

338.981

E63

TRA

Was

enx

~~PROVIMENTO~~

# INFRA-ESTRUTURA

M.P.C.G. - Instituto de Pesquisa  
Econômico-Social Aplicada - (IPEA)  
SETOR DE DOCUMENTAÇÃO

PERSPECTIVAS PARA A PRODUÇÃO  
DE ENXOFRE NO BRASIL

Adolpho Wasserman (IPEA) e Marcos L. Santos  
(PETROBRÁS)

<sup>a ser</sup>  
Trabalho ~~USCO~~ apresentado ao  
XVI Congresso Brasileiro de  
Química e I Simpósio Brasileiro de  
Petroquímica.

- novembro - 1967

[Rio de Janeiro, IPEA]

IPEA  
045

*Doação 4,00*

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO	
INSTITUTO DE PESQUISA	
ECONÔMICO-SOCIAL APLICADA	
F	(IPEA)
N.º 3212	
Data 13 / 3 / 69	

PERSPECTIVAS PARA A PRODUÇÃO  
DE ENXÓFRE NO BRASIL

I N D I C E

	<u>Página</u>
1. Introdução .....	1
2. Usos do Enxôfre .....	2
3. Evolução do Consumo .....	4
3.1 - Situação Mundial .....	6
3.2 - Situação Brasileira .....	7
4. Projeção da Demanda .....	10
4.1 - Demanda Futura .....	10
4.2 - Estratégia para Atender à Demanda Futura .....	13
4.2.1 - Enxôfre da Pirita de Santa Catarina .....	14
4.2.2 - Enxôfre dos Gases de Refinaria ...	22
4.2.3 - Enxôfre do Xisto de Irati .....	24
4.3 - Plano de Oferta do Enxôfre .....	25
5. CONCLUSÕES .....	28

## PERSPECTIVAS PARA A PRODUÇÃO DE ENXÓFRE NO BRASIL

### 1. Introdução

O desenvolvimento brasileiro está a exigir que se instale no País uma indústria de enxôfre, que é matéria-prima altamente estratégica para o crescimento industrial e para o aumento da produtividade agrícola, não podendo, portanto, o Brasil continuar à inteira mercê da conjuntura internacional e das decisões dos produtores estrangeiros.

Já existem projetos elaborados, pesquisas concluídas, e outras prontas a serem iniciadas, envolvendo a produção de enxôfre. Portanto, o assunto atingiu um grau de amadurecimento que possibilita a decisão de se equacionar e pôr em prática um plano nacional para esta indústria. O momento internacional, com a disparada dos preços do enxôfre e a restrição de quotas por parte dos países produtores, favorece esta decisão.

Vale lembrar que em sua exposição ao Congresso Nacional, o ex-Ministro de Indústria e Comércio informava que "os resultados conseguidos nos trabalhos da Comissão de Estudos de Enxôfre, em 1951, não foram postos em execução sobretudo pela queda repentina do preço do enxôfre, após o término da Guerra da Coréia". Dêsse modo, ficou o Brasil sem uma indústria de enxôfre, e hoje sofre as consequências da demanda mundial crescente, embora não tão sentida por se achar o País em fase de reduzida produção industrial. Deixando escapar a nova oportunidade de incentivo, que ocorre no momento, no futuro os resultados da não implantação de uma indústria de enxôfre poderão ser bem mais graves, com sérios reflexos na velocidade de desenvolvimento do País.

Propomo-nos neste trabalho a equacionar a produção de enxôfre no Brasil para os próximos anos face aos projetos já conhecidos, ou que poderão surgir, e

aos estudos realizados pelo Grupo de Trabalho do Enxôfre, que o Setor de Energia do Escritório de Pesquisa Econômica Aplicada coordena, e que já permitem maior segurança na decisão a ser tomada na área governamental.

O Programa Estratégico de Desenvolvimento do atual Governo expõe em sua página 45:

"A consolidação das indústrias básicas, especialmente com referência a bens intermediários (Indústria Química; Siderúrgica, Metais Não-Ferrosos) representará fator de grande dinamismo na nova fase do processo de industrialização. E' nessa área que se localizam as principais oportunidades de substituição de importações, em condições de eficiência dinâmica".

Sem enxôfre esta fase do programa não poderá ser cumprida.

## 2. Usos do Enxôfre

A diversidade de utilização do enxôfre, fazendo com que se torne um autêntico barômetro das atividades econômicas de um país, distribui-se, em média, da seguinte maneira:\*

### a) Como ácido sulfúrico

- a) Fertilizantes - 40%
- b) Usos químicos diversos (tratamento d'água, redução do alumínio, detergentes sintéticos, resinas sintéticas, inseticidas, produtos farmacêuticos) 20%
- c) Pigmentos - 8%
- d) Aço - 4%
- e) Fibras celulósicas - 4%

\* Fonte: Chemical Week - set/1964

- f) Petróleo - 2%
- g) Outras indústrias (explosivos, metais não-ferrosos, borracha sintética, acabamento têxtil)  
- 7%

b) Sob outras formas:

- a) Fabricação de papel - 6%
- b) Disulfeto de carbono - 3%
- c) Moído (fungicida, inseticida, vulcanização de borracha) - 3%
- d) Outros (fotografia, processamento de chumbo, aços especiais, extração de soja) - 3%

Esta distribuição já permite verificar que 85% da utilização do enxôfre se dá sob a forma de ácido sulfúrico, do qual o principal consumidor é a indústria de fertilizantes.

O seguinte quadro mostra a participação do enxôfre em diversos produtos básicos numa economia:

QUADRO I

PRODUTOS	QUILOS DE ENXÔFRE NECESSÁRIOS PARA UMA TONELADA DO PRODUTO
Ácido Sulfúrico (100%).....	310
Ácido Fosfórico.....	465
Fosfato de Amônio.....	396
Superfosfato Triplo.....	269
Superfosfato Normal .....	120
Sulfato de Amônio.....	235
Fosfato de Cálcio.....	470
Dióxido de Titânio.....	1.000
Bisulfeto de Carbono.....	830
Polpa de sulfito.....	112
Rayon viscose.....	775
Sulfato de Alumínio.....	152
Tintá de Impressão.....	20
Aço Galvanizado.....	6

FONTE: Freeport Sulphur Company

### 3. Evolução do Consumo

Em qualquer país, o consumo de enxôfre per capita é um índice da produção da indústria química. Dêsse modo, considera-se que, em média, os países industrializados apresentam um consumo per capita de 24.3 kg, enquanto nos subdesenvolvidos é de 2.7 kg.

O quadro seguinte apresenta o consumo per capita de enxôfre para a produção de ácido sulfúrico em diversos países do mundo, entre os anos de 1957 e 1965. Pode-se verificar aí a inferioridade brasileira, diante dos países industrializados ou mesmo de outros países subdesenvolvidos, mostrando como ainda é incipiente a nossa indústria química.

## QUADRO II

CONSUMO PER CAPITA DE ENXOFRE PARA ÁCIDO SULFURICO  
(kg)

PAÍSES	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
Bélgica....	8.05	10.28	12.46	16.08	15.06	14.22	16.40	20.20	24.86
França.....	2.78	3.59	4.01	5.10	6.22	6.88	8.12	10.76	13.46
Holanda....	28.80	52.40	76.30	101.31	109.13	114.10	130.02	146.24	182.56
Suiça.....	3.24	5.50	5.38	6.75	7.40	5.60	6.27	6.03	6.03
Reino Unido	6.26	6.04	6.30	8.22	8.36	8.44	9.62	11.11	12.81
Canadá....	9.22	13.19	14.44	13.12	13.04	15.32	14.65	12.74	12.34
E.Unidos...	20.12	18.91	21.65	21.39	21.13	23.44	25.06	27.78	31.52
México.....	15.67	17.27	21.90	21.92	24.02	33.73	32.56	35.88	40.18
Pôrto Rico.	7.61	11.31	11.89	12.10	13.57	14.63	13.69	13.41	13.10
Argentina..	1.18	1.25	1.60	1.48	1.48	1.00	1.14	1.56	1.73
Austrália..	17.87	16.56	18.64	19.70	18.62	20.29	20.84	27.42	30.76
N.Zelândia.	47.10	43.08	43.37	50.46	51.90	48.21	56.82	67.15	71.86
Tunísia....	5.77	7.06	6.89	10.82	11.55	12.35	12.08	15.90	23.42
Afric. Sul.	4.67	4.78	4.89	4.98	4.98	5.90	6.51	7.18	6.00
Israel....	17.19	18.53	19.55	19.72	18.31	22.03	21.97	22.74	22.32
BRASIL....	1.25	1.16	1.22	1.16	1.45	1.64	1.85	1.42	1.88

FONTE: British Sulphur Corporation

### 3.1 - Situação Mundial

O mundo enfrenta hoje uma conjuntura no mercado de enxôfre que mostra uma demanda mais acelerada que a oferta.

As grandes fontes de enxôfre, até agora, que são o enxôfre Frash dos Estados Unidos e México não estão dando mostra de poderem reagir eficientemente a uma procura que já é explosiva. Decorre dela do grande incremento do consumo de fertilizantes, necessário para aumentar a produção de alimentos em favor de populações que crescem rapidamente, cada vez mais ciosas de conforto e bem estar, forçando a uma expansão sem precedentes da indústria química que deve provê-las dos indispensáveis bens de consumo.

Nas Nações Unidas foi feito o cálculo de que 300 a 500 milhões de pessoas no mundo comem menos do que necessitam.

Continuando a crescer neste proporção, a população mundial, que no momento é de 3 bilhões, dobrará no fim do século, o que significa a necessidade de triplicar a produção total de alimentos que existe atualmente, para que se alcance razoável nível de nutrição.

A CEPAL já assinalou que o "emprego insuficiente de fertilizantes para recolocar os nutrientes que os cultivos extraem dos solos tem ocasionado uma alarmante destruição da capacidade produtiva da terra em muitas zonas agrícolas da América Latina".

Desse modo, as estimativas de demandas por enxôfre, no mundo não-socialista, até o ano de 1971, mostram a importância que está tendo a produção de fertilizantes no consumo de enxôfre:

### QUADRO III

#### Previsão da procura do enxôfre no mundo

ANO	Enxôfre para Fertilizantes (1.000 t) . . .	Enxôfre para outros materiais (1.000 t)	TOTAL (1.000 t)
1966	12.500	11.200	23.700
1967	13.400	11.500	24.900
1968	14.400	12.000	26.400
1969	15.600	21.300	27.900
1970	16.800	13.100	29.900
1971	18.600	13.500	32.100

FONTE: Chemical Week - Maio de 1966.

#### 3.2 - Situação Brasileira:

O consumo brasileiro de enxôfre é, praticamente, todo atendido pela importação. A oferta de enxôfre de produção nacional encontra-se limitada, na atualidade, a 24 t/d, representada pela recuperação procedida nas instalações da Refinaria União (18 t/dia) e pela utilização de concentrado piritoso na unidade de ácido sulfúrico da Cia. Nitroquímica Brasileira. Em termos de enxôfre elementar, portanto, representam cerca de 8.000 t/ano, o que é inexpressivo do ponto de vista do total consumido.

O volume de importações, por outro lado, tem exigido crescentes dispêndios cambiais, em virtude, principalmente, das elevações substanciais do preço médio.

QUADRO IVConsumo brasileiro de enxôfre

ANO	IMPORTAÇÃO (t)	CONSUMO PER CAPITA (kg)	DISPÊNDIOS CAMBIAIS (US\$ milhões)
1955	65.300	1.08	3.8
1956	93.254	1.5	4.0
1957	99.631	1.56	2.9
1958	95.477	1.45	3.1
1959	105.477	1.53	3.8
1960	140.056	2.00	4.0
1961	130.072	1.81	4.1
1962	152.764	2.05	4.2
1963	176.603	2.32	4.1
1964	140.801	1.78	5.2
1965	192.337	2.36	5.9
1966	184.400	2.21	8.3

FONTE: CACEX - Divisão de Estatística

Contudo, o Brasil possui grandes reservas conhecidas de enxôfre, que permanecem inexploradas e que seriam capazes de atender às necessidades internas de consumo, como o xisto da formação Irati, as piritas do carvão e as piritas marciais de Ouro Preto.

Pesquisas realizadas na região de Ouro Preto, ainda parciais e incompletas, indicam uma reserva, economicamente explorável, da ordem de 40 milhões de toneladas, de minério com o teor de 10% de  $\text{FeS}_2$ , o que significa 2 milhões de toneladas de enxôfre. Esta pírita apresenta a vantagem sobre a de Santa Catarina, no tocante à transformação direta em ácido sulfúrico, de ser isenta de carbono.

Considerando-se como sendo de 1.200 milhões de toneladas a reserva do carvão de Santa Catarina ( dado de 1966 ), veremos que há possibilidade de se produzir cerca de 25 milhões de toneladas de enxôfre. Além disso, a Companhia Siderúrgica Nacional possui no município de Tubarão um total de 3.5 a 4 milhões de toneladas de rejeito piritoso, que permitirá a obtenção de 585,000 toneladas de enxôfre a mais.

Potencialmente, a maior fonte de enxôfre conhecida até agora no Brasil é o xisto da formação Irati. Somente em São Matheus, em uma área de 82 km<sup>2</sup>, cujas possibilidades econômicas já foram suficientemente estudadas, a capacidade de recuperação do enxôfre é de 10 milhões de toneladas, no presente momento, já que os conhecimentos atuais permitem a recuperação de somente 1/3 do enxôfre contido no xisto.

O potencial de enxôfre do carvão de Santa Catarina e mais o que se pode obter agora no xisto de São Matheus, seria suficiente para atender o dôbro do atual consumo brasileiro por 90 anos.

Do enxôfre existente no xisto é recuperado apenas o que sai nos gases, ficando o restante no xisto retortado. A recuperação desse enxôfre será objeto de pesquisas da PETROBRÁS e do Instituto de Química da U.F.R.J. que já tem equipe pronta e aparelhagem montada para isto.

Outra fonte de fornecimento de enxôfre seriam os gases residuais das refinarias, onde o teor de enxôfre é variável, dependendo do tipo de cru processado, mas que pode ser utilizado, e daí sua importância para diminuir a carência de enxôfre num prazo curto.

#### 4. PROJEÇÃO DA DEMANDA

##### 4.1 - Demanda Futura

Desde 1953 a demanda vem crescendo em virtude da expansão de nossa indústria química, principalmente superfosfatos, rayon, etc.

As importações brasileiras, desde 1955, já foram apresentadas no item 3.2 - quadro IV.

Dada a importância da projeção da demanda para a esquematização do programa de oferta, duas metodologias foram utilizadas para que os resultados pudesse ser cuidadosamente comprovados:

1a.) - Foi feita a correlação entre o consumo per capita do enxôfre e a renda per capita.

Como dados de consumo de enxôfre no Brasil foram tomadas as importações de 1955 a 1965.

Os Setores de Indústria e Demografia do EPEA prevêem o crescimento da renda e da população em 3%. Dessa modo, ter-se-ão as rendas per capita e a população até o ano de 1976:

QUADRO V

##### Projeções da Renda e da População

ANO	Renda per capita (US\$)	POPU L A Ç Ã O (1.000 habit.)
1967	304	85.772
1968	313	88.217
1969	321	90.722
1970	331	93.292
1971	342	95.930
1972	353	98.636
1973	365	101.413
1974	377	104.262
1975	390	107.183
1976	402	110.179

Os cálculos forneceram o índice de correlação de 0,85 ( $R^2 = 0,734$ ) com a seguinte equação de regressão:

$$Y = 2.23 + 0,015 X$$

Sendo     $Y$  = consumo per capita  
            $X$  = renda per capita

Teremos, então, o quadro de projeção do consumo per capita e o consumo total de enxôfre para os próximos anos:

#### QUADRO VI

##### (I) Projeção da Demanda de Enxôfre no Brasil

ANO	Consumo per capita (kg)	Consumo Total (t)
1967	2.32	199.000
1968	2.47	217.000
1969	2.57	234.000
1970	2.72	252.000
1971	2.92	280.000
1972	3.07	302.000
1973	3.27	332.000
1974	3.42	356.000
1975	3.62	388.000
1976	3.72	410.000

2º) - Para a metodologia do "cross-section" internacional, foram utilizados os dados de consumo de enxôfre per capita para ácido sulfúrico, fornecidos pela British Sulphur, para diversos países do mundo.

Foi escolhida amostra representada pelos seguintes países: Brasil, Argentina, Marrocos, Peru, Alemanha Ocidental, França, Suiça, Inglaterra, Canadá e Estados Unidos.

A série de consumos foi tomada entre os anos de 1955 e 1964.

A média dos índices de correlação foi de 0,94 para as <sup>10</sup> equações de regressão fornecidas pelo computador. Foi tomada como elasticidade da demanda a média de toda a série e como coordenada de Y a mudança da tendência mundial constatada a partir de 1960. Desse modo, chegamos à seguinte equação:

$$\text{L}_e Y = -8.981 + 1.3 \text{ L}_e X$$

Sendo Y = consumo per capita

X = renda per capita

-8.981 = logarítmico neperiano do coeficiente a

1.3 = coeficiente b

A equação da curva adotada para o ajustamento foi:

$$Y = a X^b$$

Dessa forma, ter-se-á o quadro da projeção do consumo per capita e total de enxôfre para ácido sulfúrico nos próximos anos, considerando como sendo de 80% do total de enxôfre consumido, o que permitirá também estimar este total.

O resultado dos dois métodos de projeção foram semelhantes, o que vem dar-lhe maior validade. É necessário, porém, frisar que a demanda deverá crescer nestas quantidades se a renda per capita também evoluir na forma prevista.

QUADRO VIIII) PROJEÇÃO DA DEMANDA DE ENXÓFRE NO BRASIL

ANO	Consumo per capita de enxôfre p/ $H_2SO_4$ (kg)	Consumo de enxôfre p/ $H_2SO_4$ (t)	Consumo total enxôfre (t)
1968	2.18	194.000	242.000
1969	2.25	204.000	254.000
1970	2.35	219.000	274.000
1971	2.43	233.000	292.000
1972	2.52	248.000	310.000
1973	2.62	266.000	332.000
1974	2.72	284.000	354.000
1975	2.82	302.000	377.000
1976	2.93	324.000	405.000

A capacidade instalada de  $H_2SO_4$  no Brasil, atualmente, é cerca de 1.480 t/dia, o que corresponde ao consumo de 2.170.000 t/ano de enxôfre. Os novos projetos da TIBRAS e ULTRAFERTIL absorverão mais 100 mil t/ano de enxôfre. Assim, a indústria atual de ácido sulfúrico e mais a projetada absorverão as necessidades resultantes do crescimento de renda, trabalhando à plena capacidade, até 1976. Depois de 1976, a indústria de ácido sulfúrico deverá ampliar-se.

4.2 - Estratégia para atender à demanda futura

Diante da necessidade premente do País em ter enxôfre para que possa movimentar desembaraçadamente o seu parque de Indústrias Químicas e incentivar o seu crescimento, julgamos conveniente traçar uma estratégia, que permitirá a concentração de esforços para que esse fim seja alcançado. Assim, partindo-se das fontes conhecidas e já estudadas de matéria prima no Brasil, foi possível a escolha dos projetos mais convenientes ao sucesso no nível empresarial. Este não se

pode mais deixar de levar em conta, pois dificuldades experimentadas por empresas novas em países subdesenvolvidos produzem efeitos nefastos de desapontamento sobre as expectativas e, portanto, sobre o desenvolvimento posterior.

Assim, os projetos existentes e que estão para ter seleção iminente por parte das respectivas empresas, permitem afirmar que toda a atenção deverá ser dada à pirita de Santa Catarina, aos gases residuais das Refinarias e ao xisto do Irati, para que a Indústria Química possa ser impulsionada.

Evidentemente, isto não impedirá que, mais tarde, se complemente o panorama com as piritas de Ouro Brêto e do Paraná, ou com a intensificação das pesquisas quanto à gipsita da Bahia.

Face à natureza dos projetos, já se pode indicar quais as fontes que fornecerão o enxôfre a curto prazo, médio prazo e longo prazo.

E' o que veremos a seguir.

#### 4.2.1 - Enxôfre da Pirita de Santa Catarina

A Siderúrgica de Santa Catarina S.A. - SIDESC - foi instituída para operar com base no carvão nacional. Dêsse modo, na primeira fase de seus empreendimentos irá promover a industrialização dos rejeitos piritosos resultantes do beneficiamento do carvão. Para isto, já abriu concorrência para a escolha do projeto, estando com o seguinte cronograma de trabalho elaborado:

Até 31 de dezembro de 1967:

- a) Estudos de mercados
- b) Seleção de processo
- c) Localização
- d) Feasibility Report
- e) aprovação pelo GEIQUIM

Até 30 de junho de 1968:

- a) Elaboração do projeto definitivo
- b) Assinatura dos contratos para construção e fornecimento dos equipamentos;
- c) Início das obras civis

Até 1º de janeiro de 1969:

Início da montagem

Até 31 de dezembro de 1969:

- a) Fim da montagem
- b) Testes pré-operacionais

2º Semestre de 1970:

Início das operações em rotina industrial.

Dentre os projetos apresentados destaca-se o do Outokumpu, que iremos comentar por ser o mais conhecido em cuja planta semi-comercial na Finlândia a pirita brasileira já foi testada com excelentes resultados.

a) Descrição do Processo:

O rejeito piritoso será lavado com água, separando-se uma parte do carvão com a utilização de jigs ou mesas. Do moinho de bolas o material irá para um classificador, retornando os grossos para o moinho. Os finos serão, então, sujeitos ao 1º estágio de flotação para separar a pirita da ganga. A pirita concentrada será então empilhada para o transporte à unidade de fusão do Outokumpu.

O concentrado piritoso, contendo 44% de enxôfre é levado por correias transportadoras para o secador rotativo. Após a secagem é enviado à fornalha especialmente projetada para ser aquecida a óleo, gás ou carvão, operando à tem-

peratura suficiente para libertar o enxôfre labil da pirita como vapor, mantendo em estado de fusão o FeS e a escória.

A pirita é decomposta e cerca de metade do teor de enxôfre é vaporizada numa atmosfera controlada. A temperatura dos gases de saída é controlada para manter a escória e o FeS em estado de fusão. A diferença de densidade dos dois materiais é suficiente para separá-los em duas camadas com distinta interface. Assim, o FeS e a escória são extraídos separadamente. Os gases da fornalha contêm vapores de S, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, e pequenas quantidades de H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub> e COS, sendo também arrastado FeS líquido e poeira.

Os gases são resfriados nas seções de radiação e convecção de uma caldeira de recuperação de calor. Dessa maneira, produz-se vapor saturado à alta pressão. O propósito da seção de radiação é manter a temperatura do gás a um nível suficientemente alto para evitar a solidificação do líquido arrastado, que poderia aderir aos tubos da caldeira.

O enxôfre gasoso após ser resfriado é libertado da poeira por um processo eletrostático, desse modo assegurando um produto amarelo limpido.

Um conversor catalítico a 2 estágios é usado para converter compostos gassosos de enxôfre para a forma elementar, aumentando assim o rendimento da produção. As temperaturas aí sobem consideravelmente em virtude das reações serem exotérmicas. O primeiro é o conversor catalítico de alta temperatura e o 2º, de baixa temperatura. Antes de entrar neste segundo conversor, os gases são resfriados fornecendo vapor de baixa pressão, ocorrendo então a primeira condensação de enxôfre.

A seguir, os gases passam por uma torre onde o restante do enxôfre é condensado pela lavagem, em contracorrente, com enxôfre líquido.

Os gases efluentes da tôrre, antes de serem queimados, sofrem nova lavagem com água, condensando o restante do enxôfre arrastado.

O enxôfre será comercializado fundido ou em forma sólida (granulado, flocos, em pó).

Após sair da fornalha de reação e granular com água, o sulfeto ferroso é enviado à fornalha de leito fluido e queimado à alta temperatura para produzir  $\text{SO}_2$ . Após a ignição inicial a reação é auto-sustentada.

O  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  resultante tem teor de ferro de 67%, com granulação de 200 meshes a 10mm. O calor recuperado nesta reação, que é altamente exotérmica, produzirá vapor superaquecido que será aproveitado nas turbinas de uma usina termoelétrica.

O  $\text{SO}_2$ , uma vez resfriado e limpo, é utilizado para a produção de ácido sulfúrico, pelo processo contato.

b) - Aspectos Econômicos

A LUMMUS apresenta em seu estudo os resultados de 3 níveis de quantidades de resíduo piritoso: 614.000 t/ano (A), 800.000 t/ano (B) e 934.000 t/ano (C), com a produção de ácido sulfúrico sendo utilizada para produzir sulfato de amônio ou superfosfato triplo. Dessa forma, ter-se-ia o seguinte quadro de insumos mais importantes e as produções anuais respectivas:

QUADRO VIII  
INSUMOS E PRODUÇÕES DO PROJETO OUTOKOMPU

	A	B	C
Resíduo Piritoso (t)	614.000	800.000	934.000
Concentrado Piritoso (t)	230.000	300.000	350.000
Amônia (t)	40.000	52.000	61.000
Minério de fósforo (t)	176.000	230.000	267.700
Enxôfre (t)	49.000	64.000	74.600
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (t)	116.000	151.000	176.500
Kwh (10 <sup>3</sup> )	140.000	184.000	215.000
Ácido sulfúrico	115.000	150.000	175.000
Sulfato de amônio (t)	152.000	198.200	231.300
Superfosfato triplo (t)	123.000	160.800	187.200

O Quadro de investimento apresentaria as seguintes alternativas. Evidentemente, os investimentos mais baixos são aqueles referentes à produção de ácido sulfúrico. Mas existirá sempre o problema do transporte ou do difícil aproveitamento na região.

QUADRO IX  
INVESTIMENTOS TOTAIS \*

UNIDADES	A	B	C
Outokumpu e ácido sulfúrico	16.836	19.967	22.138
Outokumpu e sulfato de amônio	20.616	24.443	27.046
Outokumpu e superfosfatos	23.676	27.647	30.490

(\*) Inv. Total = Inv. Inicial + Capital de Giro, onde o Capital de Giro considerado como sendo 20% do Inv. Inicial.

Apresentamos, a seguir, os custos de produção:

QUADRO X  
CUSTOS DE PRODUÇÃO (US\$)

UNIDADES	A	B	C
Outokumpu e ácido sulfúrico...	6.421.140	7.846.160	8.813.250
Outokumpu e ácido sulfúrico e sulfato de amônio.....	10.051.300	12.501.480	14.193.910
Outokumpu, ácido sulfúrico e superfosfatos.....	13.422.110	18.658.860	18.961.077

Face aos atuais preços dos produtos e o nível das importações brasileiras, a alternativa que apresenta melhor economicidade é o da produção de sulfatos de amônio.

Aos preços atuais de enxôfre e sulfato de amônio e sem considerar a venda de energia liberada, o item C cobre os custos de produção e paga o investimento total no fim de 12 anos. Portanto, ainda dependendo de decisões a serem tomadas, o investimento poderá ser recuperado em tempo menor.

Com a venda do enxôfre, do minério de ferro, e do sulfato de amônio, sem considerar a venda do vapor gerado, que será transformado em energia elétrica, as seguintes receitas poderiam ser obtidas a partir de 1970:

QUADRO XI  
RECEITAS DOS PRODUTOS (US\$1.000)

PRODUTOS	A	B	C
Enxôfre	2.695	3.520	4.103
Sulfato de Amônio	7.600	9.910	11.565
Minério de ferro	464	604	706
TOTAL	10.759	14.034	16.374

Os preços tomados foram:

Enxôfre = 55 US\$/t

Sulfato de amônio = 50 US\$/t

Minério de ferro = 4 US\$/t.

A economia de divisas, a ôstes preços, seria:

#### QUADRO XII

#### ECONOMIA DE DIVISAS (US\$1.000)

PRODUTOS	A	B	C
Enxôfre	3.695	3.520	4.103
Sulfato de Amônio	7.600	9.910	11.565
TOTAL	10.295	13.430	15.668

Leve-se em conta o seguinte Quadro das importações brasileiras do sulfato de amônio com suas respectivas despesas cambiais:

#### QUADRO XIII

#### Importação de Sulfato de Amônio

ANNO	PESO LÍQUIDO (t)	VALOR EM US\$ US\$ x 10³ (CIF)
1958	112.819	5.966
1959	89.019	4.795
1960	167.423	7.462
1961	29.536	1.409
1962	131.565	5.604
1963	186.041	7.969
1964	158.726	7.911
1965	185.041	9.641
1966	215.932	9.896

FONTE: CACEX - Divisão de Estatística

Dessa maneira, já se pode aiquidar o grau de importância da produção de sulfato de amônio pela SIDESC.

Vejamos como se relacionam os investimentos com as receitas e a economia de divisas para os diferentes níveis de produção, sem considerar a venda de energia:

#### QUADRO XIV

#### PROCESSO OUTOKUMPU E PRODUÇÃO DE SULFATO DE AMÔNIO

ITEM	A	B	C
Investimento/Receita .....	1.94	1.75	1.66
Investimento/Economia de Divisas...	2.00	1.82	1.72

Evidentemente, para a economia do País e mesmo para a Empresa, confirma-se que o melhor nível na escala de produção é o item C, que corresponde ao insumo de 350.000 ton / ano de concentrado piritoso. Com os estoques atualmente existentes, levando-se em consideração que apenas parte dele poderá ser recuperada, e o que ainda se estocará nos próximos anos, a atual produção de carvão em Santa Catarina poderá abastecer aquele insumo da Outokumpu por cerca de 5 anos. Depois disso haverá necessidade de se dobrar a produção de carvão, se se quiser manter a economicidade do empreendimento.

O feliz sucesso de uma empresa individual é indispensável para o desenvolvimento de medidas complementares, tanto mais que elas beneficiarão o empreendimento inicial. Portanto, garantido este, e é a escolha cuidadosa do projeto que o determinará, medidas complementares referentes ao carvão terão que ser tomadas.

#### 4.2.2 - Enxôfre dos Gases de Refinaria

O projeto de recuperação do enxôfre na Refinaria Duque de Caxias está intimamente ligado ao sistema de tratamento do GLP e do gás combustível por absorção com dietanolamina (DEA).

O gás ácido é um efluente obrigatório da unidade de tratamento, contendo H<sub>2</sub>S em percentagem cima de 70%. O restante é predominantemente CO<sub>2</sub>. O gás ácido pode tornar-se facilmente corrosivo. Não pode ser largado na atmosfera porque causaria poluição. Sua queima pura e simples resultará em sérios problemas de corrosão nos equipamentos empregados ou custos elevados destes.

Assim, a recuperação do enxôfre desse efluente torna-se praticamente obrigatória.

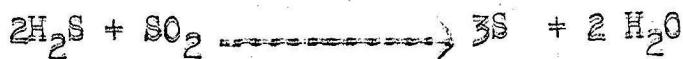
O aproveitamento do gás ácido da Unidade de DEA, permitirá a recuperação de 30 t/dia de enxôfre. Será utilizado o processo Claus modificado. Foi ele cuidadosamente selecionado, de modo a se utilizar os mais recentes desenvolvimentos tecnológicos, dentro dos padrões de maior economicidade.

Baseando nos dados existentes pode-se prever uma produção mínima e máxima de enxôfre de, respectivamente, 15 a 45 t/dia de operação, dependendo dos teores de enxôfre existentes nos petróleos processados pela Refinaria Duque de Caxias. A unidade entrará em produção no final do 2º semestre de 1968.

##### a - Descrição do Processo:

O processo consiste basicamente na combustão parcial do H<sub>2</sub>S contido nos gases de alimentação, seguido da reação entre o H<sub>2</sub>S não oxidado e SO<sub>2</sub> obtido na combustão anterior, na presença de um catalisador de bauxita.

As reações que se passam no processo são:



Aproximadamente 1/3 do conteúdo inicial é oxidado a  $\text{SO}_2$ . A mistura gasosa, contendo principalmente  $\text{H}_2\text{S}$  e  $\text{SO}_2$  é levada a um recuperador de calor, onde boa parte do  $\text{H}_2\text{S}$  e  $\text{SO}_2$  já reagem entre si, originando enxôfre elementar. Em um sistema de condensação os remanescentes do enxôfre elemental são condensados e o produto removido, na forma líquida.

Em seguida, a mistura gásos é resquecida pelo aquecimento com gases quentes e novamente passada pelas câmaras de reações onde tem-se a recuperação de enxôfre remanescente, na sua forma elementar.

O enxôfre é condensado e levado ao reservatório de enxôfre, ao passo que os gases residuais são queimados.

O Investimento previsto para esta Unidade será da ordem de NCr\$1.000.000.

O tempo de retorno do Investimento é estimado em cerca de um ano, enquanto que a economia anual de divisas será de US\$550.000,00, admitindo-se um preço médio do enxôfre de US\$55,00/t.

A PETROBRÁS está estudando projetos análogos para diversos de suas Refinarias com as seguintes estimativas de produção:

- a) Refinaria Gabriel Passos - 15 t/dia (início de produção em 1969)
- b) Refinaria Alberto Pasqualini - 15 t/dia (início de produção em 1969)
- c) Refinaria Presidente Bernardes - 20 t/dia (início de produção em 1972)

d) Refinaria do Planalto Paulista - 50 t/dia (início de produção em 1973)

#### 4.2.3 - Enxôfre do Xisto do Iriti

A PETROBRÁS está montando em São Matheus, Pará, uma Usina Protótipo como etapa antecedente à instalação da Usina Industrial do Xisto.

Esta usina está com o início de sua operação programada para 1970, com os seguintes níveis de produção:

Óleo	60.000 t/ano
Gás	10.500 t/ano
Enxôfre	8.000 t/ano

Sendo uma planta de pesquisa, ela não tem o objetivo de economicidade levado em consideração.

Aos preços de 1966, seu investimento seria:

Investimento em moeda nacional: NCr\$40.110

Investimento em moeda estrangeira: US\$2.200.000

A economia anual de divisas, nos preços atuais seria de cerca de US\$450.000.

Por outro lado, a PETROBRÁS, deverá iniciar ainda este ano, o estudo da Avaliação Econômica para a instalação da 1a. Usina Industrial do Xisto em S. Matheus, começando a construção em 1971, estando o início da produção programada para 1975.

A capacidade da Usina ainda está por ser definida pela PETROBRÁS, sendo previstas as capacidades de 20.000 barris de óleo (Hipótese 1) ou 50.000 barris de óleo (Hipótese 2).

Teríamos, então, o seguinte quadro de produção e estimativa dos investimentos para as duas alternativas:

QUADRO XVUsina Industrial do Xisto

PRODUTOS	UNIDADES	HIPÓTESE 1	HIPÓTESE 2
Óleo	barris/dia	20.000	50.000
Enxôfre	t/dia	320	800
Gás	m <sup>3</sup> /dia	680.000	1.700.000
GLP	t/dia	140	350
Investimento	US\$	100 milhões	200 milhões
Economia Anual de Divisas	US\$	25.300.000	54.700.000

Foram imputados nos produtos os preços atuais, dando-se ao Óleo o preço do barril de cru importado e ao gás, em termos de GLP, 3 m<sup>3</sup> correspondendo a 1 kg de GLP.

4.3 - Plano de Oferta de Enxôfre

Baseados, portanto, nos projetos, para cujas seleções as empresas responsáveis pronunciaram-se ainda neste ano, podemos considerar o seguinte plano de oferta:

Oferta a curto prazo (até 1968)

- 1) Refinaria Duque de Caxias

Oferta a médio prazo (até 1970)

- 1) Refinaria Gabriel Passos
- 2) Refinaria Alberto Pasqualini
- 3) SIDESC
- 4) Usina Protótipo de Xisto

Oferta a longo prazo (até 1975)

- 1) Primeira Usina Industri-1 de Kisto
- 2) Refinaria Presidente Bernardes
- 3) Refinaria do Planalto Paulista

O quadro geral da oferta de enxofre poderá, então, ser assim delineado de uma maneira geral, pois uma ou outra alteração poderá ocorrer nos próximos anos, havendo bem mais segurança para as previsões a curto e médio prazos:

## QUADRO XVI

Plano de Oferta de Enxofre no Brasil  
(em toneladas)

UNIDADE	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
1) Refinaria União	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
2) Refinaria Duque de Caxias		10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
3) Refinaria Gabriel Passos			5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
4) Refinaria Alberto Pasqualini			5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
5) S I D E S C			74.600	74.600	74.600	74.600	74.600	74.600
6) Usina Protótipo do Xisto			6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
7) Refinaria Presidente Bernardes					7.000	7.000	7.000	7.000
8) Refinaria do Planalto Paulista						16.500	16.500	16.500
9) Primeira Usina Industrial do Xisto (x)								105.500
10) T O T A L	6.000	16.000	106.600	106.600	113.600	130.100	130.100	235.600

(x) Consideramos aqui uma Usina Industrial de Xisto com a capacidade de 20.000 barris de óleo por dia.

Mostraremos, a seguir, numa tabela, o que fornecem essas produções de enxôfre em economia de divisas e o percentual da demanda prevista que essas ofertas atenderão:

QUADRO XVII

DISCRIMINAÇÃO	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Economia de Divisas (US\$1.000)	330	880	5863	5863	6248	7156	7156	13508
Oferta x 100 (%) Demanda	2,8	6,8	42,3	38,1	37,6	39,2	36,6	63,3

Portanto, se aquele programa fôr cumprido, em 1975 o Brasil poderá ter 63% de sua demanda de enxôfre atendida pela produção nacional. Este percentual poderá ser bem mais elevado se forem desenvolvidos novos projetos para as piritas de Ouro Preto (ou do Paraná) e/ou instaladas novas usinas industriais de Xisto.

## 5. CONCLUSÕES

Constatamos, então, que realmente, todo o peso das ofertas de enxôfre, no momento, está assentado na pirita do carvão e no xisto. Os gases residuais das refinarias entram como complemento.

Portanto, se o Brasil desejar incrementar o desenvolvimento de sua Indústria Química e minor em suas mãos todas as decisões futuras referentes à esta indústria de base, todo o esforço técnico e financeiro deve ser dirigido agora ao xisto e ao carvão nacional.

O momento é oportuno para a tomada de decisão. Esta é altamente facilitada pelos projetos existentes e também porque para o caso do Xisto, não envolve somente a

produção de oxigênio mais grande produção do gás de alto significado sócio-econômico para o País e produção de óleo, fornecendo também matérias primas para a indústria petroquímica.

Desta decisão poderá resultar, ainda a instalação de uma indústria carboquímica no País, com reflexos benéficos no futuro do carvão nacional.

Também poderá significar a redenção econômica dos Estados do Paraná e Santa Catarina, como consequências mais imediatas.