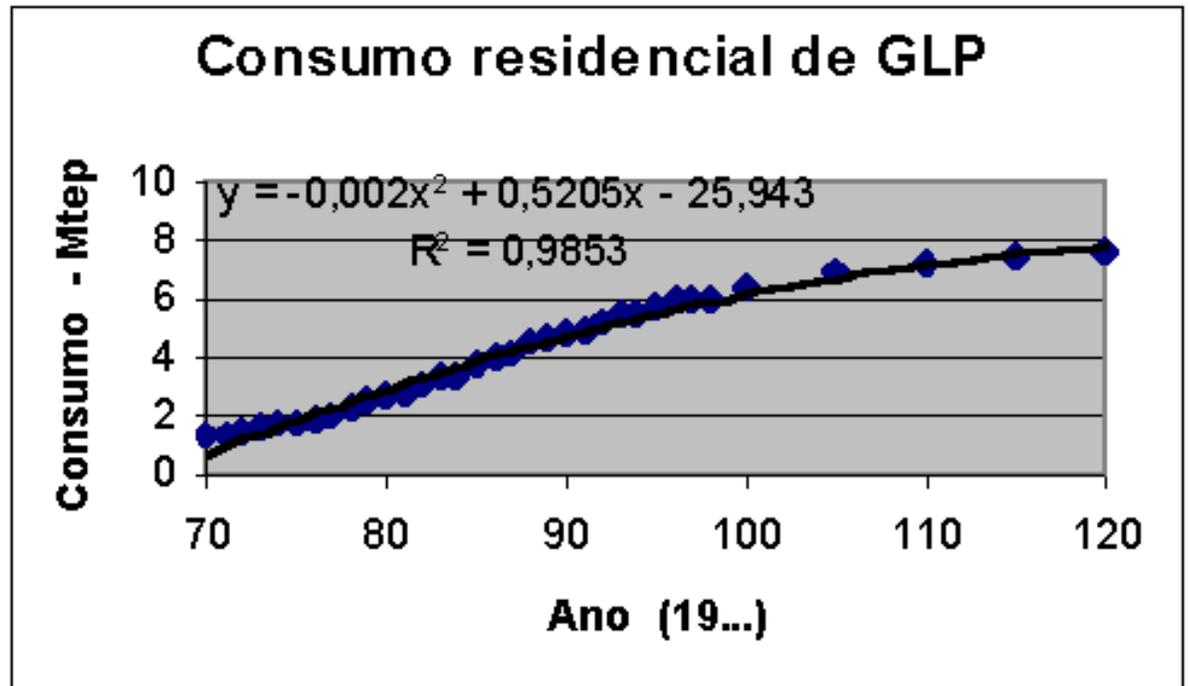


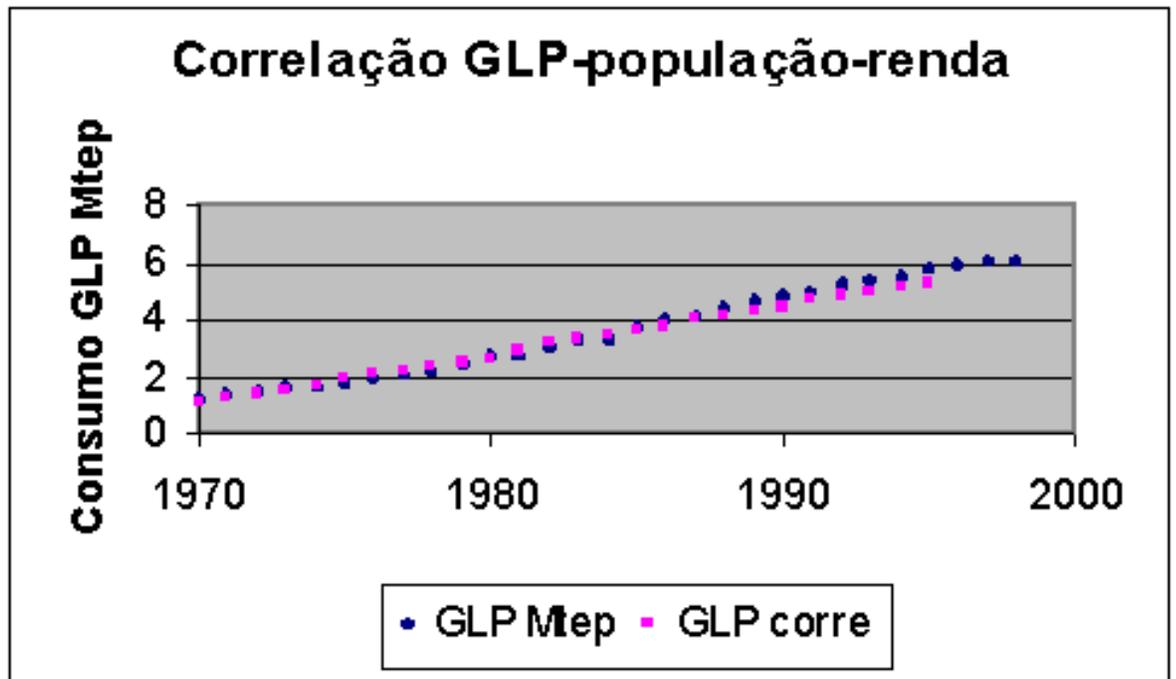
Gráfico 9 - Consumo residencial de GLP.

Para avaliar a importância relativa da população urbana e da renda sobre o consumo de GLP, foi ajustada aos dados de consumo entre 1975 e 1988 uma função das variáveis

acima mencionadas. A equação da correlação linear dupla é

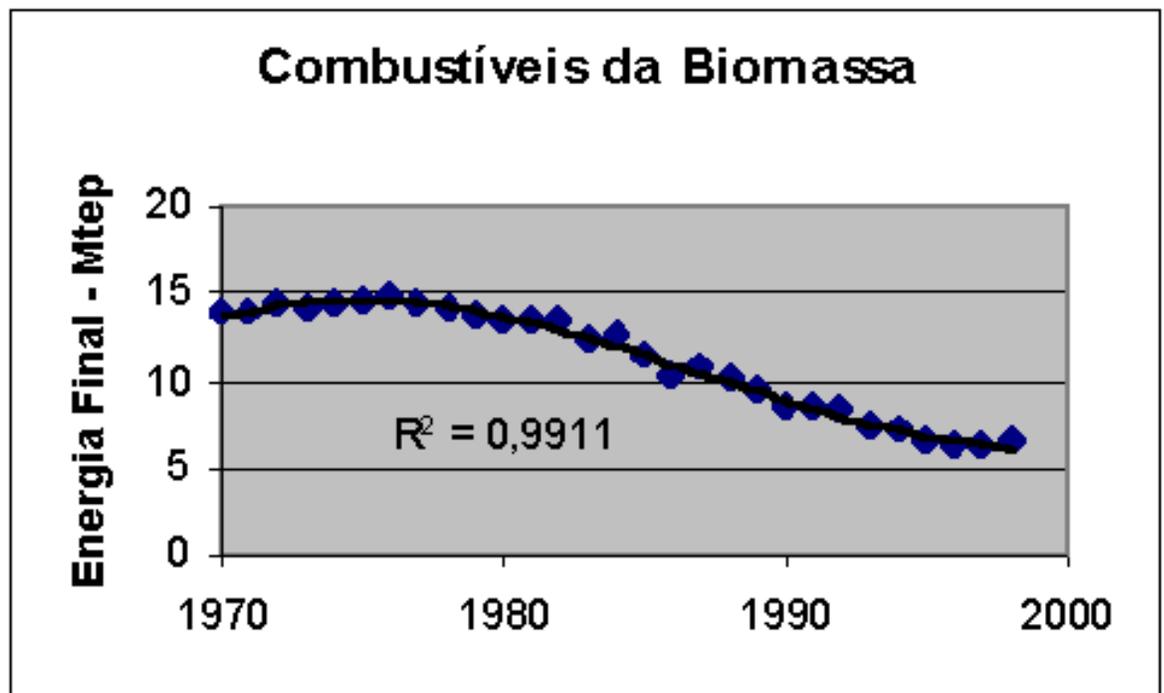
$$\text{GLP (Mtep)} = 0,0658 \text{ Pop. Urb. (milhões)} + 0,00074 \text{ PIB (B \$}_{94}\text{)} - 2,988$$

o que mostra ser a população urbana a variável preponderante.



## LENHA E CARVÃO VEGETAL.

O gráfico 10, abaixo, mostra a evolução do consumo de lenha e carvão vegetal no intervalo 1970-1998. Para o cálculo de emissões será considerado o consumo residual de 6 Mtep/ano.



Os resultados da conversão para energia final foram usados no cálculo das emissões ([Planilha 2](#))

## CÁLCULO DE EMISSÕES.

A emissão de poluentes atmosféricos no Setor Residencial não é ainda regulamentada no Brasil. Desta forma, o cálculo será baseado nos coeficientes adotados pelo IPCC para emissões não controladas ("default"), convertidos de kg/Tj para kg/tep, mediante a relação

$$1 \text{ tep} = 0,0452 \text{ Tj}$$

A tabela a seguir resume os valores de interesse.

Coeficientes de emissão - kg/tep

	CO	CH4	N2O	NOx
Lenha	226	13,6	0,18	4,5
Carvão Vegetal	317	9,0	0,05	4,5
G. Natural/GLP	2,26	0,226	0,005	2,26

A emissão de CO<sub>2</sub> por combustíveis da biomassa é dispensada pelo IPCC. Para os combustíveis gasosos, seu cálculo baseia-se no balanço de carbono, utilizando-se os fatores de emissão de carbono registrados na tabela 2 do "Guidelines" do IPCC. Para esses combustíveis, os coeficiente de emissão que figuram na planilha 2, anexa, foram obtidos pela ponderação dos coeficiente originais pela participação no consumo final.

O gráfico 11, abaixo, mostra a evolução das emissões por combustíveis da biomassa entre 1970 e 1998.

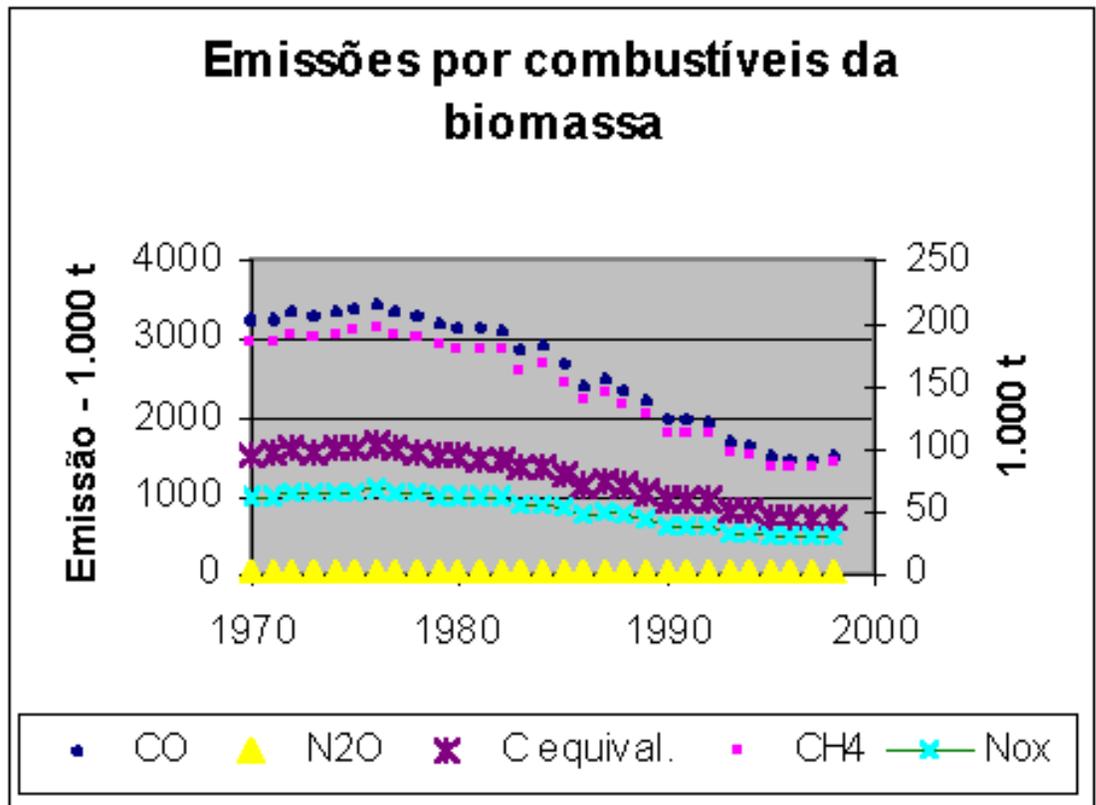
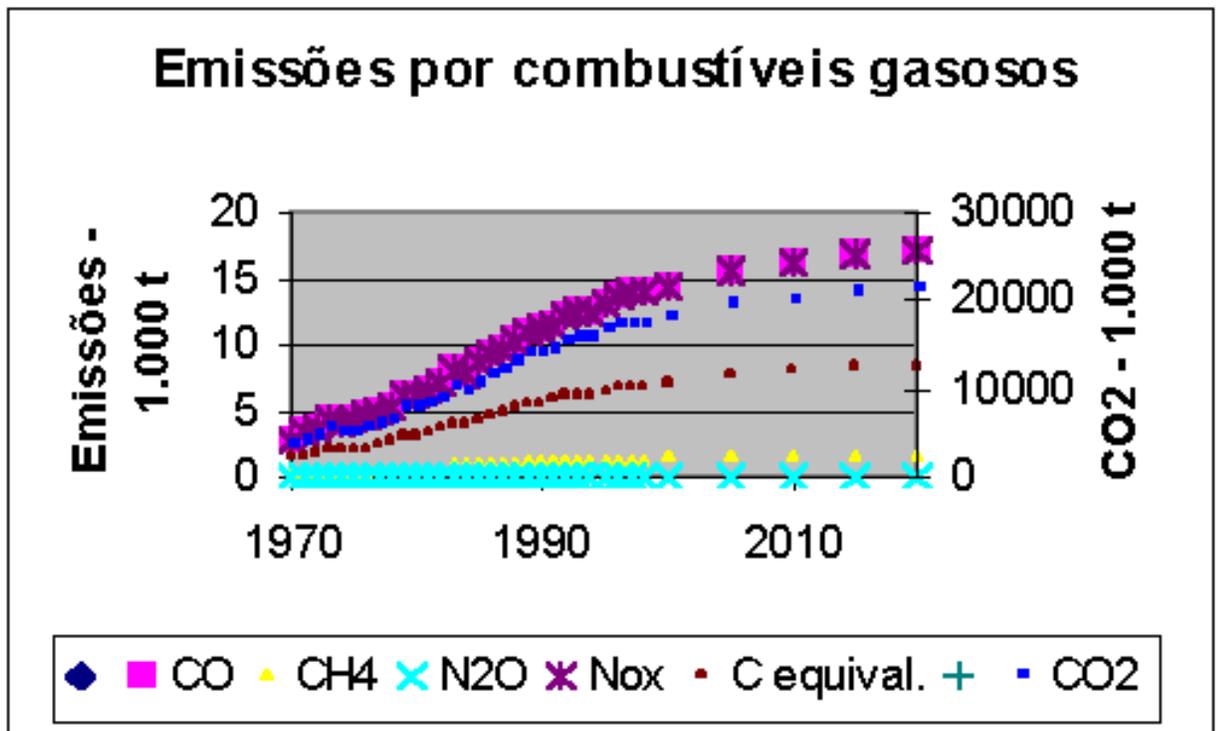


Gráfico 12 - Biomassa

As emissões por combustíveis gasosos (GLP, GN e gás canalizado) em mil toneladas estão no gráfico 13.



## Gráfico 13 - Emissões por combustíveis gasosos (1.000 t).



## COEFICIENTES DA MATRIZ DE EMISSÕES

[Página Principal](#)

**Elaboração da Matriz Energética: Metodologia e Aplicações**

**Demanda Energética e Emissões no Setor Doméstico**

**Coefficientes da Matriz de Emissões**

<http://ecen.com>

**Vínculos e&e**

**Livro de Visitas**

**Matriz Energética e de Emissões**

<http://ecen.com/matriz>

*PROJETO "FORNECIMENTO DE INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA ACOPLADAS A UMA MATRIZ ENERGÉTICA"*

*CONVÊNIO MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA / ECONOMIA E ENERGIA - ONG Meta 3 31 de janeiro de 2.001*

### Introdução

Como etapa para obter a matriz de emissões a partir de uma extrapolação da matriz energética é necessário escolher coeficientes que possam, a partir do consumo de combustíveis, em energia final, inferir as emissões correspondentes. Como primeira aproximação serão usados os coeficientes do Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC revisão de 1996, Na medida do possível serão adotados os valores mais adaptados às condições brasileiras levantados nos trabalhos para o inventário nacional e as projeções para novas tecnologias

### Metodologia

Este trabalho descreve a metodologia usada para estimar a matriz de emissão dos gases do efeito estufa provenientes da combustão dos diversos energéticos usados nos vários setores da economia.

O objetivo é obter um coeficiente que multiplicado pelo consumo de cada energético em um específico setor da economia forneça a quantidade emitida de cada um dos gases do efeito estufa.

No presente cálculo foram usados os valores dos fatores de emissão fornecidos pelo Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, revisão de 1996.

A metodologia do IPCC separa o cálculo dos gases do efeito estufa da seguinte forma:

- Emissão de CO<sub>2</sub> a partir do teor de carbono dos combustíveis;
- Emissão de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> e CO a partir do consumo do

energético organizado por setor da economia.

- Emissão de SO<sub>2</sub> a partir do teor de enxofre no combustível e da retenção de enxofre nas cinzas.

Descrevemos a seguir os passos usados no cálculo dos coeficientes de emissão.

### I) Coeficientes para CO<sub>2</sub>

#### 1) conversão para terajoule

O fator de conversão para terajoule usado é  $A = 41,868 \text{ TJ}/10^3 \text{ tep}$

2) multiplicação pelo fator de emissão para calcular o teor de carbono

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

$B =$  fator de emissão do energético

#### 3) correção para carbono não-oxidado

Fração de carbono oxidado

Carvão	0,98
Petróleo e seus produtos	0,99
Gás	0,995

$C =$  fração de carbono oxidado do energético

#### 4) conversão do carbono oxidado para emissão de CO<sub>2</sub>

Multiplicando-se o fator de conversão pelo fator de emissão para

o combustível em pauta (vezes  $10^{-3}$  para termos o fator em Gg de C/TJ) e pela fração de carbono oxidado correspondente, teremos o coeficiente de emissão de carbono em Gg/ $10^3$  tep de combustível. Para se obter o coeficiente de emissão de CO<sub>2</sub> basta multiplicar o coeficiente acima por 44/12.

Coeficiente de emissão de CO<sub>2</sub> = A \* B \*  $10^{-3}$  \* C \* 44/12  
(Gg de CO<sub>2</sub>/ $10^3$  tep)

## 2) Coeficientes para CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> e CO

O IPCC fornece fatores de emissão para gases acima para os seguintes energéticos e setores da economia (em kg/TJ):

**Energético:** carvão, gás natural, petróleo gasolina e diesel), lenha e rejeitos de lenha, biomassa e outros rejeitos

**Setor :** Indústria de energia, Indústria manufatureira e Construção, Transporte (aéreo, rodoviário, ferroviário e hidroviário) e Outros Setores ( comercial/institucional, residencial, agricultura, silvicultura e pesca)

### 1) conversão para terajoule

O fator de conversão para terajoule usado é

$$A = 41,868 \text{ TJ}/10^3 \text{ tep}$$

2) multiplicação pelo fator de emissão (do respectivo gás) para o setor da economia e referente ao energético em pauta.

B = fator de emissão do energético em pauta para o setor específico da economia

Multiplicando-se o fator de conversão pelo fator de emissão (vezes  $10^{-6}$  para termos Gg do gás/TJ), teremos o coeficiente de emissão do respectivo gás em Gg/ $10^3$ tep.

Coeficiente de emissão (do respectivo gás) =  $A \cdot B \cdot 10^{-6}$   
(Gg /  $10^3$  tep)

### III) Coeficientes para SO<sub>2</sub>

1) conversão para terajoule

O fator de conversão para terajoule usado é

$$A = 41,868 \text{ TJ}/10^3 \text{ tep}$$

2) cálculo do fator de emissão de SO<sub>2</sub>

3)  $B = 2 \cdot [(\% \text{ do teor de enxofre} / 100)] \cdot [1/\text{valor calorífico líquido}] \cdot [(100 - \% \text{ retenção do enxofre na cinza})/100]$ .

O IPCC fornece o valor calorífico líquido para diversos energéticos em TJ/ $10^3$  t.

$$\text{Coeficiente de emissão de SO}_2 = A \cdot B \cdot (\text{Gg}/10^3 \text{ tep})$$

Nota: O teor de enxofre no gás natural é dado em g/m<sup>3</sup> e o valor calorífico médio deve ser dado em kJ/m<sup>3</sup>. O teor de enxofre no gás natural não deve ser dividido por 100 no cálculo de B.

### Resultados

[As planilhas](#) em anexo mostram os valores preliminares a serem usados.


[BUSCA](#)
[CORREIO](#)
[DADOS ECONÔMICOS](#)
[DOWNLOAD](#)
[e&e ANTERIORES](#)

**e&e No 24**

**Página Principal**  
**Elaboração da Matriz**  
**Energética:**  
**Metodologia e**  
**Aplicações**  
**Demanda Energética e**  
**Emissões no Setor**  
**Doméstico**  
**Obtenção de**  
**Coefficientes da Matriz**  
**de Emissões**

<http://ecen.com>

**Vínculos e&e**  
**Livro de Visitas**

**Matriz Energética e de**  
**Emissões**

<http://ecen.com/matriz>

**Progressos na Matriz Energética e de Emissões de Gases Causadores do Efeito Estufa**

Este número, como os dois anteriores é principalmente dedicado a descrever progressos nos estudos da Matriz Energética e de Emissões Geradoras do Efeito Estufa. Mostramos uma apresentação da proposta **e&e** para a Matriz Energética em reunião do Comitê Assessor para Assuntos da Matriz Energética do CNPE

**Demanda de Energia para o Setor Doméstico no Cenário de Referência**

Avaliação preliminar da demanda do Setor Doméstico que exige uma metodologia específica

**e Emissões de Gases geradores do Efeito Estufa no Uso de Energia no Setor Doméstico**

Emissões correspondentes ao uso de energia no Setor Domésticos no horizonte 2020.

**Metodologia e&e para Projeção da Matriz Energética**

Apresentação resumindo a metodologia adotada.

**Reservas Externa e Dívida Externa e Pública do Brasil**

Revisão de dados (breve)

**Obtenção de Coeficientes da Matriz de Emissões**

Coeficientes para transformação de dados de consumo final energético em emissões de gases relacionados ao efeito estufa

Graphic Edition/Edição Gráfica:

**MAK**  
**Editoração Eletrônica**

Revised/Revisado:

Tuesday, 08 November 2005