

# A INDÚSTRIA NACIONAL DE REFRAATÓRIOS; SUAS REALIZAÇÕES E PERSPECTIVAS ANTE NOSSO SURTO SIDERÚRGICO <sup>(1)</sup>

FELIPPE J. V. DE A. FRANCESCHINI <sup>(2)</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

Foi com desvanecimento que recebemos a incumbência de discorrer sobre a indústria nacional de refratários, suas realizações e perspectivas ante o nosso surto siderúrgico. Esperamos situar a sua posição atual, colocando-a em maior evidência, visto não ser muito conhecida, pois fabrica materiais utilizados para a produção de outros, como gusa, aço, cimento, vidro, etc.

Decorrendo dessa posição de menor evidência, falta-lhe suficiente retaguarda na opinião pública e não tem tido dos poderes governamentais, pelo menos no Brasil, a proteção normal e as facilidades de financiamento, a que faria jus como *indústria de base das indústrias de base*. Enquanto entre nós existe para a importação de *qualsquer* refratários, uma taxaçaõ máxíma "ad valorem" de 60%, na Argentina, por exemplo, a taxaçaõ atinge 300% e está vedada a importação dos tipos mais comuns <sup>(1)</sup>. Por inacreditável que seja, tal importação aqui, por vezes se efetua com isençaõ de direitos e câmbio preferencial, frustando o esforço de desenvolvimento das indústrias de refratários, que se processa sob o signo da livre empresa e quase exclusivamente auto-financiado.

Siderurgia e refratários são interdependentes. Embora a estes sejam algumas vezes atribuídas deficiências, oriundas eventualmente do escasso conhecimento das suas características intrínsecas, o certo é que constituem fatores determinantes dos processos industriais, tonelagem, custo e qualidade da produção. Novas técnicas se tornam possíveis à medida que se aperfeçoam.

(1) XV Conferência Geral da Associação Brasileira de Metais. Proferida no decorrer do XV Congresso Anual, no Salão Nobre do Instituto de Engenharia; São Paulo, julho de 1960.

(2) Membro da ABM e Presidente da Comissão Técnica de Refratários; Docente da Escola Politécnica da USP; Diretor Técnico da Cerâmica São Caetano S/A.; São Paulo, SP.

## 2. RESUMO HISTÓRICO

No ano de 1893, o Dr. João Pinheiro da Silva fundou em Caeté, Minas Gerais, a “*Companhia Cerâmica Nacional*” que posteriormente mudou de nome para “*Companhia Cerâmica João Pinheiro*”. Produzindo inicialmente louças finas e porcelana, coube-lhe fabricar os tijolos para alguns dos nossos mais antigos altos-fornos<sup>(2)</sup>. Em São Caetano organizou-se em 1912 a “*Cerâmica Privilegiada do Estado de São Paulo*”, que originou em 1920 a “*Cerâmica São Caetano Ltda.*”; adquirida em 1923 pelo Dr. Roberto Simonsen passou desde logo a produzir refratários.

Essas e algumas outras emprêsas ainda menores, produziam anualmente poucas centenas de toneladas de refratários e, salvo algumas experiências, até 1940, eram importados todos os produtos de sílica, magnesita e mesmo os sílico-aluminosos, para fins de alguma responsabilidade.

Partindo de uma situação de todo inexpressiva há duas décadas, a indústria de refratários nacional desenvolveu-se impulsionada pelo dealbar da siderurgia e especialmente sob a influência da implantação da Usina de Volta Redonda. Torna-se aqui imperativa, uma justa homenagem à memória do Dr. ROBERTO SIMONSEN, o qual desde 1939 asseverava que poder-se-ia contar com os seus esforços para dotar o País da produção de refratários indispensáveis à siderurgia. Repetindo palavras do General Edmundo de Macedo Soares e Silva: “Disse e cumpriu”<sup>(3)</sup>. Com efeito, sob sua égide, desenvolveu-se um amplo programa de pesquisas de matérias primas, enquanto na Cerâmica São Caetano trabalhava-se intensivamente na primeira fábrica piloto de refratários do Brasil e se iniciava a construção de novas instalações industriais, erguidas em ritmo acelerado. Cêrca de 300 quartzitos e outras rochas silicosas, foram então ali estudados, classificados, submetidos a ensaios prévios, e os mais promissores trabalhos em escala semi-industrial, logrando-se obter resultados satisfatórios depois de centenas de tentativas. Cabe também referência especial aos trabalhos então efetuados no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, os quais muito contribuíram para o desenvolvimento e rápido progresso dos nossos produtos.

A 26 de novembro de 1941 inaugurava-se, com a presença do Exmo. Sr. Presidente da República, a Fábrica de Produtos de Sílica da Cerâmica São Caetano S/A. A medida que se completavam as instalações industriais, a produção se desenvolvia, acolhida de início com reserva e, paulatinamente, com maior confiança, nos fornos elétricos da "Usina Santa Olimpia", "Pirrie Villares & Cia. Ltda.", "Fábrica de Aço Paulista" e, pouco mais tarde, nos fornos "Siemens-Martin" da então "Siderúrgica Itrepila", e nas demais indústrias de aço. Em 1943, já se iniciava auspiciosamente a exportação para a Argentina.

Posta em marcha a Usina de Volta Redonda, os nossos refratários de sílica foram experimentados; passaram a ser usados nas abóbadas e paredes dos fornos de aço, substituindo os primeiros revestimentos estrangeiros, que lhes proporcionaram o ensejo de um favorável confronto. Foram desde aí reconhecidos como equivalentes aos melhores existentes em outros países.

Paralelamente, foi efetuado um grande esforço no sentido de aperfeiçoar os sílico-aluminosos, cujos padrões de muito se distanciavam dos alienígenas. Havia sérias dificuldades a ultrapassar; argilas em geral muito refratárias e pouco sinterizantes, provenientes de jazidas heterogêneas, originavam produtos porosos e mecânicamente pouco resistentes, que mal suportavam o transporte e, no uso, sofriam os resultados dessas contingências. Para torná-los mais resistentes adicionavam-se fundentes que os deixavam inservíveis para muitas aplicações.

O difícil compromisso entre refratariedade, porosidade e resistência, só lentamente foi sendo equacionado por melhores métodos de fabricação, uso simultâneo de várias argilas devidamente proporcionadas para adequado equilíbrio entre composição, curva de queima e demais características.

Empregaram-se prensas mais possantes e a vácuo, melhor equipamento de controle, fornos túneis especiais para solver o delicado balanceamento entre ciclo e temperatura de queima, qualidade, exatidão de medidas e contenção das deformações, dentro de limites estreitos. Foi-se processando o amadurecimento paulatino de uma mentalidade tecnológica afeita aos problemas cerâmicos dos refratários. Assim, decorridos poucos anos, nossos sílico-aluminosos vieram também a se equiparar

aos estrangeiros que, no entanto, também haviam passado por considerável progresso.

Urgidos pelos acontecimentos internacionais, produzimos, já em 1943, algumas centenas de toneladas de refratários de magnésita, para suprir a carência de importação, especialmente da Áustria, que ainda hoje, é o seu maior produtor. Graças a êsse esforço industrial, notável para a época, a produção de aço no Brasil não sofreu ainda maiores percalços nesse ano e subsequentes.

Além da Cerâmica São Caetano, outras indústrias de refratários surgiram e começaram a operar. Delas citaremos apenas as maiores: *Indústrias Brasileiras de Artigos Refratários S/A.*, Calmon Viana, SP., e *Magnesita S/A.*, Cidade Industrial, MG.

Atualmente, a indústria nacional de refratários está dotada dos equipamentos mais modernos; seus laboratórios possuem tôdas as facilidades necessárias para ensaios, contrôle de rotina de matérias primas e dos produtos nas diversas fases de fabricação, bem como para os trabalhos de pesquisas que adquirem sempre maior relevância.

### 3. PRODUTOS ATUAIS E PROGRESSOS ESPERADOS

*Refratários de Sílica* — Possuímos amplas reservas de quartzitos muito puros em diversas regiões do Estado e do País, que asseguram um abastecimento sem limitação e da melhor qualidade. Essas matérias primas apresentam um teor de  $\text{SiO}_2$  superior a 98,5%, teores excepcionalmente baixos de álcalis e muito baixos de alumina, mantidos com notável constância. Ademais apresentam características físicas adequadas, como tendência para boa inversão para tridmita e cristobalita, dando grãos muito resistentes.

Fabricamos refratários de sílica nos dois tipos hoje internacionalmente consagrados (Quadro I): Normal, com  $\text{Al}_2\text{O}_3 < 1,0\%$ , e de baixa alumina (super-duty), com  $\text{Al}_2\text{O}_3 < 0,4\%$  e alcalinos totalizando 0,06%, detalhe importante, pois a êles se atribui uma atividade fundente duas vezes maior que a da alumina <sup>(4)</sup>.

Mesmo com uma formulação granulométrica cuidadosa, as matérias primas usadas tendem a proporcionar porosidade média,

## QUADRO I

REFRAATÓRIOS DE SILICA

<u>ANÁLISE QUÍMICA:</u> (%)	"S-1"	"S-2"
SiO <sub>2</sub> . . . . .	96,1	96,14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,75	0,40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,6	0,5
CaO . . . . .	2,1	2,3
MgO . . . . .	0,2	0,2
K <sub>2</sub> O e Na <sub>2</sub> O . . . . .	0,1	0,06
<u>REFRAATARIEDADE:</u>		
Cones Orton . . . . .	31	31-32
° C . . . . .	1680	1680-1700
<u>REFRAATARIEDADE SOB CARGA:</u> (2 kg/cm <sup>2</sup> , em °C)		
Início de deformação . . . . .	1670	1695
40% . . . . .	1680	1700
<u>POROSIDADE APARENTE:</u> (%)		
Em volume . . . . .	23,0	22,0
<u>DENSIDADE:</u>		
Aparente . . . . .	1,80	1,83
Real . . . . .	2,33	2,34
<u>RESISTENCIA A COMPRESSÃO:</u> (kg/cm <sup>2</sup> )		
À temperatura ambiente . . . . .	310	280
<u>DILATAÇÃO TÉRMICA REVERSÍVEL:</u>		
De 20 a 1000 °C . . . . .	1,28	1,46
<u>VARIAÇÃO PERMANENTE DAS DIMENSÕES:</u> (%)		
Dilatação linear p/recozimento a 1450°C . . . . .	0,3	0,3
OBSERVAÇÃO:- Ensaio efetuado conforme as Normas da A.B.N.T.		

fator provavelmente de secundária importância pois, segundo H. R. Lahr, um incremento de 0,1% no teor de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terá efeito tão considerável em serviço quanto um aumento de 7,5% na porosidade<sup>(5)</sup>. A sua curva de dilatação térmica reversível, das mais singulares, impõe juntas de dilatação e especiais precauções no aquecimento, conferindo-lhe, em compensação, admirável estabilidade acima de 1000°C (Fig. 1). Sua natureza ácida e capacidade de tolerar elevadas quantidades de óxidos de ferro e de cálcio e suportar elevadas cargas até quase o ponto de fusão, são outras características marcantes.

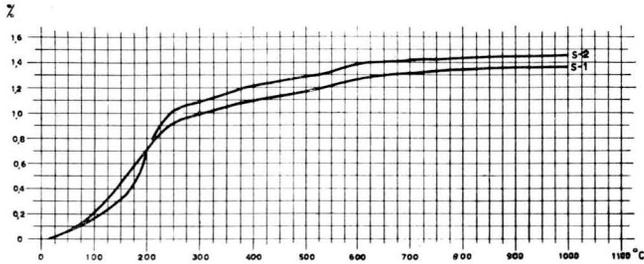


Fig. 1 — Refratários de sílica: dilatação térmica reversível.

A fabricação já há muitos anos atingiu alto grau de regularidade, comprovada pela constância da densidade real, que indica o grau de inversão, que, se insuficiente, redundará em indesejável expansão permanente na utilização. Para exemplificar os cuidados tomados no controle de fabricação, apresentamos os histogramas referentes aos resultados obtidos para o produto S-1 em dois períodos: 2.º semestre de 1958 e primeiro semestre deste ano (Fig. 2).

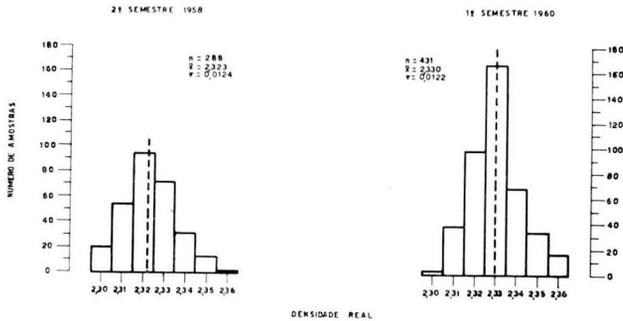


Fig. 2 — Refratários de sílica: densidade real.

Consoante opinião generalizada, pouca esperança existe de que seja ainda possível progresso de monta nos refratários de sílica. Contudo, seu emprêgo tem provado tanto mais satisfatoriamente quanto mais elaborados os projetos e respeitadas as boas técnicas de assentamento e de uso.

Será de encarecer a difusão entre nós da sílica “super-duty” (tipo S-2), de maior refratariedade, coroada de amplo sucesso quer nos Estados Unidos quer na Europa. Como a sua dilatação térmica reversível e a técnica de reparos são diferentes dos empregados para a sílica normal, o seu emprêgo entre nós só recentemente está despertando real interesse.

*Refratários silico-aluminosos* — Existem jazidas de argilas em grande número e com ampla gama de qualidade. São porém raras as reservas conhecidas de grande possança e homogeneidade, circunstância que implica em minuciosos trabalhos de sondagens, análises, extração discriminada, formação de estoques em camadas de várias argilas, por sua vez sondados, analisados e sofrendo adições corretivas, se preciso. Ainda não foram encontrados “flint-clays”, argilas metamorfisadas, de grande emprego nos Estados Unidos como agregados ou emagrecedores. Os fabricantes nacionais são, pois, levados ao uso de chamotes, em proporção variável de acôrdo com a natureza do produto, entre 40% e 95%.

## QUADRO II

REFRAATÓRIOS SILICO-ALUMINOSOS NORMAIS

<u>ANÁLISE QUÍMICA:</u> (%)	<u>SA-1</u>	<u>SA-2</u>	<u>SA-3</u>	<u>SA-4</u>	<u>SA-5</u>
SiO <sub>2</sub> . . . . .	65,2	61,5	57,8	54,8	54,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , incl. TiO <sub>2</sub> . . . . .	30,0	35,0	39,5	43,0	43,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3,5	2,3	1,7	1,6	1,6
CaO. . . . .	0,35	0,20	0,15	0,15	0,08
MgO. . . . .	0,50	0,25	0,25	0,22	0,20
<u>REFRATARIEDADE:</u>					
Cones Orton. . . . .	30	32	33	33-34	34
° C. . . . .	1650	1700	1745	1745-60	1760
<u>REFRATARIEDADE SOB CARGA:</u> (2 kg/cm <sup>2</sup> , em °C)					
Início de deformação . . . . .	1380	1400	1460	1480	1500
5 % . . . . .	1430	1440	1510	1530	1560
10 % . . . . .	1470	1490	1550	1570	1590
20 % . . . . .	1500	1530	1590	1610	1620
40 % . . . . .	1530	1560	1630	1650	1660
<u>POROSIDADE APARENTE:</u> (%)					
Em volume. . . . .	20,5	22,0	22,5	24,5	17,0
<u>DENSIDADE APARENTE:</u> . . . . .					
	2,02	2,05	2,06	2,05	2,19
<u>RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO:</u> (kg/cm <sup>2</sup> )					
À temperatura ambiente . . . . .	195	185	220	200	540
<u>DILATAÇÃO TÉRMICA REVERSÍVEL:</u> (%)					
De 20 a 1000°C . . . . .	0,55	0,55	0,50	0,47	0,45
<u>VARIAÇÃO PERMANENTE</u> <u>DAS DIMENSÕES:</u> (%)					
Retração linear p/recozimento a					
1350°C . . . . .	0,5	0,5	-	-	-
1450°C . . . . .	-	-	0,32	0,05	-
1600°C . . . . .	-	-	-	-	0,6
<u>ÍNDICE DE DESGASTE:</u> (mm) . . . . .					
	-	-	-	-	2,84
<u>OBSERVAÇÃO:</u> - Ensaios efetuados conforme as Normas da A.B.N.T.					

Fabrica-se ampla variedade de silico-aluminosos, dos quais apresentamos no *Quadro II*, cinco tipos representativos.

SA-1 e SA-2, correspondem à classificação "low-duty" da ASTM, designação C-27-56; SA-3, "medium-duty"; SA-4, "high-duty" e SA-5, "super-duty". O SA-5, desenvolvido especialmente para o uso em altos-fornos, pouco difere na análise do SA-4. Apresenta, no entanto, grandes diferenças: extraordinária resistência à compressão à temperatura ambiente, oriunda da diminuta porosidade aparente e, o que é ainda mais importante, notável estabilidade evidenciada pela alta temperatura de início de deformação sob carga e especialmente pela diminuta retração linear no recozimento a 1600°C.

Como se atribui importância à resistência ao desgaste desses materiais, efetuaram-se ensaios comparativos com produtos da mesma classe e de fabricação norte-americana, utilizados no revestimento da soleira dos altos-fornos da Companhia Siderúrgica Nacional, obtendo-se valores praticamente equivalentes.

### QUADRO III

#### REFRATÁRIOS SILICO-ALUMINOSOS ESPECIAIS

<u>ANÁLISE QUÍMICA: (%)</u>	<u>SA-6</u>	<u>SA-7</u>	<u>SA-8</u>	<u>SA-9</u>
SiO <sub>2</sub> . . . . .	56,5	68,7	64,0	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , incl. TiO <sub>2</sub> . . . . .	41,2	26,5	32,5	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,45	1,3	1,3	-
CaO. . . . .	0,05	0,1	0,1	-
MgO. . . . .	0,12	1,3	0,2	-
<u>POROSIDADE APARENTE: (%)</u>				
Em volume. . . . .	14,5	16,5	-	-
<u>DENSIDADE APARENTE: . . . . .</u>	2,23	2,15	2,26	2,43
<u>RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO</u>				
(kg/cm <sup>2</sup> )				
A temperatura ambiente . . . . .	600	400	600	700
<u>DILATAÇÃO TÉRMICA REVERSÍVEL: (%)</u>				
De 20 a 1000 °C. . . . .	0,5	0,62	0,45	0,55
<u>ABSORÇÃO DE ÁGUA: (%) . . . . .</u>	-	-	4,0	3,7
<u>ÍNDICE DE DESGASTE: (mm) . . . . .</u>	-	-	1,5	2,5
<u>ENSAIO DE ATAQUE DE ÁCIDO: (de acordo com as normas DIN-4092- Método A)</u>				
Perda de peso do material granulado (%)	-	-	1,0	1,8

OBSERVAÇÃO: Ensaios efetuados conforme as Normas da A.B.N.T.

No *Quadro III* são apresentados quatro tipos de sílico-aluminosos especiais. O SA-6, de refratariedade pouco inferior à do SA-5, foi estudado especialmente para os fornos-tanques das fábricas de vidro. Vem contudo sendo usado com sucesso em outras aplicações, onde o principal requisito seja alta resistência mecânica, à abrasão erosão ou corrosão mesmo a temperaturas elevadas, inferiores a 1500°C. O SA-7, foi criado recentemente como material específico para caçambas. SA-8 e SA-9 são tipos empregados em linhas de decampagem como tijolos anti-ácidos, ou quando se queiram elevadíssimas resistências mecânicas ou à abrasão.

QUADRO IV

REFRAATÓRIOS ISOLANTES

<u>ANÁLISE QUÍMICA:</u> (%)	<u>I-1</u>	<u>I-2</u>
SiO <sub>2</sub> . . . . .	53,0	56,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , incl. TiO <sub>2</sub> . . . . .	44,0	41,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,5	1,5
 <u>CONDUTIBILIDADE TÉRMICA:</u>		
(em Kcal/mh°C)		
A 600 °C. . . . .	0,26	0,43
A 800 °C. . . . .	0,29	0,48
A 1000 °C. . . . .	0,34	0,54
A 1200 °C. . . . .	0,39	0,61
 <u>VARIAÇÃO PERMANENTE</u>		
<u>DAS DIMENSÕES:</u> (%)		
Retração linear p/recozimento a		
1400°C . . . . .	0,0	0,0
 <u>DENSIDADE AFARENTE:</u> - . . . . .	 0,8	 1,2

No *Quadro IV*, estão dois tipos de refratários sílico-aluminosos isolantes, isto é, materiais que podem ser utilizados diretamente em contacto com os gases de combustão. Propiciam considerável economia de combustível e agilidade no funcionamento dos fornos de uso intermitente, mercê da sua baixa condutividade e diminuta capacidade térmica. Sua retração linear pelo recozimento, nula até 1400°C, mostra que podem ser empregados com segurança até essa temperatura. O tipo "I-1" se enquadra no grupo 26 da Classificação C-155-57 da ASTM.

Dispõe portanto a siderurgia, para tôdas as finalidades, de ampla escolha entre os produtos sílico-aluminosos nacionais.

Embora admitindo favorável confronto com os produtos alie-nígenas equivalentes, estão, como êsses, em fase de aperfeiçoamento, havendo possibilidade de futuros progressos especialmente no campo de aplicações específicas, como nos revestimentos de caçambas. Nada justifica pois, no momento, o desestímulo aos produtores de silico-aluminosos, proveniente da importação, mesmo para finalidades de magna responsabilidade, como altos-fornos ou coquerias.

QUADRO V

## REFRATÁRIOS ALUMINOSOS

<u>ANÁLISE QUÍMICA:</u> (%)	<u>A-1</u>	<u>A-2</u>	<u>A-3</u>	<u>A-4</u>	<u>A-5</u>
SiO <sub>2</sub> . . . . .	43,4	33,5	25,6	16,5	6,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , incl. TiO <sub>2</sub> . . . . .	53,2	63,7	72,6	82,7	92,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2,9	3,0	2,1	1,8	1,0
CaO . . . . .	0,2	0,15	0,1	-	-
MgO . . . . .	0,25	traços	traços	-	-
<u>REFRATARIEDADE:</u>					
Cones Orton . . . . .	35	37	38	39	40
° C . . . . .	1785	1820	1835	1865	1885
<u>REFRATARIEDADE SOB CARGA:</u> (2 kg/cm <sup>2</sup> , em °C)					
Início de deformação . . . . .	1460	1490	1500	1550	-
5 % . . . . .	1500	1570	1590	1650	-
10 % . . . . .	1555	1600	1650	1690	-
20 % . . . . .	1600	1660	1710	1740	-
40 % . . . . .	1650	1700	1760	n.d.	-
<u>POROSIDADE APARENTE:</u> (%)					
Em volume . . . . .	29,0	29,0	29,6	24,0	21,0
<u>DENSIDADE APARENTE:</u> . . . . .					
	2,03	2,10	2,24	2,59	2,80
<u>RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO:</u> (kg/cm <sup>2</sup> )					
À temperatura ambiente. . . . .	190	235	340	540	600
<u>DILATAÇÃO TÉRMICA REVERSÍVEL:</u> (%)					
De 20 a 1000 °C . . . . .	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7
<u>VARIACÃO PERMANENTE</u> <u>DAS DIMENSÕES:</u> (%)					
Dilatação linear p/recozimento a					
1550°C. . . . .	0,90	-	-	-	-
1600°C. . . . .	-	1,0	1,3	0,9	0,5
1700°C. . . . .	-	-	-	-	0,7

OBSERVAÇÃO:- Ensaios efetuados conforme as Normas da A.B.N.T.

*Refratários aluminosos* — Jazidas de bauxita nos arredores de Poços de Caldas e em outras regiões, bem como ricos depósitos de gibsitita perto de Uberaba, além de ocorrências de cianita em Minas Gerais, representam exemplos do amplo manancial disponível de matérias primas aluminosas. No *Quadro V* apresen-

tam-se protótipos de uma completa série de produtos pertencentes a essa linha, no momento de uso restrito, na siderurgia.

QUADRO VI

REFRAATÓRIO DE MAGNESITA

<u>ANÁLISE QUÍMICA:</u> (%)	<u>M-1</u>
SiO <sub>2</sub> . . . . .	2,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3,6
CaO . . . . .	2,2
MgO . . . . .	90,0
 <u>REFRAATÓRIEIDADE:</u>	
Cone Orton . . . . .	37
° C . . . . .	1820
 <u>REFRAATÓRIEIDADE SOB CARGA:</u>	
(2 kg/cm <sup>2</sup> , em °C)	
Início de deformação. . . . .	1560
 <u>POROSIDADE AFARENTE:</u> (%)	
Em volume . . . . .	26,0
 <u>DENSIDADES:</u>	
Aparente. . . . .	2,66
Real. . . . .	3,59
 <u>RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO:</u>	
(kg/cm <sup>2</sup> )	
À temperatura ambiente . . . . .	490
 <u>DILATAÇÃO TÉRMICA REVERSÍVEL:</u> (%)	
De 20 a 1000 °C . . . . .	1,3

OBSERVAÇÃO:- Ensaios efetuados conforme as Normas da A.B.N.T.

*Refratários de magnesita e de cromo-magnesita* — O Brasil está muito bem dotado de reservas de magnesita. As jazidas da Serra das Éguas, na Bahia, são das mais importantes, bem como as situadas, no interior do Ceará, embora o maior desses depósitos tenha sido e venha dentro de breve novamente a ser encoberto pelas águas do Açude de Orós. Com essas matérias primas fabricam-se materiais como o apresentado no *Quadro VI*,

que revestem atualmente as paredes de todos os fornos básicos "Siemens-Martin" e elétricos, abastecendo totalmente o mercado.

De longa data são conhecidas as vantagens das chapas de aço entremeadas aos tijolos de magnesita, prática também entre nós normalmente seguida, nas paredes de muitos fornos de aço. Essa técnica é possibilitada pela capacidade do periclásio de absorver grandes quantidades de ferro, formando magnésio-ferrita, de elevada refratariedade. As chapas fundem-se na parte interna das alvenarias soldando os tijolos entre si e impedindo a sua destruição, pelo desprendimento de escamas provenientes do "spalling" térmico e estrutural, servindo-lhes de antídoto.

O seu uso foi ampliado com o emprêgo dos tijolos quimicamente ligados e chapeados, culminando com a introdução de chapas de aço internas em cada 1 1/2" de refratário, além do chapeamento externo.

*Magnesita sintética* — A produção de óxido de magnésio extraído da água do mar e de concentrações salinas, apresenta dia a dia crescente importância pois, como observa J. H. Chester, tem-se pela primeira vez a possibilidade de criar u'a matéria prima da pureza desejada e fazer-lhe as adições necessárias para produzir algo de novo <sup>(6)</sup>. Na Inglaterra, somente a Usina de Hartepool, talvez a mais importante do mundo, tem a capacidade de 150.000 anuais, enquanto já em 1958, nos Estados Unidos, 59% da produção tinha essa mesma origem <sup>(7)</sup>.

Vai-se acentuando a preferência por óxidos de magnésio da mais alta pureza, ficando as demais relegadas para um segundo plano. Outro sentido não tem o seguinte episódio: as maiores jazidas do nordeste foram prospectadas pela "H. W. Refractories Co.", que em 1951 assegurou, através de "H. W. Minérios do Brasil", a sua exploração. Feitos exaustivos estudos (inclusive 67 perfurações totalizando quase 4.200 m nas quais se comprovou a magnitude das reservas), houve desinteresse, pois a preferência se fixou nos óxidos de magnésio sintéticos.

É pois alvissareira a notícia de que deverá ser encetada em breve, na Companhia Nacional de Álcalis, a produção de óxido de magnésio ("dead burned"), com 97-98% de MgO e adequadas características físicas e granulométricas. Tal evento poderá preencher uma lacuna no Brasil e permitir uma evolução técnica, quiçá num sentido mais definitivo, dos nossos refratários básicos.

*Cromo-magnesianos* — As reservas conhecidas no País, de cromita adequada para refratários, são bastante modestas <sup>(8)</sup>. Se preciso, tal como o fazem os fabricantes norte-americanos e europeus, complementaremos a nossa produção, importando o que fôr necessário.

Não se fixaram ainda, no mundo todo, rumos definitivos para a linha dos cromo-magnesianos. Estão sendo experimentados, em rápida sucessão, produtos com teores os mais variados de cromita e de outros componentes, com diversas texturas; queimados, ligados quimicamente ou eletro-fundidos. Compreende-se pois que a indústria nacional deva acompanhar com certa cautela a efervescente evolução em curso, sob pena de delapidar esterilmente esforços.

Contudo, nossos laboratórios e fábricas piloto, tanto para os refratários de magnesita como para os cromo-magnesianos, desenvolvem atualmente intensas pesquisas. Resultados de laboratório, bem como experiências industriais recentes, mostram o progresso já conseguido e fundamentam ainda maiores esperanças para o futuro, maximé com a disponibilidade de "magnesia sintética".

Até o ano passado importaram-se apenas alguns granulados especiais para a construção e reparos de soleiras dos fornos "Siemens-Martin", linha que recentemente passou a ser satisfatoriamente atendida pela indústria nacional. Mais recentemente foram importados *tijolos cromo-magnesianos* quimicamente ligados, com envólucro de chapa de aço, para emprêgo experimental nas abóbadas das bolsas de escória e para a abóbada básica pioneira do forno n.º 1 da Companhia Siderúrgica Nacional.

*Dolomita* — O Brasil está dotado de excelentes jazidas de dolomita puríssima, que é fornecida já sinterizada. Não existe qualquer problema de abastecimento e os brilhantes resultados conseguidos nos conversores L-D dispensam maiores comentários.

*Outros materiais* — Desenvolve-se ainda crescente produção de outros produtos de menor consumo na siderurgia, como refratários de grafita, sob forma de tampões, carbureto de silício, zirconita, etc. Para todos os tipos de produtos existem ainda os respectivos cimentos para assentamento e granulados para a construção de soleiras e apisoados. Em particular, para os silico-aluminosos e aluminosos, dispõe-se de ampla linha de cimentos de péga ao ar, plásticos e concretos de péga hidráulica.

#### 4. EMPRÊGO DOS REFRAATÓRIOS NAS INDÚSTRIAS SIDERÚRGICAS E PROGRESSOS ESPERADOS

Estudemos agora as aplicações dos refratários nas indústrias siderúrgicas, cingindo-nos somente às mais características ou de maior importância:

*Coquerias* — O emprêgo dos refratários de sílica é de grande vulto na construção das coquerias.. Normalmente, porém, o seu uso em reparos é quase nulo, circunstância que — aliada à vida de 20 a 30 anos das baterias, à multiplicidade de peças envolvendo o uso de patentes e à exigência, em parte comercial, das firmas projetistas (assumindo a responsabilidade apenas com os materiais por elas indicados) — tem protelado até agora o uso dos refratários nacionais na construção das baterias de coque.

O problema da variedade e complexidade de formatos não é intransponível, como ficou provado nas usinas de gás de São Paulo e do Rio de Janeiro, onde são usadas centenas de peças diferentes.

Desde que não há diferença apreciável entre os bons refratários de sílica brasileiros e os melhores norte-americanos, ingleses, alemães, italianos ou franceses usados com sucesso, não há razão para que os nossos também não possam ser empregados satisfatoriamente. Quanto aos sílico-aluminosos, as solicitações nas coquerias nada apresentam de muito especial, salvo nas soleiras das células, onde se exige elevada resistência à abrasão, como a do tipo SA-5, já ali experimentado. Existe apenas a referida exigência dos projetistas.

Não se empregam os nossos produtos somente porque não existe experiência prévia; círculo vicioso que deverá ser rompido, pois doutra forma, daqui há 20 anos, ainda estaremos no mesmo ponto. O problema deverá ser atacado com resolução, quando do planejamento de novas unidades, prevendo-se o lãpso de tempo necessário para o acôrdo com as firmas projetistas e para o estudo e confecção dos estampos, para a construção de novas coquerias exclusivamente com produtos refratários nacionais.

*Altos-fornos e "cowpers"* — As condições de funcionamento de um moderno alto-forno, solicitam severamente o revestimento sílico-aluminoso correntemente usado para o revestimento. Nos grandes altos-fornos a coque, é freqüente o emprêgo de blocos de carbono nas soleiras, cadinhos e, mais recentemente, até nas rampas. Nos soleiras, devido à difícil dissipação do calor, houve menor sucesso do que nos cadinhos, retornando-se em muitos casos aos sílico-aluminosos, geralmente de 18" × 9" × 4" nos maiores fornos, ou 13 1/2" × 9" × 4" nos demais.

Sôbre os revestimentos avultam os efeitos combinados de abrasão, erosão e corrosão durante anos a fio e a temperaturas que alcançam 1.500°C e nas partes mais frias observam-se abrasão, erosão, ataque dos alcalinos, deposição de zinco e ação desintegrante devida ao monóxido de carbono.

Dava-se preferência aos revestimentos constituídos de grandes blocos moldados de 60 kg ou mais, que necessitavam de cuidadoso aparelhamento das superfícies justapostas. Mais recentemente foi prevalecendo o emprêgo de peças menores, em geral peças normalizadas de  $13 \frac{1}{2}''$  ou  $12'' \times 6'' \times 3''$  e de  $9'' \times 6'' \times 3''$  combinadas, fabricadas por prensagem a sêco, com ótimo "standard" de uniformidade de textura e de medidas, e isentas de retração subseqüente, devido à queima a  $1500^{\circ}\text{C}$ .

Os refratários do tipo SA-5, têm apresentado excelentes resultados nos pontos de maior responsabilidade, usando-se nos demais, os tipos SA-4 ou SA-3. A quase totalidade dos nossos altos-fornos a carvão de madeira está com êles construída e os consumidores que anteriormente utilizaram produtos estrangeiros, afixam a obtenção de resultados equivalentes. Na parte mais fria, não tem sido observado o efeito desintegrante devido ao monóxido de carbono.

Nos "cowpers" estão em uso revestimentos e empilhamentos nacionais, mesmo alguns dos tipos mais complicados, como Brohltal, Mc Kee ou equivalentes. Aplicam-se, com sucesso, os tipos SA-3, 4 ou 5, conforme a zona de emprêgo. Existem "cowpers" com 14 anos de trabalho, tendo os refratários ainda em perfeitas condições.

Apesar do vulto das instalações, dada a sua durabilidade, o consumo total de refratários nos altos-fornos e nos "cowpers" é diminuto, da ordem de 1,8 kg/t de gusa.

*Caçambas* — Sem dúvida o revestimento das caçambas tem sido um dos pontos mais evidenciados, como possível fonte de contaminação do aço por inclusões não metálicas. Tal a relevância do problema, que no XII Congresso da ABM, o General Edmundo de Macedo Soares e Silva dirigiu um apelo aos fabricantes de refratários, no sentido de desenvolverem tipos mais adequados para êsse fim.

Muitas pesquisas de laboratório e industriais foram efetuadas; os tipos SA-3 e mais recentemente SA-7, são exemplos dos materiais atualmente usados, com bons resultados.

Justificam-se todos os esforços e sacrifícios, pois êste item absorve ponderável parcela do total dos refratários consumidos e é cada vez de maior responsabilidade, dada a crescente exigência de aços perfeitamente limpos. Atendendo às recomendações advindas da "Reunião Aberta sôbre lingotamento" do Congresso do ano passado, está em estudo uma proposta muito simples, para padronização dos revestimentos das caçambas.

*Fornos L-D* — Está na lembrança de todos a magnífica Conferência do Eng. Henri Meyers sobre a aciaria L-D <sup>(9)</sup>, na qual se apresentaram dados sobre a dolomita sinterizada, eventualmente enriquecida com periclásio e aglomerada com alcatrão, para a produção de blocos de dolomita, destinados ao revestimento dos conversores. Os brilhantes resultados conseguidos, dizem eloqüentemente do alto padrão de qualidade da dolomita e do apuro técnico existente.

## QUADRO VII

CONSUMOS ESPECIFICOS DE REFRATÁRIOS NA ACIARIA DA  
COMPANHIA SIDERURGICA NACIONAL EM kg/t DE AÇO

REFRATÁRIOS	EMPREGO	1957	1958	1959
DE SILICA 95-97% de SiO <sub>2</sub>	Abóbadas e bolsas de es cória.	7,40	8,50	9,14
SILICO-ALUMINOSOS 42% de Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Empilhamentos e abóbadas das camaras.	3,88	2,98	2,53
30/35% de Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Paneias e usos complemen tares.	<u>11,22</u> 15,10	<u>12,26</u> 15,24	<u>13,01</u> 15,54
DE MAGNESITA 87-93% de MgO	Cabeceiras, paredes e so leira dos fornos.	6,10	6,10	6,06
T O T A L		28,60	29,84	30,74

*Fornos de aço Siemens-Martin e elétricos:*

*Silica* — Os refratários de sílica constituem o material mais usual para as abóbadas dos fornos Siemens-Martin e elétricos, e também nas paredes de muitos deles. Se é bastante provável que as abóbadas de sílica dos fornos Siemens-Martin da Cia. Siderúrgica Nacional serão em poucos anos substituídos por abóbadas básicas, tal não deverá acontecer em prazo curto na quase totalidade dos demais.

Além do uso mais intensivo da sílica "super-duty", seriam de preconizar nas abóbadas: 1) Maior elevação, como vem sendo feito para algumas abóbadas básicas (2" × 2 1/2"/pé); 2) Instalações fixas para soprimento contínuo, que poderão ter relevante papel, obviando o efeito deletério do isolamento, pela acumulação de poeira; 3) Arcos altos e baixos alternados, ou um alto e dois baixos (costelas), com diferença de espessura de 6", ou mesmo mais.

*Sílico-aluminosos e aluminosos* — O emprêgo dos sílico-aluminosos se restringe às câmaras dos regeneradores e aos empilhamentos. Resultados satisfatórios têm sido obtidos especialmente com o tipo SA-4 e nas fiadas superiores com SA-5, que resiste muito bem aos efeitos combinados de corrosão e “spalling” estrutural, bastante freqüentes. Para os canais e chaminés, conforme o grau de solicitação, usam-se os materiais SA-1, 2, 3 ou 4. Quando a severidade das condições de uso tornem inadequados os sílico-aluminosos, mesmo do tipo S-5, poderão ser recomendados os aluminosos da classe A-2.

Também nos fornos elétricos, em casos de solicitação excessiva sob o ponto de vista térmico ou devido às flutuações de temperatura, tem sido experimentadas com sucesso abóbadas aluminosas em A-2 ou A-3, devendo ser feitas em breve experiências com A-4 e A-5.

*Dolomita* — Grandes blocos de dolomita sinterizada, aglomerada com alcatrão, têm sido usados em escala crescente para a construção de paredes dos fornos elétricos, apresentando em alguns casos, sensível vantagem. A dolomita é do mesmo tipo empregado para conversor L-D.

*Magnesita e cromo-magnesita* — Depois que a fabricação nacional de refratários de magnesita atingiu suficiente desenvolvimento, passaram êles a revestir as paredes de todos os fornos de aço de marcha básica do Brasil.

O impacto produzido na siderurgia clássica pelo advento do processo L-D, acelerou a busca de novos padrões de produção nos Simens-Martin, à custa de temperaturas elevadas, mais fácil e economicamente obtidas pela disponibilidade de oxigênio nas aciarias<sup>(10)</sup>, reduzindo sensivelmente a vida das abóbadas de sílica e exigindo as básicas. Estas se preanunciavam há muito tempo, ainda sem fixação definitiva pelo elevado custo e dificuldades técnicas, notadamente devidas ao maior pêsso, deformações e descascamento ou “spalling”.

Examinemos a situação atual, à luz da evolução que se processa: Em 13 países da Europa em 1955, de 537 fornos, 209 já tinham abóbadas básicas suspensas e ainda de sílica os demais<sup>(11)</sup>.

Nos Estados Unidos, a evolução procedeu-se um tanto mais lentamente. A “*Republic Steel Corporation*”, a partir de 1950, dispendeu muitos esforços no desenvolvimento de abóbadas tipo “zebra” (Fig. 3), usadas em 1956 em 70% dos fornos dessa grande empresa nas zonas de maior desgaste<sup>(12)</sup>. Deve-se o nome ao emprêgo de fiadas alternadas de refratários de sílica e básicos, procurando aliar as qualidades essenciais de ambos.

Os básicos resistem às escórias e ao óxido de ferro, a temperaturas muito elevadas; à sílica, por êles parcialmente protegida, cabe a resistência mecânica e estrutural do conjunto, até quase ao seu ponto de fusão. Muitas variantes foram empregadas, como por exemplo, fiadas de sílica alternadas com fiadas de cromo-magnesita eletro-fundida, com ou sem chapeamento, custando 10 vêzes mais que os básicos normais.

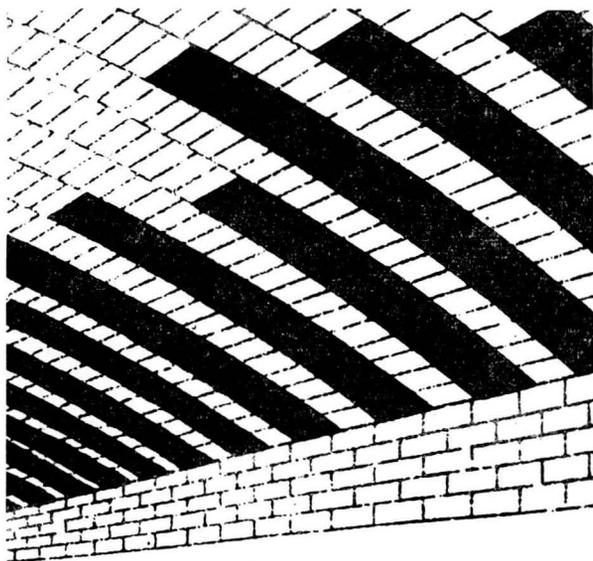


Fig. 3 — Aspecto típico de uma abóbada tipo «Zebra».

Esta solução híbrida, também aqui experimentada sem grande sucesso, embora ainda em uso, está em grande parte ultrapassada, pois apesar da relativa proteção oferecida pelas fiadas básicas às de sílica, estas limitam as condições extremas de solicitação.

Doutra parte, diversas firmas — notadamente a “United States Steel Corporation”, que desde 1947 mantém um forno Siemens-Martin em sucessivas experiências<sup>(13)</sup>, — empregaram abóbadas básicas suspensas que foram se multiplicando a partir de 1957, à vista dos encorajadores resultados obtidos.

Finalmente em abril p. p., no Forno n.º 1 da Companhia Siderúrgica Nacional, com refratários de cromo-magnesita importados dos Estados Unidos, quimicamente ligados, encorajados e com chapas de aço internas, foi entre nós iniciada a éra das abóbadas básicas.

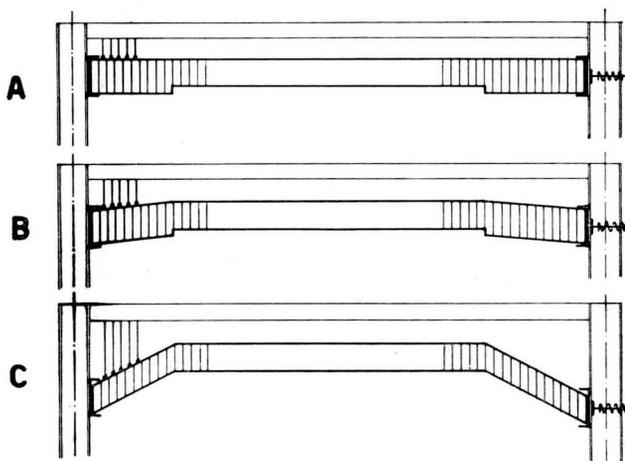


Fig. 4 — Abóbadas plenas suspensas, com encostos ajustáveis pela ação de molas.

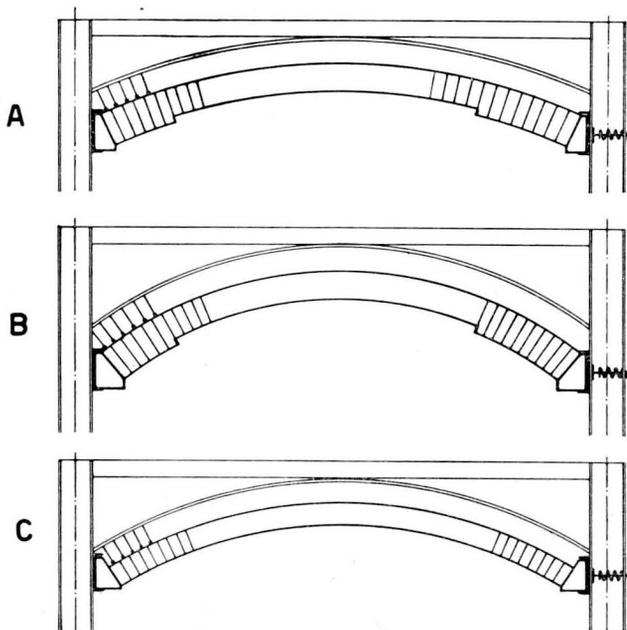


Fig. 5 — Abóbadas suspensas com encostos ajustáveis. A da letra «C» esquematiza a primeira abóbada básica da C. S. N.

Dezenas de combinações de projetos e materiais diferentes foram e estão sendo experimentados <sup>(14)</sup>, classificando-se em dois grupos distintos:

- 1.º) Abóbadas suspensas, levando em consideração as propriedades dilatométricas e de deformação inerentes aos materiais em uso, dando-lhes liberdade de movimentação, mediante juntas entre os tijolos e fiadas, e utilizando encostos ajustáveis pela ação de molas. Nas figuras 4 e 5 aparecem alguns exemplos típicos dessas construções <sup>(15)</sup>, estando esquematizada na figura 5-C, a primeira abóbada básica da Companhia Siderúrgica Nacional.
- 2.º) Abandonando a preocupação de compensar as modificações dimensionais que ocorrem em uso, em favor de uma construção bastante rígida, que obriga os refratários a se deformarem plásticamente, mantendo o perfil pré-fixado. Esses projetos caracterizam-se pelos pontos seguintes: a) abóbadas em arco, com elevada relação flexa-corda, correntemente de 2" a 2 ½"/pé; b) juntas de dilatação muito escassas, apenas no intradorso das abóbadas, ou mesmo inexistentes; c) existência de dispositivos que impedem, após o aquecimento, a movimentação dos arcos, quer para cima, quer para baixo.

Firmas como a "United States Steel Corporation" que usam os dois sistemas, tendem para o segundo, a partir dos projetos recentemente desenvolvidos na usina de "Fairless Works" e amplamente repetidos com ou sem modificações, em numerosas usinas a partir de 1958. Como detalhe fundamental, entremeam-se às fiadas da abóbada e geralmente distanciadas de 18", chapas de aço de 3/16", divididas em secções com o perfil interno dos arcos e prolongando-se acima dêles. Essas chapas estão suspensas do vigamento superior, contra o qual firmemente se escoram vigas de 6", deitadas longitudinalmente, em espaços regulares, sôbre a abóbada. As Figuras 6 e 7 apesentam detalhes das abóbadas ora em uso na Usina "Fairless Works" <sup>(16)</sup>.

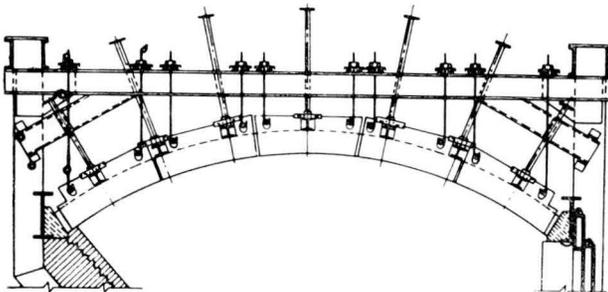


Fig. 6 — Corte esquemático da abóbada rígida, de «Fairless Works».

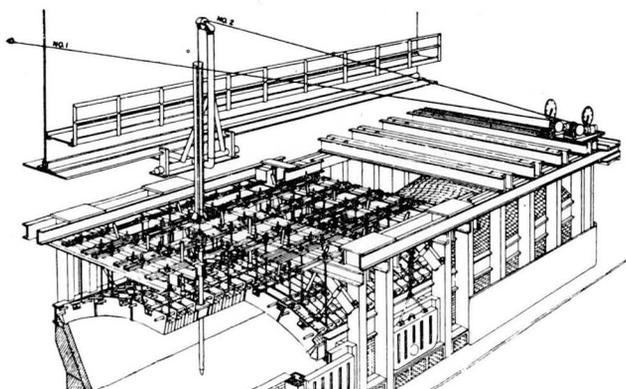


Fig. 7 — Vista geral da abóbada de «Fairless Works».

Pôsto o forno em operação, soldam-se as chapas aos tijolos e êsses entre si. As chapas suspensas, impossibilitam abatimentos e as vigas impedem elevações. Os refratários são forçados a acomodar-se plásticamente, ficando garantida a estabilidade do conjunto, até ao fim da campanha, mesmo por ocasião de demolições parciais para reparos.

## 5. CONSUMOS ESPECÍFICOS E ABASTECIMENTO DE REFRAATÓRIOS PARA A PRODUÇÃO DE AÇO NOS PRÓXIMOS ANOS

Temos o privilégio de apresentar, no *Quadro VII*, o resumo dos consumos específicos de refratários na Aciaria da Companhia Siderúrgica Nacional nos anos de 1957 <sup>(3)</sup>, 1958 e 1959. Os acréscimos verificados, traduzem o esforço para aumento de produção e são parcialmente devidos a experiências com diferentes materiais. São quase idênticos aos divulgados para a Alemanha em 1955 <sup>(17)</sup>.

Para obter os consumos médios nas nossas aciarias Siemens-Martin (Fig. 8), partimos dêsses elementos e de outras informações, com as hipóteses seguintes:

- a) Conversão total da aciaria de Volta Redonda para abóbadas básicas, em 3 anos, com um aumento do consumo de cromo-magnesianos, de 2 kg/t de aço e ligeira redução subsequente, lícita de se esperar;

- b) Estimativa da produção dessa Usina, correspondendo a 2/3 do total, em fornos Siemens-Martin;
- c) Redução de 10% no atual consumo específico de sílico-aluminosos nas caçambas, até 1964, devida aos progressos realizados.

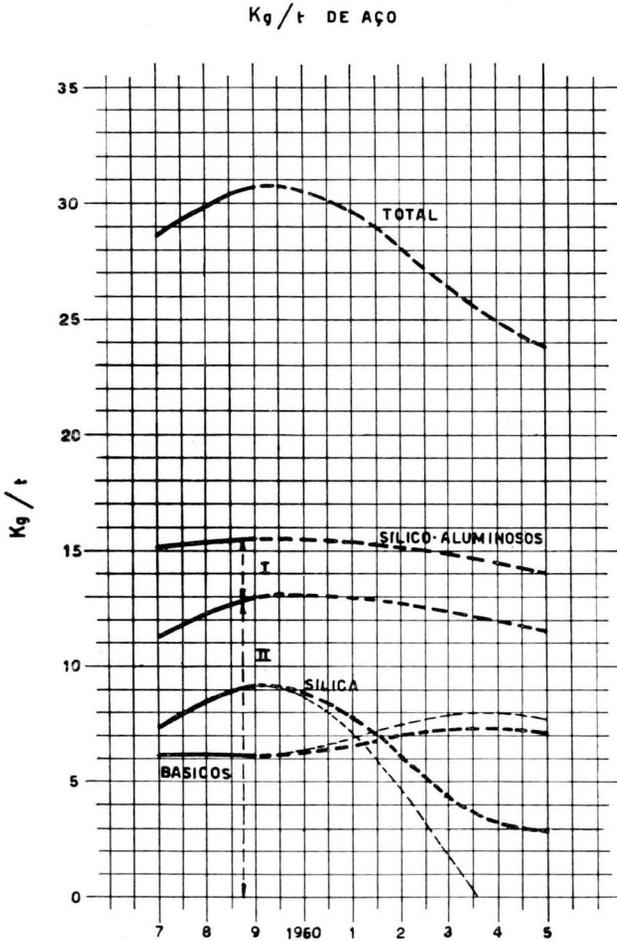


Fig. 8 — Estimativa do consumo médio de refratários nas aciarias Siemens-Martin. Traço grosso: Consumo médio no Brasil; Traço fino: Consumo na C. S. N. I — Consumo de sílico-aluminosos na abóbada e empilhamento das câmaras. II — Consumo de sílico-aluminosos nas caçambas e usos complementares.

Com maior dificuldade (pela considerável dispersão dos dados disponíveis), foram estimados os consumos nas aciarias com fornos elétricos (Fig. 9). Adotamos os valores médios que se nos afiguraram mais razoáveis, assumindo a hipótese, quanto aos blocos de dolomita, de que até 1964, metade dos fornos elétricos virá a utilizá-los em detrimento da magnesita. Erros eventuais não influirão demasiadamente no cômputo final. Para os sílico-aluminosos adotamos os valores estabelecidos para a ala de corrida das aciarias Siemens-Martins.

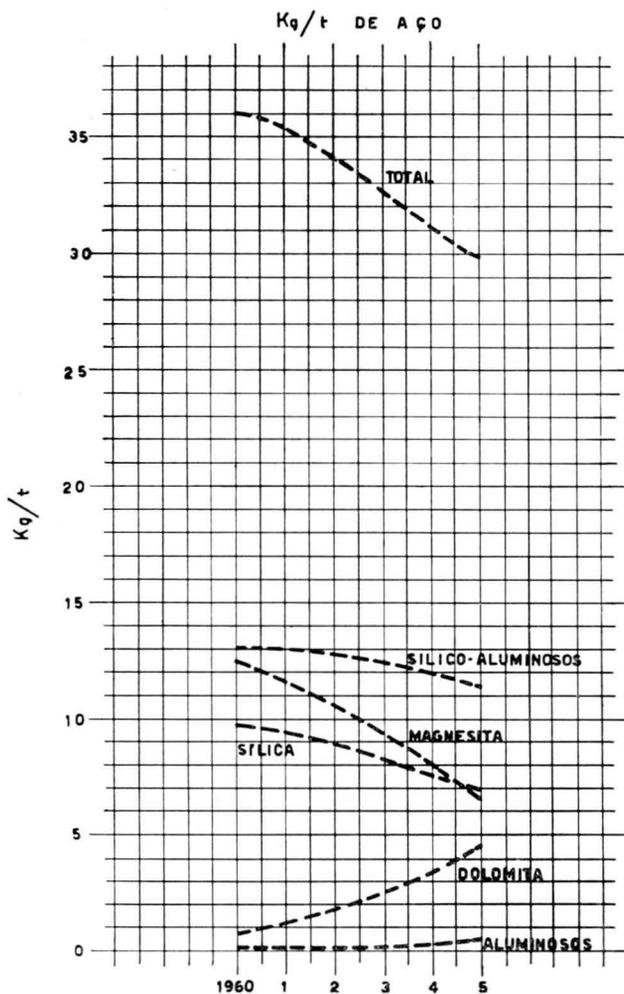


Fig. 9 — Estimativa do consumo médio de refratários nas aciarias com fornos elétricos.

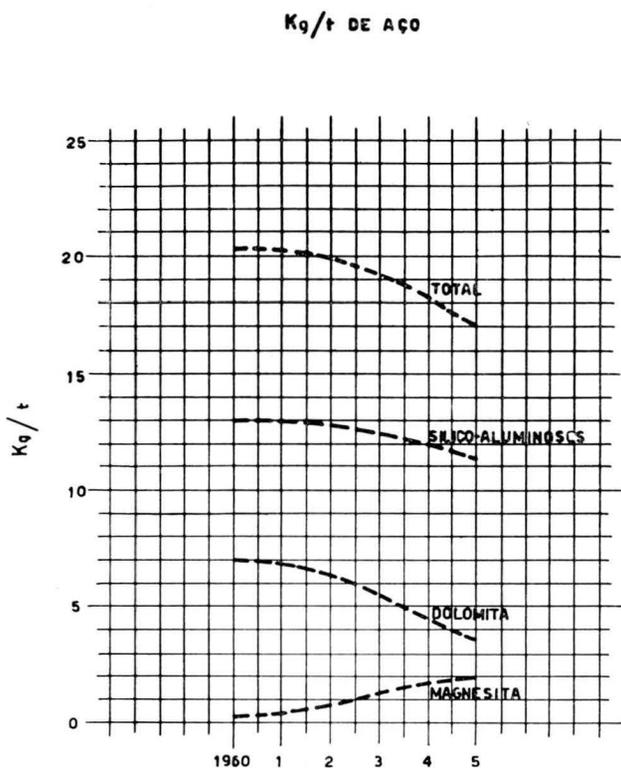


Fig. 10 — Estimativa do consumo médio de refratários nas aciarias L-D.

Finalmente, para os consumos das aciarias L-D (Fig. 10), usando os dados anteriores para os sílico-aluminosos, supusemos, até 1964, os revestimentos com 40% de granulados ou tijolos de magnésita. Parece provável que nos próximos anos poder-se-ão realizar essas condições, de acordo com o balanceamento econômico e a disponibilidade de tijolos de mais alta qualidade.

Aquilataremos a seguir a situação de abastecimento de refratários para a Siderurgia nos próximos anos, a partir dos dados publicados para a produção de aço<sup>(18)</sup>. Com êles organizamos a Figura 11, em que se apresentam as produções, realizada e prevista, de aço em lingotes, de 1952 a 1964, decompondo-as por processos de fabricação.

A estimativa da demanda de refratários pela siderurgia, foi obtida a partir dos elementos constantes das Figuras 8, 9, 10 e 11, acrescentando aos valores encontrados: a) Para os sílico-aluminosos, 2 kg/t de aço, referente ao consumo médio nos altos-fornos e mais 1,5 kg/t nos fornos de aquecimento; b) Para a sílica, 0,5 kg/t de aço produzida em aciarias S-M ou L-D, referente aos fornos-poços. Não levamos em conta o consumo

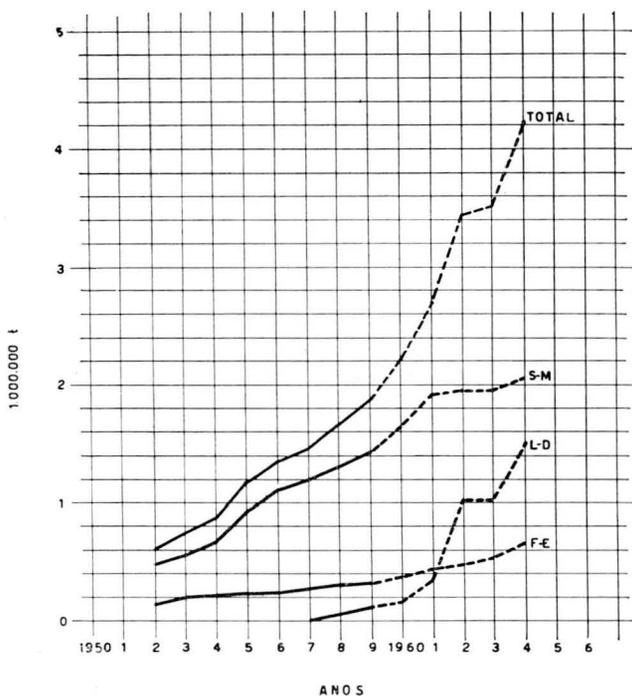


Fig. 11 — Produção de aço em lingotes no Brasil.  
Traço cheio: produção realizada. Linha tracejada:  
produção prevista.

em coquerias, pois, infelizmente, parece bastante modesto o emprego dos nossos produtos nas baterias que estão para ser construídas. Não consideramos tão pouco o impacto decorrente da construção dos novos altos-fornos a coque, pois dentro da quota de consumo atribuída à produção dos atuais, até 1964, existe suficiente margem para a sua construção.

Obtivemos assim uma estimativa geral da demanda de refratários para a siderurgia, nos próximos anos (Fig. 12), com

exclusão dos materiais de soleira, válida, desde que se concretizem, ainda que aproximadamente, a produção de aço e as hipóteses aventadas, nos prazos previstos.

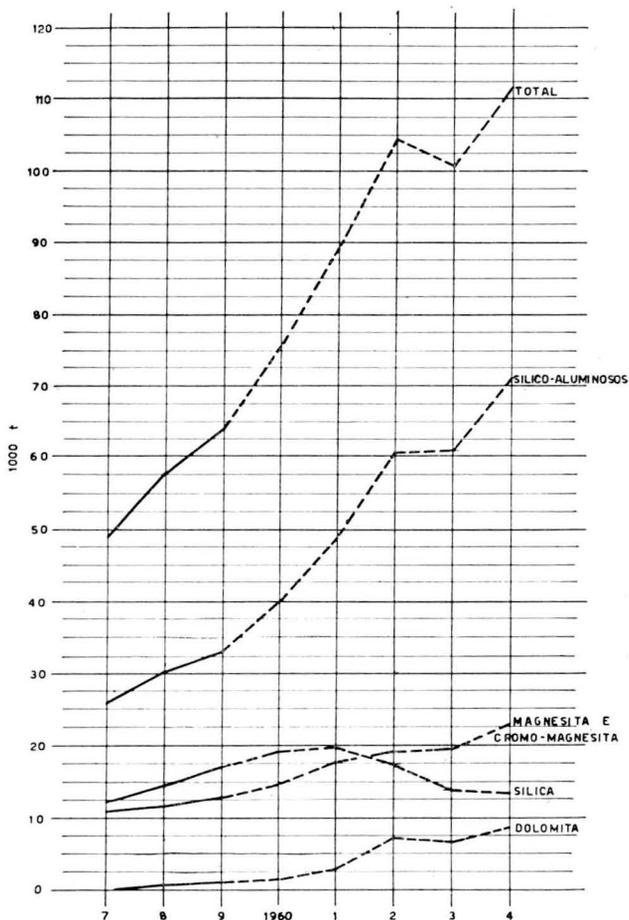


Fig. 12 — Estimativa do consumo de refratários na siderurgia brasileira.

Evidentemente existem muitos outros consumidores de refratários que irão crescer juntamente com a siderurgia, como a metalurgia de segunda fusão, indústrias de transformação, etc.

Chegamos assim às conclusões seguintes, quanto à demanda pela siderurgia e respectivo abastecimento:

1) *Refratários de sílica* — Dever-se-á verificar provável recessão no seu consumo a partir do ano vindouro, só lentamente compensada pelo desenvolvimento de outras indústrias, pois a siderurgia consome mais de 80% da atual produção. Em 1964, o consumo previsto será 32% menor do que em 1961, passando num cômputo total, de 8,8 a 3,2 kg/t de aço. Haverá assim ampla disponibilidade para a fabricação de sílica para coquerias.

2) *Sílico-aluminosos e aluminosos* — O consumo previsto para este ano, de 40.000 t, deverá elevar-se em 1964 para mais de 70.000 t, embora com um consumo específico total bruto baixando de 18,5 para 16,7 kg/t de aço. O aumento percentual será porém menor do que poderia parecer, pois os sílico-aluminosos encontram aplicação em numerosas outras indústrias.

Como algumas fábricas de sílico-aluminosos estão em expansão e outras trabalhando com cerca de 50% da capacidade, estamos tranqüilos de que não haverá falta desses produtos, ou dos aluminosos que venham a ser solicitados.

3) *Refratários de magnesita e cromo-magnesita* — Essa linha terá importante desenvolvimento, pois em 1964 o consumo deverá atingir cerca de 23.000 t, com aumento de 54% sobre a previsão para este ano, baixando no mesmo período, o consumo específico médio de 6,8 para 5,4 kg/t de aço.

Deverá ser experimentada pela Companhia Siderúrgica Nacional, dentro de poucos dias, a primeira abóbada básica produzida no País. Estamos convencidos de que em breve tempo, não só seremos auto-suficientes nesse campo de magna importância, como ficaremos, especialmente com o advento da magnesita sintética, em boa posição como exportadores para o mercado sul-americano.

## 6. SUGESTÕES PARA O PROGRESSO NO USO DE REFRAATÓRIOS

Colimando o progresso dos refratários, insistimos nas seguintes recomendações:

1) Estabelecimento de laboratórios de ensaios de refratários nas usinas siderúrgicas, para efetuar testes de rotina bem selecionados, com pessoal destinado exclusivamente para esse fim. Mesmo com modesto aparelhamento inicial, poderão eles

fornecer valiosos subsídios na recepção de materiais, como ponto de partida para trabalhos mais complexos <sup>(19)</sup>;

2) Levantamento sistemático e discriminado dos índices de consumo, o que exige para ser significativo:

- a) Uso discriminado dos refratários separados por firma produtora, anotando a data de recepção e o local de emprêgo;
- b) Acompanhamento minucioso das aplicações rotineiras, anotando, tanto quanto possível, as condições de trabalho;

3) Multiplicação de experiências industriais ou de novos processos de aplicação. Cumpre assinalar o apoio recebido por parte de diversos consumidores e notadamente da Companhia Siderúrgica Nacional, para ensaios, em escala industrial, de novos produtos;

4) Intercâmbio de observações com os produtores de refratários. Ampla messe de informações virá assim orientar e complementar os trabalhos de laboratório dos produtores, indicando os rumos mais idôneos, para o progresso dos materiais e técnicas correlatas, resultando economia na produção.

## 7. CONCLUSÃO

A indústria nacional de refratários está fadada a crescer com a produção de aço, para o progresso do Brasil! Prossiga, pois, confiante, a indústria siderúrgica em suas labutas. Assim como não lhe faltou no passado o seu devotado apoio criando os elementos que lhe foram necessários, não lhe faltará tampouco no futuro, satisfazendo qualitativa e quantitativamente suas novas e crescentes exigências.

## AGRADECIMENTOS

Desejamos expressar nosso caloroso agradecimento à Companhia Siderúrgica Nacional, na pessoa do seu DD. Diretor Industrial, Eng. Renato Frota Azevedo, pelo atencioso atendimento aos pedidos de informações que formulamos. Estendemo-los às seguintes firmas: "Indústrias Brasileiras de Artigos Refratários Ltda.", "Magnesita S/A." e "Mineração Geral do Brasil", pelos dados que gentilmente colocaram à nossa disposição.

## BIBLIOGRAFIA

1. *Decreto N.º 5439/59 da República Argentina.*
2. SENHA, CAIO NELSON DE — "João Pinheiro da Silva".
3. MACEDO SOARES E SILVA, EDMUNDO DE — "A experiência de Volta Redonda no uso de refratários nacionais". *Cerâmica*, vol. 4, n.º 18, pág. 2; São Paulo, 1959.

4. ASTM — Designation C-416-58-T — “*Classification of Silica Refractory-brick*”. June, 1958.
5. LAHR, H. R. and HARDY, C. W. — “*Influence of Porosity on Silica-Roof Performance*”. Transactions of the British Ceramic Society, vol. 57, n.º 5, pág. 271; Stoke on Trent, 1958.
6. Ex-“THE REFRACTORIES JOURNAL”, n.º 11, pág. 522; London, 1958.
7. U. S. BUREAU OF MINES — “*Minerals Yearbook — 1958*”, pág. 707.
8. PINTO, MARIO DA SILVA — “*Recursos Minerais do Brasil*”, pág. 6; Rio de Janeiro, 1957.
9. MEYERS, HENRY — “*Fundamentos teóricos, descrição e resultados de operação da aciaria L-D de Monlevade*”. Boletim da Associação Brasileira de Metais, vol. 15, n.º 57, pág. 587; São Paulo, 1959.
10. PEARSON, OSCAR — “*The use of oxygen in duplex and stationary open-hearth practice*”. Journal of the Iron and Steel Institute, vol. 191, n.º 4, pág. 305; London, 1959.
11. SOMMER, A. H. — “*General use of basic refractories in European open-hearth practice*”, pág. 57, Open Hearth Proceedings — 1956 — A. I. M. E.
12. CRAVENS, C. W. — “*Use of basic refractories for open-hearth roofs and checkers*”, pág. 191 — Open Hearth Proceedings — 1957 — A. I. M. E.
13. STADLER JR., M. H. — “*Progress report on basic roofs*”, pág. 263 — Open Hearth Proceedings — 1958 — A. I. M. E.
14. DEBENHAN, W. S. — “*Profeties and characteristics of basic brick for open-hearth roofs*”, pág. 126 — Open Hearth Proceedings — 1959 — A. I. M. E.
15. SOMMER, A. H. — “*Evaluation of arched versus flat suspended all basic roof for open-hearth furnaces*”, pág. 228 — Open Hearth Proceedings — 1958 — A. I. M. E.
16. PARKER, H. A. — “*The basic roof at Fairless Works*”, pág. 135 — Open Hearth Proceedings — 1959 — A. I. M. E.
17. DEBENHAN, W. S. — “*The role of refractories in Steel's Future*”. Blast Furnace and Steel Plat. vol. 48, n.º 2, pág. 169 — 1960.
18. CONJUNTURA ECONÔMICA — “*Oferta e procura de ferro e aço*”, vol. 3, ano XIV, pág. 41 — Rio.
19. BARZAGHI, L. — “*Refratários: Contrôl e utilização*”. Cerâmica, vol. V, n.º 18, pág. 11 — São Paulo, 1959.