


[BUSCA](#)
[CORREIO](#)
[DADOS ECONÔMICOS](#)
[DOWNLOAD](#)
[e&e ANTERIORES](#)
[e&e No 30](#)

Prospecção Tecnológica

[Página Principal](#)
[Prospecção Tecnológica](#)
[A Caminho do](#)
[Desenvolvimento](#)
[Sustentado](#)

[Matriz Energética e de](#)
[Emissões](#)

[Setor Residencial](#)
[Setor Transportes](#)

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

<http://ecen.com>

[Vínculos e&e](#)

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

A política tecnológica exige um trabalho de prospecção para estabelecimento de prioridades. Essa exigência advém da importância deste fator de produção na sociedade contemporânea que faz com que seja necessário avaliar a importância futura dos investimentos na área. Neste artigo é feita uma revisão de conceitos básicos necessários ao exercício de prospecção tecnológica, com ênfase na área energética. Em seguida apresenta-se um modelo de difusão dos conhecimentos tecnológicos e mostra-se a aplicação para alguns temas relevantes. Outros temas em que parece interessante a aplicação da metodologia são sugeridos

A Caminho do Desenvolvimento Sustentado

Este artigo amplia as análises feitas em artigos anteriores, se os números estão certos e as análises decorrentes também, pode-se afirmar que país desenvolvido é aquele que importa energia, aço, alumínio e ferroligas (produtos intensivos em capital e energia e pouco intensivos em empregos) e exporta produtos de maior valor agregado (intensivos em tecnologia e mão-de-obra). Uma metodologia de análise dos empregos gerados por capital acumulado por setor econômico é sugerida. Esses setores de uso intensivo de energia geram poucos empregos por capital acumulado.

[Apresentação sobre o Assunto](#)

Matriz Energética: Módulo Setorial da Matriz e&e de Energia e de Emissões

O Módulo Setorial, na projeção da Matriz Energética e de Emissões que realiza a *e&e* permite, usando um cenário do PIB, montar um cenário da participação dos principais setores da economia no valor do PIB. A evolução histórica do Brasil e de outros países é usada para avaliar a participação futura. São fornecidos valores básicos para serem usados no cenário de referência para as projeções. Em seguida é projetado, com base na extrapolação de coeficiente Energia Equivalente/Produto a demanda de Energia. A participação dos energéticos é projetada com base nos valores históricos e por comparação com outros países. Os valores são convertidos em Energia Final e são calculadas, com base em coeficientes fornecidos pelo MCT, as emissões causadora do efeito estufa. As projeções são para o período 2000/2020

Neste número apresentamos os resultados para:

[Setor Transportes](#)

[Setor Doméstico](#)

Em números anteriores da *e&e* apresentamos os resultados para os cenários de referência

Cenários Macroeconômico e Setorial de Referência

e para os seguintes setores:

Setor Agropecuário

Setor Industrial

Setor Comercial e Outros Serviços (exceto transporte)

Oferecemos ainda Textos Completos para "download":

Relatório Final

Resumo Executivo

Uso de Energia e Emissões Setoriais

Novidades:
"Download" e&e No 30 completo (em Adobe Acrobat pdf 970k)

"Download" Balanço de Energia e Emissões associadas BENEMIS 1970/2000

Texto explicativo BENEMIS

Algumas Informações Relevantes sobre o Racionamento

Reservatórios do SIN - Sistema Interligado Nacional

Situação diária dos principais reservatórios - Valores da ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico
Página do OSN

ENERGIA ARMAZENADA NOS RESERVATÓRIOS EM RELAÇÃO À MÁXIMA

Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica

Graphic Edition/Edição Gráfica:

MAK
Editoração Eletrônica

Revised/Revisado:
Sunday, 28 August 2005

9 4 5



PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA.

[Página Principal](#)
[Prospecção Tecnológica](#)
[A Caminho do](#)
[Desenvolvimento](#)
[Sustentado](#)

Omar Campos [Ferreira](#)
omar@ecen.com

Introdução.

[Matriz Energética e de Emissões](#)

Este trabalho é uma revisão de conceitos básicos necessários ao exercício de prospecção tecnológica, com ênfase na área energética. Para os fins propostos, define-se técnica como o conjunto de procedimentos e de materiais usados na produção de bens; tecnologia é o estudo sistemático das técnicas, com base em princípios científicos. Na linguagem corrente, tecnologia é também empregada como o conjunto de técnicas, incluindo o conhecimento, os materiais e os equipamentos usados na produção.

[Setor Residencial](#)
[Setor Transportes](#)

[Dívida Pública e Reservas do Brasil](#)

A primeira manifestação de capacidade técnica teria sido a fabricação de artefatos pela combinação de utensílios naturais, como a pedra, o porrete e a faca de sílex. A junção de uma pedra a um porrete teria originado o martelo, assim como a do porrete com a faca de sílex originou o machado e a lança. A tecnologia estaria contida no ato de generalizar-se a técnica de prender a pedra ou a faca ao porrete, permitindo a fabricação de outros instrumentos pelos mesmos processos.

<http://ecen.com>

[Vínculos e&e](#)

Para os pensadores gregos, a Ciência, ocupando-se do conhecimento da Natureza, distingue-se das artes e dos ofícios, cujo objetivo seria manipular a Natureza. Prigogine (1) assinala a origem comum aos termos **máquina, mecânica e engenheiro**, vinculados às atividades técnicas e, portanto, à manipulação da Natureza (mediante artificios, artimanhas e estratagemas). Na cultura grega, a atividade do cientista era predominantemente racional, isto é, a razão era considerada como a forma excelente de conhecimento, enquanto que a experiência (sensorial) seria uma forma subalterna, diferença sobre a qual fundava-se a hierarquia do conhecimento.

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

A aproximação entre a ciência e a técnica, proposta por Roger Bacon (século 13), ganhou novo impulso no Renascimento, quando o método experimental de Galileu (século 16) firmou-se como método científico. É interessante ressaltar que as divergências metodológicas entre racionalismo (raciocínio puro), empirismo (observação sem intervenção) e experimentalismo (observação em condições controladas) e entre ciência e técnica refletem-se até hoje na atitude do homem em face da Natureza, marcando as posições dos adeptos e entusiastas da tecnologia, bem como as de seus opositores.

Na atualidade, a Ciência parece ter perdido, em parte, sua característica de especulação gratuita sobre a Natureza, vinculando-se cada vez mais às necessidades econômicas e sociais. Os avanços da Ciência geram co-produtos, de importância secundária para a especulação, mas passíveis de aplicação prática. Desta forma, observando-se a evolução daquelas necessidades e as realizações da Ciência no passado imediato, é possível ensaiar uma avaliação sobre a direção geral do avanço da tecnologia.

Vários estudiosos da economia e da evolução da sociedade, como Odum (2), Rifkin (3) e Ayres (4) relacionam a necessidade de desenvolvimento de tecnologia com a carência de energia disponível (a fração da energia de qualquer forma que pode ser convertida em energia mecânica). Assim, a mudança da base alimentar do homem teria sido forçada pela insuficiência de energia, pois a coleta de frutos, em competição com outras espécies e também com outros indivíduos humanos, exigia o deslocamento do coletor a distâncias crescentes, tornando deficitário o balanço de energia. A caçada de grandes animais, mais rendosa, sendo uma atividade de equipe, exigiu a organização do grupo, a troca de informações e a fabricação de armas. As características básicas da tecnologia são, pois, a organização e a informação, requisitos para que a sociedade possa adaptar-se às modificações do ambiente.

A prospecção tecnológica é hoje uma componente do planejamento, visto que a necessidade

de investimentos cresce à medida que a população aumenta e que o ambiente da produção evolui. A exploração dos recursos naturais privilegia naturalmente os de melhor qualidade, de forma que a continuidade da produção exige insumo energético crescente para transportar a distâncias maiores, para tratar a matéria prima com menor concentração das substâncias de interesse, etc... A esses requisitos avaliáveis em termos físicos, acrescentam-se de avaliação mais subjetiva, como a qualificação da mão de obra, a administração do complexo produtivo, a atualização dos conhecimentos científicos, etc... Nessas condições, conhecer a tendência da demanda social por produtos e por serviços facilita a identificação de oportunidades de investimento e gera economia a longo prazo. O modelo de prospecção apresentado neste trabalho permite conhecer a cinética de desenvolvimento de uma técnica já introduzida no mercado. A identificação qualitativa, isto é, a previsão da natureza das técnicas, ainda é um desafio para os estudiosos do tema.

Difusão da técnica.

Demonstrada a utilidade de uma técnica, como a de organização para a caçada, ela pode ser copiada por outros indivíduos ou grupos deles que estejam maduros para isto, ou seja, que tenham a motivação e o preparo para a absorção da novidade. A velocidade de difusão pode ser estabelecida a partir destas premissas mediante o raciocínio probabilístico exposto a seguir.

O diagrama abaixo representa um espaço simbólico conhecido em Mecânica Estatística como "espaço de fases". As n dimensões desse espaço correspondem às variáveis descritivas do fenômeno. Nesse espaço estão representados por círculos os elementos que conhecem (vermelho) e os que ignoram a técnica (amarelo). A área de cada círculo representa a aptidão de um elemento para transmitir ou para receber a nova técnica, significando que o fenômeno só ocorre se os participantes se encontram a uma "distância" mínima no espaço de fases (as áreas não são necessariamente iguais, pois a aptidão para transmitir não é necessariamente equivalente à aptidão para receber).

O espaço está sempre cheio de círculos, supondo-se haver, no começo, pelo menos um transmissor, já que o modelo não pretende explicar a singularidade que levou à descoberta da técnica em estudo. Se o agente é colocado aleatoriamente no espaço, a probabilidade de que ele se encontre à distância mínima de transmissão é medida pela razão entre a área total dos círculos amarelos para a área total do espaço de fases (que inclui a área associada ao agente). Se há, no instante t , N agentes e (N^*-N) receptores, onde N^* representa o número total de círculos que enchem o espaço, a probabilidade de que ocorra uma interação é proporcional a:

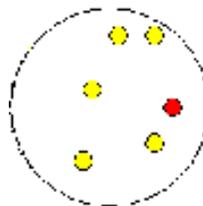
$$p = m N (N^*-N), \quad (1)$$

sendo m uma constante que leva em conta as diferenças de áreas, ou de requisitos, para transmitir e para receber e o número total de agentes e receptores, N^* . Estando satisfeitas as condições para a interação, admitimos, à semelhança do modelo de interpretação da desintegração radioativa, que a probabilidade de ocorrência de uma interação no conjunto dos elementos participantes e no intervalo de tempo dt , seja proporcional a dt . Assim, o número provável de interações, no intervalo de tempo dt , é dado pela equação:

$$dI = a N (N^*-N) dt.$$

A taxa de conversão de receptores em transmissores será:

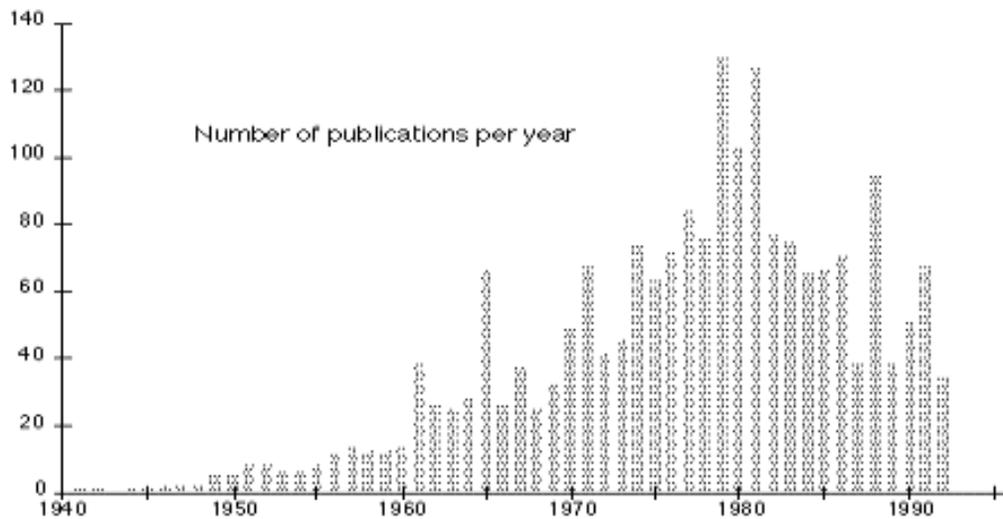
$$dN/dt = a N(N^*-N). \quad (2)$$



Esta equação diferencial, atribuída a Verhulst, foi estabelecida para analisar a proposição de

Malthus a respeito do crescimento exponencial da população humana.

Note-se que a função $y(N) = dN/dt$ é a equação de uma parábola simétrica em relação à reta $N=N^*/2$; em função de t , a curva tem a forma de sino, parecendo-se com a curva da distribuição normal de Gauss. A título de exemplo, mostramos abaixo a distribuição anual de publicações sobre a função termodinâmica **exergia**, obtida no "site" www.exergia.se.



A forma integrada da equação de Verhulst é:

$$N(t)/N^* = 1 / (1 + ke^{-aN^*t}) \quad (3)$$

A lei descrita por esta equação é chamada de logística ou sigmóide, devido à forma de S alongado da curva correspondente, e representa o valor acumulado das publicações sobre o tema até o ano t . Pondo-se $F = N/N^*$, pode-se colocar a equação 3 na forma linearizada

$$\ln (F/1-F) = a N^* t + \ln k, \quad (4)$$

mais simples para representação e para ajuste.

O roteiro para se obter a projeção logística consiste em extrair-se, da série de dados históricos, a taxa de variação dN/dt . Usa-se geralmente a taxa média trienal ou quinquenal, conforme a extensão da série. Ajustando-se uma parábola à série de taxas, determina-se o seu máximo, extraindo-se o valor de N^* , pois:

$$d/dt (dN/dt) = a(N^*-2N) dN/dt \text{ anula-se para } N=N^*/2.$$

Observemos que o ponto $N=N^*/2$, de máximo da parábola, é um ponto de inflexão da curva logística, isto é, o ponto em que a curvatura muda de sentido.

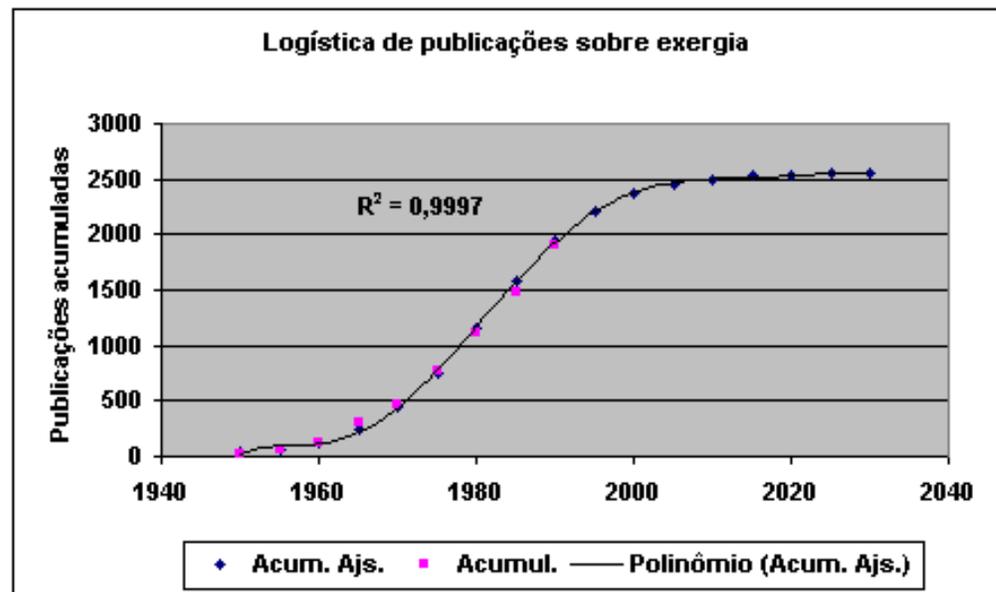
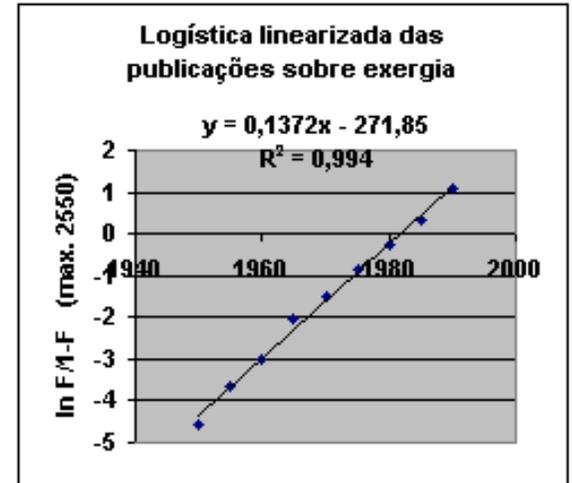
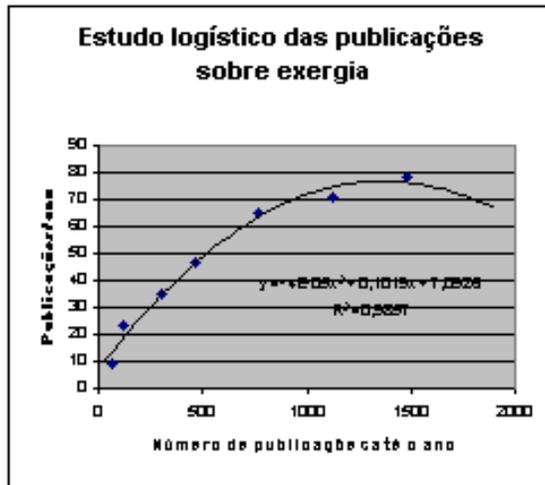
A partir do valor de N^* , usa-se a forma linearizada (eq. 4) para completar-se a determinação da cinética de evolução do fenômeno. No caso das publicações sobre a exergia, o gráfico sugere que dentro de duas décadas esta função, hoje pouco conhecida, estará incorporada à prática da Engenharia.

A forma completa da equação contém um termo correspondente à mortalidade dos usuários da técnica em consideração. Supondo a taxa de mortalidade constante λ , a equação será:

$$dN/dt = a N (N^*-N) - \lambda N = a N [(N^* - \lambda/a) - N]$$

Prigogine e Stengers (1) sugerem que a e λ possam ser ajustados (por uma espécie biológica) para permitir a sobrevivência em ambiente mutável. No caso do desenvolvimento de tecnologia, é razoável supor que o encurtamento do tempo de transmissão da informação (aumento de a) e de conservação da informação (diminuição de λ) sejam os mecanismos de sobrevivência da tecnologia. Veremos que estas hipóteses são compatíveis com a interpretação da ocorrência de pulsos de desenvolvimento.

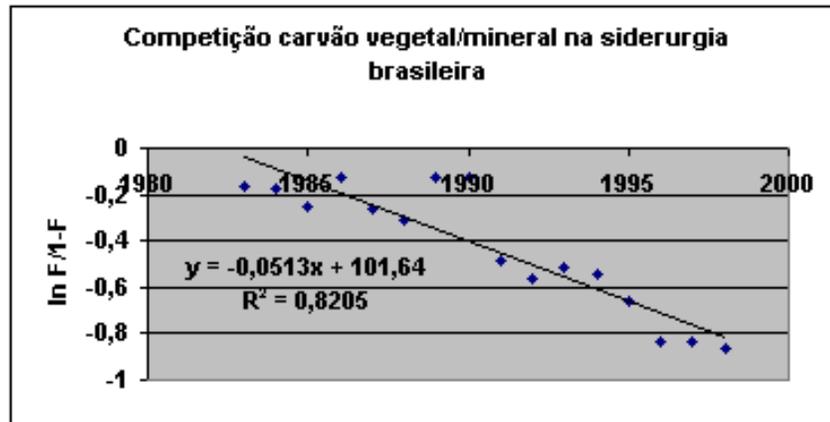
As figuras seguintes mostram a seqüência para o estudo da evolução das publicações.



A primeira figura mostra a evolução da taxa de publicações (publicações/ano). Deste gráfico extrai-se o número máximo de publicações como a abscissa do ponto de máximo da taxa. A segunda mostra a forma linearizada da logística, base para o cálculo do número de publicações futuras. A terceira é o resultado da aplicação do modelo, vendo-se a boa concordância dos valores observados e projetados para o número de publicações. A qualidade da concordância depende da extensão da série histórica de dados e naturalmente da confiabilidade deles. Para a demanda de energia, geralmente registrada com boa precisão, séries relativamente curtas conduzem a resultados satisfatórios. Marchetti (5) utilizou uma série de 20 anos para o consumo de petróleo (1900-1920) e projetou a demanda para os 50 anos seguintes com boa aproximação.

A metodologia descrita acima tem sido utilizada no estudo de um grande número de fenômenos de natureza variada, como a propagação de epidemias e de hábitos, a entrada de inovações no mercado, a construção de catedrais góticas e de igrejas coloniais em Minas Gerais, a produção intelectual (artes e ciências) e outros.

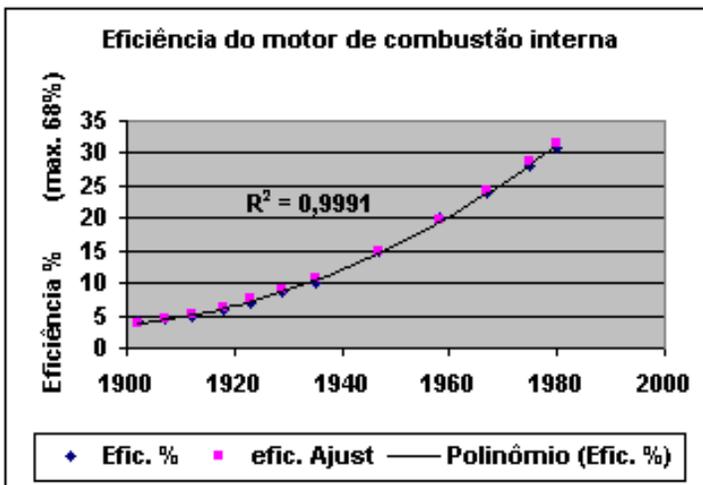
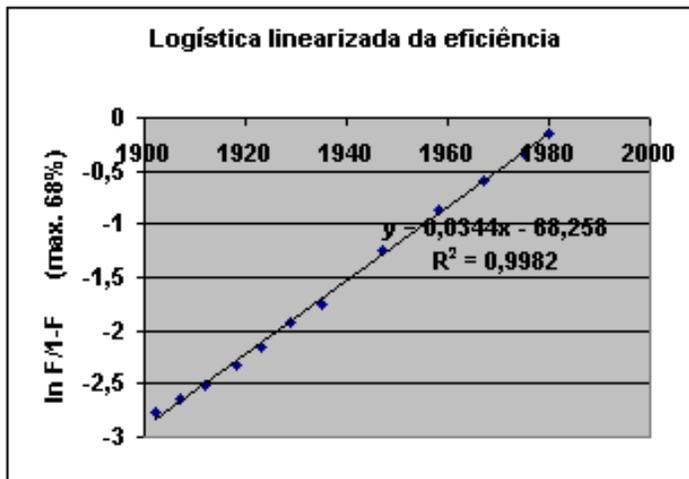
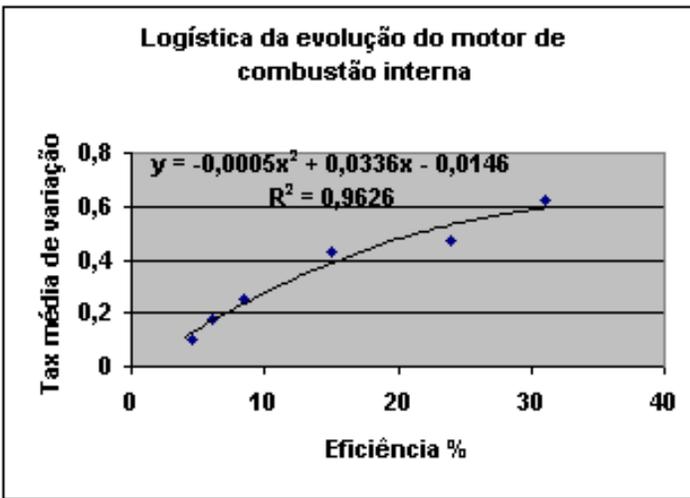
A mesma metodologia pode ser usada para descrever a competição de duas espécies em um nicho, bastando observar, no caso anterior, que $1-F$ representa a fração do nicho não ocupada pela espécie única ali tratada. Havendo duas espécies de populações N_1 e N_2 , a fração não ocupada por N_1 é por N_2 . Basta, pois, fazer $F=N_1/N_2$ e aplicar a metodologia como descrita. O gráfico abaixo mostra a competição entre carvão vegetal (N_1) e carvão mineral+coque (N_2) na siderurgia brasileira. O gráfico permite extrapolar a participação do carvão vegetal, suposta mantida relação de preços dos dois competidores.



A competição entre três ou mais espécies requer a solução das equações diferenciais por métodos numéricos e não será tratada nesta introdução.

Famílias de técnicas.

Um evento novo, como a descoberta de um recurso natural ou de uma nova forma de aproveitamento de recursos já conhecidos pode dar início a uma família de técnicas, cujo objetivo é o aproveitamento máximo do recurso. Assim, a descoberta de petróleo nos Estados Unidos, conjugada com o surto de industrialização do país, deu início à evolução técnica do motor do ciclo Otto (ignição por centelha), proposto por Beau de Rochas, na França, e desenvolvido por N. Otto, que ficou com as glórias do feito, na Alemanha. Inicialmente o motor era alimentado com benzina, que suportava pequena compressão sem detonação. Vieram, a seguir, as várias formulações de gasolina que possibilitaram o aumento da razão de compressão e, por consequência, a melhoria de eficiência do motor, e o desenvolvimento de componentes do motor, como anéis de segmento, sistema elétrico de distribuição da ignição, sistema de injeção do combustível, sistema de controle eletrônico da combustão e sistema de acionamento de válvulas, compondo uma família de técnicas com objetivo comum. O motor do ciclo Diesel (ignição por compressão) seguiu história semelhante, com a diferença de que o combustível usado deve inflamar por aumento de temperatura da sua mistura com ar, o que requer propriedades físico-químicas diferentes das da gasolina, que deve suportar a compressão sem inflamar-se. Portanto, o desenvolvimento dos combustíveis e o dos motores devem ser tratados como sinérgicos. Os dois tipos de motores são tratados aqui como pertencendo a uma só família, a dos motores de combustão interna. A evolução técnica do motor é descrita, com muita propriedade, pela eficiência, cuja evolução está mostrada nos gráficos a seguir (6).



O valor máximo da eficiência, previsto pelo modelo, é de 67 %, em boa concordância com a calculada para um ciclo de Carnot com temperatura da fonte quente em 6500 C (limite metalúrgico para motor em ferro fundido ou aço), que é de 68%. Vê-se haver ainda espaço para ganho de eficiência, sendo previsível a concorrência entre o motor avançado e a célula de combustível, tema a ser abordado em outra Nota Técnica.

Sucessão de famílias de técnicas.

Observa-se, na literatura técnica, haver uma tendência para correlacionar-se o começo de

uma nova família de técnicas, como a do motor de combustão interna, com a exploração de um novo recurso energético. Embora a correlação só se justifique, em bases físicas, para as técnicas de conversão de energia, é possível que a hipótese seja válida também para outras técnicas em que a energia tenha papel dominante.

Visando a sistematizar o estudo do processo de desenvolvimento de técnicas a partir de descobertas relacionadas com a pesquisa científica, Marchetti (5) desenvolveu uma série de correlações para famílias de conversores de energia e de processos industriais, agrupando-as em pulsos de desenvolvimento de invenções e de inovações. Invenções são, conforme o autor, descobertas, geralmente de cunho científico, que dão lugar a produtos aceitos pelo mercado, as chamadas de inovações.

A sistemática de agrupamento considera três pulsos, associados com a fonte primária de energia em ascensão, os de 1802 (carvão mineral), de 1857 (petróleo) e de 1920 (gás natural), anos correspondentes ao ponto médio entre os centros das logísticas. Para cada um deles, foram construídas as logísticas de invenções e de inovações, caracterizadas cada uma delas por um centro (o ponto de máximo da parábola associada à cinética do pulso) e uma constante de tempo (tempo necessário para que a fração de nicho ocupada pela invenção/inovação varie de 5 a 95%). Os gráficos abaixo resumem a sistemática de tratamento dos dados, vendo-se, para cada pulso, uma logística de invenções e uma de inovações; estão marcados o centro de cada logística, as constantes de tempo correspondentes, o centro do pulso e o ano em que ocorreu a participação máxima de uma fonte primária de energia (lenha, feno, carvão mineral, petróleo e gás natural) que precedeu a fonte em ascensão durante o pulso.

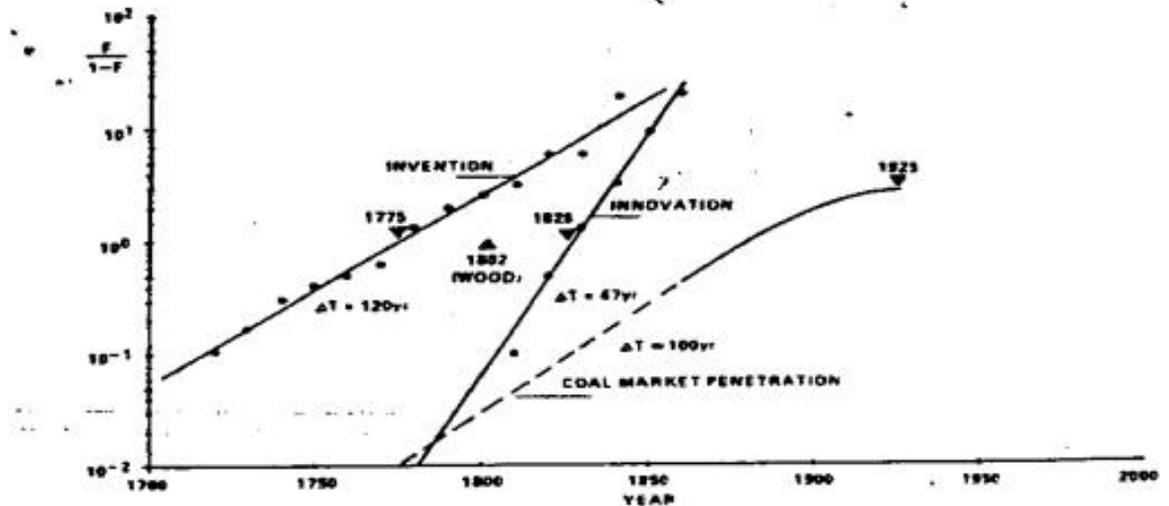


Fig. 7. The 1802 wave. F is here the fraction of total set of basic innovations implemented up to time t . This set is made of 21 items listed in Table 2 and further explained for the case of the locomotive. The set of corresponding inventions is displayed in the same way $F(t)$ being the fraction of them discovered up to time t . ΔT denotes the time from $F = 0.10$ to $F = 0.90$. (i.e., from 10% to 90% of the whole set.)

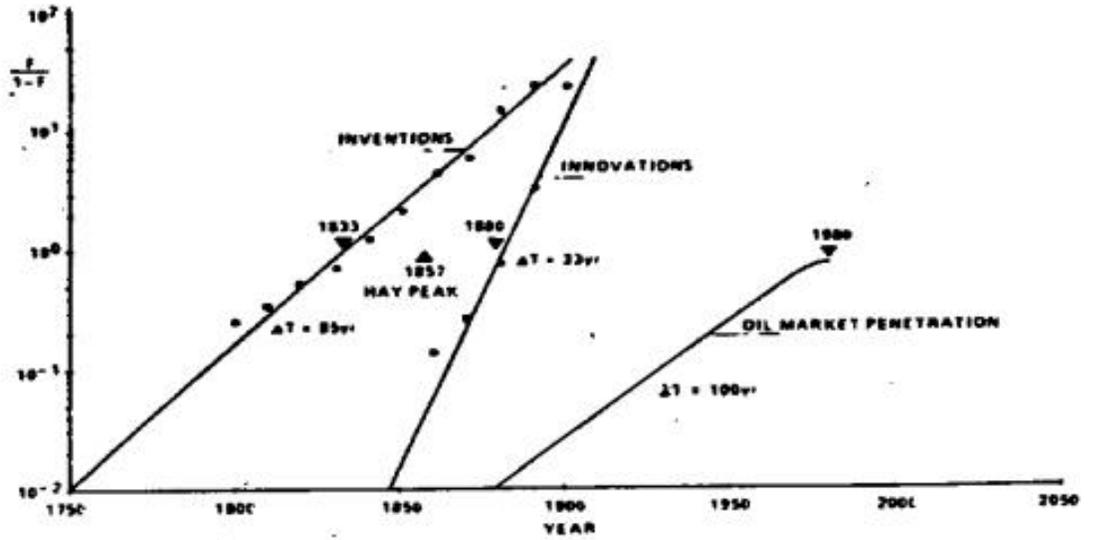


Fig. 8. The 1857 wave, dealt with as the previous one. The set includes 40 items listed in Table 3.

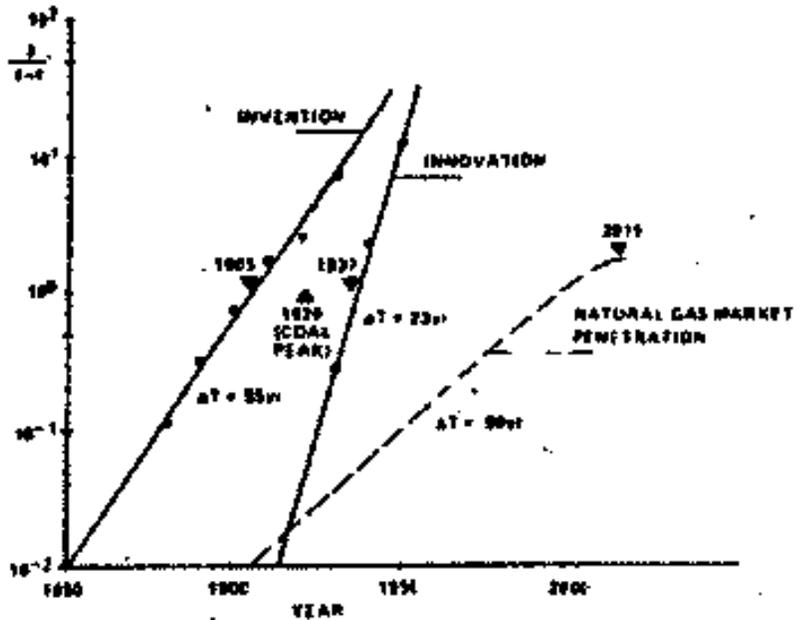


Fig. 9. The 1930 wave, also dealt with as in Figure 7. The set includes 51 items listed in Table 4.

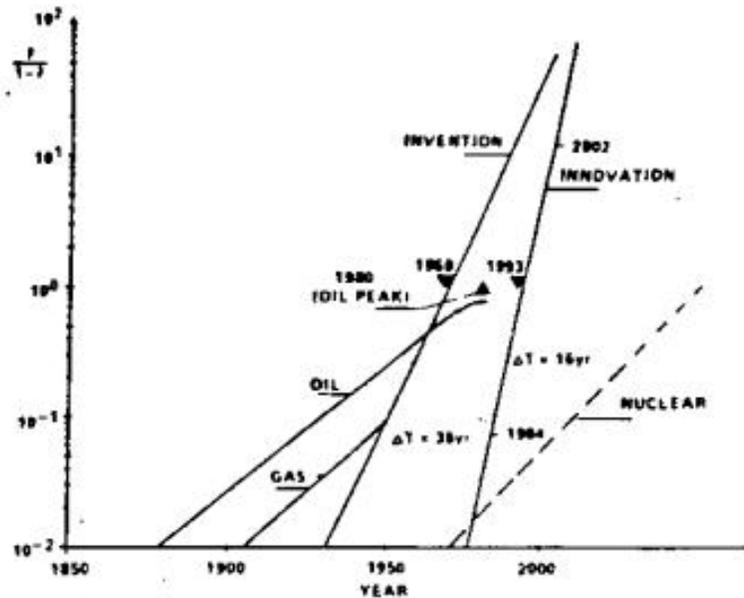


Fig. 10. Using the regularities of the previous three waves, the forthcoming one, the 1980 wave, has been constructed. Although the process has already started, the crucial years appear to be between 1984 and 2000, when 80% of the basic innovations will have been introduced. What the innovations are, and how many, is however unknown.

As principais conclusões da análise dos três primeiros pulsos examinados são:

- O intervalo entre os pulsos de inovações, medidos entre os centros das respectivas logísticas, é de cerca de 55 anos, valor que coincide razoavelmente com a duração do ciclo econômico postulado por Kondratieff (1792-1850, 1850-1896, 1896-1940). É curioso observar que o pulso de desenvolvimento econômico iniciado com a implementação do Plano Marshall para a recuperação da economia europeia, entre 1945 e 1948, está completando 1 kondra (unidade de tempo econômico, segundo Marchetti), sugerindo a ocorrência de uma recessão econômica nos dias atuais, fato indicado pela saturação já observada nos mercados de aço, alumínio, automóveis, etc...

- Os centros dos pulsos coincidem com a participação máxima da lenha (1802), do feno (1857) e do carvão mineral (1929) no mercado de energia.
- A constante de tempo da onda de inovações decresce em progressão geométrica de razão próxima a $\sqrt{2}$.
- A entrada de novas fontes primárias de energia parece estar em sintonia com o pulso de inovações, a logística da energia cruzando a de inovação por volta do nível 10^{-2} .

Com base nas regularidades identificadas, Marchetti prevê o próximo pulso de inovações, em coincidência com a entrada da energia nuclear no mercado, baseada no pulso de invenções centrado em 1968 (semicondutor, microeletrônica, química fina, engenharia genética?). O último dos gráficos reúne os pulsos já observados e os dois próximos pulsos (da energia nuclear de fissão, da energia nuclear de fusão e da energia das partículas elementares, chamado de \bullet -sion, uma combinação da designação genérica das partículas (múons) com a do processo de conversão fissão-fusão, ainda não identificado pelo autor).

Finalmente, Marchetti observa que os preços das fontes primárias de energia passaram por picos coincidentes com os pontos médios dos pulsos (gráfico abaixo) e sugeriu, em 1981, que o preço do petróleo cairia nos anos seguintes, o que realmente aconteceu em 1986.

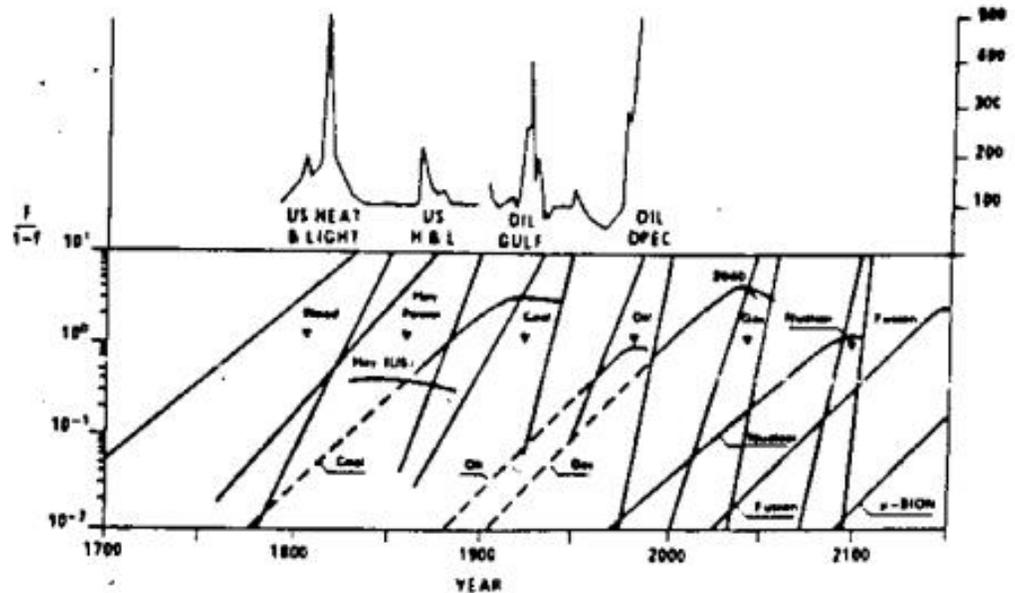


Fig. 11. Invention and innovation waves, the secular set: The first three waves of the series are historical. We live in the fourth. The following two are indicated to show the interlocking of the various components. In the upper part of the figure the indexed prices for energy are reported to show the precise match between energy price flaring and wave centers. By analogy one should expect a rapid fall of the real price for oil in the next few years. Sources: For the U.S. cost index, U.S. Department of Commerce '85). For the Gulf and OPEC oil cost index, Bejedorff and Lukas [16].

O encurtamento progressivo das constantes de tempo dos pulsos de invenções e de inovações parece endossar a interpretação de Prigogine e Stengers, mencionada anteriormente a respeito de um sistema biológico, de adaptação do sistema tecnológico ao ambiente da produção, no qual a quantidade e a qualidade dos recursos naturais (matéria prima e energia primária) evoluem no sentido desfavorável à produção econômica de bens e de serviços. Ayres (4) pondera que o desenvolvimento tecnológico tem compensado o empobrecimento em recursos naturais e propõe uma interpretação sobre a interação dos sistemas econômico e tecnológico à luz da Lei da Entropia, em que considera o desenvolvimento da tecnologia como um item da acumulação de capital. Ayres discute ainda a limitação do desenvolvimento tecnológico como solução para a exaustão de recursos naturais (neo-Malthusianismo), tema também abordado por Rifkin (3) sob o título "o retorno decrescente da tecnologia" que lembra a hipótese marxista sobre o retorno decrescente do rendimento do capital. A consolidação dessas interpretações parece ser factível, de vez que elas não se contradizem, mas apenas consideram a questão sob ópticas diferentes.

A sistematização proposta por Marchetti está ainda no estágio inicial e parece ser promissora, apesar do pequeno número de pulsos analisados. Ressalve-se que sua aplicação refere-se ao sistema industrial mundial, não sendo aparentemente aplicável a economias nacionais separadas, visto que estas obedecem a ritmos diferentes de desenvolvimento. É possível que a chamada globalização da economia, uniformizando o comportamento das economias nacionais, venha a permitir a particularização da metodologia a essas economias.

Lei do Retorno Decrescente.

No item anterior, mencionamos a analogia entre sistema químico, estudado por Prigogine e Stengers, sistema biológico (citado por aqueles autores como análogo a sistema químico auto-catalítico) e sistema de desenvolvimento de técnicas. Com algumas restrições[1], o comportamento desses sistemas, e de outros que pretendemos discutir neste trabalho, pode ser descrito pela lei logística.

Uma das aplicações interessantes, dado o momento econômico mundial, é o decrescimento do retorno do capital ou, se preferirmos, da produtividade do capital. Mostramos, em

trabalho anterior da e&e (“Acumulação de capital na economia brasileira”, e&e, n°9, 1998)[2], seguindo sugestão de Ayres (4), que a acumulação de capital no Brasil obedeceu à lei logística até por volta de 1970, quando começou o chamado “milagre brasileiro”, de industrialização a “toque de caixa”, cujo resultado pode ser interpretado hoje como sendo devido à dissipação de recursos no sentido termodinâmico. Segundo os resultados mostrados no artigo citado, a acumulação de capital prevista pela lei logística teria alcançado a acumulação realizada por volta de 1998, com a diferença de que o potencial de crescimento, representado pela tangente à curva logística, seria superior ao correspondente à rota real.

Não sendo objetivo deste trabalho identificar os fenômenos irreversíveis que, em coincidência com a crise do petróleo, conduziram nossa economia ao estado atual, limitaremos esta análise à questão da saturação do capital financeiro que leva os especuladores a transferirem seus recursos de um país para outro, ao sabor dos apuros do momento.

Na equação da lei logística:

$$dN/dt = a N(N^* - N)$$

N pode ser identificado como o estoque de capital, N* como uma quantidade de recurso natural (minério, floresta, potencial hídrico, etc...) que o capital transforma em mais capital (à semelhança de reação auto-catalítica, em que o catalisador induz a reação, sem ser consumido nela) e dN é o resultado líquido do processo de transformação de recursos em capital.

Para aplicar esta lei a um sistema econômico, é necessário adequar a equação à metodologia de contabilidade social, que apura os movimentos da economia em balanços anuais. Ao passar da equação diferencial para uma equação finita, que aproxima o modelo da situação **de fato**, há diferenças de valores, ou resíduos, que Carlos Feu et. al (7) verificaram serem desprezíveis em face da incerteza esperada em estudos econômicos. Assim, a equação finita equivalente, ligeiramente modificada, seria:

$$\Delta N/N = a (N^* - N) \Delta t$$

em que Δt é o intervalo de apuração do resultado econômico, considerado como constante.

O primeiro membro da equação representa a produtividade do capital que decresce à medida que o estoque se aproxima do máximo N* (ou $N^* - \lambda/a$, considerada a mortalidade, fenômeno irreversível por excelência e cujo efeito traduz-se pela diminuição do estoque de recursos nos quais se baseia a produção). No caso do “milagre” o ajuste do crescimento do capital à logística foi apenas sofrível, denotando a ocorrência de outros fenômenos irreversíveis além dos naturais (desgaste, obsolescência, ataque por agentes naturais, etc...). Assim, o espaço para crescer encolheu por efeito da irreversibilidade induzida pelo desejo de...crescer (paradoxo de Reis Velloso).

Parece, assim demonstrável a **lei dos rendimentos decrescentes**. Simplificações introduzidas neste exercício serão consideradas em trabalhos futuros.

“Si non é vero, ...”

Prospeção tecnológica na área energética para as condições brasileiras.

Na prospecção a ser elaborada para o desenvolvimento de tecnologia no Brasil, cujas séries históricas são relativamente curtas e cuja economia é relativamente fechada, parece não ser oportuna a tentativa de generalização. Entretanto, a avaliação de horizonte para as técnicas já implementadas pode ser realizada, com proveito, para técnicas singulares, como subsídio às discussões recorrentes sobre a competição entre fontes renováveis e fontes fósseis de energia. No caso do álcool combustível, a análise de evolução da eficiência dos motores de combustão interna, citada como exemplo de aplicação da metodologia, indica haver ainda espaço para ganhos que, conjugados com os ganhos potenciais na produtividade da lavoura de cana e no uso do bagaço na co-geração de eletricidade e de vapor de processo, pode alterar substancialmente as perspectivas para o Setor Sucro-Alcooleiro. Parecem ainda

interessantes, entre outros a serem identificados, os seguintes casos na área da tecnologia energética:

- produção e uso do carvão vegetal de florestas plantadas;
- geração de hidroeletricidade;
- irrigação de lavouras;
- usos da eletricidade nos grandes setores de atividades (agropecuário, industrial, residencial e serviços);
- emissão de carbono na conversão e no uso da energia de combustíveis fósseis;

Finalmente, um levantamento do estado da arte no desenvolvimento da célula de combustível permitiria agregar novas informações de utilidade para a orientação da política de investimentos em P&D na área energética.

Em todos os casos, o trabalho se inicia pela identificação do parâmetro a ser modelado, em geral a eficiência de conversão ou a produtividade do uso da energia. Segue-se um ensaio sobre a série histórica de dados para verificar-se a aplicabilidade da metodologia logística e, em caso positivo, a elaboração de previsão sobre a margem para desenvolvimento existente.

Referências bibliográficas.

- 1 - Prigogine, I e Stengers, I – “A Nova Aliança” – Ed. UnB (1984).
- 2 - Odum, H.T – “Environment, Power and Society” – John Wiley&Sons (1980).
- 3 - Rifkin, J – “ Entropy, A New World View”, Bantam Books (1980).
- 4 - Ayres, R. U – “Resources, Environment and Economics” – John Wiley (1978).
- 5 - Marchetti, C – “Society as a Learning System”- Techn. Forecasting and Social Change, vol. 18 (1980)
- 6 - Ferreira, O.C – “Eficiência do Motor de Combustão Interna”- Economia&Energia (<http://ecen.com>), no 7 (1998).

[1] No sistema químico, o equilíbrio térmico e mecânico é pressuposto; no sistema biológico, admite-se não haver competição entre espécies; no sistema de desenvolvimento de técnicas, supõe-se que o mercado, ou a preferência do consumidor, preserva certas técnicas e descarta outras.

[2] <http://ecen.com>

Graphic Edition/Edição Gráfica:

MAK
Edição Eletrônica

Revised/Revisado:

Thursday, 19 February 2004

2 9 6 9



BUSCA

CORREIO

DADOS ECONÔMICOS

DOWNLOAD

e&e ANTERIORES

e&e No 30

A CAMINHO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTADO

[Página Principal](#)
[Prospecção Tecnológica](#)
[A Caminho do
Desenvolvimento
Sustentado](#)

João Antonio Moreira Patusco
jpatusco@brnet.com.br

[Matriz Energética e de
Emissões](#)

[Setor Residencial](#)
[Setor Transportes](#)

[Dívida Pública e
Reservas do Brasil](#)

<http://ecen.com>

[Vínculos e&e](#)

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

Este artigo amplia as análises feitas em artigos anteriores, **Aço e Alumínio – Exportar é bom para quem?**, publicado no Diário do Nordeste de 15/07/2001; **A crise de energia elétrica – causas e soluções**, publicado no Correio Brasiliense de 10/08/2001 e outros 4, divulgados na Revista <http://ecen.com> (Energia e Economia) e na página do Ilumina.

Se os números estão certos e as análises decorrentes também, pode-se afirmar que **país desenvolvido é aquele que importa energia, aço, alumínio e ferroligas (produtos intensivos em capital e energia e pouco intensivos em empregos) e exporta produtos de maior valor agregado (intensivos em tecnologia e mão-de-obra)**.

É verdade que os países desenvolvidos impõem barreiras e criam subsídios para alguns de seus produtos, mas também é verdade que este imenso Brasil, com quase 170 milhões de habitantes, não dispõe de instrumentos e políticas eficazes que permitam à economia um desenvolvimento crescente e sustentado. As exportações brasileiras são de baixo valor agregado e estão, na maioria, concentradas nas grandes empresas. Estas mesmas grandes empresas estão adquirindo as melhores hidrelétricas nos leilões da ANEEL para manutenção da expansão. Estamos investindo maciçamente para a auto-suficiência de petróleo, setor muito pouco gerador de empregos. A maioria dos financiamentos do BNDES se concentra nas grandes empresas. Os MW autorizados e outorgados pela ANEEL, para expansão da geração, estão muito acima do necessário. Falta uma política para o fator de utilização da geração termelétrica (as térmicas operando na base reduzem a necessidade de capacidade instalada hidráulica. Se operarem na ponta, teremos de pagar o gás natural de qualquer forma).

O País gera pouca poupança interna e é altamente dependente de investimentos externos. Prioridade para os investimentos, canalizando-os para setores mais intensivos em empregos e menos intensivos em capital parece ser condição essencial para um desenvolvimento econômico e social sustentado. Não é o que estamos presenciando.

Segundo o Balanço Anual da Gazeta Mercantil de 2001, que pesquisou cerca de 9700 empresas, as diferenças de empregados por milhão de Reais de Ativos de alguns setores econômicos são significativas. **Há setores que geram 30 vezes mais empregos do que outros**. Por exemplo, os setores de aço, alumínio, petróleo e energia elétrica geram cerca de 1 emprego por milhão de Reais de Ativos, enquanto que o setor de couros e calçados gera acima de 30 empregos por milhão de Reais de Ativos.

EMPREGADOS/ATIVOS DE SETORES ECONÔMICOS

SETORES	EMPREGO por milhão R\$ DE ATIVO
AÇO	1,3
ALUMÍNIO	2,0
EXTRAÇÃO E REFINO DE PETRÓLEO	0,7
GERAÇÃO E DIST. ELETRICIDADE	1,0
COUROS E CALÇADOS	30,1
VEÍCULOS E AUTOPEÇAS	25,1
TURISMO	24,0
AGROPECUÁRIA	22,9
SAÚDE	18,7
ELETRÔNICOS	16,3
INFORMÁTICA	16,1
CANA, AÇÚCAR E ÁLCOOL	14,6

Fonte: Balanço Anual – Gazeta Mercantil

Com base em dados da Agência Internacional de Energia – AIE, **69% do Produto Interno Bruto-PIB mundial correspondem a países com 45% de dependência de energia e PIB per capita de US\$23500.**

ALGUNS PAÍSES	PIB per capita US\$	DEPENDÊNCIA DE ENERGIA(*) %
ITÁLIA	21000	-84
JAPÃO	26100	-79
ALEMANHA	23000	-62
FRANÇA	22900	-52
ESTADOS UNIDOS	26200	-25
OECD	18800	-28

(*) em relação à oferta interna de energia

Por outro lado, **72% da energia exportada correspondem a países com PIB per capita médio de apenas US\$1800**, e cujo montante representa 8% do PIB mundial. Os poucos países desenvolvidos que são exportadores de energia têm baixa densidade demográfica e representam apenas 2% da população mundial.

ALGUNS PAÍSES	PIB per capita US\$	SUPERÁVIT DE ENERGIA (*) %
NIGÉRIA	293	113
INDONÉSIA	802	72
ECUADOR	1102	145
RÚSSIA	2276	59
VENEZUELA	2601	307
MÉXICO	3495	54
ARÁBIA SAUDITA	6078	388

(*) em relação à oferta interna de energia

Da mesma forma, dados do Instituto Brasileiro de Siderurgia e da Associação Brasileira de Alumínio, mostram que os **países desenvolvidos são importadores de aço e alumínio** e os exportadores são países em desenvolvimento.

ALGUNS PAÍSES	DEPENDÊNCIA DE AÇO(*) %	DEPENDÊNCIA DE ALUMÍNIO(*) %
FRANÇA	-36	-65
ITÁLIA	-19	-86
ESTADOS UNIDOS	-14	-59
ALEMANHA	8	-73
INGLATERRA	-54	-50
JAPÃO	0	-99

(*) em relação à demanda interna

Os maiores exportadores de aço e alumínio são países em processo de desenvolvimento

ALGUNS PAÍSES	SUPERÁVIT DE AÇO (*) %	SUPERÁVIT DE ALUMÍNIO (*) %
RÚSSIA	490	480
ÁFRICA DO SUL	153	258
BRASIL	86	84

(*) em relação à demanda interna

Nos artigos anteriores foi mostrado que o País aumentou significativamente a intensidade energética, em parte, pelo grande aumento da expansão da metalurgia (aço, alumínio e ferroligas) voltada para a exportação. Foi mostrado, também, que estas exportações pouco contribuíram para a formação do PIB brasileiro. Foi mostrado, ainda, que nas três últimas décadas, sempre que o País teve superávit comercial foi muito mais pela redução das importações do que pelo aumento das exportações. Ou seja, ainda não encontramos uma maneira de **crescer com superávit comercial**. No período em que tivemos o maior superávit comercial, 1980 a 1993, o PIB cresceu apenas 1,6% ao ano.

Pelos dados até agora apresentados, e tomando alguns dados de outros artigos, pode-se construir o quadro a seguir, onde podemos observar que, com os ativos equivalentes às exportações de aço, alumínio e ferroligas, mais os ativos equivalentes à energia agregada, o País poderia colocar no mercado mais de 1 milhão de empregados na indústria de couros e calçados. Ponderando-se esta equivalência de ativos por uma cesta de setores, ainda assim, agregaríamos ao mercado mais de 600 mil empregados. O setor de couros e calçados, com ativos da ordem de 3,4 bilhões de R\$, exporta cerca de 2,3 bilhões de US\$ e emprega 102000 pessoas. Os ativos de aço e alumínio são 20 vezes maiores, geram o mesmo número de empregos e exportações de 3,7 bilhões de US\$.

EMPREGOS EQUIVALENTES ÀS EXPORTAÇÕES

SETORES	EMPREGO por milhão R\$ DE ATIVO	EMPREGO EQUIVALENTE A EXPORT. AÇO E ALUMÍNIO mil	EMPREGO EQUIVALENTE À ELETRICIDADE AGREGADA mil
AÇO	1,3		
ALUMÍNIO	2,0		
EXTRAÇÃO E REFINO DE PETRÓLEO GERAÇÃO E DIST. ELETRICIDADE	0,7 1,0		
COUROS E CALÇADOS	30,1	837	322
VEÍCULOS E AUTOPEÇAS	25,1	691	268
TURISMO	24,0	660	257
AGROPECUÁRIA	22,9	626	244
SAÚDE	18,7	505	200
ELETRÔNICOS	16,3	434	174
INFORMÁTICA	16,1	427	172
CANA, AÇÚCAR E ALCOOL	14,6	384	156

Nota: os 20 TWh agregados aos produtos exportados, se consumidos em outros setores poderiam acrescentar cerca de R\$ 350 milhões por ano ao faturamento das Concessionárias

A Petrobrás, com ativos de 68 bilhões de R\$, gera apenas 46 mil empregos (nos últimos anos, apesar de elevados investimentos, o contingente de empregados tem diminuído). Com os investimentos de um ano da Petrobrás poder-se-ia duplicar a indústria de couros e calçados e agregar ao mercado mais 100 mil trabalhadores, além da possibilidade de aumento das exportações. Os investimentos de 32 bilhões de R\$, previstos pela Petrobrás para os próximos 5 anos, dariam para dobrar as instalações do setor de veículos e autopeças, que hoje emprega cerca de 650 mil pessoas e exporta 8,5 bilhões de US\$.

O aprofundamento de debates sobre as questões a seguir apresentadas talvez seja o caminho para o desenvolvimento sustentado deste País, que é maravilhoso, tem terra, sol, água, riquezas minerais e um povo trabalhador que apenas quer uma oportunidade para mostrar o seu valor.

A CAMINHO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTADO

1. ESTABELECIMENTO DE POLÍTICAS PARA REDUÇÃO GRADATIVA DAS EXPORTAÇÕES DE AÇO E ALUMÍNIO
2. ESTABELECIMENTO DE POLÍTICAS PARA PRIORIZAÇÃO DOS INVESTIMENTOS DO BNDES
3. REDIRECIONAR PARTE DOS INVESTIMENTOS DA PETROBRÁS PARA SETORES MAIORES GERADORES DE EMPREGOS, EM DETRIMENTO DA AUTO-SUFICIÊNCIA DE PETRÓLEO
4. FINANCIAR A EXPANSÃO DE SETORES INTENSIVOS EM MÃO-DE-OBRA E COM POTENCIAL DE EXPORTAÇÃO
5. FOMENTAR SETORES INTENSIVOS EM MÃO-DE-OBRA E COM POTENCIAL DE SUBSTITUIÇÃO DE IMPORTAÇÕES
6. ESTABELECER POLÍTICAS DE IMPORTAÇÃO DE ENERGIA EM NÍVEIS ECONÔMICOS SUPORTÁVEIS
7. DOTAR O SETOR ENERGÉTICO DA INFRAESTRUTURA NECESSÁRIA PARA O PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO
8. INSTITUIR O PLANO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO NACIONAL, DE MÉDIO E LONGO PRAZOS

Autor: João Antonio Moreira Patusco

E-mail: jpatusco@brnet.com.br

tel: (61) 248 5402

Graphic Edition/Edição Gráfica:

MAK
Editoração Eletrônica

Revised/Revisado:
Thursday, 19 February 2004

2 8 2 4



BUSCA

CORREIO

DADOS ECONÔMICOS

DOWNLOAD

e&e ANTERIORES

e&e No 30

A CAMINHO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTADO -

Página Principal
Prospecção Tecnológica
A Caminho do
Desenvolvimento
Sustentado

Matriz Energética e de
Emissões

Setor Residencial
Setor Transportes

Dívida Pública e Reservas
do Brasil

<http://ecen.com>

Vínculos e&e

Mais sobre Matriz
Energética e de Emissões
<http://ecen.com/matriz>

- **Apresentação em "Power Point"**
- **Figuras Correspondentes à Apresentação**
- **"Download" Apresentação**

João Antonio Moreira Patusco
patusco@ecen.com

Graphic Edition/Edição Gráfica:

MAK
Editoração Eletrônica

Revised/Revisado:
Thursday, 19 February 2004

5 1 5



BUSCA

CORREIO

DADOS ECONÔMICOS

DOWNLOAD

e&e ANTERIORES

e&e No 30

A CAMINHO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTADO - Quadros da Apresentação

Página Principal

Prospecção Tecnológica

A Caminho do

Desenvolvimento

Sustentado

João Antonio Moreira Patusco

patusco@ecen.com

Para Apresentação em "Power Point"

**Matriz Energética e de
Emissões**

Setor Residencial

Setor Transportes

**Dívida Pública e
Reservas do Brasil**

<http://ecen.com>

Vínculos e&e

**Mais sobre Matriz
Energética e de
Emissões**

<http://ecen.com/matriz>

EMPREGADOS/ATIVOS DE SETORES ECONÔMICOS

SETORES	EMPREGO por milhão R\$ DE ATIVO
AÇO	1,3
ALUMÍNIO	2,0
EXTRAÇÃO E REFINO DE PETRÓLEO	0,7
GERAÇÃO E DIST. ELETRICIDADE	1,0
COUROS E CALÇADOS	30,1
VEÍCULOS E AUTOPEÇAS	25,1
TURISMO	24,0
AGROPECUARIA	22,9
SAÚDE	18,7
ELETRÔNICOS	16,3
INFORMÁTICA	16,1
CANA, AÇÚCAR E ALCOOL	14,6
Fonte: Balanço Anual - Gazeta Mercantil	

Sessenta e nove por cento (69%) do Produto Interno Bruto-PIB mundial corresponde a países com 45% de dependência de energia e PIB per capita médio de US\$23500.

AL GUNS PAISES	PIB per capita US\$	DEPENDÊNCIA DE ENERGIA (*) %
ITÁLIA	21000	-84
JAPÃO	26100	-79
ALEMANHA	23000	-62
FRANÇA	22900	-52
ESTADOS UNIDOS	26200	-25
OECD	18800	-28

(*) em relação à oferta interna de energia

Setenta e dois % (72%) da energia exportada corresponde a países com PIB per capita médio de US\$ 1800, e cujo montante do PIB representa apenas 8% do PIB mundial.

ALGUNS PAÍSES	PIB per capita US\$	SUPERÁVIT DE ENERGIA (*) %
NIGÉRIA	293	113
INDONÉSIA	802	72
ECUADOR	1102	145
RÚSSIA	2276	59
VENEZUELA	2601	307
MÉXICO	3495	54
ARÁBIA SAUDITA	6078	388

(*) em relação à oferta interna de energia

Regra geral, os países desenvolvidos são importadores de aço e alumínio

ALGUNS PAISES	DEPENDÊNCIA DE AÇO(*) %	DEPENDÊNCIA DE ALUMÍNIO(*) %
FRANÇA	-36	-65
ITÁLIA	-19	-86
ESTADOS UNIDOS	-14	-59
ALEMANHA	8	-73
INGLATERRA	-54	-50
JAPÃO	0	-99

(*) em relação à demanda interna

Os maiores exportadores de aço e alumínio são países em processo de desenvolvimento

ALGUNS PAÍSES	SUPERÁVIT DE AÇO (*) %	SUPERÁVIT DE ALUMÍNIO (*) %
RÚSSIA	490	480
ÁFRICA DO SUL	153	258
BRASIL	86	84

(*) em relação à demanda interna

PLANO DECENAL DA EXPANSÃO DO SETOR ELÉTRICO

PERÍODO 1980 A 1999

	PREVISÃO	REALIZADO
PRODUTO INTERNO BRUTO - % ao ano	> 4 %	2%
DEMANDA DE ELETRICIDADE - % ao ano	5%	5%
ELASTICIDADE DA DEMANDA	1,2	2,5
CARTEIRA DE PROJETOS/ANO - MW - UTE e UHE	> 3000	1760
90/80 - UHE NECESSÁRIO/ANO - MW	1700	1780
99/90 - UHE NECESSÁRIO/ANO - MW	2000	1460

PLANO DECENAL DA EXPANSÃO DO SETOR ELÉTRICO

PERÍODO 1980 A 1999

	PREVISÃO	REALIZADO
PRODUTO INTERNO BRUTO - % ao ano	> 4 %	2%
DEMANDA DE ELETRICIDADE - % ao ano	5%	5%
ELASTICIDADE DA DEMANDA	1,2	2,5
CARTEIRA DE PROJETOS/ANO - MW - UTE e UHE	> 3000	1760
90/80 - UHE NECESSÁRIO/ANO - MW	1700	1780
99/90 - UHE NECESSÁRIO/ANO - MW	2000	1460

Exportação Indireta de Energia Elétrica - 1999

		% do PIB
AÇO + ALUMÍNIO + FERROLIGAS	20 TWh	0,5
CONSUMO INTERNO EQUIVALENTE		
Alimentos + Bebidas + Têxtil	90 %	4,5
Eletrônica + Construção civil + Material de Transporte + Calçados + Borracha + Móveis + Fumo + Vidros	70 %	8,0

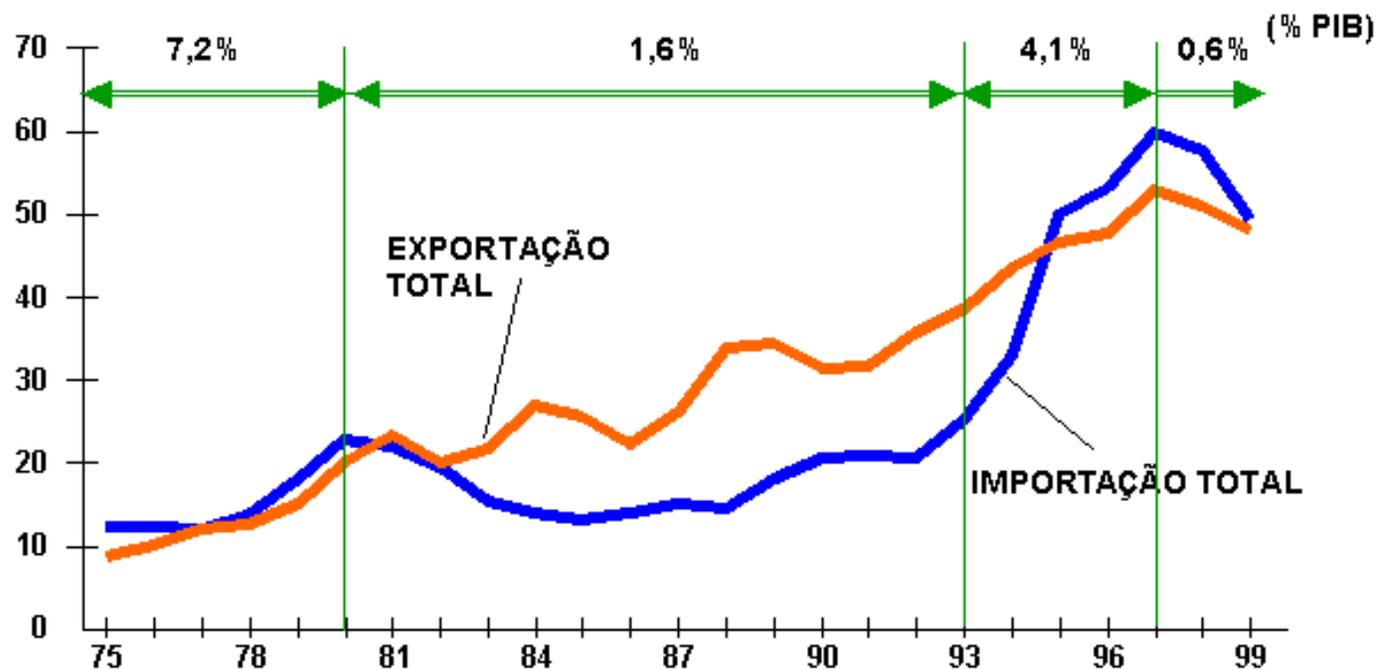
EMPREGOS EQUIVALENTES ÀS EXPORTAÇÕES

SETORES	EMPREGO por milhão R\$ DE ATIVO	EMPREGO EQUIVALENTE A EXPORT. AÇO E ALUMÍNIO mil	EMPREGO EQUIVALENTE A ELETRICIDADE AGREGADA mil
AÇO	1,3		
ALUMÍNIO	2,0		
EXTRAÇÃO E REFINO DE PETRÓLEO	0,7		
GERAÇÃO E DIST. ELETRICIDADE	1,0		
COURO E CALÇADOS	30,1	837	322
VEÍCULOS E AUTOPEÇAS	25,1	691	268
TURISMO	24,0	660	257
AGROPECUARIA	22,9	626	244
SAÚDE	18,7	505	200
ELETRÔNICOS	16,3	434	174
INFORMÁTICA	16,1	427	172
CANA, AÇÚCAR E ALCOOL	14,6	384	156

Nota: os 20 TWh agregados aos produtos exportados, se consumidos em outros setores poderiam acrescentar cerca de R\$ 350 milhões ao faturamento das Concessionárias

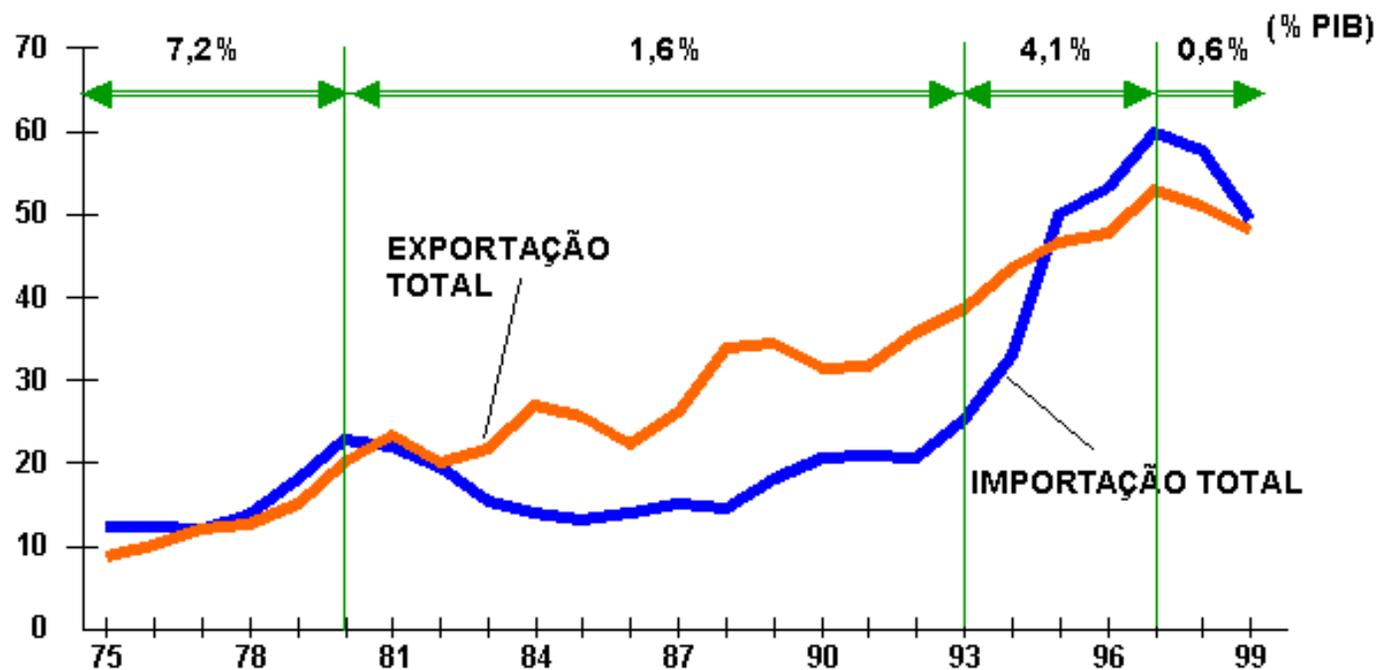
Comércio Externo

10⁹ US\$(FOB)



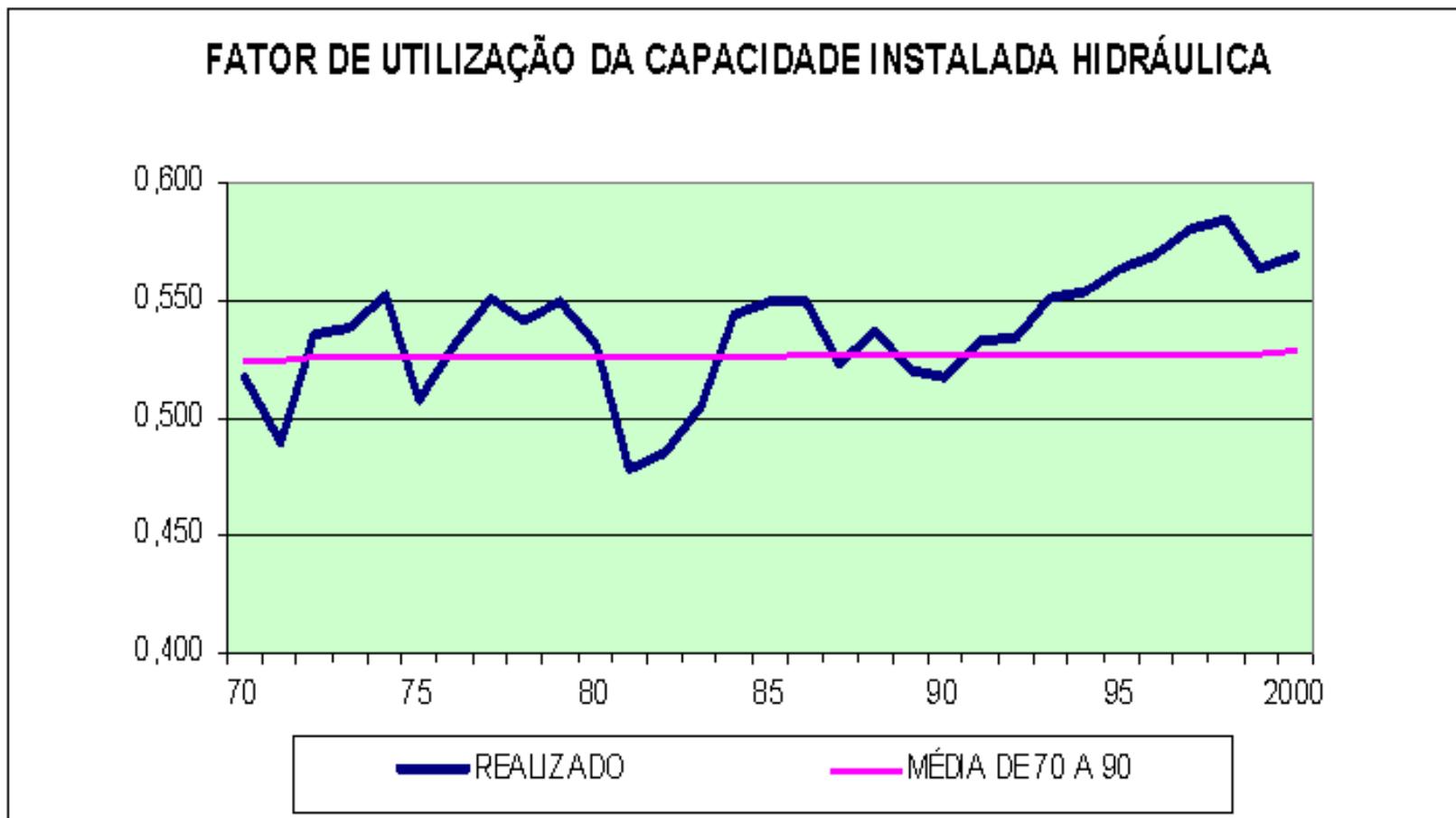
Comércio Externo

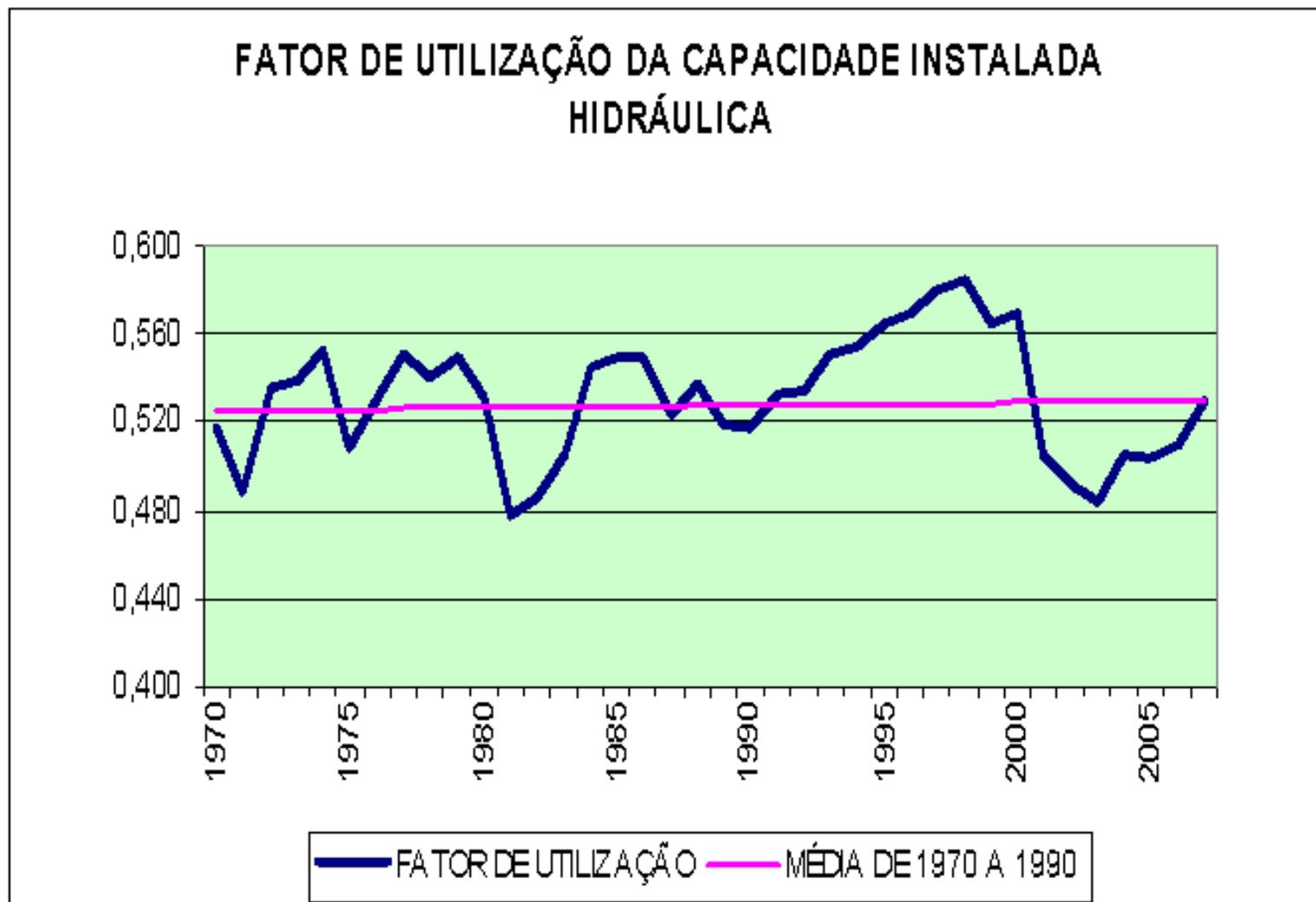
10⁹ US\$(FOB)



TRANSPORTE DE CARGA E ENERGIA

MÓDULOS	PARTICIPAÇÃO % SOBRE t km transportados	t km por litro DIESEL
RODOVIÁRIO	61,8	20
FERROVIÁRIO	19,5	= ou > 150
AQUAVIÁRIO	13,8	= ou > 150
AEROVIÁRIO	0,3	
DUTOVIÁRIO	4,6	





EM 2007 O PAÍS PODE VOLTAR A TER REGULARIZAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS

PREMISSAS:

1. TAXA DE 3,8 % A O ANO, PARA O CONSUMO DE ELETRICIDADE, EXCLUIDOS OS AUTOPRODUTORES
2. A CRÉSCIMO DE CERCA DE 26000 MW (13500 HIDRO E 12500 TERMO)
3. NUCLEARES COM FATOR DE UTILIZAÇÃO MÉDIO DE 75%
4. TÉRMICAS NOVAS COM FATOR DE UTILIZAÇÃO MÉDIO DE 56%
5. TÉRMICAS A ÓLEO E CARVÃO COM FATOR DE UTILIZAÇÃO MÉDIO DE 30%
6. IMPORTAÇÕES DE ELETRICIDADE DOS PAÍSES VIZINHOS EM 2007 = 47000 GWh
7. MANUTENÇÃO DOS NÍVEIS DE PERDAS DE 2000

Nota: as autorizações e concessões da ANEEL e as perspectivas de energia eólica somam cerca de 40000 MW.

NA CONTRAMÃO DO DESENVOLVIMENTO

1. GRANDE AQUISIÇÃO DE CONCESSÕES DE HIDRELÉTRICAS POR SETORES ENERGOINTENSIVOS
2. AQUISIÇÃO NO EXTERIOR DE SIDERÚRGICAS E DE BENEFICIAMENTO DE AÇO
3. APORTE DE RECURSOS DO BNDES PARA SETORES ENERGOINTENSIVOS
4. INVESTIMENTOS MACIÇOS DA PETROBRÁS NA EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO
5. AUTORIZAÇÕES E CONCESSÕES DE GERAÇÃO MUITO ACIMA DAS NECESSIDADES
6. INEXISTÊNCIA DE UMA POLÍTICA DE IMPORTAÇÃO DE ENERGIA

A CAMINHO DO DESENVOLVIMENTO

1. ESTABELECIMENTO DE POLÍTICAS PARA REDUÇÃO GRADATIVA DAS EXPORTAÇÕES DE AÇO E ALUMÍNIO
2. ESTABELECIMENTO DE POLÍTICAS PARA PRIORIZAÇÃO DOS INVESTIMENTOS DO BNDES
3. REDIRECIONAR PARTE DOS INVESTIMENTOS DA PETROBRÁS PARA SETORES MAIORES GERADORES DE EMPREGOS, EM DETRIMENTO DA AUTO-SUFICIÊNCIA DE PETRÓLEO
4. FINANCIAR A EXPANSÃO DE SETORES INTENSIVOS EM MÃO-DE-OBRA E COM POTENCIAL DE EXPORTAÇÃO
5. FOMENTAR SETORES INTENSIVOS EM MÃO-DE-OBRA E COM POTENCIAL DE SUBSTITUIÇÃO DE IMPORTAÇÕES
6. ESTABELECER POLÍTICAS DE IMPORTAÇÃO DE ENERGIA EM NÍVEIS ECONÔMICOS SUPORTÁVEIS
7. DOTAR O SETOR ENERGÉTICO DA INFRAESTRUTURA NECESSÁRIA PARA O PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO
8. INSTITUIR O PLANO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO NACIONAL, DE MÉDIO E LONGO PRAZOS

Autor: João Antonio Moreira Patusco

E-mail: jpatusco@brnet.com.br

tel: (61) 248 5402

Graphic Edition/Edição Gráfica:

MAK
Editoração Eletrônica

Revised/Revisado:

Thursday, 19 February 2004

1 3 9

8. Setor Residencial

[Página Principal](#)

[Prospecção Tecnológica](#)

[A Caminho do](#)

[Desenvolvimento](#)

[Sustentado](#)

[Matriz Energética e de Emissões](#)

[Setor Residencial](#)

[Setor Transportes](#)

[Dívida Pública e](#)

[Reservas do Brasil](#)

<http://ecen.com>

[Vínculos e&e](#)

[Mais sobre Matriz](#)

[Energética e de](#)

[Emissões](#)

<http://ecen.com/matriz>

O Setor Residencial não tem produto próprio ou, ao menos, não é computado nas Contas Nacionais. Do ponto de vista energético é um setor de importância média. Do ponto de vista social o consumo de energia residencial é da maior relevância já que energia é condição indispensável para se desfrutar das comodidades as mais essenciais da vida moderna. Alternativamente pode-se tentar utilizar uma metodologia análoga à dos outros setores e trabalhar com o produto global como indicador da atividade econômica.

a) PIB per capita e Consumo de Energia no Setor Residencial

A Figura 56 mostra que a o consumo de energia por habitante é sensível a variações do PIB per capita. No entanto, países com nível de vida (em paridade de poder de compra) relativamente constante, grupo de países desenvolvidos com PIB/hab próximo de 20 mil dólares anuais por habitante, apresentam grande discrepância em consumo per capita expresso em energia equivalente. Países excepcionalmente frios apresentam, de modo geral um consumo mais intenso. Os países socialistas (ou ex-socialistas) também se destacam em consumo relativo ao nível de renda o que é coerente com a maior preocupação social mas pode também refletir a pouca coerência de preços relativos em sociedades de preços administrados. O Brasil apresenta índices bastante inferiores de consumo, mesmo considerando seu grupo de renda.

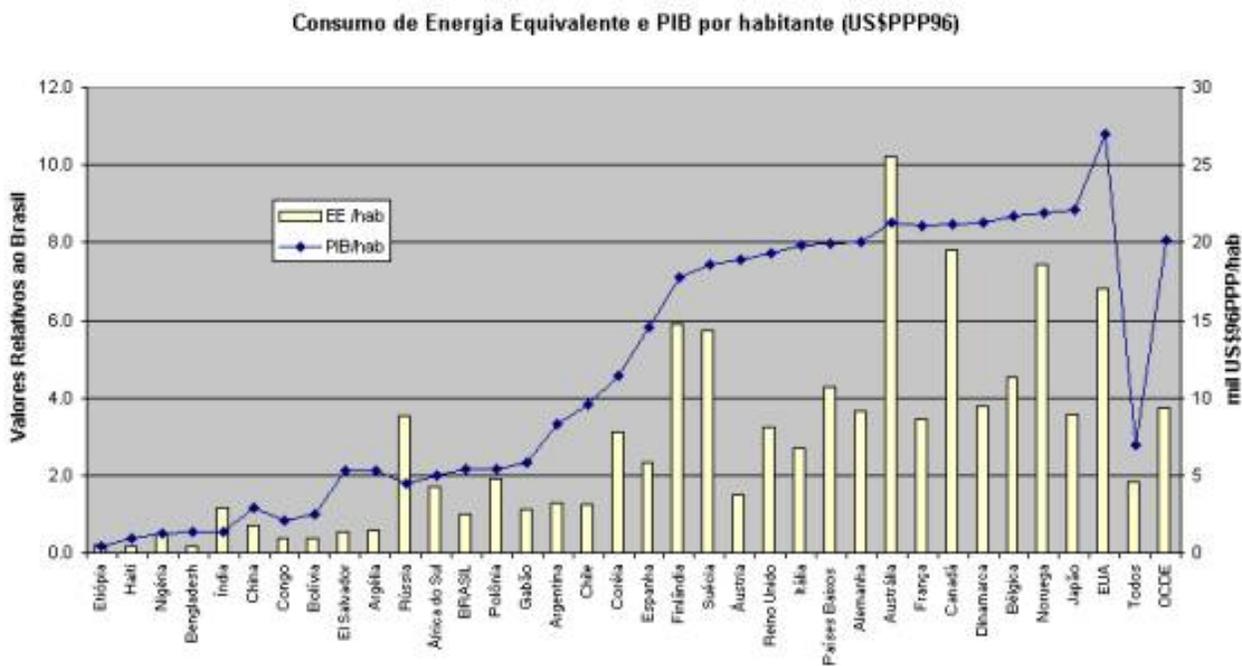


Figura 56: Consumo de Energia Equivalente por habitante no Setor Residencial

A evolução do consumo de energia por habitante para o Brasil seguiu, de 1970 a 1999, a

trajetória mostrada na Figura 57.

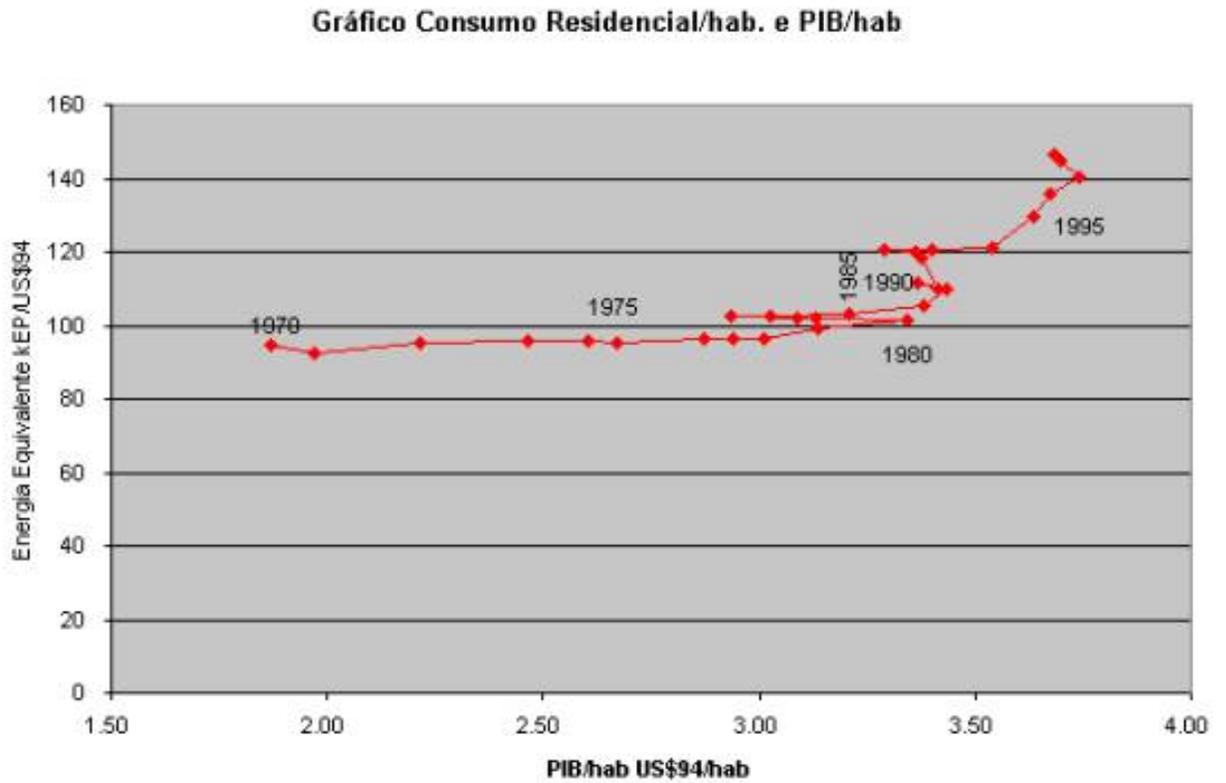


Figura 57: Evolução do consumo residencial per capita em função do PIB/hab para o Brasil.

Setor Doméstico Energia Equivalente/habitante e PIB/habitante

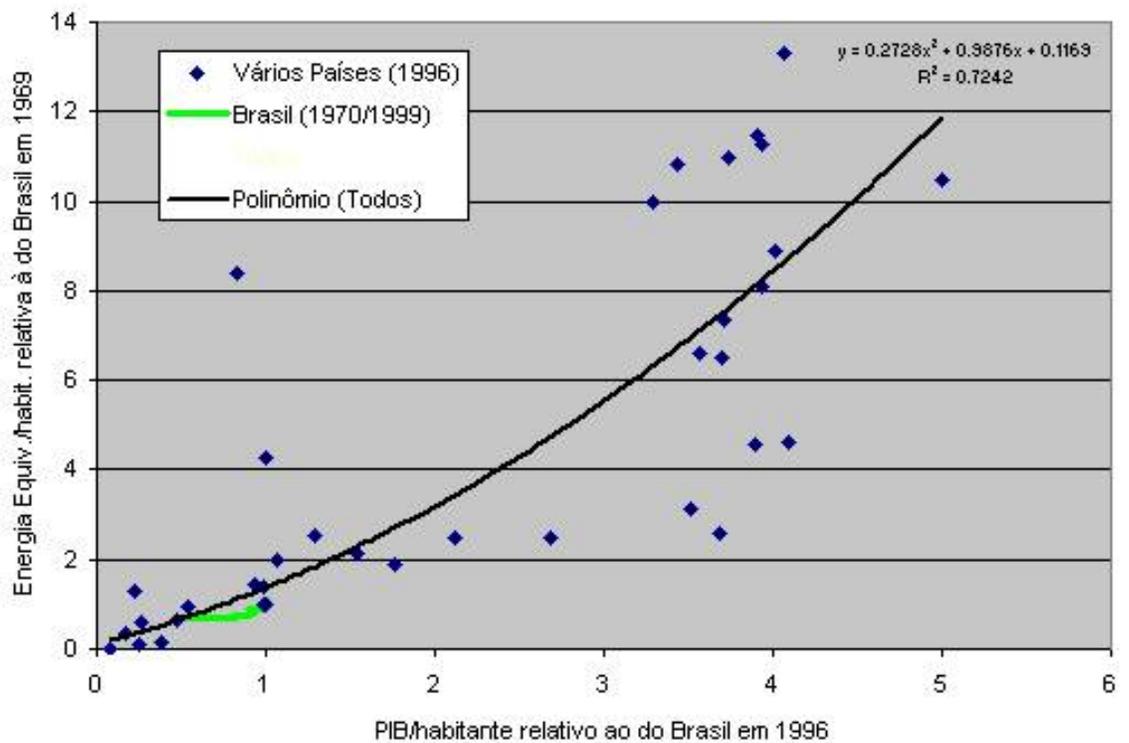


Figura 58: Energia Equivalente/PIB em função do PIB(PPP)/hab para vários países e histórico para o Brasil.

O gráfico da Figura 58 (dados relativos ao do Brasil 1996) é uma composição dos dados das duas figuras anteriores mostrando os valores Energia/PIB para diversos países e o histórico para o Brasil. Um polinômio de segundo grau foi ajustado aos dados com a finalidade de orientar a projeção

b) Projeção da Energia Equivalente no Setor Doméstico

Na Figura 59 mostramos a evolução esperada para os próximos anos dos valores do consumo de energia equivalente por habitante em função do crescimento esperado do PIB/habitante no cenário de referência. Na extrapolação tomamos uma trajetória “paralela” ao polinômio ajustado aos dados dos diversos países e ao histórico do Brasil.

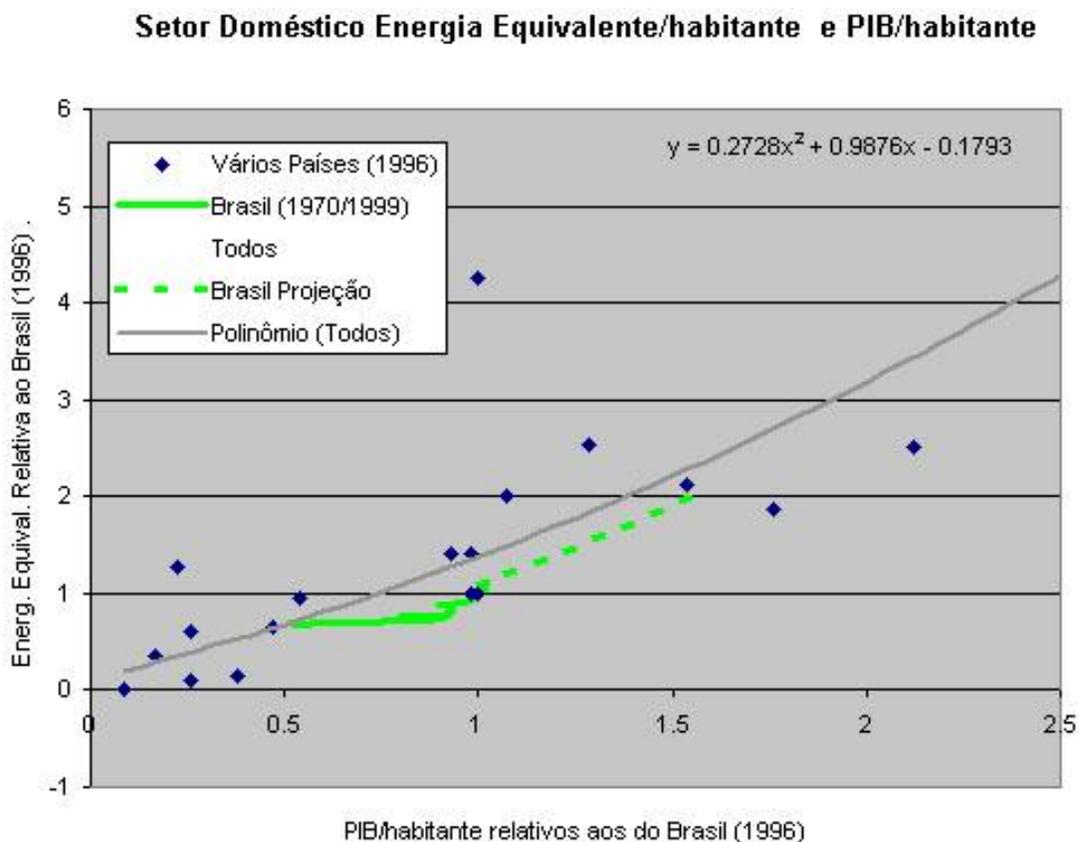


Figura 59: Evolução da energia equivalente/habitante em função do PIB por habitante para o Setor Residencial

A partir da trajetória do PIB/habitante do cenário econômico considerado e da própria evolução projetada pelo IBGE para a população pode-se usando a extrapolação indicada na Figura 59 pode-se chegar à evolução do consumo de energia equivalente no Setor Residencial. A evolução do consumo residencial é mostrada, juntamente com a evolução do PIB do Brasil na Figura 60.

Produto e Uso de Energia Equivalente no Setor Residencial

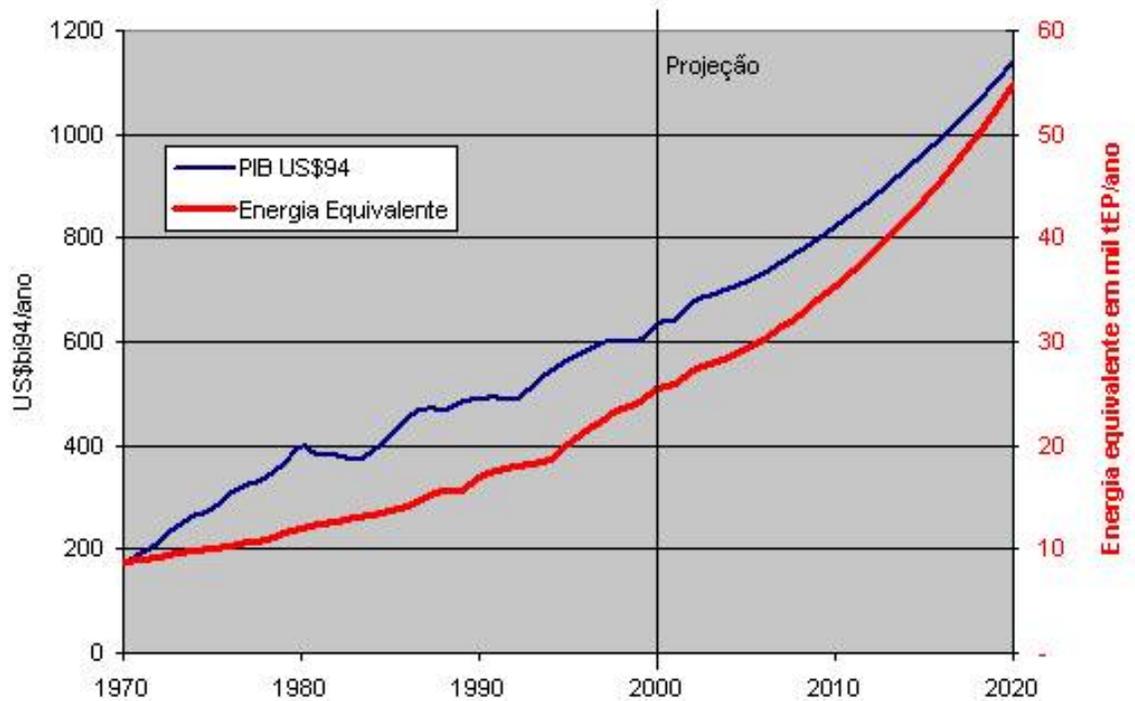


Figura 60: Energia Equivalente para o Setor Residencial e PIB para o Brasil (valores históricos e projetados).

c) Participação dos Energéticos no Setor Residencial, em Energia Equivalente

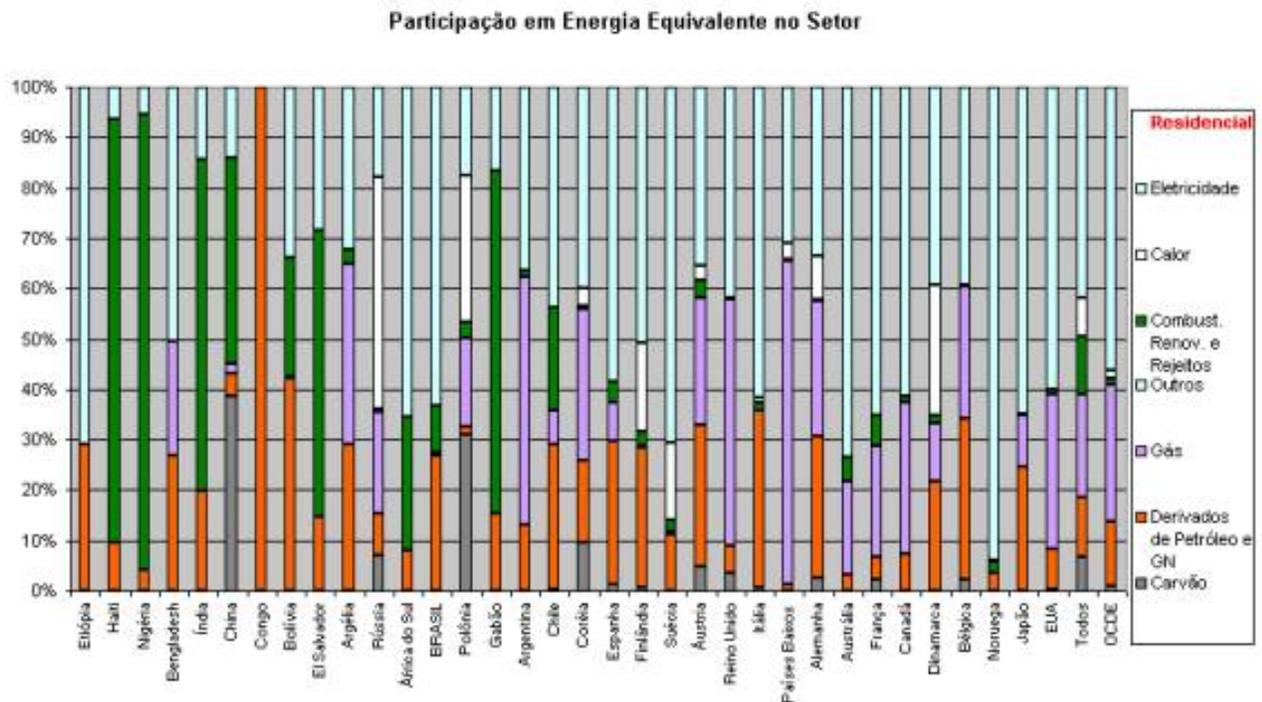


Figura 61: Distribuição da Energia no Setor Residencial nos diversos países para o ano 1996.

Na Figura 61 podemos observar a distribuição de energia no Setor Residencial no ano de 1996 para países de diferentes PIB/habitante (também indicados). A importância da participação da biomassa decresce com o desenvolvimento e aumenta a de eletricidade. O Brasil já apresenta uma participação da eletricidade superior a média dos países da OCDE. Deve-se lembrar, no entanto, que o aquecimento doméstico é pouco importante no Brasil por fatores climáticos. No Brasil a eletricidade é muito utilizada para aquecimento de água para banho. Existe ainda um grande potencial de expansão de condicionadores de ar que, na atualidade (e provavelmente no futuro) é predominantemente elétrico.

Na Figura 62 mostramos a evolução da participação das diferentes formas (agrupadas) de energia no Setor Residencial que mostra um declínio da participação da biomassa que foi extrapolado para o futuro. A participação de GLP + gás natural foi suposta praticamente constante supondo-se um pequeno aumento na participação de eletricidade.



Figura 62: Participação de formas de energia (agrupadas) em energia equivalente histórica e projetada.

d) Participação dos Energéticos em Energia Final

A participação em energia final pode ser obtida a partir de coeficientes de transformação adequados para o setor. Na Figura 63 e na Tabela 34 estão indicados os valores projetados para a energia final residencial.

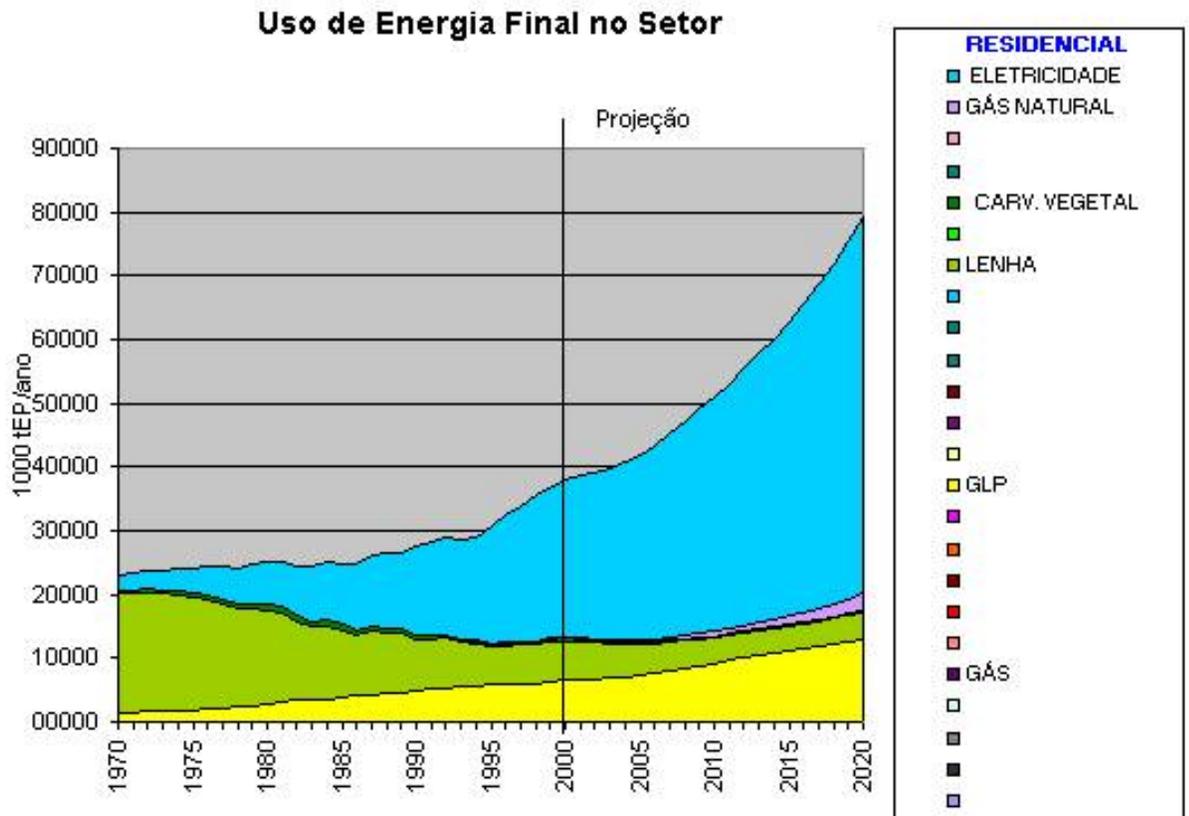


Figura 53: Consumo de Energia Final no Setor Residencial, indicando-se os valores históricos e projetados

Tabela 26: Valores Projetados da Energia Final para o Setor Residencial (10⁶ tEP)

	2000	2005	2010	2015	2020
GAS NATURAL	104	309	743	1322	2629
LENHA	6246	4800	3876	3777	4138
TOTAL PRIMAR	6350	5109	4619	5099	6766
GLP	6409	7201	9135	11178	13001
GÁS	68	100	101	80	57
ELETRICIDADE	24670	28970	36816	46046	59147
CARV. VEGETAL	366	353	289	257	243
TOTAL SECUNDÁRIA	31514	36623	46341	57562	72448

Total Biomassa	6246	4800	3876	3777	4138
TOTAL	37863	41733	50960	62661	79215

e) Emissões Correspondentes ao Consumo em Energia Final

A partir do consumo em energia final e de coeficientes de emissão para o Setor, pode-se deduzir as emissões finais. Como nos demais setores os valores usados foram os fornecidos pela equipe que está elaborando o Inventário Nacional de Emissões (valores fornecidos por Branca Americano à equipe da e&e). Os fatores usados na extrapolação, mostrados na Tabela 27, correspondem aos fornecidos para o ano de 1999.

Cabe observar que somente estão mostrados os coeficientes de emissão para energéticos que foram projetados para uso no Setor no período 2000 a 2020.

Tabela 27: Coeficientes de Emissões no Setor Comercial e Outros CO₂ Gg/10³tEP demais t/10³tEP

	CO2	CO	CH4	NOX	N2O	NMVOCS
GÁS NATURAL	2.272	0.570	0.122	1.831	0.004	0.203
LENHA	4.097	429.566	9.021	5.155	0.172	25.774
ÓLEO COMBUST.	3.290	0.793	0.059	8.131	0.014	0.215
GLP	4.097	429.566	9.021	5.155	0.172	25.774
GÁS	2.272	0.673	0.174	1.780	0.004	0.203
ELETRICIDADE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CARV. VEGETAL	4.458	300.696	8.591	4.296	0.043	4.296

Fonte: MCT: Comunicação de Branca Americano à [e&e](#)

A aplicação desses coeficientes aos dados de energia final fornece os valores de emissão indicados nos gráficos para cada gás, considerado como contribuindo para a formação do efeito estufa.. Os resultados para CO₂, CO, CH₄, NOX, N₂O e NMVOCs são mostrados nas Figuras 54 a 59 e nas Tabelas 28 a 33.

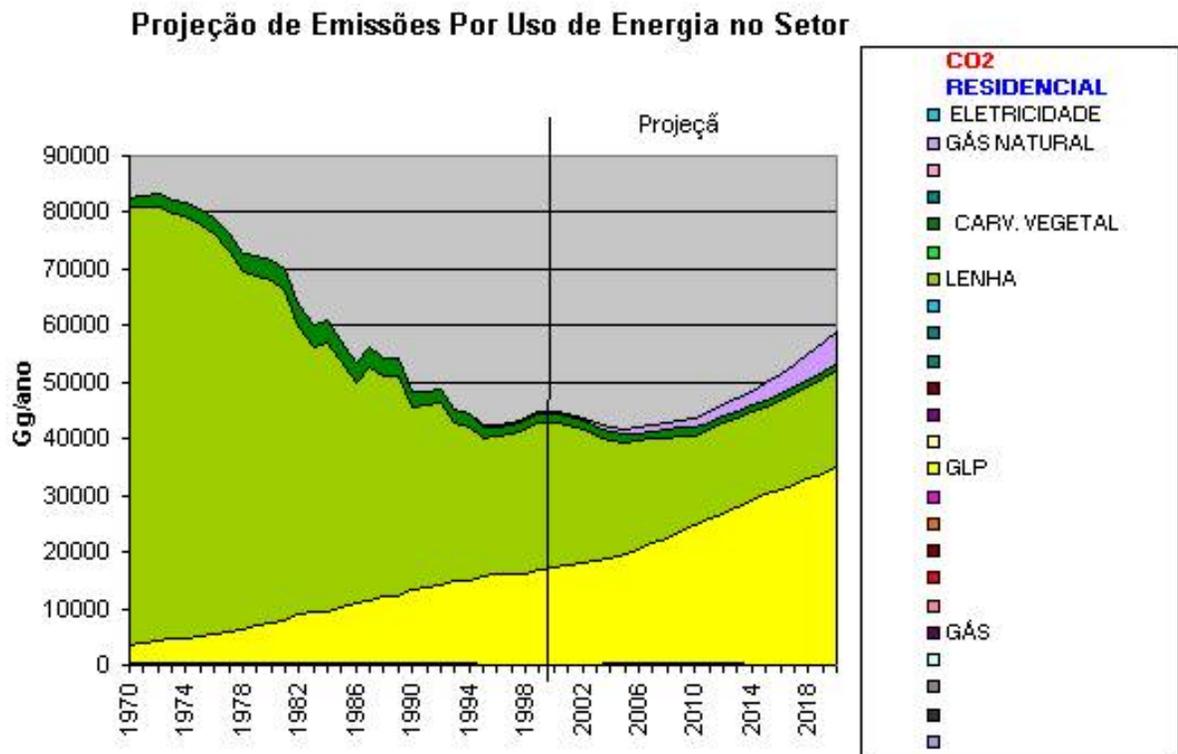


Figura 54: Emissões históricas e projetadas provenientes do uso de energia final por energético no setor residencial. No caso das emissões de CO₂ (e CO) os correspondentes ao uso da biomassa renovável não alteram o inventário no longo prazo e não contribuem para o efeito estufa. Esses valores são indicados de forma “vazada” na figura.

Tabela 28: Emissões de CO₂ em Gg/ano

	2000	2005	2010	2015	2020
GÁS NATURAL	236	701	1688	3003	5971
LENHA	25590	19669	15881	15474	16953 *
TOTAL PRIMAR	25826	20370	17570	18477	22925
GLP	17190	19314	24501	29980	34870
GÁS	155	227	228	183	129
ELETRICIDADE	0	0	0	0	0
CARV. VEGETAL	1631	1572	1290	1147	1084 *

TOTAL SECUNDÁRIA	18977	21113	26019	31309	36083
Total Sem Biomassa	19213	21814	27707	34312	42054
TOTAL	44803	41483	43588	49786	59008

(*) Emissões não contabilizáveis por provirem de biomassa renovável

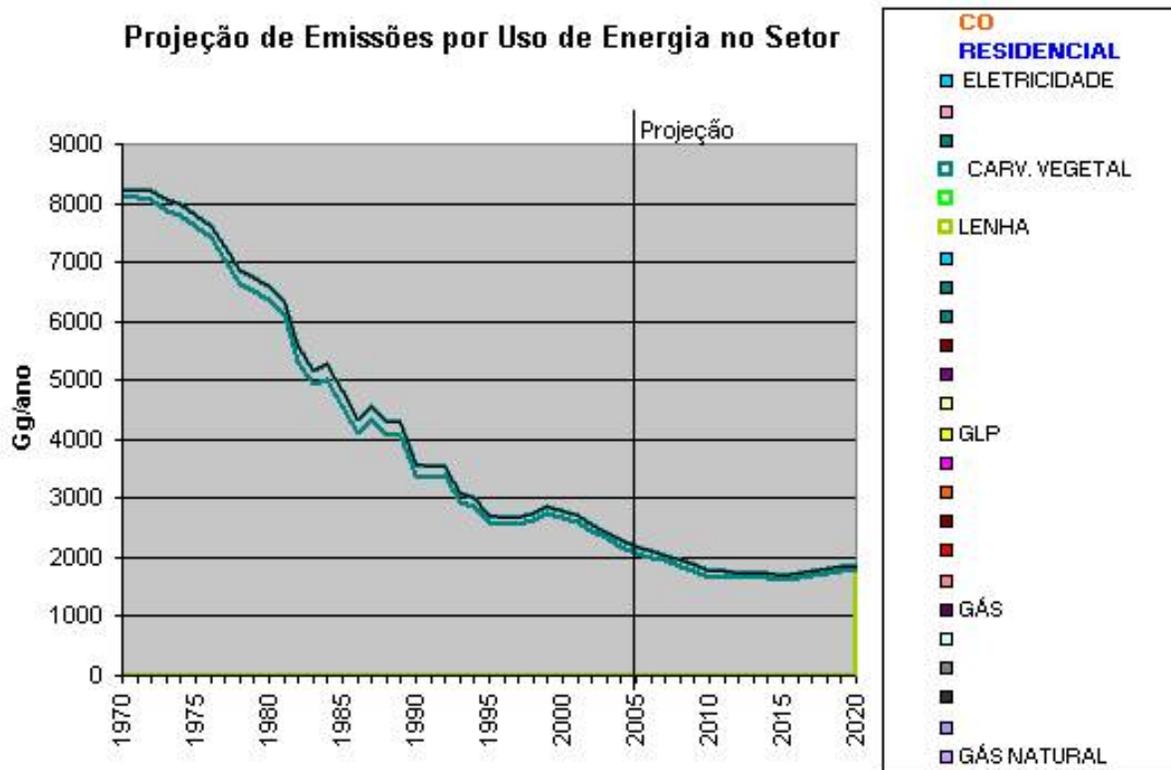


Figura 55: Emissões históricas e projetadas no uso residencial de energéticos. A exemplo das emissões de CO₂ as emissões de CO devidas a biomassa não devem ser contabilizadas para efeito estufa.

Tabela 29: Emissões de CO em Gg/ano

	2000	2005	2010	2015	2020
GÁS NATURAL	0.1	0.2	0.4	0.8	1.5
LENHA	2683.0	2062.1	1665.0	1622.4	1777.4 *
TOTAL PRIMAR	2683.0	2062.3	1665.5	1623.1	1778.9

GLP	2.8	3.1	3.9	4.8	5.6
GÁS	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0
ELETRICIDADE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CARV. VEGETAL	110.1	106.0	87.0	77.4	73.1 *
TOTAL SECUNDÁRIA	112.9	109.2	91.0	82.2	78.8
Total Sem Biomassa	112.9	109.4	91.4	83.0	80.3
TOTAL	2795.9	2171.5	1756.4	1705.4	1857.7

(*) Emissões não contabilizáveis por provirem de biomassa renovável

Projeção de Emissões Por Uso de Energia no Setor



Figura 55: Emissões históricas e projetadas nas provenientes do uso final de energia, por energético, no Setor Residencial.

Tabela 30: Emissões de CH4 em Gg/ano

	2000	2005	2010	2015	2020
--	------	------	------	------	------

GÁS NATURAL	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3
LENHA	56.3	43.3	35.0	34.1	37.3
TOTAL PRIMAR	56.4	43.3	35.1	34.2	37.6
GLP	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6
GÁS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ELETRICIDADE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CARV. VEGETAL	3.1	3.0	2.5	2.2	2.1
TOTAL SECUNDÁRIA	3.5	3.4	2.9	2.8	2.7
TOTAL	59.8	46.7	38.0	37.0	40.4

Projeção de Emissões Por Uso de Energia no Setor

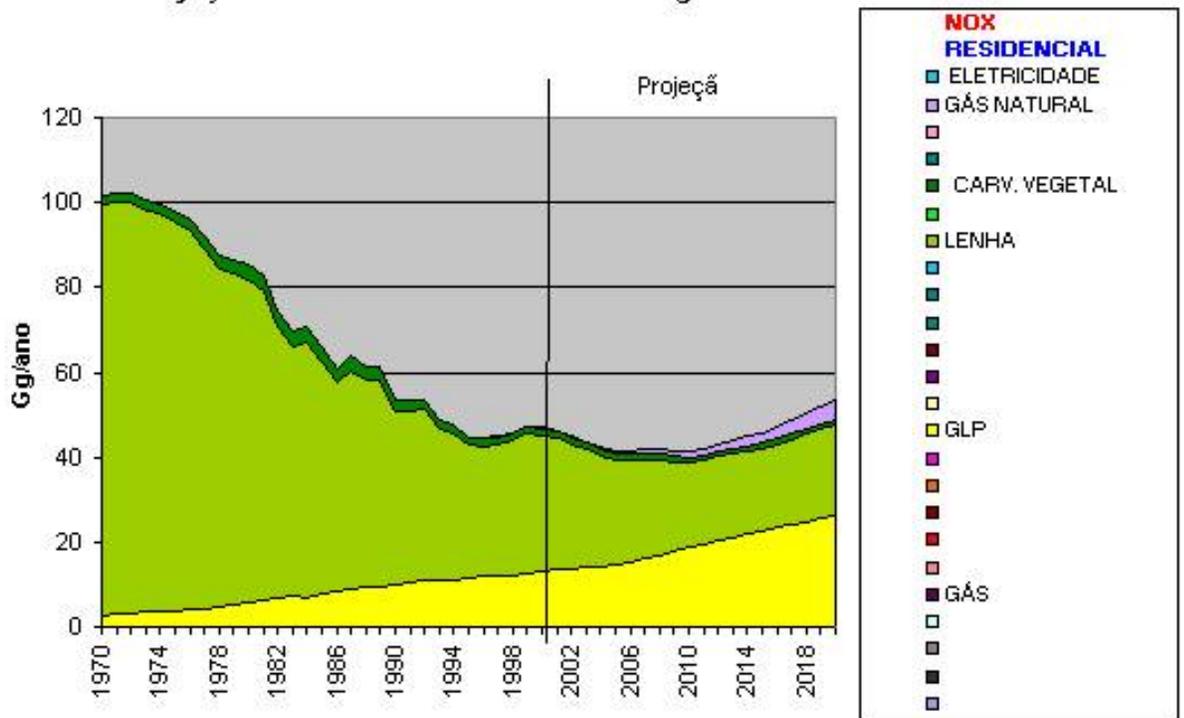


Figura 56: Emissões históricas e projetadas provenientes do uso final de energia em residências.

Tabela 31: Emissões de NOx em Gg/ano

	2000	2005	2010	2015	2020
--	------	------	------	------	------

GÁS NATURAL	0.2	0.6	1.4	2.4	4.8
LENHA	32.2	24.7	20.0	19.5	21.3
TOTAL PRIMAR	32.4	25.3	21.3	21.9	26.1
GLP	12.9	14.5	18.4	22.6	26.2
GÁS	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1
ELETRICIDADE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CARV. VEGETAL	1.6	1.5	1.2	1.1	1.0
TOTAL SECUNDÁRIA	14.6	16.2	19.9	23.8	27.4
TOTAL	47.0	41.5	41.2	45.7	53.5

Projeção de Emissões Por Uso de Energia no Setor

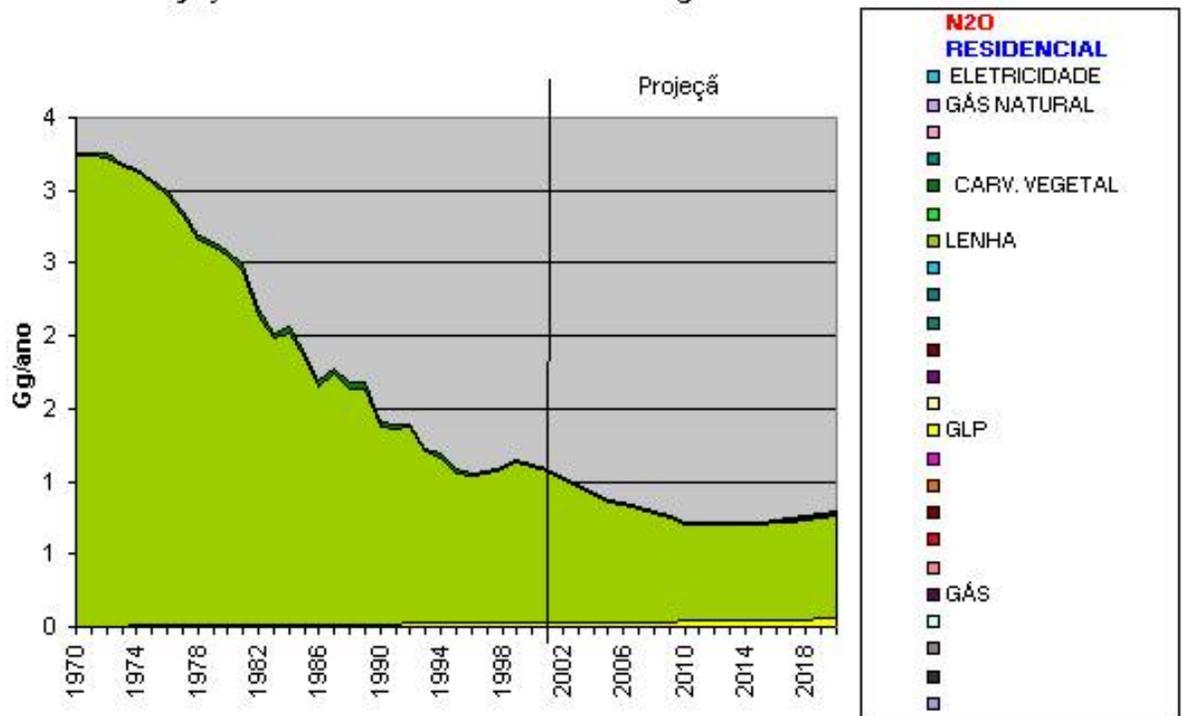


Figura 57: Emissões históricas e projetadas nas provenientes do uso final de energia em residências.

Tabela 32: Emissões de N2O em Gg/ano

	2000	2005	2010	2015	2020

GÁS NATURAL	0.000	0.001	0.003	0.005	0.011
LENHA	1.073	0.825	0.666	0.649	0.711
TOTAL PRIMAR	1.074	0.826	0.669	0.654	0.722
GLP	0.028	0.031	0.039	0.048	0.056
GÁS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ELETRICIDADE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CARV. VEGETAL	0.016	0.015	0.012	0.011	0.010
TOTAL SECUNDÁRIA	0.044	0.046	0.052	0.059	0.067
TOTAL	1.117	0.873	0.721	0.714	0.788

Projeção de Emissões Por Uso de Energia no Setor

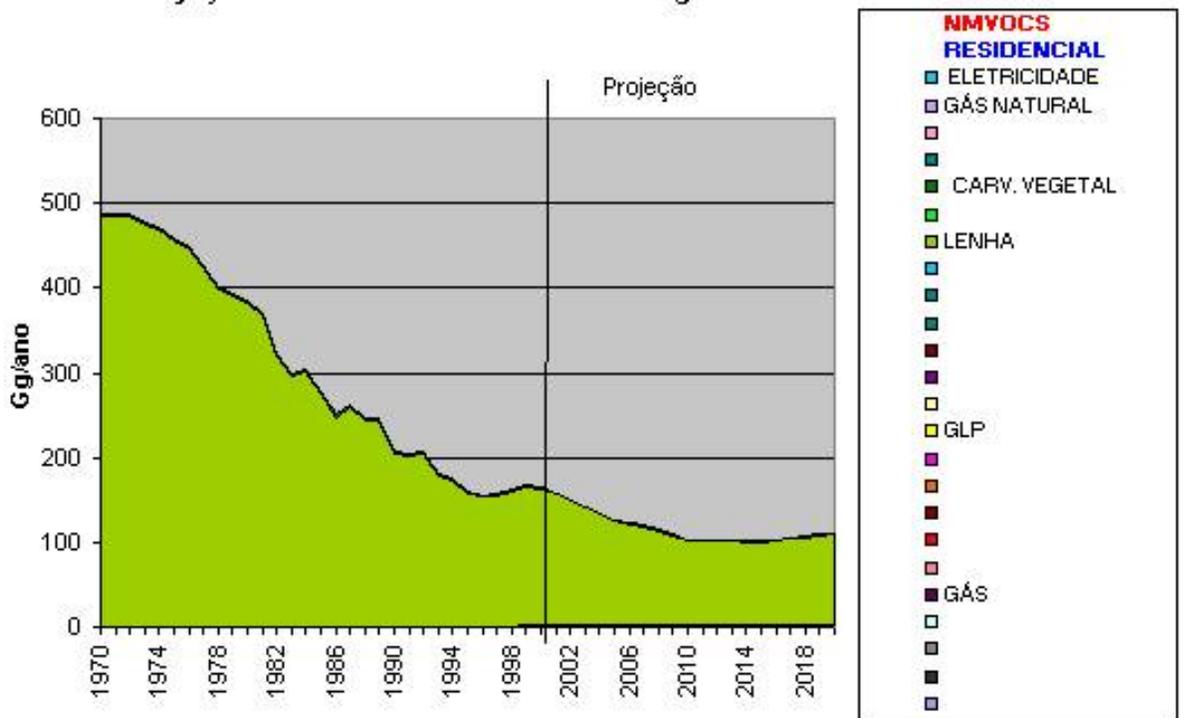


Figura 55: Emissões históricas e projetadas provenientes do uso final de energia em residências.

Tabela 33: Emissões de NMOVCs em Gg/ano

	2000	2005	2010	2015	2020
--	------	------	------	------	------

GÁS NATURAL	0.021	0.063	0.151	0.269	0.535
LENHA	160.977	123.728	99.902	97.343	106.646
TOTAL PRIMAR	160.998	123.790	100.053	97.612	107.181
GLP	1.377	1.547	1.962	2.401	2.792
GÁS	0.014	0.020	0.020	0.016	0.012
ELETRICIDADE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CARV. VEGETAL	1.572	1.515	1.243	1.105	1.045
TOTAL SECUNDÁRIA	2.963	3.082	3.225	3.523	3.849
TOTAL	163.961	126.872	103.278	101.134	111.030

Graphic Edition/Edição Gráfica:

MAK
Editoração Eletrônica

Revised/Revisado:
Thursday, 27 October 2005

1 5 9 1



9. O Setor Transportes

[Página Principal](#)

[Prospecção Tecnológica](#)

[A Caminho do](#)

[Desenvolvimento](#)

[Sustentado](#)

[Matriz Energética e de Emissões](#)

[Setor Residencial](#)

[Setor Transportes](#)

[Dívida Pública e Reservas do Brasil](#)

<http://ecen.com>

[Vínculos e&e](#)

[Mais sobre Matriz Energética e de Emissões](#)

<http://ecen.com/matriz>

a) Considerações Especiais sobre o Setor Transportes

O Setor transportes, mereceu um tratamento especial por suas particularidades. Nele estão mesclados os veículos, das diferentes modalidades, de transporte coletivo e de cargas e os veículos de transporte individual. O consumo energético é conhecido por modalidade mas não existe diferenciação explícita entre o consumo de veículos de carga e de passageiros.

Após a primeira crise de petróleo, o óleo diesel foi considerado “combustível social” sendo estabelecido para ele um menor preço por unidade de energia. Esta vantagem era ainda reforçada pelo maior rendimento dos motores do ciclo Diesel comparados com os do ciclo Otto. O resultado foi uma migração de veículos pesados inteiramente para o ciclo diesel. Também houve um incremento dos veículos da classe comerciais leves para o ciclo diesel.

Os veículos individuais de transporte de passageiros foram proibidos. Essa proibição sobreviveu à abertura do mercado de importação de veículos de modo que, na situação das duas últimas décadas, o transporte (terrestre) individual de passageiros passou a ser quase exclusivamente do ciclo Otto (gasolina, mistura carburante, álcool hidratado e gás natural). Os comerciais leves desse ciclo podem, sem dificuldades, ser assimilados, em característica de consumo, ao transporte de passageiros.

Também não há maior inconveniente em tratar os comerciais leves a diesel, assimilados ao transporte coletivo e de carga, embora seja crescente o número de veículos, teoricamente de carga, usados para transporte individual. No entanto, do ponto de vista de consumo, não vale a pena separar esses veículos nem o pequeno número de automóveis a diesel existentes de forma separada.

A conveniência de diferenciar, na projeção de demanda, os veículos de uso pessoal dos de transporte coletivo e de carga é que os primeiros seguem uma dinâmica diferente de uso. Pode-se supor que o transporte de carga obedeça, como de fato acontece, a uma dinâmica de consumo estreitamente ligada à atividade econômica produtiva. Já o transporte individual, embora atenda muitas vezes a deslocamentos por necessidades produtivas, tem sua dinâmica associada à capacidade de consumo dos seus proprietários e atende a outras necessidades individuais.

Uma dificuldade adicional de tratar o problema é a baixíssima confiabilidade das estatísticas oficiais de frota. Não existe nenhum estudo sério de consumo que utilize a frota oficialmente fornecida a não ser em ocasiões especiais de recadastramento de veículos. Em trabalho anterior (Relatório ao MCT publicado na e&e) foi avaliada a frota por tipo de veículo e combustível desde 1960. Através de processo iterativo que considerou as vendas de veículos diesel, a gasolina e a álcool hidratado, a informação de frota por ocasião do recadastramento dos veículos brasileiros pelo DENATRAN e os consumos de combustíveis e algumas hipóteses básicas sobre o rendimento destes combustíveis foi possível inferir as curvas de sucateamento e a variação do consumo com a idade dos veículos.

Deste processo também resultou a divisão entre o consumo da frota de carga e de coletivos dos antigos veículos à gasolina.

Um processo alternativo, de dedução mais direta é o de considerar que a relação consumo de veículos de carga/consumo de veículos de passageiros é constante ao longo do tempo. Este parâmetro indica, por exemplo, que um veículo pesado consome

como 5 veículos leves. Em uma “frota leve equivalente” cada caminhão contaria como 5 automóveis.

A estimativa da frota Otto de carga e de passageiros foi feita a partir da venda de veículos e usando as curvas de sucateamento deduzidas. Existe um valor do parâmetro consumo veículo pesado/ consumo veículo leve que estabiliza, ao longo do tempo, o consumo do veículo leve equivalente. O valor deduzido é mostrado na Figura 56 e corresponde a um veículo pesado Otto consumindo anualmente 9 vezes o que consome um veículo leve Otto. Considerando que a frota Otto existente no início do período era majoritariamente de caminhões leves o valor considerado é coerente com o de outras avaliações sobre consumo relativo entre veículos. No processo iterativo mais complexo considera-se a variação do consumo com a idade do veículo.

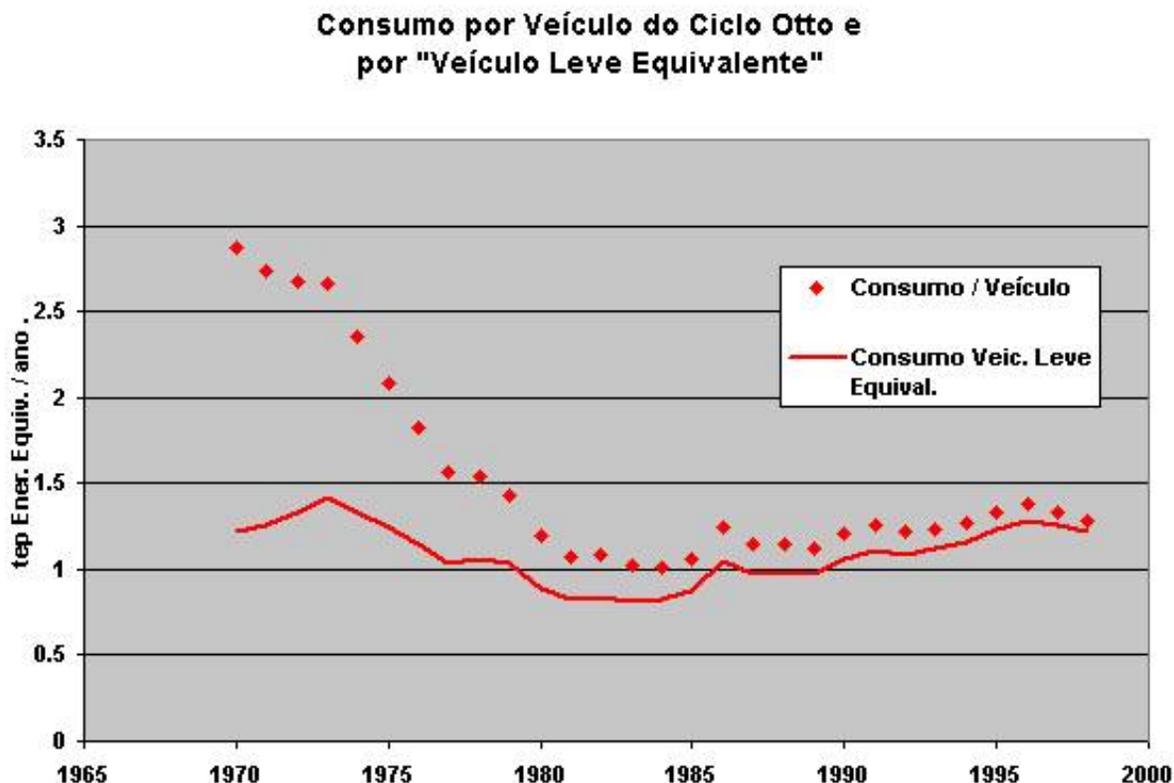


Figura 56: Ilustração do processo usado para separar o consumo de veículos leves e pesados: A curva de consumo por veículo leve equivalente resulta de fazer o consumo de um veículo pesado igual ao de 9 leves.

A avaliação do consumo de gasolina (e eventualmente de álcool hidratado) usado por veículos pesados no passado usa esse tipo de resultado. Como podemos inferir do gráfico, o consumo de veículos pesados Otto só foi importante, do ponto de vista relativo, na década de setenta.

b) Razão Energia Equivalente Transporte de Carga e Passageiro

Existe uma interação entre os diferentes módulos de transporte que competem entre si em algumas áreas. Do ponto de vista

metodológico é conveniente tratá-los como um todo tendo em vista esta possibilidade de substituição. Um novo fator de eficiência por módulo poderia ser introduzido que considere o consumo energético das diferentes modalidades de transportar por tonelada ou por passageiro transportado. Esta diferenciação não foi feita na atual abordagem. Esta intersubstituição pode, inclusive, ser detectada pelos dados de consumo.

Na Figura 57 representamos a energia equivalente utilizada no transporte de carga e coletivo por unidade de PIB. Para a extrapolação consideramos um valor projetado para 2020 de 0,064 kEP/US\$94 (valor relativo ao PIB global). O uso do PIB e não do produto setorial obedece ao fato de esperar-se que esta variável se relacione diretamente à atividade econômica global. O “bom comportamento” da relação EE do Setor Transporte/PIB reflete a correção da hipótese adotada.

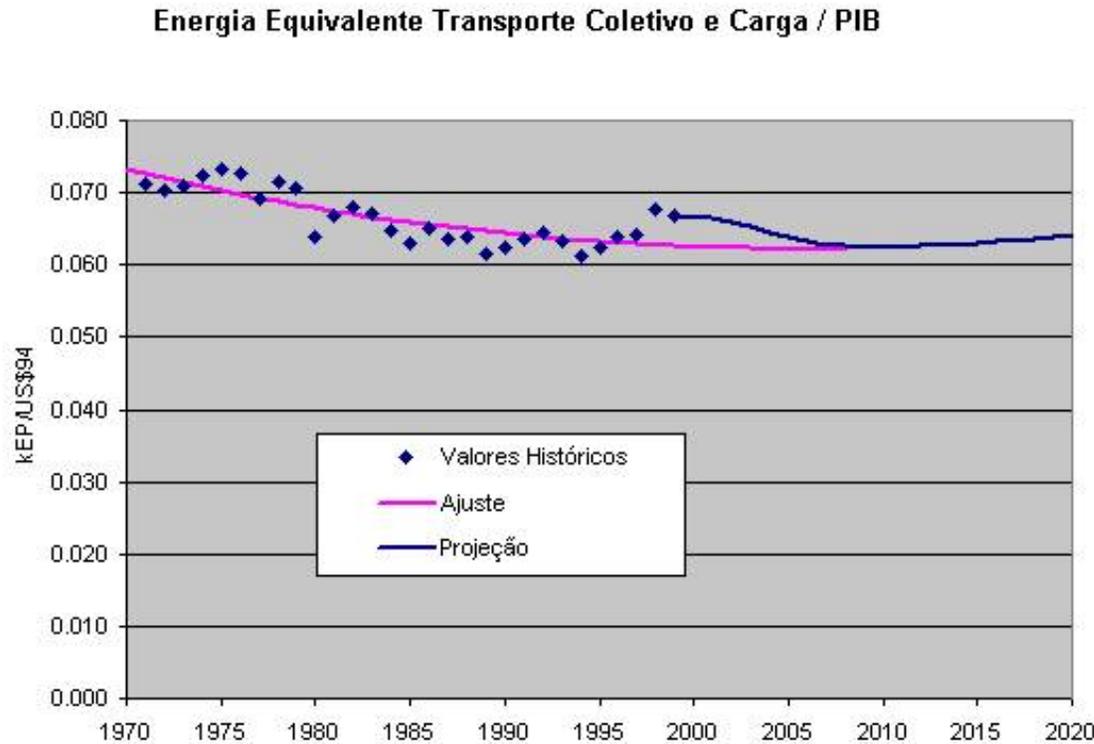


Figura 57: Valores históricos e extrapolados de Energia Equivalente/PIB no transporte de carga e coletivo

Os valores do parâmetro Energia Equivalente/PIB, do PIB e da energia equivalente no transporte são mostrados na Tabela 34 para anos selecionados. Também são indicadas os valores de energia equivalente, correspondentes às modalidades, obtidos como descrito no item seguinte.

Tabela 34:

		1970	1980	1990	1999	2000	2005	2010	2015	2020
PIB	US\$94 bi	173.32	396.50	486.65	606.13	633.17	716.38	822.10	963.11	1,138.23
Energ. Equiv./PIB	kEP/US\$94	0.074	0.064	0.062	0.067	0.064	0.063	0.062	0.065	0.067
TRANSPORTE (Coletivo + carga)	10 ⁶ tEP	12.88	25.32	30.32	40.47	40.39	45.03	51.36	62.20	76.00
RODOVIÁRIO	10 ⁶ tEP	10.49	19.94	25.59	34.82	34.75	38.65	43.82	53.17	65.20
FERROVIÁRIO	10 ⁶ tEP	0.79	1.10	1.07	0.81	0.81	0.93	1.10	1.31	1.60
AÉREO	10 ⁶ tEP	0.78	1.92	2.17	3.35	3.34	3.72	4.22	5.14	6.31
HIDROVIÁRIO	10 ⁶ tEP	0.82	2.36	1.49	1.48	1.48	1.74	2.22	2.58	2.89

c) Participação das modalidades no Transporte Coletivo e de Carga

As modalidades de transporte são diferenciadas no Balanço Energético no Setor Transportes. A modalidade rodoviária tem sido predominante no Brasil em termos de consumo energético. Uma abordagem mais completa do setor do ponto de vista de possível substituição intermodal significaria a necessidade de um modelo físico também para este seguimento. Como as participações não foram alteradas profundamente para o futuro (o que já significa, por exemplo, quase dobrar o transporte ferroviário até 2020 no cenário adotado) esta abordagem não foi efetuada na presente “rodada” da matriz. O modelo físico corresponde ao transporte rodoviário onde a influência da evolução do consumo da frota existente e a estrutura da entrada de veículos foi explicitamente considerada na avaliação do consumo energético. As emissões foram obtidas a partir de coeficientes para o setor.

A Figura 58 mostra a participação das modalidades no transporte e a Figura 59 os valores de energia projetados para cada modalidade.

Participação das Modalidades na Energia

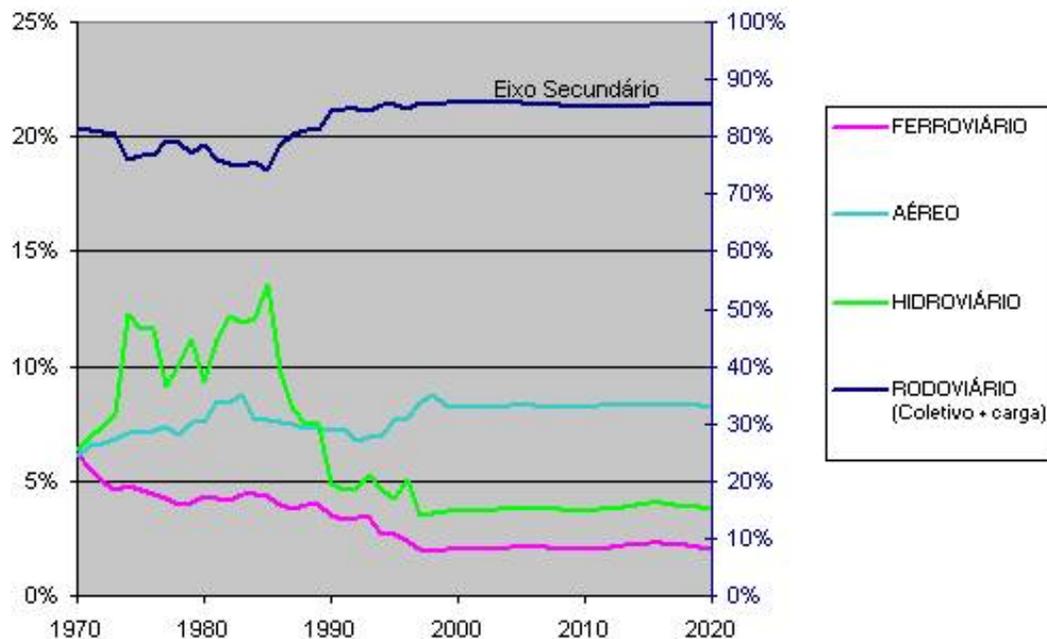


Figura 58: Participação das modalidades no Transporte Coletivo e de Carga.

O gráfico das participações mostra uma perda contínua na participação do transporte ferroviário (acentuada na década de noventa) no consumo relativo que corresponde a uma perda efetiva na participação da modalidade. A modalidade aérea retornou no final dos anos noventa à participação do início dos anos oitenta. Note-se que o transporte aéreo individual não foi destacado do total aéreo por não ser significativo. A modalidade hidroviária, beneficiada a partir de 1973 com os elevados preços do petróleo, entrou em rápido declínio a partir de 1986, com a queda desses preços. Esse declínio foi acentuado com o desmonte da atuação estatal na modalidade. Também não se dispõe, em separado, da energia em transporte individual. O transporte rodoviário que havia perdido participação no consumo do Setor com a elevação do preço do petróleo, acentuou sua participação após o “choque frio” no preço de petróleo e com a redução de participação das modalidades onde era forte a influência estatal.

Energia Equivalente por Modalidade no Transporte

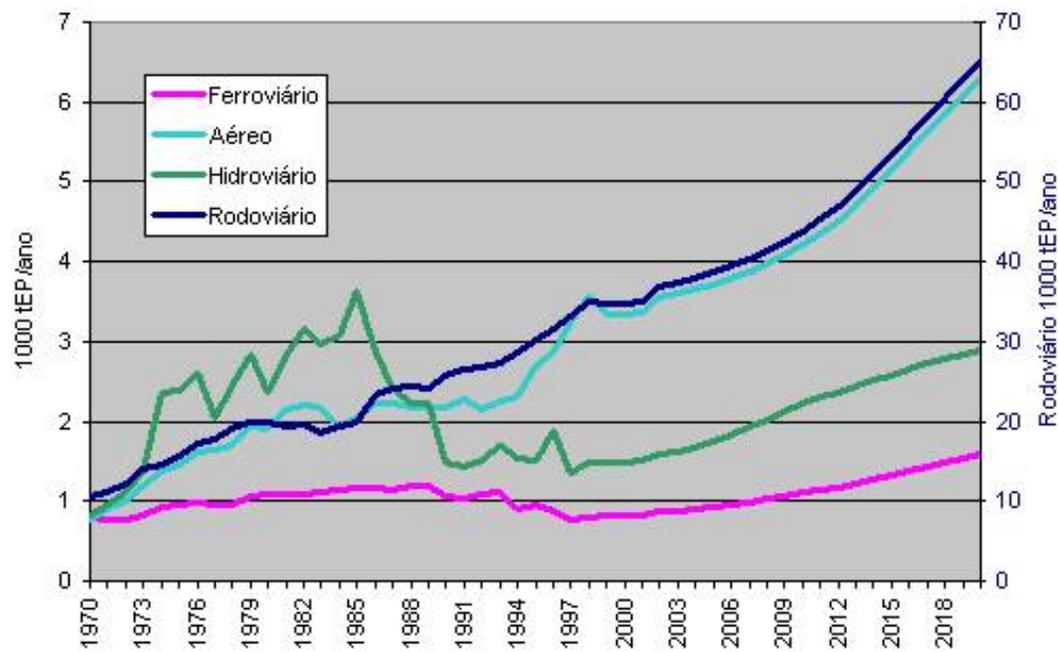


Figura 59: Valores do Consumo por modalidade. Mesmo mantida a participação (baixa) do transporte ferroviário e hidroviário existe um significativo incremento em valores absoluto na energia (e na utilização) nessas modalidades. Isto que implica uma reversão da queda verificada a partir de 1986.

d) Participação dos Energéticos no Transporte

Antes de abordar a participação das diversas formas de energia por modalidade é interessante observar qual é a participação relativa dos diferentes tipos de energéticos nesse uso. Na Figura 60 representamos a participação dos diferentes tipos de energético no Setor Transportes.

Participação em Energia Equivalente no Setor

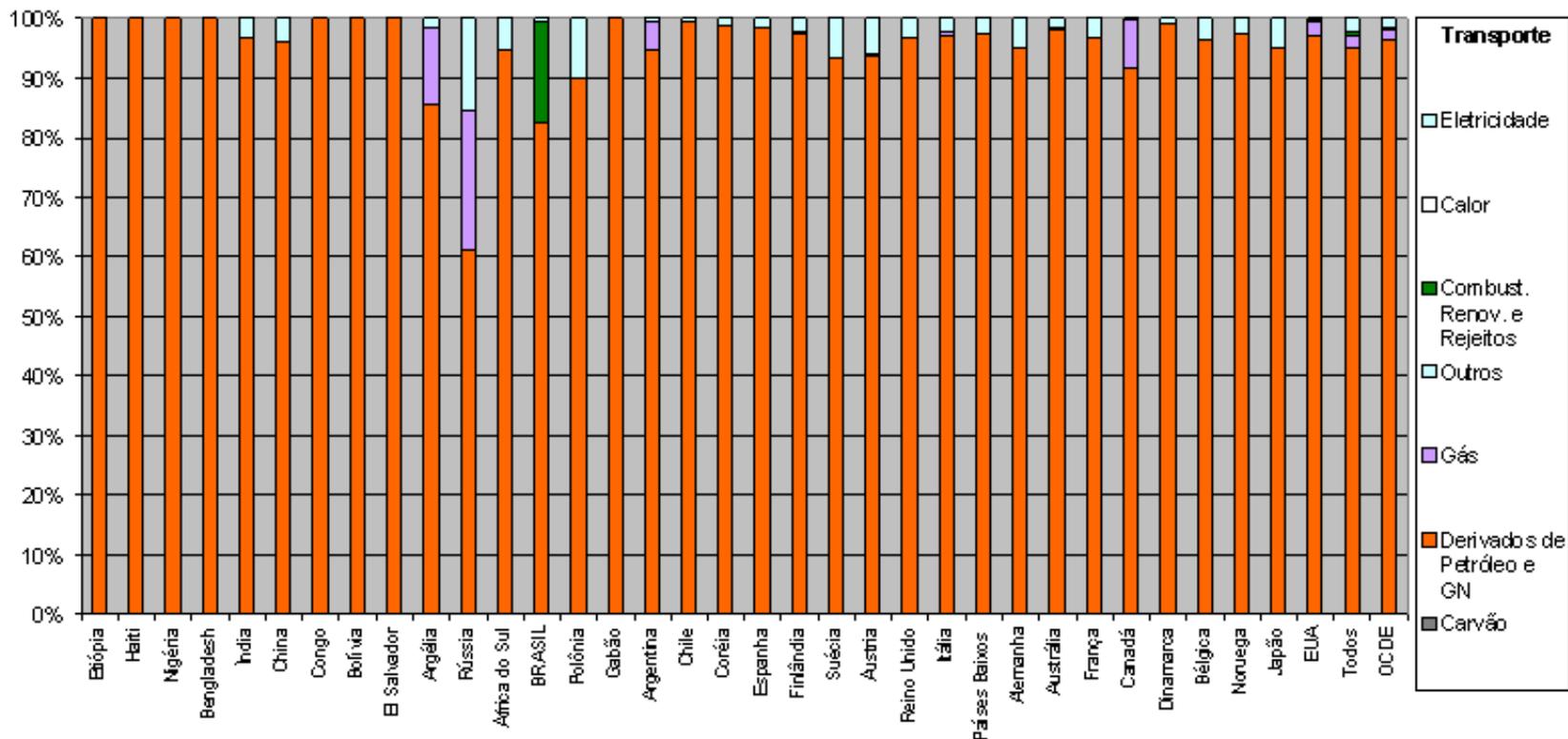


Figura 60: Participação por grupo de combustíveis no transporte.

Pode-se observar na Figura 60 que o Brasil é o único país com participação visível da biomassa. A participação da eletricidade é mais importante na Rússia e Polónia que integravam o bloco soviético. Também países mais socializados como Suécia e Áustria tem maior participação da eletricidade. Em alguns países onde existe forte presença do Gás Natural sua participação é significativa como na Argélia, Argentina, Canadá e na própria Rússia. Nos demais o predomínio de derivados de petróleo é quase absoluto.

e) Participação dos Energéticos na modalidade Rodoviária (Coletivo e de Carga)

A participação dos combustíveis na modalidade é mostrada na Figura 61. Levou-se em conta a frota Otto cujo consumo apresentava rápido declínio. O que foi suposto para o futuro é que seria mantido o predomínio praticamente absoluto do diesel que só poderia ser mudado com uma profunda alteração dos preços relativos dos combustíveis. Uma participação de 2% de veículos do ciclo Otto (não observada nas vendas atualmente) foi suposta para o futuro.

Consumo Rodoviário Carga e Coletivo em Energia Equivalente

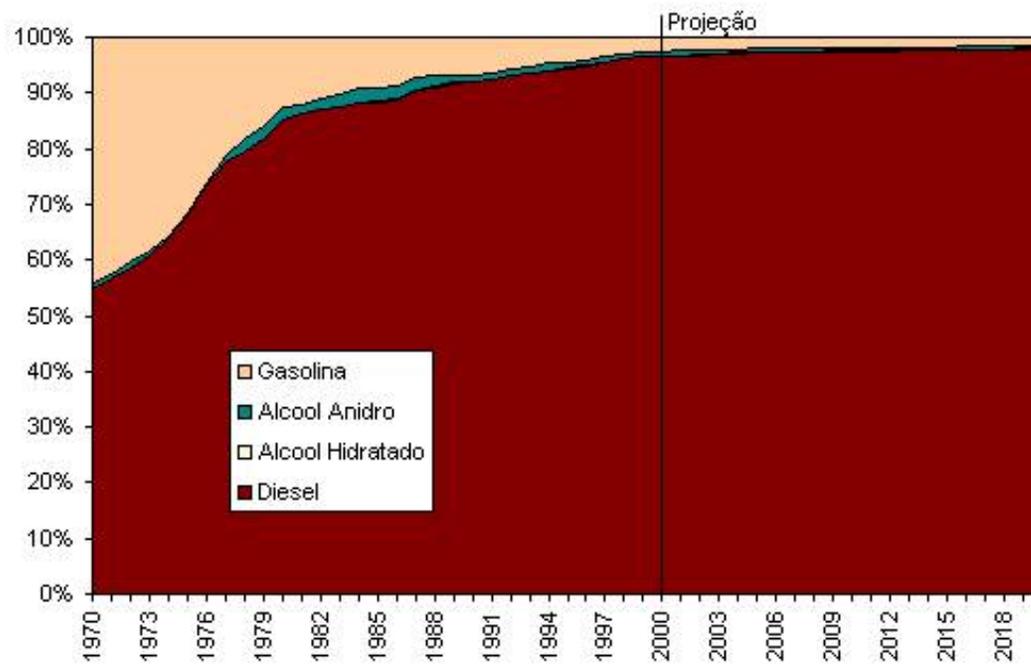


Figura 61: Participação de combustíveis no Transporte Rodoviário coletivo e de cargas.

f) Participação dos Energéticos na modalidade Ferroviária

Na Figura 62 pode-se observar a evolução histórica e projetada da participação de combustíveis para a modalidade referente ao transporte ferroviário.

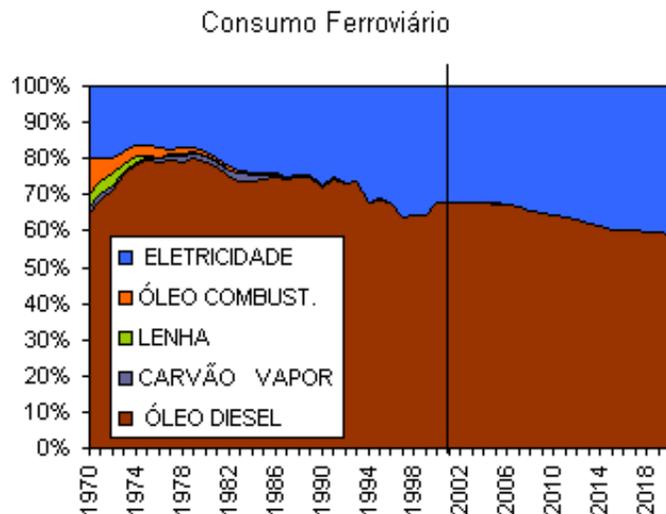


Figura 62: Representações da evolução da participação dos energéticos no Setor Ferroviário. A partir de 1990 apenas restaram o óleo diesel e a eletricidade.

O Setor Ferroviário tem sido, até agora, um setor em desativação no Brasil. Com a perspectiva de privatização essa desativação se acelerou. Com sua efetivação e com o início de cobrança de pedágio para o transporte rodoviário existem alguns indícios de que uma reativação é possível. Para que, ao menos, o setor deixe de perder participação, conforme consideramos aqui, é necessário dobrar, em 20 anos, o tráfego ferroviário (e o consumo de energia na modalidade).

g) Participação dos Energéticos na modalidade Transporte Aéreo

Na Figura 63 mostramos a participação, histórica e projetada, dos energéticos no transporte ferroviário. O querosene de aviação domina quase completamente a modalidade.

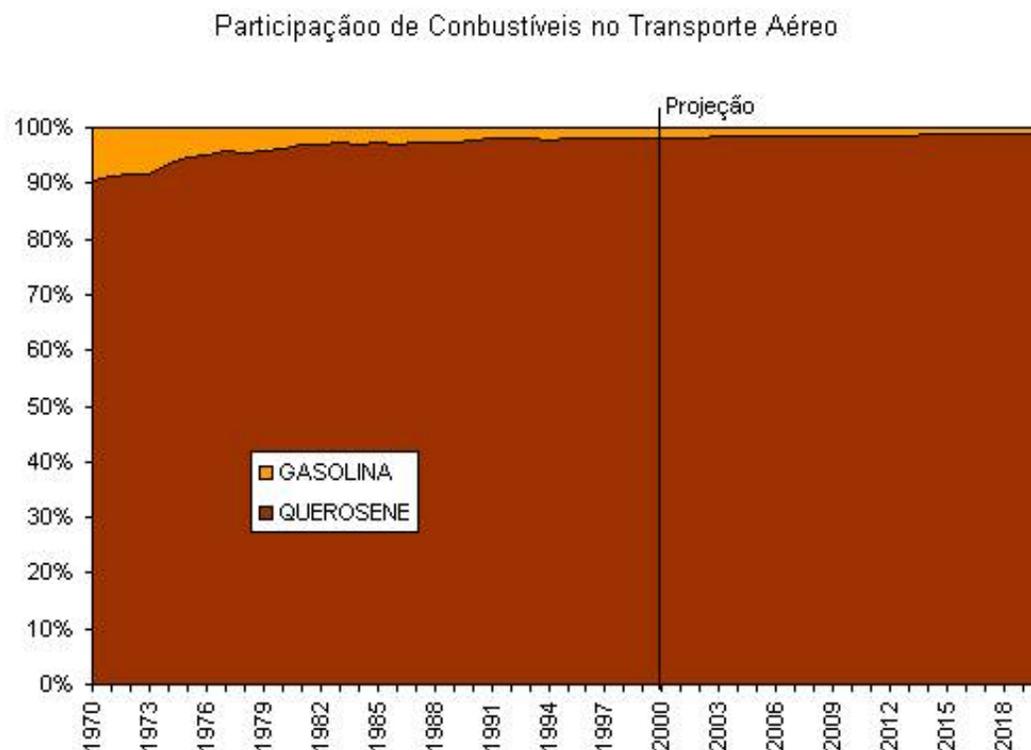


Figura 63: Participação dos combustíveis na aviação.

h) Participação dos Energéticos na modalidade Hidroviária

A participação dos energéticos na modalidade hidroviária é mostrada na Figura 64. A participação dos combustíveis tem sido bastante estável ao longo dos anos e foi suposta continuar no mesmo padrão para o futuro. A respeito desse tipo de transporte cabe ressaltar que a participação histórica indica que existe um grande potencial de participação da modalidade. A desmontagem da navegação de cabotagem nacional, além da queda do preço de petróleo, explicam o comportamento observado da participação mostrada anteriormente da modalidade no transporte total. Por se tratar, essa primeira rodada da matriz, de um cenário inercial foi mantida a baixa participação do transporte hidroviário observada nos últimos anos.

Participação dos Combustíveis no Transporte Hidroviário

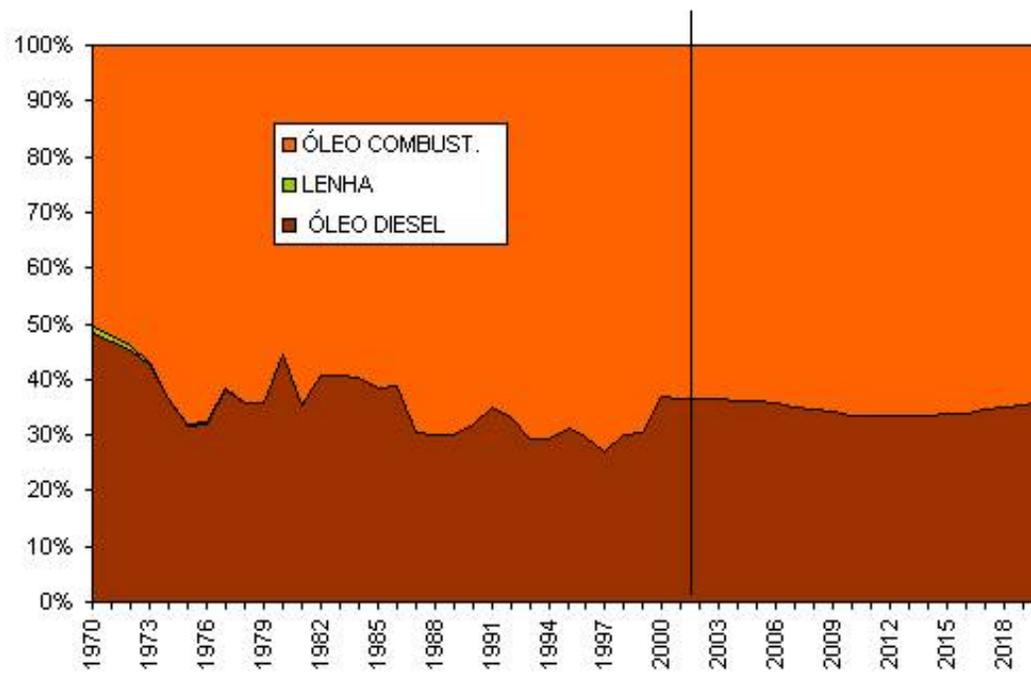


Figura 64: Participação do consumo no transporte hidroviário que se divide, quase em proporções fixas no tempo, entre óleo combustível e diesel.

i) Transporte Individual

A projeção do transporte individual foi feita com base na frota, conforme descrito em relatório anterior. Para isso foi necessário reconstituir a frota por modalidade e tipo de combustível a partir de 1960. Também foram usadas na projeção os valores conhecidos da frota em outros países. A frota foi correlacionada com o PIB por habitante em paridade do poder de compra (PPP). Disto resultou uma dependência direta da frota com o cenário econômico e de crescimento populacional projetado.

No gráfico da Figura 66 mostramos os valores históricos para o Brasil e os correspondentes a outros países. A inclinação da curva geral foi usada para extrapolar o dado para o Brasil.

Encontramos ainda, neste trabalho, uma correlação entre o consumo por veículo para uso pessoal e o preço real dos combustíveis do ciclo Otto. Esse preço foi tomado como a média, por participação no mercado, dos preços ao consumidor da gasolina (mistura carburante) e do álcool.

O resultado para a frota histórica e projetada, comparada com a do consumo em energia equivalente, é mostrado na Figura 67.

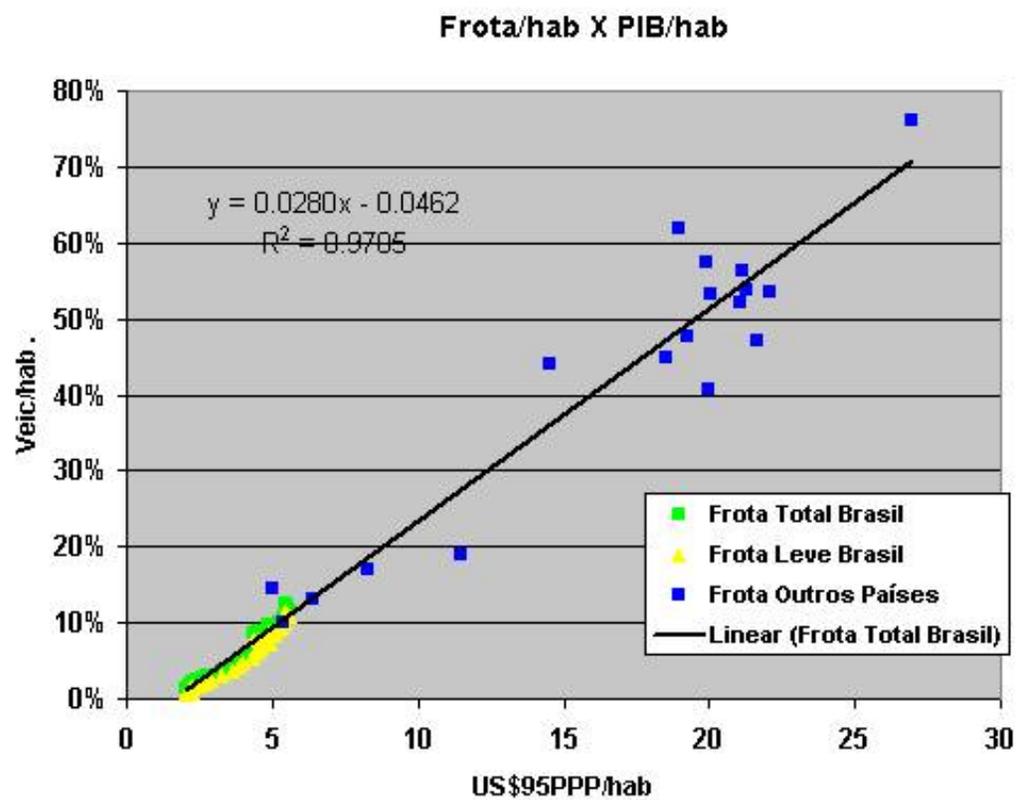


Figura 66: Projeção da frota brasileira de veículos leves usando-se os valores históricos para o Brasil e valores para diversos países em um ano determinado.

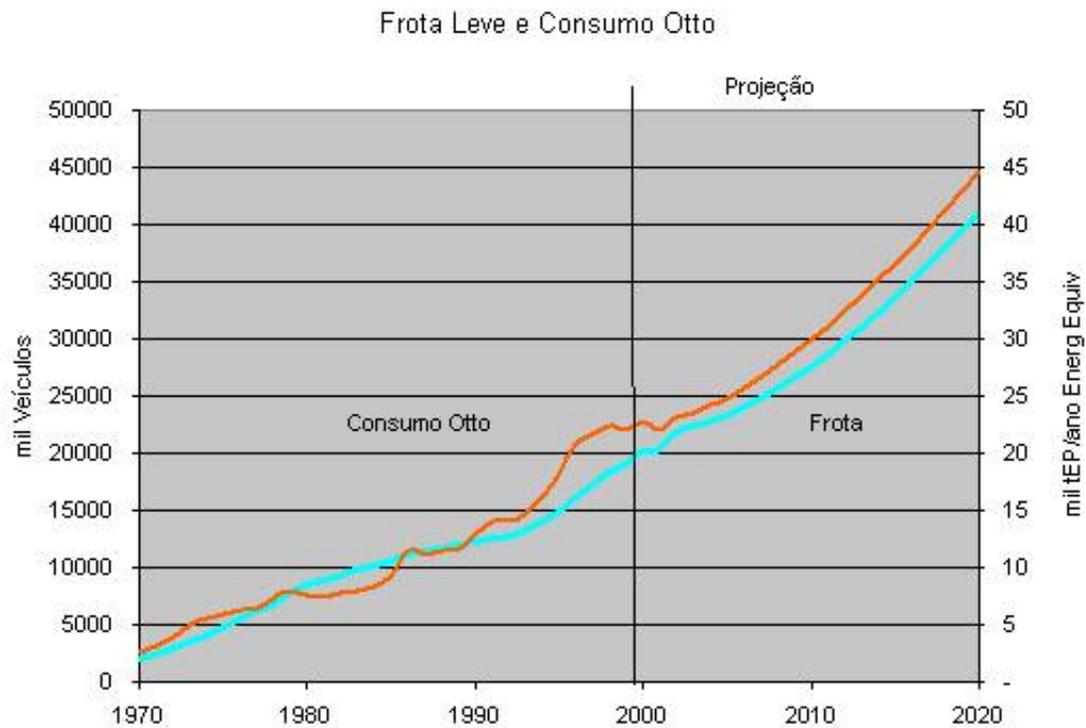


Figura 67:Projeção de Frota e Consumo dos veículos do Ciclo Otto (leves).

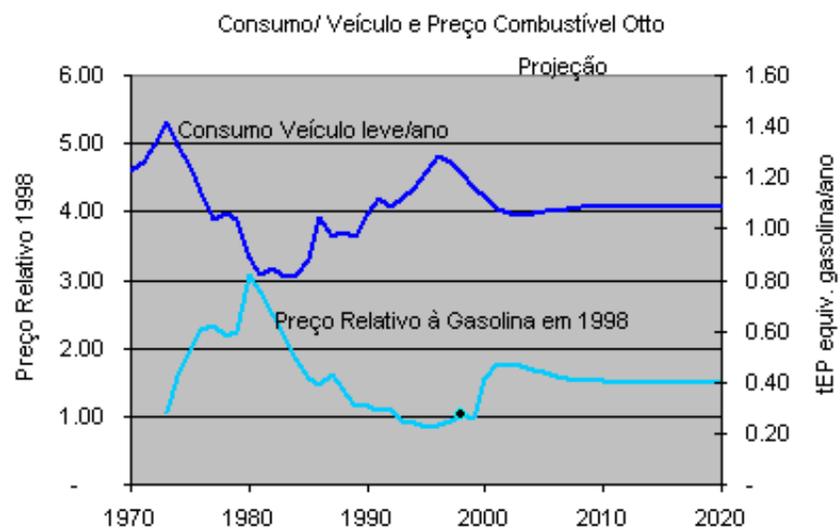


Figura 68: Consumo por veículo leve e preço do combustível relativo ao da gasolina (mistura carburante) em 1998. A correlação e os preços supostos foram usados na projeção do consumo.

k) Participação dos Combustíveis no Transporte Individual

As projeções de consumo do ciclo Otto devem ser acopladas a uma suposição sobre a participação de veículos, por combustível, no mercado. Essa participação oscilou, no passado, entre gasolina e álcool não tendo sido possível nunca equilibrar o mercado em um valor intermediário. Dentro da idéia de manter a tendência observada foi suposta uma participação, apenas residual, da venda de veículos a álcool (2%). Também foi considerada, segundo tendência observada, a introdução de veículos a gás natural no mercado embora as razões econômicas disso ainda não tenham sido demonstradas. A Figura 69 mostra a evolução histórica e suposta para dos veículos a álcool no mercado. O programa desenvolvido permite simulação imediata de outras hipóteses de participação do veículo a álcool no mercado.

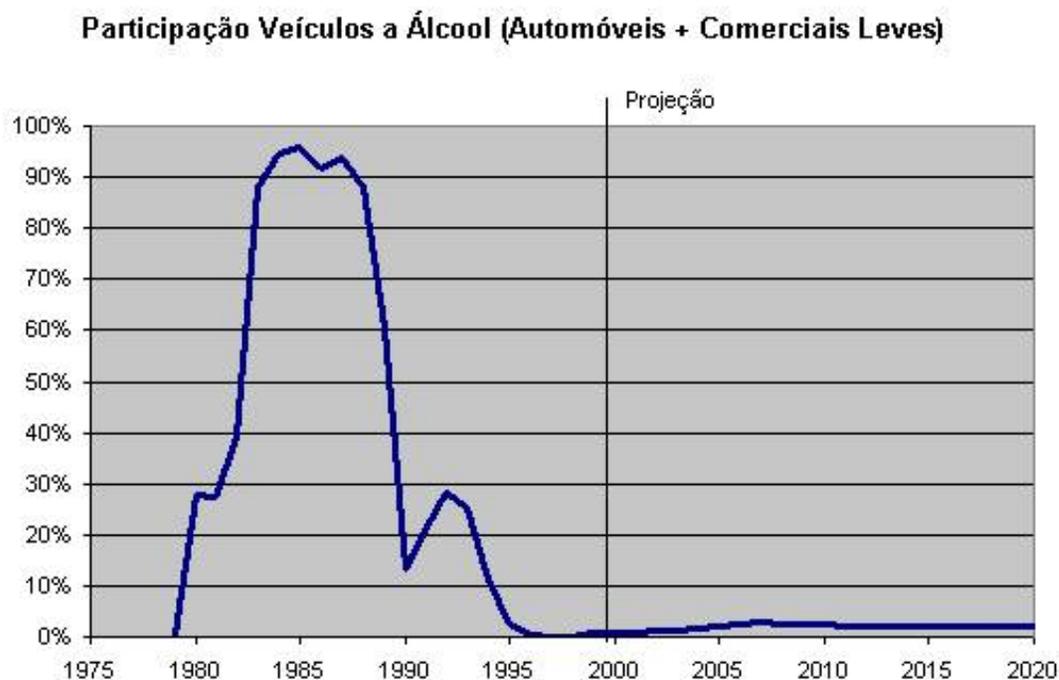


Figura 69: Participação histórica e projetada de veículos a álcool no mercado.

Na Figura 70 mostramos a evolução histórica e projetada da participação do álcool anidro na mistura carburante. Foi necessário considerar que, a partir de 20%, a equivalência calórica passaria a vigorar já que Não se espera modificações dos veículos, no futuro, para aproveitar o potencial de maior compressão criado. Seria possível inclusive definir um combustível com diferente composição álcool gasolina. O valor de 22% com uma variação de +/- 3% parece, na prática, acomodar-se ao padrão de veículos

mundial embora sem otimizar o rendimento e as emissões. Nossa projeção considera uma mistura de 25% para o futuro.

A Figura 71 mostra a evolução histórica e projetada do consumo de combustíveis do ciclo Otto nos veículos leves. Pode-se observar que a presença do álcool hidratado tende a ser limitada em participação e, possivelmente, localização geográfica.

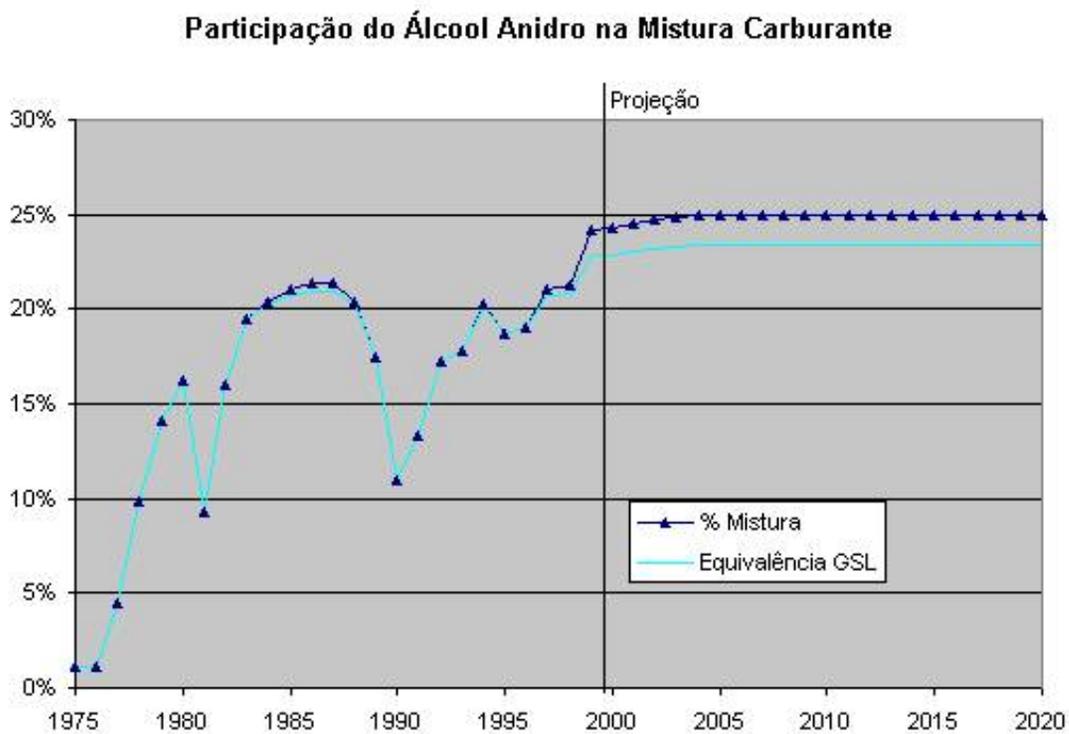


Figura 70: Histórico e Projeção da participação do álcool anidro na mistura carburante (gasolina comercial)

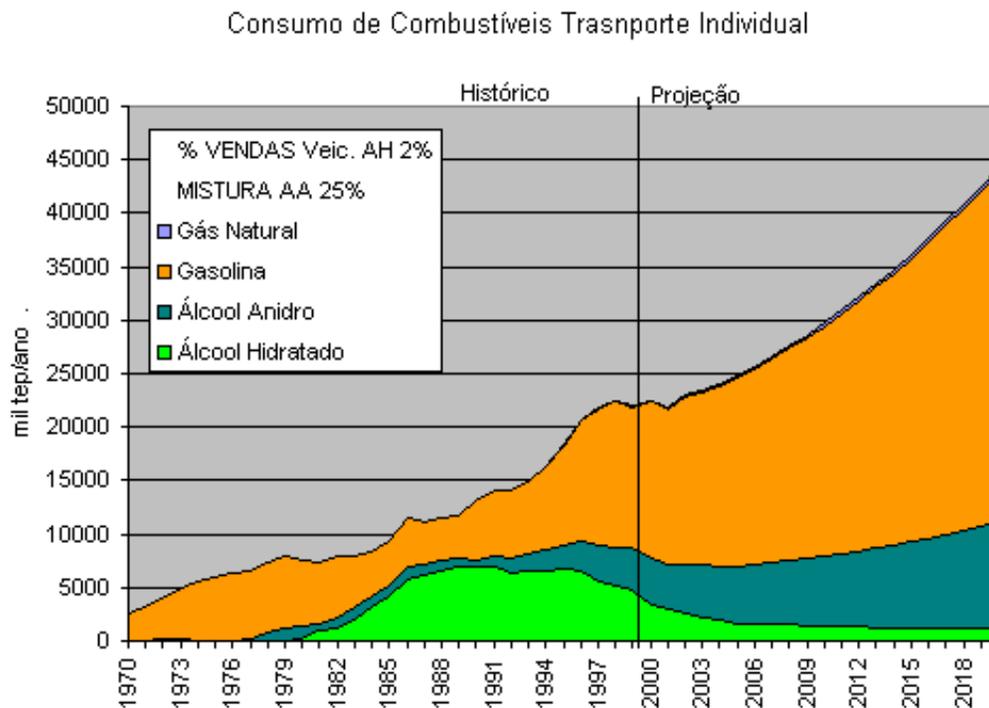
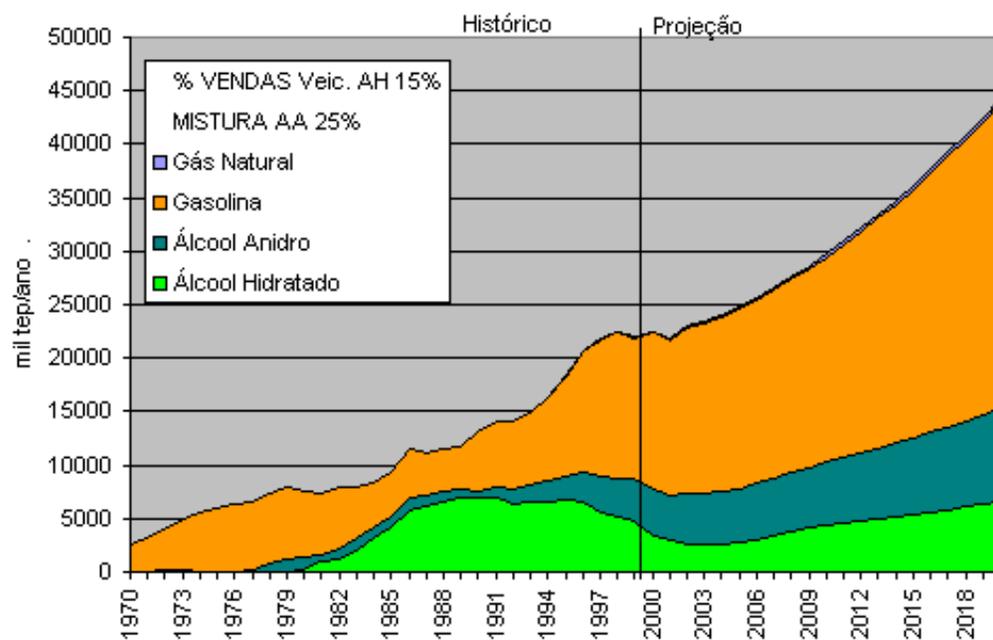


Figura 71: Histórico e projeção do Consumo de veículos leves

Na Figura 72 mostramos o consumo residual da atual frota a álcool (0% de vendas) e para uma hipótese de 15% de participação de veículos a álcool. Com as dificuldades logísticas de distribuição do álcool, se nada for mudado, o consumo do álcool hidratado tenderia a zero mais rapidamente que o representado. A hipótese de uma participação intermediária esbarra nas dificuldades de equilíbrio de mercado já observadas no passado.

Consumo de Combustíveis Transporte Individual



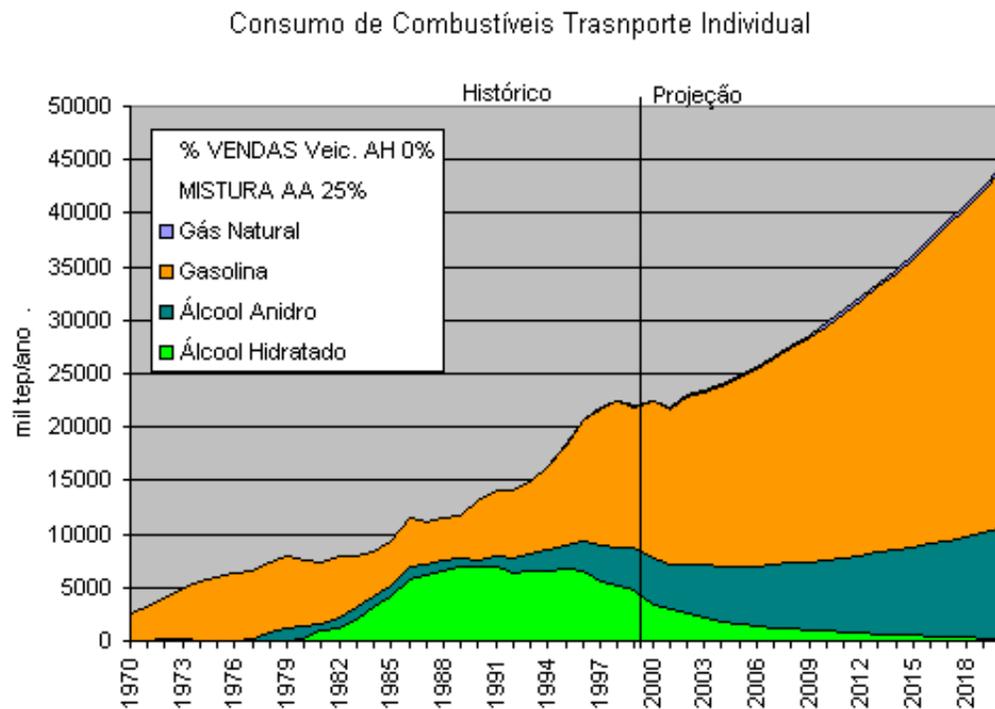


Figura 72: Alternativas de consumo de combustível com venda de veículos a álcool de 0% (residual) e 15%.

A consolidação dos resultados para veículos individuais e de carga ou coletivo de passageiros nos permite obter o quadro geral do transporte rodoviário cujo consumo, em energia equivalente é mostrado na Figura 73.

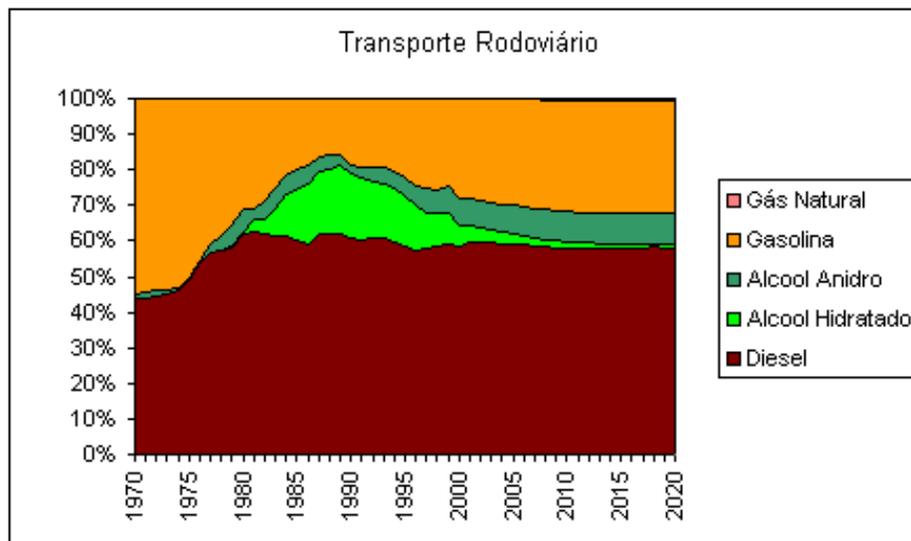


Figura 73: Consumo de Combustíveis no Transporte Rodoviário em 10^6 EP de energia equivalente e como percentual neste tipo de transporte.

I) Energia Final no Transporte

A projeção da Energia Final no transporte surge da consolidação dos consumos em energia equivalente e sua transformação, com aplicação de coeficiente convenientes, em energia final.

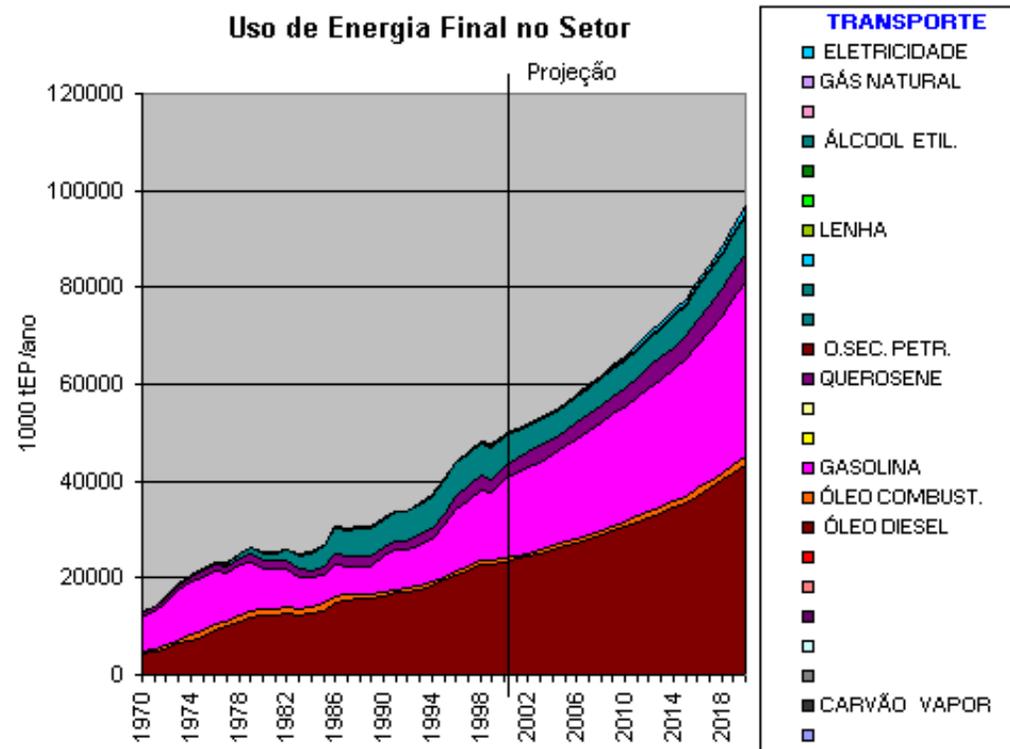


Figura 74: Energia Final no Setor Transportes, histórico e projeção.

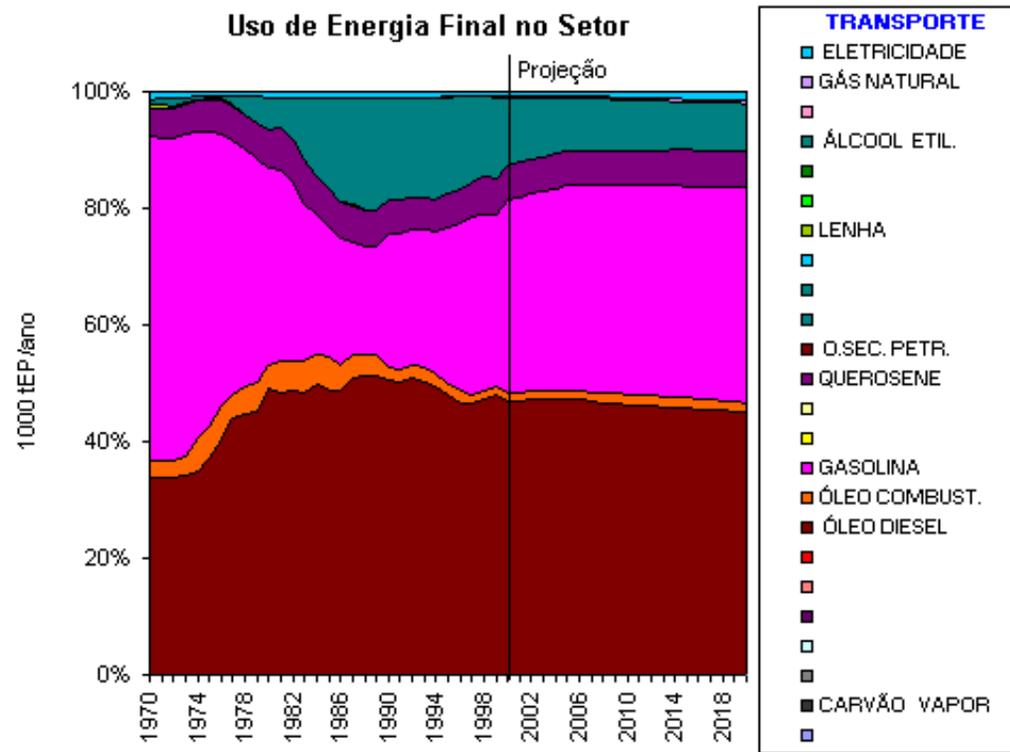


Figura 74: Participação, em energia final no Setor Transportes das diferentes fontes

Tabela 35: Energia Final no Setor Transportes 1000 tep/ano

	2000	2005	2010	2015	2020
GÁS NATURAL	142	166	266	365	456
CARVÃO VAPOR	0	0	0	0	0
LENHA	0	0	0	0	0
TOTAL PRIMAR	142	167	266	365	456
ÓLEO DIESEL	23175	26565	30536	35547	43538

ÓLEO COMBUSTÍVEL	697	847	1161	1324	1459
GASOLINA	16298	19725	23626	28212	35819
QUEROSENE	2919	3338	3968	4814	6062
ELETRICIDADE	313	383	644	1028	1508
ÁLCOOL ETÍLICO	5753	5162	5694	6368	7797
O.SEC. PETR.	0	0	0	0	0
TOTAL SECUNDÁRIA	49154	56020	65630	77293	96184
Total Biomassa	5753	5163	5694	6368	7797
TOTAL	49296	56187	65895	77659	96640

m) Emissões correspondentes ao Uso de energia Final no Setor Transportes

Na Figura 75 mostramos as projeções de emissão de CO₂ no Setor Transportes. Estas emissões foram obtidas aplicando-se os coeficiente da Tabela 36 aos valores de energia Final para cada ano.

Tabela 36: Coeficientes de Emissão em Gg/1000tEP para CO₂ e t/1000 tEP outros gases

	CO₂	CO	CH₄	NOX	N₂O	NMVOCS
GÁS NATURAL	2.272	16.278	2.035	24.417	0.004	0.203
ÓLEO DIESEL	3.150	42.957	0.215	35.017	0.026	8.591
ÓLEO COMBUSTÍVEL	3.290	42.957	0.215	64.435	0.026	8.591
GASOLINA	2.947	344.904	0.856	25.720	0.026	64.220

QUEROSENE	3.041	4.296	0.021	12.887	0.086	2.148
ÁLCOOL ETÍLICO	2.309	252.370	11.255	18.042	0.000	0.000
O. SEC. PETR.	3.290	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valores fornecidos por Branca Americana do MCT correspondentes aos usados na Comunicação Brasileira para o ano de 1999

As emissões de CO2 correspondentes estão indicadas na Tabela 37 e na Figura 75

Tabela 37: Emissões de CO2 em Gg/ano

	2000	2005	2010	2015	2020
GÁS NATURAL	324	377	604	830	1037
TOTAL PRIMAR	324	377	604	830	1037
ÓLEO DIESEL	72996	83675	96182	111968	137137
ÓLEO COMBUSTÍVEL	2292	2787	3821	4357	4800
GASOLINA	48032	58132	69629	83143	105564
QUEROSENE	8876	10151	12067	14638	18434
ELETRICIDADE	0	0	0	0	0
ÁLCOOL ETÍLICO	13285	11921	13150	14707	18006 *
TOTAL SECUNDÁRIA	145481	166666	194850	228812	283941
Total Sem Biomassa	132520	155123	182303	214936	266971
TOTAL	145805	167044	195453	229643	284978

(*) Valores não contabilizáveis por se tratar de combustível renovável (biomassa)

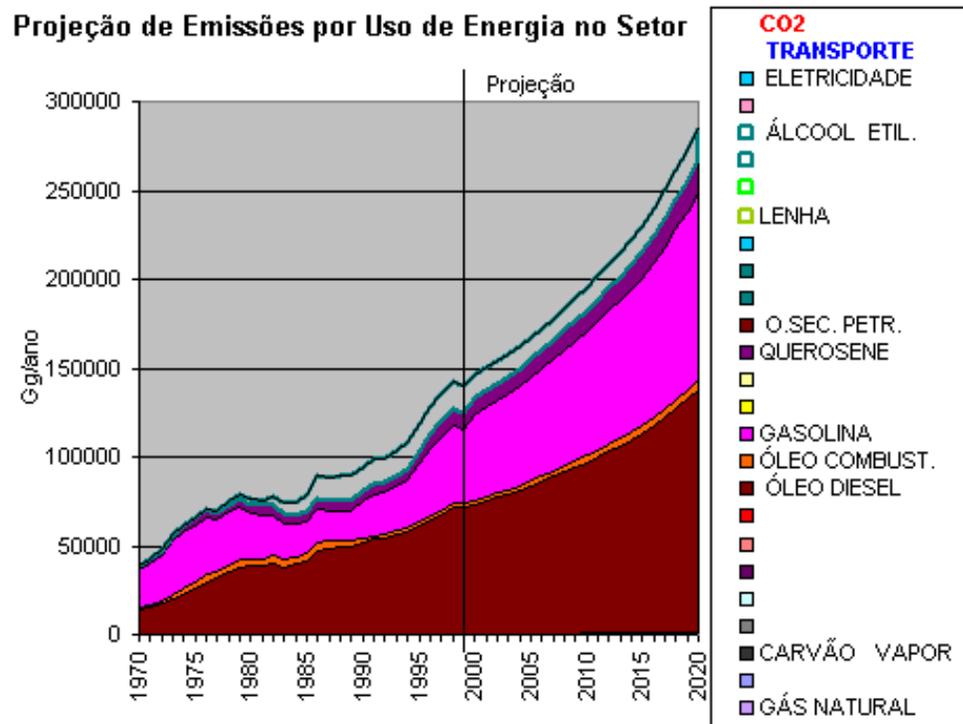


Figura 75: Emissões de CO₂ devidas ao uso final de energia no Setor Transportes. Os valores representados de forma “vazada” não devem ser considerados para o efeito estufa.

As emissões, em Gg/ano de CO estão indicadas na Tabela38 e na Figura 76

Tabela 38: Emissões de CO em Gg/ano

	2000	2005	2010	2015	2020
GÁS NATURAL	2.32	2.70	4.32	5.95	7.43
TOTAL PRIMAR	2.32	2.70	4.32	5.95	7.43
ÓLEO DIESEL	995.50	1141.14	1311.71	1526.99	1870.24

OLEO COMBUSTÍVEL	29.93	36.39	49.89	56.88	62.67
GASOLINA	5621.26	6803.28	8148.79	9730.31	12354.23
QUEROSENE	12.54	14.34	17.05	20.68	26.04
ELETRICIDADE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ÁLCOOL ETÍLICO	1451.82	1302.75	1437.05	1607.16	1967.77 *
TOTAL SECUNDÁRIA	8111.05	9297.89	10964.49	12942.02	16280.94
Total Sem Biomassa	6661.54	7997.85	9531.76	11340.81	14320.61
TOTAL	8113.36	9300.60	10968.81	12947.97	16288.37

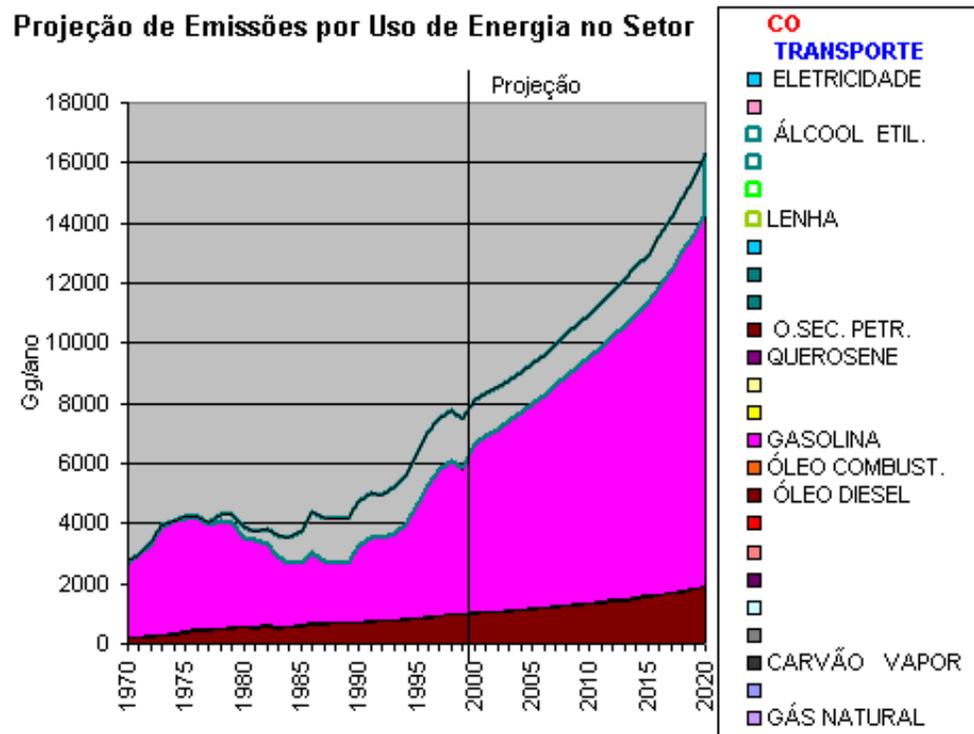


Figura 76: Emissões de CO históricas e projetadas para o Setor de Transporte.

As emissões de CH₄ em Gg/ano estão indicadas na Tabela 39 e na Figura 77

Tabela 39: Emissões de CH₄ em Gg/ano no Setor de Transporte

	2000	2005	2010	2015	2020
GAS NATURAL	0.3	0.3	0.5	0.7	0.9
TOTAL PRIMAR	0.3	0.3	0.5	0.7	0.9
ÓLEO DIESEL	5.0	5.7	6.6	7.6	9.4
ÓLEO COMBUSTÍVEL	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3
GASOLINA	13.9	16.9	20.2	24.1	30.6

QUEROSENE	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ELETRICIDADE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ÁLCOOL ETÍLICO	64.7	58.1	64.1	71.7	87.8
TOTAL SECUNDÁRIA	83.9	80.9	91.2	103.8	128.2
TOTAL	84.2	81.3	91.7	104.6	129.1

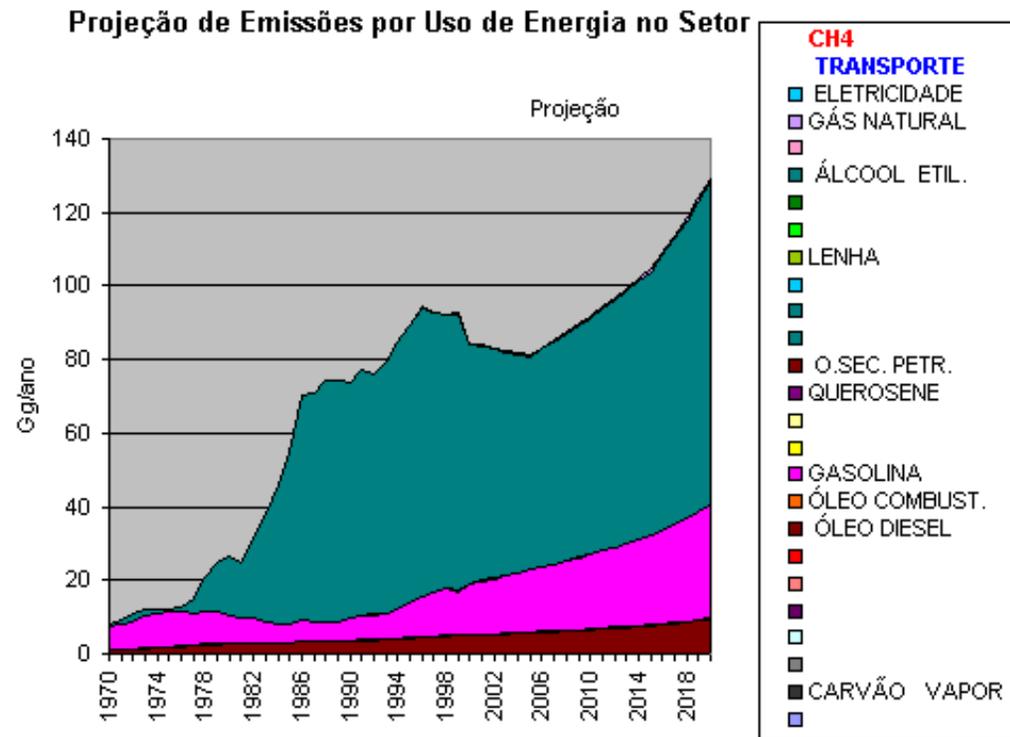


Figura 77: Emissões de CH4 históricas e projetadas para o Setor de Transporte..

As emissões de NOx em Gg/ano estão indicadas na Tabela 40 e na Figura 78

Tabela 40: Emissões de NOx em Gg/ano no Setor de Transporte

	2000	2005	2010	2015	2020
GAS NATURAL	3.5	4.1	6.5	8.9	11.1
TOTAL PRIMAR	3.5	4.1	6.5	8.9	11.1
ÓLEO DIESEL	811.5	930.2	1069.3	1244.8	1524.6
ÓLEO COMBUSTÍVEL	44.9	54.6	74.8	85.3	94.0
GASOLINA	419.2	507.3	607.7	725.6	921.3
QUEROSENE	37.6	43.0	51.1	62.0	78.1
ELETRICIDADE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ÁLCOOL ETÍLICO	103.8	93.1	102.7	114.9	140.7
TOTAL SECUNDÁRIA	1417.0	1628.3	1905.7	2232.6	2758.7
TOTAL	1420.5	1632.4	1912.2	2241.6	2769.8

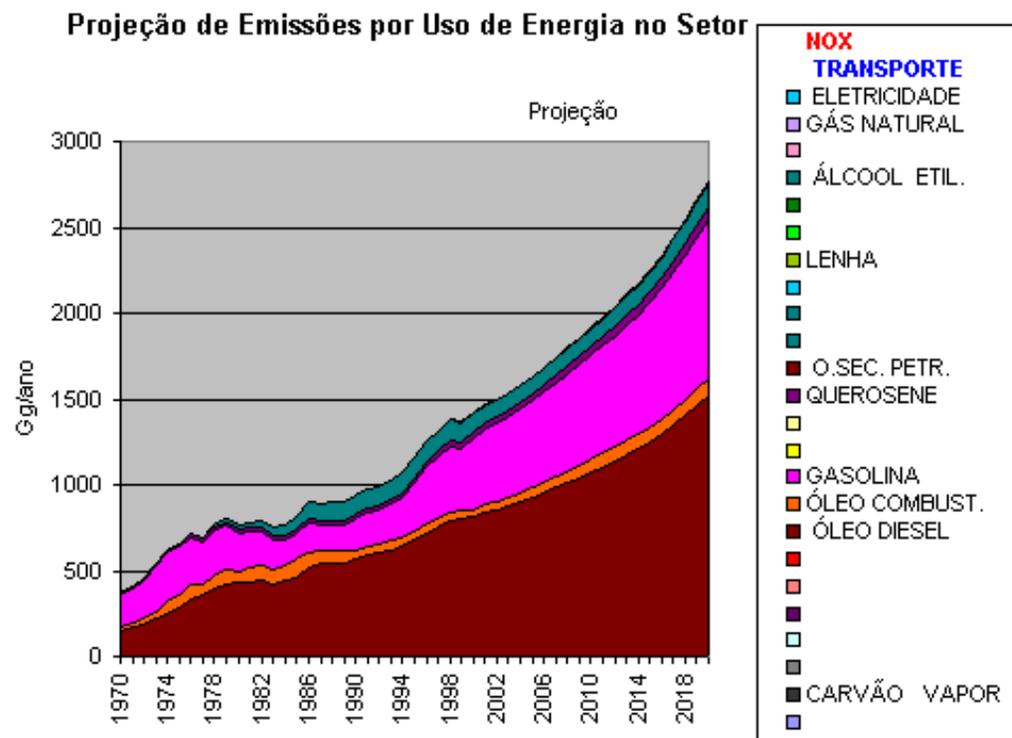


Figura 78: Emissões históricas e projetadas de NOx para o Setor Transportes.

As emissões, em Gg/ano de N₂O estão indicadas na Tabela 41 e na Figura 79

Tabela 41: Emissões de N₂O em Gg/ano no Setor Transportes

	2000	2005	2010	2015	2020
GÁS NATURAL	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
TOTAL PRIMAR	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
ÓLEO DIESEL	0.597	0.685	0.787	0.916	1.122
ÓLEO COMBUSTÍVEL	0.018	0.022	0.030	0.034	0.038
GASOLINA	0.424	0.513	0.615	0.734	0.932

QUEROSENE	0.251	0.287	0.341	0.414	0.521
ELETRICIDADE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ÁLCOOL ETÍLICO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TOTAL SECUNDÁRIA	1.290	1.507	1.773	2.098	2.613
TOTAL	1.291	1.507	1.774	2.100	2.615

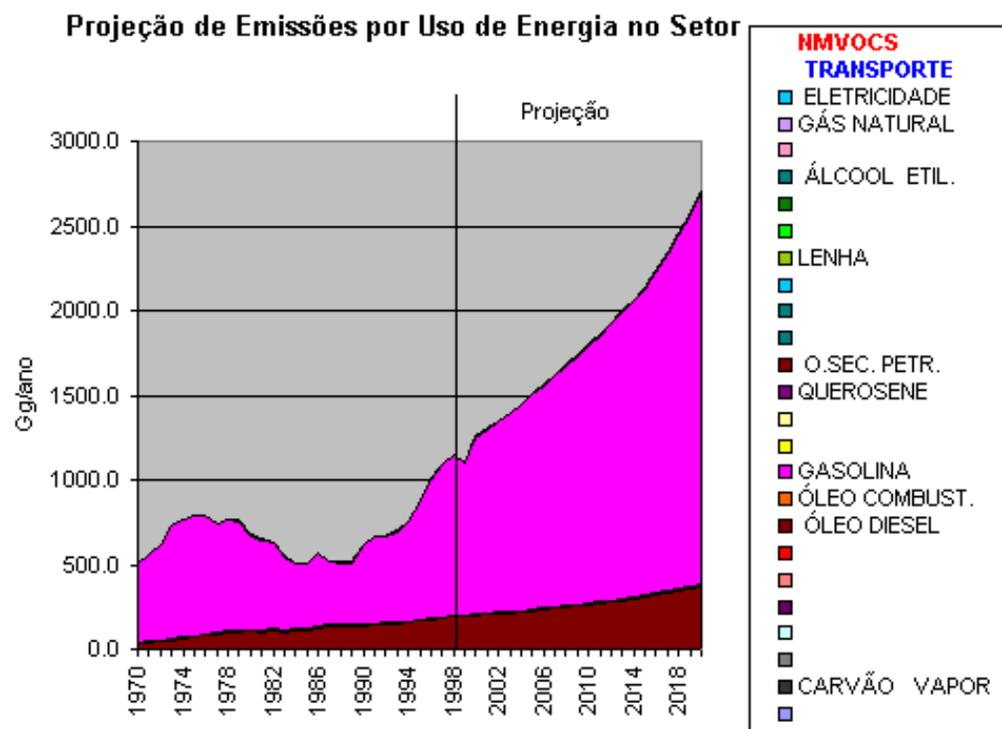


Figura 79: Emissões históricas e projetadas de N₂O para o Setor Transportes.

As emissões, em Gg/ano de NMVOCs estão indicadas na Tabela 42 e na Figura 80

Tabela 42: Emissões de NMVOCs em Gg/ano no Setor Transportes

	2000	2005	2010	2015	2020
GAS NATURAL	0.03	0.03	0.05	0.07	0.09
TOTAL PRIMAR	0.03	0.03	0.05	0.07	0.09
ÓLEO DIESEL	199.10	228.23	262.34	305.40	374.05
ÓLEO COMBUSTÍVEL	5.99	7.28	9.98	11.38	12.53
GASOLINA	1046.66	1266.75	1517.28	1811.76	2300.32
QUEROSENE	6.27	7.17	8.52	10.34	13.02
ELETRICIDADE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ÁLCOOL ETÍLICO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL SECUNDÁRIA	1258.02	1509.43	1798.12	2138.87	2699.93
TOTAL	1258.05	1509.46	1798.18	2138.94	2700.02

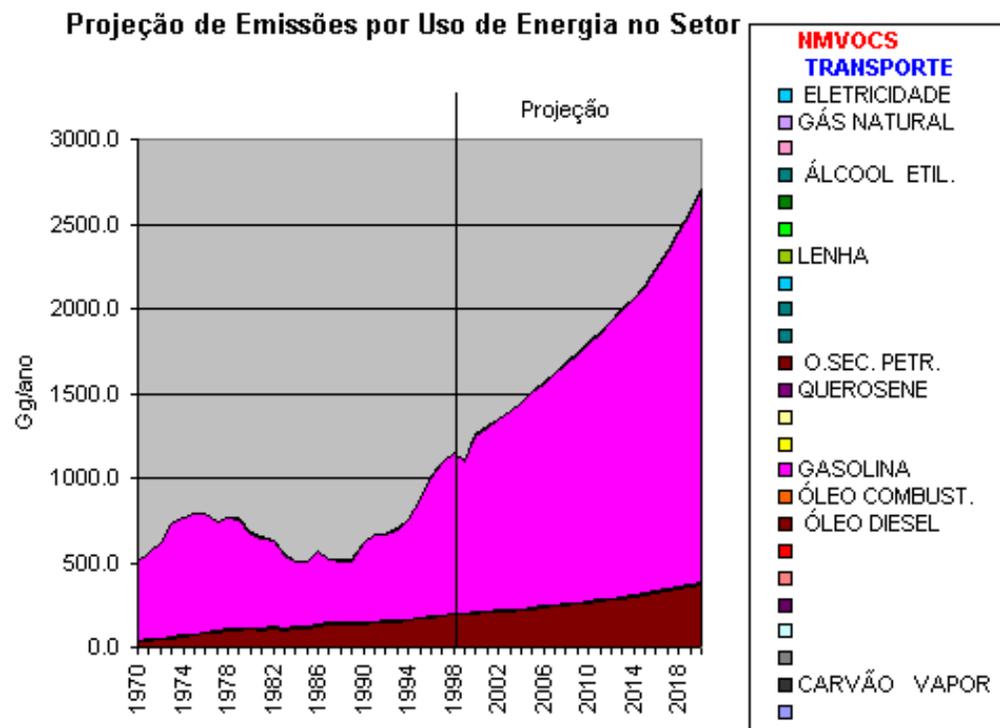


Figura 80: Emissões históricas e projetadas de NMVOCs para o Setor Transportes.

Graphic Edition/Edição Gráfica:

MAK
 Editoração Eletrônica

Revised/Revisado:
 Thursday, 19 February 2004

1 8 2 0