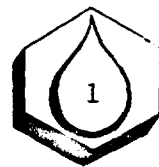




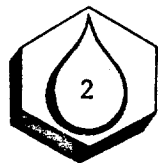
AS POTENCIALIDADES DO XISTO COMO MATÉRIA  
PRIMA PETROQUÍMICA



"AS POTENCIALIDADES DO XISTO COMO MATÉRIA  
PRIMA PETROQUÍMICA"

**Autores:** Eng<sup>o</sup> Químico JORGE CONRADO KOZAK  
Eng<sup>o</sup> Químico NORMANDO N.S. COELHO  
Eng<sup>o</sup> Químico RICARDO CELINSKI  
Integrantes do Grupo de Projetos  
Petroquímicos do IPARDES - Funda  
ção Instituto Paranaense de De-  
senvolvimento Econômico e Social.





"AS POTENCIALIDADES DO XISTO COMO MATÉRIA  
PRIMA PETROQUÍMICA"

- Sinopse:** Este trabalho pretende mostrar as potencialidades do xisto como matéria prima petroquímica, considerando:
- uma abordagem genérica sobre as matérias primas petroquímicas tradicionais, dentro do contexto brasileiro;
  - levantamento das necessidades de produtos petroquímicos básicos para o Brasil, tendo como horizonte o ano de 1986, com valores intermediários para os anos de 1980 e 1982;
  - uma regionalização de demanda, de modo a justificar a alocação de centrais produtoras de matérias primas básicas, considerando as potencialidades regionais;
  - as reais possibilidades do xisto como matéria prima petroquímica, através uma análise dos produtos básicos possíveis de serem obtidos, considerando-se uma usina com a capacidade de 63.000 b.p.d. de óleo de xisto, como básica para o estudo;
  - finalmente, do confronto das necessidades do país, de regionalização da demanda e das potencialidades do xisto, as conclusões.

**Autores:** Engº Químico JORGE CONRADO KOZAK  
Engº Químico pela UFP (1972)  
Engº de Processo e Novos Projetos da DOW QUÍMICA S.A. (1973/1975)  
Engº do Grupo de Projetos Petroquímicos do IPARDES desde 03/75  
- Engº Químico NORMANDO NEREU DE SOUZA COELHO  
. Engº Químico pela UFP (1965)  
. Pós Graduado em Eng<sup>a</sup> Produção pela UFRJ (1968)  
. Analista de Projetos do BADEP - Banco de Desenvolvimento do Paraná S/A (1966/1970)  
. Representante de Marketing da IBM do Brasil Ltda. - 1971/1975





- .Engº do Grupo de Projetos Petroquímicos do IPARDES desde 03/75
- .Professor Universitário desde 1969
- Engº Químico RICARDO CELINSKI
- Engº Químico pela UFP (1969)
- Engº Projetos da COOPERSUCAR (1970/1974)
- Engº de Operações CARGILL AGRÍCOLA S.A. (1974/1975)
- Engº do Grupo de Projetos Petroquímicos do IPARDES desde 03/75.



## 1 ASPECTOS INTRODUTÓRIOS

### 1.1 - Considerações Gerais

A indústria petroquímica baseia-se em matérias primas oriundas do processamento do petróleo e do gás natural, visando principalmente a produção de olefinas, aromáticos, amônia e metanol.

O processamento do gás natural fornece correntes de metano e etano que encontram importante aplicação como matéria prima petroquímica, afora seu uso para fins combustíveis. O gás natural seco é matéria prima eletiva para a fabricação de gás de síntese para amônia, metanol, reações oxo, foscênio e hidrogênio, além de outros produtos químicos e do enxofre recuperado.

Por outro lado, os hidrocarbonetos recuperados do gás natural úmido, como propano e butanos, representam importante matéria prima para a produção de olefinas.

O processamento do petróleo oferece frações e correntes intermediárias, gasosas e líquidas, que possibilitam a obtenção de produtos petroquímicos básicos, destacando-se gás de refinaria, naftas e gasóleos.

As correntes gasosas nas refinarias provêm, principalmente, dos processos de craqueamento e de reformação. Os gases de refinaria compreendem, além do hidrogênio, hidrocarbonetos parafínicos (de metano até butanos) e olefínicos (de eteno até butenos), bem como, outros componentes. Em condições especiais procede-se ao aproveitamento específico das olefinas (propeno e butenos) presentes nas correntes gasosas, assim como, do metano e hidrogênio contidos nos gases residuais. Cabe observar que, as quantidades desses componentes não são elevadas, e, via de regra não justificam a recuperação para hidrogênio, metano, etano e eteno como matérias primas.

A fração  $C_3 - C_4$ , propano e butano, representa matéria prima para produção de eteno e propeno em operações de pirólise, ou, em operações de desidrogenação para produção de propeno, butenos e butadieno.

A nafta constitui a matéria prima mais versátil, pois além de ser eletiva para a produção de aromáticos, por processo de reformação catalítica, fornece, ainda, olefinas (e aromáticos) por craqueamento (steam cracking) e gás de síntese (e hidrogênio) por reformação com vapor.

O gasóleo, tal como a nafta, pode fornecer olefinas (e aromáticos) por processos de craqueamento com vapor, e gás de síntese por oxidação parcial.

As frações mais pesadas e produtos residuais, como o óleo combustível podem fornecer gás de síntese por processo de oxidação parcial.



## 1.2 - Situação Brasileira

A situação de matérias-primas petroquímicas no Brasil, quanto a oferta, restringe-se, praticamente, àquela resultante dos produtos e subprodutos de petróleo originários do parque nacional de refino, e, principalmente, de nafta importada.

A situação do gás natural, pelos elementos conhecidos e divulgados sobre a extensão e reservas das jazidas identificadas, tanto para gás associado ao petróleo como para gás não associado, encontram-se limitadas às regiões do Recôncavo Baiano e Sergipe - Alagoas, em níveis modestos. Ocorre ainda, que toda a produção encontra-se praticamente alocada em projetos existentes e em desenvolvimento, afora emprego próprio nas operações de recuperação e extração do petróleo.

O parque nacional de refino, atualmente representado em sua quase totalidade, pelas refinarias da Petrobrás, encontra-se em fase de notável ampliação, devendo alcançar até 1978, segundo divulgado, a expressiva capacidade de 223.535 m<sup>3</sup> por dia de operação. Além de representar notável acréscimo sobre a capacidade vigente no início de 1974, a capacidade adicional que será instalada representa expressiva concentração na Região Centro Sul, considerando-se as ampliações da REGAP (MG) e REFAP (RS), acrescido da centralização do Estado de São Paulo: ampliação da REPLAN (SP) e implantação da REVAP (SP), sendo que a REPAR (PR) ainda irá capturar parcela do mercado de combustíveis hoje atendido por São Paulo.

Acresce ainda que todas as refinarias e ampliações nessa região serão dotadas de unidades de craqueamento catalítico (FCC) de porte, resultando em grande oferta de destilados leves e médios (naftas e gasóleos leves).

A disponibilidade de naftas e gasóleos, embora depende localmente do mercado de combustíveis a suprir, oferece perspectivas favoráveis a médio prazo para sua utilização como matéria-prima petroquímica.

## \* 1.3 - A Alternativa do Xisto

X A crise internacional de energia, ao lado de outros fatores ditados pelo bom senso, está estimulando uma racionalização maior na aplicação do petróleo. Além disso, desenvolve-se um processo de revisão da procura de energia, com ênfase para a substituição dos derivados de petróleo por outros combustíveis.

Para o Brasil, um dos instrumentos básicos desta política é o II PND que preconiza:

- a necessidade de se deduzir a nossa dependência em relação ao petróleo (substituindo-o por eletricidade, sempre que possível, e também por carvão, pela sua abundância no mercado); economizar petróleo, principalmente para utili-



zação em transporte; e reduzir no total de consumo de petróleo, a parcela importada. É estabelecida também uma política perfeitamente definida, em termos do uso e busca de novas fontes de energia, na qual inclui-se o desenvolvimento do programa do xisto.

Aspectos introdutórios deste trabalho, mostram, também, que a petroquímica brasileira é baseada em produtos originários do parque nacional de refino, nafta e gás oleo, gás natural de consumo ainda incipiente como básico petroquímico, e, principalmente, nafta importada.

Considerando-se o exposto acima e observando-se a natural evolução do mercado brasileiro de produtos petroquímicos - mostrado no capítulo II deste trabalho, urge a máxima utilização de recursos naturais do país.

Dentro deste contexto, este trabalho pretende mostrar as potencialidades do gás de xisto como matéria-prima petroquímica, levando-se em conta as grandes reservas existentes, bem como o estabelecimento de política de industrialização para o desenvolvimento econômico do Paraná, tendo como base fundamental, as disponibilidades de matéria-prima local, no caso, o seu mais rico recurso natural.



## 2. MERCADO BRASILEIRO DE PRODUTOS PETROQUÍMICOS

### 2.1 - Os Grandes Grupos Considerados

Na avaliação do mercado brasileiro de produtos petroquímicos, serão considerados as linhas de olefinas e aromáticos.

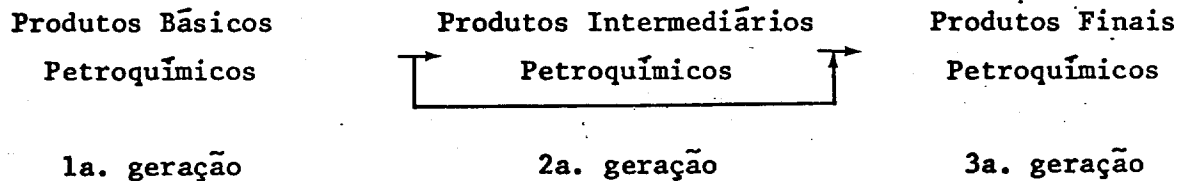
As projeções aqui apresentadas, são iniciadas pela projeção dos produtos petroquímicos finais, também chamados de terceira geração, que podem ser agrupados nas seguintes linhas.

- Plásticos
- Fibras
- Elastômeros
- Detergentes
- Fertilizantes Nitrogenados.

Não se apresenta aqui, as projeções de detergentes e fertilizantes nitrogenados, por serem considerados um estudo a parte.

Além das projeções dos produtos petroquímicos finais, também serão avaliados por determinação matricial os principais básicos e intermediários, ou sejam, produtos de primeira e segunda geração.

Para uma melhor elucidação, tem-se as seguintes relações de insumos e produtos petroquímicos.



### 2.2 - Aspectos Metodológicos

Para a projeção dos produtos petroquímicos no mercado brasileiro, foram utilizadas correlações de pares de valores entre o consumo e indicadores macro-econômicos, e, também, o consumo em função do tempo.

Foi dado maior ênfase ao estudo com os indicadores econômicos, visto que estes apresentam melhores resultados de projeção de consumo a longo prazo, e; para setores que apresentam processos de substituição de matérias-primas tradicionais.

Em se tratando de processos econômicos, foram escolhidas as funções polinomiais para representar as relações entre as variáveis.

O ajustamento de duas variáveis (regressão polinomial simples), foi feita pelo método dos mínimos quadrados.







Os indicadores macro-econômicos selecionados para este estudo foram: produto interno bruto, índice do produto industrial, renda interna da indústria de transformação e renda nacional.

Os indicadores foram também relacionados com a população, resultando desta forma outros indicadores, que são: produto interno bruto per capita, renda interna da indústria de transformação per capita e renda nacional per capita.

Os ajustamentos foram feitos a uma equação linear e do segundo grau:

$$Y = Ax + B \text{ e}$$

$$Y = Ax^2 + Bx + C$$

Também foi usado no caso de séries temporais a função exponencial, usando para a regressão, a mudança de variáveis, transformando desta maneira a equação primitiva em equação polinomial. (Anamorfose logarítmica simples).

$$Y = A \times B^X \quad (\text{função exponencial})$$

$$\lg Y = \lg A + X \lg B \quad (\text{função linear})$$

No caso de séries atemporais, foi utilizada a função potencial, empregando também, a mudança de variáveis (anamorfose logarítmica dupla).

$$Y = A \times X^B \quad (\text{função potencial})$$

$$\lg Y = \lg A + B \lg X \quad (\text{função linear})$$

Nas equações acima, de uma maneira geral tem-se;

Y = consumo de um produto petroquímico

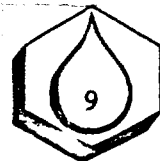
X = variável tempo ou indicador macro-econômico

A, B e C = coeficientes constantes

Nas projeções de séries de consumo global de produtos petroquímicos, foram elaboradas várias alternativas de correlação, e entre os resultados da projeção foi selecionada a melhor alternativa.

A partir da escolha do melhor modelo matemático de projeção, passou-se, por desagregação sucessiva, a projeção das percentagens de participação dentro de cada linha de produtos de 3a. geração (ou finais).

No esquema abaixo, é apresentada a maneira como foram consideradas a aplicação das projeções:



Projeção de Consumo

Projeção de Participação

Plásticos

Termoplásticos  
Termo-estáveis  
Resinas Plásticas

Fibras

Naturais  
Químicas { Artificiais  
                  { Sintéticas

Elastômeros

Naturais  
Regenerados  
Sintéticos

Além dos produtos mencionados acima, foram feitas as projeções de participação para todos os tipos de termoplásticos, termo-estáveis, resinas plásticas, elastômeros sintéticos, fibras artificiais e fibras químicas.

2.3 - Projeção do Mercado Brasileiro de Elastômeros

2.3.1 - Determinação do Modelo

Para a projeção de elastômeros, foram adotados os mesmos critérios conforme a descrição do item 2.2.

Todas as correlações foram baseadas nos indicadores econômicos, e, tiveram como melhor resultado, uma equação polinomial de 2a. ordem.

A melhor correlação foi com o índice do produto industrial, que ofereceu a seguinte equação:

$$C_E = 0,000347 P_i^2 + 0,61716 P_i - 3,74407$$

onde

$C_E$  = Consumo global de elastômeros x 1000, em toneladas.

$P_i$  = Índice do produto industrial com 1959 = 100.

O coeficiente de correlação desta equação é de 99,3%, e os resultados desta projeção, estão indicados no quadro abaixo.



QUADRO 2.I

Evolução do Consumo e Projeção de Elastômeros

	Unidade: 1000 t							
	EVOLUÇÃO DE CONSUMO					PROJEÇÃO		
	70	71	72	73	74	80	82	86
Elastômeros	142,7	162,0	182,7	228,4	253,6	430,0	540,0	865,0

Por desagregação sucessivas, são os seguintes os consumos para os elastômeros naturais, regenerados e sintéticos.

QUADRO 2.II

Evolução de Consumo e Projeção para Elastômeros Naturais, Regenerados e Sintéticos.

	Unidade: 1000 t							
	EVOLUÇÃO DE CONSUMO					PROJEÇÃO		
	70	71	72	73	74	80	82	86
Naturais	36,7	41,8	44,2	51,2	57,9	86,0	102,6	147,1
Regenerados	20,6	22,8	24,2	27,7	29,4	42,1	49,7	69,2
Sintéticos	85,4	97,5	114,3	149,5	166,2	301,9	387,7	648,7

Tendo sido determinados os valores de consumo para os elastômeros sintéticos, a distribuição dos seus principais tipos é apresentada no quadro abaixo:

QUADRO 2.III

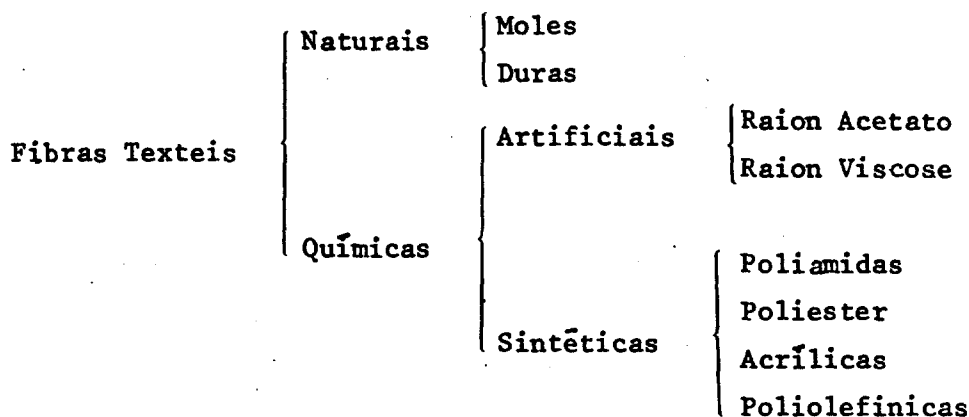
Evolução de Consumo e Projeção de Elastômeros Sintéticos

ELASTÔMEROS SINTÉTICOS	Unidade: 1000 t							
	EVOLUÇÃO DE CONSUMO					PROJEÇÃO		
	70	71	72	73	74	80	82	83
Estireno								
Butadieno	62,5	70,0	81,0	107,8	115,3	206,8	262,9	430,7
Polibutadieno	10,8	12,6	14,7	18,4	23,1	42,9	55,8	97,3
Butilica	5,8	7,0	7,6	9,0	10,3	15,4	12,2	25,9
Cloropreno	2,8	3,6	4,8	6,0	5,6	14,5	19,8	36,3
Nitrilica	0,8	1,1	1,1	1,5	2,0	3,6	4,6	8,4
Latices	2,1	2,2	3,2	3,9	5,0	7,8	10,5	17,5
Outros	0,7	1,0	1,7	3,2	4,5	10,9	15,5	32,4

## 2.4 Projeção do Mercado Brasileiro de Fibras

### 2.4.1 - Considerações Gerais

As fibras textéis são classificadas de acordo com o esquema abaixo, que indica também, as principais fibras em utilização.



Entre estes tipos existe ampla competitividade, observando-se a ocorrência de um processo de substituição das fibras naturais por produtos sintéticos.

### 2.4.2 - Determinação do Modelo

A metodologia empregada para as projeções foi a mesma estabelecida conforme o item 2.2.

Partiu-se da série do consumo global de fibras, correlacionado com indicadores econômicos.

O resultado destas projeções não foram satisfatórios, pois os valores das projeções foram bastante discrepantes.

Para melhor explicação do crescimento do consumo de fibras, adotou-se o critério de taxa geométrica de crescimento, considerando o período de 1963 a 1974, como base.

A equação de projeção é dada por,

$$CF_1 = CF_0 (1 + i)^t$$

onde:

$CF_1$  = Consumo de Fibras no ano  $t$ ;

$CF_0$  = Consumo de Fibras no ano  $t = 0$

Após o cálculo das projeções do consumo global, partiu-se, por desagregação sucessiva, para a projeção das percentagens de participação.

O quadro abaixo apresenta a projeção do consumo global de fibras.

QUADRO 2.IV

Evolução de Consumo e Projeção de Fibras

FIBRAS	Unidade: 1000 t							
	EVOLUÇÃO DE CONSUMO					PROJEÇÃO		
	70	71	72	73	74	80	82	86
Fibras	610,6	630,0	705,8	796,3	833,2	1.170,6	1.311,1	1.644,6

O quadro abaixo, apresenta os valores de projeção de consumo, baseada nas percentagens de participação das fibras naturais, artificiais e sintéticas.

QUADRO 2.V

Evolução de Consumo e Projeção de Fibras Naturais, Artificiais e Sintéticas

	Unidade: 1000 t							
	EVOLUÇÃO DE CONSUMO					PROJEÇÃO		
	70	71	72	73	74	80	82	86
Naturais	497,9	500,2	541,2	598,5	611,9	718,7	753,9	817,4
Artificiais	52,1	56,5	59,4	66,4	62,0	72,6	74,7	75,6
Sintéticas	60,6	73,3	105,2	131,3	159,3	379,3	482,5	751,6

Tendo-se os valores do consumo das fibras sintéticas e utilizando-se os critérios das projeções das percentagens de participações, temos os resultados do consumo de fibras sintéticas.

QUADRO 2.VI

Evolução de Consumo e Projeção de Fibras Sintéticas

FIBRAS SINTÉTICAS	Unidade: 1000 t							
	EVOLUÇÃO DE CONSUMO					PROJEÇÃO		
	70	71	72	73	74	80	82	86
Poliamidas	29,4	30,0	38,2	44,7	52,9	120,0	135,6	184,1
Poliéster	22,6	32,0	49,7	56,8	70,8	191,5	236,9	390,1
Acrílicas	8,6	11,3	17,3	16,6	18,2	47,4	54,0	75,2
Polipropileno	-	-	-	13,2	17,4	42,5	56,0	102,2
Total	60,6	73,3	105,2	131,2	159,3	401,5	482,5	751,6

Aplicando a projeção das percentagens de participação temos os resultados para as fibras artificiais.

QUADRO 2.VII

Evolução de Consumo Projeção de Fibras Artificiais

FIBRAS ARTIFICIAIS	EVOLUÇÃO DE CONSUMO					PROJEÇÃO		
	70	71	72	73	74	80	82	86
Raion Viscose	39,9	43,5	43,2	50,1	46,2	54,7	56,3	56,9
Raion Acetato	12,2	13,2	16,2	16,3	15,8	17,9	18,4	18,7
Total	52,1	57,4	59,4	66,4	62,0	72,6	74,7	75,6

Unidade: 1000 t

2.5 - Projeção do Mercado Brasileiro de Plásticos

2.5.1 - Considerações Gerais

Dois efeitos fazem sentir a evolução de consumo de plásticos:

- Processos de substituição de matérias-primas tradicionais (metais, madeiras, celulose, etc.), pelos produtos sintéticos.
- Intensa competitividade entre os diversos tipos de plásticos existentes, e em fase de introdução no mercado.

Ambos os processos são comandados pelas influências de parâmetros, destacando-se: preço, tradição e renda da população.

Como os processos produtivos e de processamento desses tipos de plásticos tornam desprezível a interface de competitividade entre eles, é conveniente setorizar os diversos plásticos em: termoplásticos, termo estáveis e resinas plásticas.

Os produtos plásticos foram assim considerados:

Termoplásticos

- Polietileno de alta densidade
- Polietileno de baixa densidade
- Cloreto de Polivinila
- Poliestireno
- Polipropeno

Resinas Plásticas

- ABS/SAN
- Acrílicas e Metacrílicas
- Acetato de Polivinila (50%)

- Poliuretanas
- Epoxi
- Resinas Termo-estáveis
- Fenólicas
- Poliéster
- Alquídicas
- Aminadas

### 2.5.2 - Determinação do Modelo

Baseando-se nas considerações metodológicas apresentadas no item 2.2, foi feita a projeção do consumo global de plásticos.

Dos resultados das alternativas de correlação, os valores encontrados utilizando-se produto interno bruto e produto interno bruto/capita, com coeficientes de correlação 99,8 e 99,4 respectivamente, apresentaram-se os melhores resultados.

Para efeito do trabalho, considerou-se o valor médio destas duas projeções como o válido em termos de resultado.

Desta forma, então, a média entre as duas projeções irá representar a projeção do consumo global de plásticos no Brasil.

Os dois modelos, assim selecionados, tem as seguintes equações representativas:

Modelo I

$$Y_1 = 0,1681 X_1^2 + 1,4507 X_1 - 115,8311$$

onde:

$$Y_1 = \text{Consumo global de plásticos, em toneladas} \times 10^3$$

$$X_1 = \text{Produto interno bruto, em Cr\$} \times \frac{1}{10^7}$$

Modelo II

$$Y_2 = 0,12776 X_2^2 + 0,93948 X_2 - 4,48109$$

onde:

$$Y_2 = \text{Consumo global de plásticos, em quilogramas/capita}$$

$$X_2 = \text{Produto interno bruto per capita, em Cr\$} \times \frac{1}{10^3}$$

Os resultados destas projeções estão apresentados abaixo:

## QUADRO 2.VIII

Evolução e Projeção do Consumo Global de Plásticos

MODELO	Unidade: 1000 t								
	EVOLUÇÃO DE CONSUMO					PROJEÇÃO DE CONSUMO			
	70	71	72	73	74	80	82	86	
Modelo I	-	-	-	-	-	1.637	2.205	3.971	
Modelo II	-	-	-	-	-	1.363	1.750	2.830	
Média	317,5	423,2	516,7	674,2	824,3	1.500	1.978	3.400	

Consumo de Plásticos, Fonte: STI/MIC

2.5.3 - Distribuição do Consumo

Após a determinação da projeção do consumo global de plásticos, foi estabelecida a distribuição do consumo de termoplásticos, resinas plásticas e termo estáveis.

A técnica usada foi a projeção das percentagens de participação. Os valores obtidos e relacionados com o consumo global, mostram o consumo destes plásticos.

Tendo sido determinados estes valores, e aplicando a mesma técnica anterior, determina-se a distribuição de consumo para os principais termoplásticos, resinas plásticas e termo estáveis.

Os resultados estão apresentados no quadro abaixo.

## QUADRO 2.IX

Evolução do Consumo e Projeção de Termoplásticos

TERMO- PLÁSTICOS	Unidade: 1000 t								
	EVOLUÇÃO DE CONSUMO					PROJEÇÃO			
	70	71	72	73	74	80	82	86	
Polietileno A.D.	15,0	25,2	28,5	40,6	54,5	111,4	154,4	295,8	
Polietileno B.D.	77,9	86,4	125,6	141,2	201,6	370,8	497,2	887,4	
Policloreto de Vinila	66,6	105,5	98,3	131,0	173,8	307,3	396,2	640,9	
Polipropeno	4,0	7,0	12,0	26,0	31,2	86,9	138,0	320,5	
Poliestireno	23,0	33,1	46,6	58,6	65,7	134,5	180,3	320,5	
Total	186,5	257,2	311,0	397,4	526,8	1.010,9	1.366,1	2.465,1	



**QUADRO 2.X**

Evolução do Consumo e Projeção de Resinas Plásticas

Unidade: 1000 t

R. PLÁSTICAS	EVOLUÇÃO DE CONSUMO					PROJEÇÃO		
	70	71	72	73	74	80	82	86
ABS/SAN	1,1	1,9	2,6	4,7	6,0	19,1	29,2	61,2
Acrílicas-Metac.	10,1	12,1	17,2	24,4	34,7	47,5	62,6	102,0
Acetato de Polivilina 50%	30,4	32,7	41,3	53,9	52,3	81,6	95,3	122,2
Poliuretanas	13,2	17,5	17,5	21,5	22,2	45,2	72,0	89,8
Epoxi	1,1	1,2	2,5	3,3	4,9	11,1	16,4	32,6
<b>Total</b>	<b>55,9</b>	<b>65,4</b>	<b>81,1</b>	<b>107,8</b>	<b>120,1</b>	<b>205,5</b>	<b>261,0</b>	<b>408,0</b>

**QUADRO 2.XI**

Evolução e Projeção de Consumo de Resinas Termo Estáveis

Unidade: 1000 t

R. TERMO ESTÁVEIS	EVOLUÇÃO DE CONSUMO					PROJEÇÃO		
	70	71	72	73	74	80	82	86
Fenólicas	13,6	16,9	19,0	26,5	27,3	44,2	54,2	79,1
Poliéster	6,6	7,9	10,6	13,7	15,9	24,7	31,0	47,4
Alquílicas	31,2	39,7	48,0	59,5	61,9	93,3	110,1	147,6
Aminadas	23,7	36,1	47,0	69,3	72,3	121,3	156,6	253,0
<b>Total</b>	<b>75,1</b>	<b>100,6</b>	<b>124,6</b>	<b>169,0</b>	<b>177,4</b>	<b>283,5</b>	<b>351,9</b>	<b>527,1</b>

**2.6 - Projeção a Nível de Produtos de 1ª. Geração**

Utilizando-se a metodologia de distribuição anteriormente descrita, e considerando-se a oferta planejada, pode-se estabelecer os quadros de balanço oferta x demanda de produtos básicos, conforme mostrado abaixo.

QUADRO 2.XII

Evolução de Consumo e Projeção de Demanda para Amônia – 1.000 t

PRODUTOS	70	71	72	73	74	80			82			86		
						Consumo	Oferta	Déficit	Consumo	Oferta	Déficit	Consumo	Oferta	Déficit
Fertilizantes Nitrogenados	276	278	412	346	373	1.105			1.544			3.012		
Acrilonitrila	10	13	20	20	22	54	60	(6)	60	60	(1)	97	60	37
Fibra acrílica	9	11	17	18	18	45	29	16	54	29	25	75	29	46
Resina ABS	1	2	3	5	6	19	10	9	29	10	19	61	10	51
Borracha Nitrílica	1	1	1	1	2	4	3	1	5	3	2	8	3	5
Caprolactama	10	11	14	16	19	62	35	27	75	35	40	101	35	66
Resina Acrílica e Metacrílica	10	12	17	24	35	48	39	9	63	39	24	102	39	63
Resinas Aminadas	24	36	47	69	72	121	104	17	157	104	53	253	104	149
HMTA	1	1	2	2	3	4	3	1	5	3	2	7	3	4
HMDA	9	9	12	14	16	32	17	15	38	17	21	52	17	35
TDI	6	8	8	10	10	21	23	(2)	27	23	4	43	23	20
Amonia Equivalente	395	405	592	529	575	1.607	2.078	(471)	2.214	2.078	136	4.216	2.078	2.138

QUADRO 2.XIII

Evolução de Consumo e Projeção de Demanda para Metanol – 1.000 t

PRODUTOS	70	71	72	73	74	80			82			86		
						Consumo	Oferta	Déficit	Consumo	Oferta	Déficit	Consumo	Oferta	Déficit
Formol ( Base 37%)	62	89	112	159	171	279	201	78	348	201	147	544	201	343
HMT	1	1	2	2	3	4	3	1	5	3	2	7	3	4
Resinas aminadas	24	36	47	69	72	121	104	17	157	104	53	253	104	149
Resinas Fenólicas	14	17	19	26	27	44	50	(6)	54	50	4	79	50	29
Pentarrítritol	2	3	3	4	4	6	5	1	8	5	3	10	5	5
Outros usos (10%)	6	8	10	14	15	25	—	—	32	—	—	49	—	—
Resina Acrílica e Metacrílica	10	12	17	24	35	48	39	9	63	39	24	102	39	63
DTM/ATP (Expresso como ATP)	25	35	55	62	78	199	135	64	261	135	126	429	135	294
Isopreno	—	—	—	—	—	34	31	3	41	31	10	59	31	28
Metanol equivalente	41	58	76	105	118	264	163	101	332	163	169	518	163	355

**QUADRO 2.XIV**

Evolução de Consumo e Projeção de Demanda para Eteno — 1.000 t

PRODUTOS	70	71	72	73	74	80			82			86		
						Consumo	Oferta	Déficit	Consumo	Oferta	Déficit	Consumo	Oferta	Déficit
Polietileno BD	78	86	126	141	202	171	288	83	497	488	9	887	488	399
AD	15	25	28	41	54	111	110	1	155	170	(15)	296	170	126
Estireno	39	52	69	89	100	200	220	(20)	266	300	(34)	467	300	167
Poliestireno	23	33	47	59	66	135	170	(35)	180	230	(50)	320	230	90
Resina ABS	1	2	3	5	6	19	10	9	29	10	19	61	10	51
SBR	62	70	81	108	115	207	190	17	263	260	3	431	260	171
Resina Poliester	7	8	11	14	16	25	29	(4)	31	29	2	47	29	18
PVC	67	106	98	131	174	307	271	36	396	421	(25)	641	421	220
PVA (50%)	30	33	41	54	52	82	84	(2)	95	84	11	122	84	38
Óxido de Eteno	15	22	34	35	52	123	140	(17)	161	140	21	265	140	125
Fibra poliester	23	32	50	57	71	181	146	35	237	146	91	390	146	244
Outros	11	17	26	26	41	94	—	—	123	—	—	203	—	—
Eteno equivalente	182	238	301	370	492	937	745	192	1.242	1.095	147	2.158	1.095	1.063

**QUADRO 2.XV**

Evolução de Consumo e Projeção de Demanda para Propeno — 1.000 t

PRODUTOS	70	71	72	73	74	80			82			86		
						Consumo	Oferta	Déficit	Consumo	Oferta	Déficit	Consumo	Oferta	Déficit
Polipropeno	5	8	14	46	58	151	100	51	229	150	79	497	150	347
Plásticos	4	7	12	26	31	87	—	—	138	—	—	320	—	—
Fibras	—	—	—	13	17	40	—	—	56	—	—	102	—	—
Fenol	26	29	35	44	49	88	65	23	106	65	41	149	65	84
Nylon 6.6	16	16	21	25	29	57	51	6	68	51	17	92	51	41
Resinas fenólicas	14	17	19	26	27	44	50	(6)	54	50	4	79	50	29
Acilonitrila	10	13	20	20	22	54	60	(6)	61	60	1	97	60	37
Fibras acrílicas	9	11	17	17	18	45	29	16	54	29	25	75	29	46
Resina ABS	1	2	3	5	6	19	10	9	29	10	19	61	10	51
Borracha nitrílica	1	1	1	1	2	4	3	1	5	3	2	8	3	5
Óxido de Propeno	18	24	24	30	31	63	90	(27)	80	90	(10)	126	90	36
Poliuretanas	13	17	17	21	22	45	58	(13)	57	58	(1)	90	58	32
Outros (prop.,res.,polies,etc.)	9	12	12	15	31	—	—	—	40	—	—	63	—	—
DDB	16	19	23	30	34	34	35	(1)	34	35	(1)	34	35	(1)
Octanol	5	7	11	14	19	50	47	3	70	47	23	136	47	89
Propeno equivalente	75	94	121	180	209	442	447	(5)	585	507	78	1.069	507	562

QUADRO 2.XVI

Evolução de Consumo e Projeção de Demanda para Isobuteno – 1.000 t

PRODUTOS	70	71	72	73	74	80			82			86		
						Consumo	Oferta	Déficit	Consumo	Oferta	Déficit	Consumo	Oferta	Déficit
Borracha butilica (IIR)	6	7	8	9	11	15	—	15	18	—	18	26	—	26
Isopreno	—	—	—	—	—	34	31	3	41	31	10	59	31	28
Pollisopreno	—	—	—	—	—	33	30	3	39	30	9	57	30	27
Isobuteno equivalente	6	7	8	9	11	53	51	2	64	51	13	92	51	41

QUADRO 2.XVII

Evolução de Consumo e Projeção de Demanda para Butadieno – 1.000 t

PRODUTOS	70	71	72	73	74	80			82			86		
						Consumo	Oferta	Déficit	Consumo	Oferta	Déficit	Consumo	Oferta	Déficit
Resinas ABS	1	2	3	5	6	19	10	9	29	10	19	61	10	51
SBR	62	70	81	108	115	207	190	17	263	260	3	431	260	171
Polibutadieno	11	13	15	18	23	43	50	(7)	56	50	6	97	50	47
Policloropreno (neopreno)	3	4	5	6	6	15	—	15	20	—	20	37	—	37
Borracha Nitrilica	1	1	1	1	2	4	3	1	5	32	—	8	3	5
Butadieno equivalente	62	65	76	99	110	206	194	12	265	194	71	447	194	253

QUADRO 2.XVIII

Evolução de Consumo e Projeção de Demanda para Tolueno – 1.000 t

PRODUTOS	70	71	72	73	74	80			82			86		
						Consumo	Oferta	Déficit	Consumo	Oferta	Déficit	Consumo	Oferta	Déficit
TDI	6	8	8	10	10	21	23	(2)	27	23	4	43	23	20
Solvente (90%)	39	51	51	63	65	133	—	—	167	—	—	265	—	—
Tolueno equivalente	43	57	57	69	72	146	231	(85)	184	(231)	(47)	289	231	58

QUADRO 2.XIX

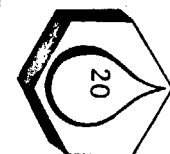
Evolução de Consumo e Projeção de Demanda para Xilenos – 1.000 t

PRODUTOS	70	71	72	73	74	80			82			86		
						Consumo	Oferta	Déficit	Consumo	Oferta	Déficit	Consumo	Oferta	Déficit
Anidrido ftálico	42	53	64	81	85	128	66	62	163	66	97	211	66	145
Resina poliéster	7	8	11	14	16	25	29	(4)	31	29	2	47	29	18
Resina Alquídica	31	40	48	59	62	93	87	6	110	87	23	148	87	61
Plastificantes ftálicos	25	32	39	48	51	76	94	(18)	91	94	(3)	125	94	31
DMT/ATP	25	35	55	62	78	199	135	64	261	135	126	429	135	294
Xileno equivalente	75	99	129	158	176	337	231	106	434	231	203	642	231	411

QUADRO 2.XX

Evolução de Consumo e Projeção de Demanda para Benzeno – 1.000 t

PRODUTOS	70	71	72	73	74	80			82			86		
						Consumo	Oferta	Déficit	Consumo	Oferta	Déficit	Consumo	Oferta	Déficit
Estireno	39	52	69	89	100	200	220	(20)	266	300	(34)	467	300	167
Poliestireno	23	33	47	59	66	135	170	(35)	180	230	(50)	320	230	90
Resinas ABS	1	2	3	5	6	19	10	9	29	10	19	61	10	51
SBR	62	70	81	108	115	207	190	17	263	260	3	431	260	171
Resinas poliéster	7	8	11	14	16	25	29	(4)	31	29	2	47	29	18
Fenol	26	29	35	44	49	88	65	23	106	65	41	149	65	84
Nylon 6.6	16	16	21	25	29	57	51	6	68	51	17	92	51	41
Resinas fenólicas	14	17	19	26	27	44	50	(6)	54	50	4	79	50	29
Caprolactama	10	11	14	16	19	62	35	27	75	35	40	101	35	66
Anidrido Maleico	2	2	3	4	5	8	14	(6)	10	14	(4)	14	14	0
DDB	16	19	23	30	34	34	35	(1)	34	35	(1)	34	35	(1)
Alquil Benzeno Linear	-	-	-	-	5	32	35	(3)	52	35	17	125	35	90
BHC	8	6	6	7	7	7	11	(4)	7	11	(4)	7	11	(4)
Clorobenzeno (DDT)	3	4	6	5	5	8	5	3	10	5	5	15	5	10
Benzeno equivalente	93	101	141	176	199	402	335	67	509	405	104	811	405	406





### 3. A REGIONALIZAÇÃO DA DEMANDA

#### 3.1 - Objetivo do Estudo

O estudo da regionalização da demanda, tem como objetivo básico principal, o estabelecimento de parâmetros técnicos para a alocação de centrais produtoras de insumos básicos.

Para o desenvolvimento deste estudo, considerou-se:

- uma subdivisão regional do Brasil, diversa da usual, visando uma melhor visualização na interpretação e análise dos resultados, levando-se em conta as facilidades de interconexão rodoviária e ferroviária;
- a abrangência para os grandes grupos da petroquímica; elastômeros, fibras e plásticos.

#### 3.1.1 - A subdivisão regional considerada

As regiões e seus estados componentes, aqui considerados, são:

- Região I - Rondônia, Acre, Amazonas, Pará, Amapá, Roraima, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia.
- Região II - Goiás, Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro.
- Região III - Mato Grosso, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

#### 3.2 - A metodologia

Para a determinação da regionalização da demanda, optou-se em recorrer a utilização de correlações entre pares de valores, os quais para este estudo foram; a renda/capita e o consumo/capita.

A utilização da renda/capita como parâmetro a ser correlacionado com o consumo/capita, tem sua justificativa no fato de ser o único indicador macro-econômico com valores distribuídos a nível de estado, a partir de dados oficiais (F.G.V. - Seção de Contas Nacionais).

Escolhidos os parâmetros, estabeleceu-se o coeficiente de correlação entre ambos, através regressão polinomial, sendo fornecidos, também, os coeficientes do polinômio representativo da equação de projeção.

As equações e os coeficientes de correlação encontrados para cada um dos grupos foram:

GRUPO	EQUAÇÃO	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO
1 Elastomêros	$Y = 0,0004351654 x - 0,5384226$	99,88
2 Fibras	$Y = 0,00052742682 x - 0,01367666$	98,64
3 Plásticos	$Y = 0,001777951 x - 0,05283389$	97,99





Cumprido ressaltar que os períodos considerados para a correlação foi o compreendido entre os anos de 1969 e 1973.

Os valores encontrados na projeção da demanda, foi considerado excessivamente otimista. No entanto, face, principalmente, ao alto grau de correlação entre os parâmetros considerados, adotou-se os valores de participação percentual da renda/capita regional na renda/capita total, como base para a distribuição regional da demanda.

Esta metodologia aplicada individualmente por estado, fatalmente acarretaria incorreções, as quais acredita-se estarem diluídas em função do universo considerado.

### 3.3 - Os valores obtidos

Aplicando-se os percentuais de participação da renda/capita regional na renda total, sobre os valores de demanda projetada, mostradas no capítulo anterior, e considerando a oferta planejada, estabeleceu-se o seguinte quadro de balanço oferta x demanda, para grupos petroquímicos.

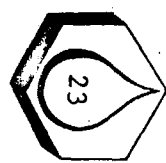
Após o quadro, para efeito ilustrativo visual, são apresentados mapas, com a subdivisão regional considerada, os valores do balanço oferta x demanda por grupo petroquímico a nível regional e pelo total.

QUADRO 3.I

Balanco Oferta x Demanda para os Grupos Petroquímicos (em 1.000 toneladas)

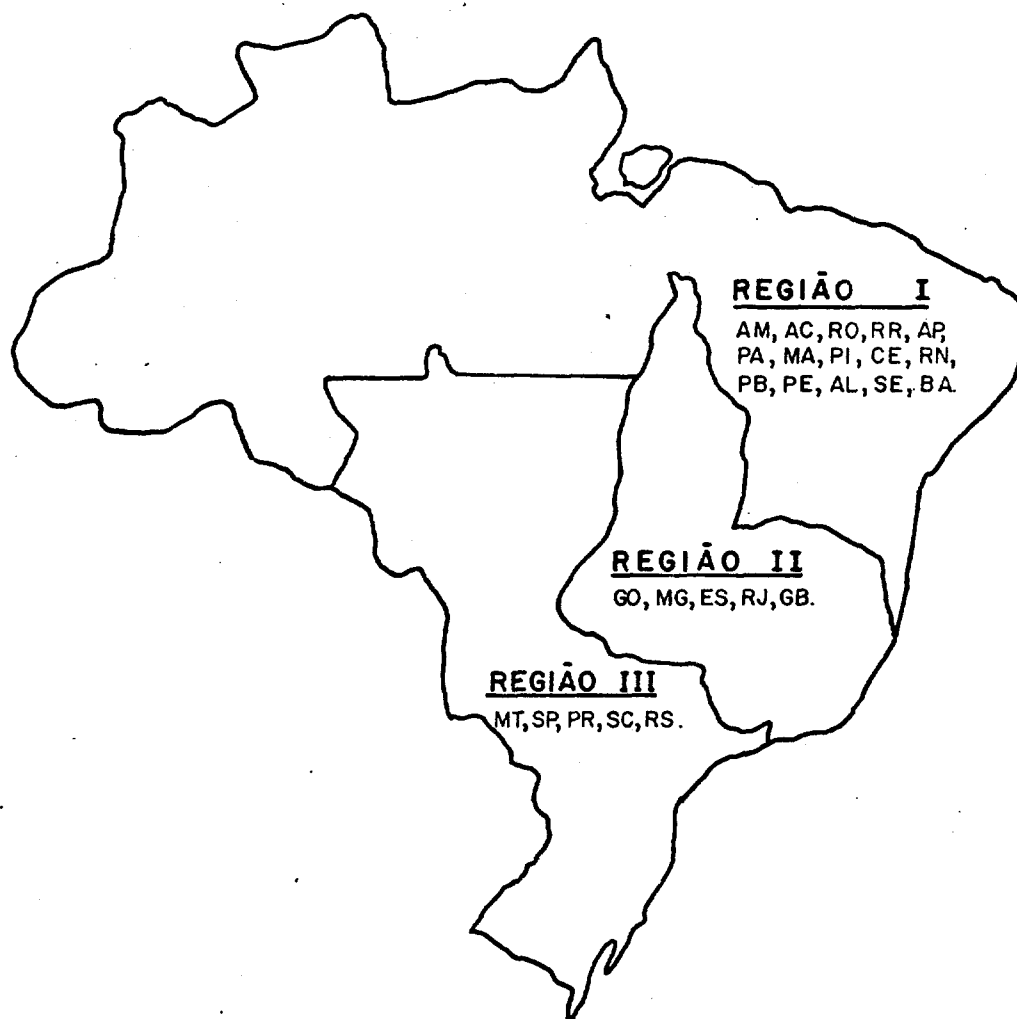
PRODUTOS	REGIÃO	1980			1982			1986		
		OFERTA	CONSUMO	DÉFICIT	OFERTA	CONSUMO	DÉFICIT	OFERTA	CONSUMO	DÉFICIT
Elastômeros	I	105	56	(49)	105	71	(34)	105	118	13
	II	172	100	(72)	172	127	(45)	172	210	38
	III	4	179	175	74	229	155	74	377	303
	TOTAL	281	335	54	351	427	76	351	705	354
Fibras	I	99	75	(24)	99	93	(6)	99	152	53
	II	25	135	110	25	166	141	25	241	216
	III	226	242	16	226	298	72	226	434	208
	TOTAL	350	452	102	350	557	207	350	827	477
Plásticos	I	434	251	(183)	434	330	(104)	434	568	134
	II	22	447	425	22	589	567	22	1.013	991
	III	966	802	(164)	1.486	1.058	(428)	1.486	1.819	333
	TOTAL	1.422	1.500	78	1.942	1.977	35	1.942	3.400	1.458
TOTAL	I	638	(382)	(256)	638	494	(144)	638	838	200
	II	219	682	463	219	882	663	219	1.464	1.245
	III	1.196	1.223	27	1.786	1.585	(201)	1.786	2.630	844
	TOTAL	2.053	2.287	234	2.643	2.961	318	2.643	4.932	2.289

CONGRESSO BRASILEIRO DE PETRÓLEO  
Do 8 a 12 de novembro de 1976 - Hotel Nacional





**FIG. 3.I - ELASTÔMEROS - 1980**  
(1.000t)



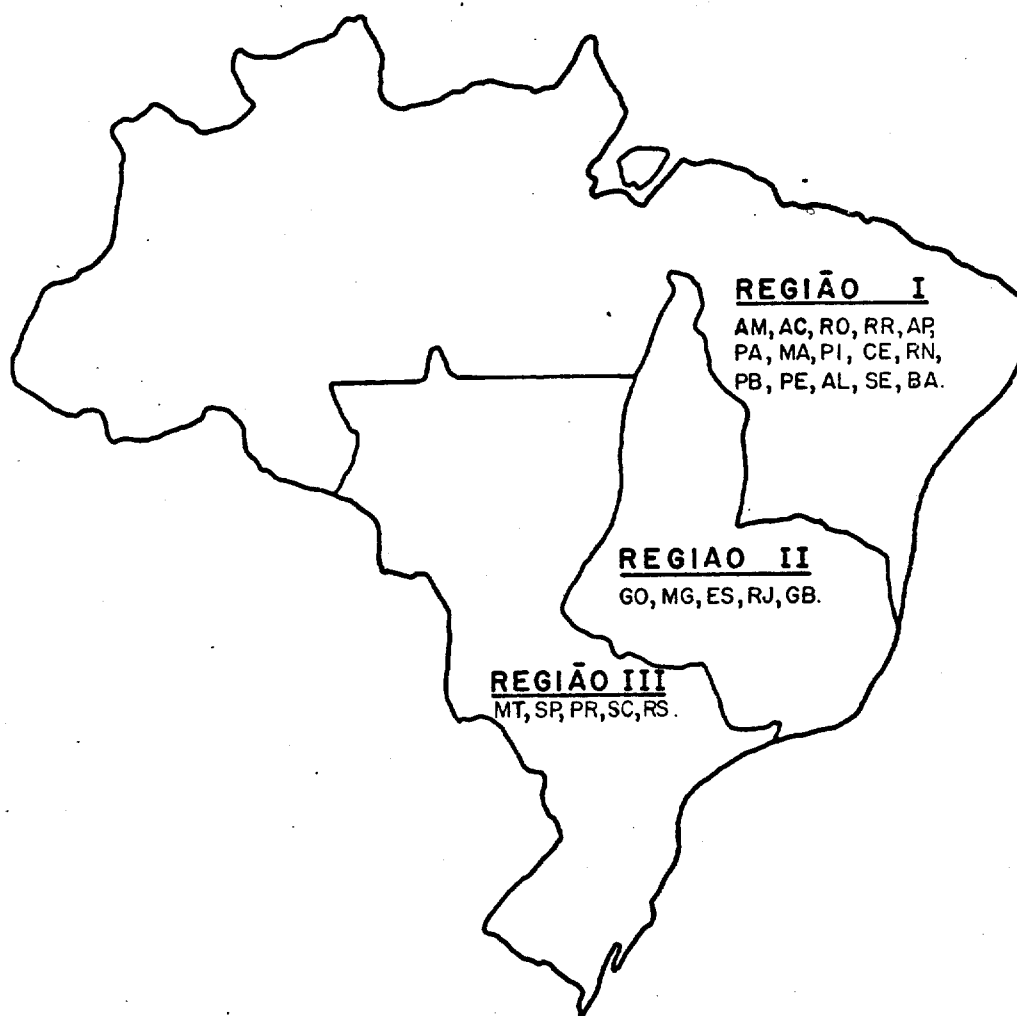
	OFERTA	CONSUMO	DÉFICIT
REGIÃO I	105	56	( 49)
REGIÃO II	172	100	( 72)
REGIÃO III	4	179	175
TOTAL	281	335	54

**FIG. 3.II - F I B R A S - 1980**  
**(1.000t)**



	OFERTA	CONSUMO	DÉFICIT
REGIÃO I	99	75	( 24 )
REGIÃO II	25	135	110
REGIÃO III	226	242	16
TOTAL	350	452	102

**FIG. 3.III - PLÁSTICOS - 1980**  
**(1.000t)**



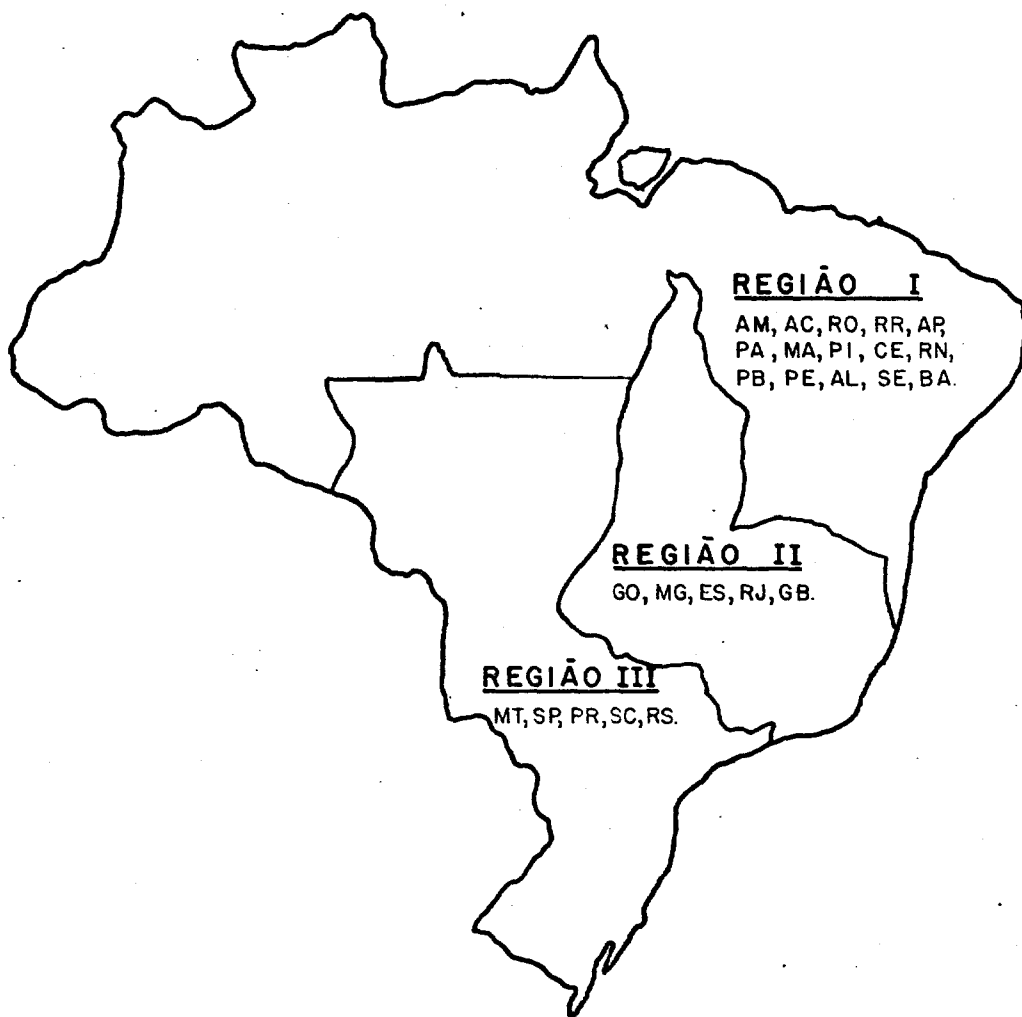
	OFERTA	CONSUMO	DÉFICIT
REGIÃO I	434	251	(183)
REGIÃO II	22	447	425
REGIÃO III	966	802	(164)
TOTAL	1422	1500	78

**FIG. 3.IV - PRODUTOS PETROQUÍMICOS - TOTAL 1980  
(1.000t)**



	OFERTA	CONSUMO	DÉFICIT
REGIÃO I	638	382	(256)
REGIÃO II	219	682	463
REGIÃO III	1196	1223	27
TOTAL	2053	2287	234

**FIG. 3.V - ELASTÔMEROS - 1982**  
(1.000 t)



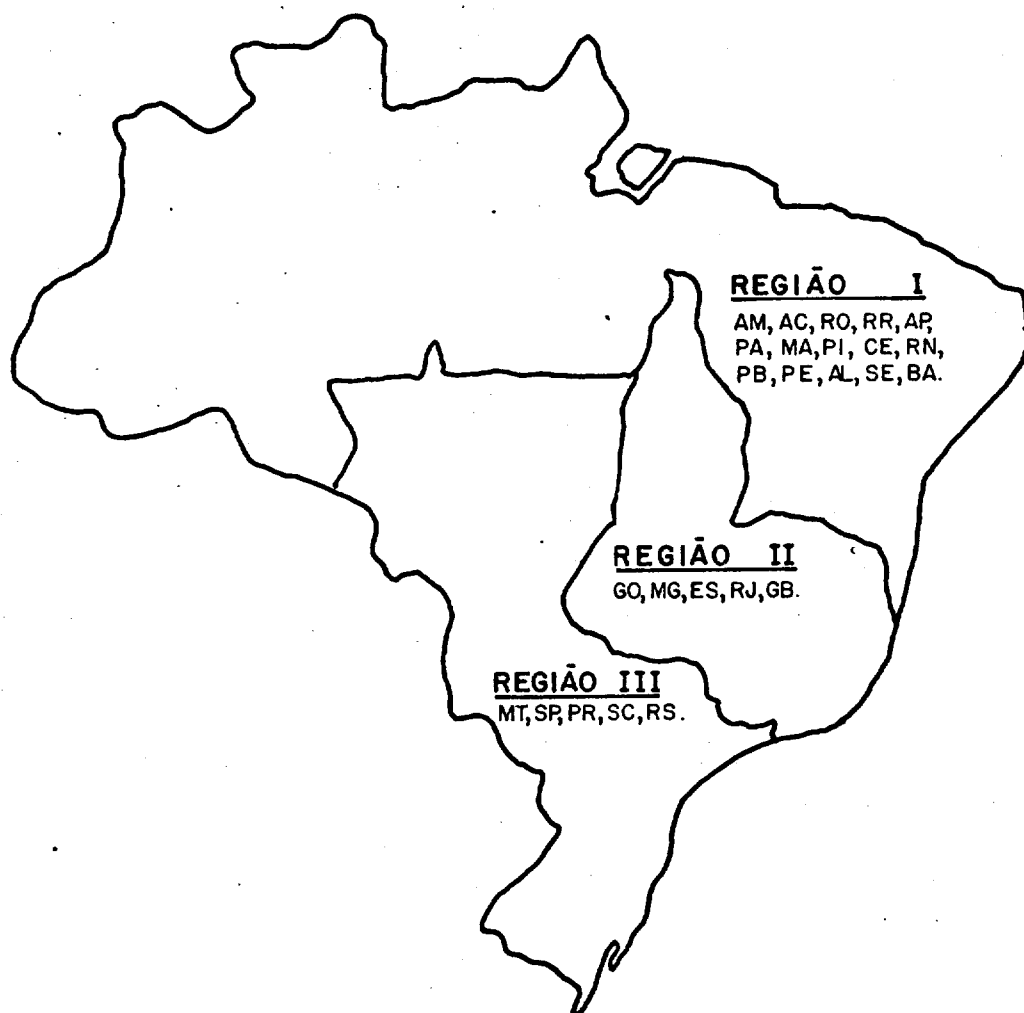
	OFERTA	CONSUMO	DÉFICIT
REGIÃO I	105	71	( 34)
REGIÃO II	172	127	( 45)
REGIÃO III	74	229	155
TOTAL	351	427	76

**FIG. 3.VI - FIBRAS - 1982**  
(1.000t)



	OFERTA	CONSUMO	DÉFICIT
REGIÃO I	99	93	( 6 )
REGIÃO II	25	166	141
REGIÃO III	226	298	72
TOTAL	350	557	207

**FIG.3.VII - PLÁSTICOS - 1982**  
(1.000t)



	OFERTA	CONSUMO	DÉFICIT
REGIÃO I	434	330	(104)
REGIÃO II	22	289	567
REGIÃO III	1486	1058	(428)
TOTAL	1942	1977	35

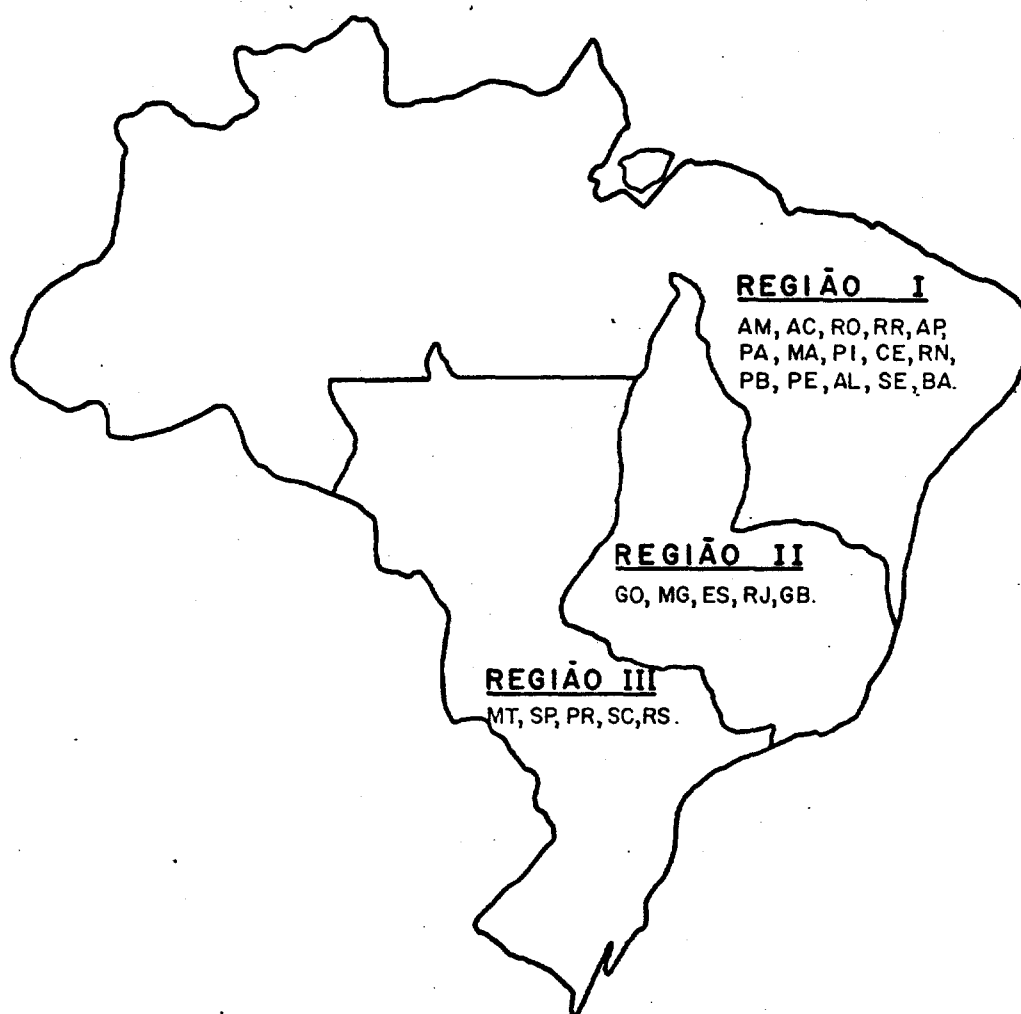
**FIG. 3.VIII - PRODUTOS PETROQUÍMICOS - TOTAL 1982**  
**(1.000t)**



	OFERTA	CONSUMO	DÉFICIT
REGIÃO I	638	494	(144)
REGIÃO II	219	882	663
REGIÃO III	1786	1585	(201)
TOTAL	2643	2961	318



**FIG.3.IX - ELASTÔMEROS - 1986**  
(1.000 t)



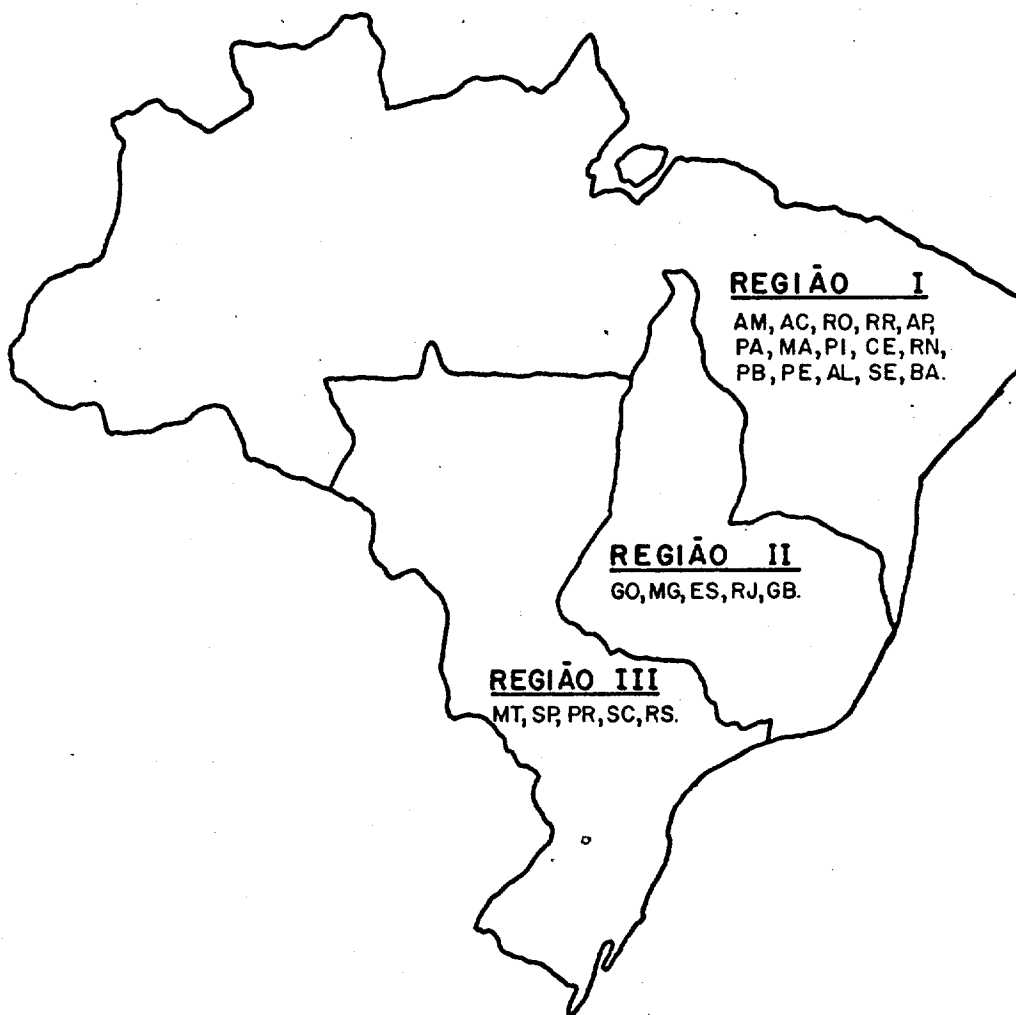
	OFERTA	CONSUMO	DÉFICIT
REGIÃO I	105	118	13
REGIÃO II	172	210	38
REGIAO III	74	377	303
TOTAL	351	705	354

**FIG. 3.X - FIBRAS - 1986**  
(1.000 t)



	OFERTA	CONSUMO	DÉFICIT
REGIÃO I	99	152	53
REGIÃO II	25	241	216
REGIÃO III	226	434	208
TOTAL	350	827	477

**FIG. 3. XI - PLÁSTICOS - 1986**  
**(1.000t)**



	OFERTA	CONSUMO	DÉFICIT
REGIÃO I	434	568	134
REGIÃO II	22	1013	991
REGIÃO III	1486	1819	333
TOTAL	1942	3400	1458

**FIG. 3.XII - PRODUTOS PETROQUÍMICOS - TOTAL 1986**  
**(1.000 t)**



	OFERTA	CONSUMO	DÉFICIT
REGIÃO I	638	838	200
REGIÃO II	219	1464	1245
REGIÃO III	1784	2630	844
TOTAL	2643	4932	2289



#### 4. O XISTO COMO MATÉRIA-PRIMA PETROQUÍMICA

##### 4.1 - Considerações Gerais

##### 4.1.1 - Caracterização do xisto

Os folhelhos oleíferos, rochas oleíferas sedimentares, classificam-se como betuminosos quando contêm matéria orgânica (betume) separável por extração com solventes e como pirobetuminosos quando a matéria orgânica presente (querogênio) é insolúvel, somente fornecendo o material betuminoso por processamento em elevada temperatura (pirólise).

Apesar do termo xisto representar geologicamente as rochas metamórficas de origem sedimentar sem matéria orgânica, generalizou-se no Brasil a denominação de xisto para as rochas oleíferas brasileiras, essencialmente pirobetuminosas.

##### 4.1.2 - Reservas brasileiras

A formação Irati, que se estende desde São Paulo até a fronteira do Uruguai, constitui a mais importante reserva do Brasil, apesar de outras ocorrências importantes como as reservas do Vale do Paraíba.

Na formação Irati destaca-se a área de São Mateus com depósitos apresentando características favoráveis de exploração, pois são constituídos de duas camadas alternadas com ligeiro capeamento (2m) na superfície, profundidade total de 20m e um teor médio de 7,4% em óleo.

As reservas recuperáveis de óleo em São Mateus foram estimadas em 95 milhões de m<sup>3</sup> (600 milhões de barris), apenas para uma área teste de 80 km<sup>2</sup>. Ao longo de toda a formação, as estimativas alcançam 130 bilhões de barris.

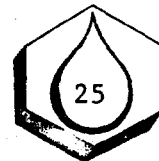
##### 4.1.3 - Evolução e situação atual

Vários esforços foram desenvolvidos até hoje, visando o aproveitamento do xisto, destacando-se as atividades da CIRB, que não chegaram a bom termo, e os trabalhos da Petrobrás - Superintendência de Industrialização do Xisto - SIX.

As reservas do Vale do Paraíba foram estudadas por algum tempo pela SIX, entretanto, as características superiores das reservas de Irati tornaram-se mais atrativas do ponto de vista de sua geologia, maior simplicidade no processamento e custos de produção mais baixos. A SIX concentra suas atividades atualmente, na Formação Irati.

Após vários testes realizados em usina piloto, concluiu-se que os processos de retortagem do xisto conhecidos no mundo, não se aplicavam aos depósitos de Irati. Pesquisas desenvolvidas pela Petrobrás levaram ao chamado Processo Petrosix.

Estes estudos iniciais sobre as reservas de Irati concluíram pela construção de uma unidade semi-industrial com vistas ao emprego deste processo - Usina Protótipo de São Mateus do Sul no Paraná.



#### 4.2 - O Processo Petrosix

O processo desenvolvido pela Petrobrás se fundamenta, basicamente, no escoamento de sólidos gravitacionalmente em contra corrente com um fluxo gasoso (gás de Processo) aquecido externamente ao vaso de pirólise.

O xisto britado entra no topo da retorta vertical e desce por gravidade atravessando zonas distintas de secagem, aquecimento, retortagem (havendo aí decomposição térmica) e resfriamento do resíduo. O xisto retortado é retirado por mecanismo de descarga especial, sendo recolhido em selo de água (última zona) e transportado para áreas submersas de depósito (represa).

Os gases efluentes do vaso de pirólise se constituem de: vapor d'água, gás de xisto, e vapor de óleo que em seguida são enviados para uma seção de recuperação de hidrocarbonetos líquidos pesados. A corrente gasosa, após compressão, forma o reciclo quente e o reciclo frio, além de uma corrente de gás produto. O reciclo quente passa por um sistema de aquecimento em fornalha e é injetado a meia altura da retorta, ao passo que o reciclo frio é injetado na base da mesma.

A corrente restante do gás produto é enviada a um sistema de recuperação, onde se condensam os hidrocarbonetos leves. A parte não condensável é levada a uma unidade de extração de gás sulfídrico, onde se obtêm: enxofre e gás depurado. Do gás depurado se obtém combustível rico em hidrogênio.

Um fluxograma do processo Petrosix é mostrado na Figura 4.I.

#### 4.3 - Usina Protótipo de Irati

A Usina Protótipo de Irati consta, basicamente, das unidades assim discriminadas:

- mineração a céu aberto e transporte do material até o britador;
- britagem, classificação, estocagem, amostragem e transporte até o vaso da pirólise;
- pirólise do xisto e recuperação do óleo pesado;
- coleta do xisto retortado, transporte e descarte em uma represa;
- recuperação do óleo leve do gás;
- armazenamento do produto líquido;
- recuperação do enxofre;
- Casa de Força;
- produção de óleo combustível;
- manipulação de enxofre.

O dimensionamento da usina protótipo, permite o processamento do xisto e a obtenção de produtos, como indicado:

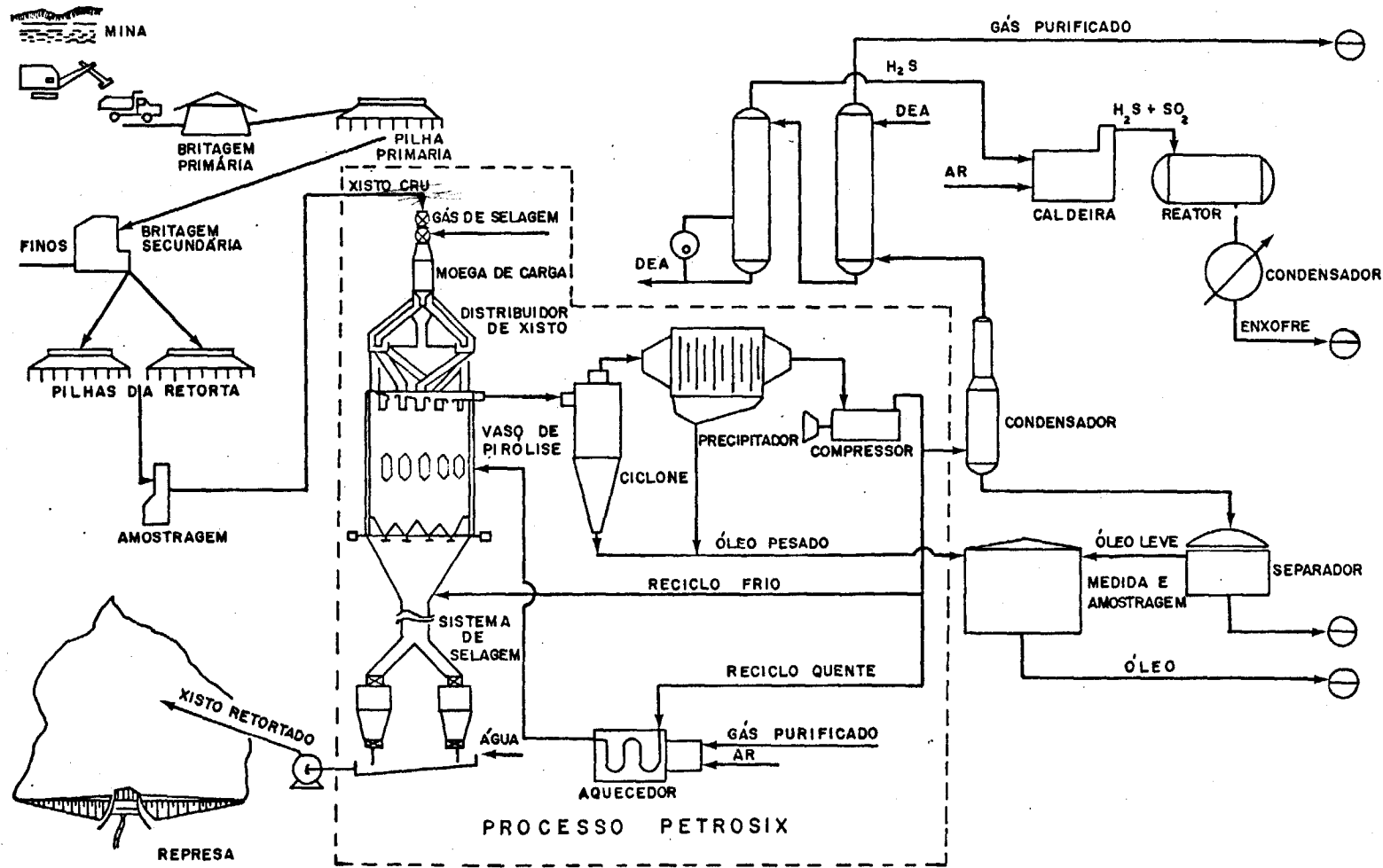


FIG. 4.1 FLUXOGRAMA DE PROCESSAMENTO DE XISTO PELO PROCESSO PETROSIX

<u>Matéria-prima</u>	<u>Quantidade diária</u>
- xisto	2.200 toneladas

Produtos.

- óleo de xisto	1.000 barris
- gás combustível	36.500 m <sup>3</sup>
- enxofre	17 toneladas.

A usina protótipo encontra-se em operação, cumprindo programa de pesquisa mediante a execução de testes e análise do desempenho dos equipamentos, bem como o estudo das variáveis de processo visando o projeto em escala industrial, desde meados do ano de 1973.

4.4 - A Usina Industrial

Um dos resultados da fase de testes da Usina Protótipo de São Mateus do Sul, é o estudo de viabilidade econômica para a produção em escala industrial, conduzido pela Superintendência de Industrialização do Xisto, e cujos resultados, segundo o divulgado, são altamente favoráveis.

Dentro, ainda, do que se tem conhecimento pelas divulgações já feitas sobre a Usina Industrial, está se considerando, para efeito deste trabalho, uma capacidade de produção de 63.000 barris por dia, o que corresponde a aproximadamente a 100.000 t/dia de xisto a ser industrializado.

Um esquema básico estimativo, resultando do processamento diário de 100.000 toneladas de xisto, será o seguinte:

<u>Matéria-prima:</u>	100.000 t
<u>Produtos:</u>	
- óleo de xisto	63.000 barris
- enxofre	810 t
- GLP	450 t
- gás combustível	1,8 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
- nafta	4.000 barris

Para a unidade assinalada, foram contemplados dois esquemas básicos quanto as necessidades térmicas e relativas ao consumo próprio do óleo e do gás gerados na usina:

<u>Consumo diário</u>	<u>Esquema 1</u>	<u>Esquema 2</u>
óleo - barris	18.000	12.000
gás - m <sup>3</sup>	-	1,8 x 10 <sup>6</sup>

Um dos esquemas prevê, portanto, que toda a produção de gás consumida na própria unidade para satisfazer a sua demanda térmica.



#### 4.5 - Matérias-Primas do Processamento do Xisto

##### 4.5.1 - Óleo do Xisto como Matéria-Prima

Os óleos de xisto apresentam propriedades físicas e químicas que dependem dos xistos dos quais foram extraídos, bem como dos processos de retortagem utilizados na sua obtenção.

Para uma mesma faixa de destilação, os óleos de poço e do xisto apresentam diferenças acentuadas. Os óleos de xisto, em geral, apresentam as seguintes características que os diferenciam do petróleo:

- alto teor de hidrocarbonetos insaturados e de aromáticos;
- ausência de hidrocarbonetos naftênicos;
- presença de compostos heterocíclicos de nitrogênio, oxigênio e enxofre.

Dessas características dos óleos de xisto decorre que os mesmos:

- não são cargas recomendáveis para o craqueamento catalítico;
- geram naftas pobres para reforma catalítica, face a insaturação elevada;
- podem constituir veneno para catalisadores usualmente empregados nos processos de refino, em vista dos compostos heterocíclicos mencionados.

De um modo geral, pode-se supor, o uso de processos convencionais de tratamento químico do óleo (p.e., hidrogenação do mesmo), antes da refinação.

Assim, os esquemas de refino mais adequados aos óleos de xisto, deverão ser desenvolvidos para cada caso particular, visando ao seu aproveitamento como substituto do óleo de poço. O objetivo principal desse procedimento, é obter produtos como: gasolina, querosene, solventes, óleos combustíveis, óleo diesel e coque, como principais.

É o caso do óleo de xisto de Irati, com características indicadas no Quadro 4.I, objeto de estudos da Petrobrás no sentido de determinar os melhores esquemas para seu aproveitamento.

#### QUADRO 4.I

##### Características do Óleo de Xisto

Característica	Unidade	Valor Médio (aprox.)
Densidade	g/cm <sup>3</sup>	0,94
Viscosidade (a 38°C)	cs	29
Teor de enxofre	% Peso	0,72
Teor de nitrogênio	% peso	0,85
Teor de sólidos	% peso	0,2
Ponto de fulgor	°C	45
Relação Carbono/Hidrogênio	-	7,2 (*)

(\*) A relação C/H para o petróleo varia de 6 a 7.



#### 4.5.2 - Aproveitamento do Gás de Xisto

Com base nas notícias sobre o desempenho da retorta da usina protótipo de I-rati, o Quadro 4.II apresenta a composição do gás de pirólise do xisto correspondente a uma estimativa extrapolada para uma unidade industrial de 63.000 barris/dia de óleo de xisto, processando cerca de 100.000 t/dia de xisto.

Os principais problemas que surgem no tratamento de gás de pirólise do xisto, a saber:

- retirada da água;
- retirada dos hidrocarbonetos mais pesados;
- retirada dos elementos ácidos ( $H_2S$  e  $CO_2$ ),

não oferecem maiores dificuldades, em decorrência da tecnologia existente para o tratamento de correntes gasosas.

#### QUADRO 4.II

##### Composição Aproximada de Gás de Pirólise de Xisto

(Unidade industrial: 100.000 t/dia de xisto).

PRODUTO	% EM VOLUME	PREVISÃO DE PRODUÇÃO (t/dia)
$H_2S$ e outros compostos de enxofre	21,4	930
$O_2$	0,9	30
$N_2$	4,8	170
$CO_2$	4,8	260
CO	0,9	30
$H_2$	25,3	60
Metano	19,5	385
Etano	7,2	270
Eteno	2,5	90
Propano e Propeno	6,0	320
Butano e Buteno	3,6	250
Mais pesados	2,9	305
TOTAL	100	3.100
Peso molecular médio	25,2	



Em termos de um balanço material poderiam ser separados deste gás, para fins de utilização, os seguintes componentes nas quantidades teóricas:

Fração C <sub>3</sub> /C <sub>4</sub> (GLP)	550 t/dia
Mais pesados	300 t/dia

Destes produtos, o GLP poderia ser utilizado como tal para fins combustíveis, e, a fração dos mais pesados constituiria uma fração de nafta absorvida na produção de gasolina.

Outro produto oriundo do gás de pirólise do xisto é o enxofre, produzido a partir do H<sub>2</sub>S.

A fração restante iria constituir o chamado gás combustível.

Este gás apresentaria uma composição aproximada, indicada no Quadro 4.III cujos quantitativos correspondem à produção diária para o processamento do gás de pirólise previsto para a unidade industrial imaginada. O volume de gás combustível seria da ordem de 1,8 milhões de m<sup>3</sup>/dia.

QUADRO 4.III

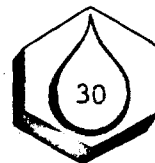
Composição Aproximada do Gás Combustível de Xisto

(Unidade industrial: 100.000 t/dia de xisto)

COMPONENTES	% EM VOLUME	t/dia
H <sub>2</sub>	41,4	60
CO	1,5	30
N <sub>2</sub>	7,9	170
O <sub>2</sub>	1,4	30
Metano	31,9	385
Etano	11,8	270
Eteno	4,1	90
TOTAL	100	1.035
Relação Carbono/Hidrogênio, em peso:		2,6
Poder calorífico, Kcal/m <sup>3</sup> a 0°C		6.900
Peso molecular médio		13,7

Para o gás combustível a ser produzido acham-se consideradas duas finalidades básicas, ambas no âmbito da própria usina:

- atendimento à demanda térmica da unidade;



- hidrogenação do óleo do xisto para posterior refinação.

Caso ocorra, como solução preliminar, o comprometimento do gás para os fins referidos, não haverá possibilidade de utilização do mesmo para atender, como matéria-prima petroquímica, a consumidores de vulto em consequência da pequena disponibilidade resultante.

#### 4.6 - Perspectivas de Oferta

A oferta de matérias-primas para emprego petroquímico pelo óleo de xisto, não oferece perspectivas que possam ser identificadas em vista dos escassos conhecimentos sobre o mesmo. Ademais, a tecnologia existente para a produção de olefinas, de aromáticos e de gás para síntese da amônia e do metanol, não permite o emprego das frações líquidas oriundas do processamento do xisto, porquanto as mesmas, além de inadequadas para craqueamento e para reformação, contêm compostos que podem constituir veneno para operações de catálise.

Por outro lado, o panorama é distinto para o gás de pirólise de xisto, nomeadamente o chamado gás final do xisto (gás combustível), que permite o emprego de técnicas de separação dos componentes existentes, principalmente com o desenvolvimento das técnicas criogênicas.

Uma possibilidade de oferta que não pode deixar de ser mencionada, é relativa a presença de importantes matérias-primas no gás final (gás combustível) que poderiam ter emprego para fins petroquímicos, como etano e metano, eteno e hidrogênio. As quantidades presentes, ocorrem em níveis que poderiam justificar separação criogênica, servindo o etano para produção de olefinas (em adição ao eteno já presente) e o metano sendo empregado para geração do gás de síntese ( $H_2$  e  $CO$ ) que, acrescido do hidrogênio existente, seria destinado à fabricação de amônia, metanol ou produtos oxo.

A separação dos hidrocarbonetos presentes (71,3% em peso) no gás final do xisto, ao nível da unidade industrial forneceria as quantidades aproximadas dos seguintes produtos de interesse imediato como matéria-prima:

	<u>Quantidade diária</u>	
	<u><math>10^6</math> ft<sup>3</sup></u>	<u>toneladas</u>
Gás de xisto	64,9	• 1.035
Produtos		
- Metano	20,3	385
- Etano	6,8	270
- Eteno	2,6	90



Estas quantidades permitem a produção anual de 175.000 t de amônia, ou então de 190.000 t de metanol, somente baseada no metano e de 100.000 t de eteno baseada em etano acrescido do etano existente.

Um dos esquemas de aproveitamento dos gases leves é corrente  $C_2$ , a partir do gás de xisto, está indicada na alternativa 1 da Fig. II.

A produção oferecida por este esquema seria do nível das unidades do porte existentes para a amônia e considerável para o eteno.

Produtos	t/dia	t/ano
Eteno	300	100.000
Amônia	910	303.000

Há que se considerar ainda, as possibilidades de aproveitamento da fração de GLP (frações  $C_3-C_4$ ), cujo esquema está mostrado na alternativa 2 da Fig. II. As produções diárias estão apresentadas no quadro 4.II, para produção de eteno, cujos volumes de recuperação são os seguintes.

Fração $C_3-C_4$ do gás, t/dia	Conversão em eteno t/dia
Propano - 320	130
Butano - 250	100
Eteno recuperado	230

Desta maneira, as possibilidades de oferta de insumos básicos a partir do gás de pirólise do xisto, passariam aos seguintes volumes.

Produtos	t/dia	t/ano
Eteno	530	174.900
Amônia	910	303.000

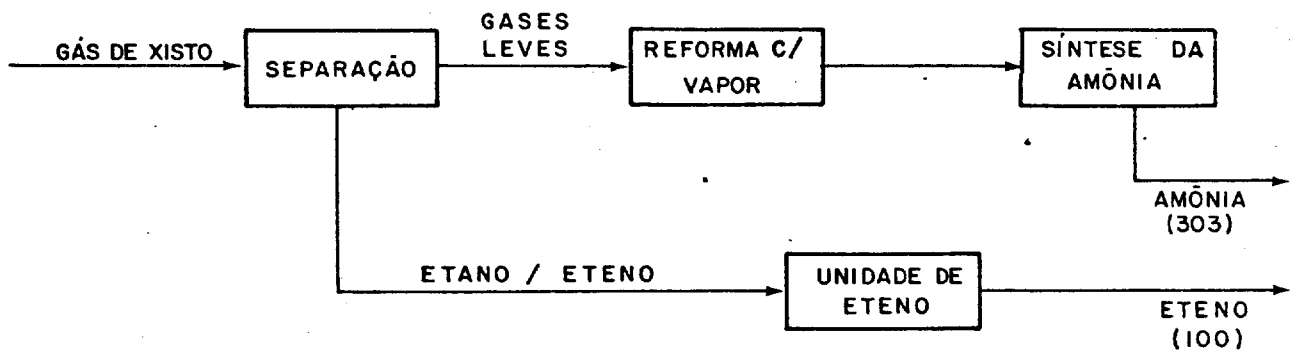
Cumpra lembrar também, que a finalidade básica desta Usina Industrial aqui considerada é puramente energética, não havendo portanto, a preocupação de fornecimento de matéria prima Petroquímica.

## FIG.4.II APROVEITAMENTO PETROQUÍMICO DO GÁS FINAL DO XISTO

Unidade : toneladas 1000 / ano

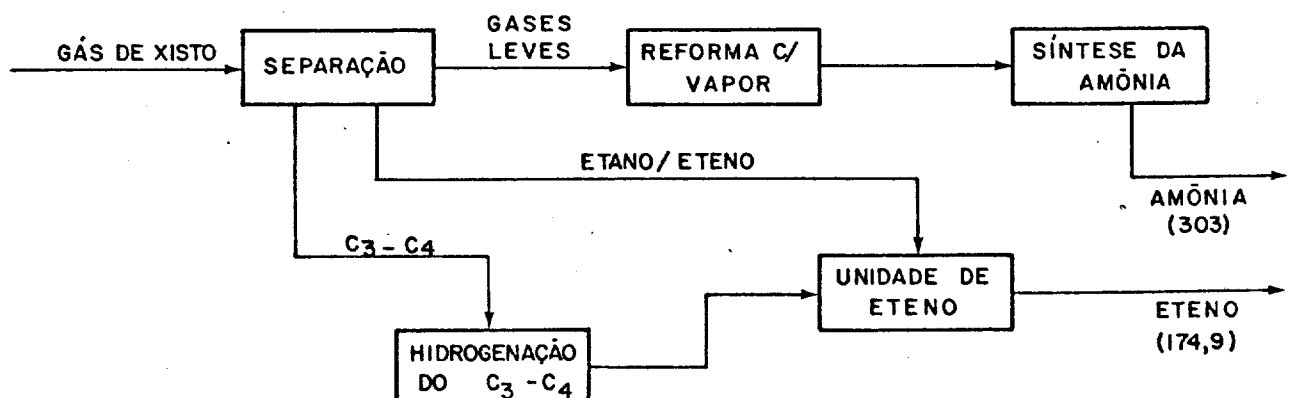
### ALTERNATIVA 1 :

ESQUEMA DE APROVEITAMENTO DOS GASES LEVES E DA CORRENTE C<sub>2</sub>.



### ALTERNATIVA 2 :

ESQUEMA DE APROVEITAMENTO DOS GASES LEVES , DA CORRENTE C<sub>2</sub> E C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>.



## 5. CONCLUSÕES

Nos capítulos anteriores deste trabalho, foram abordados aspectos da indústria petroquímica brasileira, no que se refere a:

- alternativas de matérias-primas empregadas;
- o mercado como um todo, a níveis dos grandes grupos petroquímicos e de produto;
- o mercado a nível de grandes grupos, considerando uma regionalização de demanda;
- as possibilidades de oferta do xisto, em termos de matéria-prima petroquímica, a partir do seu gás de pirólise.

Para o desenvolvimento deste capítulo de conclusões, ter-se-á que analisar, primeiramente, os resultados mostrados nos quadros de oferta x demanda, e inferindo aos déficits obtidos, as considerações necessárias, para o estabelecimento do equilíbrio.

Observa-se do quadro 4.III que o total do déficit em produtos petroquímicos é da ordem de 2.289.000 toneladas, correspondendo 200.000 toneladas à região I, 1.245.000 à região II e o saldo de 845.000 toneladas para a região III.

O valor total deste déficit corresponde, também, a implantação de praticamente 3 novos polos petroquímicos do porte do COPEL, já definido para o Rio Grande do Sul.

Considerando-se os déficits regionais, podemos concluir que;

- haverá necessidade de um polo petroquímico a ser definido, para a região II, baseado, principalmente, numa demanda reprimida de plástico.
- poder-se-á considerar uma expansão do COPEL, ao nível até, de atendimento da parte da demanda da região II, que porventura não for coberta, pelo polo acima citado, p. ex. - desenvolvimento do grupo de fibras.
- haverá necessidade de novo polo petroquímico na região III, com participação praticamente idêntica, para os três grupos aqui considerados.

Dentre os fatores locacionais geralmente considerados, para este tipo de definições, na atual conjuntura, imposta pela crise mundial de energia, torna-se bastante importante a viabilidade de utilização de recursos naturais locais, como fonte de suprimento de insumos básicos.

A partir desta premissa, pode-se estabelecer que;

- a região II estaria atendida através os recursos do óleo e/ou gás associado da região de Campos.
- a região I, já tendo uma estrutura não só de produtos, mas também, e principalmente, de matéria-prima, seria a de mais fácil solução;
- finalmente, a região III, forçosamente teria que considerar o xisto como a opção natural, por ser a única matéria-prima petroquímica nativa da região, e os seus volumes, conforme mostrado no capítulo anterior, permitem perfeitamente a sua



consideração, como fonte de suprimento de insumos básicos.

Do ponto de vista estratégico, a alocação de uma central produtora de matéria-prima no Paraná, e por extensão, para as demais regiões consideradas, atende a uma premissa básica para o desenvolvimento de regiões cujas atividades socio-econômicas baseiam-se na agricultura.