

PROGRAMA NACIONAL DE PESQUISA ECONÔMICA - PNPE

Série Fac-Símile nº 8

ENERGIA E ECONOMIA:

Um Modelo Integrado

Eduardo Marco Modiano

(Versão apresentada ao PNPE em junho/1982)

Rio de Janeiro

março - 1983

Os trabalhos reproduzidos na *Série Fac-Simile* são produto de pesquisas financiadas pelo PNPE e a tiragem de cada volume é de 100 exemplares. Os textos não são submetidos a nova revisão dos autores e representam a cópia fiel dos originais datilográficos entregues ao INPES/IPEA por ocasião do término dos projetos.

As opiniões emitidas neste trabalho são da inteira e exclusiva responsabilidade de seu(s) autor(es), e não exprimem necessariamente o ponto de vista das entidades promotoras do PNPE.

## SUMÁRIO

I	- Introdução .....	1
II	- O Modelo Macroeconômico .....	5
III	- O Modelo de Otimização .....	85
IV	- O Modelo Integrado Energia/Economia .....	115
V	- Simulações com o Modelo Integrado: 1981-1990 .....	135

## I. INTRODUÇÃO

Esta pesquisa tem por objetivo a análise das interrelações do setor energético e a economia brasileira. Com tal propósito é desenvolvido um modelo analítico de médio porte composto por dois módulos distintos. O módulo macroeconômico é descritivo, caracterizando uma economia aberta bisetorial (agricultura e indústria) através de equações estimadas econometricamente e identidades contábeis. O módulo representativo do setor energético nacional é normativo. As demandas por formas energéticas para utilização final e as ofertas de fontes primárias de energia, são compatilizadas segundo o critério de minimização de custos. Na interface entre os dois módulos, as demandas e ofertas de energia estão relacionadas com os agregados macroeconômicos.

O diagrama da Figura 1 descreve sumariamente as interligações básicas do modelo integrado energia/economia. O módulo macroeconômico gera estimativas dos agregados de produção e preços a partir da evolução das variáveis tradicionais de política econômica. O bloco Energia, que constitui o elemento de ligação entre os dois módulos, determina as demandas e ofertas de energia como função apenas dos preços. O modelo de otimização, que constitui o módulo representativo do setor energético, determina os preços e as quantidades que equilibram a oferta e a demanda por energia. Estes resultados são então repassados ao módulo macroeconômico e incorporados às previsões sobre a evolução da economia como um todo.

O módulo macroeconômico é constituído por sete blocos:

- Demanda Agregada

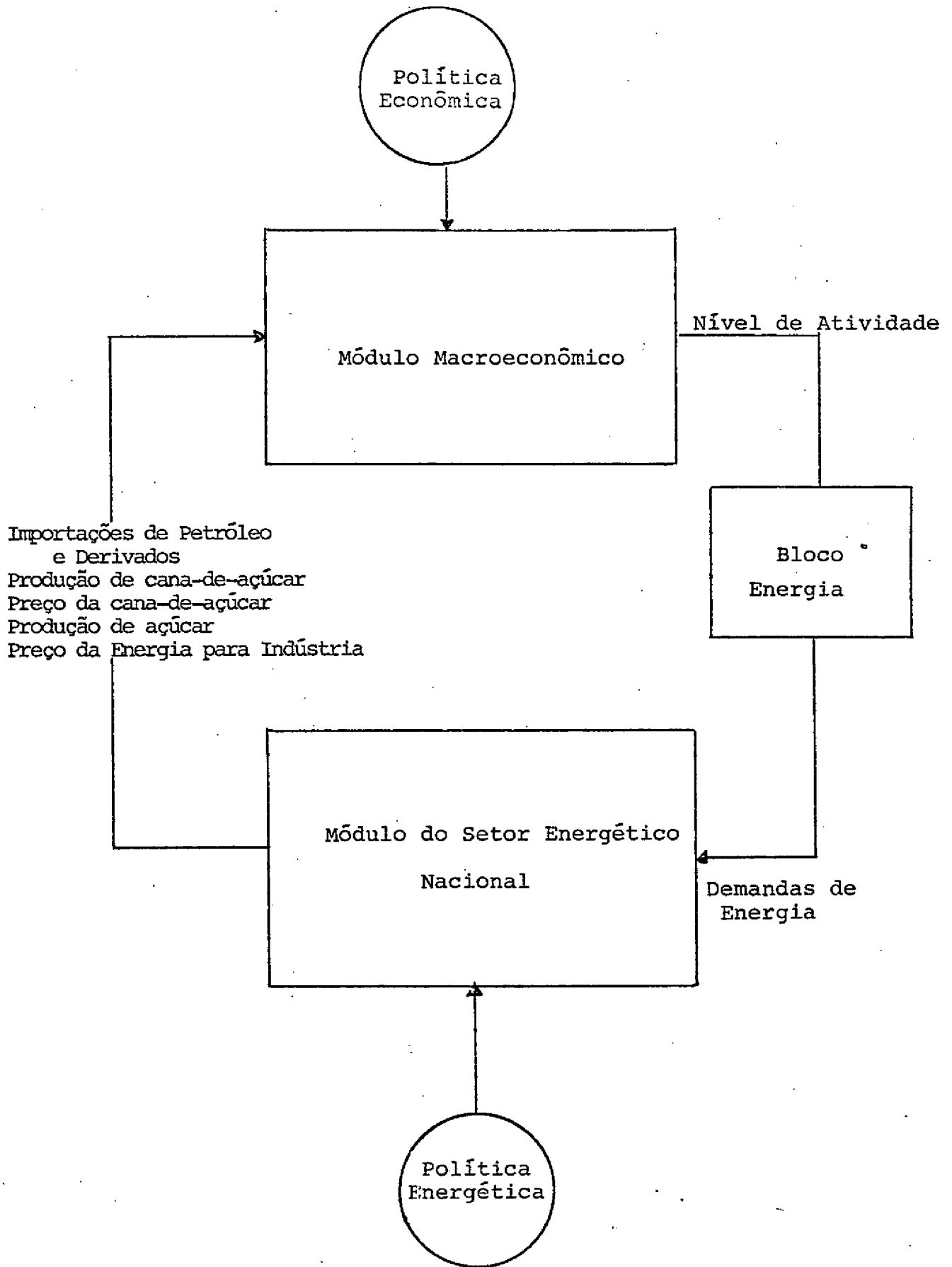


Figura 1

- Produção Agrícola
- Produção Industrial
- Preços Agrícolas
- Preços Industriais
- Importações
- Exportações

A composição dos blocos do módulo macroeconômico do mo  
delo integrado é detalhada na seção II.

Na seção III do trabalho é descrito o modelo de otimização que caracteriza o setor energético nacional na modelo in  
tegrado. Os fundamentos teóricos para a interligação dos dois módulos assim como o bloco Energia, que constitui o elemento de interface, são apresentados na seção IV. Finalmente, na seção V, são discutidos resultados obtidos, simulando com o modelo in  
tegrado a economia brasileira no período 1981-1990.



## II. O MODELO MACROECONÔMICO

### II.1 - Bloco da Demanda Agregada

O bloco da demanda agregada associa o nível de atividade da economia às variáveis de política econômica e fiscal. Dado o nível de atividade procede-se então à determinação das demandas por formas de utilização final da energia e à integração com o modelo de otimização do setor energético.

Na versão atual do modelo o bloco da demanda agregada é constituído por uma única equação, que pode ser interpretada como a forma reduzida do seguinte modelo:

$$\text{Demanda de Moeda: } M^d = Pf(Y, r, \hat{P})$$

$$\text{Oferta de Moeda: } M^s = \bar{M}$$

$$\text{Equilíbrio no Mercado Monetário: } M^s = M^d$$

$$\text{Composição da Renda Nacional: } Y = C + I + G + B$$

$$\text{Formação Bruta do Capital Fixo: } I = g(Y, r, \hat{P})$$

$$\text{Gastos do Governo: } G = \bar{G}$$

$$\text{Consumo Agregado: } C = cY$$

$$\text{Saldo da Balança Comercial: } B = bY$$

onde  $Y$  denota o nível de atividade,  $\hat{P}$  indica a taxa de inflação e  $r$  representa a taxa de juros real. Resolvendo o modelo para a renda e a taxa de juros, obtemos uma equação em forma reduzida para o nível de atividade, que em taxas de crescimento é



$$\dot{Y} = a_0 + a_1 \dot{m} + a_2 \dot{g}_Y + a_3 \dot{P}$$

onde  $m$  denota o estoque real de moeda da economia,  $g_Y$  a participação dos gastos do Governo na renda e  $\dot{P}$  a variação na taxa de inflação.

A equação acima estimada por mínimos quadrados para o período 1966-1980, resulta em

$$Y1RT = .0642 + .3040 M1RT + .1832 GYRT + .0989 (PD1T - PD1T(-1))$$

(13.12) (6.097) (2.749) (3.263)

$$R^2 = .8471; \quad DW = 1.53; \quad SER = .014$$

onde: Y1RT - taxa de crescimento da renda real.

M1RT - taxa de crescimento do estoque real de moeda.

GYRT - taxa de crescimento da participação do Governo na renda nacional.

PD1T - taxa de inflação dos preços no atacado - (disponibilidade interna).

Nas simulações com o modelo integrado, descritas na seção V, com o propósito de evitar a simultaneidade na determinação das taxas de inflação e crescimento, utilizou-se a equação de demanda agregada estimada por Lara-Resende e Lopes\*, para o período 1960-1978:

---

\* L. Resende, A. e F.L. Lopes, "Inflação e Balanço de Pagamentos: Uma análise Quantitativa das Opções de Política Econômica", Relatório de Pesquisa, Nº 1, Departamento de Economia, PUC-RJ, Março de 1981.

$$Y1RT = 0.0585 + .1886 M1RT + .0998 M1RT (-1) + .2860 GYRT$$

(5.95)
(4.66)
(2.64)
(4.74)

$$R^2 = .894; \quad DW = 1,57; \quad SER = .014; \quad \text{Rho} = .629$$

Esta especificação alternativa pode ser vista como um caso especial do modelo acima, quando  $f$  e  $g$  não dependem de  $\hat{P}$  ( $a_3 = 0$ ) e existe uma parcial defasagem na relação entre moeda e nível de atividade.

## II.2 - Bloco da Produção Agrícola

O setor agrícola do modelo gera quatro produtos identificados como:

- trigo
- cana-de-açúcar
- abastecimento interno não-trigo
- exportáveis tradicionais não-cana

Nesta seção são descritas as estimativas econométricas para a oferta destes produtos à exceção da cana-de-açúcar, que integra o Bloco Energia, assim como a composição dos índices de produção agrícola agregada.

### II.2.1 - Composição do Produto Agrícola

O produto agrícola foi inicialmente desagregado em dois grandes grupos; os produtos para o abastecimento interno (AI) e os exportáveis tradicionais (ET). Esta decomposição foi feita segundo o principal mercado consumidor para o produto. No grupo dos exportáveis tradicionais estão incluídos o café, a soja, o cacau, a laranja, o algodão, o fumo e a cana. Pode-se verificar pela Tabela 1 que tais produtos representaram cerca de 1/4 da produção agrícola de 1970.

Tomando como base o ano de 1970, foi construído pelo

TABELA 1  
PARTICIPAÇÃO DOS EXPORTÁVEIS NA PRODUÇÃO  
AGRÍCOLA - 1970\*

	Valor da Produção (Cr\$ milhões)	%
café	1.476.342	6.03
soja	430.906	1.76
cacau	377.043	1.54
laranja	450.492	1.84
algodão	1.344.132	5.49
fumo	288.903	1.18
cana	1.579.172	6.45
produção dos ET	5.946.990	24.29
produção agrícola	24.483.282	100.00

Fonte: Anuário Estatístico do IBGE - 1972.

método de Laspeyres, um índice de quantum para a produção de exportáveis tradicionais (Y6ET).

O índice de quantum para o abastecimento interno (Y6AI) foi então obtido como o resíduo do índice da produção agropecuária das Contas Nacionais de acordo com a fórmula:

$$Y6AI(J) = \left[ \frac{\overset{?}{Y6R(J)} \times VP(70) - \sum_I PE(I,70) \times QE(I,J)}{VP(70) - \sum_I PE(I,70) \times QE(I,70)} \right] \times 100$$

onde Y6AI(J) - índice de quantum da produção agrícola para abastecimento interno no ano J.

VP(70) - valor da produção agrícola em 1970.

PE(I,J) - preço exportável I no ano J.

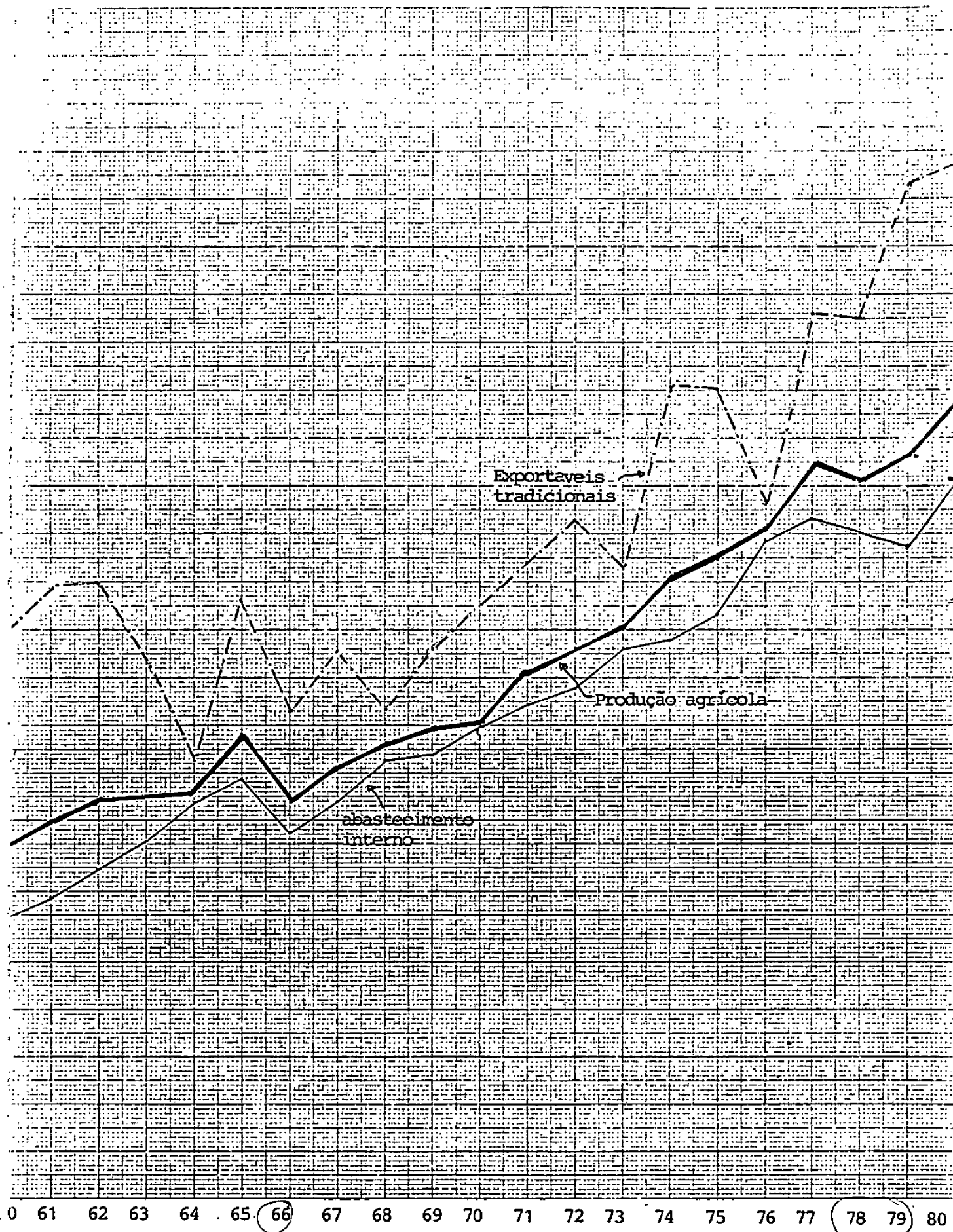
QE(I,J) - quantidade produzida do exportável I no ano J.

Y6R(J) - índice de quantum do produto agrícola no ano J.

Os índices Y6AI e Y6ET podem ser comparados através da Figura 2. Pode-se notar a estabilidade relativa do índice de quantum de produtos de abastecimento interno em contraste com as flutuações no índice de quantum dos produtos exportáveis tradicionais. Estas flutuações podem ser atribuídas em grande parte a variações nas condições climáticas, tais como a ocorrência de geadas na lavoura cafeeira, que representa 6% da produção total e 25% da produção de exportáveis no ano de 1970.

A taxa de crescimento média dos produtos de abastecimento interno, dos exportáveis e da produção-agrícola total pa

Fig. 2 - Índice de Quantum da Produção Agrícola Total, dos Exportáveis Tradicionais e dos Produtos de Abastecimento Interno



ra o período 1960-1980 é de 5,3%, 4,4% e 4,9% ao ano respectivamente. No período de 1960 a 1970 a taxa de crescimento dos produtos AI é superior a taxa dos ET. O abastecimento interno cresce em média cerca de 5,6% ao ano, enquanto os exportáveis de -0,44% ao ano. Entretanto, entre 1970 e 1980, os exportáveis tem crescimento médio de 9,2% ao ano, superando os produtos de abastecimento interno que se expandem em média a 4,2% ao ano. O principal fator desta expansão dos ET parece ser a evolução da produção da soja, que passa de uma participação de 1,76% no valor da produção de exportáveis em 1970 para 23,1% em 1979, com um crescimento médio na quantidade produzida de aproximadamente 20% ao ano.

Nesta seção é estimada, com base nos índices de quantum, uma curva de transformação para a agricultura. Tal curva foi especificada de forma genérica como uma função translogarítmica de Jorgenson, Cristensen & Lau. Esta função que constitui uma aproximação logarítmica de segunda ordem a qualquer curva de transformação, tem para dois produtos  $Q_1$  e  $Q_2$ , o seguinte formato:

$$\log Q = \alpha_0 + \alpha_1 \log Q_1 + \alpha_2 \log Q_2 + \frac{1}{2} \sum_{i,j=1,2} \beta_{ij} (\log Q_i) (\log Q_j)$$

$$\text{com } \beta_{ij} = \beta_{ji} \quad i, j = 1, 2$$

Assumindo homogeneidade do grau 1 obtemos as seguintes restrições sobre os coeficientes:

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 1$$

e,

$$\sum_j \beta_{ij} = 0 \quad i = 1, 2$$

Após a substituição das restrições acima obtemos:

$$\log(Q/Q_2) = \alpha_0 + \alpha_1 \log(Q_1/Q_2) + 1/2 \beta_{11} [\log(Q_1/Q_2)]^2$$

que no caso em que  $\beta_{11} = 0$ , é equivalente a uma curva de transformação Cobb-Douglas.

O formato flexível da curva de transformação translogarítmica permite representar pesos variáveis para as partes com componentes do índice agregado, de tal forma que:

$$\frac{\partial \log Q}{\partial \log Q_1} = \alpha_1 + \beta_{11} \log(Q_1/Q_2)$$

e

$$\frac{\partial \log Q}{\partial \log Q_2} = (1 - \alpha_1) - \beta_{11} \log(Q_1/Q_2)$$

Assim sendo o peso de  $Q_1$  ( $Q_2$ ) no produto agregado  $Q$  aumenta quando  $Q_1/Q_2$  cresce (decrece). No caso da curva de transformação Cobb-Douglas ( $\beta_{11} = 0$ ) estes pesos são constantes e iguais a  $\alpha_1$  e  $(1 - \alpha_1)$ .

Para o produto agrícola a equação estimada pelo método de mínimos quadrados com correção para correlação serial Cochrane-



Orcutt para o período de 1960-1980 foi

$$\log \left( \frac{Y6R}{Y6AI} \right) = 0,00013 + 0,2395 \log \left( \frac{Y6ET}{Y6AI} \right) + 0,1067 \left[ \log \left( \frac{Y6ET}{Y6AI} \right) \right]^2$$

(1.4045)      (427.720)      (140.873)

$$R^2 = 1.00; F(2,17) = 0,1406 \times 10^7; DW = 1.99; RHO = -0,13; SER = 0,00014$$

## II.2.2 - Composição dos Exportáveis Tradicionais

Devido à possibilidade de utilização da cana-de-açúcar em larga escala na produção de álcool em substituição à gasolina derivada do petróleo, os exportáveis tradicionais são posteriormente desagregados em cana-de-açúcar e outros produtos. A cana-de-açúcar representa aproximadamente 26% do valor das exportações tradicionais no ano-base de 1970 e o açúcar até então seu principal derivado, 4,6% do valor total das exportações brasileiras.

Utilizando o critério de Laspeyres descrito na subseção anterior, foi construído um índice de quantum da produção de exportáveis não-cana através da fórmula

$$Y6NC(J) = \left[ \frac{\sum_I PE(I,70) \times QE(I,J) - PC(70) \times QC(J)}{VPE(70) - (PC(70) \times QC(70))} \right]$$

onde: Y6NC(J) - índice de quantum da produção de exportáveis exclusive cana-de açúcar no ano J (1970 = 100).

VPE(J) - valor da produção de exportáveis tradicionais no ano J.

PC(J) - preço da cana-de-açúcar no ano J.

QC(J) - quantidade de cana-de-açúcar produzida no ano J.

A Figura 3 ilustra o crescimento da lavoura canavieira no decorrer da década de setenta que se acelera a partir de 1976, com a introdução do Programa Nacional do Alcool. A taxa de crescimento da produção de cana-de-açúcar no período 1960-1980 foi de 3,6% ao ano, sendo que na década de 70 essa taxa passa a 6,4% ao ano e a partir de 1976 atinge 9,9% ao ano. Os exportáveis não-cana tem também notável expansão nos anos setenta, quando a taxa média de crescimento atinge 11,4% ao ano. Esta taxa é mais do que duas vezes superior a taxa média observada no período 1960-1980 de 5,2% ao ano.

A forma translogarítmica da curva de transformação entre cana-de-açúcar (Y6CA) e os exportáveis não-cana (Y6NC) estimada por mínimos quadrados para o período 1960-1980 resultou em:

$$\log \left( \frac{Y6ET}{Y6NC} \right) = -0,00025 + 0,2611 \log \left( \frac{Y6CA}{Y6NC} \right) + 0,0812 \left[ \log \left( \frac{Y6CA}{Y6NC} \right) \right]^2$$

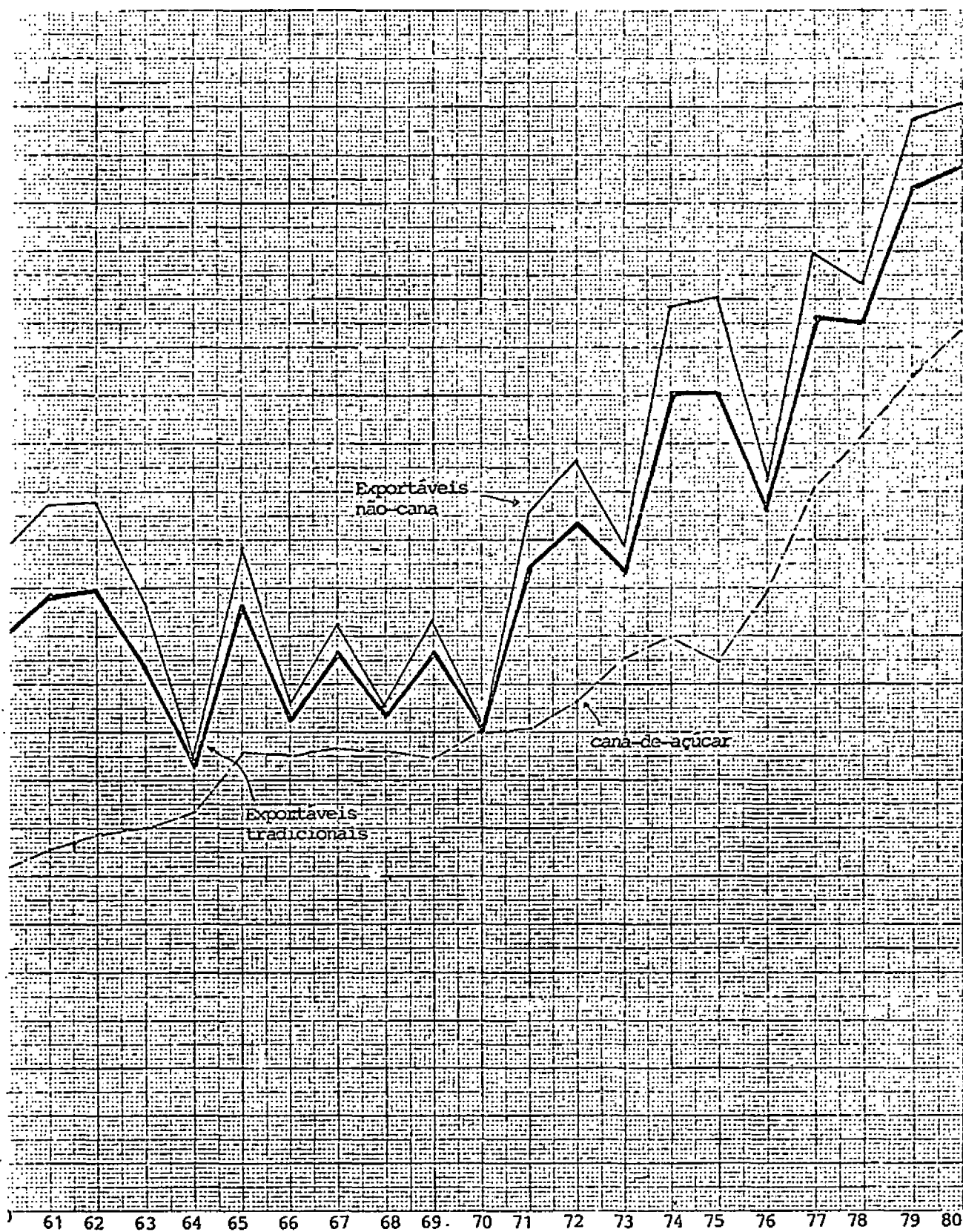
(3.111)            (504.090)            (116.461)

$$R^2 = 1.0; DW = 2.02; SER = 0,00012$$

### II.2.3 - Composição do Abastecimento Interno

O trigo se distingue dos demais produtos agrícolas para o abastecimento interno devido a seu peso no valor das importações brasileiras. É sem dúvida o principal produto agrícola im

Fig. 3 - Índice de Quantum da Produção dos Exportáveis Tradicionais, da cana-de-açúcar e dos exportáveis não-cana



portado e a definição de uma política para o trigo é imprescindível num programa de redução e substituição de importações. Na década de sessenta as importações de trigo representavam cerca de 10% das importações brasileiras. O aumento dos preços do petróleo reduziu a importância relativa do trigo na década de setenta. Atualmente o trigo constitui aproximadamente 3 a 4% do valor total das importações e 8 a 9% do valor das importações exclusive petróleo.

Deduzindo-se do índice de quantum de produtos para o abastecimento interno, a parcela correspondente à produção doméstica de trigo obtém-se como resíduo um índice de quantum da produção para o abastecimento interno exclusive trigo, através de

$$Y6NT(J) = \left[ \frac{\frac{Y6R(J) \times VP(70)}{100} - \sum_I PE(I,70) \times QE(I,J) - PT(70) \times QT(J)}{VP(70) - \sum_I PE(I,70) \times QE(I,70) - PT(70) \times QT(70)} \right] \times 100$$

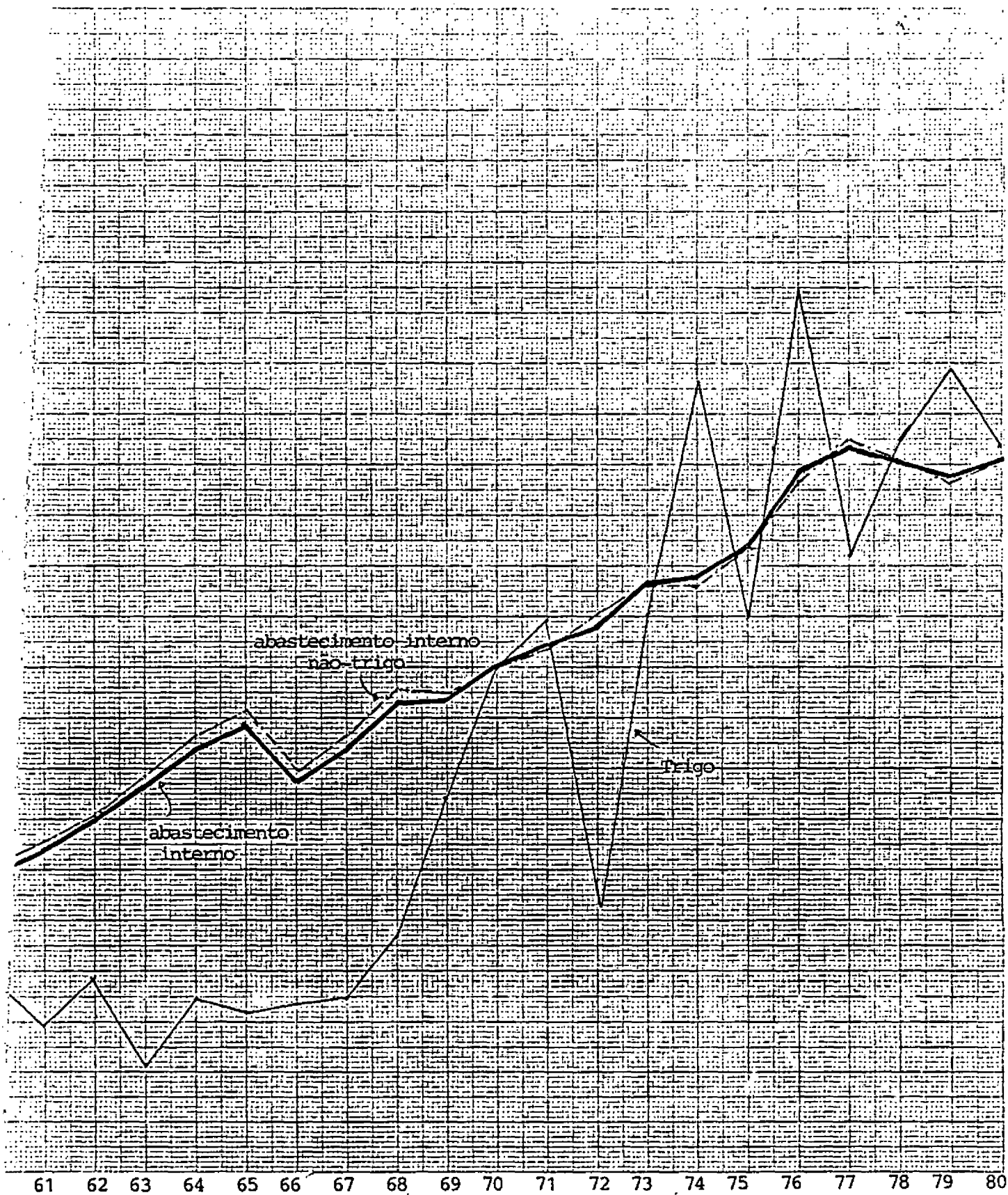
onde: Y6NT(J) - índice de produção para o abastecimento interno exclusive trigo no ano J (1970 = 100).

PT(J) - preço do trigo no ano J.

QT(J) - quantidade de trigo produzida no ano J.

A Figura 4 ilustra a evolução dos índices da produção agrícola para o abastecimento interno (Y6AI), do trigo (Y6TR) e do abastecimento interno não-trigo (Y6NT). Observam-se, durante todo o período, oscilações significativas na produção tritícola atribuídas principalmente à incidência de pragas e insetos e a condições climáticas adversas. A exclusão do trigo gera ainda

Fig. 4 - Índice de Quantum da Produção para Abastecimento interno de Trigo e para Abastecimento Interno não-trigo



maior estabilidade no índice de quantum dos produtos voltados para o abastecimento interno. Um vertiginoso crescimento da produção de trigo a partir de 1968 eleva a produção doméstica a um novo patamar.

Para os produtos de abastecimento interno, a forma translogarítmica da curva de transformação, estimada pelo método de Corchrane-Orcutt para o período de 1960-1980, é dada por

$$\log \left( \frac{Y_{6AI}}{Y_{6TR}} \right) = 0,00035 + 0,9543 \log \left( \frac{Y_{6NT}}{Y_{6TR}} \right) + 0,01468 \left[ \log \left( \frac{Y_{6NT}}{Y_{6TR}} \right) \right]^2$$

(3.475)                      (1694.84)                      (23.997)

$$R^2 = 1.00; \quad DW = 1,86; \quad RHO = -0,407; \quad SER = 0,00046$$

#### II.2.4 - Produção de Trigo

A produção doméstica de trigo é função da área colhida e da produtividade da lavoura tritícola. A evolução destas variáveis depende não somente do progresso técnico e do preço real recebido pelos produtores do trigo e substitutos, mas também do que denominamos de condições ambientais.

A Figura 4 demonstrou a instabilidade da produção doméstica de trigo que pode ser atribuída as amplas oscilações de produtividade. Pela Tabela 2 verifica-se que a produtividade na lavoura atinge um mínimo de 424 kg/ha em 1972 e um máximo de 1.157 kg/ha em 1974, para uma área cultivada relativamente estável, principalmente na década de setenta. Nos anos destacados acima,

para uma área cultivada praticamente idêntica , a produção passou de 982.901 ton. para 2.858.530 ton.

As condições climáticas e ambientais que afetam a produção doméstica de trigo, dificultam a estimação de uma função de oferta de trigo devido ao carater exógeno das variações na produtividade. Desta forma, a inclusão da área colhida (A), da produtividade (k) e das condições ambientais ( $\theta$ ) no modelo de oferta de trigo é plenamente justificada. A produção de trigo tem, portanto, o seguinte formato:

$$S = k(p,q,\theta) A(p,q)$$

onde: p = preço real do trigo

q = preço real de produtos substitutos.

Assumimos que a função de produtividade tem uma forma multiplicativa, ou seja

$$k(p,q,\theta) = k_1(p,q) k_2(\theta).$$

A variável  $S/k_2$  pode ser interpretada como a oferta planejada pelos agricultores, ou seja, a oferta corrigida por fatores acidentais.

A construção de um índice de acidentalidades para a produção doméstica de trigo baseou-se no resíduo de uma regressão linear simples da produtividade em função do próprio preço, do

preço dos produtos substitutos e de uma tendência temporal\*. Assumindo que A e  $k_1$  são funções logarítmicas lineares dos preços e que a oferta planejada se ajusta parcialmente a variações do preço do trigo e de seus substitutos, obtivemos pelo método de Corchrane-Orcutt para o período de 1962-1980 que:

$$\log \left( \frac{Y6TR}{IATR} \right) = -12,1822 + 1,2485 \log (PTR1) - 1,3866 \log PET1(-1) +$$

$$(4,083) \quad (4,181) \quad (4,629)$$

$$+ 2,5622 \log (Y6P) + 0,8138 \log \left( \frac{Y6TR}{IATR} \right) (-1)$$

$$(4,150) \quad (5,733)$$

$$R^2 = 0,9595; DW = 2,02; RHO = -0,355; SER = 0,1465$$

onde: IATR - índice de acidentalidades na produção doméstica de trigo (100 = condições normais)

Os resultados acima nos permitem concluir que a elasticidade-preço de curto prazo próprio do trigo é aproximadamente 1,25 enquanto a elasticidade-preço cruzada é -1,39. No longo prazo, as elasticidades-preço atingem cerca de 6,71 e -7,46 para o trigo e produtos substitutos respectivamente. O mecanismo de preços relativos parece relevante para estimular ou inibir a

---

\* A equação selecionada foi estimada por mínimos quadrados para o período 1961-1980:

$$\log(\text{PRODTR}) = -0,7905 + 0,9180 \log PTR1 - 0,793 \log PET1(-1) + 0,5672 \text{TEMPO}$$

$$(3,022) \quad (1,936) \quad (-1,641) \quad (2,087)$$

$$R^2 = 0,2414$$

onde: PRODTR - produtividade da lavoura tritícola  
 PTR1 - preço real do trigo deflacionado pela IPA-DI  
 PET1 - preço real dos exportáveis tradicionais deflacionado pelo IPA-DI  
 TEMPO - variável temporal.



produção doméstica de trigo. Outras estimativas para a oferta de trigo podem ser encontradas no Apêndice.

#### II.2.5 - Produção de Exportáveis Exclusive Cana-de-Açúcar

A dificuldade em estimar a oferta dos produtos exportáveis exclusive cana-de-açúcar: café; cacau; algodão; soja; laranja e fumo, decorre das amplas variações da produção ilustradas pela Figura 2. Tais flutuações da oferta podem em parte ser atribuídas às condições climáticas e ambientais, destacando-se as geadas que atingiram a lavoura cafeeira nos anos de 1963, 1965, 1969, 1972, 1975 e 1979, e a quebra da safra de soja de 1978 e 1979.

A Tabela 3 ilustra o efeito das geadas sobre a produtividade da lavoura cafeeira no ano seguinte, pois os anos de 1964, 1966, 1970, 1973, 1976 e 1980 acusam grandes quedas da produtividade. Além disso, observa-se também na Tabela 3, um aumento vertiginoso da produtividade na cultura de soja em meados da década de setenta. Em contraste, a produtividade da cultura de algodão parece ter uma tendência declinante nos anos setenta, possivelmente atribuída a sua menor participação nas exportações de produtos primários. A produtividade das outras culturas exportáveis cresce continuamente ao longo do período.

Para os produtos exportáveis exclusive a cana-de-açúcar, foi construído um índice agregado de produtividade da seguinte forma:

TABELA 3

## PRODUTIVIDADE DOS EXPORTÁVEIS EXCLUSIVE CANA-DE-AÇÚCAR

Ano	Café (Kg/ha)	Cacau (Kg/ha)	Algodão (Kg/ha)	Soja (Kg/ha)	Laranja (frutos/ha)	Fumo (Kg/ha)	índice agregado de produtividade
1960	1000	347	549	1200	74448	757	123,0
1961	1017	329	562	1127	74376	734	123,7
1962	982	302	550	1101	73551	802	120,6
1963	773	306	551	980	75916	826	108,9
1964	564	315	470	848	71455	840	90,7
1965	997	333	496	1212	76054	906	120,3
1966	787	236	479	1213	71157	862	105,0
1967	1080	412	455	1169	75143	935	123,2
1968	807	345	512	907	78459	936	109,3
1969	998	483	503	1166	79123	969	124,2
1970	628	444	455	1144	76705	995	100,0
1971	1277	489	519	1286	76792	1012	141,4
1972	1375	515	541	1234	79457	984	148,4
1973	839	471	526	1386	54871	996	115,7
1974	1499	320	499	1532	84665	1229	153,3
1975	1148	625	444	1695	78290	1187	136,9
1976	671	569	370	1750	86564	1065	105,9
1977	1005	605	466	1770	84949	1146	131,5
1978	1161	641	397	1225	86098	1234	132,0
1979	1108	742	449	1240	88896	1293	135,5
1980	872	661	453	1727	94670	1279	126,4

FONTE:- Anuário Estatístico do IBGE - Diversos números.



Supondo que a oferta planejada ou corrigida por fatores acidentais de exportáveis não-cana  $S^*$  é função do próprio preço  $p$  e do preço dos bens substitutos  $q$ , ou seja:

$$\log S^* = a_0 + a_1 \log p + a_2 \log q \quad a_1 > 0 \text{ e } a_2 < 0$$

e que a oferta se ajusta parcialmente no período a variações dos preços através de:

$$\log S - \log S_{-1} = \lambda [\log S^* - \log S_{-1}]$$

onde  $\lambda$  é o coeficiente de ajustamento, obtemos

$$\log S = \lambda a_0 + \lambda a_1 \log p + \lambda a_2 \log q + (1-\lambda) \log S_{-1}$$

A equação estimada pelo método de Corchrane-Orcutt para o período 1962-1980, resultou em

$$\log \left( \frac{Y6NC}{IANC} \right) = .1295 + .4583 \log PNC1(-1) - .2411 \log PCA1(-1) + .5938 \log \left( \frac{Y6NC}{IANC} \right)_{(-1)}$$

(5.5415) (7.7223) (2.8722)

$$R^2 = .9604; DW = 2.187; \underline{SER} = .058; \underline{RHO} = -.545$$

onde: IANC - índice de acidentalidades na produção de exportáveis exclusive cana (100 = condições normais).

Conclui-se que a elasticidade-preço própria dos exportáveis excluindo a cana-de-açúcar é no curto prazo .46 enquanto a elasticidade-preço cruzada da cana-de-açúcar é -.24. No longo prazo estas elasticidades são 1.13 e -.59 respectivamente.

Estes resultados ilustram a substitutibilidade da cana-de-açúcar vis-à-vis os outros produtos exportáveis e dimensionam o efeito contracionista sobre a lavoura para exportação e uma elevação do preço real da cana-de-açúcar.

#### II.2.6 - Produção para o Abastecimento Interno Exclusive Trigo

A Figura 4 demonstra a estabilidade relativa da produção agrícola para o abastecimento interno nas duas últimas décadas. A expansão da oferta parece acompanhar pari passu a evolução da demanda por estes produtos. No período 1960-1980, o produto agregado da lavoura para o abastecimento interno exclusive o trigo, cresceu em média 4,7% ao ano. Nos anos sessenta a taxa de crescimento média da produção de aproximadamente 5,2% ao ano, é superior à média dos vinte anos.

Entre 1970 e 1980, o produto de abastecimento interno se expandiu em média 4,2% ao ano. No mesmo período a agricultura cresceu à taxa média de 5,2% ao ano. Este recrudescimento da expansão da lavoura para o abastecimento interno no produto agrícola pode ser parcialmente atribuído à substituição por soja e a cana-de-açúcar, verificada no período.

Supomos, a título de simplificação, que a demanda pelo produto de abastecimento interno  $X^d$  é função apenas da renda  $Y$  e do preço do produto  $p$ , no formato

$$\log X^d = a_0 + a_1 \log Y + a_2 \log p; \quad a_1 > 0 \text{ e } a_2 < 0 \quad (1).$$

A oferta  $X^S$ , determinada pela produção corrente, é função do próprio preço e das condições climáticas T, ou seja

$$\log X^S = b_0 + b_1 \log T + b_2 \log p; \quad b_2 > 0. \quad (2)$$

Assumindo que o equilíbrio entre a oferta e a demanda para os produtos de abastecimento interno é atingido a cada período, obtemos, resolvendo o sistema de equações estruturais (1) e (2), que

$$\log X = \frac{b_2 a_0 - a_2 b_0}{(b_2 - a_2)} + \frac{b_2 a_1}{(b_2 - a_2)} \log Y - \frac{a_2 b_1}{(b_2 - a_2)} \log T. \quad (3)$$

As condições climáticas na produção agrícola para o abastecimento interno excluindo o trigo, foram a exemplo do trigo e dos exportáveis exclusive cana-de-açúcar, aproximadas por um índice de acidentalidades obtido a partir de resíduos da produtividade. No caso da lavoura de abastecimento interno, procedeu-se à composição das produtividades dos diversos produtos que integram o agregado. Com tal propósito foram consideradas as produtividades nas culturas de arroz, feijão, mandioca, batata, milho, tomate, cebola e banana, que somam 50% do valor da produção para o abastecimento interno em 1970.

A equação para o quantum do abastecimento interno exclusive trigo na forma reduzida (3) foi estimada por mínimos quadrados para o período 1965-1980. O resultado obtido foi

$$\log (Y6NT) = -2.6132 + .4705 \log (Y1R) + 1.1010 \log (IANT)$$

$$\quad \quad \quad (-4.7071) \quad (44.36) \quad \quad \quad (9.1698)$$

$$R^2 = .9936; \quad DW = 2.062; \quad SER = .0171$$

onde: IANT - Índice de acidentalidade na produção para o abastetecimento interno exclusive trigo ( 100 = condições normais).

Especificações alternativas, listadas no Apêndice, incorporando a substituição de culturas através do preço dos exportáveis tradicionais, não geraram resultados satisfatórios.

## II.3 - Bloco de Importações

As importações brasileiras são desagregadas no modelo em

- importações de petróleo
- importações de trigo
- importações exclusive petróleo e trigo.

Para as importações de petróleo, supõe-se uma oferta infinitamente elástica ao preço vigente no mercado internacional e o volume importado determinado pela demanda. A demanda por importações não é estimada econometricamente, mas determinada pelo consumo de seus derivados, que constituem formas finais de utilização da energia. As importações de petróleo são, portanto, derivadas no modelo de otimização representativo do setor energético nacional e exógenas ao modelo macro-econométrico. Este procedimento se justifica com base na premissa de que a experiência histórica com importações de petróleo é de pequena relevância para projeções no caso das mudanças estruturais abertas ao setor no decorrer da década.

### II.3.1 - Importações de Trigo

A importância das importações de trigo no total das importações brasileiras está ilustrada para o período 1960 - 1980 na Tabela 4. O gasto com importações de trigo representou em média 5,4% das importações não-petróleo durante o período 1960-1979. As importações de trigo são tradicionalmente residuais,



TABELA 4  
PARTICIPAÇÃO DO TRIGO NAS IMPORTAÇÕES  
BRASILEIRAS

Ano	Trigo Cr\$ milhões CIF	Total Cr\$ milhões CIF	%	Importações não petróleo	%
1966	372,4	3264,8	11,4	2788,5	5,4
1967	458,6	4291,9	10,7	3694,6	12,4
1968	576,4	6826,2	8,4	5905,1	9,8
1969	640,3	8982,2	7,1	7907,5	8,1
1970	578,1	12903,6	4,5	11445,5	5,1
1971	646,5	19218,4	3,4	16807,9	3,8
1972	827,7	28060,4	2,9	24728,3	3,3
1973	2299,8	42851,2	5,4	36841,0	6,2
1974	3483,7	94655,2	3,7	73112,9	4,8
1975	2868,4	107671,8	2,7	81463,8	3,5
1976	5529,5	141842,3	3,9	99654,0	5,5
1977	3938,1	181479,5	2,2	123804,6	3,2
1978	10682,8	264988,5	4,0	183731,5	5,8
1979	15851,2	500134,0	3,2	323382,5	4,9

FONTE:- Boletim do Banco Central do Brasil

isto é, determinadas subtraindo-se da demanda a oferta doméstica.

Coexistem no país três preços para o trigo: o preço ao produtor nacional, o preço do trigo importado e o preço de venda aos moinhos de trigo. Na Figura 5 encontram-se o preço real de venda da tonelada de trigo aos moinhos e da tonelada de trigo importada. Observa-se que na década de sessenta o preço do trigo aos moinhos acompanhou, pari passu a evolução do preço do trigo importado. Na década de setenta, entretanto, com a alta dos preços internacionais, por medida de controle inflacionário, o preço aos moinhos passou a ser fortemente subsidiado provocando o descolamento entre esses preços.

Conforme sugere a Figura 6, até 1972, quando ocorre grande elevação dos preços internacionais, o preço de venda dos moinhos era uma média ponderada dos preços do trigo ao produtor doméstico e importado. O preço doméstico se mantém superior ao internacional durante o período (à exceção dos anos do choque de preços, 1972 e 1973), refletindo a intenção do governo de incentivar a cultura de trigo doméstica.

A demanda por trigo é uma demanda derivada pois o trigo é intermediário na produção do pão, e da farinha de trigo. O modelo estimado a seguir baseia-se na hipótese de que o preço dos derivados de trigo é determinado por um mark-up aproximadamente constante sobre o preço de venda aos moinhos.

Fig. 5 - Índice Preço Real do Trigo: Tonelada Importada e de Venda aos Moinhos

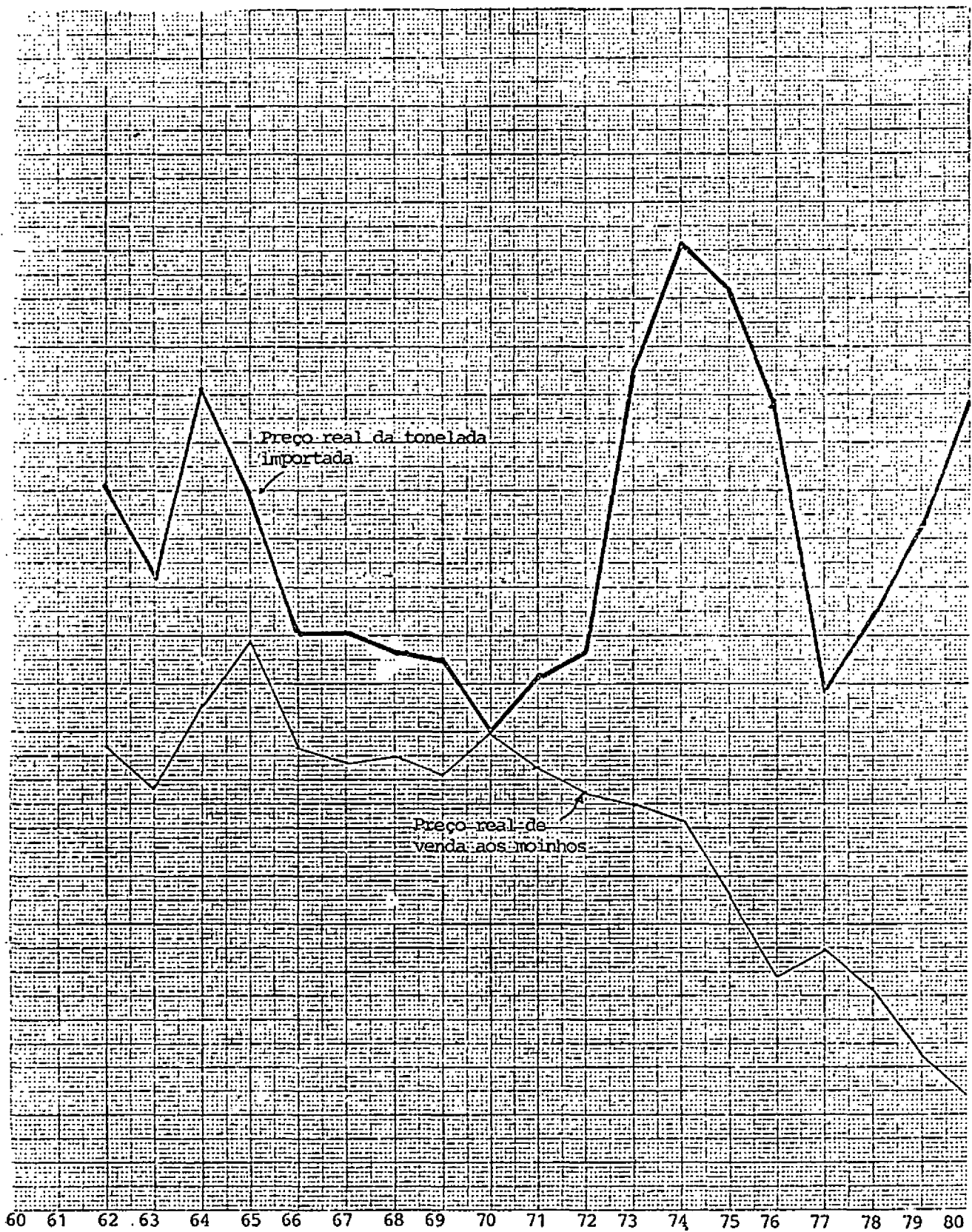
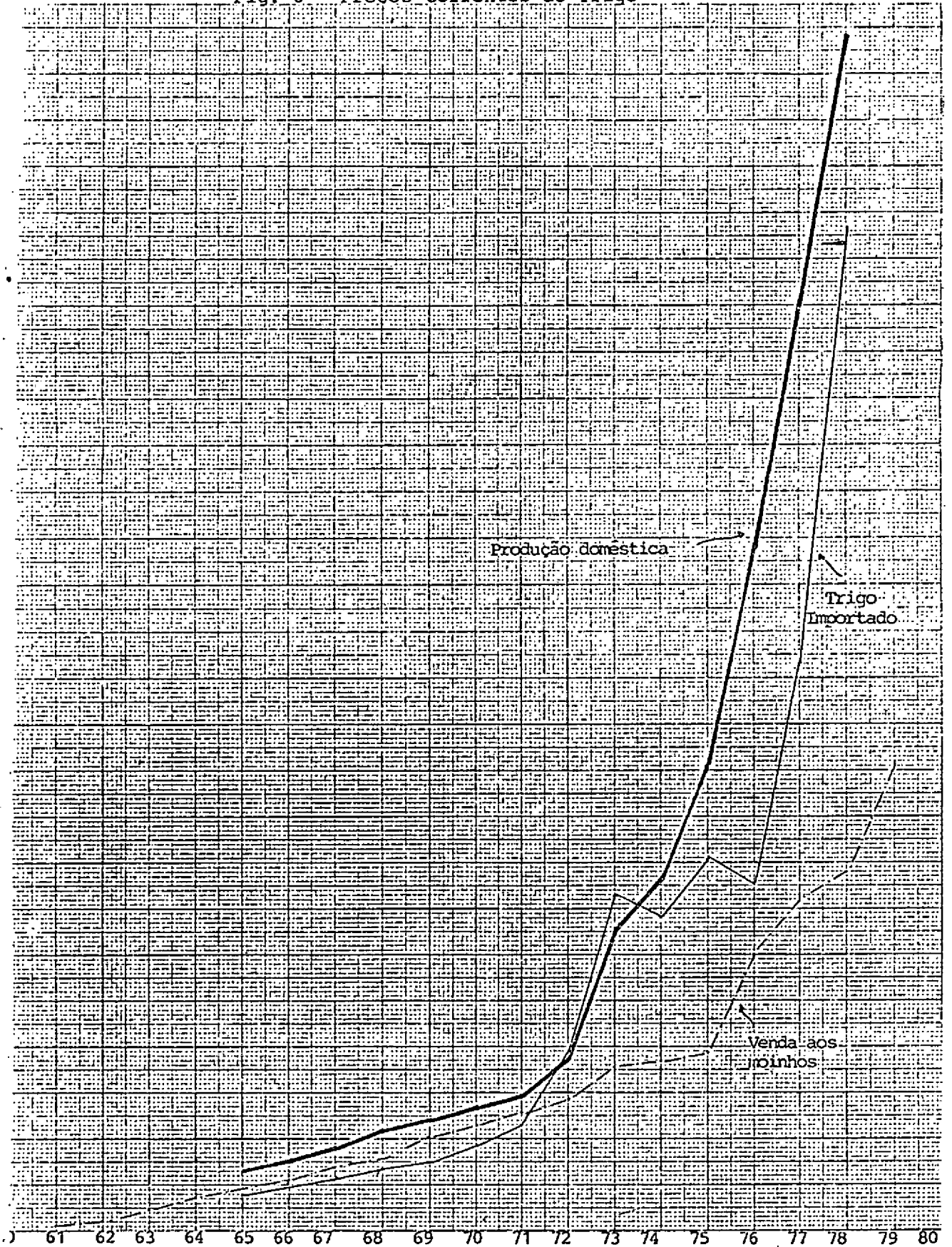


Fig. 6 - Preços Correntes do Trigo



A demanda derivada por trigo é postulada como:

$$D = a_0 Y^{a_1} p^{a_2} \quad a_1 \geq 0 \quad e \quad a_2 \leq 0$$

onde: D - demanda de trigo em toneladas

Y - renda real

p - preço real do trigo aos moinhos

$a_1$  e  $a_2$  - respectivamente são as elasticidades-renda e preço

A oferta de trigo S é determinada pela produção do ano anterior  $Q(-1)$  e pelas importações do ano corrente M, ou seja:

$$S = Q_{-1} + M$$

Justifica-se a utilização da produção do ano anterior na oferta com base no período de safra. Embora a plantação se inicie em maio/junho, a colheita só se dá no período de setembro a dezembro. Assim sendo, a maior proporção da produção anual é comercializada no ano subsequente.

O equilíbrio entre oferta e demanda,  $S = D$ , implica em que

$$\log (Q_{-1} + M) = \log a_0 + a_1 \log Y + a_2 \log p; \quad a_1 \geq 0 \quad e \quad a_2 \leq 0$$

Estimada esta equação pelo método dos mínimos quadrados para o período 1966-1980, obtem-se

$$\log (\text{CTR}) = 6.4273 + 0.4609 \log (\text{Y1R}) - 0.3070 \log (\text{PTRC1})$$

(19.206)    (7.831)                          (-5.838)

$$R^2 = 0,9797; F(12,12) = 290.183; DW = 2,135; SER = 0,04761$$

onde: CTR - consumo de trigo definido como a soma da produção do ano anterior e as importações do ano corrente.

Y1R - renda real (PIB real)

PTRC1 - preço real de venda do trigo aos moinhos deflacionado pelo IPA-DI.

Os resultados acima sugerem para a demanda de trigo uma elasticidade-renda de .46 e uma elasticidade-preço de -.31. Resultados de formulações alternativas para as importações de trigo, encontram-se no Apêndice.

### II:3.2 - Importações Exclusive Trigo e Petróleo

As importações exclusive trigo e petróleo representaram 53% em valor do total das importações brasileiras em 1980. A Tabela 5 demonstra a evolução do valor das importações exclusive trigo e petróleo no período 1966-1980. Constata-se que as importações não-petróleo e não-trigo constituíram uma parcela crescente do valor total das importações brasileiras até o primeiro choque do petróleo, atingindo em 1972 o percentual de 87%

Com a quadruplicação do preço internacional do petróleo em 1973, as importações exclusive petróleo e trigo passam a representar em 1974, 83% do total. O esforço governamental no

controle das importações, concentrado principalmente nos itens não-petróleo e não-trigo, reduz sua participação gradativamente até 61% em 1979. Com o segundo choque do preço do petróleo em 1979, as importações não-petróleo e não-trigo crescem aproximadamente 10% em valor em 1980, correspondendo a 53% do valor das importações no ano.

TABELA 5

VALOR DAS IMPORTAÇÕES  
(US\$ milhões FOB)

Ano	Exclusive Trigo e Petróleo	Total	%
1966	995.3	1303.4	76
1967	1134.5	1441.3	79
1968	1497.4	1855.1	81
1969	1654.6	1993.2	83
1970	2167.0	2506.9	86
1971	2813.7	3247.4	87
1972	3701.2	4232.3	87
1973	5146.0	6192.2	83
1974	9332.8	12641.3	74
1975	9009.4	12210.3	74
1976	8266.9	12383.0	67
1977	7949.1	12023.4	66
1978	8946.1	13683.1	65
1979	11104.1	18083.9	61
1980	12221.1	22955.2	53

FONTE:- Boletim mensal do Banco Central do Brasil, Vol. 18,nº 1, janeiro de 1982.

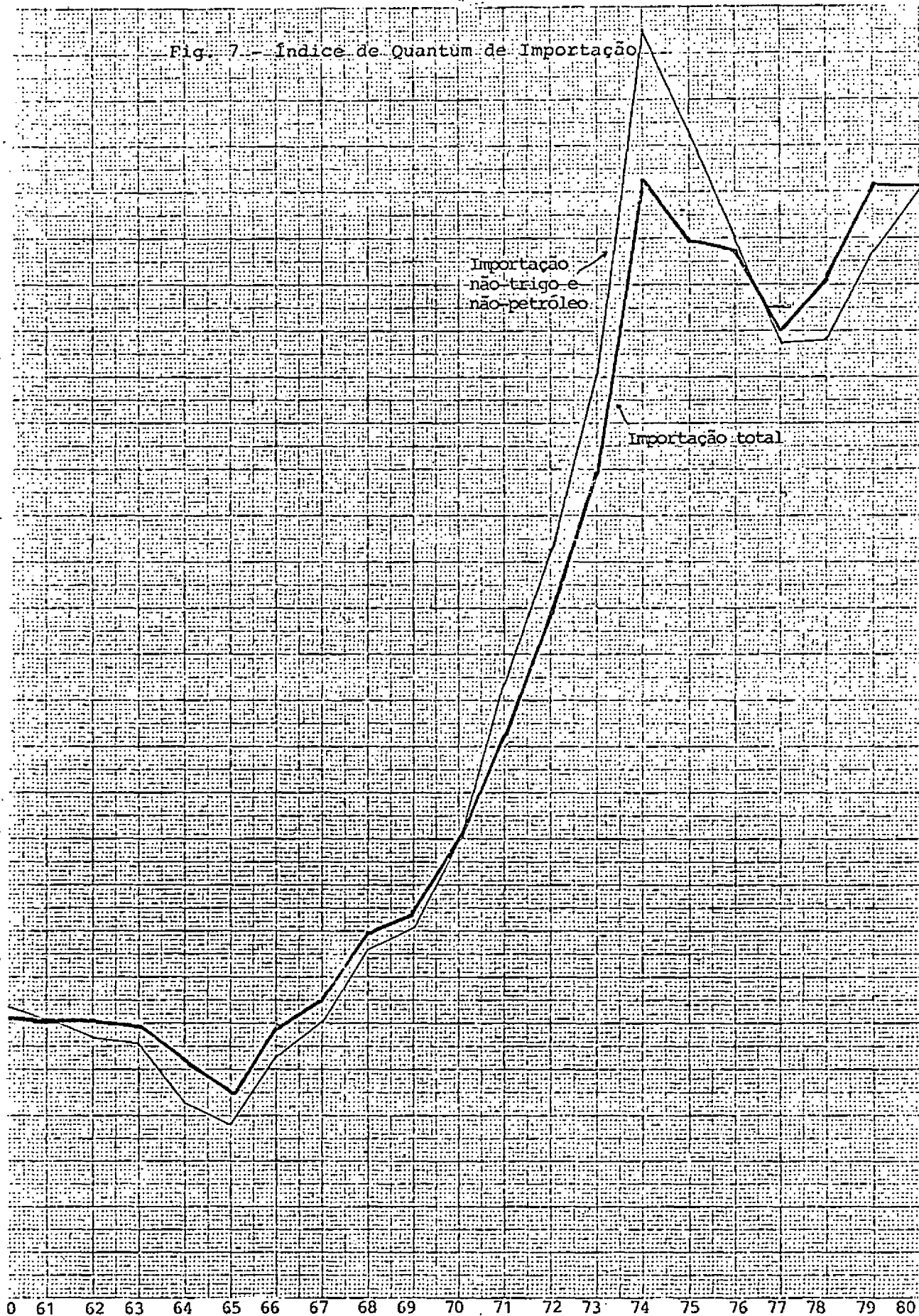
Na Figura 7 contrastamos os índices de quantum de importações exclusive trigo e petróleo e o índice geral de importações. Observa-se que na década de sessenta o diferencial entre os dois índices reflete basicamente as oscilações no volume de importações de trigo decorrentes de flutuações da produção doméstica. No período 1970-1974, o volume de importações não-petróleo e não-trigo cresce mais rapidamente que o índice geral, o que pode ser atribuído ao acelerado crescimento da economia no período 1970-1973 e a estabilidade no volume importado de petróleo imediatamente após o choque (1973-1975). O crescimento de 45% no volume importado em 1974 é em grande parte atribuído às importações especulativas e descontroladas de produtos intermediários.

A partir de 1974, o quantum das importações exclusive petróleo e trigo cai acentuadamente enquanto o volume de importações de petróleo aumenta moderadamente até 1979. Em 1980 o volume de importações de petróleo se reduz em aproximadamente 10%, enquanto as importações de trigo crescem aproximadamente 25% em volume. Embora o índice geral tenha se mantido constante, excluindo o petróleo e o trigo, as importações aumentaram. Isto pode ser atribuído em parte a alta taxa de crescimento e à pré-fixação da correção cambial em nível bem abaixo da taxa de inflação observada no ano de 1980.

No modelo macroeconômico, pressupomos que a oferta de importações exclusive trigo e petróleo é infinitamente elástica aos preços internacionais. Desta forma o volume importado é determinado pela demanda de importações. Assumimos para a especi



Fig. 7 - Índice de Quantum de Importação



ficação da demanda uma forma log linear do tipo:

$$\log M^d = a_0 + a_1 \log Y + a_2 \log p + a_3 (1-\mu); a_1 \geq 0 \quad a_2 \geq 0 \quad a_3 \leq 0$$

onde  $M^d$  é a demanda por importações,  $Y$  é uma medida do nível de atividade,  $p$  é o custo real unitário das importações e  $\mu$  representa uma medida de utilização da capacidade instalada ( $\mu=1$  significa plena capacidade).

O custo real das importações difere do equivalente em cruzeiros reais do preço do produto importado devido à incidência de tarifas e impostos. Desta forma

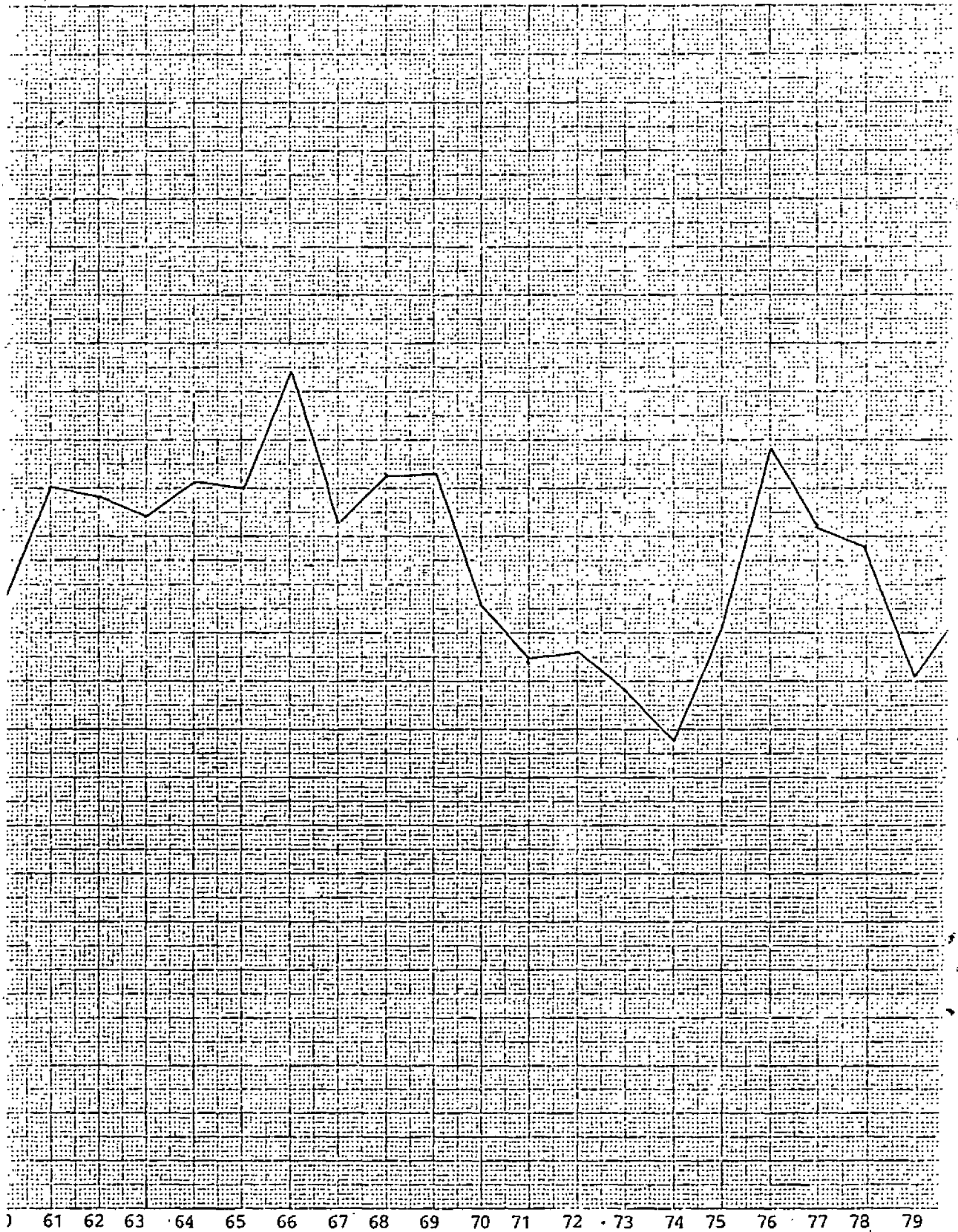
$$p = p^*e (1 + t)$$

onde  $e$  representa a taxa de câmbio real,  $p^*$  o preço em dólar das importações e  $t$  a alíquota média do imposto sobre importações.

A alíquota média para as importações não-petróleo e não-trigo foi calculada com base na receita do imposto de importação e o valor CIF em cruzeiros destas importações. A evolução da alíquota média poder ser observada na Figura 8. A alíquota média demonstra pouca variabilidade no período situando-se entre 9.8% em 1974 e 17.3% em 1966. Contrastando as décadas de sessenta e setenta concluímos que a alíquota média se reduz, o que pode ser atribuído em grande parte a uma mudança estrutural na composição da pauta de importações.

A estimação da equação do quantum das importações

Fig. 8 - Alíquota Média de Imposto de Importação



não petróleo e não-trigo descrita anteriormente, pelo método dos mínimos quadrados com correção para correlação serial, para o período 1960-1980 resultou em:

$$\log(I12Q) = 1.991 + 1.031 \log(Y1R) - 1.141 \log(PP12T) - 2.104 \text{GAPY1} + .275 \text{DU7475}$$

(3.198) (12.347)                    (-6.035)                    (-4.407)                    (4.295)

$$R^2 = .99; \text{DW} = 2.530; \text{SER} = .074; \text{RHO} = .341$$

onde: I12Q - índice de quantum das importações exclusive trigo e petróleo (1970 = 100).

PP12T - custo real das importações exclusive trigo e petróleo definido como o índice de preço em dólares multiplicado pela taxa de cambio média e pelo fator de imposto deflacionado pelo IPA-DI.

GAPY1 - medida de excesso de capacidade na economia definida como 1 menos a taxa de utilização.

DU7475 - variável dummy para os anos 1974-1975 devido ao descontrole das importações no período.

O resultado acima sugere que a elasticidade-preço da demanda por importações exclusive trigo e petróleo é significativa e superior à unidade. Além disso a elasticidade-renda da demanda à plena utilização (GAPY1 = 0) é unitária. Os resultados de formulações alternativas estão tabelados no Apêndice.

## II.4 - Bloco da Produção Industrial

Com base no arcabouço teórico desenvolvido por Gordon\* para a análise de choques de oferta numa economia com preços industriais rígidos, políticas de demanda (monetária e fiscal) determinam o nível da atividade e emprego industrial. Neste modelo teórico bisetorial (agricultura e indústria) de uma economia fechada, o equilíbrio entre a demanda e a oferta exógena de produtos agrícolas determina o preço relativo agricultura/indústria. Dada a rigidez dos preços industriais, a expansão ou contração da demanda agregada afeta o nível de atividade industrial na mesma direção.

O módulo macroeconômico do modelo integrado pode ser interpretado como uma extensão do modelo de Gordon no contexto de uma economia aberta. Os fundamentos teóricos são análogos. Porém, conforme visto na seção II.2, a produção agrícola não é totalmente exógena, dependendo além das condições ambientais através dos índices de acidentalidades, dos preços reais, correntes e passados, recebidos pelos produtores das diferentes culturas.

A produção industrial no modelo macroeconômico é determinada através de uma curva de transformação entre produtos agrícolas e industriais. Assim, dada a produção agrícola e o nível do produto agregado da economia, determina-se a produção industrial.

---

\* GORDON, R.J., "Alternative Responses of Policy to External Supply Shocks", Brookings Papers on Economic Activity, 1, 1975, pp. 183-206.

Para a curva de transformação da economia brasileira optou-se por uma especificação do tipo Cobb-Douglas, ou seja

$$\log Q = \alpha_1 \log Q_1 + (1-\alpha_1) \log Q_2$$

Estimada esta curva de transformação para o período 1965 - 1980, por mínimos quadrados com correção para correlação serial pelo método de Corchrane-Orcutt, obtivemos para a economia brasileira:

$$\log (Y1R) = .8065 \log (Y3R) + .1936 \log (Y6R)$$

(169.419)                      (39.39)

$R^2 = .9999$ ;  $DW = 1.621$ ;  $RHO = .194$ ;  $F(1,13) = 233306$ ;  $SER=.0031$

onde: Y1R - índice do produto real (1970 = 100)

Y3R - índice do produto industrial (1970 = 100)

Y6R - índice do produto agrícola (1970 = 100).

## II.5 - Bloco dos Preços Agrícolas

A formação dos preços agrícolas é objeto de análise nesta seção. Dentre os quatro produtos que compõem o setor agrícola do modelo macroeconômico destacou-se o trigo e a cana-de-açúcar. O preço doméstico do trigo, tanto ao produtor quanto ao consumidor, é determinado aplicando-se uma taxa exógena de subsídio ao custo da importação. O preço da cana-de-açúcar, por outro lado, é determinado endôgenamente, em equilíbrio entre a oferta e a demanda. A oferta de cana-de-açúcar é estimada economicamente, enquanto a demanda é derivada no modelo de otimização representativo do setor energético nacional, descrito na seção II. A integração entre o modelo macroeconômico e o modelo de otimização, que permite encontrar o preço de equilíbrio da cana, é analisada na seção III.

Nesta seção é discutida, portanto, apenas a determinação dos preços dos produtos agrícolas

- exportáveis exclusive cana-de-açúcar
- abastecimento interno exclusive trigo, assim como a composição dos índices de preços agregados.

### II.5.1 - Composição do Preço Agrícola

A exemplo dos índices de quantum da seção I.2 foi construído tomando como base o ano de 1970, um índice de preços,

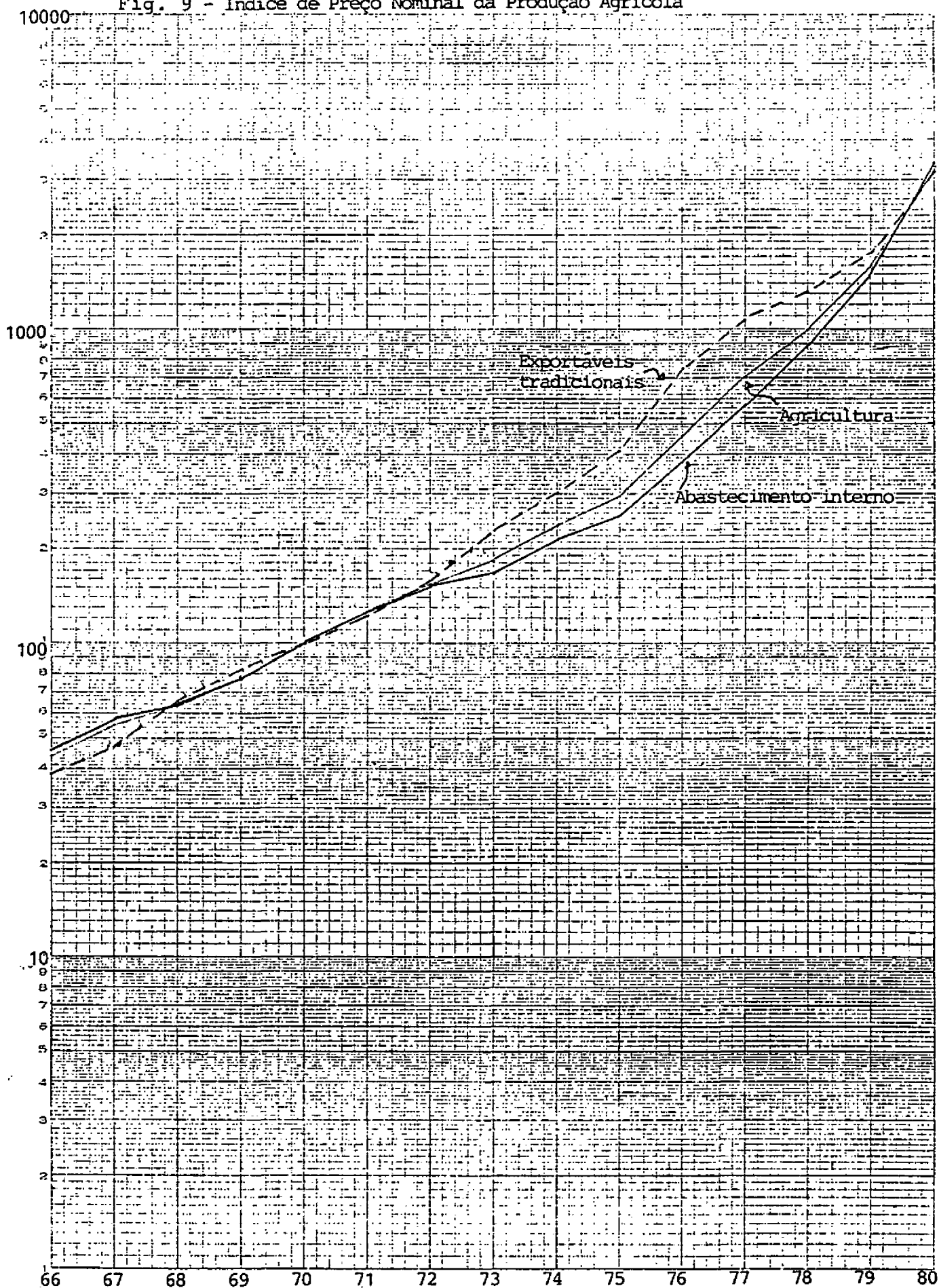
pelo critério de Laspeyres, para os exportáveis tradicionais. A evolução do índice agregado de preços pode ser analisada através da Figura 9. Contrastando com o índice de preços agrícolas para a oferta global, o preço dos exportáveis acompanha o índice geral de 1972. A partir de 1973, em decorrência da alta dos preços internacionais atribuída a crise do petróleo e a geadas que atingiu a lavoura cafeeira em 1972, o preço dos exportáveis descola do índice geral. Neste ano, os preços dos exportáveis cresceram 46% enquanto os preços agrícolas aumentaram 19%.

A geadas de 1975 dá novo impulso ao crescimento dos preços dos exportáveis no período 1975-76. No biênio o preço dos exportáveis aumenta 150% enquanto o índice de preços global da agricultura cresce 97%. A partir de 1977, a evolução relativa dos índices é revertida, em detrimento dos exportáveis tradicionais. O crescimento do preço dos exportáveis desacelera ainda que triplicando entre 1977-80. No mesmo período, o índice de preços agrícolas para a oferta global indica um aumento de 375%. A inflação dos preços agrícolas no período é atribuída à pressão dos preços dos produtos que caracterizamos como de abastecimento interno.

Também, a exemplo dos índices de quantum da seção I.2, um índice de preços agrícolas de abastecimento interno pode ser obtido como resíduo, deduzindo-se do índice global de preços agrícolas o índice de preços dos exportáveis tradicionais. A evolução destes preços também se encontra na Figura 9. Verifica-se que enquanto os preços para abastecimento interno crescem apenas 148% entre 1972 e 1976, no período de 1977-80 estes preços



Fig. 9 - Índice de Preço Nominal da Produção Agrícola



aumentam 477% em contraste com uma inflação do preço dos exportáveis da ordem de 196%. Com o crescimento acelerado dos preços no triênio, no ano de 1980 os produtos para abastecimento interno ultrapassam o preço dos exportáveis tradicionais tomando como base o ano de 1970.

Para a composição dos índices de preços agrícolas assumimos uma especificação translogarítmica dual à composição dos índices de quantum da seção I.2. No caso de apenas dois produtos levando em consideração restrições de homogeneidade, temos que:

$$\log \left( \frac{P}{P_2} \right) = \alpha_0 + \alpha_1 \log \left( \frac{P_1}{P_2} \right) + \beta_{11} \left[ \log \left( \frac{P_1}{P_2} \right) \right]^2$$

onde  $P_1$  e  $P_2$  representam os preços dos produtos e  $P$  indica o preço do agregado. De forma análoga aos índices de quantum esta especificação permite maior flexibilidade na composição dos índices, alterando os pesos dos produtos em função de variações no preço relativo.

Estimando-se esta função para a composição do índice de preços agrícolas da oferta global no período 1960-80 por mínimos quadrados, obtém-se que

$$\log \left( \frac{P_6}{P_{6AI}} \right) = .00067 + .2424 \log \left( \frac{P_{6ET}}{P_{6AI}} \right) + .1023 \left[ \log \left( \frac{P_{6ET}}{P_{6AI}} \right) \right]^2$$

(- 2.2810) (484.25)                      (101.87)

$$R^2 = 1.000 \quad ; \quad DW = 2.14 \quad ; \quad SER = .00028$$

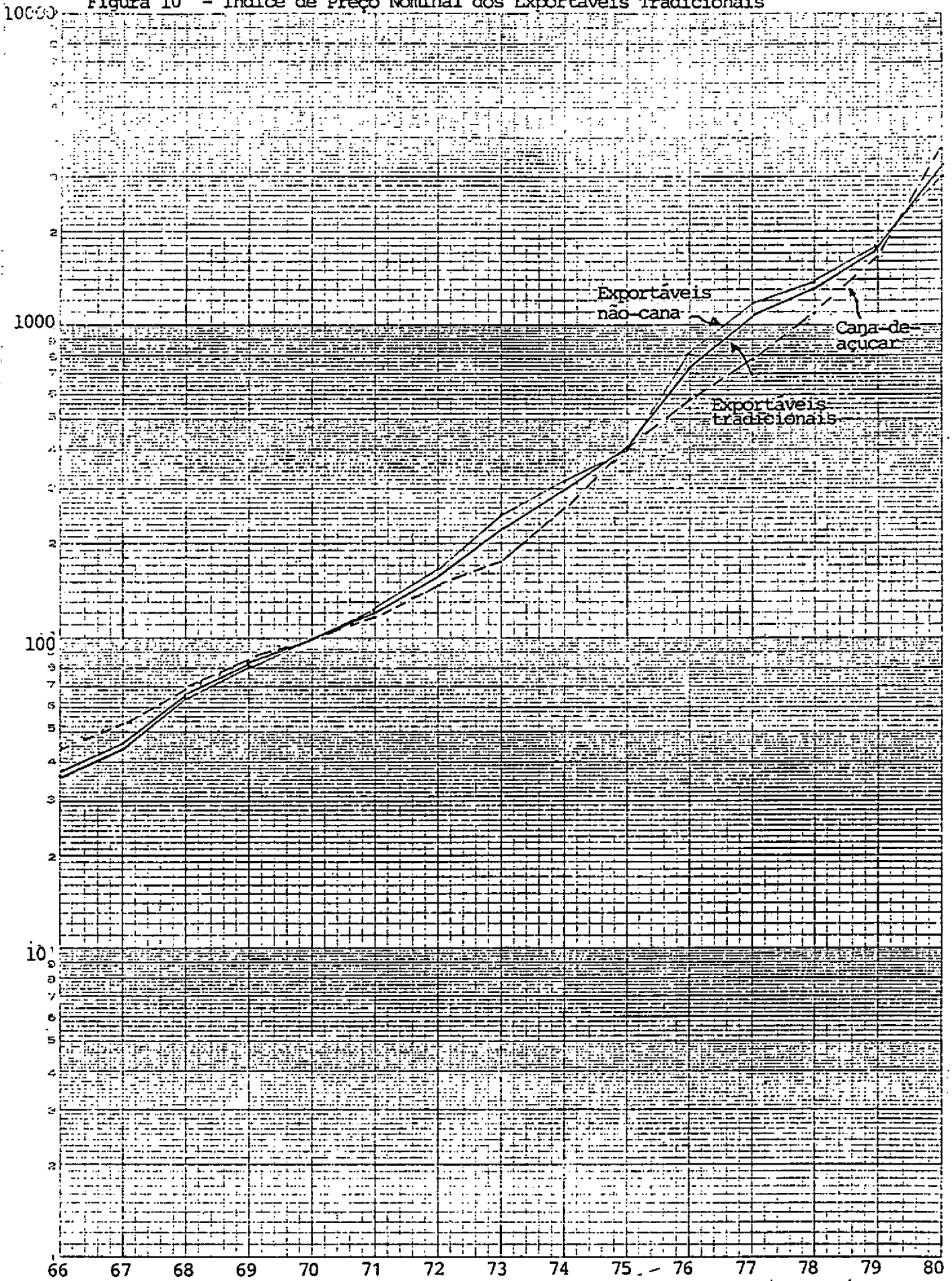
- onde: P6 - índice de preços agrícolas da oferta global  
(1970 = 100)
- P6ET - índice de preços dos exportáveis tradicionais  
(1970 = 100)
- P6AI - índice de preços do abastecimento interno  
(1970 = 100)

## II.5.2 - Composição dos Preços dos Exportáveis

A Figura 10 ilustra a evolução do índice de preço da cana-de-açúcar tendo como base o ano de 1970. Em relação ao índice de preços dos exportáveis tradicionais, que também se encontra na Figura 10, verifica-se que o preço da cana na década de sessenta acompanha razoavelmente o preço dos outros produtos agrícolas exportáveis. O avanço do preço da cana-de-açúcar no ano de 1963 pode ser atribuído em parte a uma alta nas cotação internacional do açúcar de aproximadamente 53%. No início da década de setenta os aumentos do preço da cana-de-açúcar estão defasados em relação ao índice de preços dos exportáveis até 1973, o que pode ser atribuído em parte a um aumento no preço internacional dos outros produtos, principalmente o café.

No período 1974-75, em que a cotação do açúcar no mercado internacional triplica, o crescimento do preço da cana-de-açúcar acelera, atingindo em 1975 o mesmo nível de preço relativo aos outros exportáveis do ano-base de 1970. Entre 1976 e 1978 o preço da cana-de-açúcar novamente se retarda em relação ao índice de preço dos exportáveis tradicionais. Isto pode ser atribuído simultaneamente a uma queda no preço internacional do

Figura 10 - Índice de Preço Nominal dos Exportáveis Tradicionais



açúcar e o salto positivo na cotação internacional do café provocado pela geada de 1975. Em 1979, como consequência política governamental de estimular a produção de cana para a produção de álcool carburante, o preço do produto aumenta 58% em relação ao ano anterior, enquanto para os exportáveis como um todo o aumento se restringe a 34%. A manutenção desta política em 1980 aliada ao aumento de aproximadamente 150% no preço internacional do açúcar gera um crescimento médio de 107%, no preço da cana-de-açúcar. Em termos relativos ao ano base o preço da cana supera em 1980 o preço dos outros produtos agrícolas exportáveis.

A Figura 10 inclui também o índice de preços dos exportáveis exclusive cana-de-açúcar. A evolução destes preços reflete nitidamente o impacto das geadas que atingiram a lavoura cafeeira nas décadas de sessenta e setenta.

Estimada a forma translogarítmica para a composição dos exportáveis tradicionais no período 1960-1980 obteve-se que:

$$\log \left( \frac{P6ET}{P6NC} \right) = .000074 + .2673 \log \left( \frac{P6CA}{P6NC} \right) + .0971 \left[ \log \left( \frac{P6CA}{P6NC} \right) \right]^2$$

(.835)
(856.85)
(83.137)

$$R^2 = 1.000 \quad ; \quad DW = 1.5226 \quad ; \quad SER = .00032$$

onde: P6NC - índice de preços dos exportáveis tradicionais exclusive cana-de-açúcar (1970 = 100)

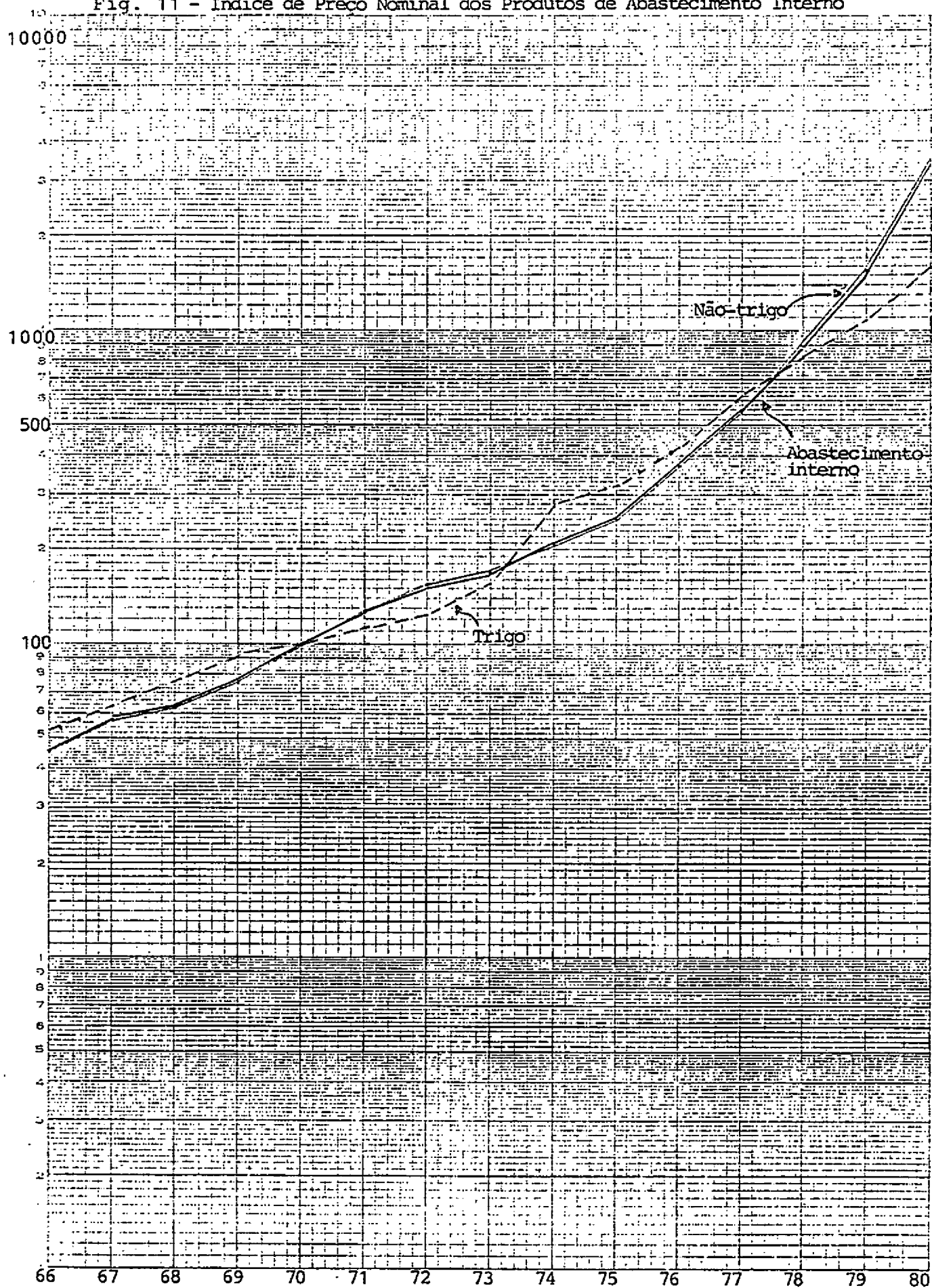
P6CA - índice de preços da cana-de-açúcar (1970 = 100)

### II.5.3 - Composição do Preço do Abastecimento Interno

Devido a importância do trigo para as importações brasileiras discutida na seção II.3, procedeu-se a uma desagregação dos produtos para abastecimento interno em trigo e não-trigo. Nesta seção o índice de preços para o abastecimento interno, a exemplo dos índices de quantum na seção II.2, é desagregado de forma análoga. A Figura 11 ilustra a evolução do índice de preços do abastecimento interno derivado na seção II.5.2 e do preço doméstico do trigo ao produtor. Um índice de preços dos produtos agrícolas para o abastecimento interno exclusive trigo pode ser calculado, deduzindo-se dos preços do abastecimento interno o preço do trigo. A metodologia para este cálculo é similar à utilizada na derivação dos índices de quantum.

A Figura 11 também demonstra o crescimento dos preços do abastecimento interno quando o trigo é excluído. Apesar da pequena participação do trigo no valor da produção do abastecimento interno no ano-base (aproximadamente 5%), verifica-se que a exclusão do trigo elimina um elemento de choque externo da formação dos preços do abastecimento interno. Em relação aos outros produtos agrícolas que compõem o abastecimento interno, a evolução do preço doméstico se distingue devido à dependência do mercado internacional e à consecução de uma política de preços peculiar a este produto. As principais flutuações do preço internacional do trigo tais como as altas de 1969, 1973-74, 1978 e 1980 se refletem parcialmente na evolução do preço interno.

Fig. 11 - Índice de Preço Nominal dos Produtos de Abastecimento Interno



Assumindo uma especificação translogaritmica para a composição dos preços do abastecimento interno, foi estimada, para o período 1960-80 pelo método dos mínimos quadrados que

$$\log \left( \frac{P6AI}{P6TR} \right) = .000075 + .9517 \log \left( \frac{P6NT}{P6TR} \right) + .0194 \log \left[ \left( \frac{P6NT}{P6TR} \right) \right]^2$$

(1.684)
(5510.54)
(646.46)

$$R^2 = 1.000 \quad ; \quad DW = 1.7420 \quad ; \quad SER = .00017$$

onde: P6NT - índice de preços do abastecimento interno exclusivo trigo (1970 = 100)

P6TR - índice de preços do trigo ao produtor (1970 = 100)

#### II.5.4 - Preço dos Exportáveis Exclusive Cana-de-Açúcar

O preço dos exportáveis exclusive cana-de-açúcar é determinado no modelo macroeconômico no mercado externo. Desta forma, dado o preço em dólar dos exportáveis, o preço doméstico poderia ser obtido através de uma relação aproximadamente fixa com o equivalente em cruzeiros do preço internacional. No entanto, o preço recebido pelo exportador de produtos primários agrícolas difere em geral do equivalente em cruzeiros do preço internacional devido à existência de quotas de contribuição ou configuração cambial. Estas quotas incidem ou incidiriam em diferentes níveis sobre as exportações de café, cacau, e soja. Assumimos, portanto, de forma genérica que

$$p = k p^* e (1-c)$$



onde  $p$  e  $p^*$  representam respectivamente, o preço doméstico em cruzeiros e o preço internacional em dólares respectivamente, e indica a taxa de câmbio e  $c$  simboliza a alíquota média de confisco cambial.

A alíquota média para a quota de contribuição foi calculada com base na receita em cruzeiros da venda dos dólares recolhidos sobre a forma quota de contribuição sobre as exportações (conta café, conta cacau, etc.) e o valor em cruzeiros das exportações de produtos agrícolas.

Estimada a equação acima para o preço dos exportáveis exclusive cana-de-açúcar para o período 1966-1979 pelo método dos mínimos quadrados com correção para correlação serial, obtemos:

$$\log (P6NC) = -1.0834 + .9923 \log (PX7CC) \\ (-8.3093) \quad (51.846)$$

$$R^2 = .9954; \quad DW = 1.8763; \quad SER = .0872; \quad Rho = -.06$$

onde:  $PX7CC$  - índice de preço (1970 = 100) em dólar das exportações primário agrícolas  $PX7D$  multiplicado pela taxa de cambio média e pelo fator de confisco.

#### II.5.4 - Preço do Abastecimento Interno Exclusive Trigo

Nesta seção analisamos a determinação dos preços agrícolas para o abastecimento interno exclusive o trigo. Deflacio

nando o índice de preços calculado por resíduo na seção, pelo índice de preços por atacado obtemos uma medida da evolução do preço real do agregado de produtos para o abastecimento interno excluindo o trigo. Tendo como base o ano de 1970, a evolução do índice real de preços é ilustrada pela Figura 12.

Observa-se que no período 1960-1977, o preço do abastecimento interno acompanhou pari passu o crescimento geral dos preços da economia. O índice real de preços no decorrer destes dezoito anos, está limitado ao intervalo de 0,9 a 1,07 vezes a relação de preços do ano-base.

A partir de 1978, os preços do abastecimento interno exclusive trigo se aceleram em relação aos outros preços da economia. O preço real desta categoria de produtos agrícolas aumenta aproximadamente 25% entre 1977 e 1980. Esta escalada dos preços pode ser atribuída à quebra da safra de 1978 em conjunção com a liberação dos preços agrícolas como medida de estímulo à expansão da oferta.

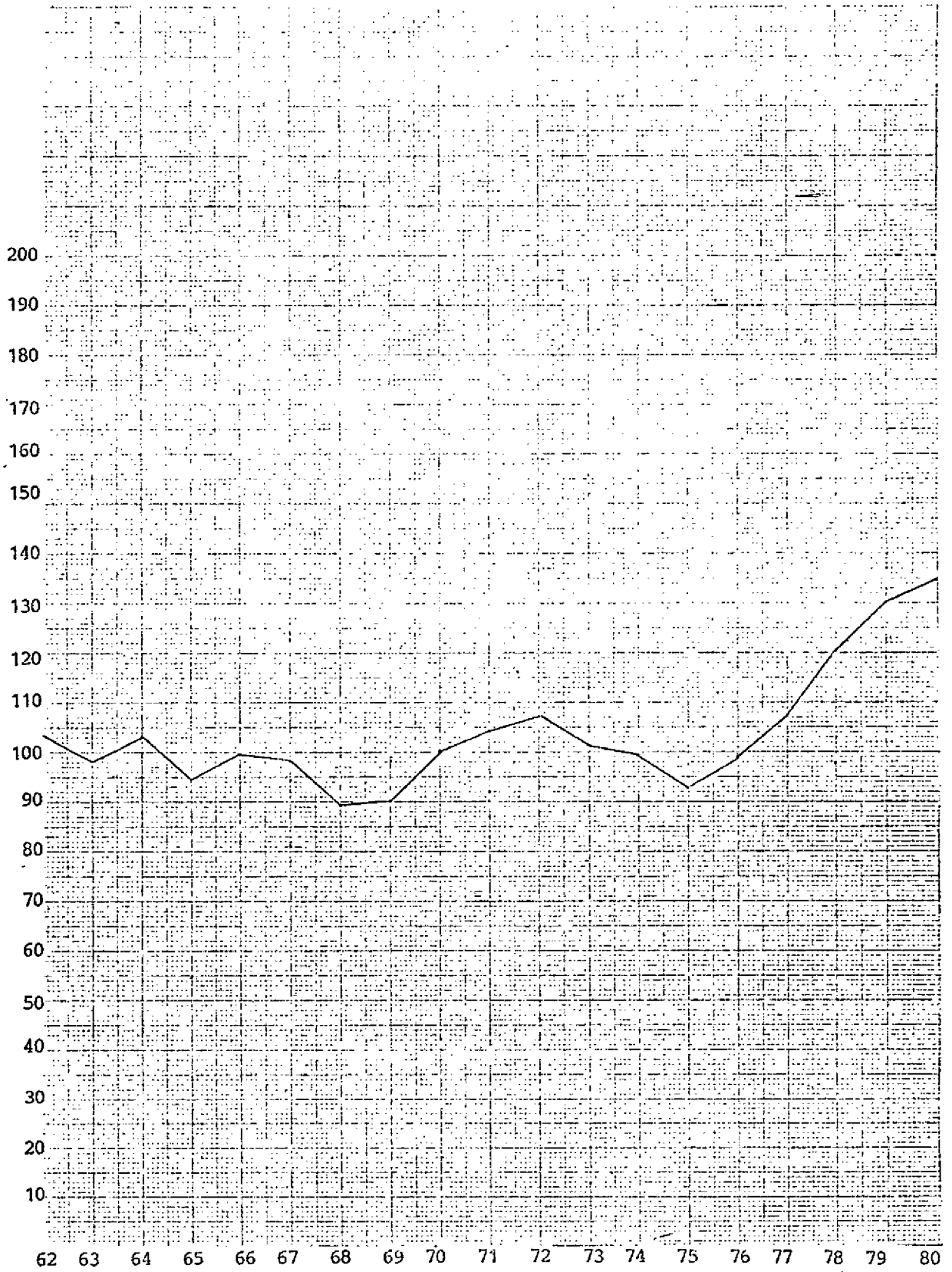
A forma reduzida do preço do abastecimento interno exclusive trigo correspondente ao modelo estrutural da seção II.2.6 é dada por

$$P = \frac{a_0 - b_0}{(a_2 + b_2)} + \frac{a_1}{(a_2 + b_2)} Y - \frac{b_1}{(a_2 + b_2)} T.$$

A estimação da forma reduzida do preço para o período 1965-1980 não gerou bons resultados. A observação da Figura 12 não sugere que as oscilações do preço real do abastecimento interno até

Fig. 12

Índice do Preço Real do Abastecimento Interno Exclusive Trigo  
(1970 = 100)



1977 estejam relacionadas com as flutuações da oferta e da demanda. A relativa estabilidade do preço pode ser atribuída ao controle dos preços ao consumidor e a política de preços mínimos para a agricultura que vigoraram em grande parte deste período.

Modelos alternativos refletindo simultaneamente o controle e a liberação dos preços agrícolas pós-1977 foram formulados e testados. Variáveis dummy foram testadas para o intercepto, a renda e as condições climáticas. O melhor resultado foi obtido com a especificação

$$\log p = c_0 \quad \text{para 1965-1977}$$

$$\log p = c_0 + c_1 \log Y + c_2 \log T \quad \text{para 1978-1980}$$

Neste formato o preço real do abastecimento interno é constante até 1977. No período 1978-1980, o preço é determinado em equilíbrio entre a oferta e a demanda destes produtos.

Estimado o modelo alternativo descrito acima para o período 1965-1980 por mínimos quadrados com correção para correlação serial pelo método de Corchrane-Orcutt obtivemos

$$\log (\text{PNT1}) = 1.1788 \text{ D log } (\text{Y1R}) - 1.3246 \text{ D log } (\text{IANT})$$

(2.0662)                                      (-1.9954)

$$R^2 = .8382; \quad DW = 1.49; \quad SER = .0509; \quad \text{Rho} = .455$$

onde: PNT1 - preço real do abastecimento interno exclusivo trigo definido como o índice de preços corrente PGNT

deflacionado pela IPA-DI.

D - variável dummy que assume o valor unitário no período 1978-1980 e nulo nos outros anos da amostra.

## II.6 - Bloco do Preço Industrial

Nesta seção é analisada a formação dos preços industriais. O objetivo principal da análise econométrica que sugere é a determinação de uma equação de preços que reflita o impacto de variações do preço interno dos derivados de petróleo. A este componente é atribuído papel significativo na inflação dos preços industriais no final da década de setenta e início da década de oitenta. O bloco do preço industrial contém também uma equação para a taxa de crescimento dos salários nominais, que assumimos determinados por uma regra de política salarial exógena. A composição do índice de preços, ou fronteira de preços da economia constitui a terceira equação do bloco econométrico.

### II.6.1 - Formação do Preço Industrial

No modelo econométrico, a exemplo de Lara-Resende e Lopes\*, o preço industrial é formado pelos custos. Os fatores cujas remunerações compõem os custos industriais são: mão-de-obra, importações intermediárias exclusive petróleo e energia. A desagregação das importações intermediárias permite analisar o impacto nos preços industriais de mudanças estruturais do setor energético nacional sobre o preço da energia. O preço da energia é exógeno ao modelo econométrico, sendo determinado em equilíbrio entre a oferta e a demanda industrial de energia. A metodologia de integração entre o modelo econométrico e o modelo de otimização do setor energético, discutida na seção III, explica a determinação

---

\*Lara-Resende, A. e Lopes F.L., "Sobre as Causas da Recente Aceleração Inflacionária", PPE, 11(3), dezembro 1981, pp.599-616.

simultânea do preço e do consumo industrial de energia.

Para a estimação da equação de preços industriais foi construído um índice de preços da energia para a indústria, excluindo a eletricidade. A construção deste índice baseou-se na hipótese de que as participações do óleo combustível, óleo diesel e gás liquefeito de petróleo são até 1977 percentagens fixas do consumo nacional destes derivados, 88%, 13% e 7% respectivamente. A partir de 1977, acrescenta-se ao consumo industrial de energia as parcelas de carvão mineral e vegetal destinadas a esta utilização. Após a conversão em unidades de energia do consumo e preço por fonte, o preço final para a indústria é obtido como uma média ponderada dos preços das gigacalorias oriundas das diversas fontes de energia. A Tabela 6 indica as ponderações que resultam destas hipóteses simplificadores. Denominamos o preço da energia resultante de preço do calor industrial, visto ser a geração de calor a principal utilização da energia não-eletricidade no setor industrial.

A título de simplificação assumimos que os três componentes do custo industrial têm uma participação fixa no custo variável total. Isto é equivalente à suposição de que a função de produção agregada da indústria tem uma elasticidade de substituição constante e unitária entre os insumos\*. Desta forma, identificando-se o crescimento dos preços industriais  $\hat{P}$  com o crescimento dos custos variáveis teremos que

$$\hat{P} = \alpha_I \hat{P}_I + \alpha_W \hat{W} + \alpha_E \hat{P}_E \quad \text{com} \quad \alpha_I + \alpha_W + \alpha_E = 1$$

---

\*Experimentos empíricos com elasticidade de substituição da energia inferiores à unidade são reportados por Lopes, F.L., "Inflação e Nível de Atividade Econômica no Brasil: Uma Análise Econométrica", projeto PNPE, junho 1982.

TABELA 6  
 COMPOSIÇÃO DO CONSUMO INDUSTRIAL DE ENERGIA  
 EXCLUSIVE ELETRICIDADE

Ano	Óleo combustível (%)	Óleo diesel (%)	Gás liquefeito de petróleo (%)	Carvão SC (%)	Carvão RGS e PR (%)
1966	90.0	9.0	1.0	-	-
1967	89.0	9.6	1.4	-	-
1968	90.0	9,0	1.0	-	-
1969	90.0	9.0	1.0	-	-
1970	89.0	10.0	1.0	-	-
1971	90.0	10.0	1.0	-	-
1972	89.0	10.0	1.0	-	-
1973	89.0	9.5	1.5	-	-
1974	89.0	9.5	1.5	-	-
1975	89.0	10.0	1.0	-	-
1976	89.0	10.0	1.0	-	-
1977	88.0	11.0	1.0	-	-
1978	87.0	11.0	1.0	-	1.0
1979	86.0	11.0	1.0	-	2.0
1980	82.0	11.0	1.0	3.0	3.0



onde  $\hat{P}_I$ ,  $\hat{W}$  e  $\hat{P}_E$  representam as taxas de crescimento dos preços dos insumos e  $\alpha_I$ ,  $\alpha_W$  e  $\alpha_E$ , as participações fixas no custo industrial. Assumindo que o salário médio na indústria  $W$  acompanha o salário mínimo  $W_M$  segundo uma relação constante em taxas de crescimento

$$\hat{W} = \rho \hat{W}_M,$$

a equação de preços industriais resultante é

$$\hat{P} = \alpha_I \hat{P}_I + \alpha_W \rho \hat{W}_M + \alpha_E \hat{P}_E$$

Estimada a equação acima para o período reduzido de 1970 a 1980, obtemos pelo método dos mínimos quadrados

$$P3T = .2694 P12CTT + .4403 WMAT + .1616 PCALT$$

(3.0913)                      (6.9612)                      (3.6930)

$$R^2 = .9946; \quad DW = 2.4469; \quad SER = .02119$$

onde: P3T - taxa de crescimento da média anual dos preços industriais (IPA/OG industrial)

P12CTT - taxa de crescimento do custo em cruzeiros incluindo impostos das importações exclusive petróleo e trigo.

WMAT - taxa de crescimento da média anual do salário mínimo

PCALT - taxa de crescimento da média anual do preço do calor industrial

A elasticidade do salário médio em relação ao salário mínimo estimada a partir da equação acima é 0,8. Fixando o valor da elasticidade em 1, de tal forma que os coeficientes estimados somem à unidade, obtemos alternativamente para o mesmo período

$$P3T - PCALT = .3432(P12CTT - PCALT) + .5870(WMAT - PCALT)$$

(3.3404)                                      (7.8090)

$$R^2 = .9889; \quad DW = 2.4537; \quad SER = .0814$$

Resultados alternativos podem ser encontrados no Apêndice.

## II.6.2 - Salários Nominais

Uma vez que o preço do calor industrial é determinado na integração com o modelo de otimização e que o preço das importações em dólar é exógeno ao modelo econométrico, resta analisar como componente dos preços industriais a formação dos salários nominais.

A equação estimada para os salários nominais é uma variante da fórmula de Lopes e Bacha\* para a política de indexação salarial com reajustes dessincronizados. A formulação alternativa

$$\log (1 + \hat{W}) = h \log (1 + \hat{P}) + (1 - h) \log (1 + \hat{P}_{-1})$$

onde  $\hat{W}$ ,  $\hat{P}$  e  $\hat{P}_{-1}$  representam respectivamente a taxa de crescimento do salário médio nominal e as taxas de inflação do período corrente e do período anterior, recai na fórmula de Lopes e Bacha quando as taxas de crescimento são pequenas. Fazendo as aproximações

$$\log (1 + \hat{W}) \cong \hat{W},$$

$$\log (1 + \hat{P}) \cong \hat{P},$$

$$\log (1 + \hat{P}_{-1}) \cong \hat{P}_{-1},$$

temos que

$$\hat{W} = h\hat{P} + (1-h) \hat{P}_{-1}.$$

---

\* Bacha, E.L. e F.L.Lopes, "Inflation, Growth and Wage Policy: In Search of a Brazilian Paradigm", Texto para Discussão nº 10, Departamento de Economia, PUC/RJ, Outubro 1980.

Estimada a regra de política salarial, na forma logaritmica acima especificada, para o período 1966-1980, obtivemos após correção para correlação serial pelo método de Corchrane-Orcutt

$$\log (1 + \text{WMAT}) = \frac{.5356}{(5.9092)} \log (1 + \text{PDIT}) + \frac{.5468}{(4.6079)} \log (1 + \text{PDITL})$$

$$R^2 = .9694; \quad \text{DW} = 2.375; \quad \text{SER} = .0074; \quad \text{Rho} = .275$$

onde: PDIT - taxa de crescimento da média anual do índice de preços no atacado - disponibilidade interna no ano corrente.

PDITL - taxa de crescimento da média anual do índice de preços no atacado - disponibilidade interna no ano anterior.

O parâmetro h da política salarial estimado é igual a .5, o que é compatível com resultados teóricos obtidos por Lopes e Bacha para reajustes anuais dos salários. Esta foi a política que vigorou no Brasil em grande parte do período da amostra, pois somente em outubro de 1979 foi instituído o reajuste semestral dos salários.

### II.6.3 - Composição do Índice Geral de Preços

Nesta seção é estimada uma equação para a composição do índice geral de preços da economia. A especificação da fronteira de preços da economia é dual à especificação da curva de transformação derivada na seção. Assim, a fronteira de preços é também do tipo Cobb-Douglas. Para apenas dois produtos, a composição do índice geral de preços se resume a

$$\log P = \alpha_1 \log P_1 + \alpha_2 \log P_2 ; \text{ com } \alpha_1 + \alpha_2 = 1$$

onde  $P_1$  e  $P_2$  representam os preços dos dois produtos da economia.

Estimada a equação de composição do índice geral de preços especificada acima para o período 1965-1980, obtem-se pelo método dos mínimos quadrados

$$\log (PD1) = \frac{.7911}{(27.3229)} \log (P3) + \frac{.2123}{(7.5654)} \log (P6)$$

$$R^2 = .9998; \quad DW = 1.4049; \quad SER = .0037$$

onde: PD1 - índice de preços no atacado - disponibilidade interna (1970 = 100)

P3 - índice de preços no atacado - indústria - oferta global (1970 = 100)

P6 - índice de preços no atacado . agricultura - oferta global (1970 = 100).

## II.7 - Bloco das Exportações

As exportações brasileiras estão desagregadas no modelo econométrico em quatro categorias:

- açúcar
- industrializados exclusive açúcar
- agrícolas
- minerais

O açúcar foi dissociado das outras exportações de produtos industrializados devido a competitividade com o álcool carburante, na qualidade de derivados de cana-de-açúcar. A escolha técnica entre a produção de açúcar, para o consumo interno e a exportação e a produção do álcool, em substituição à gasolina derivada das importações de petróleo, está incorporada ao modelo de otimização do setor energético, que descreveremos na seção II. Desta forma, a composição açúcar/álcool resulta da determinação de uma configuração ótima para o setor energético nacional. As exportações agrícolas, minerais e de produtos industrializados exclusive açúcar são estimadas econométricamente e portanto endógenas ao modelo macroeconômico.

### II:7.1 - Exportação de Açúcar

Na versão atual do modelo o volume das exportações de açúcar é determinado por resíduo. Deduzindo-se da produção de açúcar o consumo doméstico obtém-se o volume das exportações. A

produção de açúcar é calculada pelo modelo de otimização sob a hipótese de que a demanda é perfeitamente elástica ao preço do mercado internacional. O consumo doméstico é estimado econometricamente.

Esta formulação das exportações brasileiras de açúcar é por demais restritiva pois ignora a forte participação das exportações brasileiras no comércio internacional, assim como a sensibilidade das demandas externa e interna aos preços do produto. Não é portanto considerada a política de preços praticada no mercado doméstico, que amortece as flutuações dos preços observadas no mercado internacional. A hipótese de que as exportações são determinadas pela produção deduzido o consumo doméstico não permite a formação de estoques. No entanto os estoques de açúcar, segundo informações obtidas junto ao setor, variaram em volume entre 1,5 e 2,5 vezes as exportações anuais no período 1965-1980. Todas as questões acima deverão ser objeto de análise posterior na elaboração de uma versão mais detalhada do modelo econométrico.

Assumindo que o consumo doméstico de açúcar é apenas função da renda real, obtivemos por mínimos quadrados com correção para correlação serial para o período 1966-80:

$$\log (\text{CDAC}) = 5.5952 + .5562 \log (\text{Y1R})$$

(21.9234)      (10.9355)

$$R^2 = .9695; \quad DW = 1.5344; \quad SER = .03812; \quad \text{Rho} = .4312$$

onde: CDAC - consumo doméstico de açúcar em mil toneladas

Y1R - índice da renda real (1970 = 100).

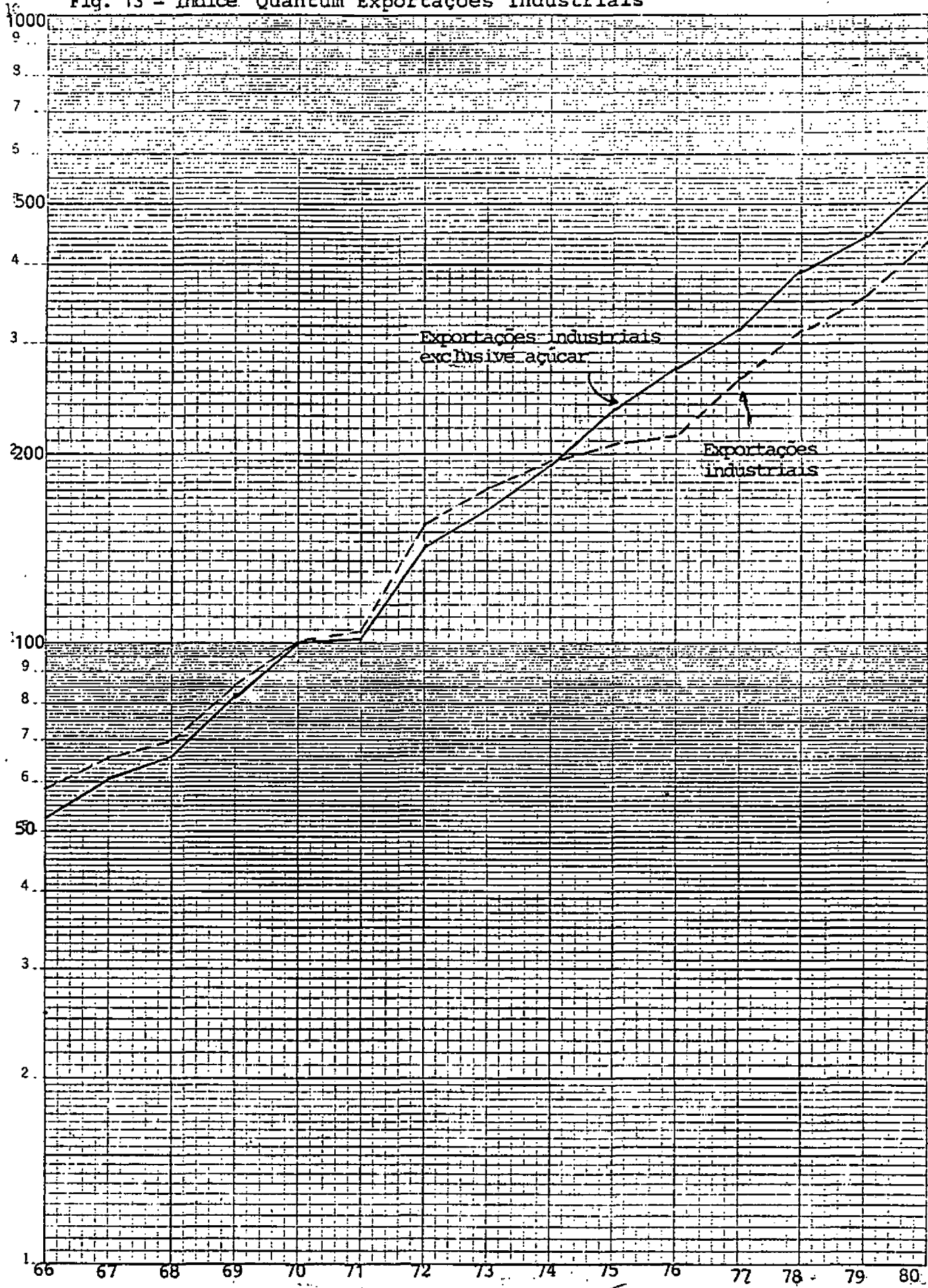
Conclui-se, a partir dos resultados acima, que a elasticidade-renda da demanda interna de açúcar é aproximadamente .55. O resultado obtido com especificações alternativas para o consumo interno de açúcar pode ser encontrado no Apêndice.

#### II.7.2 - Exportações de Produtos Industrializados Exclusive Açúcar

A participação das exportações no valor total da exportação de produtos industrializados oscilou entre 20 a 30% no final da década de sessenta. No biênio 1974-75 quando os preços no mercado internacional triplicaram, as exportações de açúcar corresponderam a aproximadamente 35 a 40% da receita de exportações de produtos industrializados. Com a vertiginosa queda das cotações internacionais e o crescimento das exportações de outros produtos manufaturados no período de 1976-79, as exportações do açúcar se restringem a uma parcela de 3 a 8% da receita de exportação de industrializados.

A Figura 13 demonstra a evolução do índice de quantum da exportação de produtos industrializados para o período 1966-80. Como possível resultado de uma política agressiva de incentivos à exportação de manufaturados, o volume exportado cresceu em média 16% ao ano no decorrer da década de setenta. A taxa de crescimento do volume de açúcar exportado pelo país não acompanhou, no entanto, esta performance, situando-se no entorno de

Fig. 13 - Índice Quantum Exportações Industriais



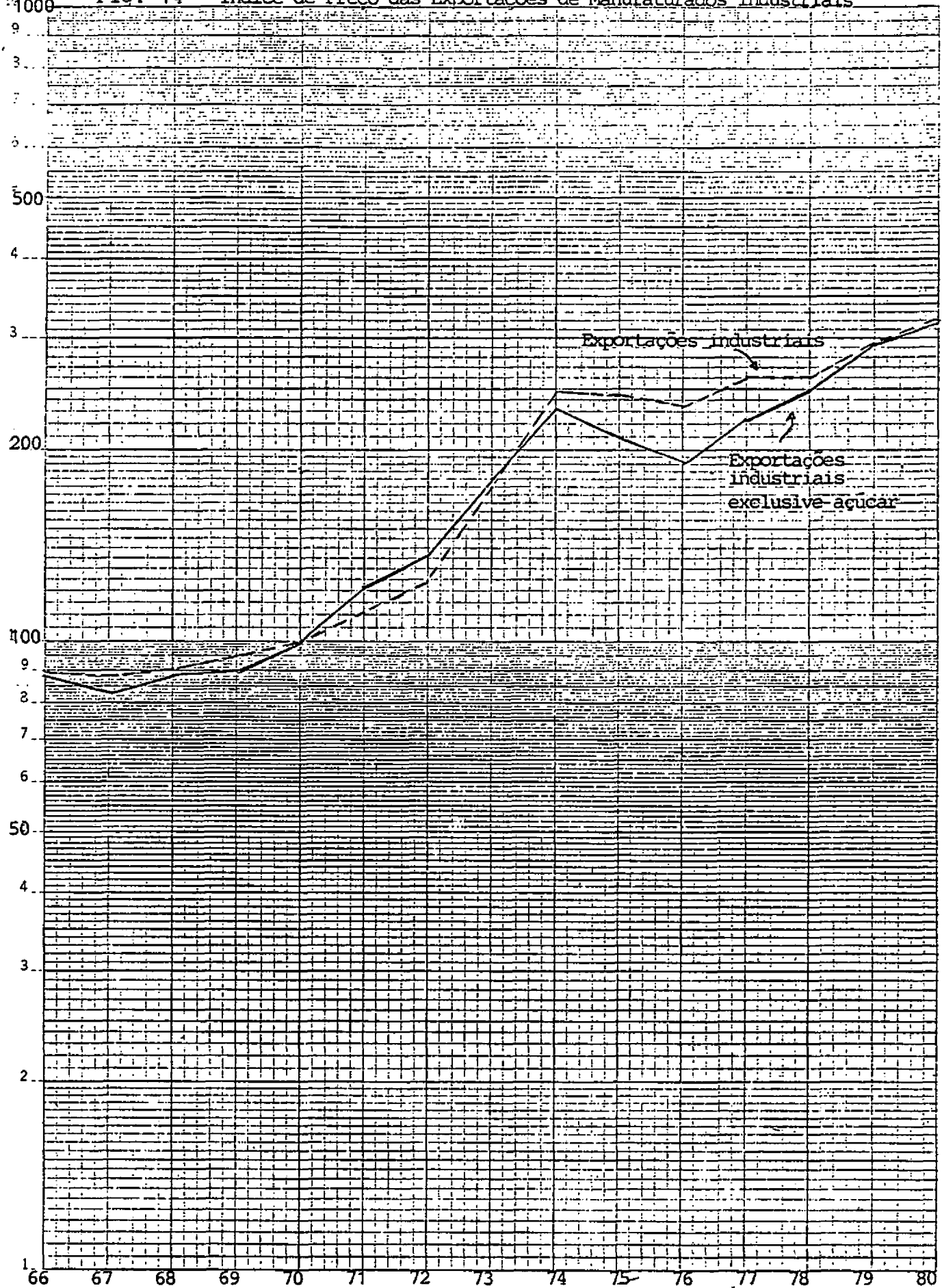


8% ao ano, entre 1970 e 1980.

Uma vez que as exportações de açúcar no modelo integrado são determinadas a partir de uma escolha técnica entre a produção de açúcar e álcool, procedeu-se uma reconstrução do índice de quantum da exportação de produtos industrializados que excluísse o açúcar. O índice de quantum da exportação de industrializados exclusive açúcar também se encontra na Figura . Observa-se que a exclusão do açúcar, produto cuja estrutura do mercado internacional é certamente distinta dos outros manufaturados exportados pelo país, torna ainda maior a expansão de quantum das exportações industriais na última década. A taxa de crescimento média do volume exportado exclusive açúcar é da ordem de 18% ao ano. Além disso, elimina-se assim um significativo componente de instabilidade no volume exportado. Excluindo o açúcar, o volume exportado aumentou em 39% entre 1971 e 1972 enquanto o índice global sugere um crescimento de 49%. No mesmo período o volume exportado de açúcar duplicou. Entre 1974 e 1976 o quantum da exportação de industrializados cresceu 10%, enquanto as exportações de açúcar sofreram uma queda de 75%. No triênio o volume exportado excluindo o açúcar aumentou cerca de 43%.

O mesmo procedimento foi empregado para a reconstrução dos índices de preço. Os resultados podem ser observados na Figura 14. A taxa média de crescimento do preço em dólar das exportações de manufaturados na década de setenta foi de aproximadamente 12% ao ano. As altas cotações do açúcar no mercado internacional no período 1974-76 vieram positivamente o índice de

Fig. 14 - Índice de Preço das Exportações de Manufaturados Industriais



preços das exportações de manufaturados.

Por outro lado, enquanto os preços dos industrializados exclusive açúcar aumentaram 64% entre 1976 e 1980, a queda do preço internacional do açúcar no período, geram um crescimento de apenas 37% no índice de preços global.

No caso das exportações de produtos industrializados assumimos como Cardoso\* e Musalem\*\* que a demanda é perfeitamente elástica ao nível do preço internacional. Desta forma, o volume exportado é determinado pela oferta destes produtos. O modelo teórico que resulta destas suposições é em forma logarítmica

$$\log \frac{X^S}{Y} = a_0 + a_1 \log p + a_2 (1-u); \text{ com } a_1 \geq 0 \text{ e } a_2 > 0$$

onde  $X^S$  indica a oferta para exportação,  $Y$  uma medida do nível de atividade,  $p$  a remuneração real do exportador e  $u$  a taxa de utilização da capacidade instalada. A elasticidade-produto da oferta de exportações é arbitrariamente fixada na unidade.

O preço recebido pelo exportador de produtos industrializados difere do equivalente em cruzeiros do preço internacional devido à incidência de subsídios à exportação. No caso brasileiro, os subsídios à exportação de produtos industrializados compreenderiam créditos fiscais e incentivos financeiros. Uma série histórica dos subsídios implícitos à exportação de produtos

---

\* Cardoso, E. e R.Dornbusch, "Uma Equação para as Exportações Brasileiras de Produtos Manufaturados", Revista Brasileira de Economia, 34(3), jul/set.1980 pp. 429-437.

\*\* Musalem, A.R., "Política de Subsídios e Exportações de Manufaturados no Brasil", Revista Brasileira de Economia, 35(1), jan/mar 1981, pp. 17-41.

industrializados foi calculada por Cardoso. Mussalem incorpora a estes cálculos os incentivos financeiros à exportação. A remuneração do exportador pode então ser especificada como

$$p = p^* e (1+s)$$

onde  $p^*$  é o preço em dólar das exportações, e indica a taxa de câmbio real e  $s$  representa a taxa de subsídios.

Assumindo o ajustamento parcial do quantum exportado ao excesso de oferta através da relação

$$\log \left( \frac{X}{Y} \right) - \log \left( \frac{X}{Y} \right)_{-1} = \lambda \left[ \log \left( \frac{X^S}{Y} \right) - \log \left( \frac{X}{Y} \right) \right]$$

onde  $\lambda$  representa o coeficiente de ajustamento, obtemos

$$\log \left( \frac{X}{Y} \right) = \lambda a_0 + \lambda a_1 \log p + a_2 \lambda (1-u) + (1-\lambda) \log \left( \frac{X}{Y} \right)_{-1}$$

Estimada por mínimos quadrados ordinários a equação acima para o quantum das exportações de produtos industrializados no período 1961-1980, resulta que

$$\log \left( \frac{X4QNA}{Y3R} \right) = -1.3220 + .6304 \log (TX43S) + 1.1704 \text{ GAPY3} + .4822 \log \left( \frac{X4QNA}{Y3R} \right)_{-1}$$

(-3.9852)
(4.1604)
(3.2404)
(3.5948)

$$R^2 = .9611; \quad DW = 1.929; \quad SER = .1005$$

onde: X4QNA - índice de quantum da exportação de produtos industrializados exclusive açúcar (1970 = 100)

Y3R - índice real do produto industrial (1970 = 100)

GAPY3 - medida do excesso de capacidade industrial

TX43S - remuneração real do exportador calculada como o índice de preços em dólar das exportações de produtos industrializados exclusive açúcar multiplicado pela taxa de câmbio e o fator de subsídios derivado por Mussalem deflacionado pelo índice de preços no atacado da indústria para a oferta global.

Em contraste com os valores até então disponíveis na literatura, os resultados acima sugerem que a elasticidade-preço da oferta de exportações industriais excluindo o açúcar é .63. A elasticidade-preço de longo prazo 1.3 é significativamente superior a unidade. Resultados obtidos com especificações alternativas estão listados no Apêndice.

### II.7.3- Exportações Minerais

As exportações de minérios representaram no ano de 1980, 8.5% do valor total das exportações brasileiras. Nas últimas duas décadas a participação dos minérios no valor das exportações variou na estreita faixa de 6.8 a 11.8% conforme demonstra a Tabela 7. No mesmo período o volume exportado se expandiu em média 13% ao ano, não demonstrando diferença significativa de crescimento entre as décadas de sessenta e setenta. Em contraste, o preço em dólar das exportações aumentou nestes vinte anos a uma taxa média de apenas 2% ao ano. Na década de sessenta observa-se uma queda dos preços de aproximadamente 3.5% ao ano. O preço em dólar corrente das exportações em 1970 é 70% do preço em 1960. A recuperação dos preços ocorre na década de setenta quando estes crescem em média aproximadamente 8% ao ano.

Parte da queda dos preços na década de sessenta e a elevação moderada da década de setenta é explicada pela mudança da composição da pauta de exportação de minérios, com o minério de manganês cedendo espaço ao minério de ferro. No entanto, é a expansão quantitativa da oferta, principalmente do minério de ferro, que, em geral, se credita o comportamento observado dos preços em dólares correntes dos últimos vinte anos. É notório que os preços em dólares constantes caíram significativamente nas duas décadas. O modelo que descrevemos e estimamos a seguir procura captar este efeito.

Assumimos a título de simplificação que a demanda mun-

TABELA 7

Ano	Valor das exportações de minérios FOB (US\$ milhões)	Valor das exportações FOB (US\$ milhões)	%
1960	88	1270	6.9
1961	95	1405	6.8
1962	100	1215	8.2
1963	98	1406	7.0
1964	102	1430	7.1
1965	137	1596	8.6
1966	134	1741	7.7
1967	125	1654	7.6
1968	137	1881	7.3
1969	179	2311	7.7
1970	264	2739	9.6
1971	290	2904	10.0
1972	274	3991	6.9
1973	399	6199	6.4
1974	641	7951	8.1
1975	1022	8670	11.8
1976	1082	10128	10.7
1977	963	12120	7.9
1978	1095	12659	8.6
1979	1378	15244	9.0
1980	1714	20132	8.5

dial pelas exportações de minérios  $X^d$ , tem elasticidade-renda u nitária, ou seja,

$$\log X^d = a_0 + \log YW + a_2 \log \left(\frac{PX}{PW}\right); \quad a_2 \leq 0 \quad (4)$$

onde YW denota um índice de renda ou comércio mundial, PX representa o preço em dólares correntes das exportações e PW indica um índice de preços mundiais. A oferta de exportações  $X^S$ , é uma fração constante da capacidade produtiva K, isto é

$$\log X^S = b_0 + \log K \quad (5)$$

Para a determinação simultânea do volume exportado e dos preços supomos um modelo de desequilíbrio baseado em Goldstein e Khan\*. O quantum exportado se ajusta ao excesso de demanda, através de

$$\log X - \log X_{-1} = \lambda [\log X^d - \log X_{-1}]; \quad 0 \leq \lambda < 1 \quad (6)$$

onde  $\lambda$  é o coeficiente de ajustamento. Os preços, por outro lado, respondem ao excesso de oferta, ou seja

$$\log PX - \log PX_{-1} = \gamma [\log X - \log X^S]; \quad \gamma \geq 0 \quad (7)$$

Substituindo (4) e (5) em (6) e (7) obtemos a forma reduzida do modelo. Para o quantum temos que

---

\* Goldstein, M. e M.S. Khan, "The Supply and Demand for Exports: A Simultaneous Approach", The Review of Economics and Statistics, 60,2, Maio 1978.



$$\log X = c_0 + c_1 \log YW + c_2 \log PW + c_3 \log K + c_4 \log X_{-1} + c_5 \log PX_{-1}$$

onde definindo  $D = 1 - \lambda\gamma a_2$ ,

$$c_0 = (\lambda a_0 - \lambda\gamma a_2 b_0)/D,$$

$$c_3 = -\lambda\gamma a_2/D,$$

$$c_1 = \lambda/D,$$

$$c_4 = (1-\lambda)/D,$$

$$c_2 = -\lambda a_2/D,$$

$$c_5 = \lambda a_2/D.$$

Para os preços, a forma reduzida do modelo gera a equação:

$$\log PX = d_0 + d_1 \log YW + d_2 \log PW + d_3 \log K + d_4 \log X_{-1} + d_5 \log PX_{-1}$$

$$\text{onde: } d_0 = (\lambda a_0 - b_0)\gamma/D,$$

$$d_3 = -\gamma/D,$$

$$d_1 = \lambda\gamma/D,$$

$$d_4 = (1-\lambda)\gamma/D,$$

$$d_2 = -\lambda\gamma a_2/D,$$

$$d_5 = 1/D.$$

Os sinais dos coeficientes da forma reduzida podem ser visualizados através do quadro:

	YW	PW	K	$X_{-1}$	$PX_{-1}$
X	+	+	+	+	-
PX	+	+	-	+	+

Utilizando nas equações de quantidade e preço as relações

$$c_5 + c_2 = 0$$

$$d_5 + d_2 = 1$$

e

$$c_1 + c_3 + c_4 = 1$$

$$d_1 + d_3 + d_4 = 0$$

Obtemos a forma reduzida simplificada

$$\log X = c_0 + \log K + c_1 \log \left(\frac{YW}{K}\right) - c_2 \log \left(\frac{PX_{-1}}{PW}\right) + c_4 \log \left(\frac{X_{-1}}{K}\right)$$

e

$$\log PX = d_0 + \log PX_{-1} + d_1 \log \left(\frac{YW}{K}\right) - d_2 \log \left(\frac{PX_{-1}}{PW}\right) + d_4 \log \left(\frac{X_{-1}}{K}\right)$$

Estimando a forma reduzida do modelo pelo método dos mínimos quadrados para o período 1962-1980 obtemos:

$$\log (X5Q) = .9541 \log (X5QT) + .3571 \log \left(\frac{I2Q}{X5QT}\right) + .4565 \log \left(\frac{X5Q(-1)}{X5QT}\right) - .5858 \log \left(\frac{PX5D(-1)}{P2D}\right)$$

(49.941)                      (3.9232)                      (3.2536)                      (-4.3570)

$$R^2 = .9891; \quad DW = 1.7849; \quad SER = .0911$$

$$\log (PX5D) = .9916 \log (PX5D(-1)) + .1912 \log \left(\frac{I2Q}{X5QT}\right) + .3810 \log \left(\frac{X5Q(-1)}{X5QT}\right) - .3581 \log \left(\frac{PX5D(-1)}{P2D}\right)$$

(71.605)                      (3.4748)                      (4.6529)                      (-5.3524)

$$R^2 = .9720; \quad DW = 1.8589; \quad SER = .0533$$

onde: PX5D - índice do preço em dólar das exportações de minérios (1970 = 100)

X5Q - índice de quantum das exportações de minérios (1970 = 100)

P2D - índice do preço em dólar das importações mundiais (1975 = 100)

- I2Q - índice de quantum das importações mundiais  
X5QT - tendência log-linear do crescimento das exportações de minérios.

Os resultados obtidos com especificações alternativas encontram-se listados no Apêndice.

#### II.7.4 - Exportações Agrícolas

As exportações de produtos agrícolas em 1980 representam aproximadamente 30% do valor total das exportações brasileiras. Em contraste as exportações agrícolas eram responsáveis por 65 a 75% da receita de exportações na década de sessenta. Esta significativa redução da participação da agricultura pode ser atribuída em parte à ênfase dada às exportações de produtos industrializados na década de setenta e a um aumento da competitividade no mercado internacional de produtos primário-agrícolas com a entrada de novos produtores.

Ao analisarmos a evolução do volume exportado nestas duas décadas observamos que a taxa média de crescimento foi de 1,5% ao ano. Excluindo o ano de 1980 quando o quantum da exportação de produtos não industrializados se expandiu 34%, a taxa de crescimento média nesses vinte anos é virtualmente nula. Na década de sessenta o volume exportado cresceu à taxa média de 3% ao ano. Porém na década de setenta observa-se um decréscimo médio no volume exportado da ordem de 1% ao ano.

Os preços em dólares das exportações de produtos primário-agrícolas aumentaram em média 6% ao ano entre 1960 e 1980. Grande parcela do crescimento médio dos preços pode ser atribuída aos acontecimentos da década de setenta. Entre 1970 e 1980 o preço em dólar aumentou aproximadamente 9,1% ao ano acompanhando o choque na taxa de inflação mundial provocado pela alta dos preços do petróleo. Na década de sessenta o crescimento médio dos preços foi modesto situando-se no entorno de 2,8% ao ano.

O modelo teórico para as exportações primário-agrícolas brasileiras que descrevemos a seguir procura captar o impacto das flutuações da produção doméstica e da conjuntura internacional sobre o volume e o preço das exportações. A demanda de exportações de produtos primários  $X^d$  tem, por hipótese, elasticidade-renda unitária, ou seja

$$\log \left( \frac{X^d}{YW} \right) = a_0 + a_2 \log \left( \frac{PX}{PW} \right); \quad a_2 < 0 \quad (8)$$

onde YW denota o índice da renda ou comércio mundial, PX representa o preço em dólares correntes dos produtos exportados e PW simboliza o índice de preços mundiais. A oferta de exportações agrícolas é função apenas da produção corrente de exportáveis agrícolas YA segundo a relação

$$\log X^S = b_0 + b_1 \log YA; \quad b_1 > 0 \quad (9)$$

O volume efetivamente exportado X e o preço das exportações PX podem ser determinados simultaneamente quando o volume responde ao excesso de demanda segundo

$$\log \left( \frac{X}{YW} \right) - \log \left( \frac{X}{YW} \right)_{-1} = \lambda \left[ \log \left( \frac{Y^d}{YW} \right) - \log \left( \frac{X}{YW} \right)_{-1} \right]; \quad 0 < \lambda < 1 \quad (10)$$

e os preços respondem ao excesso de oferta, ou seja

$$\log PX - \log PX_{-1} = \gamma \left[ \log X - \log X^S \right]; \quad \gamma > 0. \quad (11)$$

A forma reduzida do modelo de desequilíbrio pode ser obtida pela substituição de (8) e (9) em (10) e (11). Para o índice de quantum teremos

$$\log X = c_0 + c_1 \log YW + c_2 \log PW + c_3 \log YA + c_4 \log \left( \frac{X}{YW} \right)_{-1} + c_5 \log PX_{-1}$$

onde  $D = 1 - \lambda \gamma a_2$  e

$$\begin{aligned} c_0 &= (\lambda a_0 - \lambda \gamma a_2 b_0) / D, & c_3 &= -\lambda \gamma a_2 b_1 / D, \\ c_1 &= 1 / D, & c_4 &= (1 - \lambda) / D, \\ c_2 &= \lambda a_2 / D, & c_5 &= \lambda a_2 / D. \end{aligned}$$

enquanto para o índice de preços,

$$\log PX = d_0 + d_1 \log YW + d_2 \log PW + d_3 \log YA + d_4 \log \left( \frac{X}{YW} \right)_{-1} + d_5 \log PX_{-1}$$

$$\begin{aligned} \text{onde: } d_0 &= (\lambda a_0 - b_0) \gamma / D, & d_3 &= -\gamma b_1 / D, \\ d_1 &= \gamma / D, & d_4 &= (1 - \lambda) \gamma / D, \\ d_2 &= -\lambda \gamma a_2 / D, & d_5 &= 1 / D. \end{aligned}$$

Os sinais dos coeficientes da forma reduzida das quantidades e dos preços são resumidos no quadro a seguir:

	YW	PW	YA	$(X/YW)_{-1}$	$PX_{-1}$
X	+	+	+	+	-
PX	+	+	-	+	+

Supondo que  $b_1 = 1$ , as relações

$$c_1 + c_3 = 1$$

$$d_1 + d_3 = 0$$

e

$$c_2 + c_5 = 0$$

$$d_2 + d_5 = 1$$

entre os coeficientes da forma reduzida permitem simplificar as equações da quantidade e do preço. Obtemos então que:

$$\log X = c_0 + \log YW - c_3 \log \left(\frac{YW}{YA}\right) - c_2 \log \left(\frac{PX_{-1}}{PW}\right) + c_4 \log \left(\frac{X}{YW}\right)_{-1}$$

e

$$\log PX = d_0 + \log PX_{-1} + d_1 \log \left(\frac{YW}{YA}\right) - d_2 \log \left(\frac{PX_{-1}}{PW}\right) + d_4 \log \left(\frac{X}{YW}\right)_{-1}$$

Estimando a forma reduzida do modelo por mínimos quadrados com correção serial de Corchrane-Orcutt para o período 1965-1980 obtemos

$$\log \left(\frac{X7Q}{I2Q}\right) = .8891 - .3707 \log \left(\frac{PX7D(-1)}{P2D}\right) - .5303 \log \left(\frac{I2Q}{Y6NC}\right) + .8891 \log \left(\frac{X7Q(-1)}{I2Q}\right)$$

(2.006) (-2.1203)                      (-2.023)                      (12.242)

$$R^2 = .87; \quad DW = 1.774; \quad SER = .139; \quad Rho = -.57$$

$$\log(\text{PX7D}) = -1.6165 + 1.560 \log(\text{PX7D}(-1)) - .795 \log\left(\frac{\text{PX7D}(-1)}{\text{P2D}}\right) +$$

(-3.042) (7.635) (-3.633)

$$+ .7711 \log\left(\frac{\text{I2Q}}{\text{Y6NC}}\right) + .9025 \log\left(\frac{\text{X7Q}}{\text{I2Q}}(-1)\right)$$

(2.879) (3.010)

$$R^2 = .955; \quad \text{DW} = 2.234; \quad \text{SER} = .129; \quad \text{Rho} = -.304$$

onde: PX7D - índice do preço em dólar das exportações de produtos não-industrializados (1970 = 100).

X7Q - índice de quantum das exportações de produtos não-industrializados (1970 = 100).

No Apêndice\* podem ser encontrados os resultados obtidos com especificações alternativas para a oferta e demanda de exportações de produtos não-industrializados.

\* O referido Apêndice deixa de figurar na presente edição, podendo eventualmente ser solicitado ao IPEA, para consulta.

### III. O MODELO DE OTIMIZAÇÃO

#### III.1 - Fundamentos Teóricos

O setor energético nacional está representado no modelo integrado através de um problema de otimização que permite determinar a função

$\phi(s,d)$  = custo mínimo de atender a demanda  $d$  quando a disponibilidade de insumos é dada por  $s$ .

Numa versão linear do modelo,  $\phi$  pode ser computada através da solução de um problema de programação linear cujo formato básico é:

$$\begin{array}{llll} \phi(s,d) = \min & cx & \text{Variáveis duais} & \\ \text{s.a.} & A_1 x \leq s & (p) & (P) \\ & A_2 x \geq d & (q) & \\ & x \geq 0 & & \end{array}$$

Dados os vetores de oferta de fontes primárias e de demanda de formas finais de energia,  $s$  e  $d$  respectivamente, a solução  $x$  de (P) indica a configuração de custo mínimo para o setor. As matrizes de coeficientes técnicos  $A_1$  e  $A_2$  incorporam as eficiências dos distintos processos de mineração, refino, conversão, transmissão e distribuição da energia, enquanto  $c$  representa o custo unitário de operação destas atividades.

O diagrama da Figura 15, similar ao Reference Energy System desenvolvido pelo Brookhaven National Laboratory permite uma melhor visualização das possibilidades de transformação



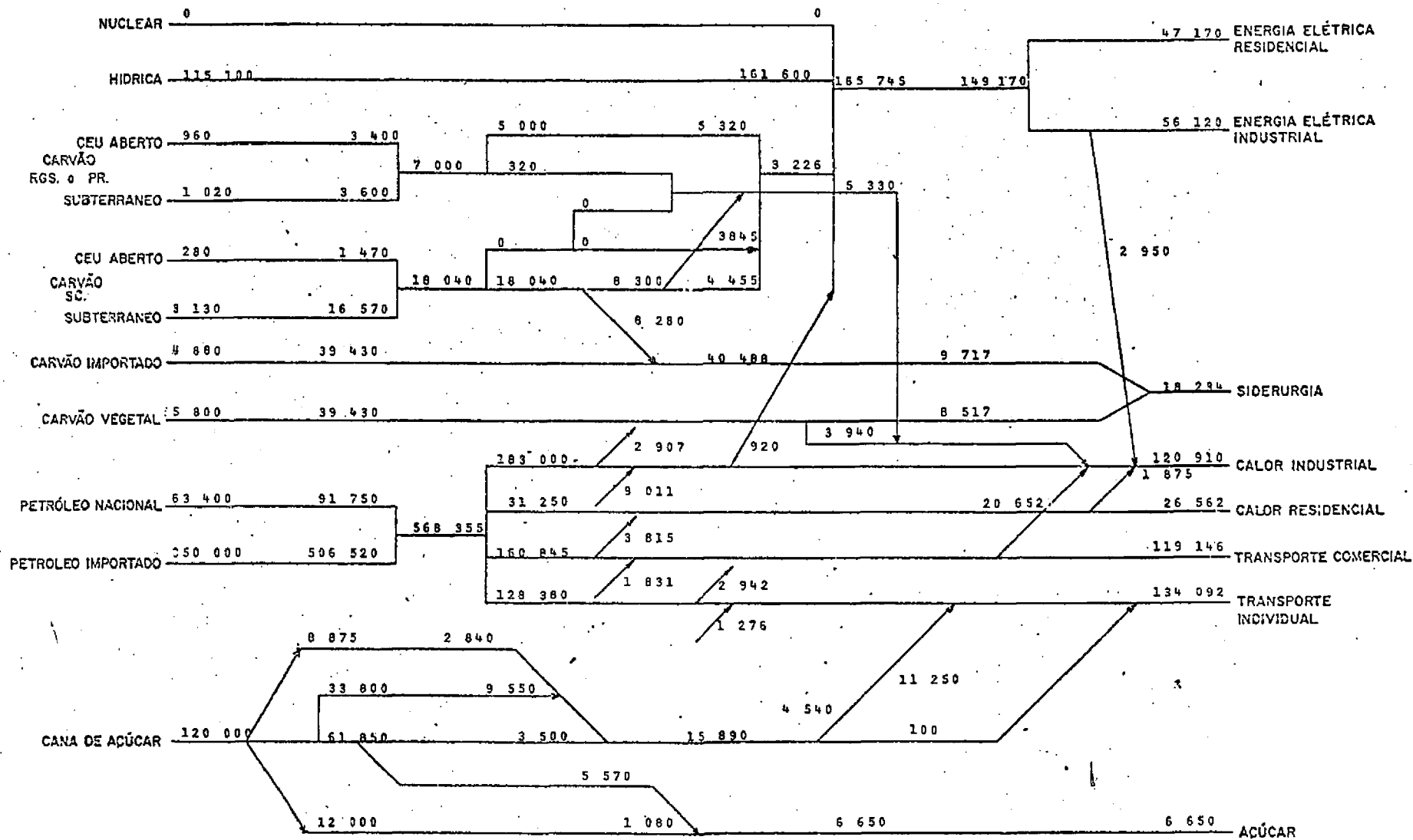


FIGURA 15  
Fluxo de Energia:1979

da energia, simbolizadas em (P) pelo conjunto de restrições. O fluxo físico aproximado da energia através dos processos de transformação, que compõem a rede representativa do setor energético nacional, está também indicado na Figura para o ano base de 1979. As fontes primárias consideradas são: nuclear, hídrica, carvão mineral, carvão vegetal, petróleo e cana-de-açúcar. As demandas finais foram agregadas em: eletricidade residencial e comercial, eletricidade industrial, siderurgia, calor industrial, calor residencial e comercial, transporte comercial e transporte individual. Os números em parenteses indicam as eficiências das diversas atividades. A determinação destes parâmetros é discutida detalhadamente na seção II.2.

O pressuposto fundamental é de que as eficiências ou coeficientes técnicos são fixos, ou seja, independem do fluxo de energia. Justifica-se, portanto assim, a formulação linear das restrições que constituem o conjunto de possibilidades de transformação viáveis em (P).

A teoria da dualidade de programação linear permite reexpressar (P) como

$$\begin{aligned} \phi(s, d) = \max \quad & qd - ps \\ & qA_2 - pA_1 \leq c \\ & q, p \geq 0 \end{aligned} \quad (D)$$

onde p e q representam as variáveis duais associadas às restrições de oferta e demanda em (P) respectivamente. O problema (D) pode ser visto como determinante de um conjunto de "preços" denominados preços implícitos ou shadow prices, que maximizam

zam o benefício sujeito a uma restrição de lucros não-positivos.

Para as soluções ótimas de (P) e (D) temos que, devem ser satisfeitas as seguintes condições:

$$cx^* = q^*d - p^*s$$

$$A_1x^* \leq s \quad p^*(A_1x^* - s) = 0 \quad (12)$$

$$A_2x^* \geq d \quad q^*(A_2x^* - d) = 0 \quad (13)$$

$$q^*A_2 - p^*A_1 \leq c \quad (q^*A_2 - p^*A_1 - c)x^* = 0 \quad (14)$$

$$x^* \geq 0, \quad p^* \geq 0 \text{ e } q^* \geq 0$$

Além das restrições que compõem (P) e (D), o conjunto de condições de otimalidade acima implica em que os preços implícitos sejam nulos no caso de excesso de oferta de fontes primárias (12) e de formas finais de energia (13). A condição (14) requer ainda que o "lucro" se anule para as atividades que são operacionais na solução ótima, ou seja utilizadas positivamente.

A função de custos  $\phi$  derivada em (P) ou (D) não é diferenciável em todos os pontos devido à linearidade do conjunto de restrições. No entanto, com um propósito didático é possível expressar os preços implícitos como

$$\frac{\partial \phi}{\partial s} = -p^* \quad (15)$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial d} = q^* \quad (16)$$

A interpretação dos preços implícitos como custos de oportunidade marginais é evidente. O preço  $p^*$  mede a redução nos custos decorrente de uma unidade adicional da fonte primária, enquanto  $q^*$  avalia o incremento nos custos de uma unidade adicional de demanda final.

As relações (15) e (16) que implicam na igualdade entre preços implícitos e custos marginais sugerem que estes são os preços que deveriam vigorar no caso de mercados perfeitamente competitivos para as fontes primárias e produtos finais.

A relevância dos preços implícitos para uma avaliação da eficiência econômica na alocação de recursos é um tópico controverso sobre o qual não pretendemos nos ater aqui.

### III.2 - Aplicação ao Setor Energético Nacional

Nesta seção é descrita a aplicação do modelo de otimização do setor energético ao caso brasileiro.

O modelo linear implementado

$$\phi (s,d) = \min \quad cx$$

$$\text{s.a. } A_1x \leq s \quad (17)$$

$$A_2x \geq d \quad (18)$$

$$Bx \leq b \quad (19)$$

$$x \geq 0$$

incorpora um conjunto (19) de restrições adicionais com o objetivo de aumentar o grau de representatividade da situação atual e das perspectivas futuras do setor energético nacional tais como limites de capacidade e das possibilidades de substituição.

A competitividade entre fontes alternativas para a geração de energia pode assumir diversas formas. Na versão do modelo que apresentamos aqui as principais possibilidades de substituição ocorrem entre:

- 1) a energia nuclear e hídrica, o carvão mineral e o petróleo (óleo combustível) para a geração de eletricidade.

- 2) O carvão mineral importado e nacional e o carvão vegetal para atendimento da demanda siderúrgica.
- 3) O carvão mineral, o carvão vegetal, o petróleo (óleo combustível) e a eletricidade para a geração de calor industrial.
- 4) O álcool e a gasolina para o atendimento da demanda por transporte individual.
- 5) O álcool e o açúcar produzidos a partir da cana-de-açúcar.
- 6) O refino doméstico e a importação de derivados do petróleo.

A seguir relacionamos as hipóteses feitas quanto aos custos e eficiências dos processos de transformação da energia, que compõem o modelo de otimização.

### III.2.1 - Energia Nuclear

Para a energia elétrica de origem termonuclear utilizou-se um coeficiente de conversão de 1.4 milhões de megacalorias por gigawatt-hora. Os encargos de capital foram estimados com base no investimento da ordem de 3.000 dólares por kilowatt instalado, assumindo ainda que o fator de capacidade seja de 60% e a vida útil de 25 anos. O fator de capitalização baseou-se numa taxa de retorno anual de 10%. Os custos de operação e manutenção foram determinados como um percentual (10% no caso) do custo de capital. Assumindo para o preço do combustível 10 dólares por megawatt-hora, temos:

Encargos de capital	—	62,9
Operação e manutenção	—	6,2
Custo de combustível	—	<u>10,0</u>
Total	US\$	79,1/MWh

o que é equivalente a um custo de 56,4 dólares por gigacaloria.

### III.2.2.- Hidroeletricidade

Para a energia hidroelétrica o coeficiente de conversão utilizado foi também de 1,4 milhões de megacalorias por gigawatt-hora. Os encargos de capital foram computados com base em um investimento de 800 dólares por kilowatt instalado, um fator de capacidade de 55%, uma vida útil de 50 anos, e a mesma taxa de retorno anual. Os custos de operação e manutenção, inferiores ao da energia termonuclear foram estimados em 5% dos encargos de capital. Assim sendo, temos:

Encargos de capital	—	16,8
Operação e manutenção	—	<u>0,8</u>
Total	US\$	17,6/MWh

o que é equivalente à 12,5 dólares por gigacaloria.

### III.2.3 - Termoeletricidade a Carvão

A eficiência térmica na produção de energia elétrica a partir do carvão mineral é de 33%. O cálculo dos encargos de capital tiveram como base o investimento em uma usina termoelétrica a carvão de 10 50 dólares por kilowatt instalado, uma vida útil de 25 anos e um fator de capacidade de 55%. De forma análoga às hidroelétricas, os custos de operação e manutenção se basearam em um percentual de 5% dos encargos de capital. Em resumo, o custo unitário da termoeletricidade a carvão excluindo o custo do combustível é:

Encargos de capital	—	24,0
Operação e manutenção	—	<u>1,2</u>
Total US\$		25,2/MWh

ou 17,9 dólares por gigacaloria.

### III.2.4 - Termoeletricidade a Óleo Combustível

A eficiência de conversão do óleo combustível em energia é idêntica a do carvão mineral, ou seja, 33%. Os encargos anuais de capital foram estimados com base em um investimento também de 10 50 US\$/KW instalado, uma vida útil de 25 anos e um fator de capacidade de 35%, correspondendo a média nacional para 1979. Os custos de operação e manutenção também foram calculados como 5% dos encargos de capital.



Encargos de capital	—	37,7
Operação e manutenção	—	<u>1,9</u>
Total	US\$	39,6/MWh

ou equivalente a 28,2 dólares por gigacaloria.

### III.2.5 - Energia Elétrica

As perdas na transmissão da energia elétrica foram estimadas em 10%. A eficiência média para o atendimento à demanda (residencial, industrial e calor industrial) está incluída no coeficiente de conversão de .715 gigawatt-hora por milhão de megacalorias. As eficiências, portanto, são consideradas como de 100%.

### III.2.6 - Produção de Carvão

No caso do carvão mineral, achou-se conveniente a desagregação pela origem no Rio Grande do Sul (RGS), Paraná (PR) e Santa Catarina (SC) devido à diferença de qualidade dos carvões e a possibilidade de coqueificação do carvão de SC. Adotou-se para o RGS e PR um carvão médio com um poder calorífico de 3.500 gigacalorias por tonelada de carvão run-of-mine (ROM). Em SC o carvão médio-padrão tem um poder calorífico superior ao do RGS e PR, da ordem de 5.300 gigacalorias por tonelada.

Os custos de mineração do carvão mineral a céu aberto e

subterrânea foram estimados em:

<u>R.G.S. e P.R.</u>	<u>US\$/t. (ROM)</u>	<u>10<sup>2</sup> US\$/10<sup>1</sup> Mcal</u>
Céu aberto	4,4	1,2
Subterrânea	19,4	5,5
<u>S.C.</u>	<u>US\$/t. (CPL)</u>	<u>10<sup>2</sup> US\$/10<sup>6</sup> Mcal</u>
Céu aberto	32,2	6,1
Subterrânea	35,0	6,6

### III.2.7 - Beneficiamento de Carvão Mineral

O carvão do RGS e PR tanto pode sofrer beneficiamento para sua utilização na geração de calor industrial quanto ser utilizado diretamente em termoeletricidade. O beneficiamento do carvão mineral gera duas frações: a fração-nobre com um poder calorífico superior ao do carvão de alimentação e o rejeito, com poder calorífico inferior ao carvão original. O rendimento, a recuperação em massa corrigida pela modificação do poder calorífico, em fração nobre dos carvões do RGS e PR para calor industrial foi estimado em 82%. O rendimento em rejeito, que assumimos poder ser utilizado em termoeletricidade, é de aproximadamente 16%.

O custo do beneficiamento do carvão mineral é de 2,58 dólares por tonelada de alimentação ou seja, 0.7 dólares por gigacaloria. O custo de transporte de carvão para calor industrial foi estimado, com base na distância média aos centros consumidores, em 18 dólares por tonelada ou 3.7 dólares por gigacaloria.

loria. Tanto a parcela não-beneficiada quanto o rejeito do beneficiamento dos carvões do RGS e PR estão sujeitos a custo de transporte de 2.3 dólares por tonelada ou 0.7 dólares por gigacaloria. Este valor foi calculado com base na distância média às termoeletricas locais.

A fração-nobre do beneficiamento do carvão (CPL) de SC, também denominada de metalurgica, é destinada à siderurgia. O rendimento em carvão metalúrgico corrigido pelo diferencial de poder calorífico é de 47%. A segunda fração do beneficiamento, também denominada de carvão-vapor ou energético, é recuperada com um rendimento de 46%. O carvão-vapor pode ser destinado diretamente em termoeletricidade ou reprocessado para a utilização na geração de calor industrial. Neste caso o rendimento é de .92.

O custo do beneficiamento por tonelada de carvão alimentado é idêntico ao do RGS. Em unidades de energia corresponde para o CPL a 0.5 dólares por gigacaloria. O custo do reprocessamento do carvão vapor foi estimado em 0.6 dólares por gigacaloria. Os custos médios do transporte do carvão são de 2.30 dólares por tonelada, para as parcelas destinadas ao consumo local em termoeletricidade e de 18 dólares por tonelada para as parcelas consumidas em outras regiões do país.

### III.2.8 - Carvão para Siderurgia

Tanto o carvão metalúrgico (nacional e importado) como o carvão vegetal, podem ser utilizados na siderurgia. A efi-

ciência do alto forno siderúrgico foi considerada como 24%.

O carvão metalúrgico é importado a um custo de aproximadamente 72 dólares por tonelada. O coeficiente de conversão utilizado é de 7.300 gigacalorias por tonelada. O custo do carvão vegetal foi estimado em 120 dólares por tonelada. Assumindo um fator de conversão de 6.800 gigacaloria por tonelada, este custo é equivalente a 17.9 dólares por gigacaloria.

### III.2.9 - Carvão para Calor Industrial

A eficiência térmica na geração de calor industrial foi estimada em 54% tanto para o carvão mineral quanto para o carvão vegetal destinados a este fim.

### III.2.10 - Oferta de Petróleo

O petróleo, como fonte de energia primária, tem duas origens: a produção doméstica e a importação. A unidade de referência para o petróleo é o barril. Para a transformação em unidades de energia foram considerados os fatores de conversão de 1.4472 e 1.3478 megacalorias por barril para a produção doméstica e a importação respectivamente. Tanto o petróleo importado quanto o de origem nacional são refinados para a produção de derivados que constituem formas de utilização final. As perdas no processo de refino são de aproximadamente 5%.

Assumindo que o processo de refino tem coeficientes técnicos fixos é possível determinar o rendimento em derivados de petróleo para a estrutura de refino instalada no país. Os rendimentos em unidades de energia podem ser obtidos corrigindo-se a recuperação em volume do barril pela variação relativa do poder calorífico do derivado com relação ao petróleo, com 10800 megacalorias por tonelada. Tomando como base a estrutura de refino de 1981 obtivemos:

Derivado	Estrutura (%)	Poder Calorífico (Mcal/t)	Rendimento
Óleo combustível	27	10550	.264
Óleo diesel	30	10900	.303
Gasolina	17	11100	.180
Gás liquefeito	.6	11900	.065

O preço do barril de petróleo é exógeno. O custo do barril de petróleo doméstico foi estimado a partir do preço vigente no mercado internacional. Uma vez que admitimos o livre comércio de derivados, à exceção do gás liquefeito de petróleo, o preço dos derivados é determinado endogenamente a partir de uma relação fixa com o preço internacional do óleo cru. Esta relação de preços é uma média dos dados históricos observados a partir de 1975 no mercado livre de Rotterdam.

O custo do refino do petróleo foi estimado a partir de um investimento de 2500 dólares por barril-dia processado, uma vida

útil de 40 anos para a refinaria, e uma taxa de retorno de 10% ao ano. Os custos de operação e manutenção foram tomados como 5% dos encargos de capital.

### III.2.11 - Consumo Industrial de Derivados de Petróleo

O consumo industrial de derivados do petróleo inclui o óleo combustível, o óleo diesel e o gás liquefeito de petróleo. As eficiências técnicas do equipamento industrial foram estimadas em 60%, 60% e 64% respectivamente.

### III.2.12 - Produção de Álcool e Açúcar

A cana-de-açúcar pode ser destinada à produção exclusiva de álcool em destilarias autônomas, à produção exclusiva de açúcar em usinas de açúcar, ou à produção conjunta de açúcar e álcool em destilarias anexas. A eficiência da conversão técnica de cana-de-açúcar em álcool é de .32 megacalorias de álcool por tonelada de cana, em destilarias autônomas assim como no processo direto (sem produção conjunta) em destilarias anexas. Em usinas de açúcar sem destilarias anexas o coeficiente técnico de produção é em média .09 toneladas de açúcar por tonelada de cana.

No caso da produção conjunta de álcool e açúcar em usinas com destilarias anexas, a curva de transformação é linear.

A taxa marginal de transformação técnica foi determinada com base em apenas dois pontos dada a insuficiência de dados históricos. Considerando os rendimentos:

Produto	Rendimentos	
	Máximo álcool Mínimo açúcar	Mínimo álcool Máximo açúcar
Álcool (Mcal/t cana)	.15	.056
Açúcar (t/açúcar/t cana)	.057	.09

obtem-se um relação inversa entre a produção de álcool e açúcar que implica em uma perda de 1.75 toneladas de açúcar para cada metro cúbico de álcool produzido.

Os custos de processamento da cana em uma destilaria autônoma tem como base um investimento de 70 dólares por litro-dia, enquanto em usinas de açúcar e destilarias anexas o investimento considerado é de 63 dólares por litro-dia. Em dólares por gigacaloria estes custos correspondem a 4.70 e 3.30 respectivamente. O álcool produzido é acrescido de um custo de transporte de .07 dólares por gigacaloria, estimado a partir dos fretes rodoviários e de uma distância média aos centros de abastecimento.

### III.2.13 - Demanda de Transporte Individual

A demanda de transporte individual pode ser atendida

por álcool e gasolina. Na utilização de álcool em veículos automotores assumimos uma eficiência relativa à gasolina de 65%, tanto no consumo direto (hidratado) quanto na adição à gasolina (anidro).



### III.3 - Variáveis do Modelo de Otimização

As variáveis incluídas no modelo de otimização são:

Denominação	Significado	Unidade
SCA	Oferta de cana de açúcar	10 <sup>3</sup> ton
DEI	Demanda industrial de energia elétrica	10 <sup>3</sup> MWh (GWh)
DER	Demanda residencial de energia elétrica	10 <sup>3</sup> MWh (GWh)
DCI	Demanda de calor industrial	10 <sup>6</sup> MCal
DTI	Demanda de transporte individual	10 <sup>6</sup> MCal
SPI	Oferta de petróleo importado	10 <sup>3</sup> barris
SPN	Oferta de petróleo nacional	10 <sup>3</sup> barris
IGA	Importação de gasolina	10 <sup>6</sup> MCal
XGA	Exportação de gasolina	10 <sup>6</sup> MCal
IOD	Importação de óleo diesel	10 <sup>6</sup> MCal
XOD	Exportação de óleo diesel	10 <sup>6</sup> MCal
IOC	Importação de óleo combustível	10 <sup>6</sup> MCal
XOC	Exportação de óleo combustível	10 <sup>6</sup> MCal
SAC	Oferta de açúcar	10 <sup>3</sup> ton
DTC	Demanda de transporte comercial	m <sup>3</sup>
DSI	Demanda de calor para siderurgia	10 <sup>6</sup> MCal
DCR	Demanda de calor residencial (GLP)	t
SNU	Oferta de energia nuclear	10 <sup>3</sup> MWh (GWh)
SHI	Oferta de energia hidrelétrica	10 <sup>3</sup> MWh (GWh)
SROC	Oferta de carvão ROM do RGS e PR em minas céu aberto	10 <sup>3</sup> t
SROS	Oferta de carvão ROM do RGS e PR em minas subterrâneas	10 <sup>3</sup> t
SCLC	Oferta de carvão CPL de S.C. em minas a céu aberto	10 <sup>3</sup> t
SCLS	Oferta de carvão CPL de S.C. em minas subterrâneas	10 <sup>3</sup> t
SCI	Oferta de carvão importado	10 <sup>3</sup> t
SCV	Oferta de carvão vegetal	10 <sup>3</sup> t
XO1	Oferta de energia nuclear	10 <sup>6</sup> MCal
XO2	Oferta de energia hidrelétrica	10 <sup>6</sup> MCal
XO31	Oferta de carvão mineral ROM a céu aberto	10 <sup>6</sup> MCal
XO32	Oferta de carvão mineral ROM subterrâneo	10 <sup>6</sup> MCal

X03	Oferta total de carvão mineral ROM	10 <sup>6</sup> MCal
X04	Carvão mineral ROM para termoeletricidade	10 <sup>6</sup> MCal
X05	Carvão mineral ROM para calor industrial	10 <sup>6</sup> MCal
X06	Carvão mineral ROM p/termoeletricidade acrescido da parcela restante do benefi- ciamento de X05	10 <sup>6</sup> MCal
X071	Oferta de carvão mineral CPL céu aberto	10 <sup>6</sup> MCal
X072	Oferta de carvão mineral CPL subterrâneo	10 <sup>6</sup> MCal
X07	Oferta total de carvão mineral CPL	10 <sup>6</sup> MCal
X077	Carvão mineral CPL que não é beneficiado para carvão metalúrgico	10 <sup>6</sup> MCal
X078	Carvão mineral CPL que é beneficiado para metalúrgico	10 <sup>6</sup> MCal
X08	Carvão vapor resultante do beneficiamento de X078	10 <sup>6</sup> MCal
X09	Parcela de X08 destinada a termoeletri- cidade	10 <sup>6</sup> MCal
X091	Parcela de X077 destinada a termoeletri- cidade	10 <sup>6</sup> MCal
X10	Parcela de X08 destinada ao calor indus- trial	10 <sup>6</sup> MCal
X101	Parcela de X077 destinada ao calor indus- trial	10 <sup>6</sup> MCal
X11	Total de energia elétrica produzida com base em carvão mineral	10 <sup>6</sup> MCal
X12	Carvão metalúrgico resultante do benefi- ciamento de X078	10 <sup>6</sup> MCal
X14	Total de coque metalúrgico (nacional e importado)	10 <sup>6</sup> MCal
X15	Oferta de carvão vegetal	10 <sup>6</sup> MCal
X16	Calor no alto-forno siderúrgico com base em coque de carvão mineral	10 <sup>6</sup> MCal
X17	Calor no alto-forno siderúrgico com base no coque de carvão vegetal	10 <sup>6</sup> MCal
X18	Carvão vegetal para calor industrial	10 <sup>6</sup> MCal
X19	Oferta de petróleo nacional	10 <sup>6</sup> MCal
X21	Total de petróleo após refino	10 <sup>6</sup> MCal
X22	Óleo combustível resultante do refino	10 <sup>6</sup> MCal

X23	Gás liquefeito de petróleo resultante do refino	$10^6$ MCal
X24	Óleo Diesel resultante do refino	$10^6$ MCal
X25	Gasolina resultante do refino	$10^6$ MCal
X231	Gás liquefeito de petróleo para calor industrial	$10^6$ MCal
X250	Gasolina (após importação e/ou exportação)	$10^6$ litros
X27	Energia elétrica produzida com base em óleo combustível	$10^6$ MCal
X28	Óleo combustível (após importação e/ou exportação e dedução de parcela p/outros usos para calor industrial	$10^6$ MCal
X29	Total de energia elétrica produzida	$10^6$ MCal
X290	Total de energia elétrica produzida após dedução de perdas de transmissão	$10^6$ MCal
X30	Total de carvão mineral p/calor industrial	$10^6$ MCal
X31	Energia elétrica p/calor industrial	$10^6$ MCal
X322	Óleo diesel p/calor industrial	$10^6$ MCal
X34	Parcela da oferta de cana de açúcar destinada às usinas c/destilarias anexas	$10^3$ ton
X341	Parcela da oferta de cana de açúcar destinada às usinas sem destilarias anexas	$10^3$ ton
X342	Açúcar produzido nas usinas sem destilarias anexas	$10^3$ ton
X343	Parcela de X34 destinada à produção direta de álcool	$10^3$ ton
X3431	Álcool produzido com X343	$10^6$ MCal
X344	Parcela de X34 destinada à produção conjunta de açúcar e álcool	$10^3$ ton
X351	Álcool produzido em destilarias autônomas	$10^6$ MCal
X35	Parcela da oferta de cana de açúcar destinada às destilarias autônomas	$10^3$ ton
X36	Açúcar produzido pelas usinas com destilarias anexas	$10^3$ ton

X37	Alcool produzido pelas usinas com destilaria anexa em produção conjunta	$10^6$ MCal
X38	Total de álcool produzido	$10^6$ MCal
X380	Total de álcool produzido	$10^6$ litros
X39	Alcool anidro para adição à gasolina	$10^6$ MCal
X40	Alcool hidratado para consumo direto de veículos automotores	$10^6$ MCal
X42	Total de gasolina e álcool anidro à ela adicionado	$10^6$ MCal

As variáveis acima estão localizadas na rede representativa do setor energético nacional de acordo com a Figura 16.

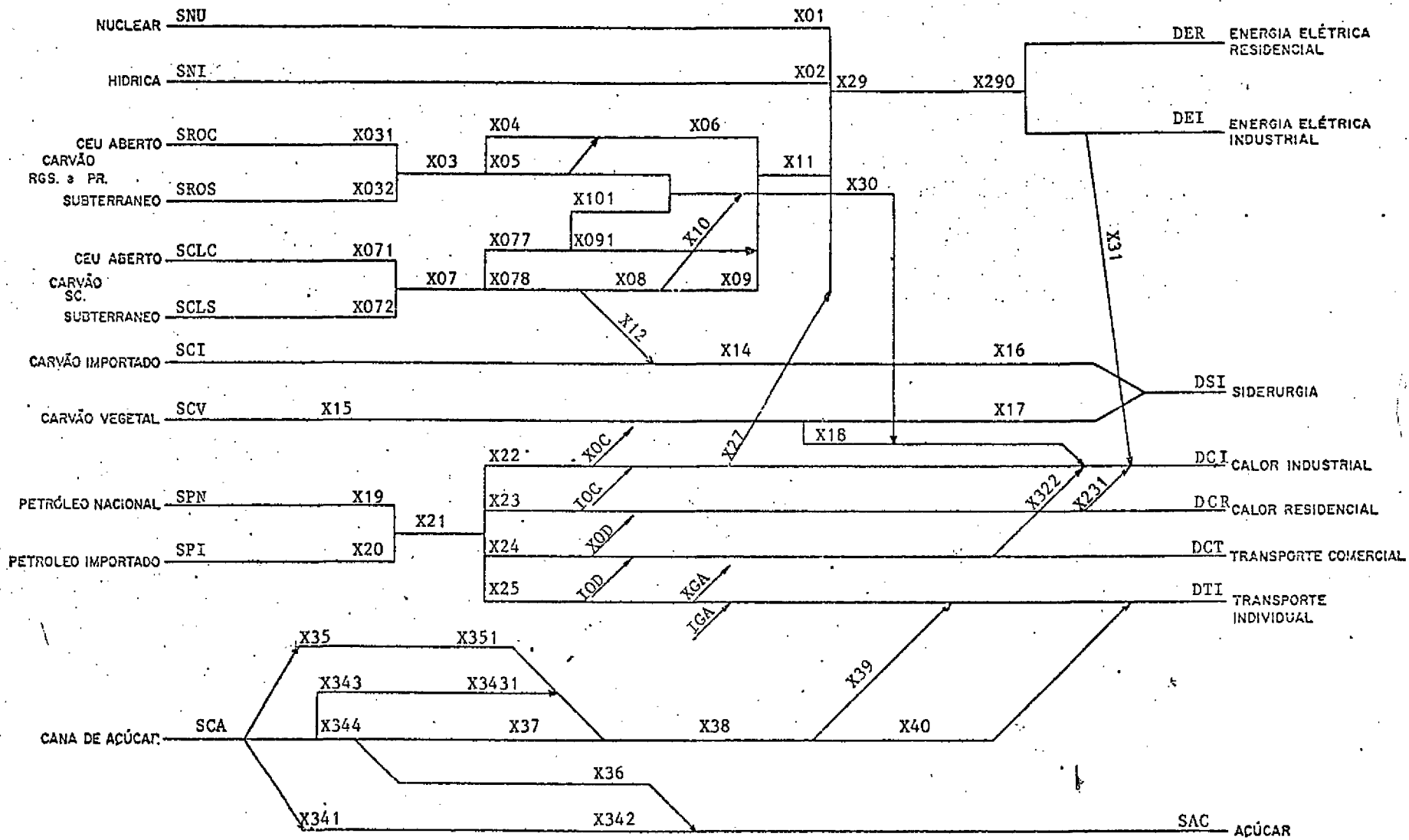


Figura 16  
Variáveis do Modelo de Otimização

### III.4 - Restrições do Modelo de Otimização

As restrições que compõem o modelo de otimização são:

EQ1: Produção de energia elétrica de origem nuclear com base na capacidade instalada.

$$X01 - 1.404 \quad SNU \leq 0$$

EQ2: Produção de energia hidrelétrica com base na capacidade instalada.

$$X02 - 1.404 \quad SHI \leq 0$$

EQ031: Produção de carvão mineral ROM com base na capacidade instalada de produção em minas céu aberto no RGS e PR.

$$X031 - 3.536 \quad SROC \leq 0$$

EQ032: Produção de carvão mineral ROM com base na capacidade instalada de produção em minas subterrâneas no RGS e PR.

$$X032 - 3.536 \quad SROS \leq 0$$

EQ3: Produção de carvão mineral ROM no RGS e PR.

$$X031 + X032 - X03 = 0$$

EQ4: Divisão do carvão mineral do RGS e PR em carvão para produção de energia termelétrica e carvão para calor industrial

$$- X04 - X05 + X03 = 0$$

EQ5: Acréscimo no volume de carvão para termoeletricidade resultante do beneficiamento da fração do carvão mineral para a geração de calor industrial.

$$- X04 - .16 X05 + X06 = 0$$

EQ061: Produção de carvão mineral CPL com base na capacidade instalada de produção em minas céu aberto em SC.

$$X071 - 5.3 \quad SCLC \leq 0$$

EQ062: Produção de carvão mineral CPL com base na capacidade instalada de produção em minas subterrâneas em SC.

$$X072 - 5.3 \text{ SCLS} \leq 0$$

EQ6: Produção de carvão CPL em SC.

$$X071 + X072 - X07 = 0$$

EQ071: Divisão do carvão CPL de SC em duas parcelas: uma que sofre beneficiamento para a produção do carvão metalúrgico e outra que não é beneficiada.

$$X07 - X077 - X078 = 0$$

EQ072: Divisão da parcela do carvão CPL de SC que não sofre beneficiamento para a produção de carvão metalúrgico em duas parcelas: (1) para produção termoelétrica e (2) para calor industrial.

$$X077 - X091 - X101 = 0$$

EQ7: Fração resultante do beneficiamento do carvão CPL de SC para carvão metalúrgico que pode ser utilizada para outros fins. (X08)

$$- .46 X078 + X08 = 0$$

EQ8: Divisão da fração restante do carvão CPL de SC que sofre beneficiamento para carvão metalúrgico em duas parcelas: (1) carvão para produção termoelétrica e (2) carvão para calor industrial.

$$X08 - X09 - X10 = 0$$

EQ9: Produção total de energia elétrica com base em usinas termoelétricas à carvão mineral.

$$- .33 X09 - .33 X091 - .33 X06 + X11 = 0$$

EQ10: Fração do carvão CPL de SC que é beneficiada para a produção de carvão metalúrgico.

$$X12 - X078 = 0$$

EQ101: Limite inferior à utilização do carvão metalúrgico nacional na produção do coque siderúrgico.

$$1.971 \text{ SCI} + X12 \leq 0$$

EQ11: Agregação do carvão metalúrgico nacional com o carvão metalúrgico importado.

$$- 7.3 \text{ SCI} - X12 + X14 = 0$$

EQ12: Produção de carvão vegetal

$$- 6.798 \text{ SCV} + X15 \leq 0$$

EQ13: Produção do calor para indústria siderúrgica com base em carvão mineral.

$$- .24 X14 + X16 = 0$$

EQ14: Divisão do carvão vegetal em duas parcelas: (1) destinada à produção de calor para indústria siderúrgica e (2) outra destinada à produção de calor industrial.

$$- .24 X15 + X17 + .24 X18 = 0$$

EQ15: Atendimento da demanda da indústria siderúrgica com base em carvão mineral e vegetal.

$$-DSI + X16 + X17 \geq 0$$

EQ16: Produção de petróleo nacional com base na capacidade instalada de produção.

$$- 1.4472 \text{ SPN} + X19 \leq 0$$

EQ17: Total de petróleo refinado (X21) a partir do petróleo importado (SPI) e da produção nacional.

$$- 1.3748 \text{ SPI} - .95 X19 + X21 = 0$$

EQ18: Óleo combustível obtido a partir do refino do petróleo

$$- .322 X21 + X22 = 0$$



EQ19: Gás liquefeito de petróleo obtido a partir do refino do petróleo.

$$- .055 \quad X21 \quad + \quad X23 \quad = \quad 0$$

EQ20: Óleo Diesel obtido a partir do refino de petróleo.

$$- .283 \quad X21 \quad + \quad X24 \quad = \quad 0$$

EQ21: Gasolina obtida a partir do refino de petróleo.

$$- .226 \quad X21 \quad + \quad X25 \quad = \quad 0$$

EQ22: Obtenção do total de óleo combustível a ser utilizado para calor industrial após exportação e importação e subtração da parcela destinada à geração de energia termelétrica.

$$.88 \quad IOC \quad - \quad .88 \quad XOC \quad + \quad .88 \quad X22 \quad - \quad 3.03 \quad X27$$

EQ23: Produção total de energia elétrica

$$X01 \quad + \quad X02 \quad + \quad X11 \quad + \quad X27 \quad - \quad X29 \quad = \quad 0$$

EQ230: Limite à utilização de energia elétrica para calor industrial.

$$- .05 \quad DCI \quad + \quad X31 \leq 0$$

EQ231: Limite à utilização de carvão vegetal para calor industrial.

$$X18 \quad - \quad .03 \quad X28 \leq 0$$

EQ240: Limite à utilização de carvão mineral para calor industrial.

$$X30 \quad - \quad .03 \quad X28 \leq 0$$

EQ24: Produção total de calor industrial para atendimento à demanda.

$$- DCI \quad + \quad .64 \quad X231 \quad + \quad .54 \quad X18 \quad + \quad .06 \quad X28 \quad + \quad X31 \quad + \quad .54 \quad X30 \quad + \quad .60 \quad X22 \geq 0$$

EQ25: Produção total de carvão para calor industrial.

$$- .82 \quad X05 \quad - \quad .92 \quad X10 \quad - \quad X101 \quad + \quad X30 \quad = \quad 0$$

EQ26: A produção total de energia elétrica menos a parcela para calor industrial deve satisfazer a demanda residencial e industrial de energia elétrica.

$$-DEI \quad - \quad DER \quad + \quad .715 \quad X290 \quad - \quad .715 \quad X31 \geq 0$$

EQ260: A Produção de energia elétrica é igual à produção total me  
nos as perdas de transmissão.

$$- .90 X29 + 290 = 0$$

EQ261: Parcela do GLP que se destina ao calor industrial.

$$- .07 X23 + X231 \leq 0$$

EQ27: Atendimento à demanda de calor residencial.

$$- .0119 DCR + .85 X23 \geq 0$$

EQ271: Parcela do óleo Diesel que se destina ao calor industrial.

$$- .13 IOD + .13 XOD - .13 X24 + X322 = 0$$

EQ28: Atendimento à demanda de transporte comercial.

$$.75 IOD - .75 XOD - .009025 DTC + .75 X24 - X322 \geq 0$$

EQ29: Divisão da oferta de cana de açúcar em parcelas relacionada  
das com o tipo de processamento.

$$SCA - X34 - X341 - X35 \geq 0$$

EQ30: Produção mínima de açúcar em usina anexa por produção conju  
nuta.

$$- .056 X344 + X37 \geq 0$$

EQ291: Divisão da cana de açúcar das usinas anexas em parcela destin  
tinada à produção conjunta (açúcar e álcool) e parcela destin  
tinada à produção de álcool somente.

$$X34 - X343 - X344 = 0$$

EQ292: Produção de álcool em usina anexa pelo processo autônomo.

$$- .32 X343 + X3431 = 0$$

EQ31: Produção máxima de açúcar em usina anexa por produção conjunta.

$$-.15 X344 + X37 \leq 0$$

EQ32: Produção de açúcar em usinas anexas.

$$-.09 X344 + X36 + .25 X37 = 0$$

EQ330: Produção de álcool em usinas autônomas.

$$-.32 X35 + X351 = 0$$

EQ3301: Limites à produção de álcool em usina anexa com base na restrição de capacidade instalada.

$$X3431 + X37 \leq 17400$$

EQ33: Produção total de álcool.

$$- X3431 - X351 - X37 + X38 = 0$$

EQ331: Volume de álcool produzido em milhões de litros.

$$-.198 X38 + X380 = 0$$

EQ34: Divisão do álcool produzido em parte destinada à adição com a gasolina e parte destinada ao consumo de veículos à álcool.

$$X38 - X39 - X40 = 0$$

EQ341: Obrigatoriedade da participação de álcool em mistura (15% em volume) com a gasolina.

$$-.09 IGA - .09 XGA - .09 X25 + X39 \leq 0$$

EQ342: Obrigatoriedade de utilização do álcool para atendimento à frota de veículos à álcool sob a forma de um percentual do consumo de gasolina.

$$X40 - .06 X42 = 0$$

EQ35: Quantidade total de gasolina mais álcool hidratado consumida.

$$IGA - XGA + X25 + .65 X39 - X42 = 0$$

EQ351: Consumo de gasolina pura em milhões de litros.

$$- .1228 IGA + .1228 XGA - .1228 X25 + X250 = 0$$

EQ36: Atendimento à demanda de transporte individual.

$$- DTI + .65 X40 + X42 \geq 0$$

EQ37: Produção de açúcar em usinas que não possuem destilaria anexa.

$$- .09 X341 + X342 = 0$$

EQ38: Produção total de açúcar

$$- SAC - X342 - X36 = 0$$

EQ39: Produção de energia termoelétrica a carvão mineral para atendimento à necessidade de geração de base no sul do país.

$$X11 = (.03) X29$$



#### IV. O MODELO INTEGRADO ENERGIA/ECONOMIA

##### IV. 1 - Fundamentos Teóricos

Dada a oferta de insumos e a demanda final a solução do problema de otimização (P) descrito na seção anterior, gera um conjunto de preços implícitos  $(p, q)$ , associados às quantidades ofertadas e demandadas. Ao variarmos parametricamente  $s$  e  $d$  é possível então gerar as funções  $p(s)$  e  $q(d)$  que representam respectivamente a demanda por insumos e a oferta de produtos finais do setor energético. O programa linear (P) pressupõe a perfeita inelasticidade a preços da oferta primária e da demanda final.

No caso de sensibilidade das ofertas e demandas, aos preços, uma reformulação do modelo linear do setor energético (P), que endogenize a determinação simultânea de preços e quantidades, se torna necessária. A solução deve também satisfazer condições de triviais de equilíbrio entre a oferta e a demanda de insumos e produtos. De forma genérica o problema que procuramos resolver é

$$\begin{aligned} & \max f(d) - g(s) - cx \\ & \text{s.a } A_1 x - s \leq 0 \\ & \quad A_2 x - d \geq 0 \\ & \quad x \geq 0, s \geq 0 \text{ e } d \geq 0 \end{aligned} \tag{20}$$

O programa linear P pode ser visto apenas em caso especial de (20) quando as funções  $g$  e  $f$  assumem a forma

$$g(s) = \begin{cases} +\infty & s \neq \bar{s} \\ K_1 & s = \bar{s} \end{cases} \quad f(d) = \begin{cases} -\infty & d \neq \bar{d} \\ K_2 & d = \bar{d} \end{cases}$$

Na terminologia neoclássica as funções  $-g$  e  $f$  representam os excedentes do produtor de fontes primárias e do consumidor de bens finais respectivamente. Desta forma o problema (20) que é equivalente a

$$\begin{aligned} \max f(d) - g(d) - \phi(s, d) \\ s \geq 0 \text{ e } d \geq 0, \end{aligned} \quad (21)$$

pode ser interpretado como a maximização do benefício social, o que inclui os excedentes do produtor de fontes primárias  $-g$ , do produtor de formas finais de energia  $-\phi$  e do consumidor final  $f$ .

Na prática as funções  $f$  e  $d$  ficam determinadas após a inversão e a integração de funções de oferta e demanda.

$$s = \nabla g^{-1}(q)$$

e

$$d = \nabla f^{-1}(p)$$

estimadas econométricamente.

As condições de otimalidade para o problema (21) são

$$\nabla f(d) \leq \frac{\partial \phi}{\partial d}, \quad (\nabla f(d) - \frac{\partial \phi}{\partial d}) d = 0$$

$$\nabla g(s) \geq -\frac{\partial \phi}{\partial s}, \quad (\nabla g(s) + \frac{\partial \phi}{\partial s}) s = 0$$

o que implica, no caso de uma solução interior ( $d > 0$  e  $s > 0$ ), em

$$P = p$$

e

$$q = q$$

ou seja, na igualdade entre os preços pagos pelos consumidores do produto final  $p$  e os preços recebidos pelos produtores de insumos  $q$  e os respectivos "preços implícitos" ou custos de oportunidade marginais  $p$  e  $q$ .

Os métodos de solução do problema (20) ou (21) são mais complexos que (P) pois o objetivo é não-linear. Podem, no entanto, ser empregadas aproximações lineares simples e processos iterativos que refinam sucessivamente as aproximações lineares. No modelo integrado que reportamos, uma vez que as formas econométricas estimadas puderam ser facilmente inversíveis e integradas de tal forma que as funções  $f$  e  $g$  se tornaram conhecidas explicitamente, recorreu-se a um pacote que utiliza o método do gradiente reduzido como rotina de solução do problema (21).

Na seção subsequente descrevemos as estimativas econométricas obtidas para as funções de oferta e demanda de energia.



## IV.2 - O Bloco Energia

Nas estimativas econométricas das ofertas de fontes primárias e das demandas de formas finais de energia, elasticidades-preço estatisticamente significativas foram obtidas para:

- oferta de cana-de-açúcar
- demanda industrial de calor
- demanda industrial de energia elétrica
- demanda residencial de calor
- demanda de transporte individual

Estas variáveis constituem, na versão atual do modelo, os principais elos de integração entre os módulos do setor energético e do resto da economia, seguindo a descrição da seção IV.1. Nas cinco próximas subseções descrevemos com maior detalhe a estimação econométrica das ofertas e demandas de energia que compõem o que denominamos de Bloco Energia.

### IV.2.1 - Oferta de Cana-de-Açúcar

Nesta subseção é estimada uma função de oferta de cana-de-açúcar, produto que, como visto anteriormente, tem grande peso na produção agrícola, correspondendo a 6,5% do valor da produção agrícola e 27% do valor da produção dos exportáveis no ano-base de 1970.

Observou-se na Figura 17 que a produção de cana-de-açúcar cresce monotonicamente na década de 70, principalmente a partir de 1976. O único ano na década em que ocorreu crescimento negativo foi em 1975. Esta queda de produção pode ser atribuída a condições climáticas desfavoráveis para a lavoura canavieira. Além da seca que atingiu toda a região Centro-Sul no primeiro semestre de 1975, ocorreram geadas em julho. Desta forma justifica-se a utilização de uma variável dummy para 1975 ao se estimar a função de oferta de cana-de-açúcar.

A Figura 3 ilustra a importância dos preços na expansão da oferta de cana. Nota-se pelo gráfico que o preço real de cana-de-açúcar, que oscila em torno do preço do setor agropecuário na década de 60, cresce continuamente a partir de 1970, superando o preço do setor em 1974 e atingindo novo patamar na segunda metade da década de 70. Conforme observado na Figura 17, é exatamente neste período que a produção de cana tem crescimento vertiginoso.

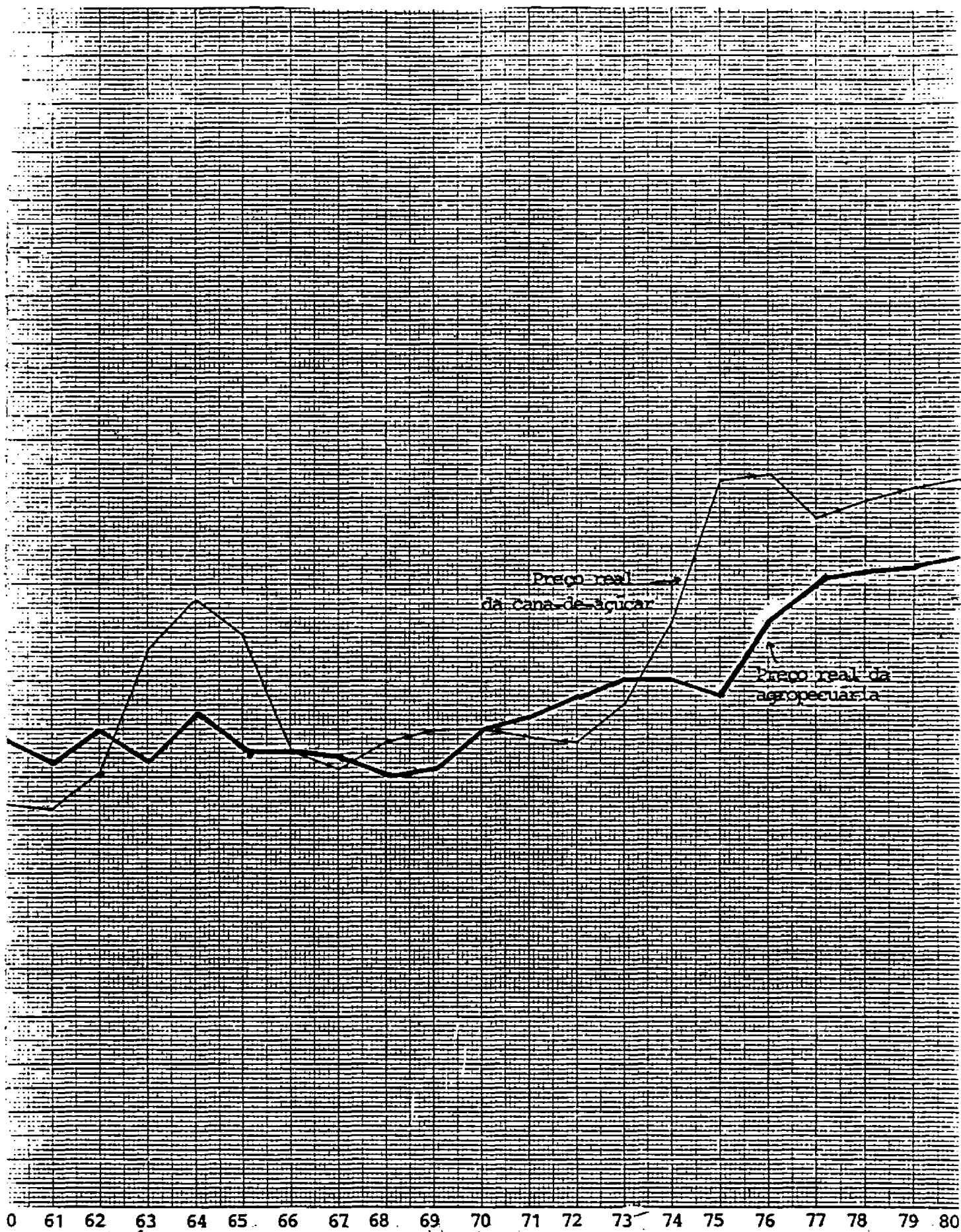
Assumimos que a oferta desejada de cana-de-açúcar  $S^*$ , é função crescente do preço real da cana  $p$  e de  $K$ , que representa uma medida de tendência log-linear da expansão da capacidade produtiva da agricultura. Esta medida incorpora a expansão de fronteira e os ganhos de produtividade seculares. A função de oferta desejada tem o seguinte formato:

$$\log S^* = a_0 + a_1 \log p + a_2 \log K; \text{ com } a_1 \text{ e } a_2 \geq 0 \quad (22)$$

Supondo o ajustamento parcial da produção efetiva  $S$  à oferta desejada, ou seja:

FIGURA 17

INDICE DE PREÇO REAL DA AGROPECUÁRIA E DA CANA-DE-AÇUCAR



$$\log S - \log S_{-1} = \lambda [\log S^* - \log S_{-1}]; \text{ com } \lambda > 0 \quad (23)$$

onde  $\lambda$  é coeficiente de ajustamento, teremos após substituição de (22) em (23) que:

$$\log S = \lambda a_0 + \lambda a_1 \log p + \lambda a_2 \log K + (1-\lambda) \log S_{-1} \quad (24)$$

O modelo acima, estimado para o período 1962-1980 pelo método de Corchrane, resultou em:

$$\log(Y6CA) = 0,0592 + 0,2138 \log PCA1 + 0,2670 \log Y6P + 0,7174 \log(Y6CA(-1)) - 0,1779 DU75$$

(0,328) (4,359)
(2,685)
(7,309)
(-4,780)

$$R^2 = 0,987; DW = 2,002; SER = 0,0328; RHO = -0,324$$

onde: Y6CA - índice de quantum da produção de cana de açúcar (1970 = 100)

Y6P - tendência log linear do crescimento do produto agrícola

PCA1 - preço real da cana-de-açúcar (P6CA/PD1).

DU75 - variável dummy que assume o valor de 1 em 1975 e 0 para os outros anos.

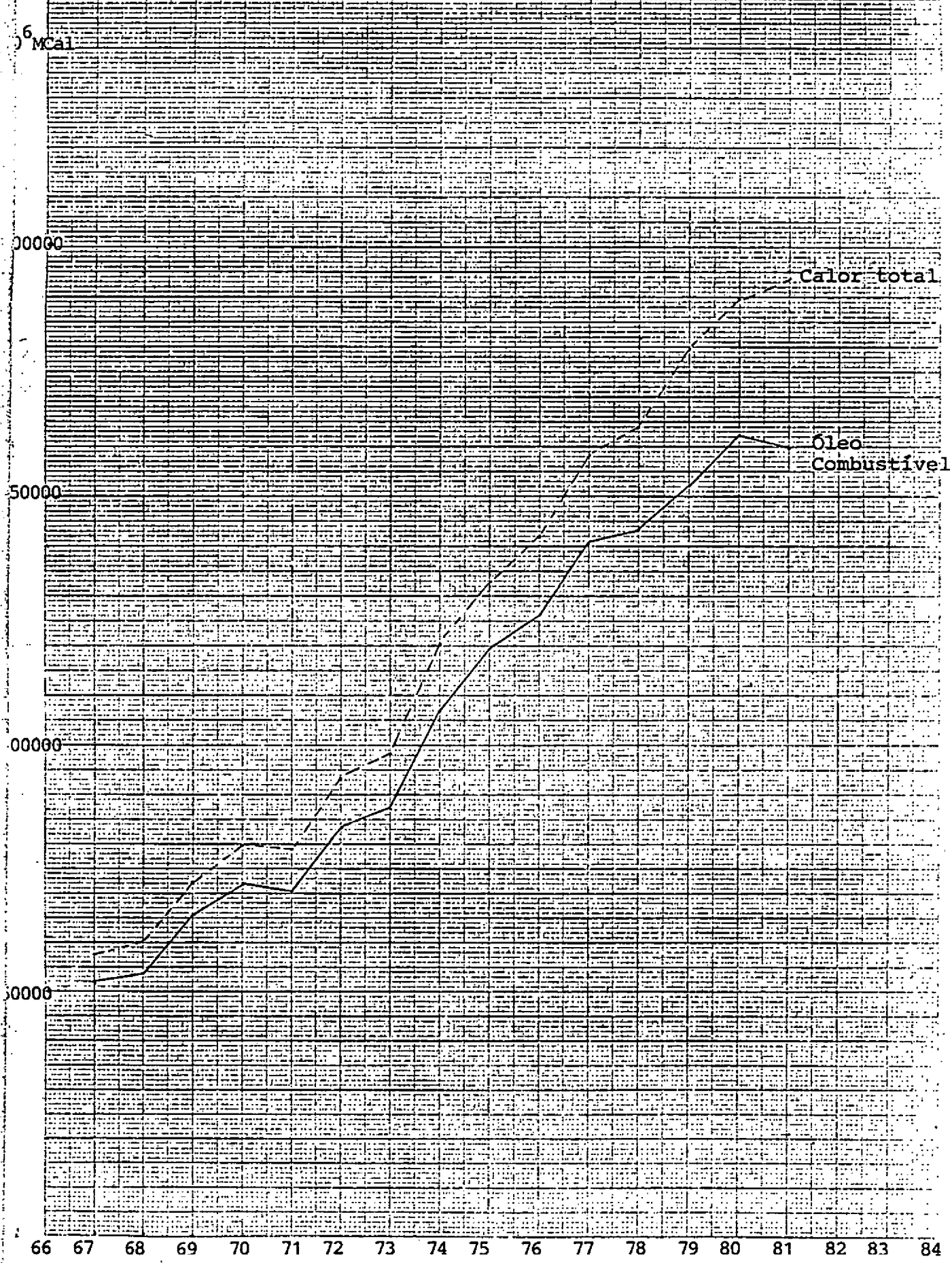
Conclui-se então que, a elasticidade-preço da oferta de cana no curto prazo é aproximadamente 0,22 enquanto no longo prazo atinge 0,76. O prazo médio de ajustamento é de 2,5 anos. Resultados alternativos para a oferta de cana-de-açúcar podem ser encontrados no Anexo.

#### IV.2.2 - Demanda Industrial de Calor

Na seção II.6.1 descrevemos a construção de uma medida do consumo industrial de energia exclusive eletricidade, incorporando o óleo combustível, óleo diesel e gás liquefeito, derivados do petróleo, e no período mais recente o carvão mineral e vegetal. Adicionando, em unidades de energia, as parcelas correspondentes a cada uma destas fontes, obtemos o que denominamos de consumo industrial de energia.

A Figura 18 ilustra o consumo industrial de óleo combustível e de energia exclusive eletricidade. Observa-se que o óleo combustível é responsável por aproximadamente 90% do consumo de energia exclusive eletricidade na indústria até 1976. Em 1980 a participação do óleo combustível se reduz a 82% como resultado da conservação da energia e da substituição por carvão mineral e vegetal, induzidas pelo aumento do preço do óleo. Entre 1978 e 1980 o preço do óleo combustível aumentou em termos nominais aproximadamente 550%. Enquanto o consumo de óleo combustível na indústria cresceu a taxa média de 8,3% ao ano entre 1966 e 1980, o consumo de energia se expandiu a 9,0% ao ano em média. Ao considerarmos o período 1975-1980, observa-se que a um aumento do consumo de energia a taxa média de 6,5% ao ano corresponde uma expansão do consumo de óleo combustível de 4,8% ao ano. No ano de 1980 o consumo de óleo cai 1,7% em relação ao ano anterior. No mesmo ano, graças a substituição parcial do óleo por carvão, o consumo de energia se expande a modesta taxa de 2,4%.

Figura 18 - Consumo Industrial de Calor



O modelo do consumo industrial de calor pressupõe uma oferta perfeitamente elástica ao preço vigente. Portanto, o volume consumido é determinado pela demanda, que é função do nível de atividade Y e do preço do calor industrial p:

$$\log Q^d = a_0 + a_1 \log Y + a_2 \log p ; a_1 > 0, a_2 < 0$$

Estimando a equação acima com os dados de consumo industrial de calor para o período 1966-1980, por mínimos quadrados, temos

$$\log (\text{DCAL}) = 6.0139 + 1.3067 \log (\text{Y1R}) + .1643 \log (\text{PCAL1})$$

(41.3424)      (17.2640)                      (-2.7469)

$$R^2 = .9951; \quad DW = 2.2056; \quad SER = .0206$$

onde: DCAL - consumo industrial de calor

PCAL1- preço do calor industrial deflacionado pelo índice de preços no atacado - disponibilidade interna.

O resultado acima sugere uma elasticidade-preço para a demanda industrial de calor pequena porém significativa de .16. A elasticidade-renda da demanda é 1.30.

#### IV.2.3 - Demanda Industrial de Energia Elétrica

O consumo industrial de energia elétrica se expandiu na década de setenta a uma taxa média de 14% ao ano, superior à taxa de crescimento do produto no período. Como justificativa

de tal desempenho é, em geral, apontado o barateamento relativo da energia elétrica vis-à-vis as outras fontes de energia para o setor industrial.

A Figura 19 ilustra a evolução da tarifa média real da energia elétrica no período 1963-1979. Muito embora a tarifa média seja o melhor indicador do custo real da energia elétrica para o setor industrial, pois é sabido que neste período a relação tarifa residencial/industrial foi drasticamente alterada, nos concentramos, devido à disponibilidade de dados, neste índice. A observação da Figura demonstra que a tarifa caiu aproximadamente 18% em termos reais entre 1970 e 1979. A redução da tarifa real se acelera a partir de 1976. Entre 1967 e 1976, a tarifa média de energia elétrica acompanha razoavelmente o índice geral dos preços, mantendo o nível real atingido pela alta do primeiro quinquênio da década de sessenta.

A demanda industrial de energia elétrica  $Q^d$  é função da renda  $Y$  e do preço real desta forma energética  $p$ . Assumindo o ajustamento apenas parcial da demanda no período corrente às flutuações da renda e do preço, temos no formato logarítmico que

$$\log Q^d = \lambda a_0 + \lambda a_1 \log Y + \lambda a_2 \log p + (1-\lambda) \log D_{-1}; a_1 > 0, a_2 < 0 \text{ e } 0 < \lambda < 1$$

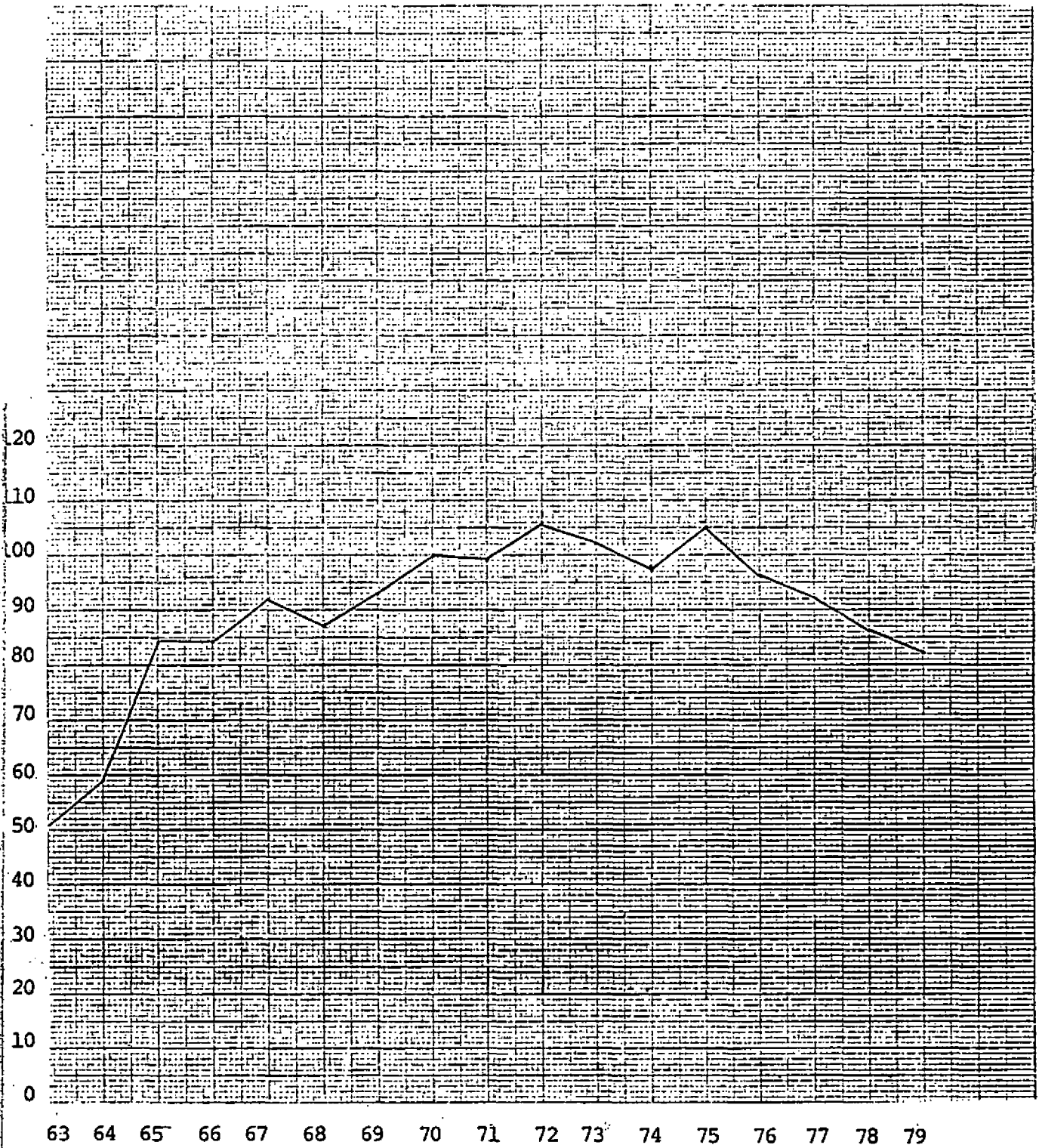
onde  $\lambda$  é o coeficiente de ajustamento.

A equação de demanda industrial da energia elétrica, estimada para o período 1970-1980 por mínimos quadrados, resultou em



FIGURA 19

INDICE DO PREÇO REAL DA ENERGIA ELÉTRICA  
(1970=100)



$$\log(\text{CIEE}) = 1.552 - .388 \log(\text{TMED1}) + .621 \log(\text{Y1R}) + .552 \log(\text{CIEE})$$

(4.552) (-3.502) (4.077) (5.211)

$$R^2 = .99; \quad DW = 1.935; \quad SER = .013$$

onde: CIEE - consumo industrial de energia elétrica em gigawatts-hora.

TMED1 - tarifa média real da energia elétrica deflacionada pelo IPA-DI.

A elasticidade-preço de curto prazo da demanda pelos resultados acima, é aproximadamente -0,39. No longo prazo a elasticidade-preço atinge 0,87. Para a renda as elasticidades estimadas são 0,62 e 1,38 no curto e longo prazo respectivamente. Resultados obtidos com especificações e períodos alternativos para a demanda industrial de energia elétrica podem ser encontrados no Apêndice.

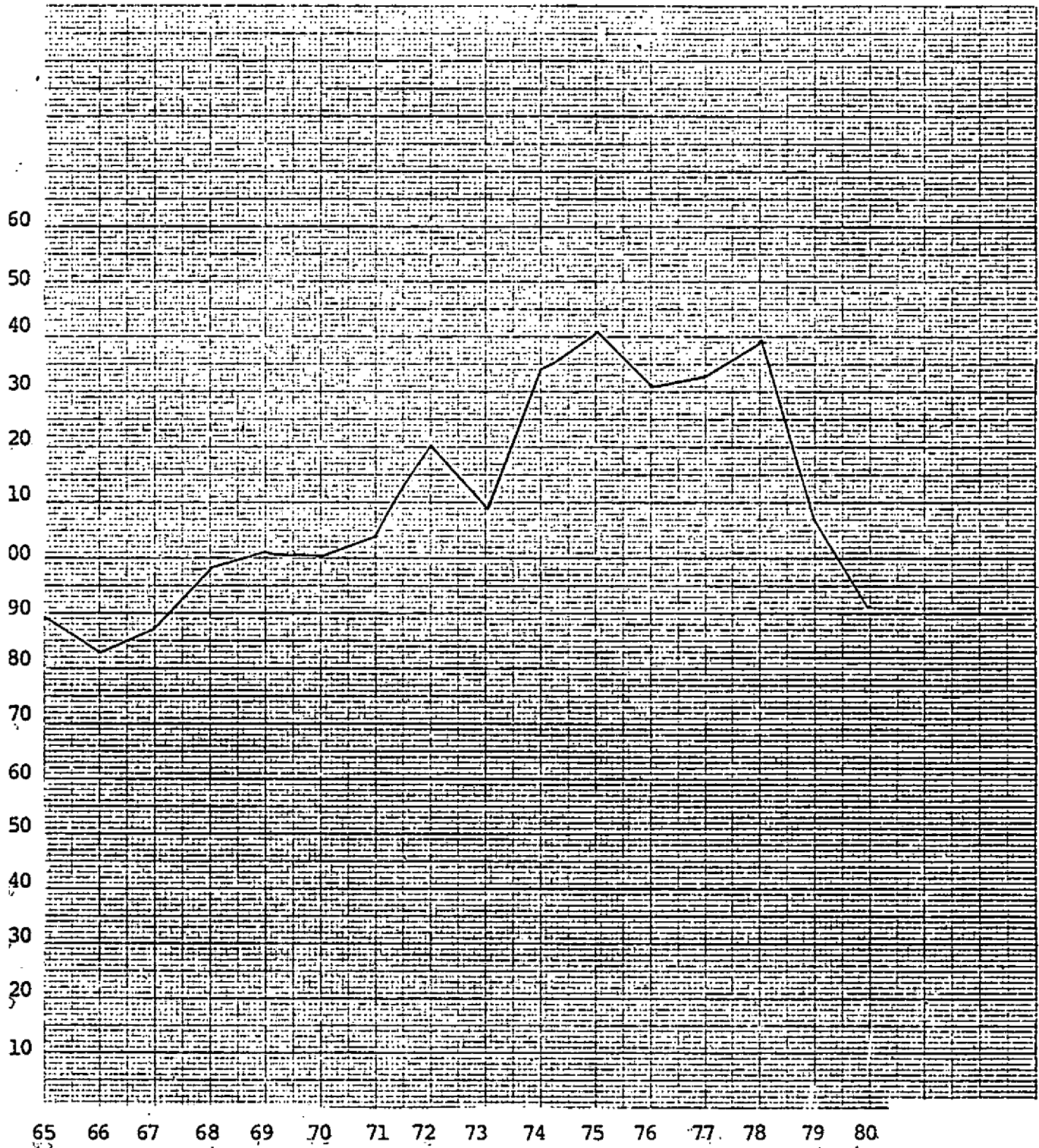
#### IV.2.4 - Demanda Residencial de Calor

Nesta subseção estimamos uma equação para a demanda residencial de calor. A inexistência de uma série histórica do consumo residencial de calor incorporando as diversas fontes de energia primária, requereu uma suposição sobre a composição desta variável. Aproximamos o consumo residencial de calor em unidades de energia por um percentual fixo em 85% do consumo nacional de gás liquefeito de petróleo.

A Figura 20 ilustra a evolução do preço real do gás liquefeito de petróleo determinante significativo da demanda resi

FIGURA 20

INDICE DO PREÇO REAL DO GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO  
(1970=100)



dencial de calor. Observa-se uma tendência para o preço real ligeiramente ascendente no período 1965-1971. E, 1972 um significativo reajuste de preços relativos parece ser iniciado. Porém, em 1973, possivelmente como medida de controle inflacionário, o preço praticamente reassume os níveis reais pré-1972. Em virtude da quadruplicação do preço internacional do petróleo em 1973, observa-se nova escalada do preço interno do gás liquefeito. O preço real se mantém constante até 1978. No biênio 1979-1980 o preço do gás novamente se defasa em relação ao índice geral de preços, atingindo em 1980 um nível 9% inferior ao ano de 1970. Em contrapartida, o consumo de gás liquefeito de petróleo se expandiu na década de setenta a uma taxa média de 8% ao ano.

O modelo teórico do consumo residencial de calor presume que a oferta é infinitamente elástica e que a demanda  $Q^d$  é função apenas da renda real  $Y$  e do próprio preço  $p$ , ou seja, em forma logarítmica:

$$\log Q^d = a_0 + a_1 \log Y + a_2 \log p; \quad a_1 > 0 \text{ e } a_2 < 0.$$

Estimando o modelo de demanda residencial de calor para o período 1966-1979 por mínimos quadrados, obtivemos

$$\log(\text{CGLP1}) = .9.8339 + .9719 \log(Y1R) - .2502 \log(\text{PGLP1})$$

(95.60)
(28.03)
(-3.1987)

$$R^2 = .9947; \quad DW = 1.7141; \quad SER = .025$$

onde: CGLP1 - demanda residencial de calor definida como 85% da demanda residencial de gás liquefeito de petróleo.

PGLP1 - preço real do gás liquefeito de petróleo deflacionado pelo IPA-DI.

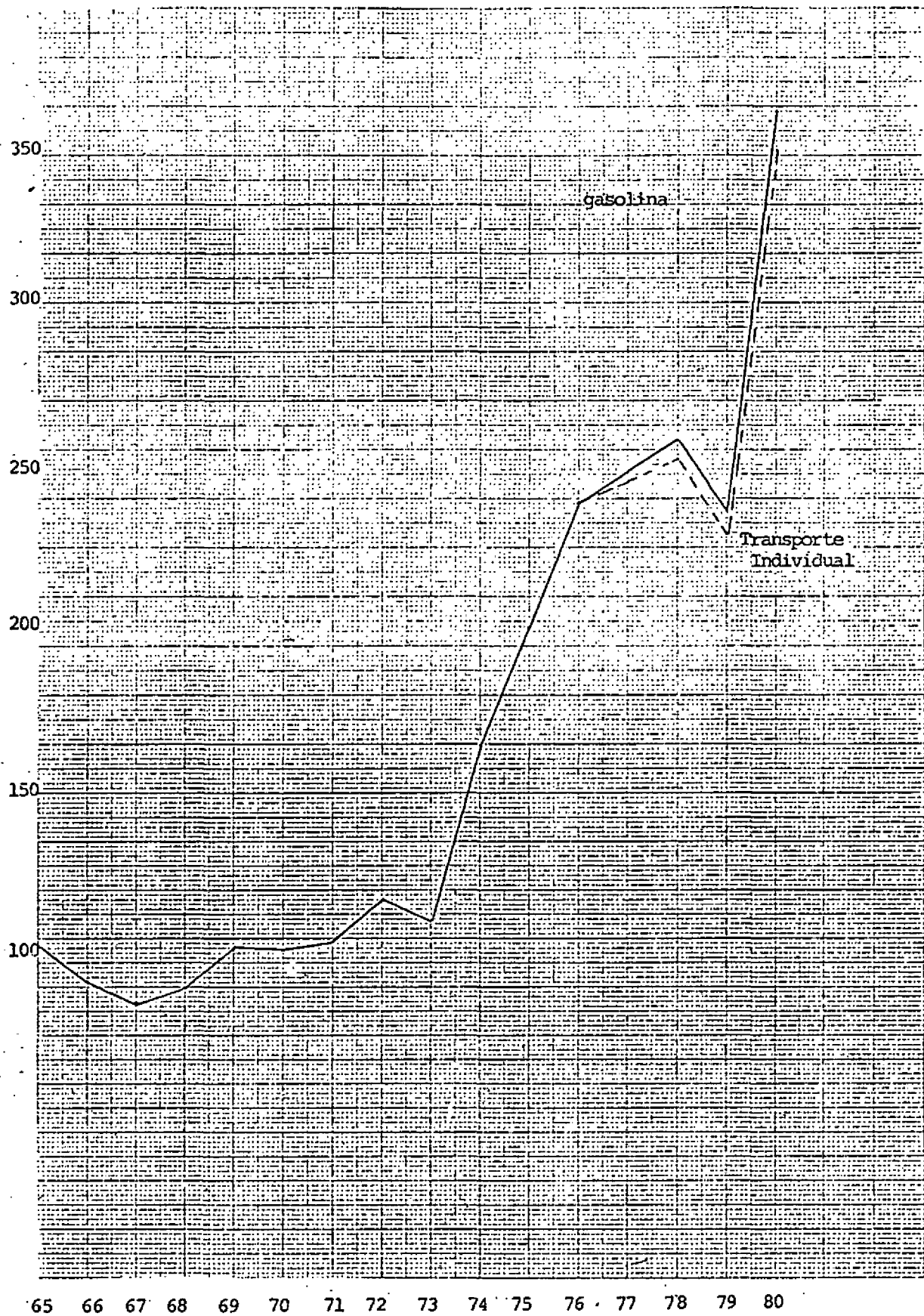
Os resultados obtidos sugerem uma elasticidade - renda unitária e uma elasticidade-preço pequena porém significativa de -0,25 para a demanda residencial de calor.

#### IV.2.5 - Demanda de Transporte Individual

A demanda de transporte individual no modelo de otimização pode ser satisfeita por gasolina ou álcool carburante. Para a compatibilização com o modelo do setor energético foi então construída uma medida do consumo de energia em transporte individual adicionando-se após 1977 os consumos de gasolina e álcool em unidades equivalentes de energia. O custo do transporte individual foi calculado ponderando os preços da gasolina e do álcool pela participação no consumo total a partir de 1977. Os preços reais da gasolina e da energia para transporte individual se encontram na Figura .

A Figura 21 demonstra a estabilidade do preço real da gasolina entre 1965 e 1973, à exceção de uma elevação de 15% em 1972 recuperada em 1973. A partir de 1974, quando em termos reais, o preço da gasolina é majorado em 52%, a tendência é nitidamente ascendente. No ano de 1980 o preço real da gasolina é 3,6 vezes superior ao nível de 1970. A introdução do álcool

FIGURA 20  
INDICE DO PREÇO REAL DA GASOLINA E DO TRANSPORTE  
INDUSTRIAL



a partir de 1977 não modifica significativamente estas conclusões pois o preço relativo ao álcool vis-à-vis a gasolina se mantém próximo à relação de poder calorífico.

O consumo de energia em transporte individual parece ter respondido significativamente a elevação dos preços reais. Enquanto o consumo cresceu em média aproximadamente a 6% ao ano entre 1965-1980, no período 1974-1980 esta taxa de crescimento é da ordem de 1% ao ano.

O modelo teórico do consumo de transporte individual  $Q^d$  pressupõe a oferta infinitamente elástica e o ajustamento parcial do consumo às flutuações de renda  $Y$  e preço  $p$  na forma

$$\log Q = a_0 + \lambda a_1 \log Y + \lambda a_2 \log p + (1-\lambda) \log Q_{-1}; \quad a_1 > 0, \quad a_2 < 0 \quad \text{e} \quad 0 < \lambda < 1$$

onde  $\lambda$  é o coeficiente de ajustamento.

Restringindo o período da amostra ao intervalo 1970-1980, quando não observadas variações significativas do preço real, o modelo de ajustamento parcial estimado por mínimos quadrados gerou

$$\log(\text{CGL}) = 3.6513 + .7065 \log(\text{Y1R}) - .2274 \log(\text{PGL1}) + .3783 \log(\text{CGL}(-1))$$

(2.0625) (3.330)                      (-3.1215)                      (1.6955)

$$R^2 = .9801; \quad DW = 2.91; \quad SER = .0306$$

onde: CGL - consumo de energia para transporte individual como definido acima.

PGL1 - preço real da energia para transporte individual de fracionado pela IPA-DI.

Os resultados acima sugerem uma elasticidade-preço para a demanda de  $-0,23$  no curto prazo. No longo prazo esta elasticidade assume o valor de  $-0,37$ . Para o renda a elasticidade estimada é de  $0,71$  no curto prazo é  $1,14$  no longo prazo. Os resultados obtidos com especificações alternativas da demanda por transporte individual estão listados no Apêndice.





## V. SIMULAÇÕES COM O MODELO INTEGRADO: 1981-1990

### V.1 - Previsões da Oferta de Energia

Nas simulações com o modelo integrado, foram feitas as seguintes hipóteses sobre a evolução da oferta primária de energia:

#### V.1.1 - Energia Termonuclear

De 1982 a 1986 é considerada apenas em operação a usina Angra I com capacidade de 678 MW. O fator de capacidade é de 30% em 1982 e 1983, 50% em 84 e 60% nos anos posteriores. A partir de 1986 são considerados acréscimos de capacidade em decorrência da introdução de novas usinas nucleares com um fator de capacidade de 60%.

#### V.1.2 - Energia Hidroelétrica

A evolução dos limites de produção é estimada a partir da capacidade instalada prevista pela Eletrobrás, com um fator de capacidade de 55%.

#### V.1.3 - Carvão do R.G.S. e S.C.

De 1981 a 1986 a evolução prevista da capacidade da produção de carvão mineral foi obtida pelos planos de mineração do setor. De 1986 a 1990 considera-se uma taxa de crescimento anual igual à taxa média dos cinco anos anteriores.

#### V.1.4 - Carvão Vegetal

De 1981 a 1985 a evolução prevista da produção foi obtida no Balanço Energético Nacional de 1980. De 1986 em diante considera-se uma taxa de crescimento anual igual à taxa média dos cinco anos anteriores.

#### V.1.5 - Petróleo Nacional

De 1981 a 1985 a evolução da produção nacional de petróleo tem como fonte o Balanço Energético Nacional de 1980. De 1986 em diante considera-se uma taxa de crescimento anual igual à taxa média dos cinco anos antecedentes.

A Tabela 8 sumariza os dados utilizados para a oferta de energia primária, calculados com base nas suposições expostas acima.

#### V.2 - Restrições de Capacidade

Além das disponibilidades de fontes de energia primária, a implementação do modelo requer algumas hipóteses sobre a evolução das capacidades de produção de energia e dos limites de substituição. Estas restrições, apresentadas na seção IV, foram incorporadas ao modelo de otimização com o propósito de aprimorar o realismo dos resultados.

TABELA 8

## EVOLUÇÃO PREVISTA DA OFERTA DE FONTES PRIMÁRIAS DE ENERGIA

Ano	Fonte	NUCLEAR (10 <sup>3</sup> MWh)	HIDRICA (10 <sup>3</sup> MWh)	CARVÃO RGS e PR (10 <sup>3</sup> t)		CARVÃO SC (10 <sup>3</sup> t)		CARVÃO VEGETAL (10 <sup>3</sup> t)	PETRÓLEO (10 <sup>3</sup> barris)
				CA	SUB	CA	SUB		
1981		0	152 782	2 100	650	277	1 873	7 012	77 330
1982		1 758	157 277	2 950	650	302	2 700	8 407	87 600
1983		1 758	170 915	4 550	2 200	302	3 240	10 081	113 000
1984		2 929	191 206	8 350	3 700	302	3 850	12 087	138 700
1985		3 515	206 627	9 700	6 200	302	7 100	14 492	175 200
1986		3 515	231 494	12 400	8 300	378	9 070	17 390	215 000
1987		9 969	252 080	16 100	10 700	378	12 160	20 868	260 000
1988		14 423	266 716	19 200	15 700	378	15 650	25 042	320 000
1989		14 423	280 140	25 000	20 400	378	21 000	30 050	380 000
1990		14 423	298 459	29 500	29 500	378	27 100	36 060	460 000

#### V.2.1 - Evolução da Capacidade de Produção das Termoelétricas à Carvão

A partir da evolução prevista pela Eletrobrás para a capacidade de produção das termoelétricas a carvão é calculado o limite máximo de geração de energia elétrica com base num fator de capacidade máximo de 80%.

#### V.2.2 - Limites à Substituição do Óleo por Carvão Mineral e Vegetal na Geração de Calor Industrial

As possibilidades de substituição do óleo combustível por carvão mineral e vegetal estão limitadas no modelo através de uma restrição que estabelece um percentual relativo a utilização do óleo combustível. Para o ano de 1981 esta relação é fixa em 3% para carvão de ambas as origens. A partir de 1981 esta participação foi calculada com base nos projetos de substituição do óleo combustível até 1986. A partir de 1986 foi considerada constante.

#### V.2.3 - Capacidade de Refino do Petróleo

A evolução da capacidade de refino do petróleo foi estimada a partir do dado para 1980 ( $231199 \cdot 10^3 \text{m}^3/\text{ano}$ ). Foi estabelecido um crescimento de 10% ao ano a partir de 1983.

#### V.2.4 - Capacidade de Produção de Alcool

A evolução da capacidade instalada no período 1981/1984

das destilarias autônomas e anexas, é baseado em informações obtidas junto a Confederação Nacional das Indústrias. De 1984 a 1990 considera-se uma taxa anual de crescimento igual à taxa média dos anos anteriores.

#### V.2.5 - Consumo Direto de Álcool em Transporte Individual

O consumo direto de álcool hidratado em transporte individual foi fixada como uma percentagem do consumo de gasolina e álcool anidro. A evolução deste percentual baseia-se, até 1985, na evolução prevista da frota de veículos automotores movidos à álcool. De 1986 a 1990 considera-se esta relação constante.

A Tabela 9 apresenta os dados finais, utilizados para as restrições de capacidade e limites de substituição, nas simulações com o modelo integrado reportadas na seção V.4.

#### V.3 - Evolução das Variáveis Econômicas

Nesta seção descrevemos sucintamente as hipóteses quanto à evolução das variáveis econômicas do modelo. Estão aqui incluídas tanto as variáveis de política quanto as variáveis conjunturais. A Tabela 10 resume em um quadro as suposições quanto a trajetória das variáveis, que são comuns às três simulações analisadas na seção seguinte.

TABELA 9

## LIMITES DE CAPACIDADE PREVISTOS

Ano	Refino do Petróleo (10 <sup>6</sup> Mcal)	Destilarias Autônomas (10 <sup>6</sup> Mcal)	Destilarias Anexas (10 <sup>6</sup> Mcal)	Termoelétricas a carvão (10 <sup>6</sup> Mcal)	Carvão mineral para calor industrial (%)	Carvão vegetal para calor industrial (%)	Relação entre o consumo de álcool hidratado e gasolina (%)
1981	1 900 000	5 716	17 400	6 842	3	3	6
1982	1 900 000	8 240	20 668	6 842	5	8	12
1983	2 100 000	18 249	23 950	9 025	5	8	16
1984	2 400 000	24 636	27 232	10 578	7	11	20
1985	2 600 000	29 665	30 514	10 578	7	11	24
1986	2 900 000	35 478	33 796	10 578	7	14	25
1987	3 200 000	42 567	37 078	13 684	7	14	25
1988	3 500 000	51 089	40 360	13 684	7	14	25
1989	3 800 000	61 307	43 642	13 684	7	14	25
1990	4 200 000	73 568	46 924	13 684	7	14	25

TABELA 10

## EVOLUÇÃO DAS VARIÁVEIS EXÓGENAS AO MODELO MACROECONÔMICO

Ano Identi- ficação	1981	1982	1983-1990	Descrição
M1RT	-20%	-10%	0	Taxa de crescimento da oferta monetária total
GYRT	-15%	-5%	0	Taxa de crescimento da participação do governo na renda nacional
IANC	140	90	100	Índice de acidentalidades na produção de exportáveis exclusive a cana-de-açúcar
IANT	105	100	100	Índice de acidentalidades na produção para o abastecimento in- terno exclusive o trigo
IART	72	100	100	Índice de acidentalidades na produção de trigo
STRP	9,8%	9,8%	9,8%	Taxa de subsídio do trigo ao produtor
STRC	63%	63%	63%	Taxa de subsídio do trigo ao consumidor
PITRD	353	+9%	+9% a.a.	Índice preço em dólar das importações de trigo (1970 = 100)
P12D	256.5	+10%	+10% a.a.	Índice de preço das importações exclusive petróleo e trigo (1970=100)
T	12.6%	12.6%	12.6%	Alíquota média do imposto sobre importações
P4DNA	358	+10%	+10% a.a.	Índice de preço das exportações de produtos industrializados exclusive o açúcar (1970 = 100)
S	73%	73%	73%	Alíquota média de subsídio às exportações de produtos indus- trializados
CONF	12%	12%	12%	Alíquota média da quota de contribuição nas exportações primá- rio-agrícolas
P2D	202	+13%	+13% a.a.	Índice de preços das importações mundiais (1975 = 100)
I2Q	1147	+4%	+4% a.a.	Índice do volume das importações mundiais
JUR	21%	+18%	18%	Taxa de juros incidente sobre a dívida externa
H	.50	.50	.50	Parâmetro da política salarial
INV	2310	+10%	+10% a.a.	Investimento externo em bilhões de dólares
PACUD	386	+8%	+8% a.a.	Preço do açúcar em dólares por tonelada



#### V.4 - Resultados Preliminares

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados de três simulações com o modelo integrado energia/economia. Estes resultados têm por finalidade apenas ilustrar a sensibilidade das previsões geradas com o modelo a hipóteses distintas quanto à evolução das variáveis exógenas. Neste sentido as conclusões que nos permitimos tirar dos resultados das simulações têm um caráter preliminar. Uma mais extensa experiência com o modelo deverá contribuir para aprimorar sua formulação mediante o teste de especificações alternativas para algumas equações. Também pouco são conhecidos até o momento os valores observados em 1981 para todas as variáveis exógenas ao modelo. Resultados futuros deverão em muito se beneficiar de um melhor ajuste do modelo para os anos iniciais do horizonte de planejamento.

Nas seções subsequentes descrevemos os resultados de três cenários distintos apenas pela trajetória dos preços internacionais do petróleo no período 1981-1990:

- Simulação I: Preço do Petróleo Constante. O preço real do petróleo é mantido constante na década, no valor observado em 1981 de US\$ 33.7 por barril.
- Simulação II: Preço do Petróleo Crescente. O preço real do petróleo cresce na década à taxa constante de 4% ao ano a partir do valor observado em 1981.
- Simulação III: Preço do Petróleo Decrescente. O preço real do petróleo decresce na década à taxa constante de 2% ao ano a partir do valor observado em 1981.

#### V.4.1 - Simulação I: Preço do Petróleo Constante

Na Tabela 11 encontram-se as previsões das taxas de crescimento setoriais. A contração monetária e fiscal de 1981 provoca uma queda no produto interno bruto de 3,6%. O bom desempenho da agricultura no ano se reflete através da taxa de crescimento de 6,3% no ano. Em contrapartida a produção industrial sofre uma retração de 6,1%. Para 1982 a contração monetária e fiscal hipotética, de menores proporções que no ano precedente, permite um crescimento do produto de 0,5%. O restabelecimento de condições normais para a agricultura aliado à queda na produção de café prevista em decorrência da forte geada que atingiu a lavoura cafeeira em 1981 provoca uma redução na produção agrícola de 7,2%. O setor industrial se expande no ano à taxa de 2,3%.

A partir de 1983, quando assumimos a estabilidade da oferta monetária real e da participação do governo na renda, a taxa de crescimento do produto converge rapidamente para a taxa de longo prazo do modelo de 5,8% ao ano. Em 1983 o crescimento é inferior a 5,8% devido ao efeito defasado da contração monetária de 1982. O crescimento da agricultura entre 1981 e 1990 varia substancialmente em decorrência de inércia na produção agrícola combinada com as acidentalidades do início da década.

A agricultura parece estabilizar ao final da década a uma taxa de crescimento de 4,5% ao ano. Esta taxa ligeiramente su

TAXAS DE CRESCIMENTO SETORIAIS  
(%)

ANO	INDUSTRIA	AGRICULTURA	PRDUTO
1981	-6.1	6.5	-3.6
1982	2.3	-7.2	0.5
1983	4.0	5.3	4.9
1984	6.0	5.3	5.8
1985	6.8	1.7	5.8
1986	7.1	0.1	5.8
1987	6.7	2.0	5.8
1988	6.3	3.7	5.8
1989	6.1	4.5	5.8
1990	6.1	4.6	5.8

perior às médias observadas para as décadas de sessenta e setenta pode ser atribuída a uma expansão média, prevista pelo modelo, para a cana-de-açúcar de 8% ao ano. A produção industrial demonstra menores flutuações estabilizando em torno de 6,1% ao ano ao final da década de oitenta.

A inflação dos preços agrícolas e industriais está resumida na Tabela 12. O modelo subestima a taxa de inflação do IPA-DI observada no ano de 1981. No caso dos preços agrícolas o índice para oferta global cresceu 104% em termos das médias anuais enquanto o modelo prevê 103%. No entanto para os preços industriais, observou-se uma taxa de 109%, enquanto o modelo prevê 97%. Isto pode ser atribuído às distorções do ano base de 1980 quando o nível de preços industriais é maior que o ajustamento da equação de preços industriais. No ano de 1982, a queda da produção agrícola de exportáveis não-cana provoca uma elevação do preço em dólar das exportações primário-agrícolas. A hipótese, pouco plausível, de manutenção da alíquota média da quota de contribuição permite o repasse aos preços domésticos o que provoca a aceleração da inflação dos preços agrícolas no modelo. Por outro lado observa-se na Figura 21, que o preço real da cana-de-açúcar aumenta 36% de forma a estimular um crescimento da produção de cana-de-açúcar em 15%, o que contribui para a elevação prevista do índice de preços.

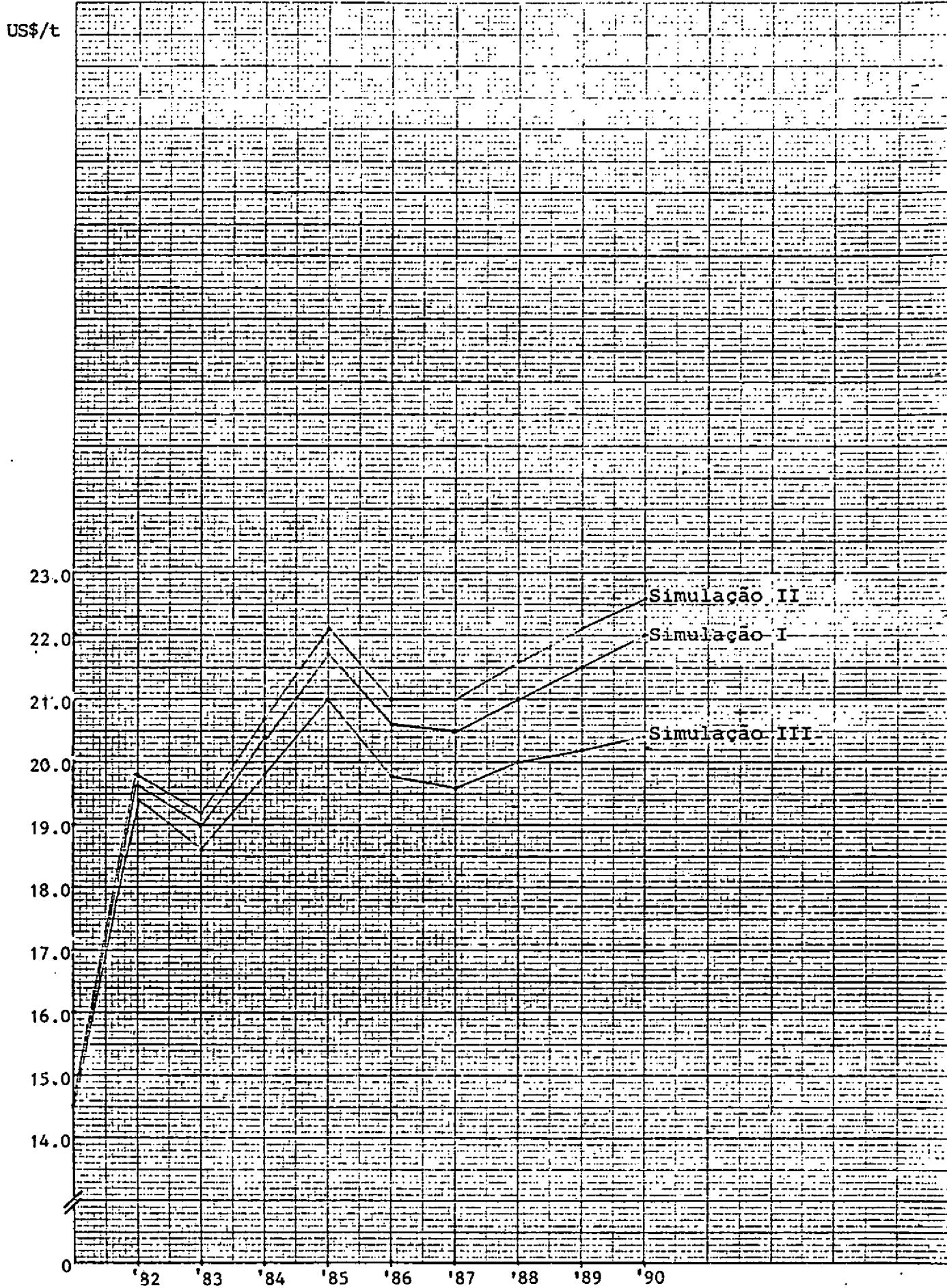
Com relação aos preços industriais observamos que a inflação reflete o repasse dos aumentos dos preços agrícolas através da equação de salários. Isto porque não é previsto exógenamente nenhum choque nos preços em dólar das importações não-petróleo e não-trigo e admite-se uma regra cambial de paridade de

## TAXAS DE INFLAÇÃO

( % )

ANO	PREÇOS INDUSTRIAIS	PREÇOS AGRICOLAS	PREÇOS NO ATACADO (DISPONIBILIDADE INTERNA)
1981	90.78	102.63	90.79
1982	113.62	167.01	123.86
1983	125.60	132.61	127.22
1984	122.02	112.71	120.03
1985	117.61	112.68	116.72
1986	116.73	122.13	119.44
1987	126.34	139.66	129.08
1988	137.69	155.22	141.43
1989	149.01	163.63	152.01
1990	157.35	167.20	159.39

Fig. 21 - Preço Real da Cana-de-açúcar



poder de compra em todo o período. O custo do calor industrial que também compõe o preço industrial, segundo a Figura 22, entra em declínio em termos reais, a partir de 1981. As metas governamentais de expansão acelerada da produção de carvão mineral e vegetal e de relaxamento dos limites técnicos de substituição visto nas Tabelas e permitem uma redução no custo real do calor para a indústria até 1986, segundo a Figura 22. A partir de então o preço se estabiliza em torno de 35 dólares. Para uma melhor compreensão da evolução dos índices de preço é necessária uma análise mais desagregada a qual não procederemos aqui.

As previsões dos gastos com importações se encontram na Tabela 13. Constata-se que para 1981 o erro de previsão é inferior a 1%. No ano de 1982 o modelo prevê que as importações não-petróleo e não-trigo deverão se manter em valor no mesmo nível do ano anterior. O aumento do valor das importações de trigo é atribuído à queda da produção de 1981 e à tendência de aumento dos preços internacionais do produto da ordem de 8% ao ano. Este resultado poderá se modificar na medida em que seja alterada a taxa de subsídio implícita no preço de venda do trigo aos moinhos no decorrer do ano. As simulações apresentadas supõem a constância do grau de subsídio em relação ao ano de 1981. O aumento do valor das importações de petróleo é unicamente atribuído ao aumento dos preços internacionais acompanhando a inflação mundial. Isto porque o volume importado se mantém praticamente inalterado entre 1981 e 1982, o que pode ser verificado através das Figuras 23 e 24. A hipótese mais plausível de ligeira queda ou constância do preço nacional do petróleo importado não foi testada aqui.

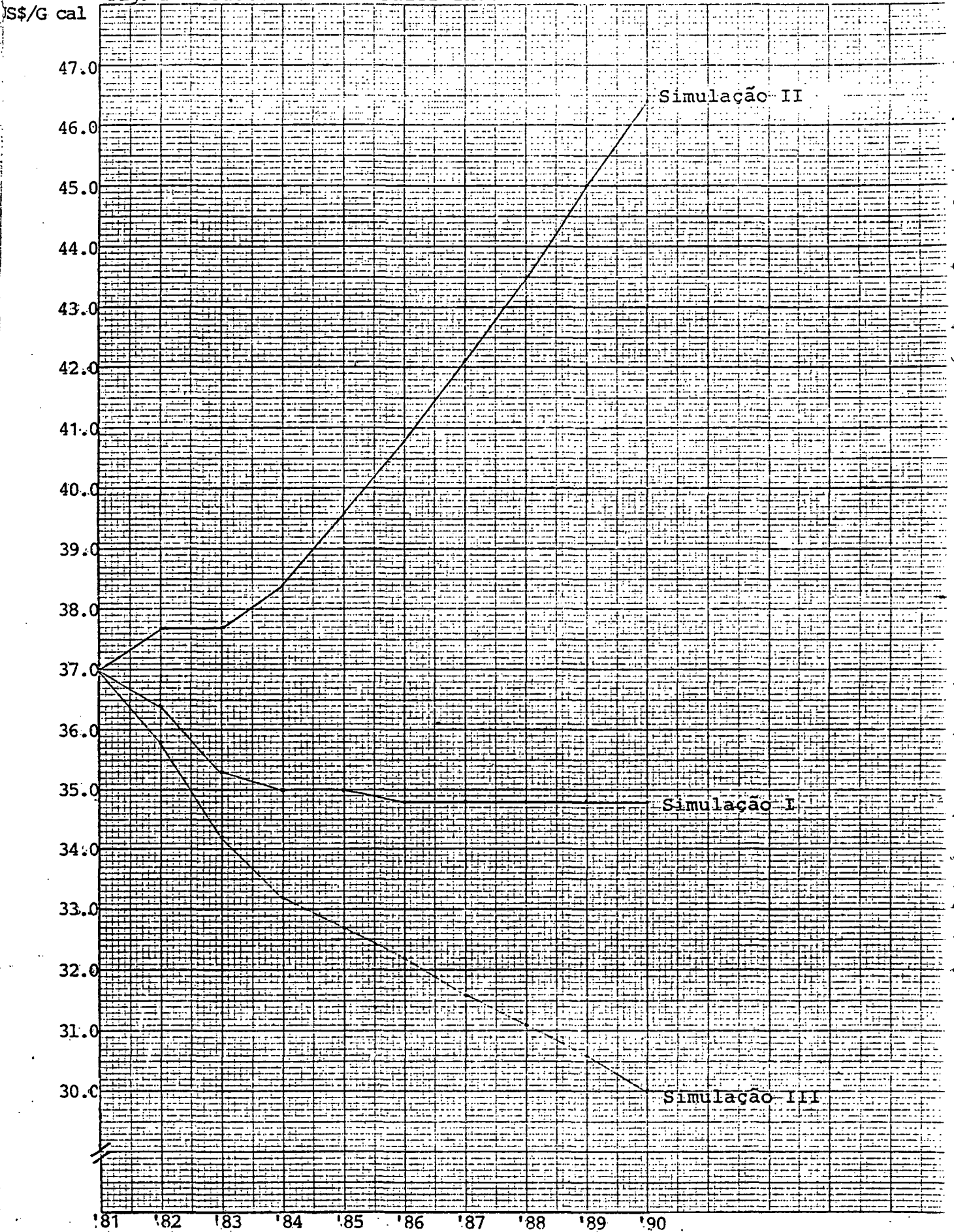
TABELA 13

IMPACTAÇÕES  
(US\$ MILHÕES)

ANO	PETROLEO	TRIGO	OUTRAS	TOTAL
1981	10886.2	812.9	10914.3	22213.4
1982	11672.7	991.7	10510.9	23175.4
1983	12592.9	809.0	11784.2	25176.1
1984	13797.9	1238.0	13923.3	28555.2
1985	14656.8	1500.8	15335.6	31753.4
1986	15451.9	1725.6	1762.1	35029.6
1987	16044.5	1704.6	20510.5	38267.6
1988	15720.7	1433.2	23568.6	40746.4
1989	15314.0	999.3	27124.3	43457.7
1990	13222.0	553.0	31196.9	44971.9



Fig. 22 - Custo Real do Calor Industrial



Em 1973 com o restabelecimento do crescimento da economia os gastos em dólar com as importações aumenta 9%. A suposição de condições normais na lavoura tritícola reduz as importações de trigo em aproximadamente US\$ 200 milhões mas, por outro lado, o aumento das importações não-trigo é mais do que compensatório. A partir de 1984 as importações de petróleo crescem moderadamente até 1987. O volume importado está em constante declínio devido ao processo de substituição de petróleo como fonte primária de energia, o que pode ser verificado através das Figuras 26 a 32. O processo de substituição parece se acelerar, dadas as hipóteses das seções V.1 e V.2, a partir de 1987 quando a redução em volume supera o aumento do preço nominal do petróleo. Como resultado o valor das importações de petróleo declina até 1990, quando representa um acréscimo de 2% em valor em relação ao ano de 1981.

A evolução dos gastos com importações de trigo reflete o processo de substituição de culturas. A elevação dos preços dos exportáveis não-cana em decorrência de condições climáticas desfavoráveis e o aumento da remuneração dos produtores da cana-de-açúcar parece provocar um deslocamento da produção doméstica de trigo o que onera as importações até 1986. A partir de então a produção doméstica se recupera implicando em acentuado declínio com gastos de importações. As importações não-petróleo e não-trigo têm a partir de 1983 um crescimento alinhado com a evolução do nível de atividade interna e a inflação internacional. Como resultado os gastos com importações não-petróleo e não-trigo triplicam em valor entre 1981 e 1990. O valor global das importações apenas duplica no mesmo período devido a evolu

ção favorável das importações de petróleo e trigo.

As previsões do modelo quanto às exportações brasileiras podem ser analisadas através da Tabela 14. No ano de 1981 as exportações da extrativa mineral totalizaram US\$ 1.973 milhões enquanto as exportações de produtos primário-agrícolas geraram uma receita de US\$ 6.359 milhões. As exportações de produtos industrializados exclusive o açúcar que totalizaram US\$ 13.515 milhões em 1981 são subestimadas pelo modelo. Por outro lado o valor das exportações de açúcar está superestimado. Uma vez que as exportações de açúcar são determinadas por resíduo, deduzindo-se da produção o consumo interno, verificamos que os altos preços internacionais do açúcar em 1981 pressionam no período a produção à plena capacidade. Neste caso, também a solução do modelo de otimização favorece a produção de açúcar em detrimento da produção de álcool carburante. Existem diversas alternativas promissoras para refinar as previsões das exportações de açúcar que incluem desde a incorporação de funções de demanda para o mercado doméstico e internacional do produto e a definição de uma política de estoques até a consideração do regime de quotas estabelecidos pelos acordos internacionais.

No decorrer da década de oitenta, as exportações da extrativa mineral crescem gradualmente de acordo com a expansão da produção doméstica e do comércio internacional e com a inflação mundial.

No caso dos produtos primários de origem agrícola o modelo prevê para 1982 um aumento de 44% para o valor das exporta

ções. Este resultado reflete o impacto da queda da produção de café em decorrência da geada de 1981, replicando o impacto sobre os preços em 1976 e 1977 da geada de 1975. Outras considerações que não estão modeladas tais como o nível dos estoques mundiais, a produção dos países competidores e a supersafra do ano precedente deverão contribuir para amenizar o impacto da geada de 1981 sobre os preços internacionais. Neste caso o valor das exportações primário-agrícolas pode ser visto apenas como um limite superior.

O volume de exportações de produtos industrializados exclusive o açúcar estão limitadas no modelo pelo crescimento real do comércio internacional. Isto porque a determinação do quantum da exportação de produtos industrializados pela oferta, conforme descrito na seção II.7.2, replica aproximadamente as condições da década de setenta. Conseqüentemente as exportações de produtos industrializados, quando não limitadas, se expandem a taxas consideradas incompatíveis com as perspectivas de evolução do comércio mundial para a década. Quanto às exportações de açúcar verifica-se, durante toda a década, o mesmo problema apontado para o ano de 1981, ou seja uma superestimativa do volume exportado.

A receita total de exportações aumenta 236% entre 1981 e 1990. Verifica-se que no ano de 1981, o valor das exportações previsto subestima em aproximadamente 5% o valor observado. Para o ano de 1982 o modelo estima que as exportações rendam .... US\$ 29 bilhões. Conforme mencionado anteriormente as superestimativas das exportações de produtos primário-agrícolas e do a

çúcar tendem a vizar o crescimento das exportações no ano de 1982. A partir de 1983 a receita de exportações têm uma evolução gradual. Ao aumento vertiginoso da receita com exportações da extrativa mineral e de produtos industrializados contrapõe-se o crescimento moderado das exportações de produtos agrícolas, em valor. A participação dos produtos primários segue a tendência declinante observada na década de setenta, passando de 30% a 12% do valor das exportações entre 1981 e 1990.

A balança comercial, detalhada na Tabela 15, é superavitária no período segundo as previsões do modelo. Pelas razões apontadas acima, o modelo subestima o superavit comercial observado em 1981 e tende a superestimar o saldo positivo esperado para 1982. A partir de 1983 com a recuperação da economia e a consequente expansão das importações o superavit comercial se reduz. Em 1986 o superavit da balança comercial ultrapassa a cada dos US\$ 6 bilhões. A partir de então com a manutenção do ritmo de crescimento das exportações e a redução no crescimento do valor das importações, principalmente de petróleo e trigo, o saldo positivo da balança comercial cresce aproximadamente 40% ao ano.

O saldo em conta corrente se encontra na Tabela 16. Enquanto os pagamentos aos serviços não-fatores têm uma trajetória gradual no decorrer da década de oitenta o valor dos juros incidentes sobre a dívida externa acumulada permanecem praticamente constantes entre 1981 e 1983. Isto pode ser atribuído à redução da taxa de juros externa que é fixada exógenamente. A partir de 1983 os pagamentos de juros assumem uma trajetória ascendente estabilizando novamente somente no final da década.

..... BALANCA COMERCIAL .....  
 (US\$ MILHÕES)

ANO	EXPORTAÇÕES	IMPORTAÇÕES	SALDO
1961	22592.8	22213.4	379.4
1962	28857.3	23175.4	5681.9
1963	30749.3	25176.1	5573.2
1964	32704.7	26559.2	4145.5
1965	36361.5	31793.4	4568.1
1966	41822.7	35029.6	6793.1
1967	48766.6	38267.8	10498.8
1968	56684.7	40748.4	15936.3
1969	65213.5	43437.7	21775.8
1990	74601.4	44971.9	29629.5

TABELA 16

## ..... CONTA CORRENTE .....

(US\$ MILHÕES)

ANO	SALDO DA BALANCA COMERCIAL	SERVICIOS NAU-FATURAS	JUROS DA DIVIDA EXTERNA	SALDO EM CONTA CORRENTE
1981	379.4	-2050.0	10287.9	-12759.1
1982	5681.9	-3215.0	10036.3	-7570.2
1983	5573.2	-3402.9	10913.8	-8803.5
1984	4145.5	-3823.4	11900.1	-11638.0
1985	4002.1	-4247.2	13450.2	-13089.3
1986	6793.1	-4780.5	15136.8	-13104.2
1987	10499.0	-5339.0	16762.0	-11602.6
1988	15936.2	-5901.7	18055.7	-8021.2
1989	21775.8	-6509.1	18645.0	-3378.4
1990	29629.5	-7063.7	18336.8	4229.0

A queda da taxa de juros e o superavit comercial do biênio 1982-83 previstos pelo modelo contribuem para reduzir o deficit em conta corrente em relação ao ano de 1981. O deficit em conta corrente cresce novamente a partir de 1983 atingindo um máximo em 1986 em um nível ligeiramente superior ao observado em 1981. A partir de 1986 o deficit torna a decrescer aceleradamente e em 1990 o modelo prevê um superavit em conta corrente de US\$ 4 bilhões.

A evolução da dívida externa líquida está resumida na Tabela 17. A dívida externa líquida brasileira é crescente até 1988, atingindo US\$ 107 bilhões. A partir de 1989, o modelo prevê um declínio e ao final de 1990, simultaneamente com o superavit em conta corrente, a dívida externa retorna ao nível de 1986 na casa dos US\$ 95 bilhões. O coeficiente da dívida líquida sobre exportações sofre acentuada redução em 1982 pelos motivos acima apontados. Com o aumento do deficit em conta corrente este coeficiente volta a crescer entre 1983 e 1985. A partir de 1986, a relação dívida/exportações se reduz gradualmente atingindo em 1990 o valor de 1,27, que é exatamente a metade do valor previsto pelo modelo para 1981.

As Figuras 23 a 32 detalham as soluções do modelo de otimização representativo do setor energético nacional para o período 1981-1990. Observamos que as importações de petróleo passam neste cenário de 882 a 455 mil barris por dia entre 1981 e 1990. Isto se deve à expansão da oferta de fontes primárias de energia alternativas e ao crescimento da produção doméstica de petróleo.



DIVISA EXTERNA LIQUIDA  
( U S \$ M I L H C E S )

ANU	SALDO EM CENTIMOS CORRIENTE	INVESTIMENTOS	LIVELA EXTERNA LIQUIDA INICIO DO PERIODO	DIVISA EXTERNA LIQUIDA FIM DO PERIODO	LIVELA LIQUIDA SEM REFINANCIAMENTO
961	-12759.1	2310.0	46934.0	57383.1	2.54
962	-7970.2	2552.9	57313.1	62400.4	2.16
963	-6803.5	2621.4	62400.4	66382.4	2.22
964	-11038.0	3116.2	68382.4	76902.3	2.35
965	-13039.3	3440.1	76902.3	85545.5	2.38
966	-13104.2	3606.5	86545.5	95641.1	2.29
967	-11602.6	4209.1	95641.1	103234.6	2.12
968	-6021.2	4651.6	103234.6	106604.0	1.83
969	-3376.4	5141.0	106604.0	104841.4	1.61
970	4225.0	5681.7	104841.4	94930.8	1.27

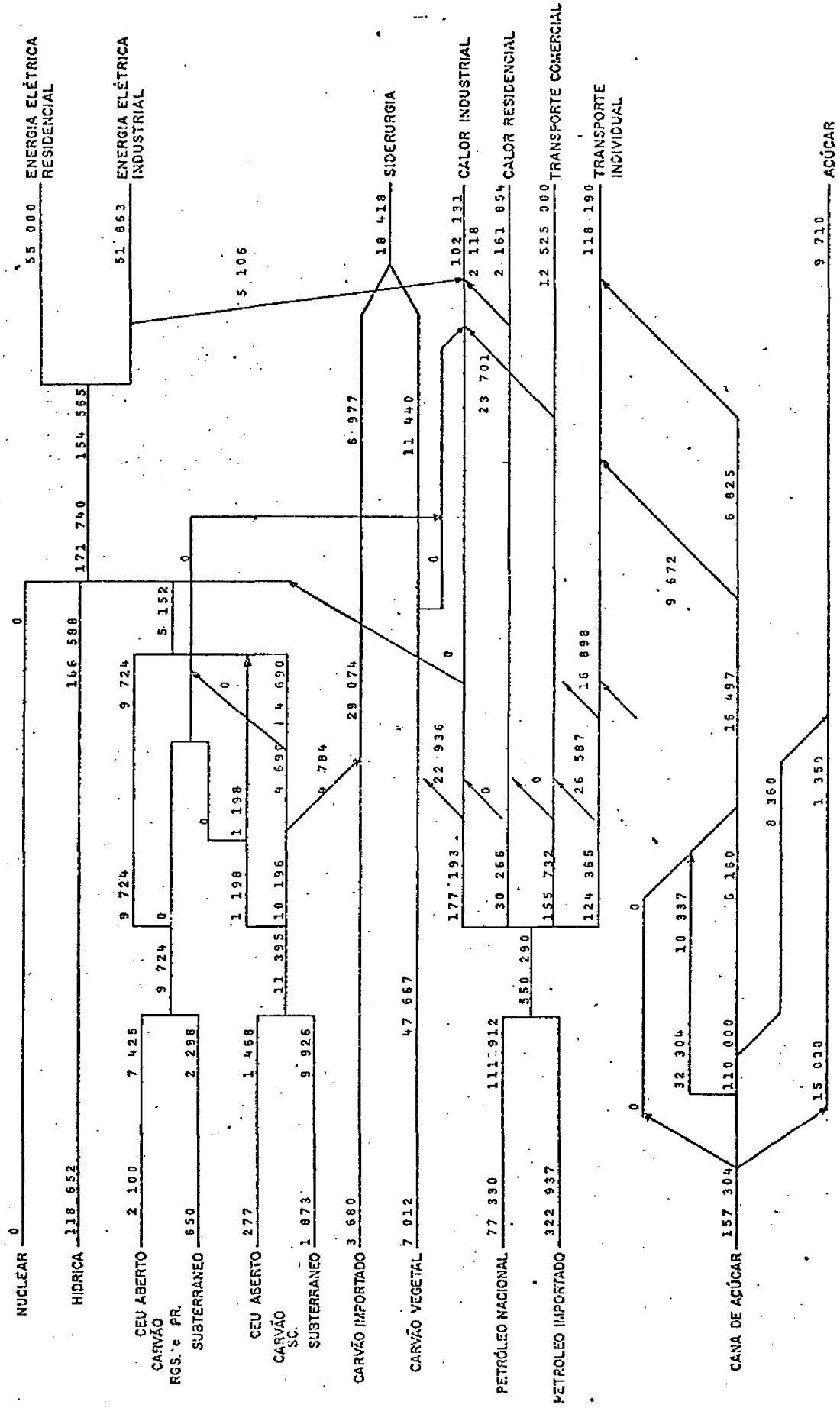


Figura 23  
Simulação I - 1981

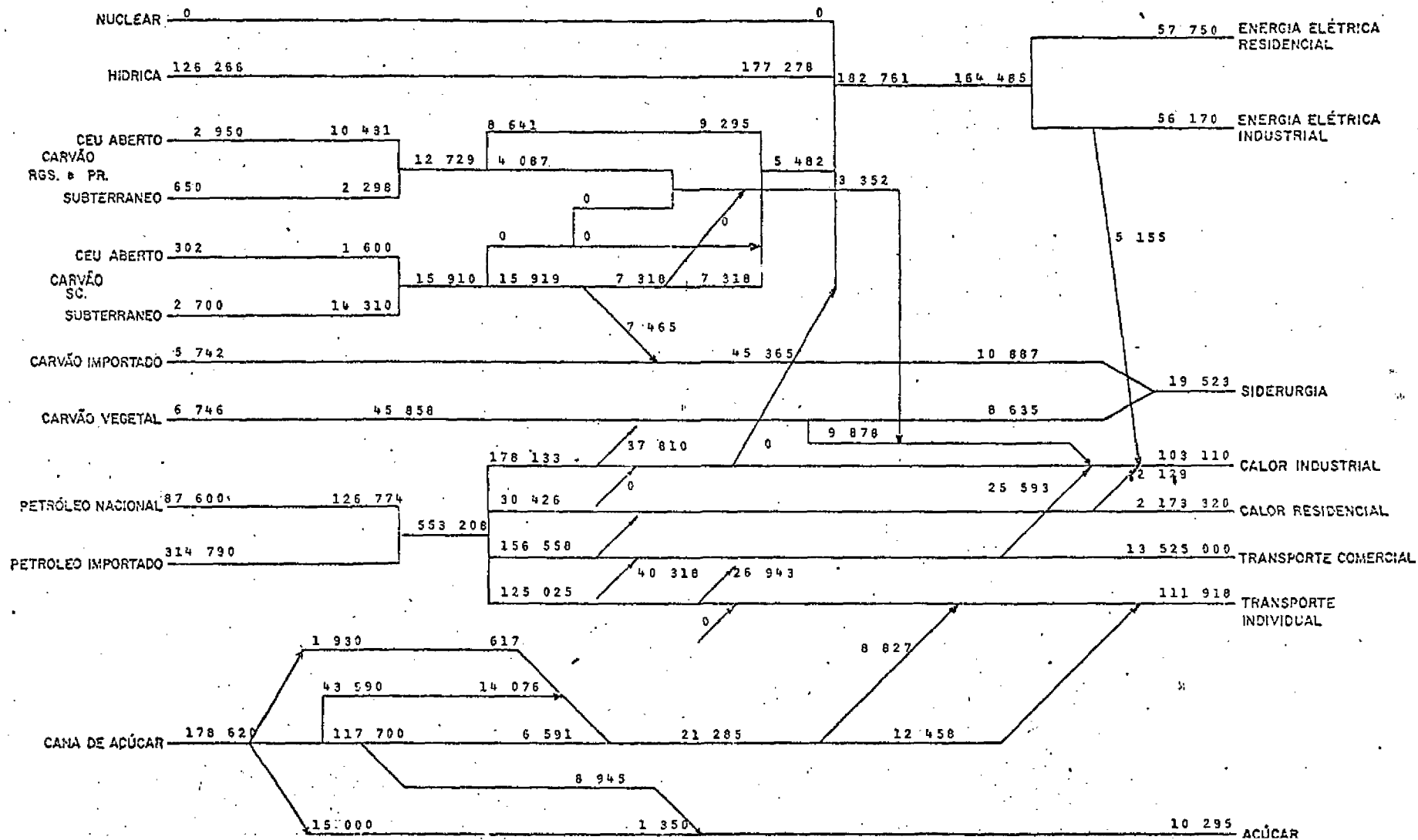


Figura 24  
Simulação I - 1982

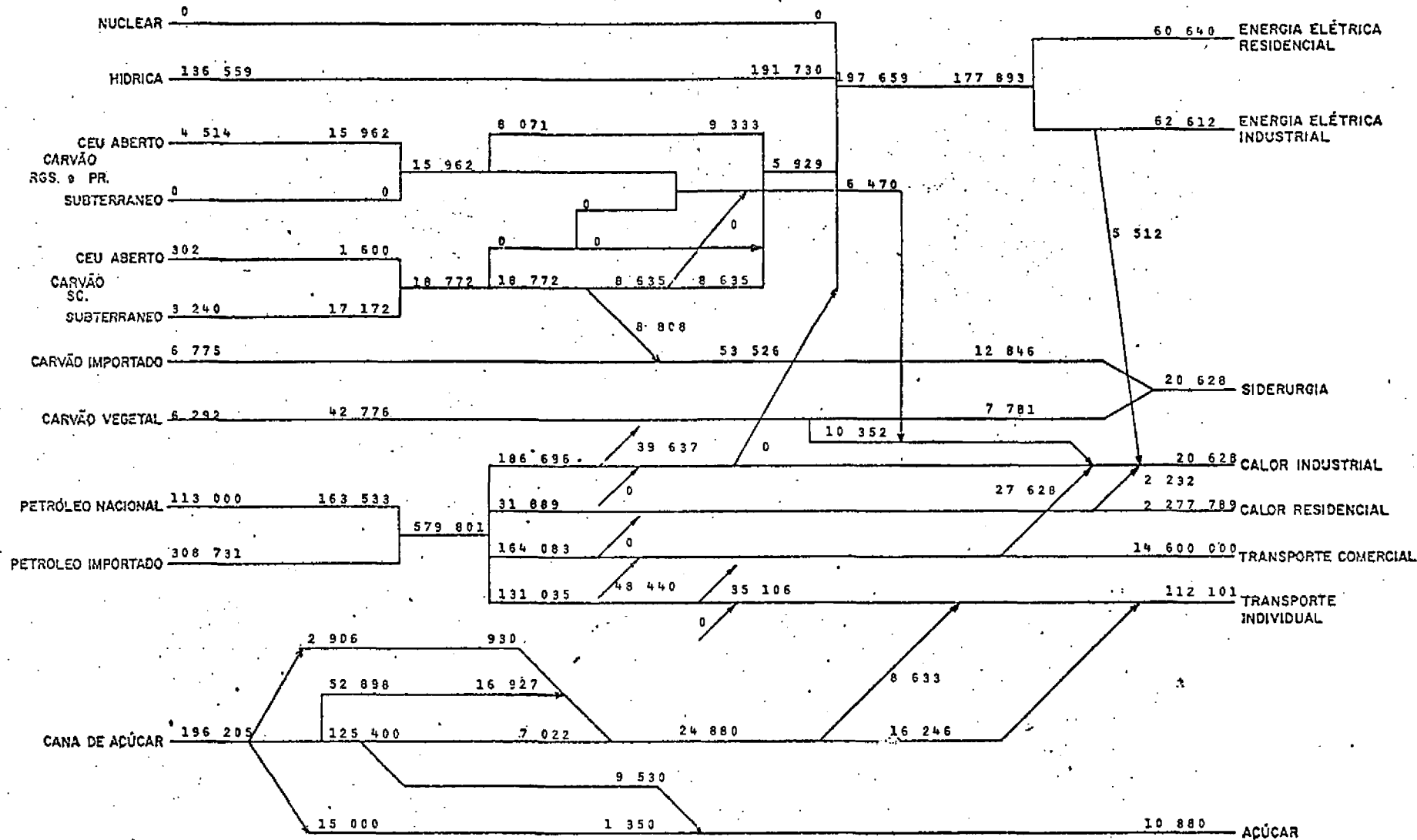


Figura 25  
Simulação I - 1983

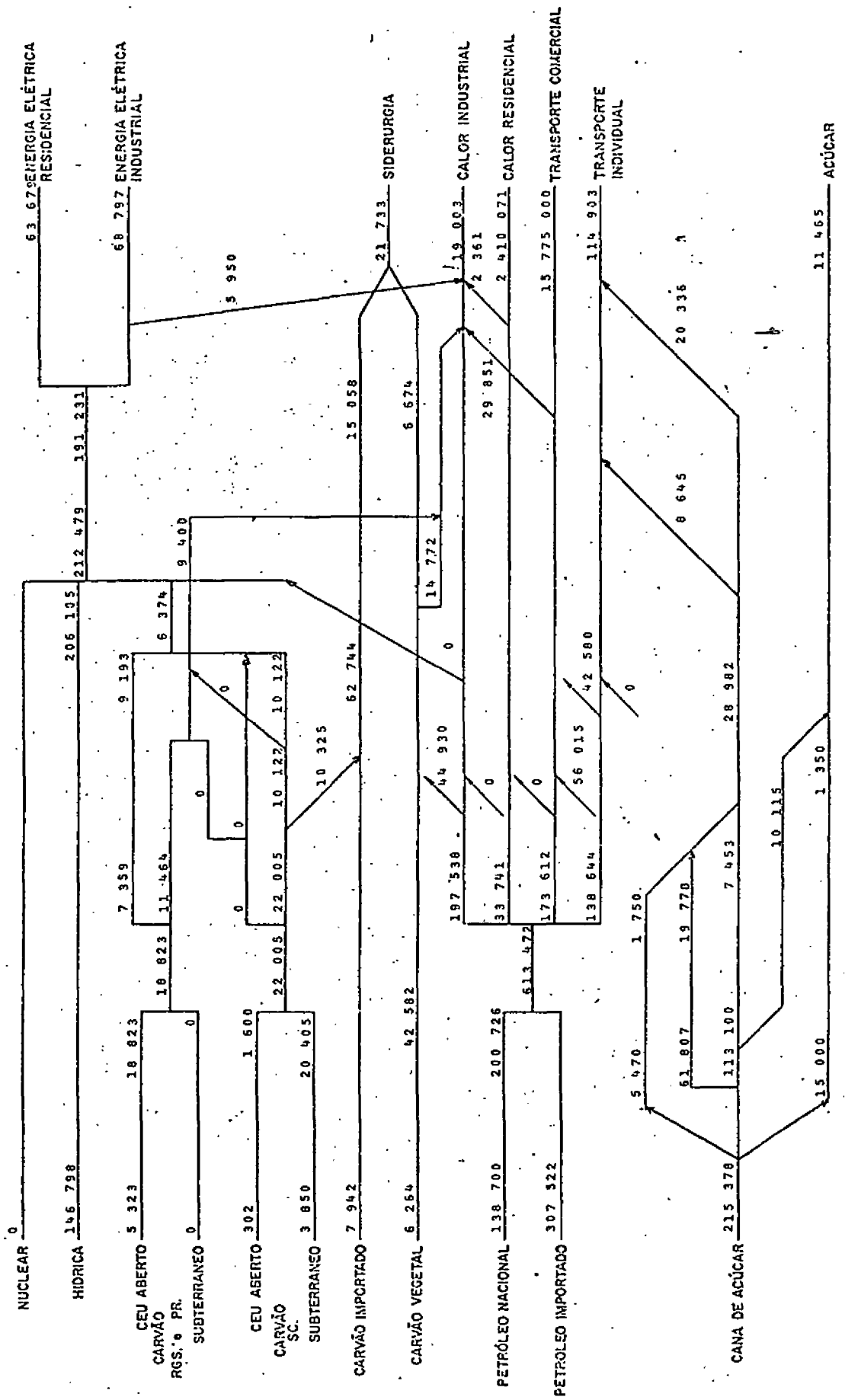


Figura 26  
Simulação I - 1984

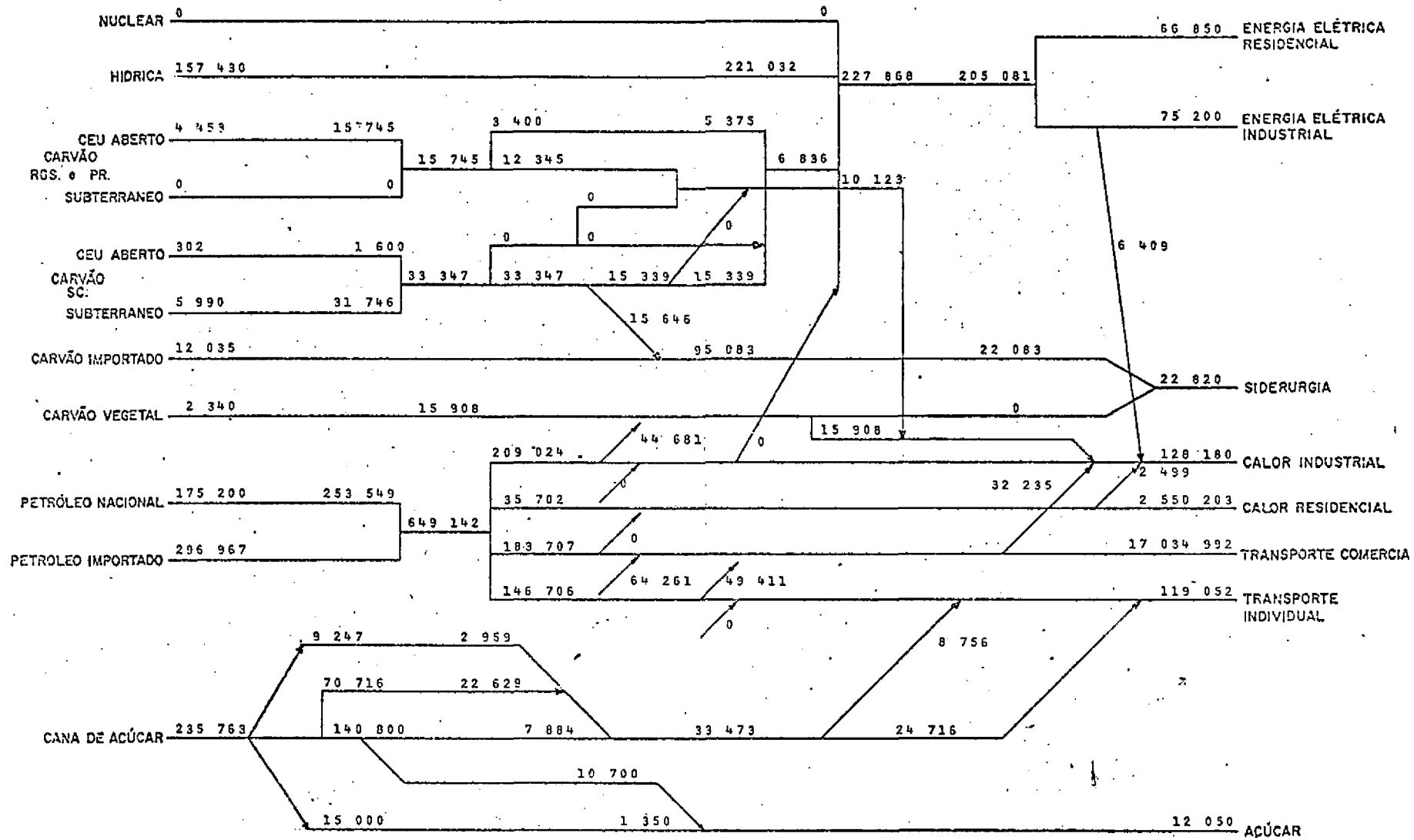


Figura 27  
Simulação I - 1985

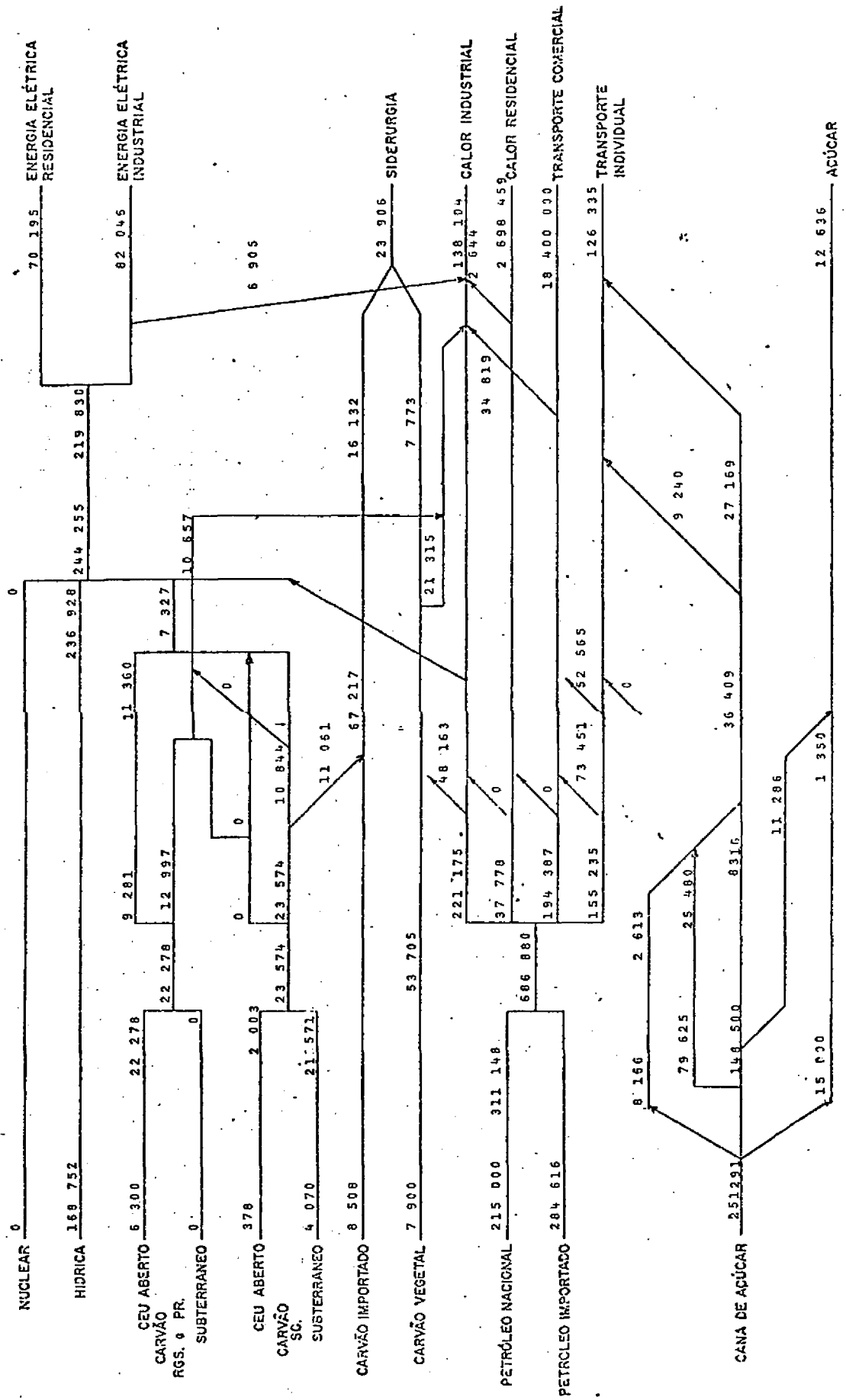


Figura 28  
Simulação I - 1986

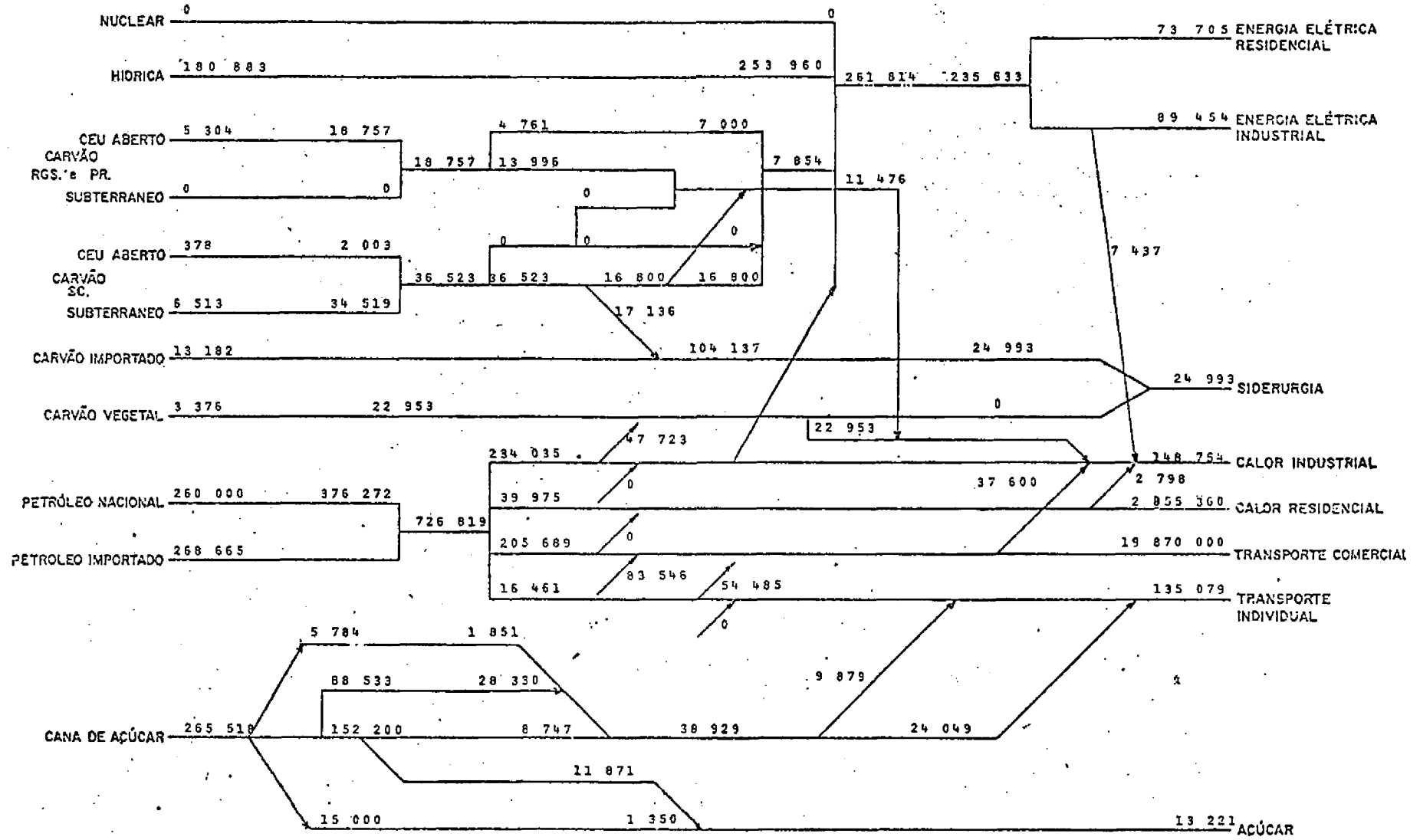


Figura 29

Simulação I - 1987



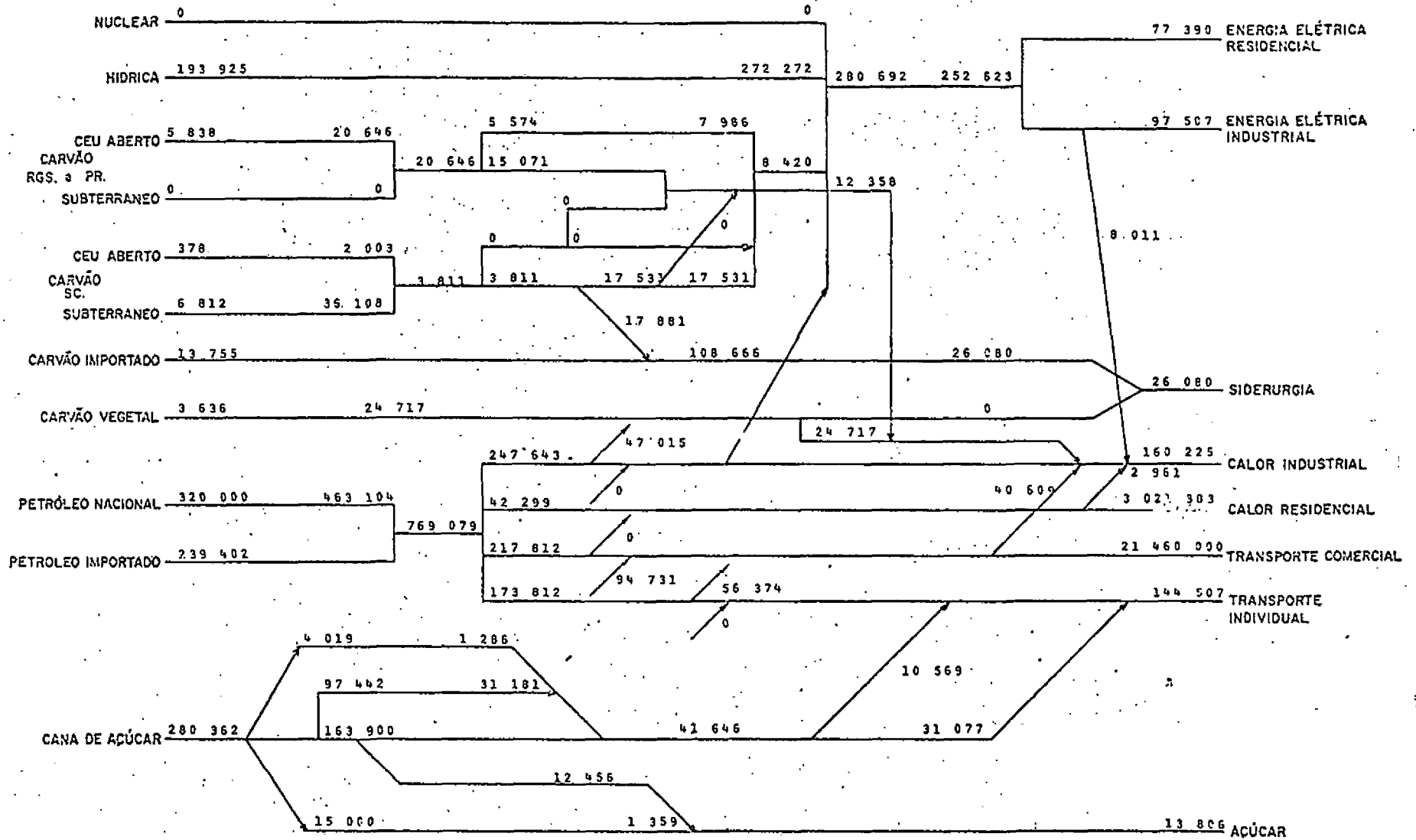


Figura 30

Simulação I - 1988

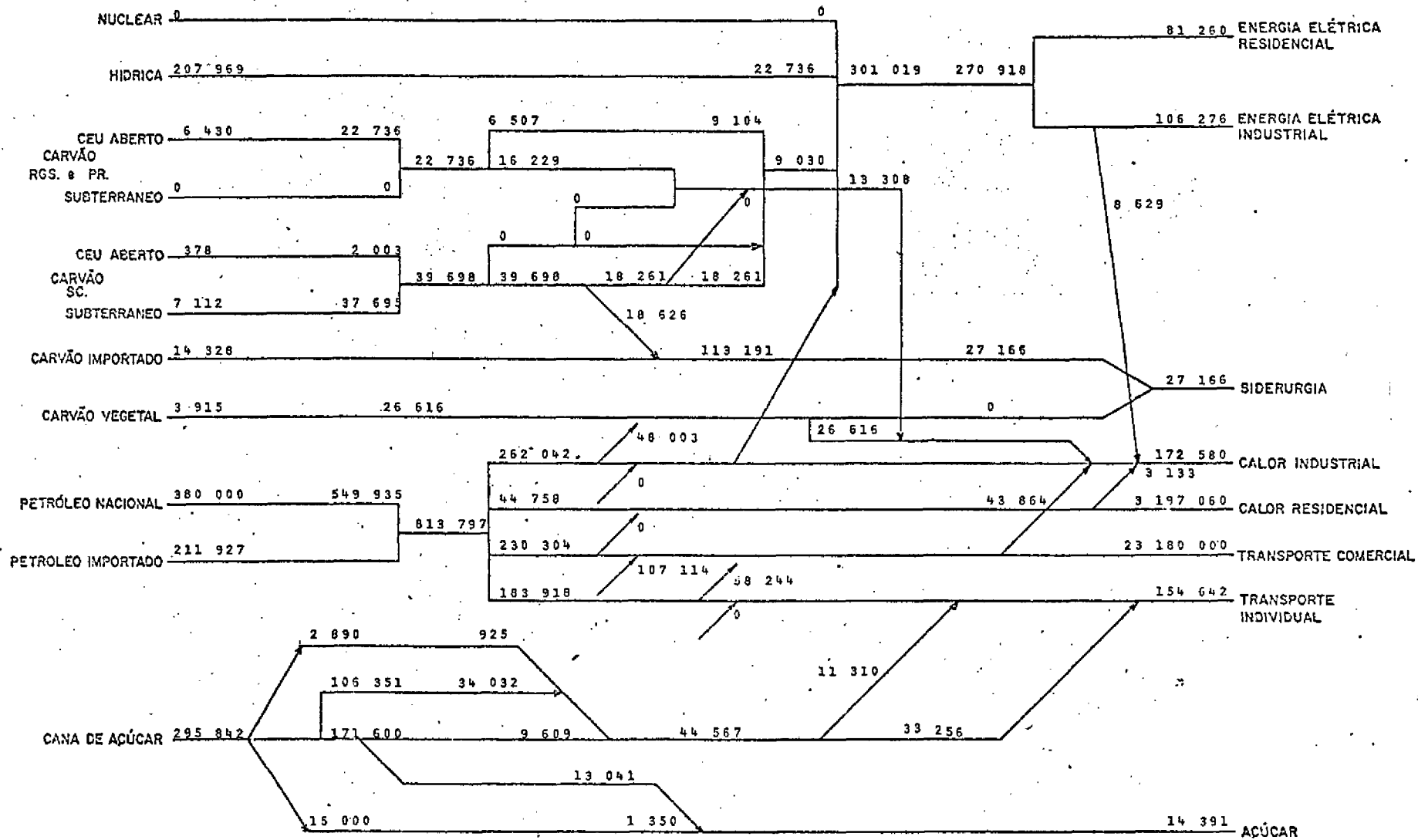


Figura 31  
 Simulação I - 1989

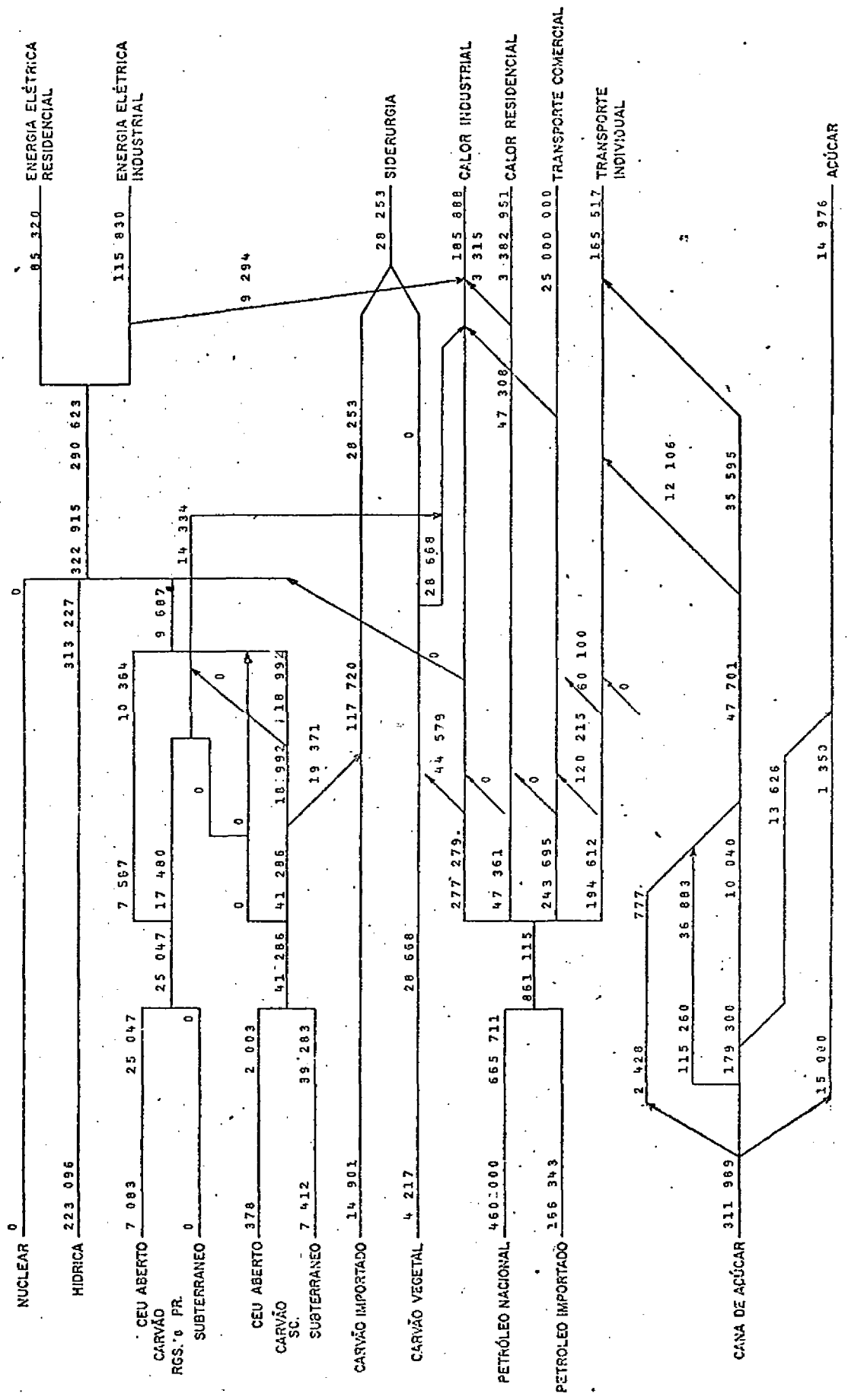


Figura 32

A energia nuclear não é economicamente atrativa no de correr deste horizonte de planejamento. Um excesso de capacidade de menores proporções também se verifica para a geração híbrida de eletricidade. Em ambos os casos o custo de oportunidade se anula em todo o período.

Segundo a Figura 23 o carvão mineral em 1981 é utilizado unicamente na geração termoelétrica e na produção do coque metalúrgico. A partir de 1982, o carvão mineral do RGS e PR é utilizado na geração de calor para a indústria. Com a expansão prevista de capacidade de mineração a céu aberto no RGS e PR, a mineração subterrânea a partir de 1983 se restringe ao estado de Santa Catarina.

Os custos de oportunidade ou preços-sombra de carvão mineral do RGS e do PR se encontram nas Figuras 33 e 34. Observamos que estes se anulam a partir de 1983 com a existência de excesso de capacidade de mineração a céu aberto e subterrânea. As previsões de expansão da capacidade de produção de carvão mineral na Tabela 8 geram um excesso de oferta que se mantém até o final do horizonte de planejamento. Para os carvões de SC, a evolução dos preços-sombra está ilustrada nas Figuras 35 e 36. Notamos que os custos de oportunidade estão também sujeitos a uma tendência declinante na década em virtude de uma excessiva expansão da capacidade de mineração.

Para 1981 a solução ótima do modelo sugerirá a utilização do carvão vegetal exclusivamente na siderurgia. O crescimento da oferta de carvão vegetal a partir de 1982 permite o

Fig. 33 - Custo de Oportunidade do Carvão Mineral - RGS e PR (céu aberto)

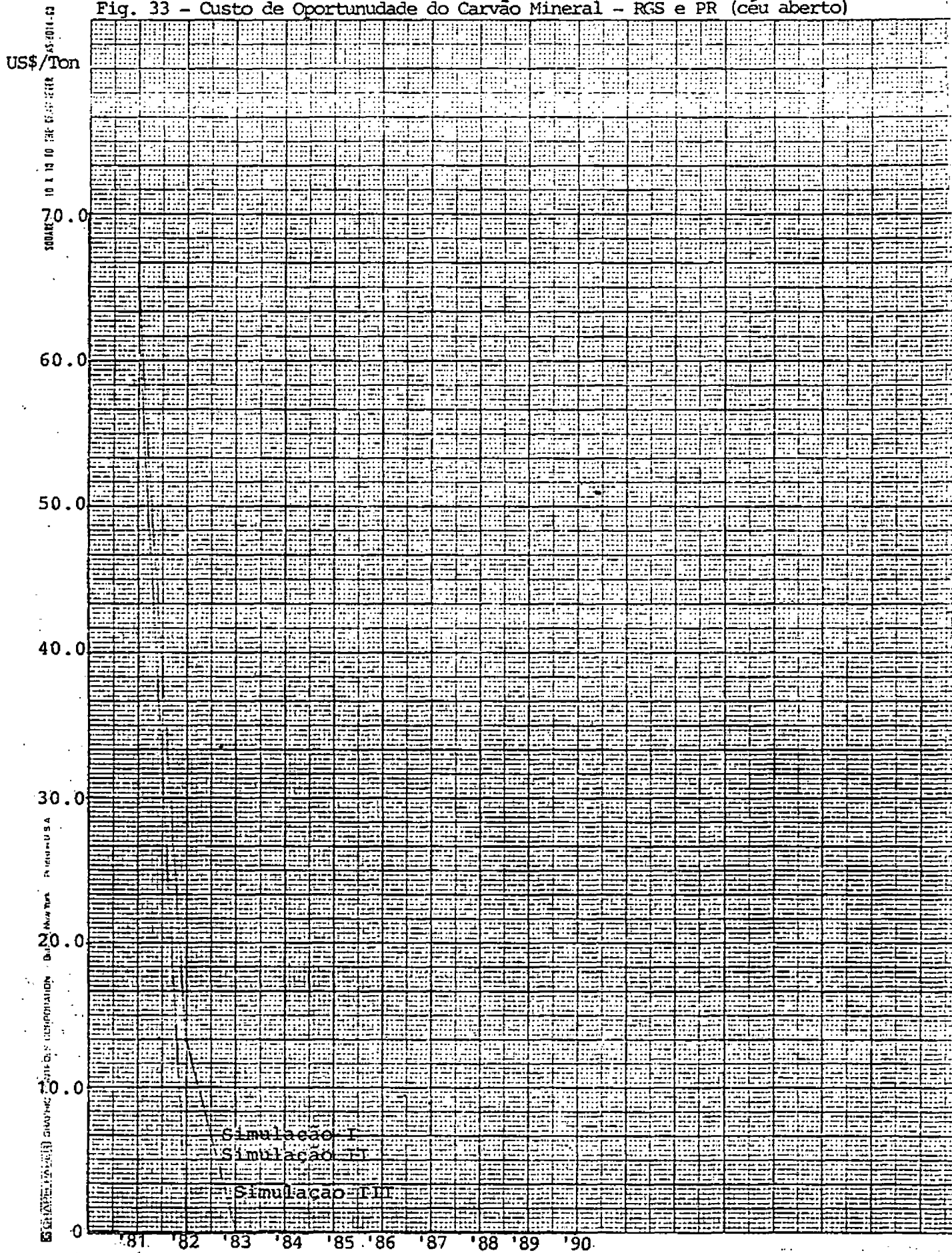


Fig. 34 - Custo de Oportunidade do Carvão Mineral - RGS e PR (subterraneo)

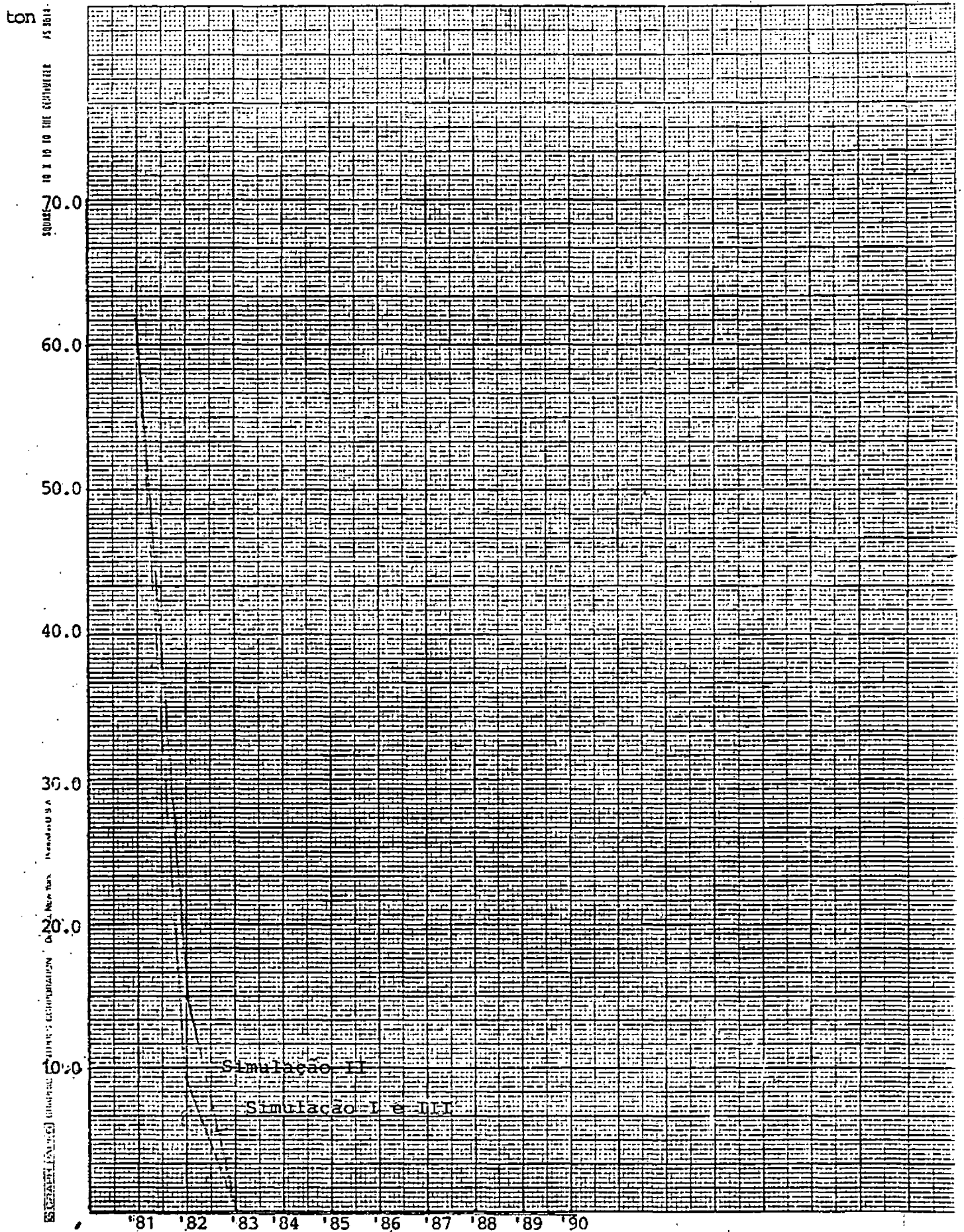


Fig. 35 - Custo de Oportunidade do Carvão Mineral - SC (pôu aberto)

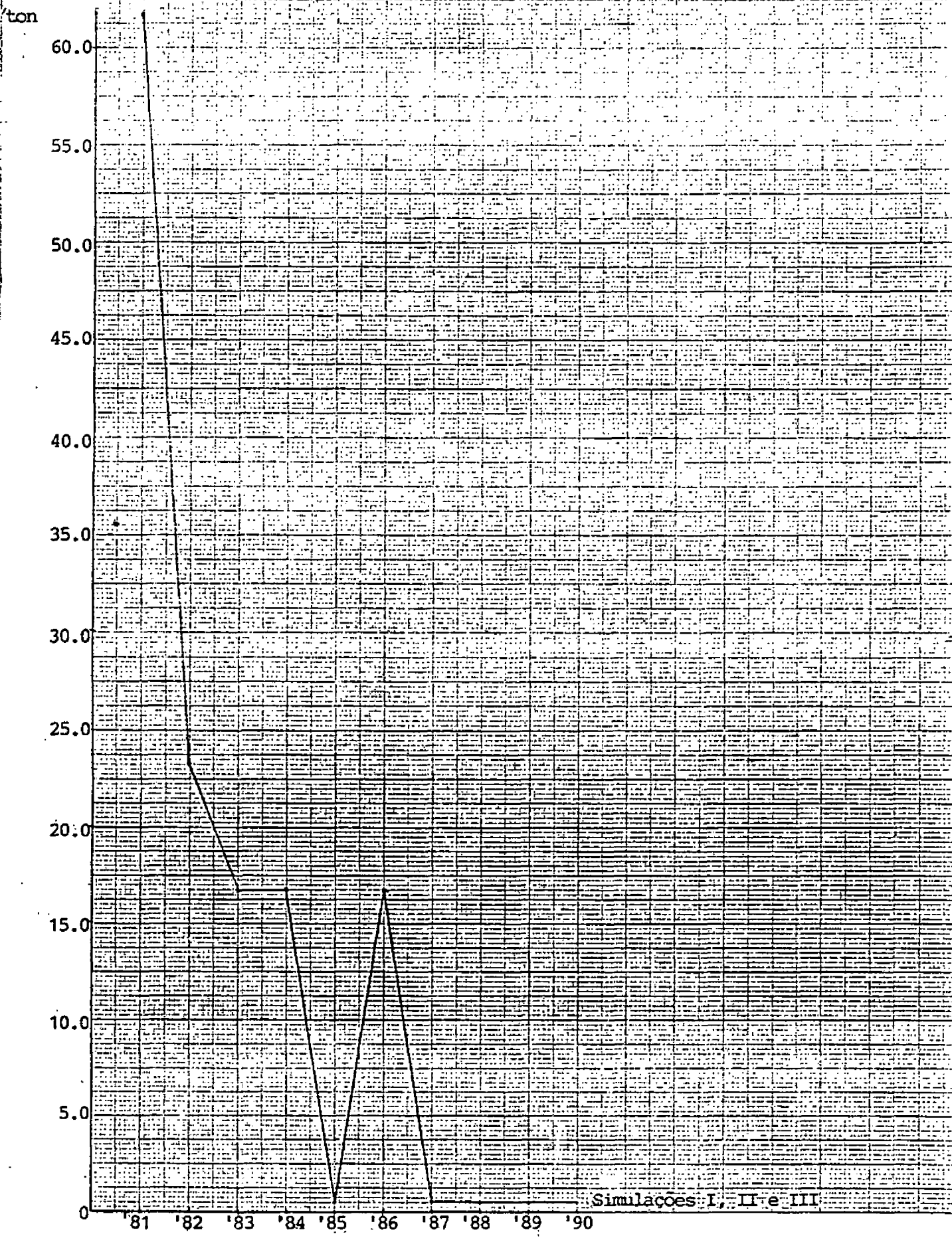
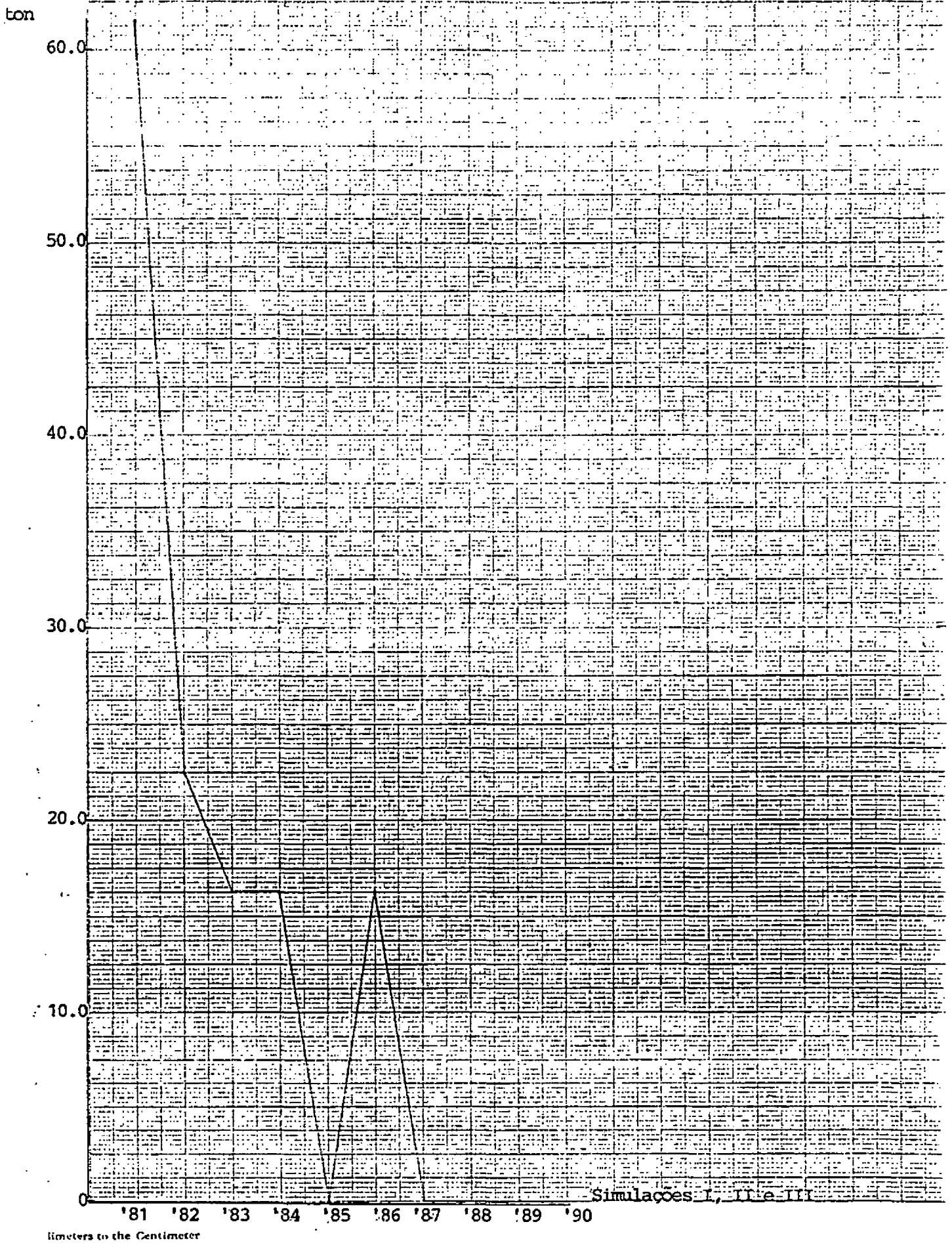


Fig. 36 - Custo de Oportunidades do Caryão Mineral - SC (Subterraneo)



Simulações I, II e III

milímetros para o Centímetro

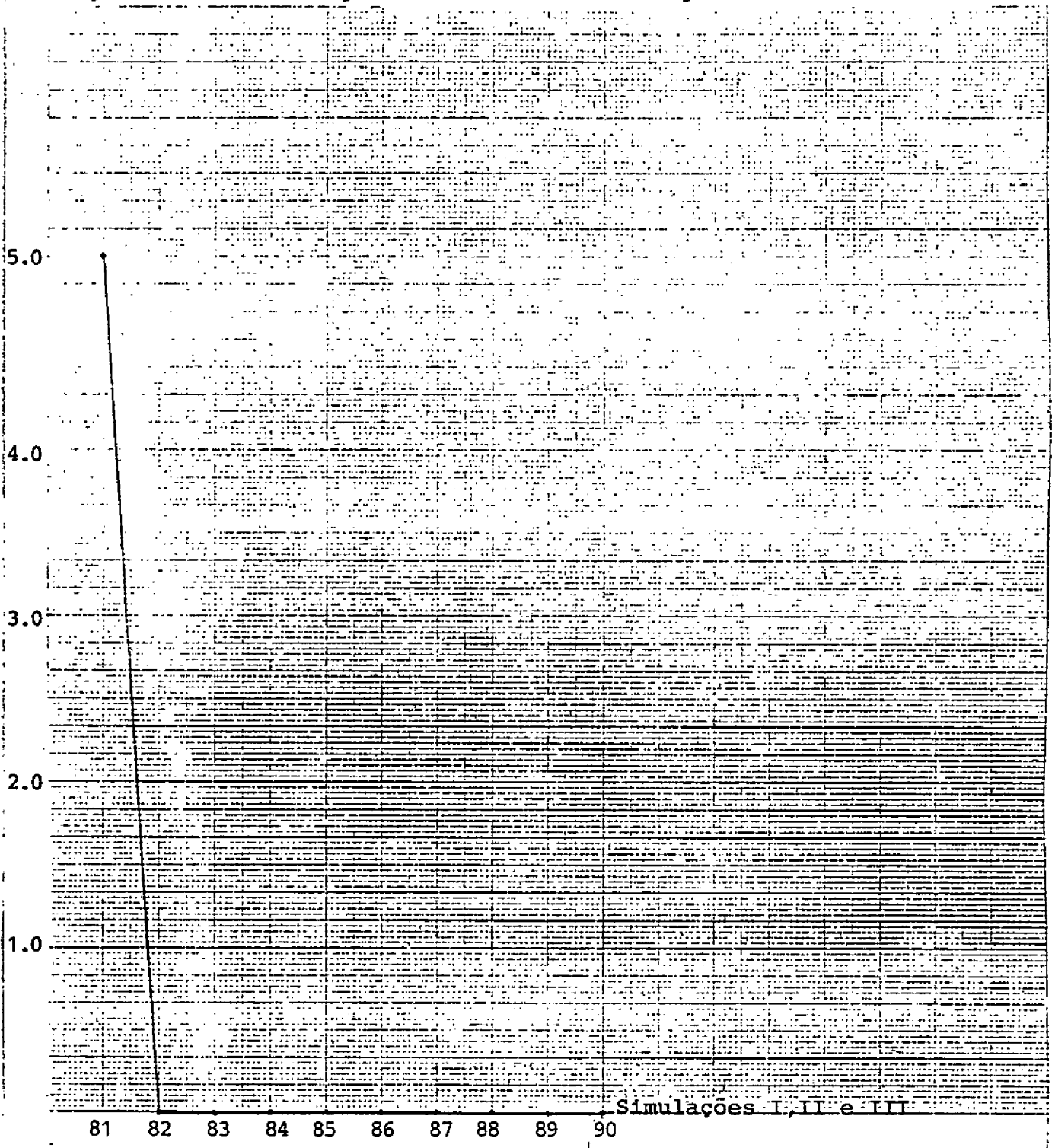


deslocamento de quantidades cada vez maiores para a geração de calor no setor industrial. A demanda siderúrgica se torna crescentemente dependente das importações de carvão mineral e da produção doméstica de carvão metalúrgico. A evolução do custo de oportunidade do carvão vegetal se encontra na Figura 37. Consta-se neste cenário que o custo de oportunidade se anula a partir de 1982 devido a um excesso de oferta de carvão vegetal. A redução do ritmo de crescimento da economia no biênio 1981-82 aliada à expansão da produção fixada exógenamente segundo a Tabela 11, provocam um excesso de oferta de carvão vegetal que permanece até 1990.

Em todo o período o modelo de otimização sugere a exportação de pequenos excedentes de óleo combustível e de gasolina e a importação parcial do óleo diesel. Verifica-se que as importações de petróleo estão diretamente vinculadas à produção do gás liquefeito ao qual não permitimos substitutos e nem tampouco o livre comércio. O óleo combustível no modelo é utilizado em grande parte na geração de calor para a indústria. Embora permitida, não é econômica sua utilização na geração termoelétrica.

A produção de cana-de-açúcar praticamente duplica entre 1981 e 1990. Para o ano de 1981 a cana-de-açúcar é utilizada exclusivamente em usinas de açúcar com e sem destilarias anexas. Já a partir de 1982, a cana-de-açúcar é processada em destilarias autônomas para a produção exclusiva de álcool. A Figura 21 demonstra a evolução do preço real da cana-de-açúcar no período 1981-1990. Observa-se que para estimular a oferta em

Fig. 37 - Custo de Oportunidade do Carvão Vegetal



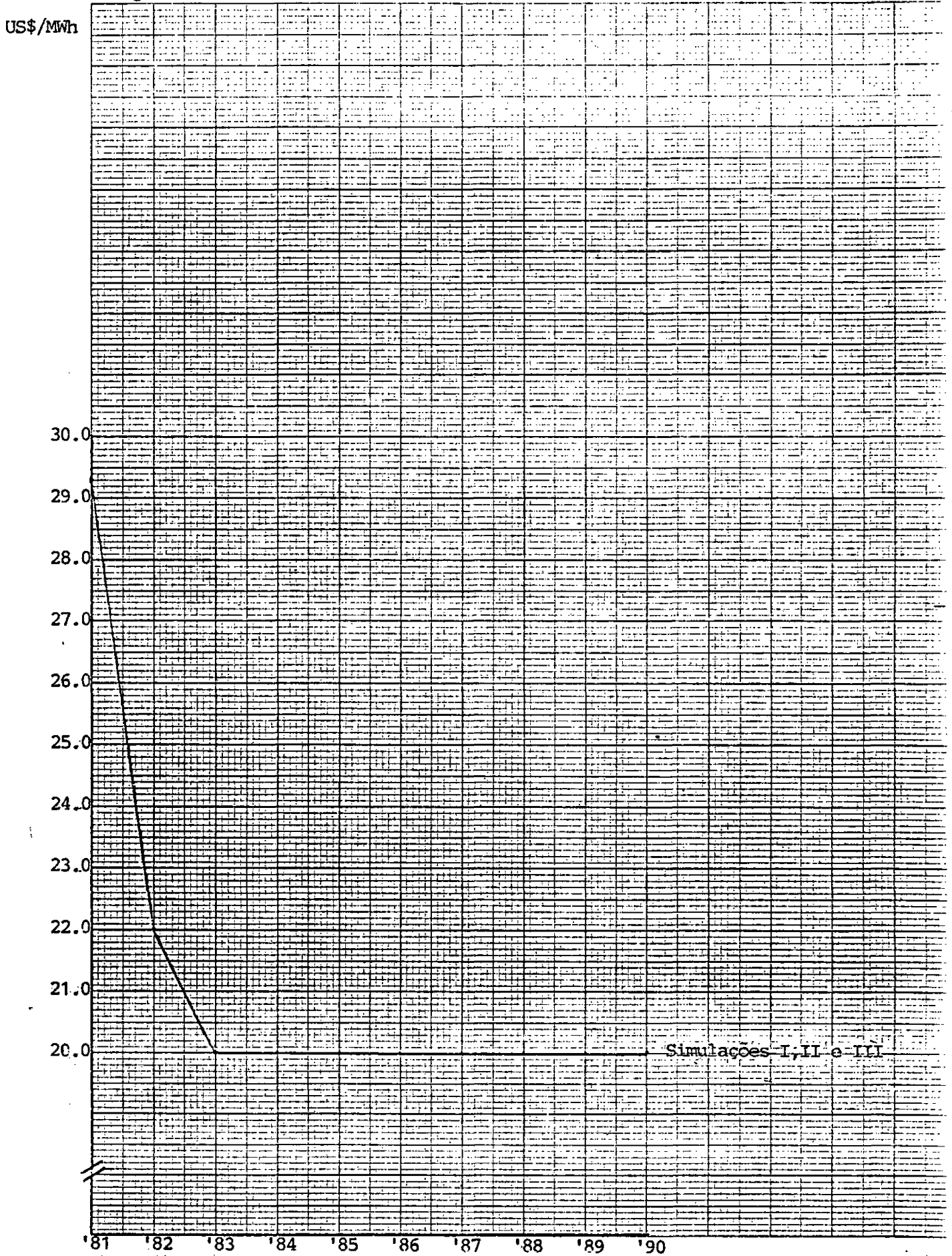
níveis compatíveis com a capacidade de produção de açúcar e álcool, o preço real da cana-de-açúcar aumenta 52% entre 1981 e 1985. Em 1986 o preço real da cana-de-açúcar sofre ligeira queda retomando a tendência ascendente a partir de 1987. Em 1990 o preço de equilíbrio da cana-de-açúcar atinge 22,5 dólares por tonelada.

Na solução ótima o consumo industrial de energia elétrica cresce à taxa média de 9% ao ano. O crescimento do consumo industrial pode ser explicado em parte pela elasticidade-renda da demanda superior à unidade e pela redução de custos na geração da eletricidade permitida pela expansão da oferta da fonte hídrica e do carvão mineral, o que pode ser verificado através da Figura 32.

Neste cenário, o consumo industrial de calor cresce à taxa média de 7% ao ano entre 1981 e 1990. De forma análoga à energia elétrica, a expansão da oferta de carvão mineral e vegetal contribui para uma redução do custo da geração de calor na indústria, ilustrado na Figura 38. Embora o consumo permaneça praticamente inalterado no biênio 1981-82, com a recuperação da economia a partir de 1983, o modelo prevê a retomada do crescimento do consumo a partir desta data.

O consumo ótimo de calor residencial tem crescimento moderado na década apresentando uma taxa média de expansão da ordem de 5% ao ano. A inexistência, na estrutura atual do modelo, de fontes alternativas de geração de calor para o suprimento da demanda residencial, contribui para arrefecer o crescimento

Fig. 38 - Custo Real da Eletricidade Industrial



do consumo com a estabilidade do custo real da produção desta forma final de energia segundo demonstra a a Figura 39 .

O custo de oportunidade na geração de energia para o transporte individual cresce continuamente entre 1981 e 1985, segundo a Figura 40. Esta elevação de custos pode ser atribuída ao aumento da participação do álcool no consumo de energia em transporte individual. Em unidades de energia o consumo de álcool, que em 1981 corresponde a 14% do consumo em transporte individual, atinge a participação de 29% no ano de 1990. O deslocamento da da cana-de-açúcar da produção de açúcar para o álcool parece responsável pela elevação do custo de oportunidade desta forma de energia. Observa-se também nas Figuras 23 a 27 que o consumo de energia em transporte individual se mantém praticamente estagnado entre 1981 e 1985, período no qual o custo real de produção sofre acentuada aceleração. O crescimento de consumo só é retomado a partir de 1986 quando se observa na Figura 40 uma ligeira redução do custo real de produção, que pode ser atribuído ao moderado crescimento do preço da cana-de-açúcar apontado com relação à Figura 21 , e à expansão de capacidade das destilarias para a produção de álcool.

As Figuras 41 a 43 ilustram os resultados da versão atual do modelo para as demandas de energia inelásticas às variações de preços. Neste cenário o preço-sombra do consumo residencial de eletricidade e do consumo de energia em transporte comercial permanecem praticamente inalterados em todo o horizonte de planejamento. No caso do consumo da siderurgia, com a expansão da disponibilidade de fontes primárias, o custo de oportuni

Fig. 39 - Custo Real da Geração de Calor Residencial

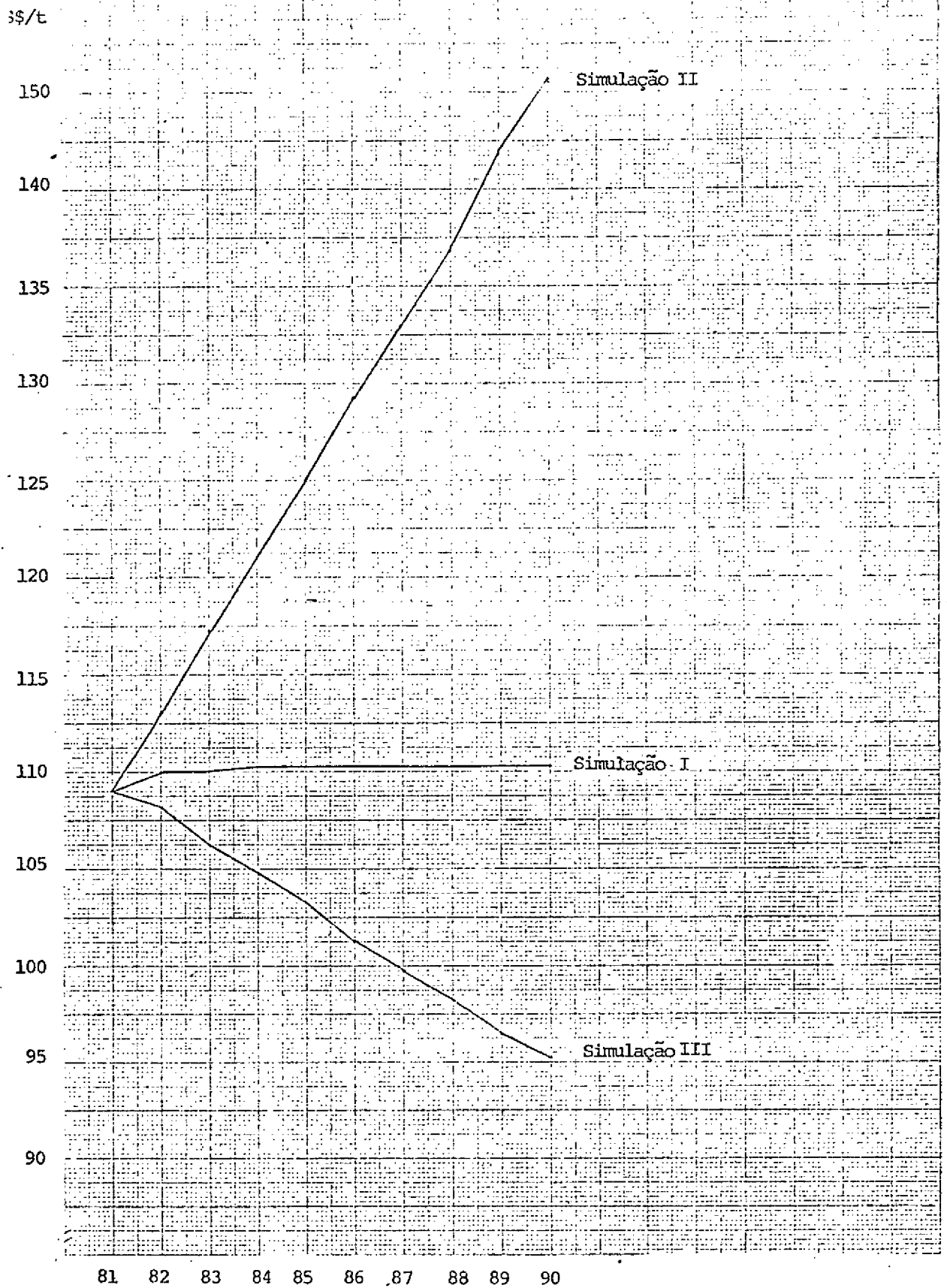


Figura 40- Custo de oportunidade na geração de energia para transporte individual  
 G cal

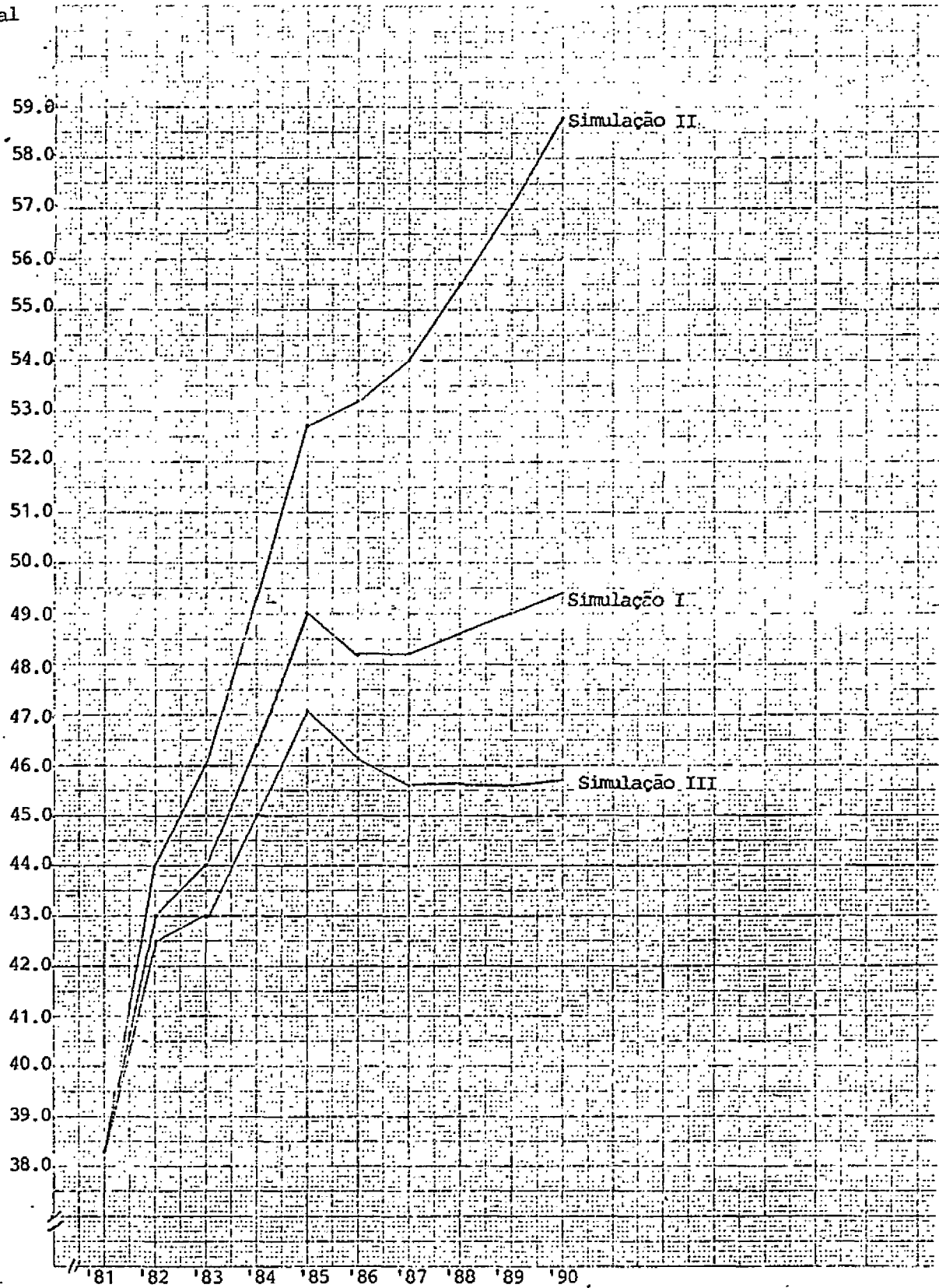


Figura 41 - Custo de oportunidades na geração de energia para transporte comercial.

US\$/barril

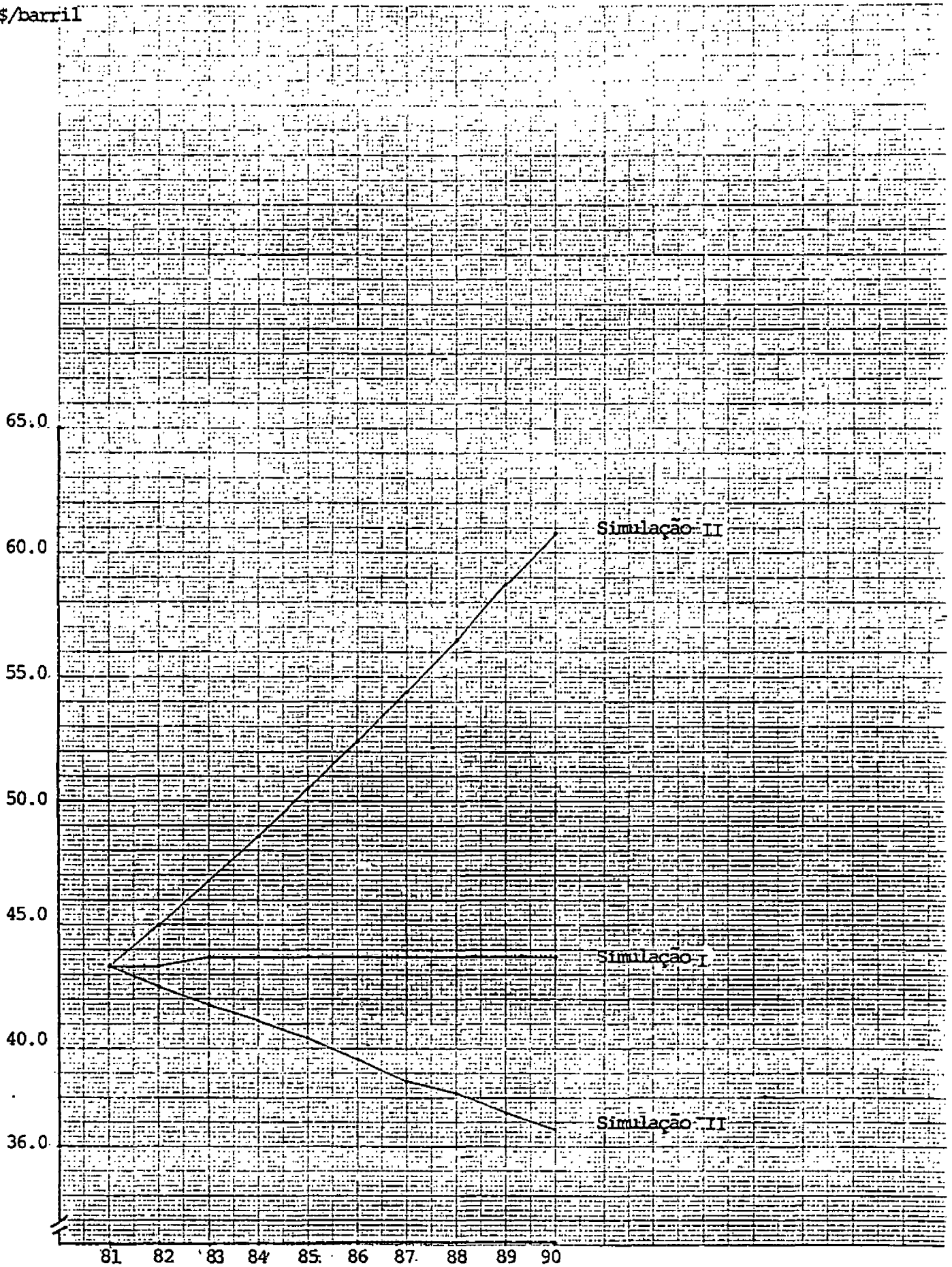




Fig. 42 - Custo de oportunidade na geral de energia para siderurgia.

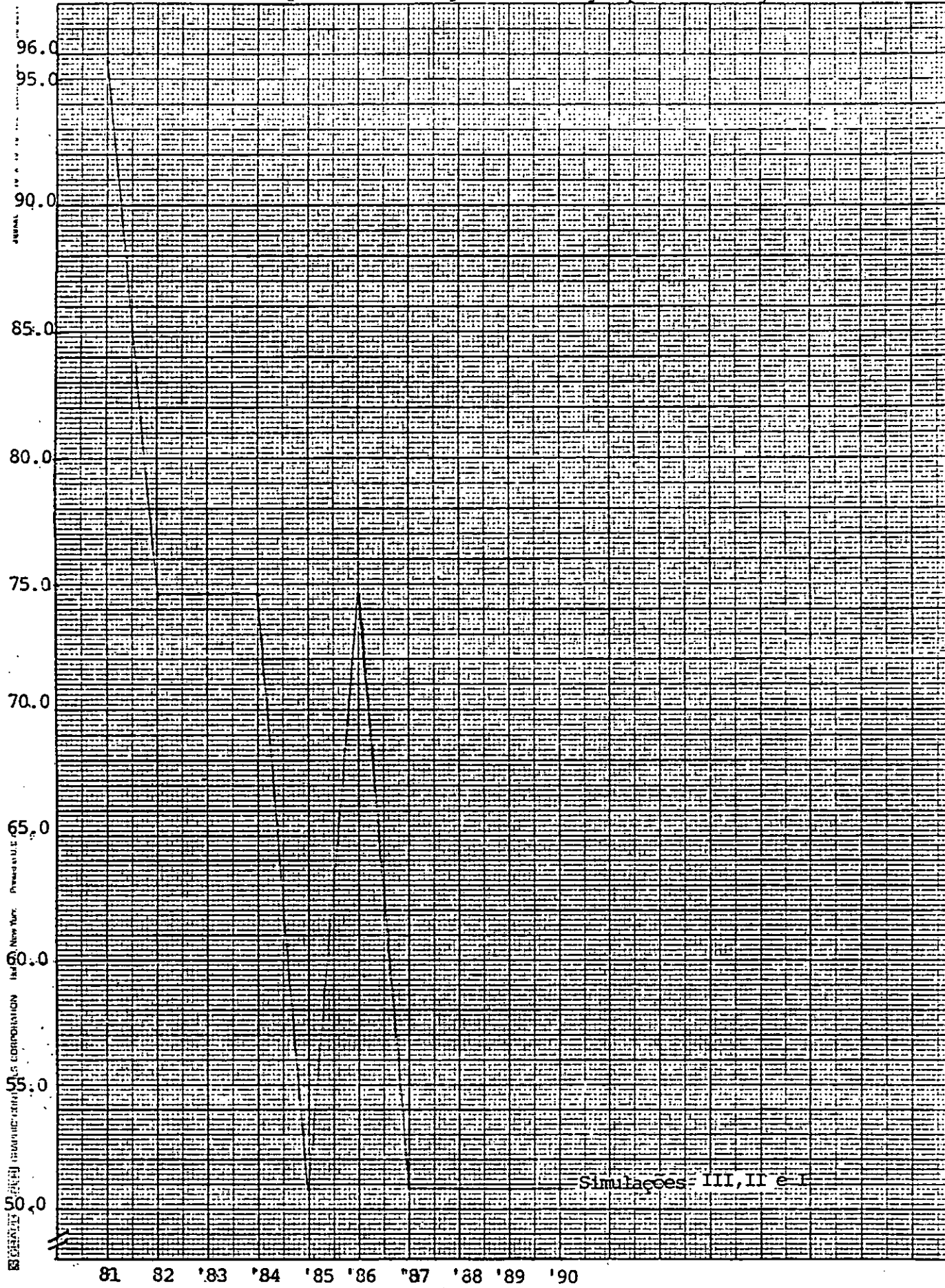
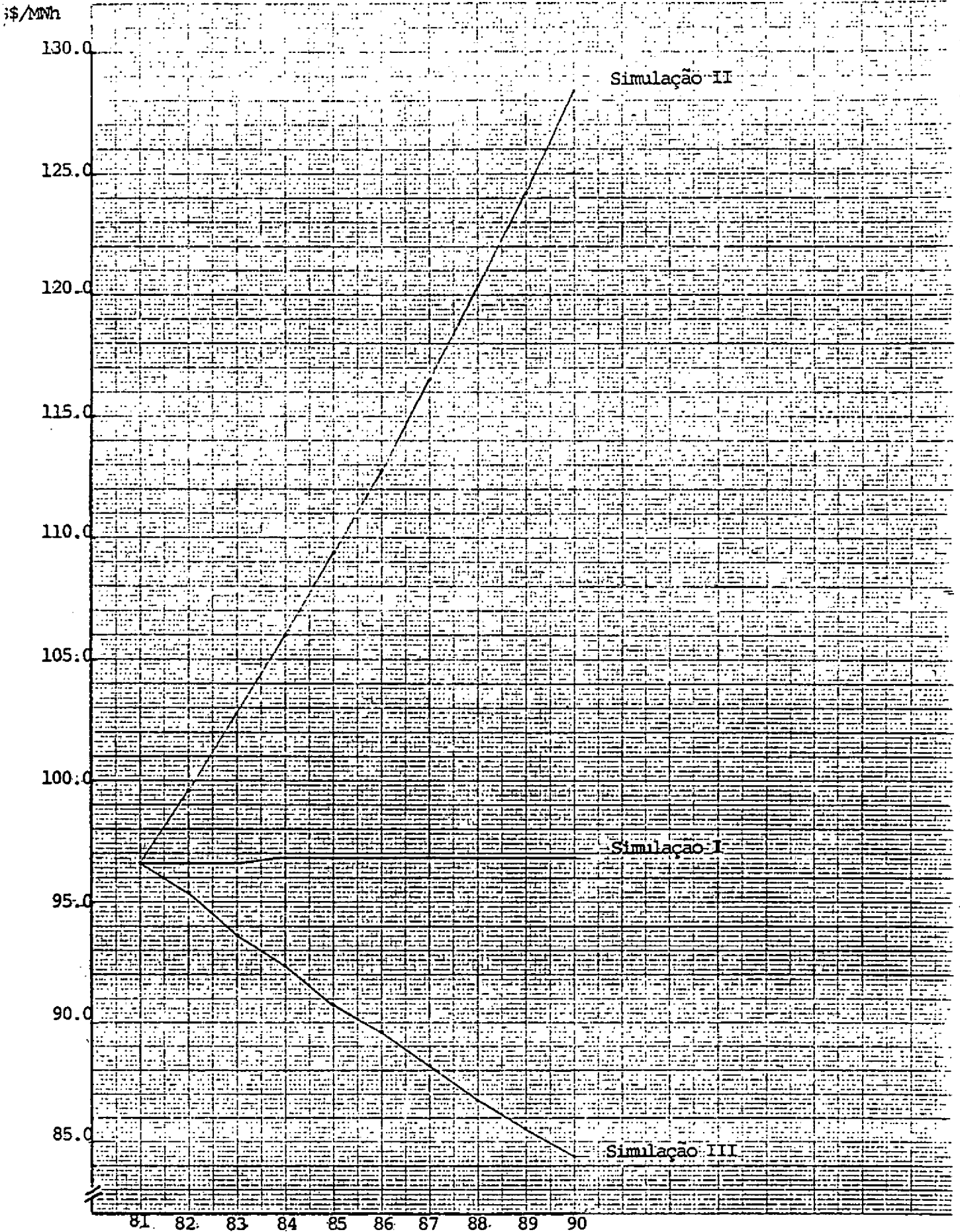


Fig. 43 - Custo de oportunidade na geração de eletricidade residencial



dade da energia se reduz aproximadamente em 50% no prazo de dez anos.

#### V.4.2 - Simulação II: Preço do Petróleo Crescente

A evolução das taxas de crescimento setoriais para este cenário se encontram na Tabela 17. Em contraste com o caso anterior percebe-se que a elevação do preço do petróleo requer uma maior expansão da produção de cana-de-açúcar que, dada a sua participação no produto agrícola, provoca apenas um aumento de décimos de pontos percentuais no crescimento da agricultura.

Com relação às taxas de inflação, o aumento dos preços da cana-de-açúcar em relação à simulação I, que pode ser visualizado através da Figura 21, acelera a inflação dos preços agrícolas no final do período de planejamento. O repasse dos aumentos dos preços agrícolas via salários aos preços industriais assim como o aumento do preço real da energia para a indústria na Figura 22, elevam as taxas de inflação dos preços industriais. Neste cenário, portanto, os preços no atacado estão sujeitos a maiores pressões inflacionárias e como consequência a taxa de inflação no ano 1990 é superior em 20 pontos percentuais ao caso anterior (tabelas 12 e 18). As mesmas críticas com relação às hipóteses básicas do modelo quanto à queda da produção agrícola e à política de quotas de contribuição, são válidas neste caso.

Embora ao final da década os valores das importações de petróleo praticamente coincidam nos dois cenários, as trajetórias

TAXAS DE CRESCIMENTO SETORIAIS  
(%)

ANO	INDUSTRIA	AGRICULTURA	PRODUTO
1981	-6.1	6.3	-3.6
1982	2.3	-7.3	0.5
1983	4.7	5.3	4.9
1984	5.9	5.4	5.8
1985	6.8	1.6	5.8
1986	7.1	0.2	5.8
1987	6.7	2.1	5.8
1988	6.3	3.8	5.8
1989	6.1	4.6	5.8
1990	6.1	4.7	5.8

TABELA 18

## TAXAS DE INFLAÇÃO

( % )

ANO	PREÇOS INDUSTRIAIS	PREÇOS AGRÍCOLAS	PREÇOS NO ATACADO (DISPONIBILIDADE INTERNA)
1981	96.78	102.63	90.79
1982	115.58	169.17	125.87
1983	129.70	136.35	131.02
1984	127.48	117.64	125.38
1985	124.98	119.47	123.81
1986	127.68	131.12	128.40
1987	137.74	151.71	140.00
1988	152.12	170.37	155.64
1989	166.25	181.74	169.43
1990	177.58	187.99	179.74

as são distintos. Isto pode ser percebido através da comparação das Tabelas 13 e 19. Os gastos com importações de petróleo atingem um máximo também no ano de 1987 adicionando aproximadamente US\$ 2 bilhões à conta-petróleo. Como consequência do aumento do preço do petróleo as importações atingem a casa dos US\$ 40 bilhões já em 1987.

O impacto do aumento do preço do petróleo sobre as exportações é quase nulo. Percebe-se, através das Tabelas 14 e 20, que as exportações de minérios, de produtos industrializados e de açúcar não se alteram. O único efeito que se observa é um eventual deslocamento das lavouras de outros exportáveis pela cana-de-açúcar. Ainda que pequeno o efeito da substituição de culturas, as previsões do modelo parecem sugerir que a redução da oferta provoca um aumento mais do que proporcional no preço em dólar das exportações primário-agrícolas. A receita cambial com exportáveis agrícolas é, portanto, neste cenário ligeiramente superior à prevista no caso de constância do preço internacional do petróleo.

Com o aumento dos gastos com importações de petróleo o saldo da balança comercial, ainda que positivo em toda a década não se mostra tão favorável quanto no caso anterior. A evolução do superavit da balança comercial é detalhada na Tabela 21. No período 1984-1987 o preço do petróleo crescente implica em um custo de aproximadamente US\$ 1,5 bilhão em termos de superavit comercial em relação à simulação I. A evolução do saldo em conta corrente na Tabela 22 também reflete o efeito da elevação real do preço do petróleo. O deficit em conta corrente atinge US\$ 15,8 bilhões em 1986 em contraste com US\$ 13,1 bilhões

TABELA 19

.....  
 I M P O R T A C O E S  
 (US\$ MILHOES)  
 .....

ANO	PETROLEO	TRIGO	OUTRAS	TOTAL
1981	10886.2	812.9	10514.3	22213.4
1982	11976.8	991.7	10510.9	23481.4
1983	13242.2	809.0	11774.2	25825.4
1984	14845.8	1236.2	13523.3	29605.2
1985	16082.8	1556.4	15535.8	33175.0
1986	17228.5	1714.6	17852.1	36795.2
1987	18077.3	1675.9	20518.5	40271.7
1988	17658.1	1364.2	23538.6	42611.0
1989	16883.6	867.9	27124.3	44875.7
1990	13492.5	340.7	31196.9	45030.2

TABELA 20

## EXPORTAÇÕES

(US\$ MILHÕES)

ANO	EXTRATIVA MINERAL	PRODUTOS PRIMÁRIOS	INDÚSTRIA (EXCLUSIVO AÇÚCAR)	AÇÚCAR	TOTAL
1981	2095.8	8350.3	12632.8	1513.8	22592.8
1982	2660.4	9136.1	15178.6	1861.9	28657.3
1983	3313.1	7706.7	17522.7	2203.6	30746.1
1984	3992.7	5906.6	20228.6	2574.6	32702.5
1985	4763.5	5261.0	23352.4	2989.3	36366.2
1986	5694.4	5735.2	26958.5	3452.7	41840.8
1987	6657.0	6856.3	31121.5	3989.4	48604.3
1988	8314.8	7957.8	35927.4	4545.0	56744.9
1989	10121.2	8506.3	41475.3	5185.8	65290.7
1990	12327.8	8585.5	47880.1	5896.7	74690.1



TABELA 21

.....  
 BALANCA COMERCIAL  
 (US\$ MILHOES)  
 .....

ANO	EXPORTACOES	IMPORTACOES	SALDO
1981	22592.8	22213.4	379.4
1982	28857.3	23481.4	5375.6
1983	30746.1	25825.4	4920.7
1984	32702.6	29605.2	3097.4
1985	36366.2	33175.0	3191.2
1986	41840.8	36795.2	5045.6
1987	46804.3	40271.7	6532.6
1988	56744.9	42611.0	14133.9
1989	65290.7	44875.7	20414.9
1990	74690.1	45030.2	29659.9

## C O N T A C O R R E N T E

(US\$ MILHÖES)

ANO	SALDO DA BALANCA COMERCIAL	SERVICIOS NAD-FATORES	JUNOS DA DIVIDA EXTERNA	SALDO EM CONTA CORRENTE
1981	579.4	-2850.6	10287.9	-12759.1
1982	5379.8	-3240.2	10036.3	-7900.7
1983	4920.7	-3514.7	10971.6	-9565.6
1984	3097.4	-3907.0	12151.2	-12960.6
1985	3191.2	-4361.2	13072.7	-15042.6
1986	5045.6	-4902.6	15900.9	-15757.5
1987	6532.6	-5501.0	17590.6	-14959.3
1988	14133.9	-6053.4	19871.1	-11790.6
1989	20414.9	-6627.7	21119.6	-7332.4
1990	29659.9	-7072.5	21502.9	1064.6

do caso anterior. A conta corrente também se torna superavitária em 1990. Este superavit de US\$ 1,1 bilhão é consideravelmente inferior ao previsto com o preço do petróleo constante em termos reais.

A dívida externa líquida acumulada no período se encontra na Tabela 23. Em contraste com o caso anterior a dívida externa é crescente até 1989 quando atinge US\$ 123 bilhões. Isto representa neste ano um adicional de dívida acumulada de aproximadamente US\$ 18 bilhões em relação ao cenário descrito anteriormente. A relação dívida líquida sobre exportação de 2,5 em 1985 é praticamente idêntica ao valor previsto para 1981.

As Figuras 44 a 53 retratam os fluxos de energia que resultam da minimização de custos para o setor energético na década de oitenta. Observa-se que, partindo de 882 mil barris por dia em 1981, as importações de petróleo se reduzem a 337 mil barris por dia em 1990. Isto representa uma redução adicional de 25% no volume importado em 1990 em relação ao cenário anterior.

A produção de cana-de-açúcar neste caso aumenta de.... 157.303 mil toneladas em 1981 para 300.131 mil toneladas em 1990. A evolução do preço real da cana-de-açúcar pode ser contrastada com o caso anterior através da Figura 21.

O crescimento do preço do petróleo é percebido também no consumo de calor do setor industrial, que é 10% inferior no ano de 1990 em relação ao cenário anterior, contrastando-se as Figuras 32 e 53. O custo real da geração de calor também reflete o aumento do

TABELA 23

..... DIVIDA EXTERNA LIQUIDA .....

( U S \$ M I L H O E S )

.....

ANO	SALDO EM CONTA CORRENTE	INVESTIMENTOS	DIVIDA EXTERNA LIQUIDA INICIO DO PERIODO	DIVIDA EXTERNA LIQUIDA FIM DO PERIODO	DIVIDA LIQUIDA SOBRE EXPORTAÇÃO
1981	-12759.1	2310.0	46934.0	57383.1	2.54
1982	-7900.7	2552.9	57383.1	62730.9	2.17
1983	-9505.0	2621.4	62730.9	69475.1	2.26
1984	-12900.8	3118.2	69475.1	79317.7	2.43
1985	-15042.0	3440.1	79317.7	90914.2	2.50
1986	-15757.9	3808.5	90914.2	102863.6	2.46
1987	-14959.3	4209.1	102863.6	113813.8	2.33
1988	-11750.6	4051.8	113813.8	120752.6	2.13
1989	-7332.4	5141.0	120752.6	122944.0	1.88
1990	1084.0	5881.7	122944.0	118177.8	1.56

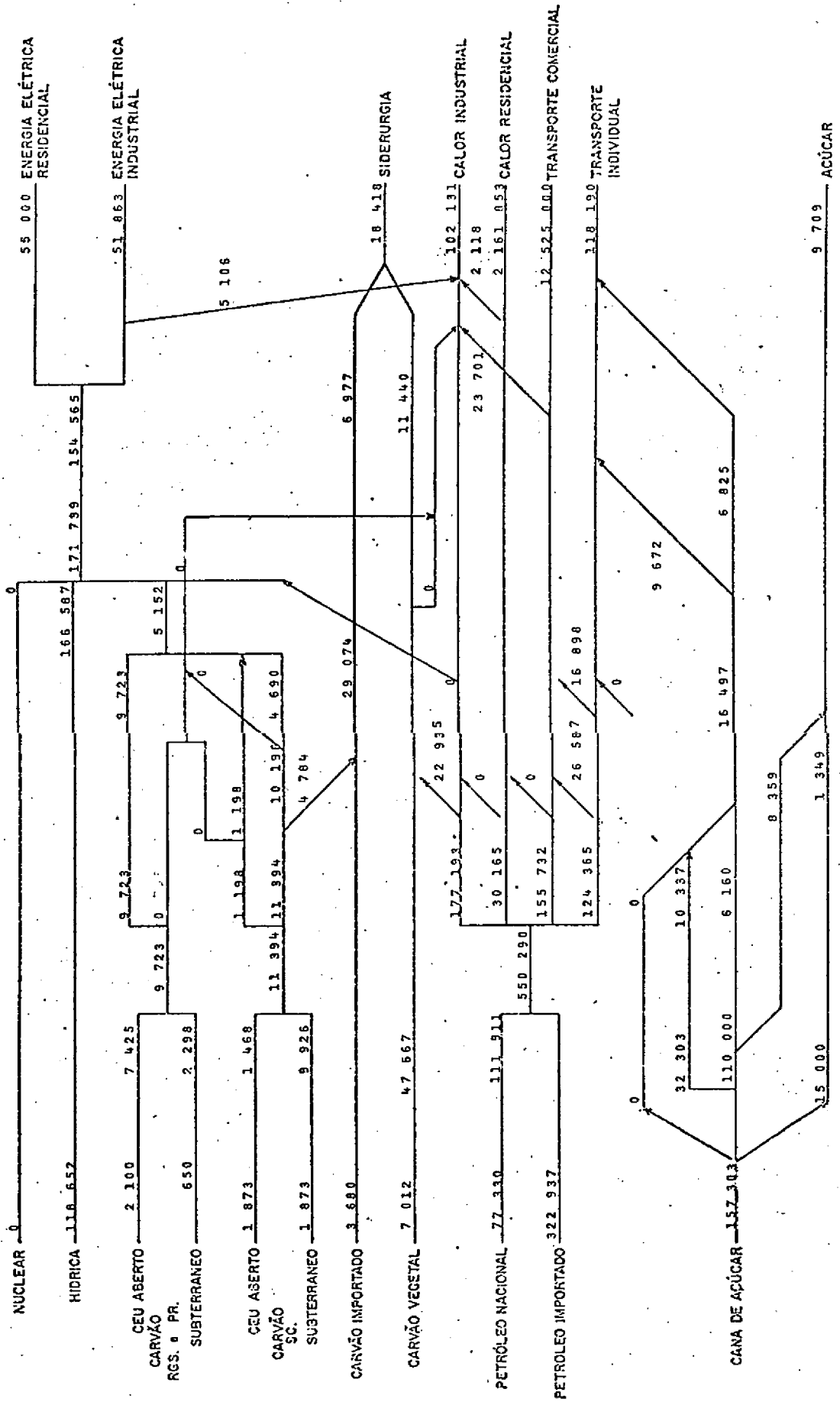


Figura 44  
 Simulação II - 1981

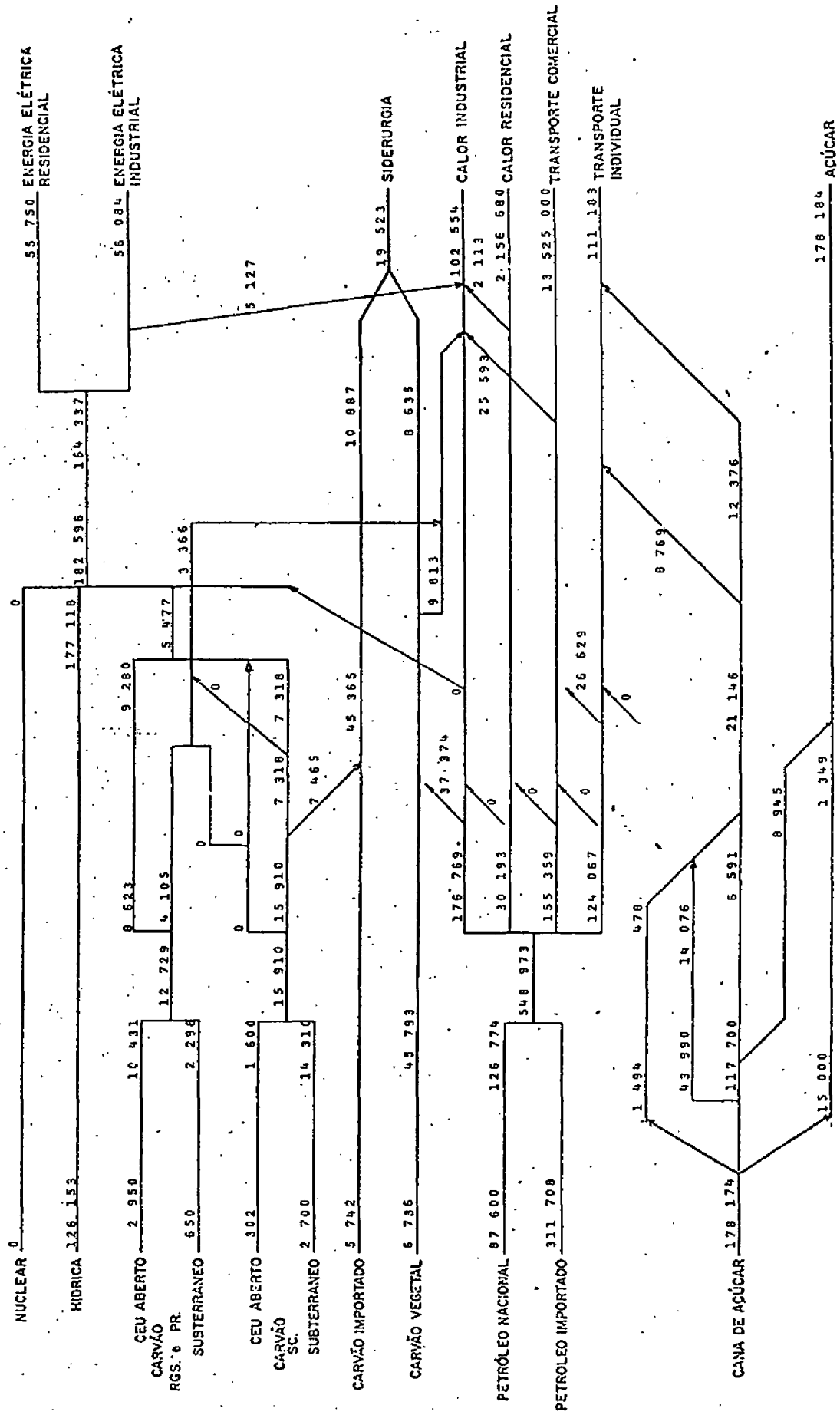


Figura 45  
Simulação II - 1982

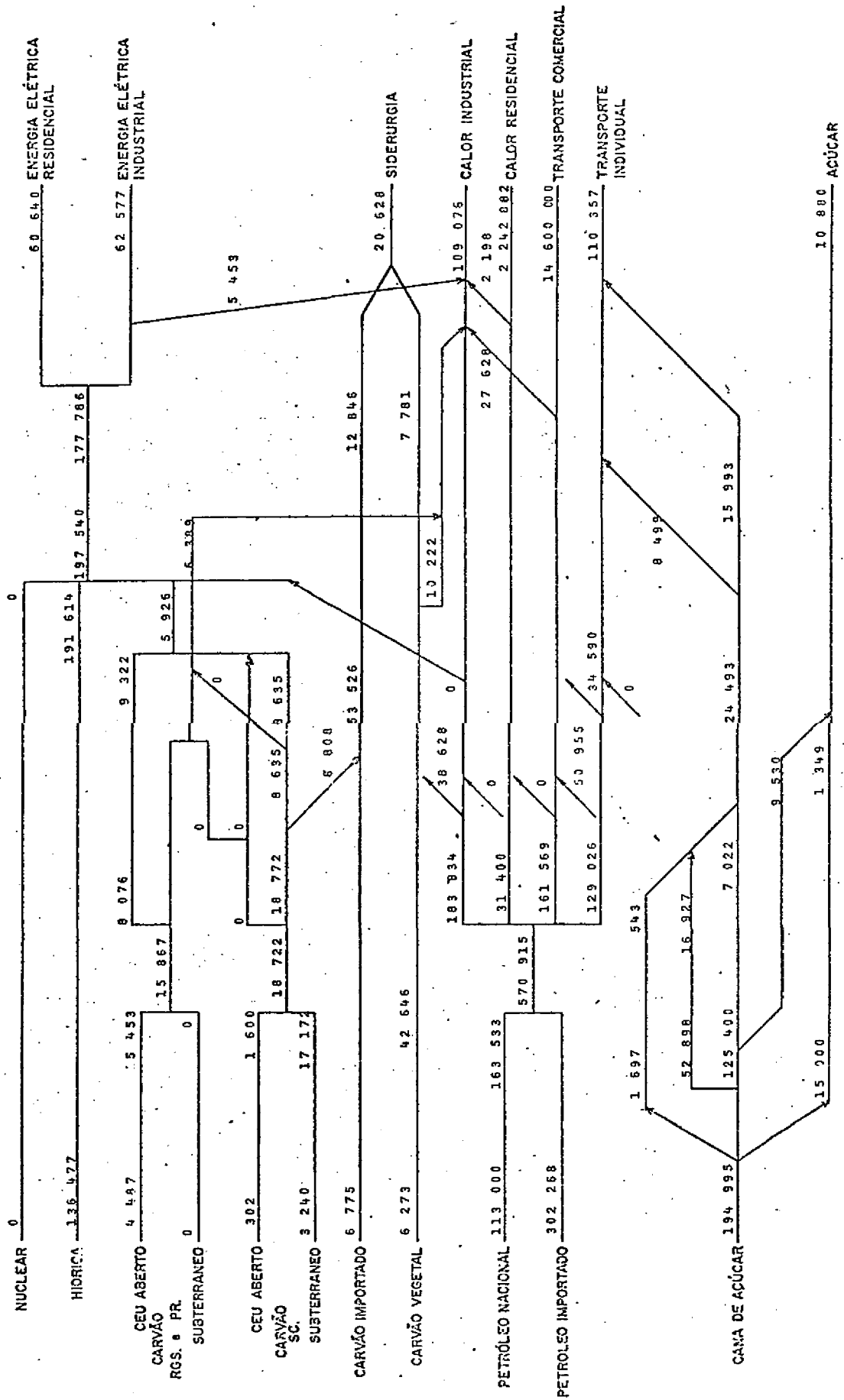


Figura 46  
Simulação II - 1983

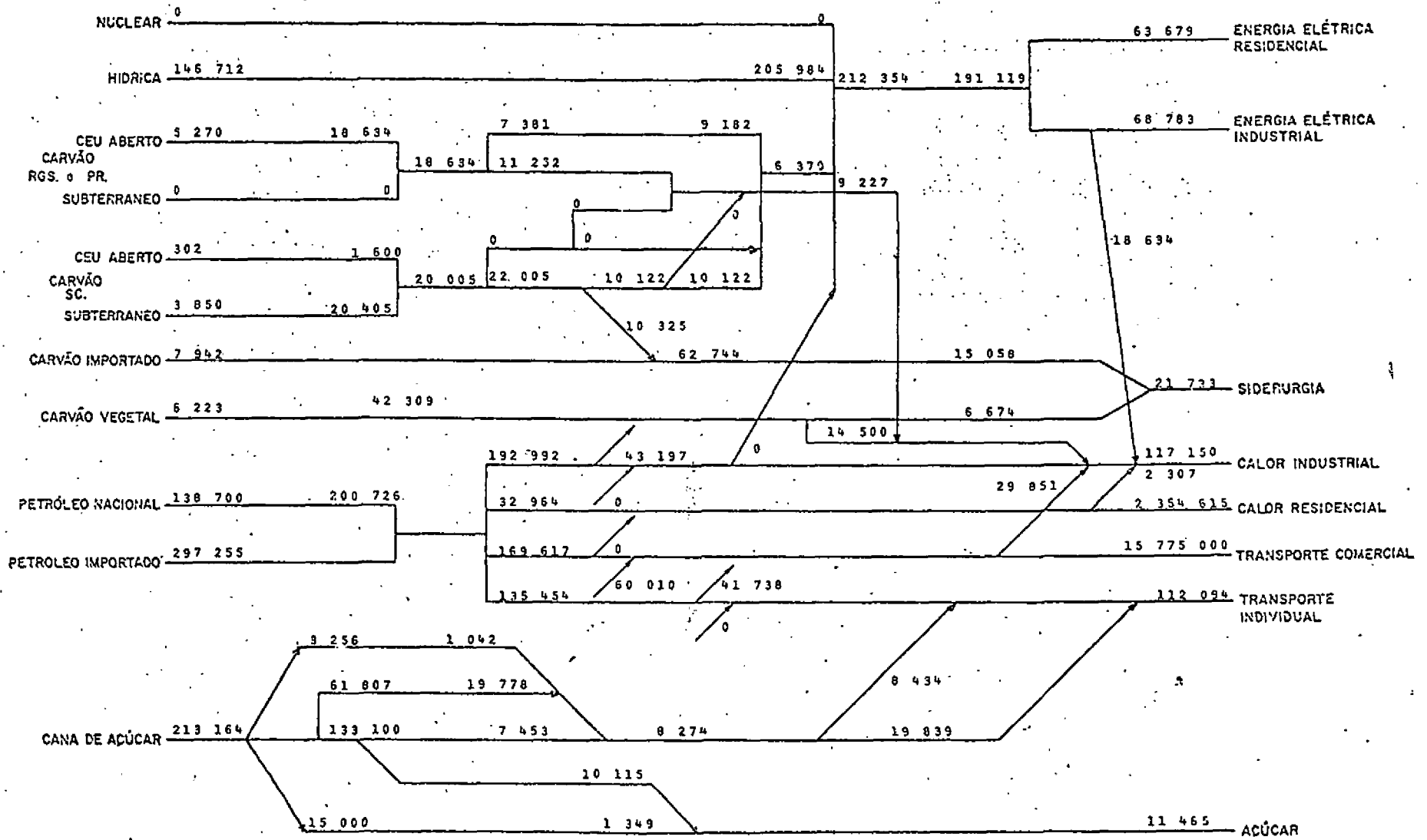


Figura 47  
 Simulação II - 1984



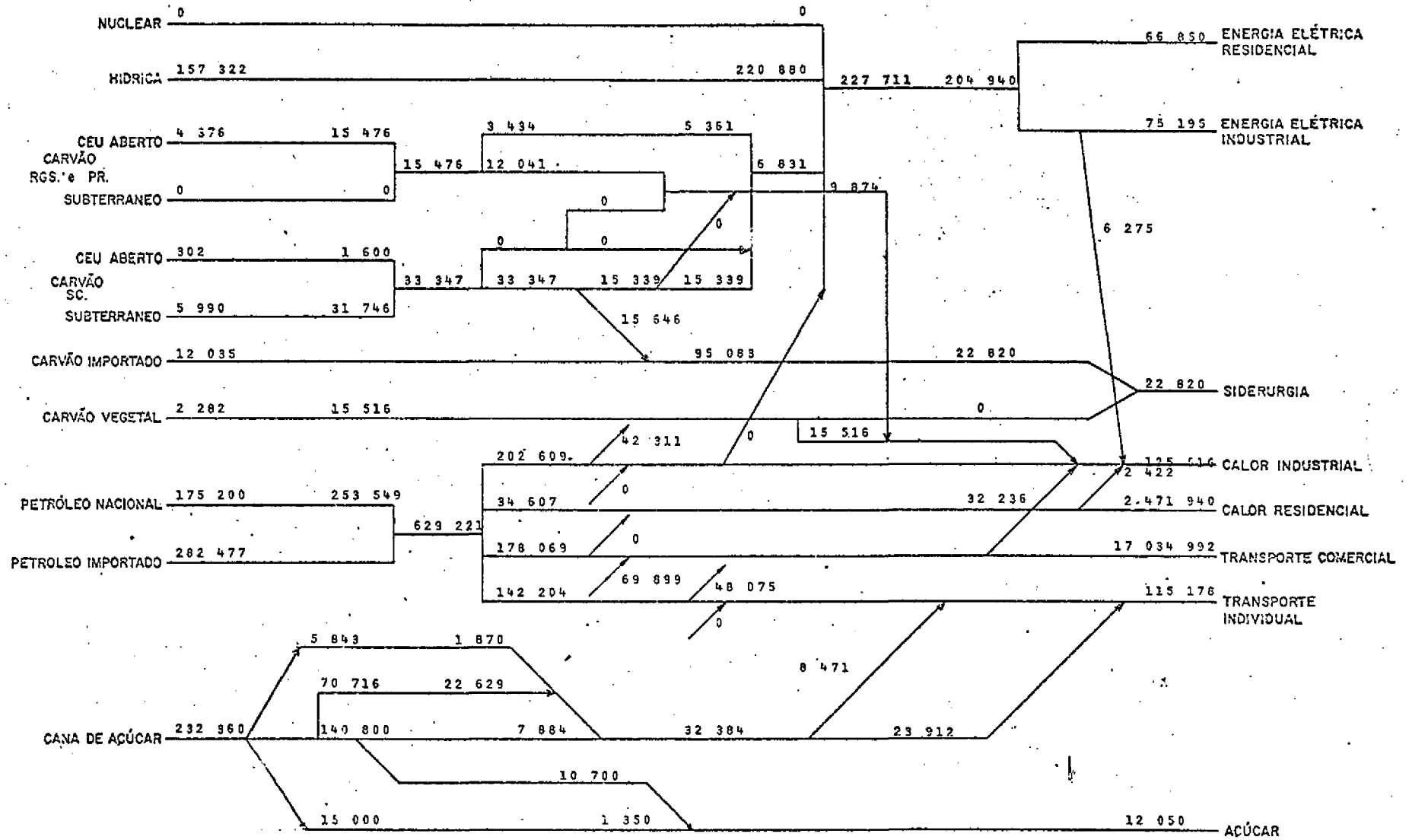


Figura 48  
Simulação II - 1985

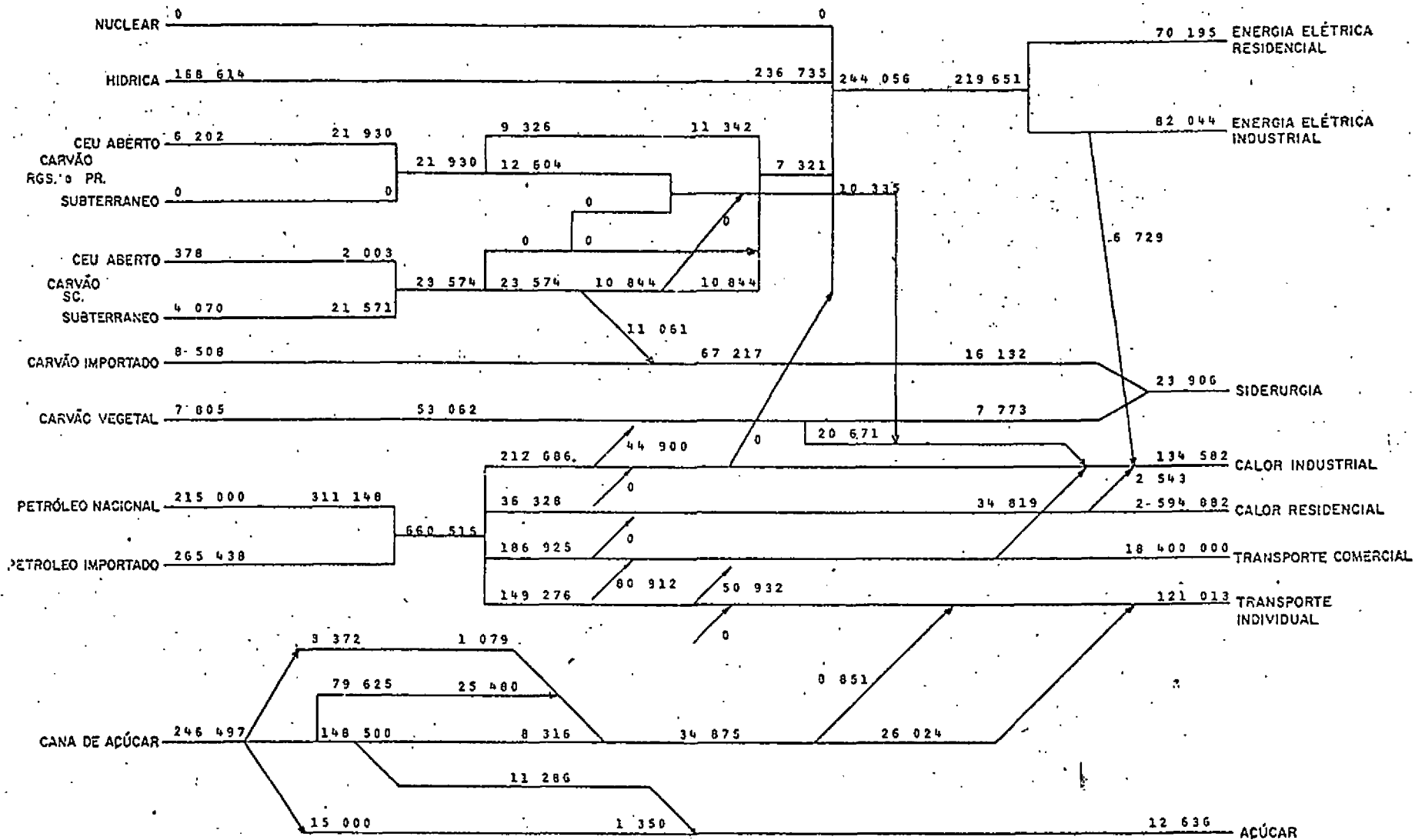


Figura 49

Simulação II - 1986

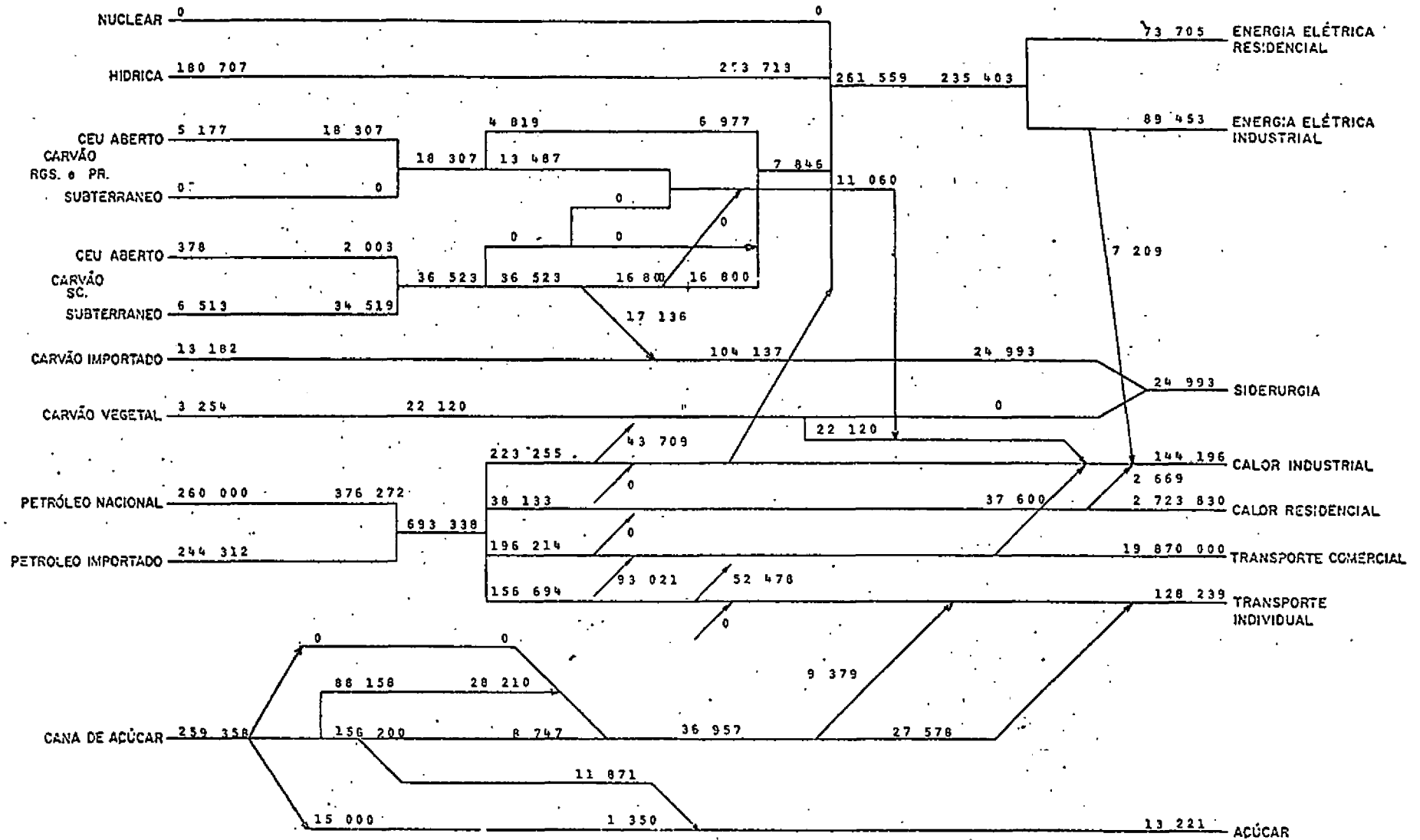


Figura 50  
Simulação II - 1987

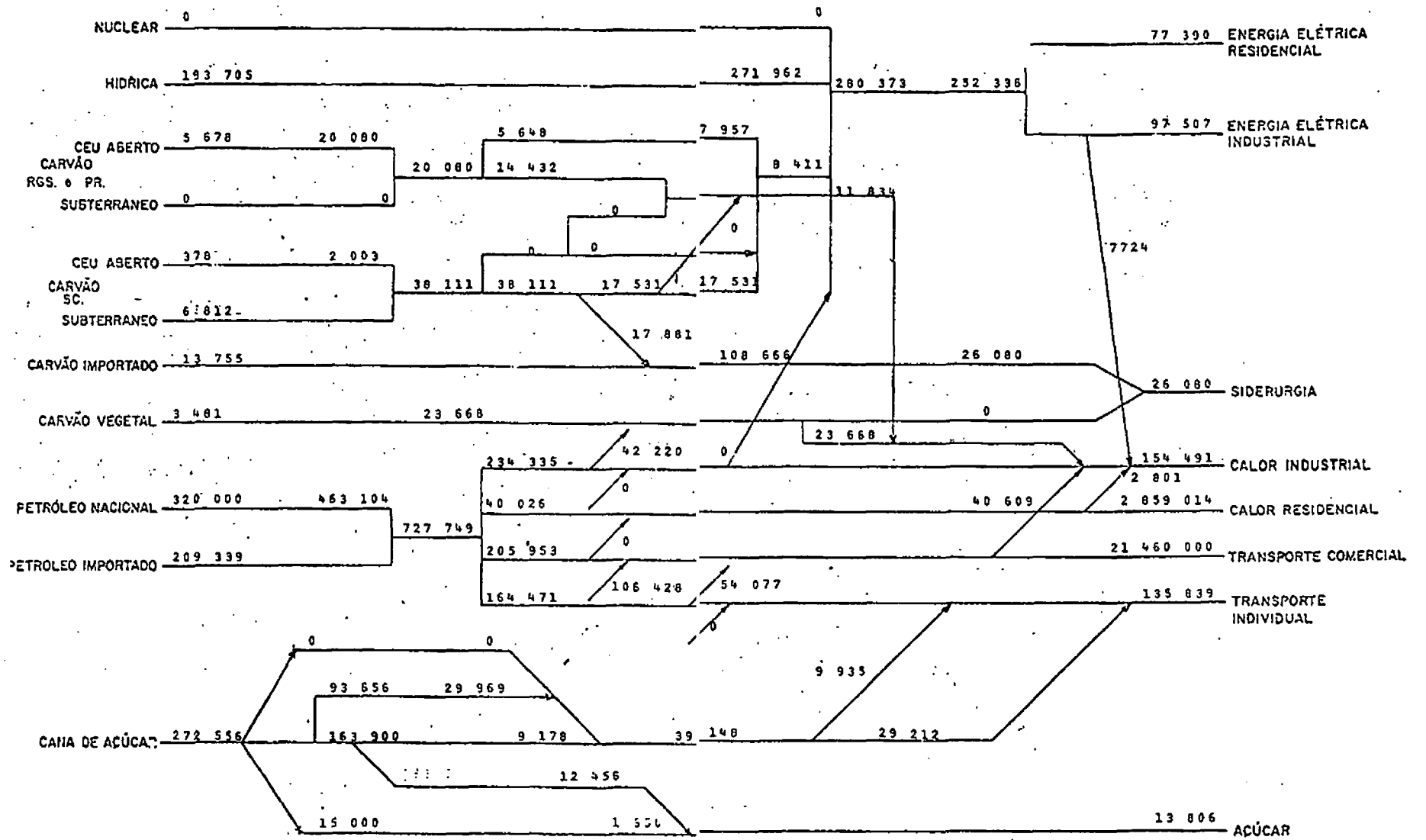


Figura 5.1  
Simulação II, - 1988

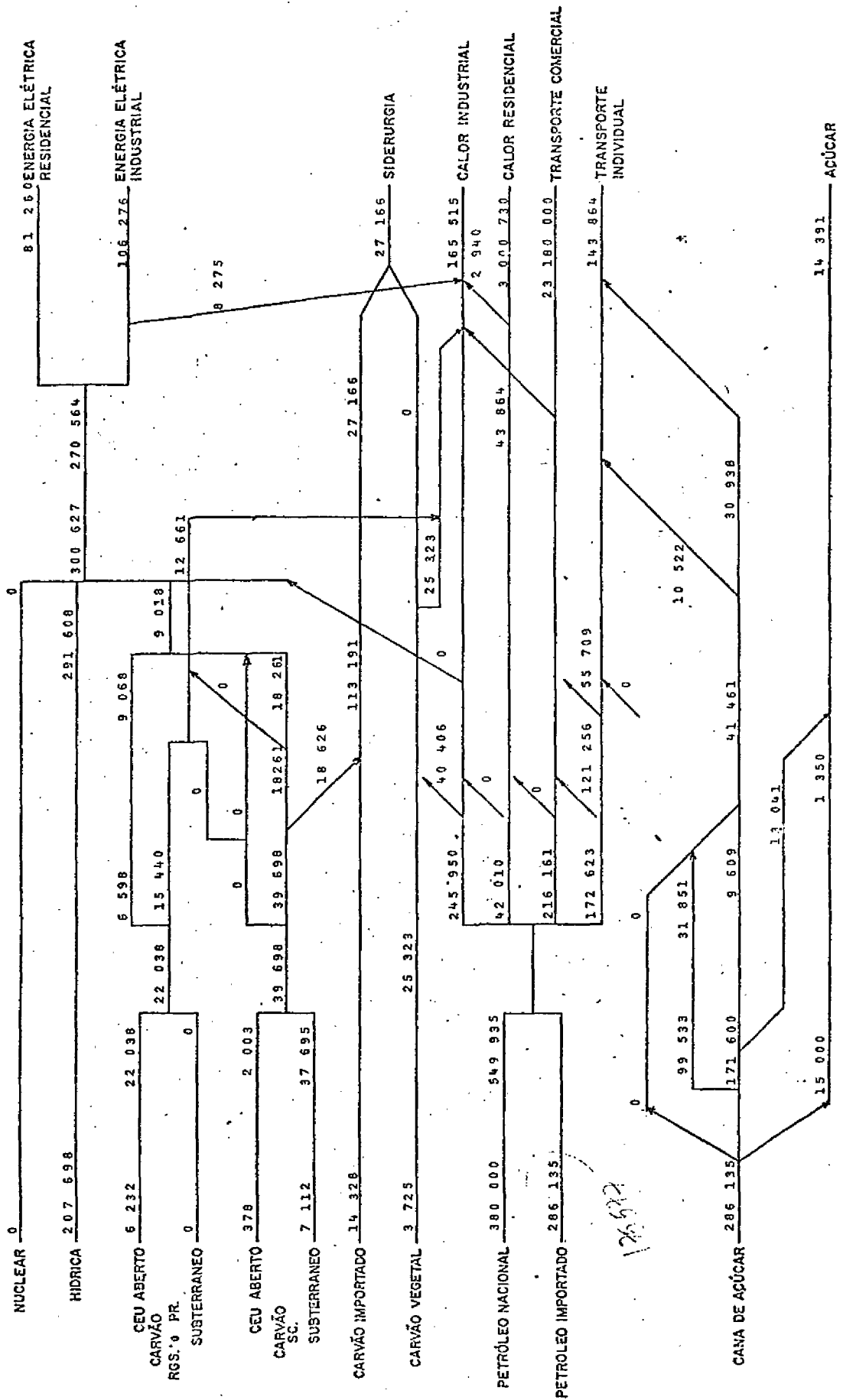


Figura 52  
Simulação II - 1989

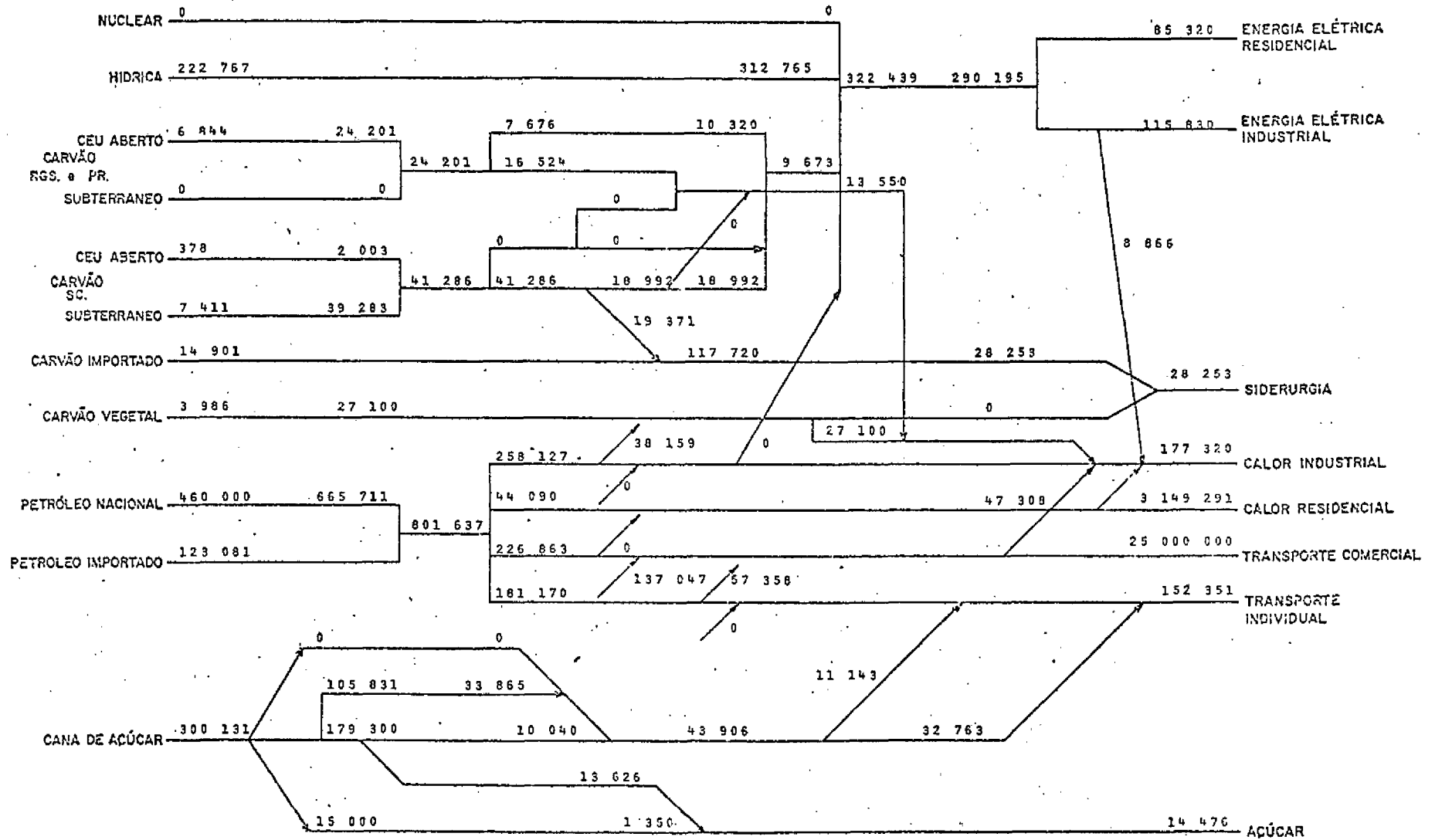


Figura 53  
Simulação II - 1990

preço do petróleo conforme ilustrado na Figura 22

O consumo de calor no setor residencial é também neste caso 10% inferior em 1990 ao previsto sob a hipótese de que o preço real do petróleo importado permaneça constante. Através da Figura 39 pode ser contrastada a evolução do custo real de geração de calor para o setor residencial com o cenário anterior. Enquanto na situação anterior o preço do calor residencial permaneceria constante, no cenário de preços do petróleo crescente observa-se uma tendência ascendente para o preço do calor nas mesmas proporções que a fonte primária durante todo o horizonte de planejamento.

O transporte individual também responde à elevação do preço do petróleo através de um menor crescimento do consumo e de uma elevação do preço desta forma de energia. A taxa média de expansão do consumo é 2,8% ao ano em contraste com a taxa de 3,8% ao ano prevista no caso anterior. A evolução do preço-sombra real da energia para o transporte individual se encontra na Figura 40. No final do período o preço-sombra da energia em transporte individual é aproximadamente 10% superior ao previsto sob as hipóteses da simulação I.

#### V.4.3 - Simulação III: Preço do Petróleo Decrescente

Para o caso do preço do petróleo decrescente, as taxas de crescimento setoriais se encontram na Tabela 24. Em relação à simulação I o impacto sobre a produção agrícola é para todos os efeitos desprezível. As taxas de inflação previstas, na

TABELA 24

## TAXAS DE CRESCIMENTO SETORIAIS

( 2 )

ANO	INDUSTRIA	AGRICULTURA	PRODUTO
1981	-6.1	6.3	-3.6
1982	2.3	-7.2	0.5
1983	4.8	5.3	4.9
1984	6.0	5.3	5.8
1985	6.6	1.7	5.8
1986	7.2	0.1	5.8
1987	6.7	2.0	5.8
1988	6.3	3.7	5.8
1989	6.2	4.5	5.8
1990	6.1	4.5	5.8



Tabela 25 , refletem o efeito de uma redução tanto no custo real do calor para a indústria quanto no preço real da cana-de-açúcar. Por conseguinte as inflações dos preços agrícolas e industriais são inferiores às taxas previstas na Simulação I, quando o preço real do petróleo é constante ao longo do período 1981-1990. A taxa de inflação medida pelo índice de preços no atacado são ligeiramente inferiores, quando comparamos as Tabelas 12 e 26 .

O valor das importações de petróleo neste caso é, em todo o período, inferior a previsão obtida sob a condição de que o preço real do petróleo permaneça constante. A economia máxima no gasto com importações de petróleo é de aproximadamente .. US\$ 1 bilhão em 1987 segundo a tabela 27.

As previsões quanto à evolução das exportações neste cenário se encontram na Tabela 28 . De forma análoga à Simulação II apenas as exportações de produtos primários-agrícolas são sensíveis à redução do preço real do petróleo, via a substituição de culturas. As exportações de produtos industrializados restritas pelo crescimento do comércio exterior e as exportações de açúcar no limite da capacidade produtiva não se alteram.

A evolução do saldo da balança comercial neste caso é em todo o período mais favorável para o país do que na Simulação I. A redução do preço real do petróleo no período 1981-1990 gera um incremento no superavit comercial que atinge o máximo em 1987 com US\$ 1 bilhão aproximadamente o que poder ser verificado através da tabela 29.

TABELA 26

## TAXAS DE INFLAÇÃO

( % )

ANO	PREÇOS INDUSTRIAIS	PREÇOS AGRÍCOLAS	PREÇOS NO ATACADO (DISPONIBILIDADE INTERNA)
1981	96.78	102.83	90.79
1982	112.65	105.94	122.87
1983	123.91	130.78	125.33
1984	119.38	110.33	117.45
1985	114.38	109.42	113.32
1986	114.50	117.86	115.20
1987	120.94	123.96	123.62
1988	131.13	148.02	134.58
1989	140.83	155.02	143.74
1990	147.77	157.32	149.75

TABELA 27

.....  
 IMPORTAÇÕES  
 (US\$ MILHÕES)  
 .....

ANO	PETROLEO	TRICO	OUTRAS	TOTAL
1981	10666.2	812.9	10514.3	22213.4
1982	11518.2	991.7	10510.9	23020.8
1983	12269.8	809.0	11774.2	24853.0
1984	13282.9	1238.9	13523.3	28045.0
1985	13960.7	1562.9	15535.8	31059.4
1986	14584.6	1751.1	17152.1	34167.8
1987	15039.5	1718.8	20518.5	37276.8
1988	14720.4	1465.8	23588.6	39774.8
1989	14383.8	1062.0	27124.3	42570.1
1990	12700.3	653.4	31196.9	44550.5

..... EXPORTAÇÕES .....  
 (US\$ MILHÕES)  
 .....

ANO	EXTRATIVA MINERAL	PRODUTOS PRIMÁRIOS	INDÚSTRIA (EXCLUSIVO AÇUCAR)	AÇUCAR	TOTAL
1961	2095.8	6350.3	12632.8	1513.8	22992.8
1962	2660.4	9156.1	15176.8	1661.9	26357.3
1963	3315.1	7711.5	17522.7	2203.6	30750.9
1964	3552.7	5909.7	20226.6	2574.6	32705.7
1965	4763.5	5253.7	22352.4	2989.3	35359.0
1966	5094.4	5706.0	26951.5	3452.7	41615.6
1967	6857.0	6600.1	31121.5	3969.4	46746.1
1968	6314.8	7668.7	35927.4	4545.0	56055.8
1969	10121.2	8394.2	41475.3	5185.8	65176.5
1970	12327.8	8453.6	47660.1	5896.7	74558.2

TABELA 29

## BALANCA COMERCIAL

(US\$ MILHÖES)

ANO	EXPORTAÇÕES	IMPORTAÇÕES	SALDO
1981	22592.8	22213.4	379.4
1982	28857.3	23020.8	5836.4
1983	30750.9	24853.0	5898.0
1984	32705.7	28045.0	4660.7
1985	36359.0	31059.4	5299.5
1986	41813.6	34167.8	7645.7
1987	45748.1	37276.8	11471.3
1988	56655.8	39774.6	16881.0
1989	65176.5	42570.1	22606.4
1990	74558.2	44550.5	30007.7

A melhora da balança comercial se reflete nos saldos em conta corrente que se encontram na Tabela 30 . Até 1989 o deficit em conta corrente previsto neste cenário é inferior ao déficit gerado na Simulação I. No ano de 1989, o país está mais próximo do equilíbrio de conta corrente com um deficit de aproximadamente US\$ 1,2 bilhões. Em 1990 o superavit em conta corrente é 48% superior ao previsto na Simulação I.

A dívida externa líquida neste cenário não ultrapassa a casa dos US\$ 100 bilhões no decorrer do horizonte de planejamento. A evolução da dívida externa pode ser analisada através da Tabela 31 .

Em declínio a partir de 1988, a dívida externa acumulada no final do ano de 1990 é US\$ 84 bilhões, o que representa um decréscimo de 12% em relação ao previsto para preços reais do petróleo constantes. A relação dívida líquida sobre exportações é mais favorável para o país aproximando-se mais rapidamente do valor unitário no final do período.

As Figuras 54 a 63 retratam os fluxos no setor energético compatíveis com os resultados macroeconômicos descritos acima. Conforme esperado, as importações de petróleo em volume não se reduzem nas mesmas proporções da Simulação I. Em 1990 o volume de importações de petróleo neste caso é da ordem de 516 mil barris por dia.

A produção de cana-de-açúcar no final do período não é significativamente diferente do previsto na Simulação I, embora

TABELA 30

.....  
CONTA CORRENTE  
.....

(US\$ MILHÕES)

ANO	SALDO DA BALANCA COMERCIAL	SERVICIOS NAO-PAGADOS	JUROS DA DIVIDA EXTERNA	SALDO EM CONTA CORRENTE
1981	379.4	-2050.6	10267.9	-12759.1
1982	5036.4	-3203.4	10036.3	-7403.3
1983	5898.0	-3437.1	10114.6	-8423.8
1984	4660.7	-3762.4	11664.5	-10980.1
1985	5233.5	-4191.6	13240.6	-12132.5
1986	7645.7	-4691.1	14759.9	-11605.3
1987	11471.3	-5258.9	16156.5	-9946.0
1988	16881.0	-5822.4	17161.9	-8103.5
1989	22608.4	-6438.0	17415.6	-1247.4
1990	30007.7	-7028.0	18734.8	6244.9

..... DIVIDA EXTERNA LIQUIDA .....  
 ( U S \$ M I L H O E S )  
 .....

ANO	SALDO EM CONTA CORRENTE	INVESTIMENTOS	DIVIDA EXTERNA LIQUIDA INICIO DO PERIODO	DIVIDA EXTERNA LIQUIDA FIM DO PERIODO	DIVIDA EXTERNA Sobre EXPORTAÇÕES
1981	-1279.1	2310.0	46934.0	57363.1	2.54
1982	-7403.3	2522.9	57363.1	62233.5	2.49
1983	-6423.6	2821.4	62233.5	67825.8	2.21
1984	-10966.1	3118.2	67835.6	75703.6	2.31
1985	-12132.6	3446.1	75703.8	84390.3	2.32
1986	-11509.3	3606.5	84390.3	92327.0	2.21
1987	-9946.0	4209.1	92327.0	96124.0	2.01
1988	-6103.3	4651.8	96124.0	9975.5	1.76
1989	-1247.4	5141.0	9975.5	95681.6	1.47
1990	6244.9	5681.7	95681.6	63755.3	1.12



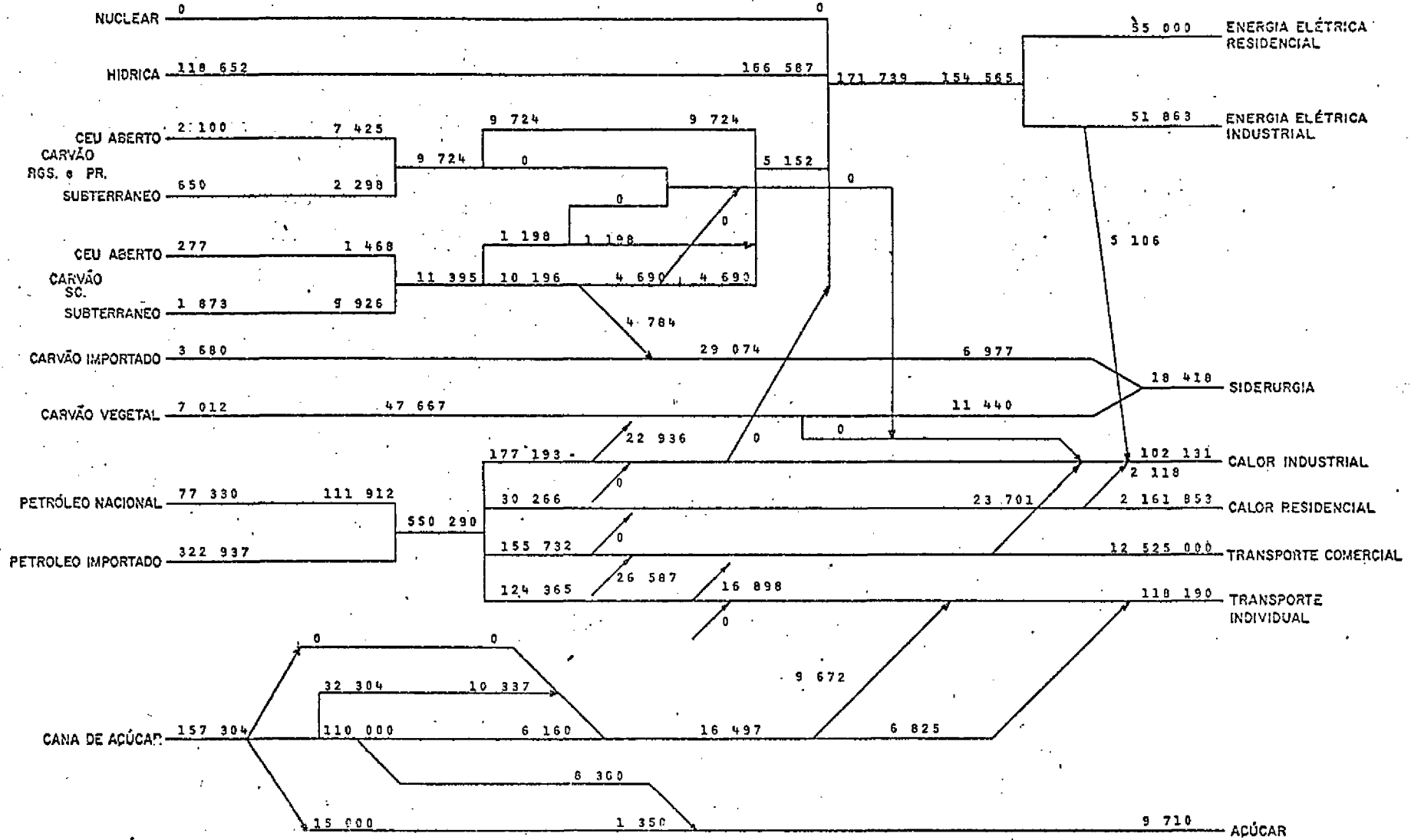


Figura 54

Simulação III - 1981

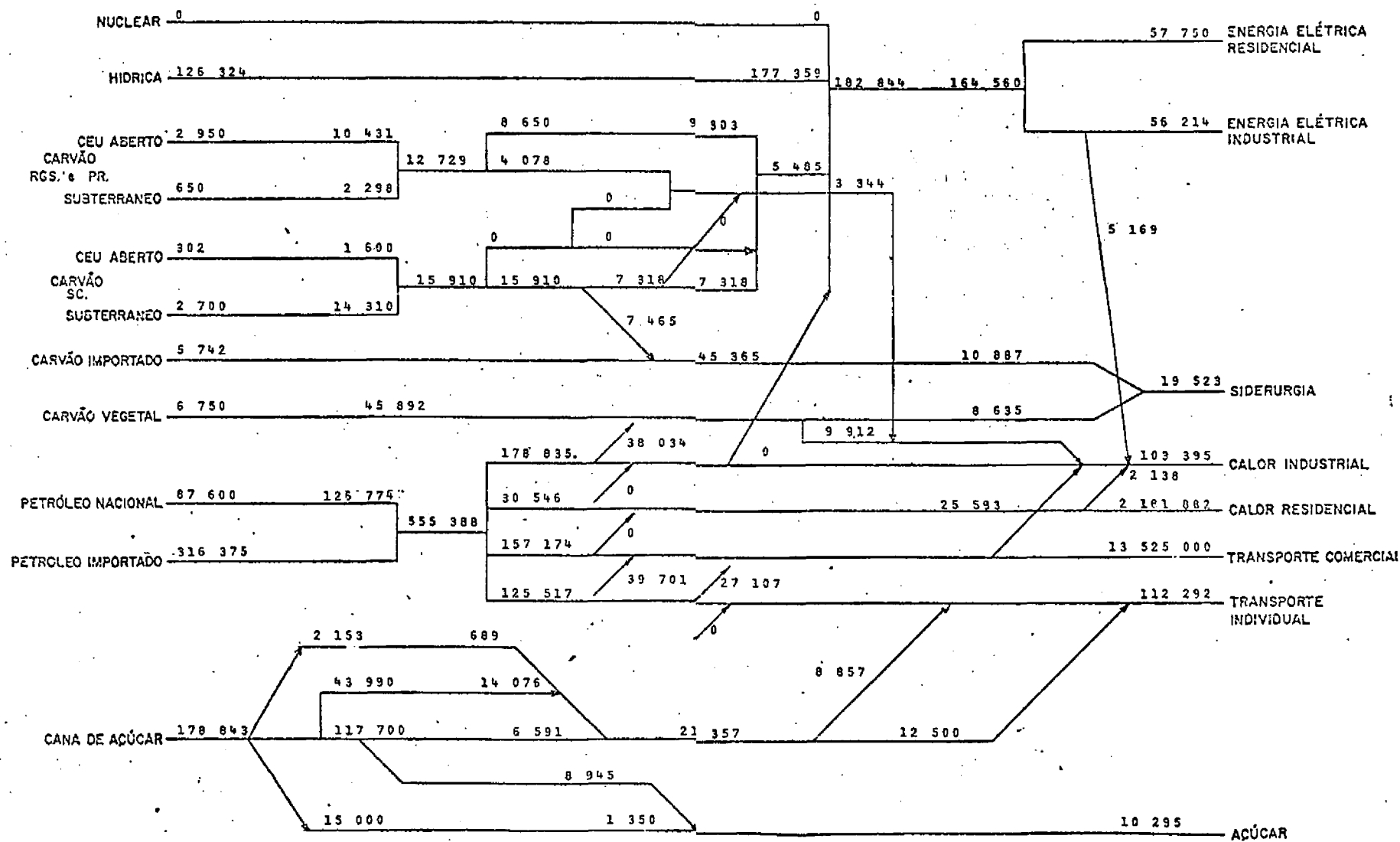


Figura 55  
Simulação III - 1982

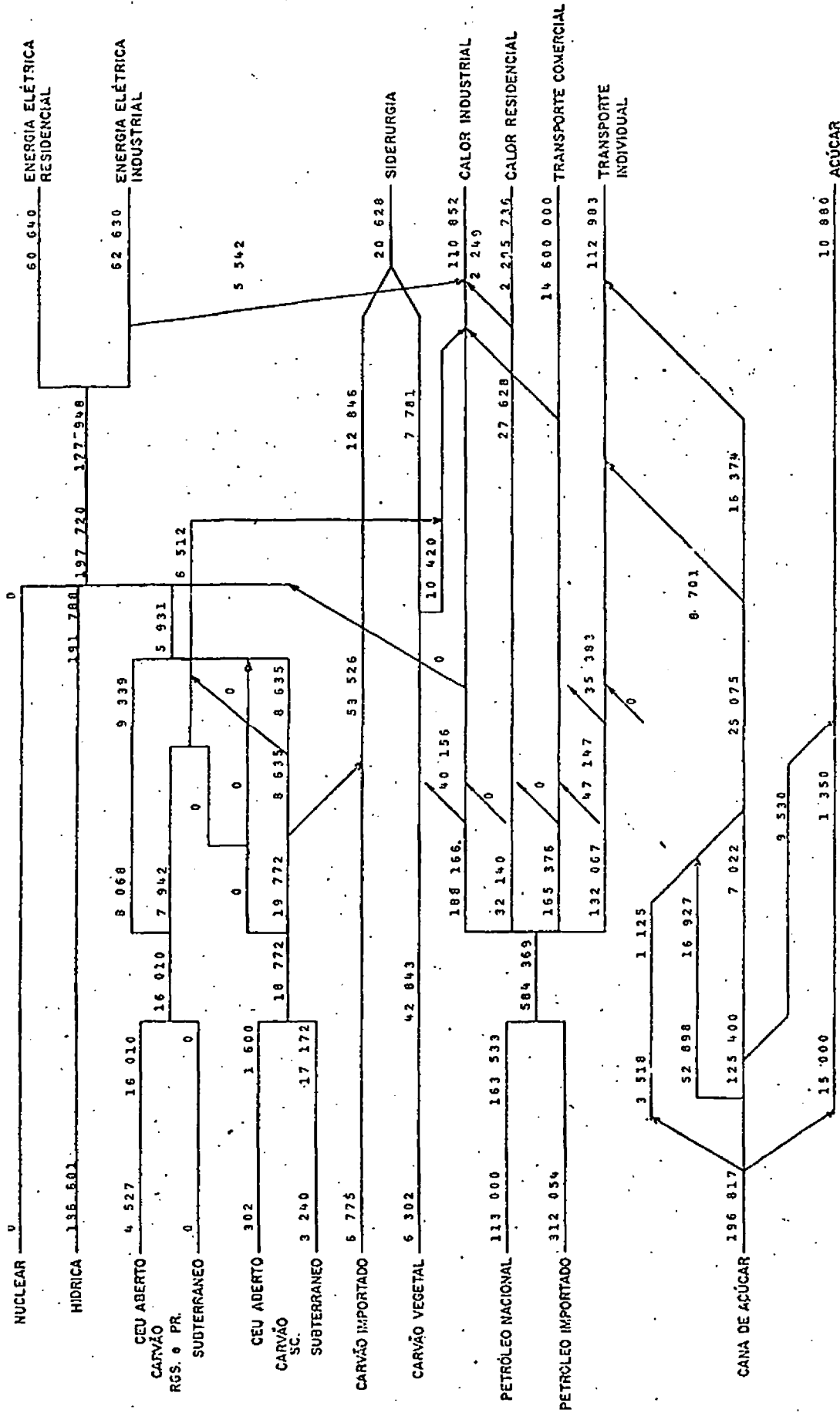


Figura 56

Simulação III - 1983

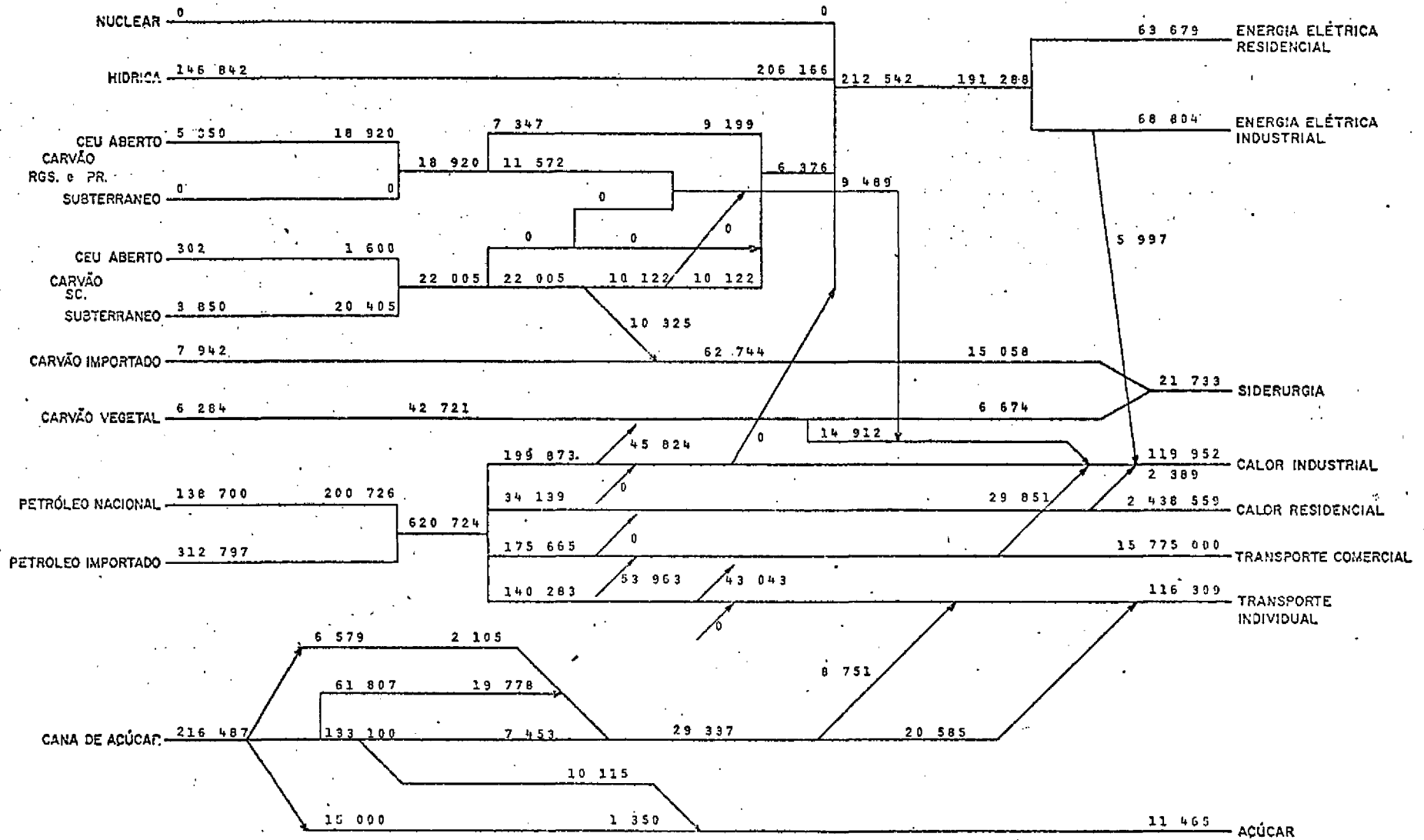


Figura 57  
Simulação III - 1984

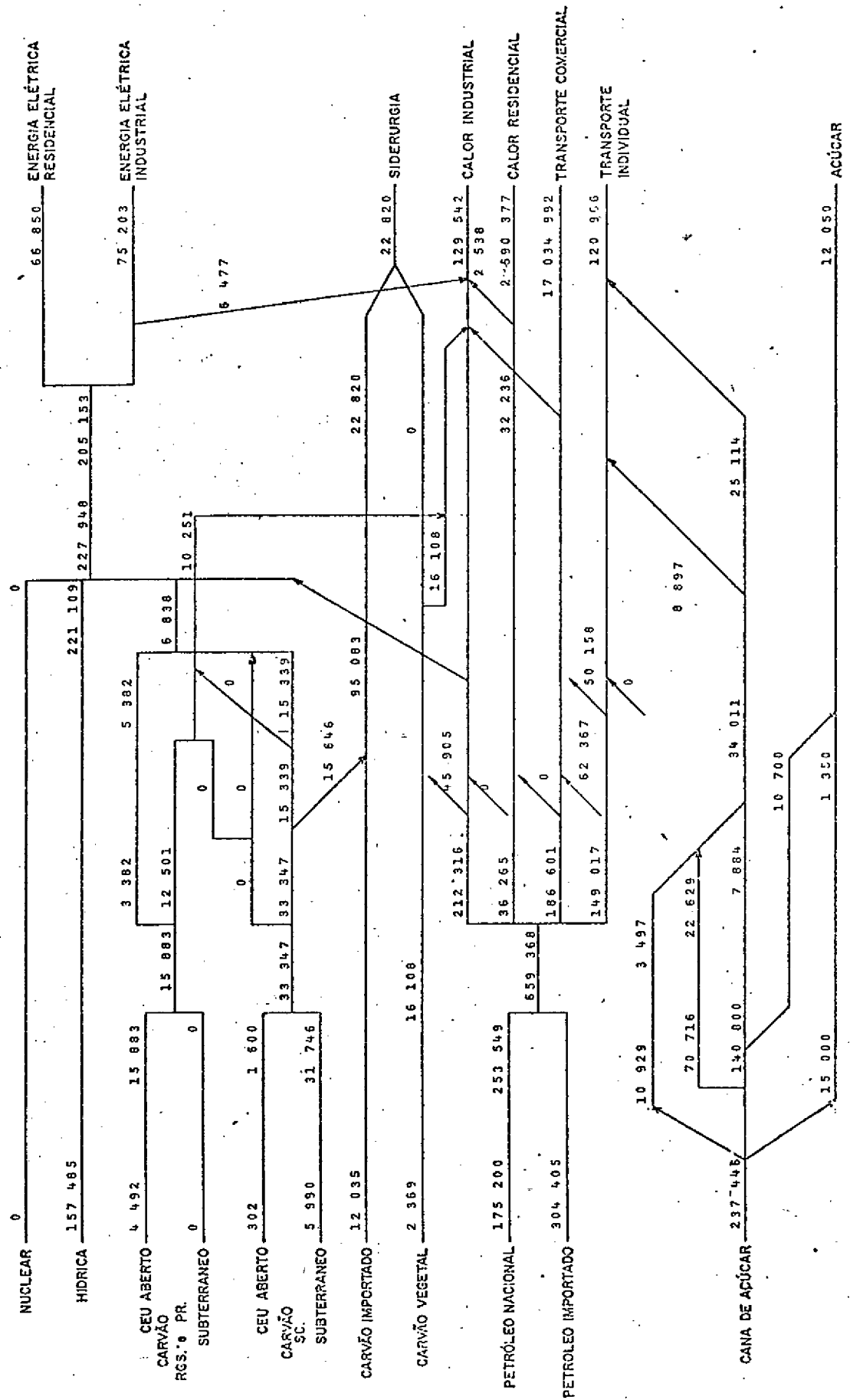


Figura 58  
Simulação III - 1985

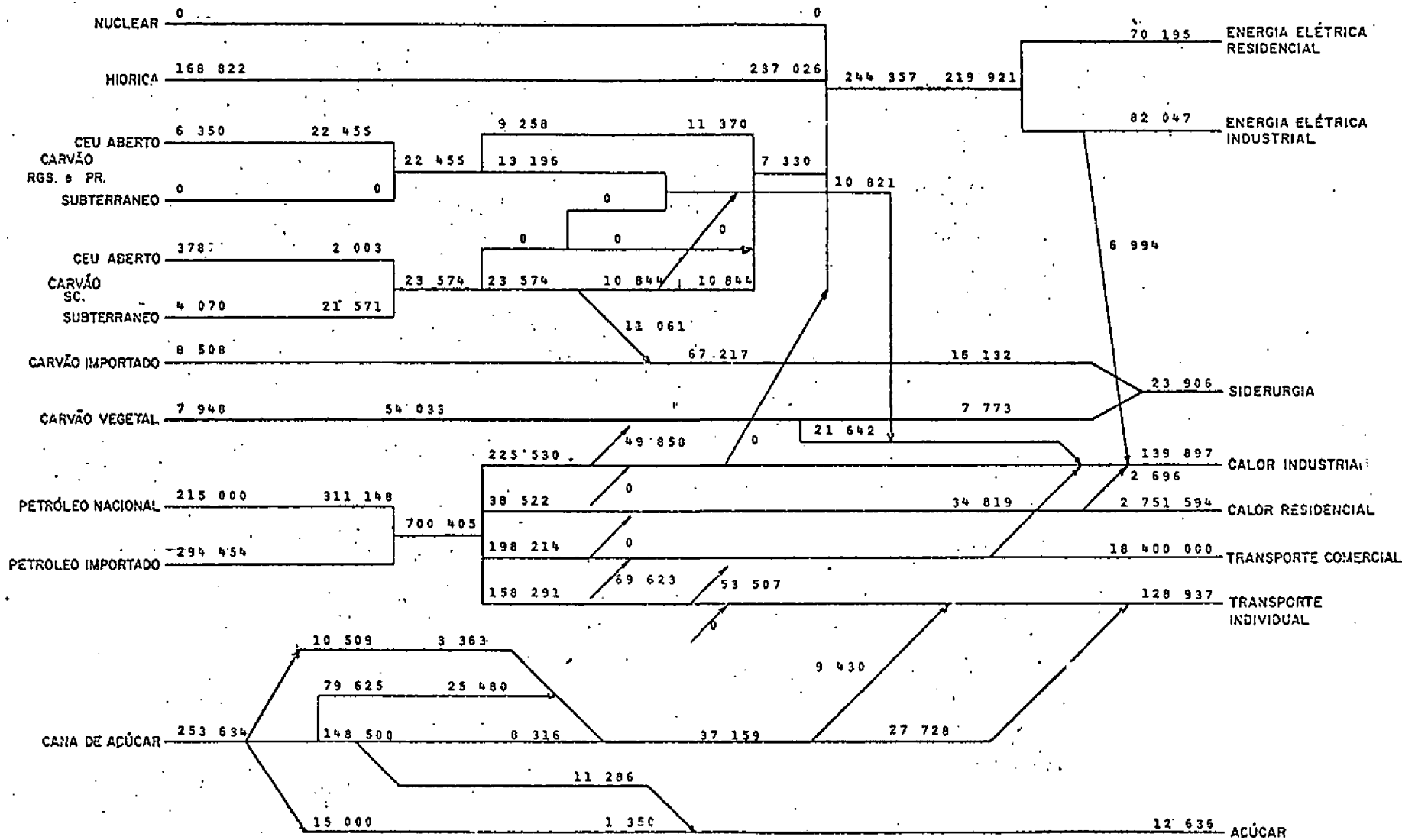


Figura 59  
Simulação III - 1986

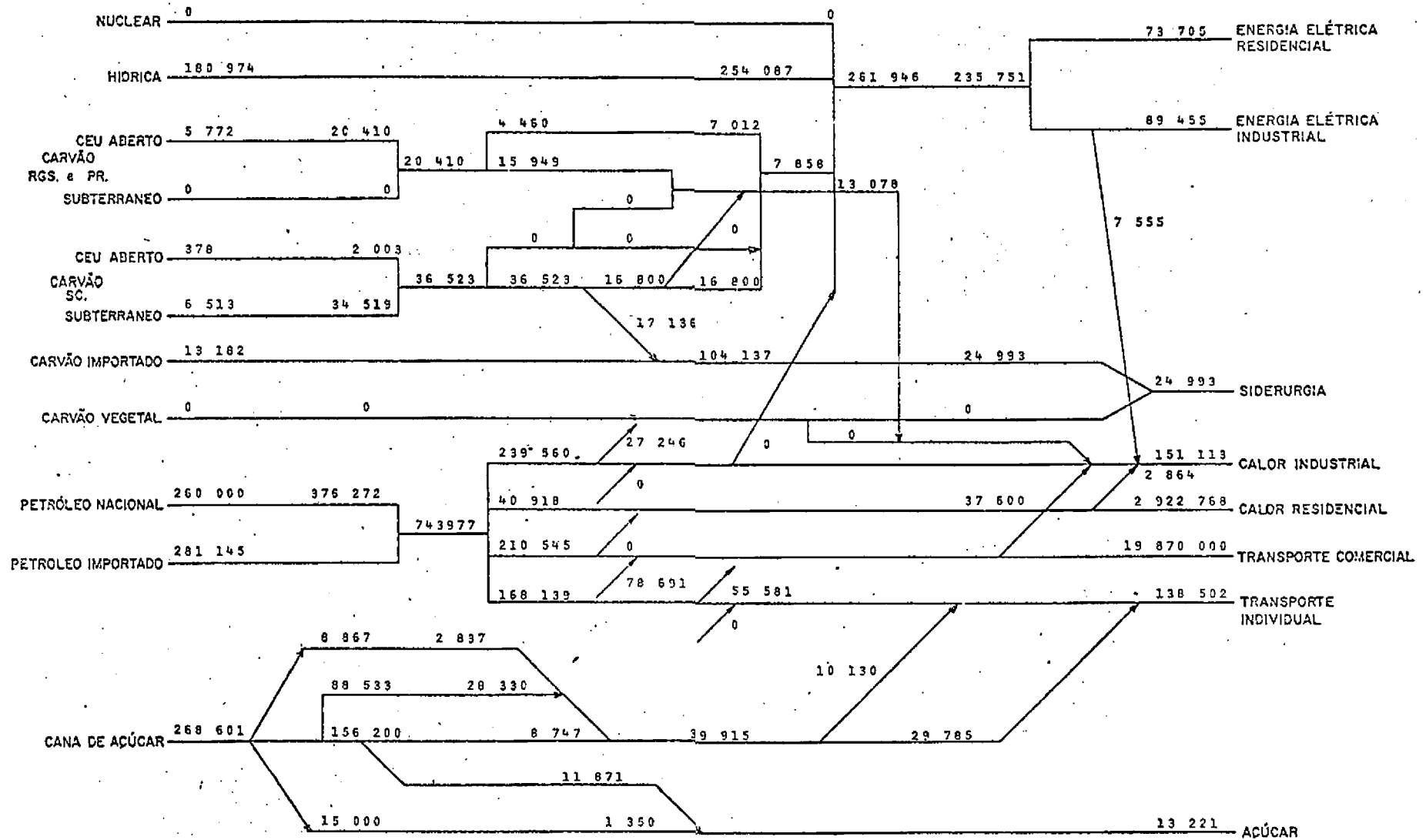


Figura 60  
 Simulação III - 1987

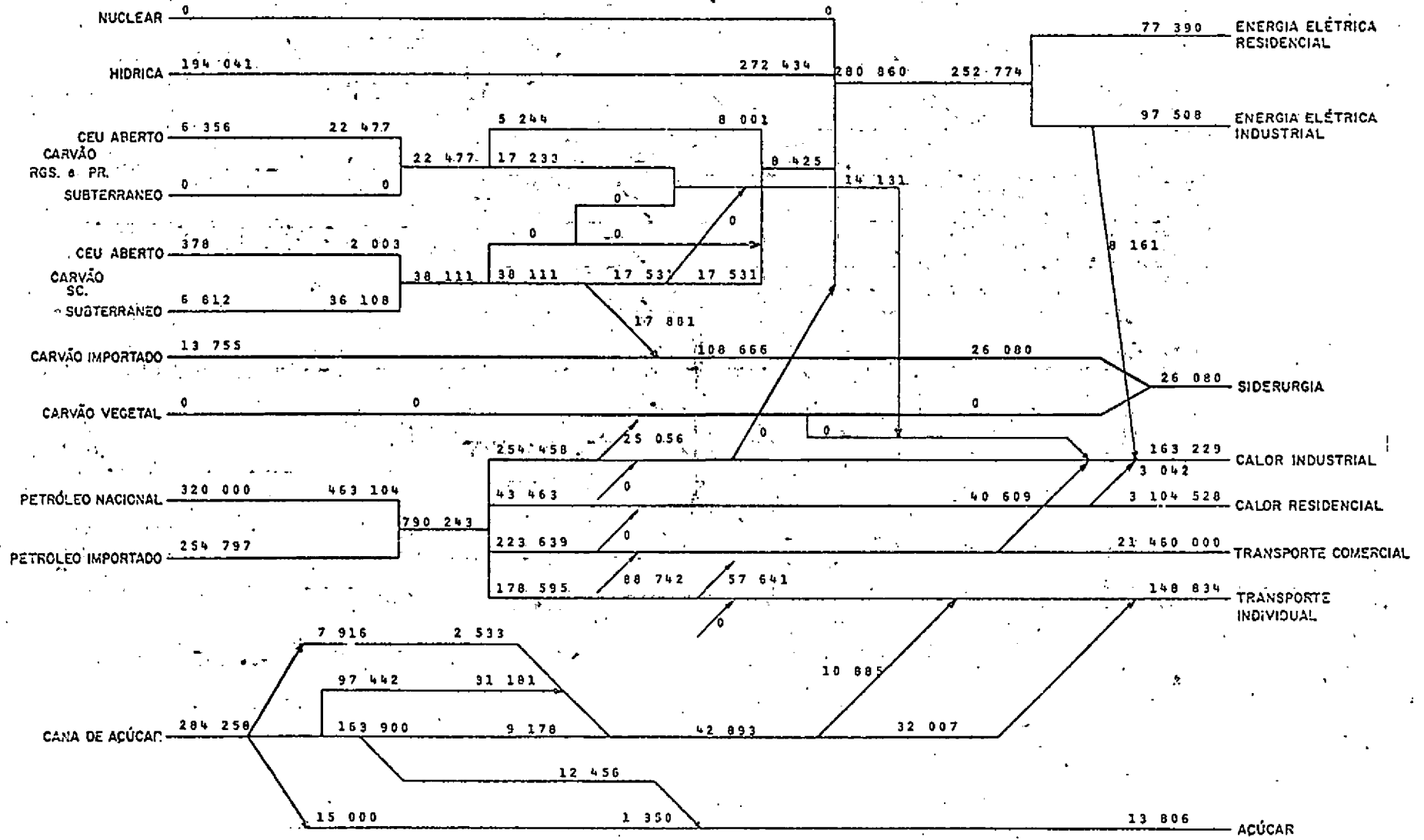


Figura 61.

Simulação III - 1988



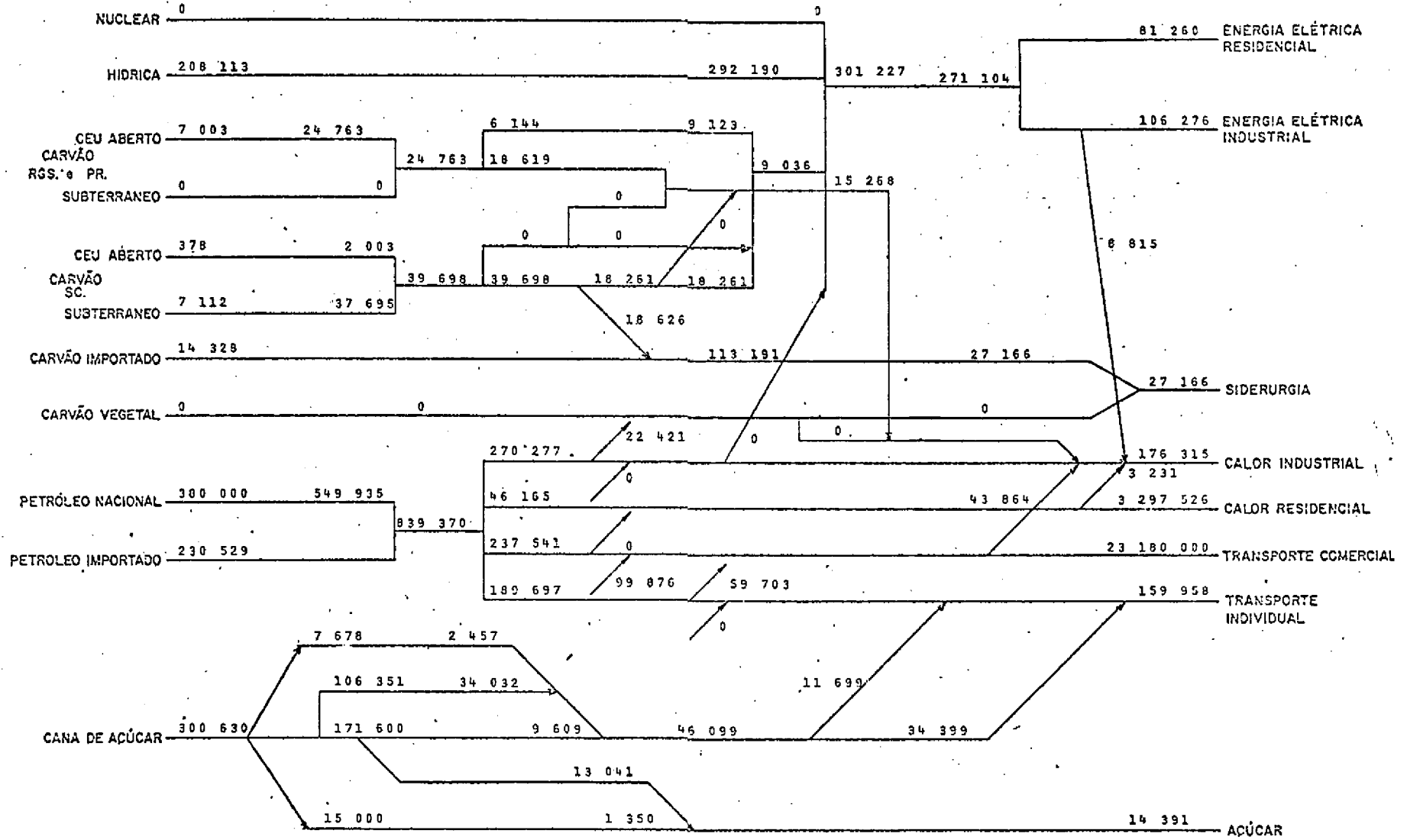


Figura 62  
Simulação III - 1989

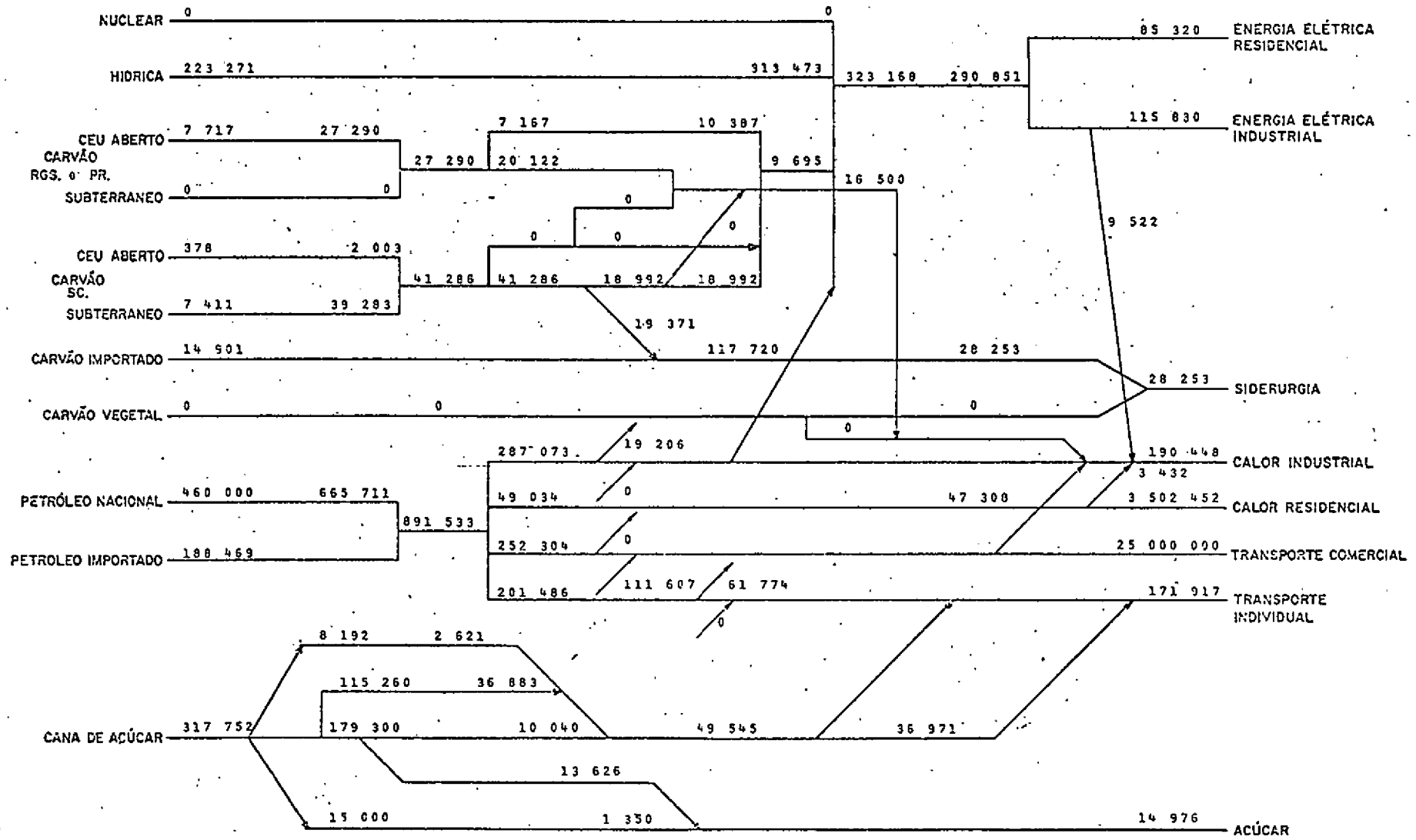


Figura 63  
Simulação III - 1990

as trajetórias de crescimento sejam distintas. A evolução do preço real da cana-de-açúcar pode ser analisada através da Figura 21. Observa-se um comportamento simétrico em relação à Simulação II, em que o preço real da cana-de-açúcar tem uma tendência crescente mas se mantém em níveis inferiores aos previstos na Simulação I.

O consumo industrial de calor cresce no período à taxa média de 7,2% ao ano, o que reflete a redução mais acelerada do custo real da geração de calor para este setor, ilustrada na Figura 22. O consumo residencial de calor se expande em média a uma taxa de 5,8% ao ano, que é também superior à taxa prevista na Simulação I. De forma simétrica à Simulação II, o custo de oportunidade real na geração do calor para o setor residencial acompanha a queda do preço real do petróleo importado, atingindo em 1990 um custo real de 14% inferior ao previsto para 1981. Este resultado pode ser observado na Figura 39.

Para o consumo de energia em transporte individual o modelo prevê, neste cenário, um crescimento médio de 4,3% ao ano entre 1981 e 1990. A Figura 40 ilustra a evolução do preço-sombra ou custo de oportunidade da energia utilizada em transporte individual. Até 1985 a tendência do preço real é ascendente embora o preço se mantenha em nível inferior ao previsto nos casos em que o preço real do petróleo é constante ou crescente. Como nas Simulações I e II verifica-se uma ligeira redução do preço real da energia para transporte individual após-1985. Neste cenário o preço real se estabiliza a partir de 1987 em um nível 20% superior ao previsto para o ano de 1981.

### Série Fac-Símile

- Nº 1 - Inflação e Balanço de Pagamentos: Uma Análise Quantitativa das Opções de Política Econômica. *André L. Resende e Francisco L. Lopes.* 86 p.
- Nº 2 - Inflação e Nível de Atividade no Brasil. *Francisco L. Lopes.* 98 p.
- Nº 3 - Abertura Financeira ao Exterior: Perspectivas Latino-Americanas. *Edmar Lisboa Bacha.* 142 p.
- Nº 4 - As Causas da Difusão da Posse dos Bens de Consumo Duráveis no Brasil. *João L. M. Saboia.* 148 p.
- Nº 5 - Organização e Política Econômica. *Jorge Vianna Monteiro.* 76 p.
- Nº 6 - Análise da Viabilidade de um Estudo sobre a Magnitude e o Perfil da Imigração Estrangeira para o Brasil no Período 1873-1932. *Elisa Maria da C. Pereira Reis.* 46 p.
- Nº 7 - Urbanização e Custos numa Economia em Desenvolvimento: O Caso de Minas Gerais. *Afrânio Alves de Andrade e Roberto Luiz de Melo Monte-Mór.* 112 p.
- Nº 8 - Energia e Economia: Um Modelo Integrado: *Eduardo Marco Modiano.* 226 p.
- Nº 9 - Salários e Emprego na Indústria de Transformação: 1970/1976. *Paulo Eduardo de Andrade Baltar e Paulo Renato Costa Souza.* 174 p. (a sair).
- Nº 10 - Características e Natureza do Crescimento Industrial Brasileiro: 1906-1914. *Maria Teresa R.O. Versiani.* 86 p. (a sair).

A coleção completa das publicações do PNPE pode ser encontrada em quaisquer dos centros de pós-graduação filiados à ANPEC nos seguintes endereços:

- 1 - Centro de Aperfeiçoamento de Economistas do Nordeste (CAEN)  
Universidade Federal do Ceará  
Av. da Universidade, 2700  
60.000 - Fortaleza, CE
- 2 - Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (CEDEPLAR)  
Universidade Federal de Minas Gerais  
Rua Curitiba, 832 - 9º andar  
30.000 - Belo Horizonte - MG
- 3 - Departamento de Economia e Planejamento Econômico (DEPE)  
Universidade Estadual de Campinas  
Cidade Universitária - CP 6110  
13.100 - Campinas, SP
- 4 - Escola de Pós-Graduação em Economia (EPGE)  
Fundação Getúlio Vargas  
Praia de Botafogo, 190  
22.253 - Rio de Janeiro, RJ
- 5 - Centro de Estudos e Pesquisas Econômicas (IEPE)  
Faculdade de Ciências Econômicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Av. João Pessoa, 31  
90.000 - Porto Alegre, RS
- 6 - Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE)  
Faculdade de Economia e Administração - Universidade de São Paulo  
Cidade Universitária - CP 11474  
01000 - São Paulo, SP
- 7 - Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA)  
Universidade Federal do Pará  
Campus Universitário - Guamã  
66.000 - Belém, PA
- 8 - Curso de Mestrado em Economia (CME/PIMES)  
Universidade Federal de Pernambuco  
Cidade Universitária  
50.000 - Recife, PE
- 9 - Departamento de Economia  
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro  
Rua Marquês de São Vicente, 225 - Gávea  
22.453 - Rio de Janeiro, RJ
- 10 - Curso de Mestrado em Economia  
Faculdade de Ciências Econômicas - Universidade Federal da Bahia  
Praça 13 de maio, 6 - 5º andar - Piedade  
40.000 - Salvador, BA
- 11 - Departamento de Economia  
Universidade de Brasília  
Campus Universitário  
70.910 - Brasília, DF
- 12 - Instituto de Economia Industrial (IEI)  
Faculdade de Economia e Administração  
Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Av. Pasteur, 250 - Urca - CP 56.028  
22.290 - Rio de Janeiro, RJ

Endereço para correspondência:  
PROGRAMA NACIONAL DE PESQUISA ECON  
INPES/IPEA  
Av. Presidente Antônio Carlos, 51/169  
Rio de Janeiro - RJ - CEP 20.020