Instituto de Planejamento Economico e Social

INPES

Instituto de Pesquisas

TEXTOS PARA DISCUSSÃO INTERNA

Nº 155

"DECOMPOSIÇÃO DOS EFEITOS DE INTENSIDADE ENERGÉTICA NO SETOR INDUSTRIAL BRASILEIRO"

Ronaldo Seroa da Motta
João Lizardo de Araújo

Outubro de 1988

Instituto de Planejamento Econômico e Social
IPEA/IPLAN
SETOR DE DOCUMENTAÇÃO
SEPLAN

TEXTOS PARA DISCUSSÃO INTERNA

Nº 155

"DECOMPOSIÇÃO DOS EFEITOS DE INTENSIDADE ENERGÉTICA NO SETOR INDUSTRIAL BRASILEIRO"

Ronaldo Seroa da Motta
João Lizardo de Araújo

Outubro de 1988

Tiragem: 100 exemplares

Trabalho concluído em: Setembro de 1988

Instituto de Pesquisas do IPEA
Instituto de Planejamento Econômico e Social
Avenida Presidente Antonio Carlos, 51 - 13º/17º andares
Rio de Janeiro/RJ
20020

Este trabalho é de inteira e exclusiva responsabilidade de seus autores. As opiniões nele emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista da Secretaria de Planejamento e Coordenação da Presidência da República.

DECOMPOSIÇÃO DOS EFEITOS DE INTENSIDADE ENERGÉTICA NO SETOR INDUSTRIAL BRASILEIRO*

Ronaldo Seroa da Motta**
João Lizardo de Araújo***

I - INTRODUÇÃO

II - DETERMINANTES DA INTENSIDADE ENERGÉTICA

III - O MODELO DE DECOMPOSIÇÃO

IV - A BASE DE DADOS

V - RESULTADOS

VI - COMENTÁRIOS FINAIS

VII - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Instituto de Planejamento Econômico e Social
IPEA-IPLAN
SETOR DE DOCUMENTAÇÃO
SEPLAN

* Os autores agradecem as sugestões e comentários recebidos de André Ghirardi na fase inicial deste estudo.

** Do INPES/IPEA

***Da COPPE/UFRJ

SINOPSE

Na economia brasileira, o consumo final de energia (10^3 tEP) em relação ao PIB (10^9 CZ$) declinou de 7,6 para 6,6 no período 1973/84. No setor industrial, todavia, o uso de eletricidade cresceu quase 200% enquanto o de óleo combustível se reduziu em mais de 20%. Estas mudanças no padrão de consumo de energia não podem ser analisadas sem se considerarem as alterações ocorridas no lado da oferta de energia, decorrentes dos chamados choques do petróleo, que incentivaram as políticas de conservação e substituição. Da mesma forma, a estrutura industrial brasileira presenciou, naquele período, transformações significativas tanto em intensidade quanto em diversidade. Assim, este estudo objetiva decompor as variações de consumo industrial de energia em três componentes: efeito atividade, efeito estrutura e efeito conteúdo. O efeito atividade capta as mudanças relativas às variações do nível de atividade do setor, enquanto o efeito conteúdo representa as variações na intensidade de energia descontadas dos efeitos estruturais resultantes das mudanças na composição do produto industrial. As estimativas são realizadas separadamente para energia elétrica, óleo combustível e outros combustíveis, o que permitiu relacioná-las com os principais aspectos do crescimento econômico nacional e da política energética do período. Dessa análise conclui-se com algumas sugestões para subsidiar o planejamento energético considerando-se a nova realidade dos preços internacionais do petróleo e das restrições de oferta de energia elétrica.

I. INTRODUÇÃO

Contrariando as previsões mais pessimistas o preço internacional do petróleo, que hoje está em torno de US$ 15/barril, representa, em termos reais, menos da metade daquele praticado em 1981, embora continue quase o dobro do seu valor em 1973.

Colocando à parte a debilidade do cartel dos produtores de petróleo em sustentar sua política de cotas de produção e o crescimento espetacular de outras áreas produtoras independentes, outros fatores relacionados com o comportamento da demanda de energia parecem ter contribuído também para a redução dos preços do petróleo.

Conforme se verificou em quase todas as economias ocidentais industrializadas, também o Brasil conseguiu reduzir a intensidade de energia derivada do petróleo por unidade de produção. Enquanto a razão entre o PIB de 1984 e o de 1973 foi de 1,62, o consumo doméstico de derivados, no mesmo período, cresceu somente 1,13 vezes. Todavia, esta mudança de intensidade se inverte no caso da eletricidade que, em 1984, apresentou um consumo 2,85 vezes maior que aquele de 1973. Em termos agregados, o consumo final de energia em relação ao PIB declinou, no Brasil, de 7,6 para 6,6 (tEP/CZ$ 109), no período 1973/84. Mas no setor industrial, que representa mais da metade do consumo de energia não residencial, o uso de eletricidade cresceu quase 200% naquele período, em contraste com o de derivados, onde ocorreu uma redução de mais de 20%.[1]

Assim sendo, merece atenção um estudo sobre as formas de uso de energia no setor industrial. Ou seja, deve ser analisado o comportamento da demanda de energia nesta atividade ao longo das décadas de 70 e 80, nas quais ocorreram alterações significativas tanto no lado da oferta como na própria estrutura produtiva. Esta análise objetiva decompor as variações de consumo de

---

[1] Utilizaram-se para estes indicadores energéticos os dados de consumo de energia estimados conforme descrito na sub-seção 4.1.

energia em três componentes: efeito atividade, efeito conteúdo e efeito estrutural.

O primeiro capta as mudanças relativas às variações do nível de atividade do setor, enquanto o efeito conteúdo representa as variações na intensidade de energia descontadas dos efeitos estruturais das mudanças na composição do produto industrial. Assim, os resultados desta decomposição permitem distinguir as variações de intensidade que têm como base mudanças na função de produção, daquelas relacionadas com as alterações na estrutura produtiva, ou resultantes do próprio nível de atividade econômica. Em suma, pretende-se analisar como, a partir dos choques do petróleo, o consumo industrial de energia foi influenciado tanto pela nova realidade de preços dos combustíveis como pelo padrão de crescimento do setor.

Assim, na próxima seção são discutidos os fatores determinantes que afetam o comportamento da demanda de energia. Nas duas seções seguintes são apresentados o modelo desenvolvido para determinar os componentes de intensidade energética e a base de dados utilizada. Na quinta seção discutem-se os resultados, procurando-se relacioná-los com os principais aspectos do crescimento econômico nacional e da política energética até então adotada. Na última seção conclui-se com algumas sugestões para subsidiar o planejamento energético.

II. DETERMINANTES DA INTENSIDADE ENERGÉTICA

Durante as décadas de 70 e 80 o consumo industrial de energia no Brasil tem sido afetado por dois tipos de ocorrência. Uma delas seria a própria transformação do parque industrial tanto em termos de capacidade como de diversidade. A outra, relacionada com o lado da oferta de energia, seria a nova realidade de preços dos energéticos como conseqüência dos chamados choques do petróleo. Ou seja, a evolução da demanda industrial de energia tem sido uma resposta não só à variação de preços como também uma conseqüência do padrão de crescimento do produto industrial.

Nem sempre é possível formalizar com exatidão estas rela

ções de causalidade ao analisar mudanças de intensidade energética. Isto é, como considerar variações na quantidade de energia por produto ao longo do tempo. Além do mais, há que se distinguir comportamentos de demanda no curto/médio prazo daqueles a serem obedecidos no longo prazo.

Em suma, poder-se-ia descrever sinteticamente três tipos de fatores determinantes do comportamento da demanda que explicam as variações no uso de energia:[2]

i) Mudanças na composição do produto

Aumento ou redução da participação de um setor no produto total pode alterar a intensidade energética total de acordo com a intensidade deste setor. Por exemplo, se setores mais intensivos em energia crescem a taxas superiores às dos menos intensivos, então a intensidade total crescerá, *ceteris paribus*, devido a este movimento e sem que haja mudanças técnicas no conteúdo energético da produção de cada setor. Este impacto na intensidade total é denominado efeito estrutural e sua mensuração torna-se mais acurada quanto maior o nível de desagregação em análise. Isto é, quanto mais próxima do produto tecnicamente homogêneo estiver a desagregação analítica, maior será o efeito estrutural capturado. Todavia, estudos em outros países[3] têm demonstrado que agregações menos homogêneas podem gerar resultados bastante consistentes. Estas mudanças estruturais podem ser respostas a tendências de consumo, a programas governamentais, a padrões de comércio exterior, ou mesmo resultantes de perdas ou ganhos de mercado devido aos impactos dos custos elevados de certos insumos repassados aos preços do produto.

ii) Mudanças no conteúdo energético

Capital, trabalho e energia podem ser combinados em dife

---

[2] Ver Percebois (1979), Östblom (1982) e Boyd et.al (1987) entre outros para uma discussão sobre fatores determinantes no consumo de energia. Nas duas últimas referências ver estudos semelhantes para Suécia e Estados Unidos, respectivamente.

[3] Ver Boyd et.al. (1987).

rentes proporções, seja por decorrência de alterações nos seus preços relativos, de melhorias técnicas ou do progresso tecnológico.[4] Também pode ocorrer uma alteração de intensidade resultante de uma melhoria técnica que acompanha uma ampliação ou modificação de plantas visando a um maior ganho de eficiência no uso de energia. Variações de preços relativos entre os insumos energéticos podem da mesma forma resultar, no curto prazo, em emprego de combustíveis menos eficientes intensificando o conteúdo energético, embora no longo prazo esta tendência possa ser invertida com um estoque de capital energeticamente mais eficiente.

iii) Mudanças no nível de atividade econômica

Variações de curto prazo no nível de atividade econômica podem não resultar em variações proporcionais no consumo de energia porque: (a) plantas menos eficientes podem entrar em operação em conseqüência de uma inesperada elevação do nível de atividade; e (b) certos usos de energia podem não ser reduzidos de imediato quando a capacidade ociosa aumenta. De toda forma, em termos gerais pode-se esperar que a expansão ou retração da atividade produtiva não altere significativamente a intensidade na ausência de mudanças na composição do produto e no conteúdo energético.

Considerando-se os fatores acima mencionados, fica também evidente que é muito difícil obterem-se resultados satisfatórios com o uso de modelos econométricos para previsão de consumo de energia, na medida em que a magnitude dos coeficientes de intensidade está a depender de vários fatores e que, em sua estabilidade ao longo do tempo, não pode ser assegurada. Dessa forma, o exame deste consumo a nível mais desagregado faz-se necessário para orientar a construção de qualquer destes modelos de previsão.

Em suma, tanto na análise da eficácia dos resultados de

---

[4] Energia pode substituir trabalho com técnicas mais intensivas.

políticas energéticas como nos exercícios de previsão, há que se considerar a importância das mudanças tecnológicas e estruturais que afetam a demanda de energia. Estas mudanças não foram desprezíveis considerando-se as transformações profundas ocorridas no parque industrial brasileiro no período em questão. Da mesma forma, os dados da Tabela 1 confirmam a intenção da política energética após os choques de petróleo que visava à substituição dos derivados de petróleo. Isto fica evidente pela simples comparação entre os preços reais ascendentes de quase todos estes derivados em contraste com os preços reais de eletricidade, que se mantiveram relativamente estáveis ao longo deste período.

Assim sendo, apresenta-se a seguir um modelo para decomposição dos efeitos que atuam nas variações de intensidade energética aqui denominados como: (i) efeito conteúdo; (ii) efeito estrutural; e (iii) efeito atividade. Dessa forma, pretende-se estimar a participação de cada um destes efeitos, no período 1971/85, no consumo industrial de energia considerando separadamente: (i) todas as formas de energia; (ii) o óleo combustível; e (iii) a eletricidade.

Todavia, como será visto mais adiante, a base de dados disponíveis não permite que esta análise seja realizada no nível de desagregação desejado. Logo, os resultados aqui apresentados representam apenas uma primeira aproximação, posto que os autores se encontram no momento ultimando esforços no sentido de obter uma base de dados mais detalhada e adequada. Da mesma forma, a obtenção de dados para os anos mais recentes permitirá que a análise possa se estender para um período em que o preço internacional do petróleo se encontre em declínio e, portanto, permitindo um novo cenário para decisões de política energética.

III. O MODELO DE DECOMPOSIÇÃO

A metodologia utilizada foi a da decomposição das variações do consumo de energia segundo três fatores: variações no conteúdo (ou real intensidade) energético, variações na estrutu

TABELA 1

PREÇOS MÉDIOS CONSTANTES DE FONTES DE ENERGIA

FONTE	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Petróleo Importado	16	44	41	40	39	36	51	77	77	73	83	81	80	34
Óleo Diesel	71	78	85	90	102	99	110	113	135	135	136	138	122	91
Óleo Combustível BFP	16	18	19	21	22	21	26	46	61	54	60	61	55	41
Gasolina	95	147	176	206	210	198	201	287	283	251	231	219	191	182
Álcool	-	-	-	-	-	-	170	222	239	202	204	204	184	177
GLP	106	132	136	126	127	121	103	83	82	75	83	89	76	54
Gás Natural Comb.	-	-	-	-	-	24	27	58	79	69	75	74	54	41
Gás Natural Redutor	-	-	-	-	-	17	19	33	33	19	20	26	38	24
Eletricidade Indus.(*)	126	119	130	118	116	114	110	109	130	121	105	103	101	103
Eletricidade Res.(*)	341	326	342	309	286	264	251	217	207	192	169	154	147	129
Carvão Vapor	9	8	9	8	11	11	12	13	18	23	20	18	16	15
Carvão Vegetal	34	38	30	36	28	40	44	47	29	28	33	27	33	36
Lenha Nativa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	27	34
Lenha Reflorest.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38	38	51

FONTE: Balanço Energético Nacional 1987.
NOTA: Preços de 1973
(*) 860 Kcal/KWh

ra econômica, e variações no nível global de atividade econômica. Uma versão mais simples desta metodologia pode ser encontrada em Medina (1975), Darmstadter (1977) ou Criqui (1982).

Assumindo $E^{(t)}ij$ como o volume da energia j consumida pelo setor i no ano t, $Vi^{(t)}$ como o índice da atividade desse setor no mesmo ano, e $Y^{(t)}$ como o índice global de atividade, obtém-se a seguinte identidade:

$$Eij^{(t)} = \frac{Eij^{(t)}}{Vi^{(t)}} \times \frac{Vi^{(t)}}{Y^{(t)}} \times Y^{(t)} \qquad (1)$$

As duas razões constantes desta identidade são definidas como:

Índice de Conteúdo Energético: $Cij^{(t)} = \frac{Eij^{(t)}}{Vi^{(t)}}$

Índice de Estrutura Econômica: $Si^{(t)} = \frac{Vi_{(t)}}{Y_{(t)}}$

Para simplificar a notação, anotemos $Ei = \sum_j Eij$ e

$ET = \sum_i Ei$

Dada uma variação de consumo energético

$$\Delta ET = ET_{(t+1)} - ET_{(t)} = \Sigma_i \Delta Ei = \sum_{i,j} \Delta Eij$$

O método busca repartir essa variação em três efeitos: um devido à variação de conteúdo, o segundo devido à variação de estruturas e o terceiro devido à variação da atividade global.

A versão mais simples deste método utilizada nos trabalhos supracitados, define esses efeitos do seguinte modo:

efeito conteúdo: $ECij = \Delta Cij \times Si_{(t)} \times Y_{(t)}$

efeito estrutura: $ESij = Cij_{(t)} \times \Delta Si \times Y^{(t)}$

efeito atividade: $EAij = Cij_{(t)} \times Si_{(t)} \times \Delta Y$

Entretanto, a soma desses efeitos não corresponde à variação total:

$$Eij = ECij + ESij + EAij + \text{(termos de 2ª. à 3ª. ordem)} \quad (2)$$

Para pequenas variações, o erro é pequeno e pode ser reduzido considerando intervalos menores. Porém, é freqüente alguns efeitos serem da mesma ordem de grandeza que o erro, o que dificulta a interpretação. Por outro lado, tendo uma série temporal, como no caso em análise, é possível eliminar os termos de alta ordem escrevendo:

$$dEij_{(t)} = Vi(t).Y(t)dCij(t) + Cij(t)Y(t)dVi(t) + Cij(t)Vi(t)dy(t) \quad (3)$$

Isto considerando-se que as quantidades evoluem de maneira diferencial no tempo e que as mensurações utilizadas são amostragens discretas de funções contínuas. Ou seja, a diferencial do consumo de energia é a soma exata das diferenciais dos efeitos,

$$dEij(t) = dECij(t) + dESij(t) + dEAij(t)$$

e tem-se,

$$Eij(t'') - Eij(t') = \int_{t'}^{t''} dECij(t) + \int_{t'}^{t''} dESij(t) + \int_{t'}^{t''} dEAij(t)$$

Conhecendo a forma das funções C(t), S(t), Y(t) no intervalo entre os pontos de amostragem, é possível, portanto, efetuar uma decomposição exata (i.é, sem termos de erro).

Como na verdade não se conhece o valor dessas funções fora dos pontos amostrados $t_0, t_1, \ldots, t_n$, tem-se que aproximá-las por interpolação entre esses pontos e as duas interpolações mais simples são a linear e a exponencial. Em Araújo (1983 e 1986) são

apresentados os resultados e os méritos relativos dessas duas funções. Na prática os resultados são quase idênticos, e a exponencial tem a virtude da simplicidade:

Definindo as taxas instantâneas de crescimento como:

$$rij_k = \log (Cij(tk+1)/Cij(tk)),$$

$$si_k = \log (Si(tk+1)/Si(tk)),$$

$$\mu k = \log (Y(tk+1)/Y(tk)) \qquad (4)$$

temos o efeito conteúdo entre tr e tr+1 (EC(k)) =

$$= \Delta Eij(k) . \frac{rij_k}{rij_k + si_k + \mu_k}$$

onde: $\Delta Eij(k) = Eij(tk+1) - Eij(tk)$

e analogamente para os demais. Isto é, a repartição se dá conforme as taxas de variação instantânea de conteúdo, estrutura e atividade.

Por outro lado, a linearidade da integral garante que é legítimo agregar efeitos sobre fontes, setores e períodos e não há necessidade de os índices de atividade serem comensuráveis. Isto permite trabalhar com números índices para as atividades setoriais e global.

IV. A BASE DE DADOS

4.1. Consumo de energia

Os vetores de consumo de energia (Ei) podem ser obtidos, no caso brasileiro, de duas fontes de dados: (i) Censos e Pesquisas Industriais do IBGE e (ii) Balanço Energético Nacional (BEN). No caso dos censos e pesquisas industriais a informação é coletada junto ao estabelecimento industrial que consome energia. No caso do BEN os dados são originados, na sua grande parte, dos

produtores e fornecedores de energia.

Os dados do IBGE são apresentados a nível de gênero até produto enquanto os do BEN somente a nível de gênero. Por outro lado, os dados do IBGE apresentam dois tipos de problemas que inviabilizam seu uso neste tipo de estudo.[5] O primeiro diz respeito ao critério do desdobramento adotado nos censos e pesquisas industriais que procuram separar as diversas unidades de produção dentro de um mesmo endereço industrial (unidade local).

Como, na maioria dos casos, o fornecimento de energia é contabilizado por endereço, então o rateio deste consumo por estabelecimento nem sempre é possível ou, por vezes, realizado segundo critério não uniforme. Contudo, o que mais invalida os dados destas pesquisas refere-se à existência dos setores não produtivos denominados "unidades auxiliares de apoio (utilidades) e de serviço de natureza industrial" que foram, em certos anos, responsáveis por quase 30% do consumo de energia na indústria. Isto é justificável na medida em que estas unidades são consumidoras intensivas de energia, uma vez que englobam as utilidades de água, frio, vapor e ar comprimido, além do que não estão classificadas nos respectivos gêneros de origem.

Descartando os dados do IBGE recorreram-se às estatísticas do BEN. Devido à agregação dos índices de atividade, como será visto adiante, não foi possível manter certas aberturas de gêneros industriais conforme divulgado no BEN para o consumo de energia.

Outra modificação importante na base de dados foi a escolha dos equivalentes energéticos. Em primeiro lugar, enquanto o Balanço Energético Nacional utiliza equivalentes em energia primária e poder calorífico superior (PCS), optou-se por equivalen

---

[5] Sem considerar o problema da "desidentificação" que não individualiza certos dados quando o informante pode ser identificado com bases nestas informações.

tes que refletissem de maneira adequada a energia efetivamente posta à disposição dos usuários finais, com o objetivo de obter uma primeira aproximação à energia útil e para seguir os conceitos mais empregados internacionalmente.

Neste sentido, utilizou-se o conteúdo calorífico da eletricidade (ao contrário do equivalente primário), bem como o poder calorífico inferior (PCI) para os combustíveis. O PCI é igual ao PCS menos o calor consumido na evaporação da água gerada na combustão ou contida nos combustíveis, podendo a diferença entre ele e o PCS ser substancial para alguns tipos de combustíveis. Adicionalmente, utilizou-se o conceito de tEP de 10 Giga-calorias, ao invés das 10,8 utilizadas pelo BEN, o qual tem a vantagem de permitir comparações diretas com dados internacionais. Todas estas modificações são utilizadas nos Balanços Energéticos da Área Interdisciplinar de Energia da COPPE/UFRJ[6].

Resumindo, os dados de consumo, com exceção dos anos de 1971, 1972 e 1985, foram recalculados a partir dos dados primários obtidos junto ao Comitê do Balanço Energético Nacional (COBEN) e trabalhados segundo a metodologia acima. Para aqueles três anos, na ausência dos dados primários, trabalhou-se com os dados publicados pelo BEN, que foram recalculados da mesma forma. Nenhuma distorção aparece com relação aos outros anos, já que os dados de base de consumo final são os mesmos para todo o período.

4.2. Índices de Atividade

Os índices de atividade (Vi e Y) adotados são basicamente aqueles divulgados na Tabela 7.24 da Seção 7, Indústria de IBGE (1987), como os índices de produção física de base fixa. O emprego de índices de quantum faz-se necessário na medida em que se está procurando analisar a intensidade energética por unidade produzida. Entretanto, estes índices referem-se a uma agregação um pouco distinta daquela adotada nos dados do BEN utilizados para estimar o consumo de energia. Embora a classificação do BEN seja a do Códi

[6] Para uma apresentação mais detalhada desta metodologia, ver Bicalho,(1986) e Soares (1986).

go de Atividades da Receita Federal, e portanto próxima à do IBGE, os dados são divulgados, em alguns casos, por setores que correspondem à agregação de gênero ou partição destes. Da mesma forma, realizaram-se estimativas independentes para os dois gêneros que não apresentavam índices para o período 1971/74. Assim, para compatibilizar os índices de produção com os dados de consumo de energia, procederam-se a algumas estimativas que são abaixo sumariadas.

i) Para o período 1971/74, os gêneros extrativo mineral e farmacêutico não eram pesquisados pelo IBGE para cômputo dos índices de produção física. Então, para o setor extrativo utilizaram-se os índices de produto real das Contas Nacionais e para o farmacêutico, na falta de melhor recurso no momento, admitiu-se que a taxa média de crescimento no período 1971/74 foi a mesma ocorrida nos anos seguintes até 1985.

ii) Três agregações de índices foram realizadas para atender à classificação de consumo setorial do BEN, a saber: a) Produtos Alimentares e Bebidas; b) Têxtil e Vestuário, Calçados e Artigos de Tecidos; e c) Mecânica, Material Elétrico e Comunicações; Material de Transporte, Borracha, Farmacêutico, Perfumaria, Sabões e Velas, Matérias Plásticas e Fumo. Estas agregações foram realizadas com base no sistema de peso para cálculo destes índices.[7]

iii) Como deveria ser, o consumo do setor energético está separado do BEN daquele consumo industrial não vinculado ao fornecimento de energia. Então, faz-se necessário expurgar dos índices que estão relacionados com a produção de energia. Para tal, eliminaram-se do setor extrativo mineral os produtos relativos à extração de petróleo, quais sejam o carvão mineral e o gás natural e, do setor químico, o refino de derivados e a destilação de álcool, com base nas quantidades anuais produzidas nestas atividades e no sistema de peso acima referido.

---

[7] Ver IBGE (1986).

iv) Estimaram-se os novos índices agregados para a "indústria geral" considerando as inclusões e as exclusões acima mencionadas.

v) No setor metalúrgico e de minerais não-metálicos o BEN apresenta dados de consumo desagregados por sub-setores. Todavia, não foi possível desagregar satisfatoriamente os índices de produção física segundo esta classificação para os anos anteriores a 1981. Assim, optou-se, no momento, pela utilização destes dados de consumo em sua forma agregada.

vi) Ainda em relação aos minerais não-metálicos, o consumo de energia na fabricação de vidro está incluído no setor "outros". Neste caso não foi possível expurgar o índice do IBGE nem separar este consumo para incluí-lo junto com Cimento e Cerâmica. Acredita-se que os vieses resultantes deste procedimento não serão significativos diante do nível de agregação adotado.

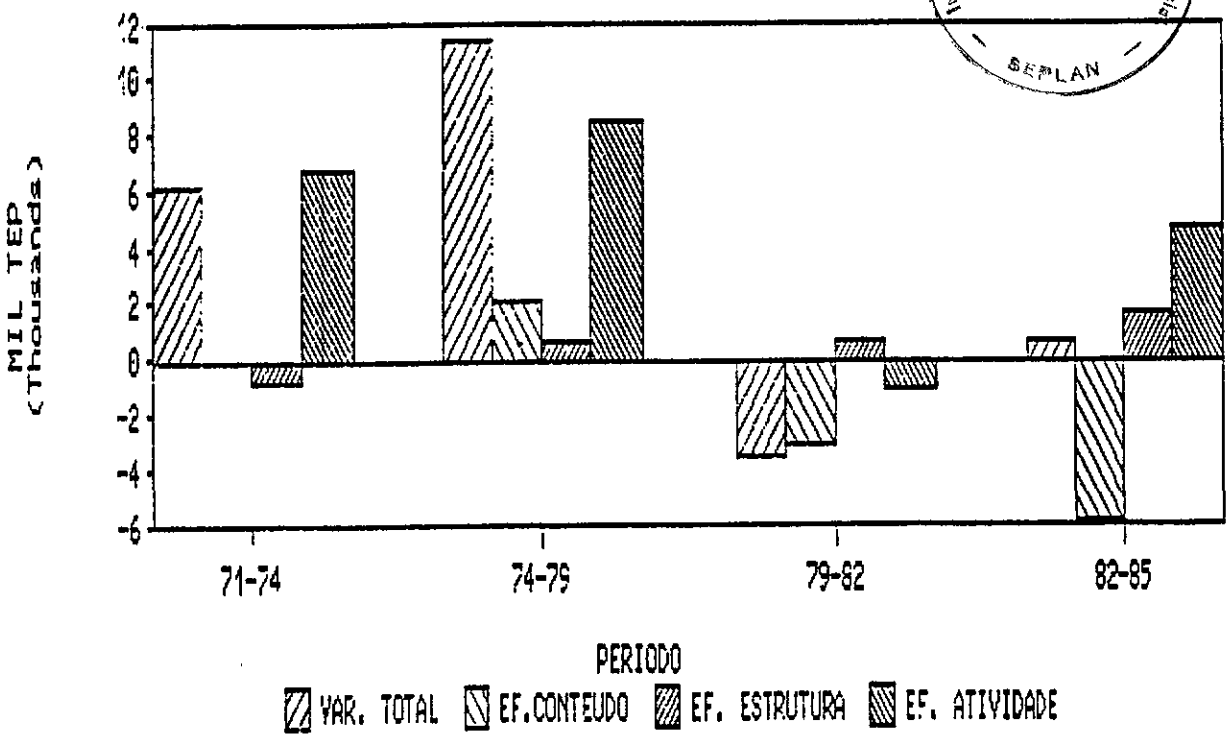
V. RESULTADOS

Os resultados estão apresentados para cada ano e para os períodos: 1971/74, 1974/79, 1979/82 e 1982/85. O período 1971/74, embora com poucas observações, será importante na análise de uma fase de rápida expansão econômica com energia barata. No período seguinte, 1974/79, observa-se uma política de preços de derivados pouco ajustada à nova realidade, na medida em que não internaliza toda a elevação no preço do petróleo importado, mas ainda se presenciam taxas de crescimento razoáveis. Os dois últimos períodos refletem as fases recessivas e de expansão da economia brasileira vis-à-vis uma política energética mais ativa, propondo preços mais realistas para os derivados de petróleo e incentivando substituições, como em 1982, com a expansão do processo de eletrotermia.

Como pode ser observado na Tabela 2 e no Gráfico 1, considerando todos os energéticos consumidos no setor industrial, no período 1971/74, o efeito estrutura foi responsável por um decréscimo no consumo total de apenas 12%, enquanto nos períodos

1974/79 e 1979/82 os valores positivos deste efeito representaram somente um acréscimo de 6 e 21%, respectivamente. Embora no período seguinte, 1982/85, esta contribuição chegue a 147%, ainda fica bem abaixo das contribuições dos efeitos conteúdo e atividade que foram, respectivamente, -728 e 581%.

Entretanto, o sinal positivo desse efeito a partir de 1974 sugere que, a este nível de agregação, a política energética de preços adotada no período não comprometeu o crescimento dos setores mais intensivos em energia.[8]



Instituto de Planejamento Econômico e Social
IPEA/IPLAN
SETOR DE DOCUMENTAÇÃO
SEPLAN

[8] Como já mencionado na introdução deste artigo, utilizando-se dados mais desagregados sobre consumo e atividade seria possível captar os efeitos estruturais ocorridos dentro de cada setor. Esta desagregação está sendo objeto atual de pesquisa dos autores.

Por outro lado, na década de 70 o crescimento acelerado do produto industrial parece ter sido o determinante do consumo de energia neste setor, como mostra a relevância do efeito atividade no período.[9] Já na década de 80 a fase recessiva reverte o sinal do crescimento do consumo de energia, sendo que nestes anos é o efeito conteúdo que predomina como a principal causa desta tendência.

TABELA 2

DECOMPOSIÇÃO DO CONSUMO INDUSTRIAL DE ENERGIA NO BRASIL

FONTE	1971 - 1974				1974 - 1979				1979 - 1982				1982 - 1985			
	ET	EC	EE	EA	ET	EC	EE	EA	ET	EC	EE	EA	ET	EC	EE	EA
ÓLEO COMBUSTÍVEL	2970	336	-170	2804	3977	-119	589	3507	-5244	-5492	516	-268	-2500	-4500	368	1632
		(11,3)	(-5,7)	(94,4)		(-0,03)	(0,15)	(0,88)		(-1,05)	(0,10)	(-0,05)		(-1,80)	(0,15)	(0,65)
OUTROS COMBUSTÍVEIS	3251	519	-455	3187	4966	1139	-33	3860	925	1334	192	-601	1003	-2591	1022	2572
		(0,16)	(-0,14)	(0,98)		(0,23)	(-0,01)	(0,78)		(1,44)	(0,21)	(-0,65)		(-2,58)	(1,02)	(2,56)
ENERGIA ELÉTRICA	966	206	-85	845	2434	1101	122	1211	774	1018	18	-262	2196	1300	339	557
		(0,21)	(-0,09)	(0,88)		(0,45)	(0,05)	(0,50)		(1,32)	(0,02)	(-0,34)		(0,59)	(0,15)	(0,26)
ENERGIA TOTAL	6148	23	-710	6835	11378	2121	679	8578	-3544	-3139	726	-1131	699	-5791	1729	4761
		(0,00)	(-0,12)	(1,12)		(0,19)	(0,06)	(0,75)		(-0,89)	(0,21)	(-0,32)		(-8,28)	(2,47)	(6,81)

NOTAS: (i) ET - Variação do Consumo Total de Energia;
EC - Efeito Conteúdo;
EE - Efeito Estrutura;
EA - Efeito Atividade.

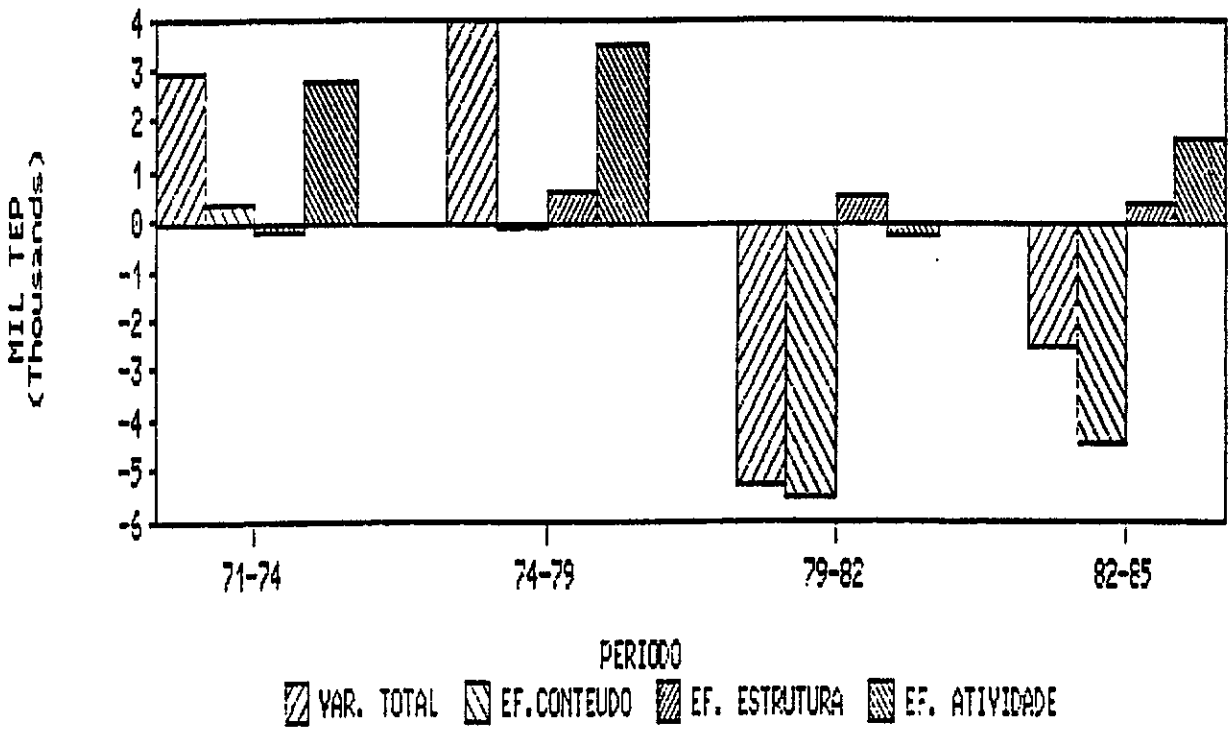
(ii) Os números entre parênteses mostram a relação entre cada efeito e o total de energia consumida (ET).

Contudo, estas avaliações tornam-se mais consistentes quando distinguem os dois principais energéticos da indústria: energia elétrica e óleo combustível. No Gráfico 2 está apresentada a decomposição destes efeitos para o consumo de óleo combustível

[9] Embora com método de decomposição e base de dados distintos, Reis e Oliveira (1979) estimam os efeitos estrutura e conteúdo da intensidade de energia elétrica para o período 1968/73 e 1973/78. Seus resultados para os períodos em questão indicam as mesmas tendências das estimativas aqui apresentadas para os períodos 1971/74 e 1974/79. Todavia, as diferenças metodológicas não permitem comparações diretas entre as magnitudes dos efeitos calculados nos dois estudos.

na indústria. Observa-se que, neste caso, o efeito estrutura, embora não muito expressivo, tem sido positivo a partir de meados da década de 70, mesmo em períodos recessivos, o que pode ser explicado pelo processo de industrialização de bens de capital e intermediários, intensivos em energia, ocorrido nestes anos.

GRÁFICO 2
DECOMPOSIÇÃO DO ÓLEO COMBUSTÍVEL

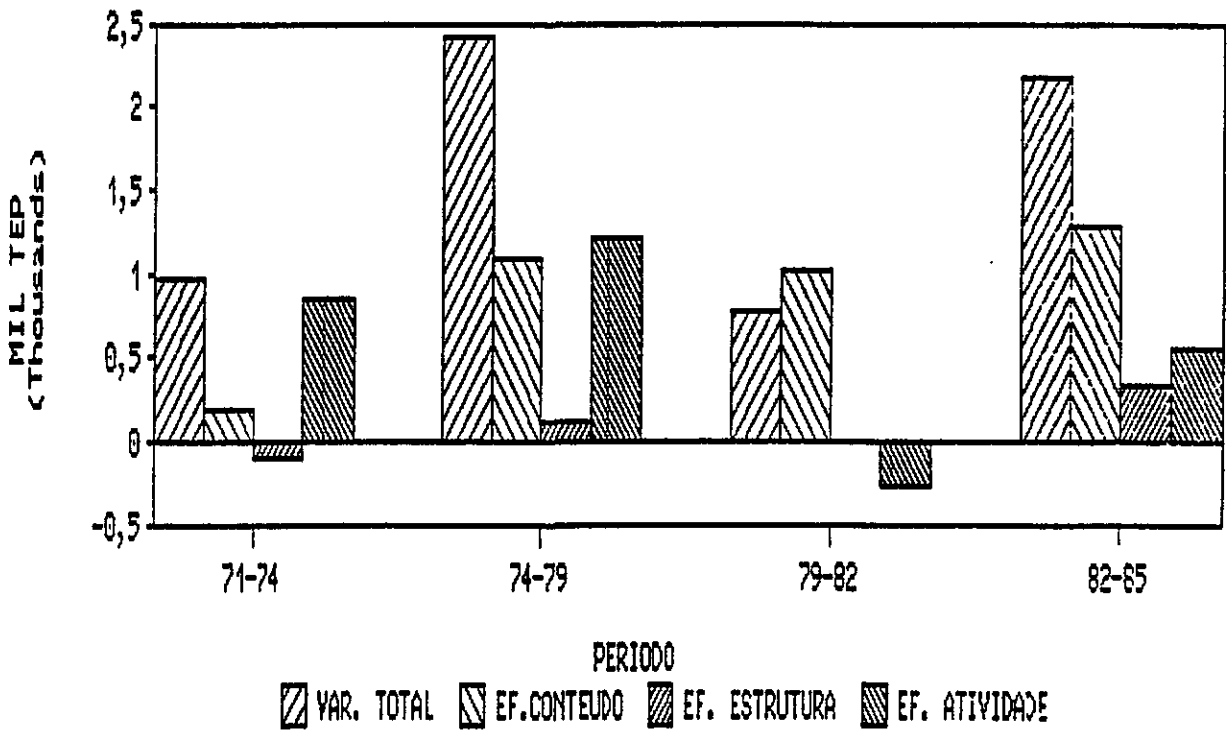


Da mesma forma, nota-se a significativa relevância do efeito conteúdo negativo no consumo de óleo combustível neste mesmo período. Ou seja, a intensidade real deste energético por unidade de produto industrial, expressa no efeito conteúdo, tem sido decrescente mesmo diante de taxas de crescimento positivas (e relativamente maiores) daqueles setores mais intensivos neste derivado. Com base nestes resultados, é possível concluir que o uso de óleo combustível na indústria brasileira em termos técnicos, tem sido exercido eficientemente. Todavia, reduções no conteúdo energético por unidade de produto podem também ser alcançadas via substituição.

Observando o Gráfico 3 é possível notar que o efeito con

teúdo no consumo de energia elétrica na indústria tem sido positivo e crescente. Isto é, o uso de eletricidade tem crescido por unidade de produto e esta tendência, acentuada após 1982, não está relacionada com qualquer mudança na composição do produto na direção de setores mais intensivos em energia elétrica, posto que o efeito estrutura, a este nível de agregação, é pouco significativo.

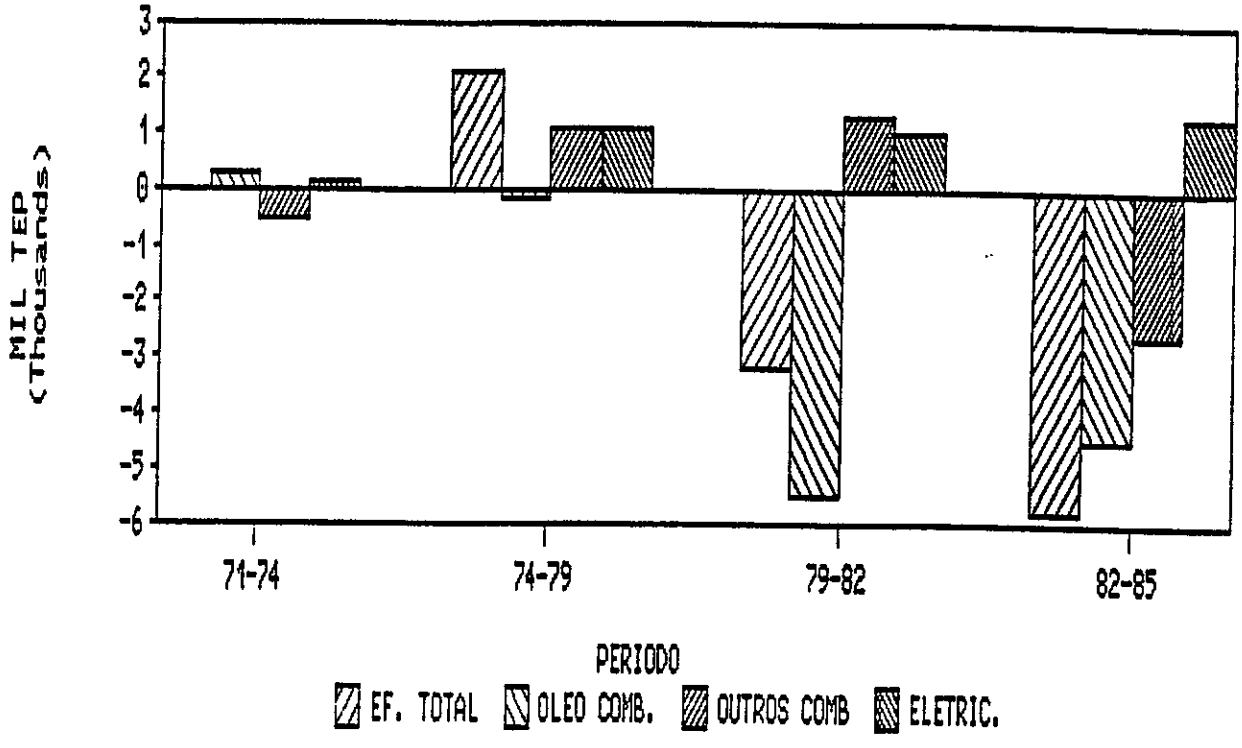
GRAFICO 3
DECOMPOSICAO DA ENERGIA ELETRICA



Retornando ao consumo total de energia, o Gráfico 4 oferece com clareza essa oposição de tendências. Observa-se que a reversão do efeito conteúdo na indústria, durante a década de 80, deve-se quase que exclusivamente à intensidade decrescente de óleo combustível por unidade de produto. Assim estes resultados parecem revelar que ocorreu uma melhoria no uso total de energia no setor industrial. Essa melhoria pode ser explicada por conservação/otimização ou por substituição, devido à mudança de

preços relativos, de combustíveis de baixa eficiência por aqueles de alta eficiência. Conforme mencionado, o efeito estrutural captado não foi significante.

GRAFICO 4
EFEITO CONTEUDO POR FONTE



Não há dúvida de que a substituição de óleo combustível por energia elétrica tem sido incentivada via preços.[10] Isto porque enquanto a energia elétrica era oferecida a preços reais decli nantes, os choques do petróleo forçavam custos reais cada vez mais altos para os consumidores de óleo combustível. Investimen tos de pequeno porte, viabilizados por tarifas elétricas subsi

[10] Não só as tarifas elétricas preferenciais (TGTD) do processo de eletrotermia como também as tarifas normais. Ver Tabela 1.

diadas, permitiram que esta substituição se processasse e, de acordo com nossos resultados, sem prejuízo térmico, dado que no consumo total houve um declínio de intensidade. Da mesma forma, os custos elevados na utilização de óleo combustível podem ter trazido melhorias tecnológicas que permitiram reduções significativas no consumo deste energético.

Outro aspecto importante a ser observado no Gráfico 4 diz respeito à contribuição dos outros combustíveis. O consumo deste grupo de energéticos apresentou efeito conteúdo negativo no período de 1982/85, como no caso do óleo combustível, embora no período anterior, até 1974, este efeito tenha sido positivo. Estes movimentos parecem sugerir as mesmas interferências extraídas quanto à substituição do óleo combustível pela eletricidade, só que em menor escala e acentuada nos anos recentes.

O impacto destes dois fatores — conservação e substituição — parece explicar nossos resultados para a decomposição do consumo total de energia na indústria. Entretanto, para distinguir a preponderância de cada fator é preciso determinar as mudanças ocorridas nos rendimentos absolutos de cada forma de energia, o que no momento ainda não é possível de ser realizado.[11]

VI. COMENTÁRIOS FINAIS

Os resultados aqui apresentados indicam que as mudanças na composição do produto do setor industrial não afetaram significativamente a intensidade energética deste setor, posto que os efeitos estruturais estimados não são significativos quando comparados com os demais efeitos. Por outro lado, o efeito conteúdo positivo da energia elétrica, em contraste com o sinal negativo deste efeito para o óleo combustível, revela que, mesmo descontando os ganhos de conservação, tem ocorrido substituição deste derivado por eletricidade. Estas estimativas e tendências no padrão de consumo de energia na indústria podem ser explicadas

[11] Ou seja, estimar os valores exatos de energia útil.

como decorrência da própria política de preços de energia adotada a partir dos choques de petróleo. Esta foi desenvolvida considerando dois aspectos: (i) restrições cambiais que limitavam a capacidade de importação de petróleo; e (ii) oferta de energia elétrica em expansão viabilizada por empréstimos externos. Logo, o incentivo via preços para a utilização de energia elétrica foi uma resposta imediata a estes condicionantes.

Entretanto, o cenário atual e o esperado nos próximos anos apontam justamente para a direção oposta. Ou seja, parece plausível supor que o nível do preço real do petróleo e o desempenho comercial brasileiro permitam uma folga cambial para um possível incremento na importação ou aumento nos investimentos na exploração de petróleo. Em suma, as limitações para a expansão da oferta de derivados tornam-se menos restritivas.[12]

Por outro lado, a debilidade financeira do setor elétrico, resultante de tarifas artificiais e do serviço da dívida externa, limitam as possibilidades de financiamento para a expansão do setor. Além do mais, questões técnicas ambientais impõem outras restrições a esta expansão, seja na alternativa hidroelétrica ou na nuclear.

Dessa forma, estes resultados e previsões parecem indicar que uma política de preços mais realista criaria condições não só para uma estabilização na demanda de eletricidade como também, e principalmente, poderia viabilizar outros combustíveis nobres atualmente disponíveis como, por exemplo, o gás natural.

---

[12] Embora exista atualmente um excedente de óleo combustível, há que se considerar as implicações na estrutura de refino da PETROBRÁS devido a um contínuo incremento no consumo do óleo combustível vis-à-vis o perfil de consumo dos outros derivados. Por outro lado, a expansão do consumo de gás natural não causaria tal restrição.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO. J.L. Structural analysis of energy; economy relationship in Brazilian industry. Trabalho apresentado num curso promovido pelo IAEA-International Atomic Energy Agency, em Ljubljana, Yuguslávia em junho 1983.

ARAÚJO, J.L. Structural decomposition models. Seminário proferido no Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, fevereiro 1986.

BICALHO, R.G. Reflexões críticas sobre o Balanço Energético-Brasileiro. Rio de Janeiro, 1986. Tese (M) Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE-AIE.

BOYD, G. et alii. Separating the changing composition of U.S. manufacturing production from energy efficiency impronements: a divisia index approach. The Energy Journal, 8 (2): 77-96, Apr. 1987.

CRIQUI, P. Etude des impacts des "chocs petroliers" sur la consommation d'energie. Grenoble: IEJE-Institut Economique et Jurydique de l'Energie.

DARMSTADTER, J. et alii. How industrial societies use energy: a comparative analysis. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1977.

IBGE. Índices da produção industrial: séries revistas, 1975-85. Rio de Janeiro, 1986.

IBGE. Séries estatísticas retrospectivas; v.3 - estatísticas históricas do Brasil: sociais de 1500 a 1985. Rio de Janeiro, 1987.

MEDINA, E. Consommation d'energie, essai de comparaisons internacionales. Economie et Statistique, (66):3-21, avr. 1975.

ÖSTBLOM, C. Energy use and structural changes: factors behind the fall in Sueden's energy output ratio. Energy Economics, 4 (1):21-8, Jan. 1982.

PERCEBOIS, J. Is the concept of energy intensity meaningful? Energy Economics, 1 (3):148-55, July 1979.

REIS, J.G.A. & OLIVEIRA, D. Notas sobre a oferta e demanda de energia elétrica no Brasil. Rio de Janeiro: INPES/IPEA, 1979. Mimeo.

SOARES, V.R. A questão do gás natural, dos carvões energéticos e do poder calorífico do BEN. A contabilização da cana-de-açúcar e seus derivados no BEN. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE BALANÇOS ENERGÉTICOS, 1. Itaipava, RJ, 3-6 dez. 1986. Anais... Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE/AIE, 1988. p. 128-85.

TEXTOS PARA DISCUSSÃO INTERNA

EDITADOS A PARTIR DE 1987

Nº 104 - "Estudos para a Reforma Tributária - Tomo 1: Proposta de Reforma do Sistema Tributário Brasileiro", Fernando A. Rezende da Silva, Março 1987, 63 p.

Nº 105 - "Estudos para a Reforma Tributária - Tomo 2: Tributação de Renda e do Patrimônio", Francisco de Paulo Correia Carneiro Giffoni e Luiz A. Villela, Fevereiro 1987, 67 p.

Nº 106 - "Estudos para a Reforma Tributária - Tomo 3: Tributação de Mercadorias e Serviços", Ricardo Varsano, Fevereiro 1987, 165 p.

Nº 107 - "Estudos para a Reforma Tributária - Tomo 4: Contribuições Sociais", Fernando A. Rezende da Silva e Beatriz A. Silva, Fevereiro 1987, 94 p.

Nº 108 - "Estudos para a Reforma Tributária - Tomo 5: Federalismo Fiscal", José Roberto Afonso e Thereza Lobo , Março, 153 p.

Nº 109 - "A Aritmética da Escala Móvel: Uma Análise do Comportamento do Salário Real num Regime de Reajustes, com Periodicidade Endógena", Fábio Giambiagi, Março 1987, 30 p.

Nº 110 - "Inflação, Preços Mínimos e Comercialização Agrícola: A Experiência dos Anos Oitenta", Gervásio Castro de Rezende, Abril 1987, 39 p.

Nº 111 - "A Política Salarial e a Crise Econômica", Fernando A. Rezende da Silva, Maio 1987, 32 p.

Nº 112 - "Surplus Labor and Industrialization", Kevin M. Murphy, Andrei Shleifer e Robert W. Vishny, Maio 1987 , 19 p.

Nº 113 - "Um Modelo de Consistência Multissetorial para a Economia Brasileira", Márcio Gomes Pinto Garcia, Maio 1987, 42 p.

Nº 114 - "Endividamento Municipal: O Estado Atual das Dívidas das Capitais Estaduais", Thompson Almeida Andrade, Agosto 1987, 26 p.

Nº 115 - "Modelo de Equilíbrio Geral para o Brasil com Fluxos Reais e Financeiros Integrados", Marco Antonio Cesar Bonomo, Outubro 1987, 43 p.

Nº 116 - "Elasticidades de Engel no Brasil usando um Sistema de Equações com Especificação LOGIT", José W. Rossi e Cesar das Neves, Outubro 1987, 15 p.

Nº 117 - "Projeções do IPCA", Pedro L. Valls Pereira e Sergio S. Portugal, Outubro 1987, 36 p.

Nº 118 - "A Carteira de Trabalho e as Condições de Trabalho e Remuneração dos Chefes de Família no Brasil", Ricardo Paes de Barros e Simone Varandas, Outubro 1987, 28 p.

Nº 119 - "Perspectivas e Necessidades Educacionais da Mão-de-Obra", Manoel Augusto Costa, Outubro 1987, 16 p.

Nº 120 - "Modelo Multissetorial CEPAL/IPEA para o Brasil", Fábio Giambiagi, Guilherme Gomes Dias, Juan José Pereira e Márcio Gomes Pinto Garcia, Outubro 1987, 124 p.

Nº 121 - "A Reforma Fiscal no Processo de Elaboração da Nova Constituição", Fernando A. Rezende da Silva e José Roberto R. Afonso, Novembro 1987, 53 p.

Nº 122 - "Avaliação do Sistema Tributário Proposto no Projeto de Constituição", Ricardo Varsano, Novembro 1987 35 p.

Nº 123 - "O Orçamento Brasileiro: seu Processo Atual e as Reformulações Propostas no Projeto Constitucional", Maria da Conceição Silva, Novembro 1987, 30 p.

Nº 124 - "As Contribuições Sociais no Projeto de Constituição", Beatriz Azeredo, Novembro 1987, 55 p.

Nº 125 - "Endividamento Municipal: Análise da Situação Financeira de Quatro Capitais Estaduais (São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Salvador)", Thompson A. Andrade, Novembro 1987, 33 p.

Nº 126 - "Ajuste Externo e Agricultura no Brasil: 1981/86", Gervásio Castro de Rezende, Dezembro 1987, 46 p.

Nº 127 - "Considerações sobre a Relação entre a Dívida Pública e a Inflação", José W. Rossi, Dezembro 1987, 09 p.

Nº 128 - "Estratégias de Desenvolvimento: América Latina vs. Leste Asiático", Armando Castelar Pinheiro, Dezembro 1987, 35 p.

Nº 129 - "Industrial Policies and Multinational Enterprises in Latin America", Helson C. Braga e Virene Matesco, Dezembro 1987, 30 p.

Nº 130 - "A Sensibilidade das Medidas de Desigualdade à Padronização da Jornada de Trabalho", Ricardo Paes de Barros, Janeiro 1988, 28 p.

Nº 131 - "Influência das Paridades Cambiais sobre a Dívida Externa: O Caso Brasileiro - 1983/86", Fábio Giambiagi, Janeiro 1988, 23 p.

Nº 132 - "O (Des) controle do Endividamento de Estados e Municípios - Análise Crítica das Normas Vigentes e Propostas de Reforma", Fernando Rezende e José R. Afonso, Janeiro 1988, 75 p.

Nº 133 - "O Efeito-Tanzi" e o Imposto de Renda da Pessoa Física: Um Caso de Indexação Imperfeita", Fábio Giambiagi, Março 1988, 17 p.

Nº 134 - "Estimação e Resultados do MOPSE - Modelo para Projeções do Setor Externo", Sandra M. Polónia Rios, Regis Bonelli, Eustáquio J. Reis, Março 1988, 86 p.

Nº 135 - "Investimento em Capital Fixo na Economia Brasileira: Estimativas Trimestrais para o Período 1975/87", Armando Castelar Pinheiro e Virene Matesco, Março 1988, 23 p.

Nº 136 - "Os Investimentos Governamentais na Infra-Estrutura Social: O Caso do FINSOCIAL", Bernhard Beiner , Abril 1988, 27 p.

Nº 137 - "Testes de Exogeneidade da Moeda para a Economia Brasileira", Pedro L. Valls Pereira e João Luiz Mascolo, Maio 1988, 22 p.

Nº 138 - "A Receita Fiscal no Brasil: 1982/87 - Análise do Comportamento da Arrecadação Global e da sua Composição", Fábio Giambiagi, Maio 1988, 18 p.

Nº 139 - "O Brasil e a Atual Rodada de Negociações do GATT" , José Tavares de Araujo Jr, Maio 1988, 21 p.

Nº 140 - "Produtividade e vantagens comparativas dinâmicas na indústria brasileira: 1970/83", Helson C. Braga e Ernani Hickmann, Junho 1988, 23 p.

Nº 141 - "Dívidas e Déficits: Projeções para o Médio Prazo" , E.J. Reis, R. Bonelli e S.M. Polónia Rios, Junho 1988, 45 p.

Nº 142 - "Importação de Tecnologia e Esforço Tecnológico da Indústria Brasileira: Uma Análise de seus Fatores Determinantes", Helson C. Braga e Larry N. Willmore, Junho 1988, 32 p.

Nº 143 - "Estimativas de Preços Econômicos no Brasil", Ronaldo Serôa da Motta, Junho 1988, 18 p.

Nº 144 - "Migrações Interestaduais no Brasil, 1950/80", Manoel Augusto Costa, Junho 1988, 55 p.

Nº 145 - "Distribuição de Renda: Evolução no Último Quarto de Século", Regis Bonelli e Guilherme Sedlacek, Junho 1988, 23 p.

Nº 146 - "Cenários Demográficos Regionais até 2005", Manoel Augusto Costa, Junho 1988, 38 p.

Nº 147 - "Demanda Derivada de Energia no Transporte de Passageiro", Newton de Castro, Julho 1988, 41 p.

Nº 148 - "Mobilidade entre Classes de Renda no Brasil", Manoel Augusto Costa, Julho 1988, 50 p.

Nº 149 - "Uma Análise Comparativa de Alguns Resultados do Suplemento Previdência da PNAD-83 e Dados da DATAPREV", Kaizô Iwakami Beltrão e Francisco Eduardo Barreto de Oliveira, Julho 1988, 36 p.

Nº 150 - "Os Conceitos de Custo da Dívida Mobiliária Federal e Déficit Operacional do Setor Público: Uma Crítica" , Fábio Giambiagi, Julho 1988, 18 p.

Nº 151 - "Linkages and Economic Development: the Case of Brazil Reconsidered", Benedict J. Clements e José W. Rossi, Agosto 1988, 22 p.

Nº 152 - "On the Empirical Content of the Formal-Informal Labor Market Segmentation Hypothesis", Ricardo Paes de Barros, Agosto 1988, 50 p.

Nº 153 - "Estabelecimento e Comparação de Linhas de Pobreza para o Brasil", Sonia Rocha, Setembro 1988, 41 p.

Nº 154 - "Trend, Seasonality and Seasonal Adjustment" , A. C. Harvey e Pedro L. Valls Pereira, Setembro 1988, 50 p.

O INPES edita ainda as seguintes publicações: Pesquisa e Planejamento Econômico; Literatura Econômica; Coleção Relatórios de Pesquisa; Série Monográfica; Série PNPE; Série Estudos de Política Industrial e Comércio Exterior (EPICO); Relatório Interno; Informes Conjunturais; Boletim Conjuntural; Série Estudos sobre Economia do Setor Público (ESEP); Série Fac-Símile; Informe Técnico INPES e Carta de Conjuntura.