

Sessão — dia 01/08/77

“CARVÃO MINERAL NACIONAL NÃO COQUEIFICÁVEL
EM FORNO ELÉTRICO DE REDUÇÃO”

Engenheiros:

GETÚLIO MATIAS RIBEIRO

Engenheiro de Minas e Metalurgista

Rio Doce Engenharia e Planejamento S/A

— RDEP — BH.

ROGÉRIO DA ROCHA

RONALDO XAVIER MOREIRA

Engenheiro Metalurgista

Rio Doce Engenharia e Planejamento S/A

— RDEP — BH.

RESUMO

O uso de carvão mineral não coqueificável, como redutor em Forno Elétrico de Redução, é analisado, diante dos cálculos de leito de fusão, balanço gasoso e tendo-se, ainda, dados bibliográficos práticos e teóricos.

O minério de ferro granulado é o principal constituinte da carga metálica.

Faz-se uma comparação com outros redutores tradicionais em Siderurgia, e uma análise global desta nova opção de produzir gusa.

Dependendo de testes em escala piloto utilizando este redutor, as conclusões apresentadas indicam ótimas perspectivas dentro da eletro-siderurgia atual brasileira.

1 — INTRODUÇÃO

A tendência que se verifica, até o presente, na Siderurgia brasileira é de se adotar unidades produtivas de grande capacidade na área de redução isto é, grandes altos-fornos a coque.

Conseqüentemente, exigem-se melhores características para as diversas matérias-primas. A produção brasileira de gusa à base de coque de carvão importado foi de 48% em 1975 (3,4 milhões de toneladas) e 53% (4,0 milhões de toneladas) em 1976, segundo o IBS.

A evasão de divisas e a situação de instabilidade produtiva por dependência de carvão mineral importado, quase exclusivamente originário dos EUA, são os principais efeitos negativos nesta atual tendência nacional da siderurgia.

O carvão americano, que custava US\$ 28,00/t, em janeiro de 1973, passou a valer US\$ 61,00/t, em janeiro de 1977, o que significa um crescimento no preço de 218%.

Hoje, quando se reavalia a estratégia da ampliação de produção siderúrgica nacional, diante da crise do petróleo que trouxe reflexos consideráveis na economia mundial e especialmente nos segmentos industriais que utilizam intensamente fontes de energia, deve-se considerar o emprego de matérias-primas e recursos energéticos nacionais.

Assim, já que o processo de forno elétrico de redução tem atualmente sua economicidade comprovada industrialmente, e poderá integrar módulos de mini-siderúrgicas, acoplado-se à redução direta, fornos elétricos a arco

e/ou conversores LD, neste trabalho mostra-se a sua viabilidade, utilizando 100% de carvão mineral nacional não coqueificável e minério de ferro granulado.

Naturalmente, os números encontrados deverão ser confirmados por testes em escala piloto.

Sobre a energia elétrica, informa-se que já está criada a Comissão Interministerial, sob coordenação do Ministério das Minas e Energia, através da Resolução 57/76 do Consider, para estudo da tarifa preferencial de energia elétrica para forno elétrico de redução.

2 — CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Em adição à vantagem de desvinculação do exterior para abastecimento da matéria-prima para redutores e a conseqüente redução na evasão de divisas, deve-se mencionar, também, a utilização do minério de ferro granulado, cuja disponibilidade e produção é cada vez maior, em conseqüência do largo consumo de sinter feed pelas siderúrgicas nacionais de grande porte e da grande demanda do mercado externo. Prevê-se, inclusive, uma igualdade de preços destes 2 tipos de minério. Os alto-fornistas das grandes empresas não mais pretendem utilizar minério granulado para produção de gusa, com exceção da Acesita e Mannesmann.

Os redutores tradicionais na siderurgia brasileira são o coque e o carvão vegetal. Em pequena escala aparecem o carvão mineral e o gás natural para os processos de redução direta na Aços Finos Piratini e Usiba, respectivamente.

As reservas nacionais principais de carvão mineral não coqueificável encontram-se nos estados do Rio Grande do Sul e do Paraná, e são apresentadas nas Tabelas I e II.

As reservas do Rio Grande do Sul, contudo, reúnem melhores condições de suprir as instalações a que este trabalho se propõe, pelos seus volumes e por suas características redutoras.

A tabela III mostra a análise química imediata das principais jazidas riograndenses.

Diante das produções de gusa e consumos de carvão vegetal e coque previstos para o período de 1977 a 1986, conclui-se que os números previstos de reflorestamento e importação de carvão mineral são vultosos. Isto seria amenizado com o emprego de carvão mineral nacional não coqueificável em FER.

Tabela I — Reservas de carvão mineral não coqueificável no rio Grande do Sul
Unidade: 1.000t.

Localização	Reservas		
	Medida e indicada	Inferida	Total
Candiota (b)	1.265.000	6.736.000	8.001.000
Hulha Negra (a)	10.000	90.000	100.000
São Sepé (a)	3.500	3.500	7.000
Iruí (a)	109.000	221.000	330.000
Leão-Butiá (b)	40.000	600.000	640.000
Charqueadas (b)	997.000	63.000	1.060.000
Gravataí (a)	12.000	3.000	15.000
Total	2.436.500	7.716.500	10.153.000

Fontes: (a) MME — DNPM — Boletim n.º 6 — Perfil Analítico do Carvão
Gutemberg Fernandes Soares de Souza - 1973; (b) CPRM e CRM - 1977

Tabela II — Reservas de carvão mineral não coqueificável no Paraná
Unidade: 1.000t.

Localização	Reservas		
	Medida e indicada	Inferida	Total
Rio Tibagi (a)	5.800	—	5.800
Rio do Peixe (b)	40.000	—	40.000
Ibaité (a)	150	1.233	1.383
Wenceslau Braz (a)	—	90	90
Barbosas (a)	180	420	600
Total	46.130	1.743	47.873

Fontes: (a) MME — DNPM — Boletim n.º 6 — Perfil Analítico do Carvão
Gutemberg Fernandes Soares de Souza - 1973; (b) CRPM e CRM - 1977

Tabela III — Análise química imediata do carvão das principais jazidas Rio-Grandenses

Unidade: Percentagem

Localização	Cinzas	M. Volat.	C. Fixo	S	H ₂ O	Poder Calorífico Superior (Kcal/kg)
Charqueadas	57,0	20,6	11,4	0,5	7,2	3.100
Candiota	56,0	20,8	23,2	2,0	10,2	2.970
Iruí	38,2	24,4	37,4	0,3	7,5	4.200
Leão-Butiá	47,0	22,4	30,5	1,7	10,9	3.732

Fontes: COPELMI, CRM e PIRATINI

Segundo a Siderbrás ⁽⁶⁾, o consumo de carvão coqueificável importado no Brasil deverá quadruplicar nos próximos 10 anos, passando de 3,4 para 13,1 milhões de toneladas, estimando-se uma participação de 20% de carvão nacional na mistura, conforme tabela abaixo:

Tabela IV — Projeção do Consumo de Carvão Importado para a Siderurgia Brasileira

Unidade: 10⁶t.

Ano	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Quantidade	3,44	4,08	4,43	5,20	6,17	8,58	10,3	11,05	12,40	13,10

Fonte: SIDERBRÁS

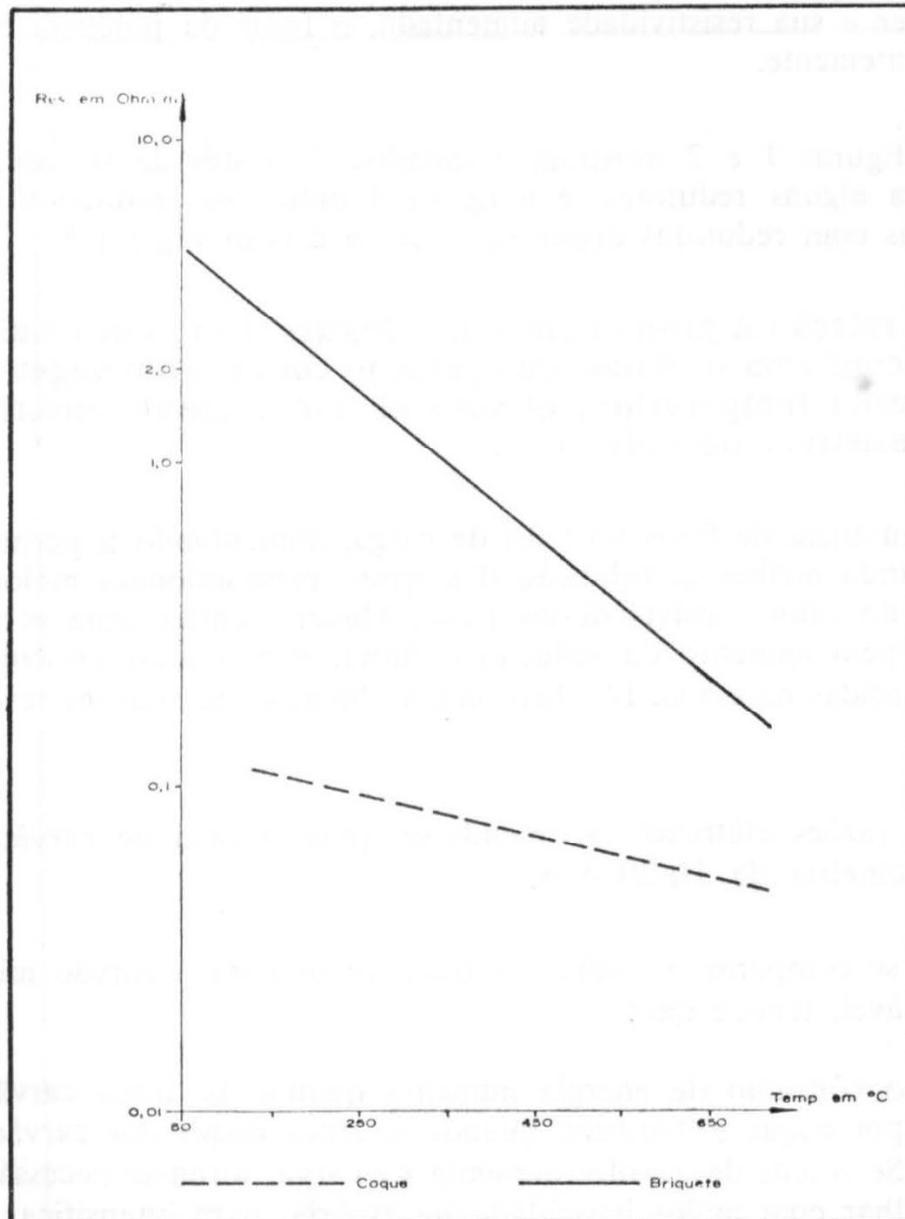
Considerando-se um preço de US\$ 61,00 por t de carvão importado, a evasão de divisas em 1986, com a importação de carvão mineral, será de 799 milhões de dólares.

3 — OPERAÇÃO DO FER

Sabe-se que a produção do forno elétrico de redução, dentro de certos limites, é função direta do fator de potência e varia inversamente ao consumo específico de energia. Eis a relação.

$$P = K \frac{\cos \phi}{A}$$

FIGURA 1 - RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO COQUE E DO BRIQUETE DE FINO DE COQUE EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA



onde K é uma constante que engloba a potência aparente do transformador, o número de dias em produção e o coeficiente de utilização da capacidade do transformador.

O fator de potência varia no mesmo sentido da resistência útil do forno (resistência daquela parte da carga do forno onde a passagem de corrente vai produzir o calor útil).

Então, para uma profundidade determinada dos eletrodos, se uma carga tiver a sua resistividade aumentada, o fator de potência elevar-se-á conseqüentemente.

As figuras 1 e 2 mostram resultados de testes de resistividade elétrica para alguns redutores, e a figura 3 indica os resultados de cargas compostas com redutores distintos, coque e carvão vegetal ⁽⁵⁾.

Em relação à granulometria, a Figura 4 mostra resultados de testes e confirma os dados de operação com carvão vegetal. Para uma mesma temperatura, quanto menor a granulometria, maior será a resistividade elétrica ⁽⁵⁾.

A ausência de finos no leito de carga, aumentando a permeabilidade e permitindo melhor distribuição dos gases, proporcionará maior aproveitamento do calor sensível destes gases. Haverá, então, uma economia de carbono pelo aumento da redução indireta, e não mais ocorrerão zonas superaquecidas na carga. Isto favorece a obtenção de maiores resistividades elétricas.

Por razões elétricas, recomenda-se, para o caso de carvão mineral, a granulometria de 10-20 mm.

Ao se comparar os redutores tradicionais com o carvão mineral não coqueificável, tem-se que:

- o consumo de energia aumenta quando se troca carvão vegetal por coque e, também, quando se troca coque por carvão mineral. Se o teor de enxofre aumenta na carga, torna-se necessário trabalhar com maior basicidade na escória, para intensificar a dessulfuração;
- a produção cresce quando se troca coque por carvão mineral e, também, carvão mineral por carvão vegetal. Isto acontece pelo aumento da resistividade elétrica e, conseqüentemente, do fator de potência.

A operação do forno elétrico de redução utilizando carvão mineral exigirá um volume de escória mais elevado, comparado a números tradicionais.

A resistividade elétrica e, conseqüentemente, o fator de potência dependem diretamente do volume de escória e variam no mesmo sentido.

FIGURA 2 - RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO ANTRACITO, CARVÃO MINERAL E CARVÃO VEGETAL EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA

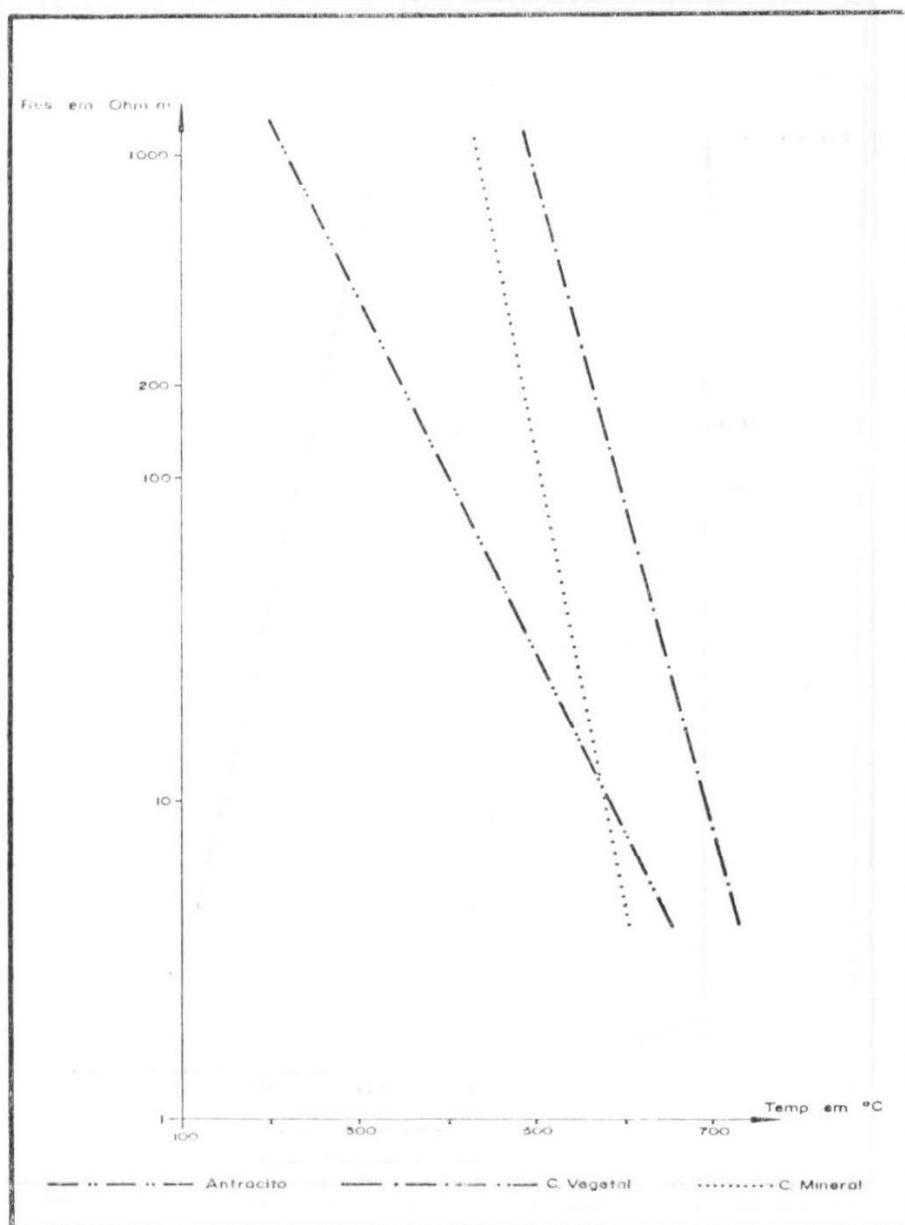


FIGURA 3 - COMPARAÇÃO DAS RESISTIVIDADES ELÉTRICAS EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA DE DUAS CARGAS UMA COMPOSTA COM COQUE E OUTRA COM CARVÃO VEGETAL

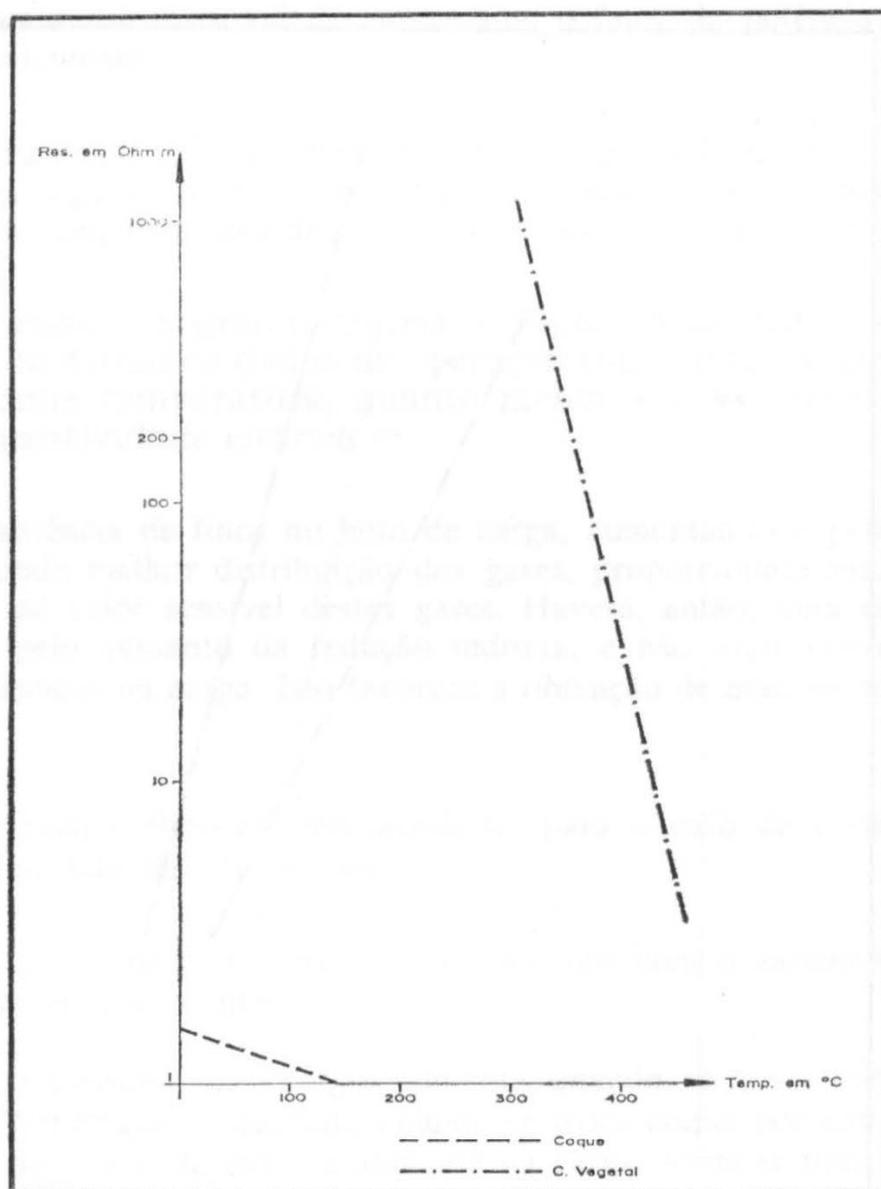
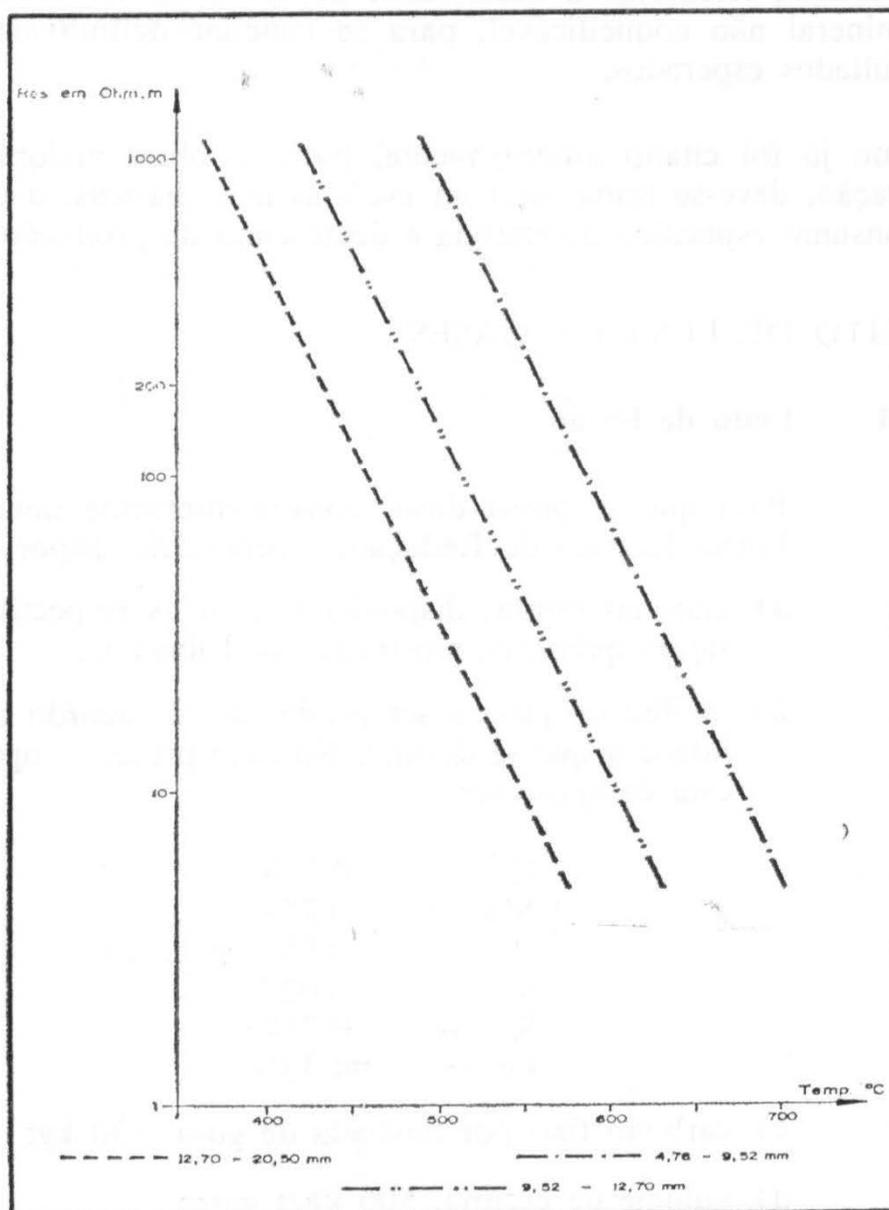


FIGURA 4 - COMPARAÇÃO ENTRE AS RESISTIVIDADES ELÉTRICAS, EM FUNÇÃO DE TEMPERATURA, DE CARVÃO VEGETAL, EM TRÊS GRANULOMETRIAS



Por outro lado, o aumento no volume de escória provoca maior consumo específico de energia. Na prática, observa-se que, em alguns casos, este aumento no volume de escória leva a maiores produções, porque sua influência na expressão.

$$P = K \frac{\cos \varnothing}{A}, \text{ é maior no } \cos \varnothing,$$

através da resistividade elétrica, do que no consumo específico de energia, A.

Cabe aqui, lembrar a necessidade de testes pilotos com 100% de carvão mineral não coqueificável, para se concluir definitivamente sobre estes resultados esperados.

Como já foi citado anteriormente, para se obter maiores taxas de dessulfuração, deve-se trabalhar com escórias mais básicas, o que implica maior consumo específico de energia e decréscimo de produção.

4 — LEITO DE FUSÃO E GASES

4.1 — Leito de Fusão

Para que se possa dosar convenientemente uma carga em Forno Elétrico de Redução, é necessário dispor dos dados:

- a) matérias-primas disponíveis, com as respectivas composições químicas, mostradas na Tabela V;
- b) análise do gusa a ser produzido, de acordo com a finalidade a que se destina. No caso presente, optou-se para esta composição:

C	=	4,1%
Mn	=	0,7%
P	=	0,15% (máx.)
S	=	0,02%
Si	=	0,7%
Fe	=	94,33%

- c) carbono fixo por tonelada de gusa, 330 kg;
- d) volume de escória, 500 kg/t gusa;
- e) relação da basicidade, $\text{CaO/SiO}_2 = 1,2$

Este leito de fusão foi calculado considerando a disponibilidade das matérias-primas escolhidas, e que o carbono fixo dependerá do tipo de redutor, qualidade da matéria-prima e composição do gusa desejado.

Considerando uma Usina com Redução e Aciaria, poder-se-ia utilizar escória da fabricação do aço na carga do FER, em substituição, parcial ou total, ao calcário e dolomito, com diminuição do consumo de energia e do custo da tonelada de gusa.

A carga do Forno Elétrico de Redução, para produzir 1t de gusa, com minério de ferro granulado, carvão mineral não coqueificável como redutor e calcário e dolomito como fundentes (supondo-se não dispor da escória de aciaria), seria:

Hematita:	1.400 kg
Calcário:	150 kg
Dolomito:	50 kg
Minério Mn:	20 kg
Carvão Mineral:	780 kg (peneirado)

Aliás, o FER possui maior flexibilidade operacional, em relação ao alto forno, no que diz respeito a cargas metálicas. Esse fato é explicado por ter o FER baixos volumes de gases gerados e grandes seções transversais, diminuindo, assim, a importância da permeabilidade da carga.

Para o nível de produção em análise, 260.000 t gusa/ano, o consumo de carvão mineral não coqueificável é estimado em 225.000 t/ano. Para um rendimento de 30% teríamos um consumo anual de 750.000 t de r.o.m..

4.2 — Gases

Como produtos da operação em FER, além do gusa, tem-se os gases com alto poder calorífico, e a escória utilizada como fundente no próprio forno, depois de beneficiada.

Portanto, pela importância destes gases, até como fonte redutora, dá-se aqui, ênfase aos cálculos de seu volume produzido e de sua composição ao sair do forno.

A partir das análises químicas do carvão mineral empregado como redutor e dos seus materiais voláteis, procedeu-se aos cálculos do volume gasoso gerado por calcário e dolomito, da densidade e volume dos materiais voláteis, e do volume de gás gerado pelas reações de redução, numa sequência assim obedecida:

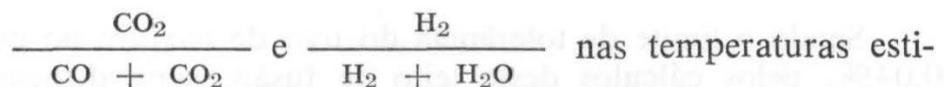
- a) volume de CO_2 gerado na decomposição dos carbonatos:

$$V_{\text{CO}_2} = 32,4 \text{ Nm}^3 \text{ (calcário)} + 11,3 \text{ Nm}^3 \text{ (dolomito)}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 43,7 \text{ Nm}^3$$
- b) Densidade dos voláteis

$$d = 0,58 \text{ kg/Nm}^3$$

- c) Volume dos Materiais Voláteis
 VM.v. — 400 Nm³ / t gusa
- d) Distribuição dos volumes parciais em função da composição química
- e) Pelas relações estequiométricas nas reações do Carbono fixo com os óxidos, e tomando-se as relações de equilíbrio:



madadas de equilíbrio destes gases, para o caso específico de carvão mineral não coqueificável em FER, determina-se o volume gasoso de CO e CO₂ produzido pelas reações de redução.

- f) Volume total de H₂ no gás, considerando a umidade do redutor
 V_{H₂} = 192 Nm₃

- g) Composição Final do Gás

<i>componente</i>	<i>Nm³</i>	<i>%</i>
CO	642,6	65,5
CO ₂	22,6	2,3
H ₂	192,0	19,6
CnHm	4,8	0,5
CH ₄	85,2	8,7
N ₂	33,6	3,4
	980,8	100,0

Este gás produzido em FER, além do seu grande potencial, redutor, principalmente para uso em Redução Direta, após reforma, possui um poder calorífico superior de cerca de 3.270 Kcal/Nm³, que o indica como razoável fonte térmica para consumo em outras áreas da fábrica.

5 — DESSULFURAÇÃO

Para aumentar a produtividade em gusa, a tendência é diminuir o volume de escória e o índice de basicidade. O gusa obtido, nestas condições, efetivamente terá maior teor de enxofre.

Técnica e economicamente, achamos mais vantajoso, ao invés de se tomar qualquer medida metalúrgica no aparelho de redução, adotar-se um tratamento intermediário do gusa antes da aciaria, um sistema de dessulfuração, como, por exemplo, carbureto de cálcio.

Silveira e Hahne ⁽³⁾ mostram a dependência das relações $\frac{(S)}{[S]}$ com a basicidade da escória em FER.

Para se determinar o teor de S no gusa, 0,03%, não foi considerado que, no enxofre total carregado no forno elétrico de redução, uma larga parcela sairia nos gases.

Sendo o limite de tolerância do teor de enxofre no gusa em torno de 0,04%, pelos cálculos deste leito de fusão, seria dispensável este tratamento intermediário. Contudo, para assegurar o processo com este redutor, estabeleceu-se a estação de dessulfuração com um consumo médio de CaC_2 de 5 kg/t gusa.

Resumindo, a tabela VI apresenta dados provenientes dos cálculos acima e ainda indica o fator de potência considerado para cada um dos dois tipos de redutor.

Com relação a Forno Elétrico de Redução a Carvão Vegetal, indicam-se somente os números, não cabendo aqui, cálculos a respeito.

6 — CUSTO DO GUSA

Foram tomadas as seguintes parcelas principais na formação do custo do gusa:

- matérias-primas;
- energia elétrica e água;
- mão-de-obra;
- diversos, compreendendo: camisas e pasta de eletrodos, refratários, utilidades, laboratório de análise química, reparo e manutenção, serviço térmico e despesas gerais da usina;
- crédito de gás;
- custo do capital.

Aventou-se um nível de produção de 260.000 toneladas/ano e as fábricas localizadas junto às fontes de redutores. No caso de gusa produzido a partir de carvão mineral não coqueificável, é necessário acrescentar o custo da dessulfuração. Foram feitos cálculos considerando-se o carvão mineral com e sem subsídio.

As tabelas VIII, IX e X mostram, em detalhes, os custos de produção e da dessulfuração (se for necessário) para os redutores empregados.

FIGURA 5 - RELAÇÃO TAXA DE DESSULFURAÇÃO
X
% S NO GUSA

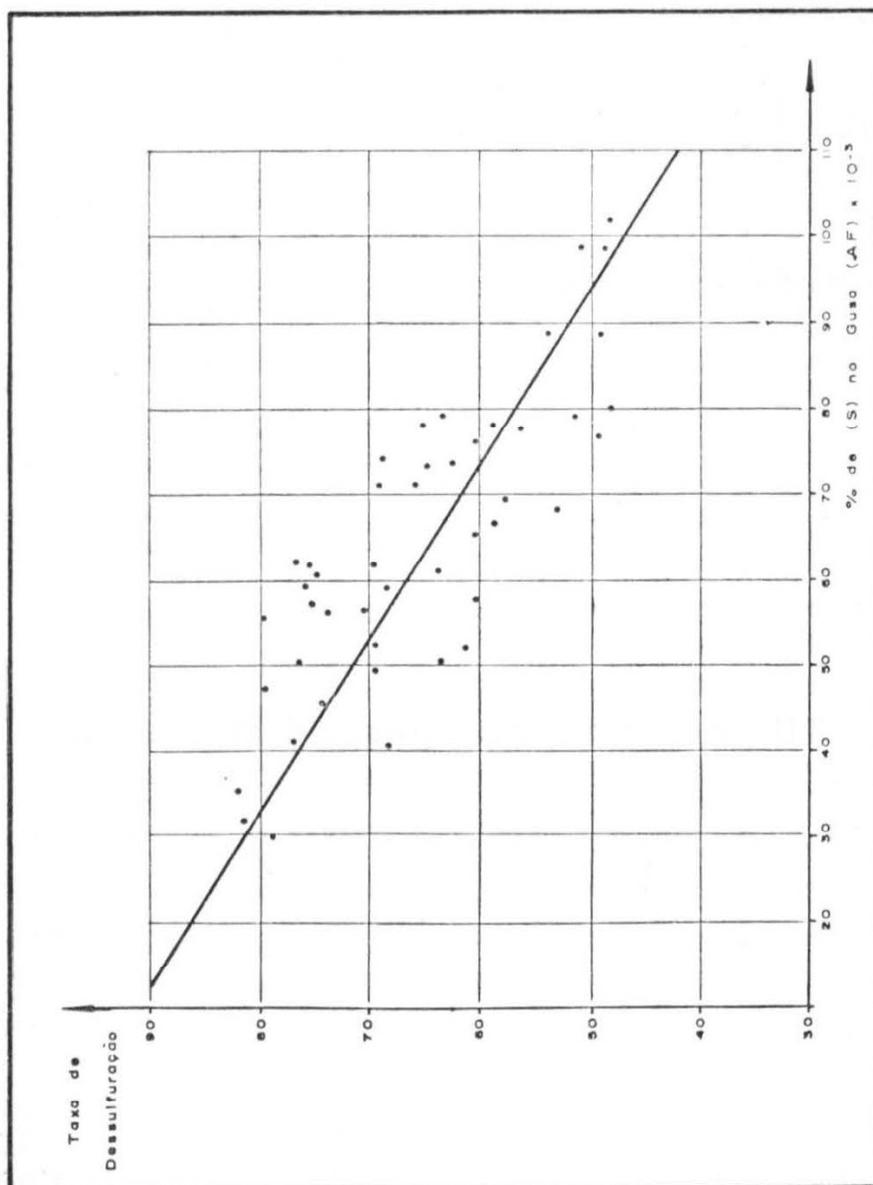


Tabela VI — Números Característicos de FER com 2 tipos de Redutores

Discriminação	Unidade	Carvão Vegetal	Carvão Mineral
Hematita	Kg/t. gusa	1.400	1.400
Calcário	Kg/t. gusa	—	150
Dolomito	Kg/t. gusa	—	50
Escória FER	Kg/t. gusa	380	300
Minério Manganês	Kg/t. gusa	20	20
Redutor	Kg/t. gusa	450	780
Basicidade da Escória (CaO)	—	1,20	1,17
SiO ₂			
Energia Elétrica	Kwh/t. gusa	2.000	2.200
Fator de Potência	—	0,85	0,78
Produção	t/ano	260.000	260.000
N.º de Fornos	—	2	2
Potência de cada Forno	MVA	40	45
Produtos	Gusa	t	1,0
	Escória	Kg/t. gusa	400
	Gases	Nm ³ / gusa	630

Fonte: R D E P

A tabela VII contém uma síntese para os diversos casos.

Tabela VII — Síntese dos Custos do Gusa para as várias Situações

Redutores	Custos (Cr\$/t.g.)	Índices
Carvão Vegetal	1.147,00	100,0
Carvão Mineral não Coqueificável		
com subsídio	1.054,00	92,0
sem subsídio	1.367,00	119,0
com subsídio + dessulfuração	1.147,00	100,0
sem subsídio + dessulfuração	1.460,00	127,0

Há a possibilidade de ser gerada energia termoelétrica e ser vendida subsidiada. No caso de se subsidiar a energia elétrica ao invés do carvão mineral, seria necessário um percentual de subsídio de 57,6% para que

o custo do gusa de carvão mineral fosse igual ao custo do gusa à base de carvão vegetal, não se considerando a dessulfuração. Se a considerarmos, o subsídio seria da ordem de 81,9%. Deve-se ressaltar que foi tomado um preço de 0,174 Cr\$/kwh.

Tabela VIII — Custo da Produção da Tonelada de Gusa em Forno Elétrico de Redução
Redutor: Carvão Vegetal —
Capacidade: 260.000 t/ano.

Componentes do Custo	Unidades	Coeficiente Técnico Unid./t. Gusa	Preço CIF Cr\$/Unidade	Custos	
				Cr\$	%
1. Minério de Ferro	t	1,400	140,0	196,00	17,1
2. Minério de Manganês	t	0,020	318,0	6,36	0,5
3. Calcário	t	—	120,0	—	—
4. Quartzito	t	—	82,0	—	—
5. Escória de FER	t	0,380	30,0	11,40	1,0
6. Carvão Vegetal	t	0,517*	600,0	310,02	27,0
SUB-TOTAL (1-6)				523,78	45,6
7. Água	m ³	40	1,0	40,0	3,5
8. Energia Elétrica	Kwh	2000	0,174	348,0	30,3
9. Mão-de-Obra (direta + indireta inclusive E. Sociais)	—	—	—	50,00	4,4
10. Custos Diversos	—	—	—	60,7	5,3
11. Crédito de Gás	Gcal	1,7	60,0	(102,00)	(8,9)
SUB-TOTAL (1-11)				920,48	80,2
12. Custo do Capital (16%)	—	—	—	226,00	19,8
13. CUSTO TOTAL				1.146,48	100,00

* inclusive perdas (finos)

Tabela IX — Custo da Produção da Tonelada de Gusa em Forno Elétrico de Redução
Redutor: Carvão Mineral não Coqueificável — CAP: 260.000 t/ano.

Componentes do Custo	Unidades	Coef. Técnico Unid./t. Gusa	Preço CIF Cr\$/Unid.	Custos			
				Com Subsídio		Sem Subsídio	
				Cr\$/t. gusa	%	Cr\$/t. gusa	%
1. Minério de Ferro	t	1,400	234,00	327,60	31,1	327,60	24,0
2. Minério de Manganês	t	0,020	318,00	6,36	0,6	6,36	0,5
3. Calcário	t	0,150	350,00	52,50	5,0	52,50	3,8
4. Dolomito	t	0,050	390,00	19,50	1,9	19,50	1,4
5. Escória de FER	t	0,300	30,00	9,00	0,8	9,00	0,7
6. Carvão							
Com Subsídio	t	0,870	43,00	37,41	3,5	—	—
Sem Subsídio	t	0,870	403,00	—	—	350,61	25,6
Sub-Total (1-6)	—	—	—	452,37	42,9	765,57	56,0
7. Água	m ³	40	1,00	40,00	3,8	40,0	2,9
8. Energia Elétrica	Kwh	2200	0,174	382,80	36,4	382,8	28,0
9. Mão-de-Obra (direta + indireta inclusive E. Sociais)	—	—	—	50,0	4,7	50,0	3,6
10. Custos Diversos	—	—	—	93,72	8,9	93,72	6,9
11. Crédito de Gás	Gcal	3,2	60,0	(192,00)	(18,2)	(192,00)	(14)
Sub-Total (1-11)	—	—	—	826,89	78,5	1.140,09	83,4
12. Custo do Capital (16%)	—	—	—	227,00	21,5	227,00	16,6
13. CUSTO TOTAL	—	—	—	1.053,89	100,0	1.367,09	100,0

Fonte: RDEP

1 U.S.\$ = 13,00

Tabela X — Custo da Dessulfuração da Tonelada de Gusa
Redutor: Carvão Mineral não Coqueificável

Componentes do Custo	Unidades	Coeficientes Técnicos Unid./t. Gusa	Preço CIF Cr\$/ Uni- dade	Custo	
				Cr\$/t. Gusa	%
1. Carboneto de Cálcio	Kg	4,5	17,0	76,50	82,4
2. Diversos (N ₂ , Lanças, Energia Elétrica, etc)	—	—	—	15,00	16,5
3. Mão-de-Obra Direta	—	—	—	0,83	0,9
4. Custo do Capital (16%)	—	—	—	0,50	0,2
Total	—	—	—	92,83	100,0

Fonte: R D E P

7 — CONCLUSÕES

De acordo com o que foi desenvolvido neste relatório, conclui-se que:

- a) O carvão mineral não coqueificável no Brasil teria grandes reservas para o fim a que se propõe.
- b) O custo do gusa no FER com carvão mineral não coqueificável subsidiado é de Cr\$ 1.054,00/t e menor do que com carvão vegetal, Cr\$ 1.147,00/t, nas regiões consideradas, isto é, Rio Grande do Sul e Minas Gerais.
- c) A produção de gusa em FER a carvão mineral não coqueificável torna-se, diante dos números apresentados, uma excelente opção para a atual conjuntura nacional, com sensível economia de divisas.

OBERSVAÇÃO IMPORTANTE:

Os autores esclarecem que o trabalho representa suas posições e idéias pessoais. Não significam portanto, o ponto de vista de empresa.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a Diretoria da RDEP a autorização concedida para publicação deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- (1) RDEP — Aelatórios Internos — abril, 1977.
- (2) Ferreira, J.V., Melo, M.A.L. de — *A Produção de Gusa em Fornos Elétricos de Redução Baseado a Coque Fabricado com 100% de Carvão Mineral Brasileiro*. 1976.
- (3) Silveira, R.C. da, Hahne, H. — *Contribuição a Dessulfuração na Produção de Gusa em FER*. XXV Congresso ABM, Porto Alegre, RS, junho, 1970.
- (4) Pinto G. da S., e colaboradores — *Estação de Dessulfuração da Usiminas*. XXIX Congresso Anual da ABM — Porto Alegre, RS, julho, 1974.
- (5) Silveira, R.C. da — *Fornos Elétricos de Redução*. Depto. Engenharia Metalúrgica, EEUFMG, 2.^a edição.
- (6) Ferreira, J.V. e colaboradores — *Política e Tendência de Imortação de Carvão Coqueificável*. Simpósio Anual COMIN/COMAP, Salvador, BA, 1977.
- (7) Silveira, R.C. da — *Contatos pessoais*.