

FABRICAÇÃO DE CILINDROS DE LAMINAÇÃO: RETROSPECTO E PERSPECTIVAS (1)

Sérgio de Carvalho (2)

Flávio Dialetachi (2)

RESUMO

São apresentados os caminhos tecnológicos trilhados por Aços Villares S/A e Villares Inds. de Base S/A na fabricação de cilindros de laminação, ressaltando-se os cilindros de aço com t e mpera diferencial, aquecidos por chama ou indução eletromagnética, os cilindros fundidos por centrifugação, e os forjados de elevada pureza.

Aborda-se os novos rumos que poderão ser adotados na fabricação de cilindros frente as tendências de mercado nacional e internacional.

SUMMARY

It has been presented the technological steps practiced by Aços Villares S/A and Villares Inds. de Base S/A during the production of rolling mill rolls emphasizing the steel rolls with differential quenching, heated by flame or electromagnetic induction, rolls cast by centrifuging and those forged of high purity.

It approaches to new directions that can be adopted in the production of rolling mill rolls, in view of actual tendencies of home and foreign market.

(1) Contribuição técnica apresentada no "Seminário sobre laminação de produtos planos e não-planos", da COLAM-ABM, Volta Redonda - RJ, set/83.

(2) Membros da ABM, Eng $^{\circ}$ s Metalurgistas do departamento de Assessoria Técnica de Aços Villares S/A e Villares Inds. de Base S/A.

INTRODUÇÃO

Na década de quarenta, quando foi fundido o primeiro cilindro de laminação na Villares, abria-se uma linha de produtos sofisticados que hoje atinge um número superior a 60 tipos diferentes de cilindros, forjados e fundidos, que atendem não só as aplicações siderúrgicas, como também as indústrias de não-ferrosos, de papel e papelão, de extração de óleos vegetais, de borracha, de pigmentos de tintas, entre outras (ver tabela 1).

Os contratos firmados em 1960 com a Teledyne Ohio Steel (EUA) e em 1975 com a Hitachi/Nippon Steel (Japão) permitiram a rápida absorção de novas tecnologias, sem as quais teria sido impossível acompanhar o crescimento e sofisticação que a indústria brasileira experimentou, notadamente na década de setenta. Hoje, contando inclusive com apoio de seu próprio centro de pesquisas (figura 1), a Villares realiza novos desenvolvimentos a fim de adequar-se às exigências atuais, específicas de cada laminação. Estes novos materiais são, justamente, o alvo principal deste trabalho.

ELABORAÇÃO DO METAL

O metal-base dos cilindros, quer seja aço ou ferro, devido a sua composição química, rica em elementos de liga como Cr, Ni, Mo, V, W, etc, é preparado em fornos elétricos a arco ou indução (vide quadro da tabela 2) a partir da sucata de aço, ferro-gusa, ferro-ligas e "retorno" da fabricação de outros cilindros. As matérias-primas são selecionadas de maneira a evitar a presença de elementos residuais deletérios (Cu, Bi, S, P, Sn, Zn, Sb, Pb, etc), e para que a composição sólida global dispense demoradas, e custosas, correções da carga líquida. No caso de ferros fundidos, o fenômeno da "hereditariedade" é também levado em conta na seleção das matérias-primas.

Grandes cilindros de aço, e em especial os forjados, que vêm ocupando parcela significativa da produção da Villares (vide figura 2), precisam ser desgaseificados a vácuo, quer pelo processo ASEA-SKF (capacidade máxima de 30t de metal líquido), quer pelo processo de dupla desgaseificação no jato (capacidade máxima = 250t), (figura 3), a fim de reduzir o teor de gases, principalmente hidrogênio ($\sim 3\text{ppmH}_2$), e conseqüentemente reduzir o perigo da ocorrência de "flocos", que fragiliza o material dos cilindros (1).

Adicionalmente, quando os cilindros forjados se destinam a aplicações especiais, onde o nível de inclusões precisa ser baixo, quer pela condição superficial do laminado, quer pela solicitação intensa à fadiga, técnicas de refino secundário podem complementar a elaboração do metal. O processo VAC - Vácuo, Argônio, Cálcio - que consta da injeção de Ca-Si, transportado por argônio, no aço líquido já desgasificado (figura 4), vem obtendo bons resultados em Aços Villares S/A, reduzindo a quantidade de óxidos e sulfetos, alterando favoravelmente a morfologia das inclusões remanescentes, e diminuindo a macro segregação no lingote (2).

PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO

As maneiras pelas quais os cilindros podem ser fundidos ou forjados são de há muito conhecidas (3,4,5). Entretanto, aperfeiçoamentos vem sendo obtidos seguidamente e que vale a pena aqui serem lembrados, tais como a fundição de cilindros de alto carbono (até 2,1% C) em coquilhas, por exemplo. Como se sabe, a solidificação rápida obtida neste tipo de molde, produz uma estrutura bruta mais refinada do que aquela dos cilindros fundidos em caixas com areia (ver figura 5), embora também altere o estado de tensões residuais internas do cilindro. Após tratamento térmico adequado, a presença de carbonetos, finamente distribuídos na matriz, melhora a resistência ao desgaste. Assim, cilindros de trabalho de tiras a quente, fundidos em coquilha, com a estrutura vista na figura 6A, vêm obtendo rendimentos até 30% superiores àqueles de cilindros convencionais.

Outro desenvolvimento na área de fabricação de cilindros no Brasil foi a fundição por centrifugação (6). Por esse processo, esquematizado na figura 7, o metal-casca, rico em elementos de liga formadores de carbonetos, inicia sua solidificação uniformemente, sob aceleração da força centrífuga, antes do vazamento do metal-núcleo, tenaz. A camada coquilhada resultante, além de apresentar uma micro-estrutura fina, compacta, até o diâmetro de sucata da peça, é também mais uniforme ao longo da mesa de trabalho, de uma borda a outra, quando comparada aos cilindros de ferro fundido convencionais. Na figura 8, pode-se ver os perfis de dureza de cilindros de trabalho usados em um laminador de tiras a quente reversível, produzidos pelos dois métodos de fundição. Por serem mais resistentes ao desgaste, os cilindros centrifugados tem se mostrado superiores aos convencionais, em condições normais de operação, tanto na laminação de planos como de não-planos.

Aliás, a mesma idéia de se refinar a estrutura de fundição através da centrifugação vem sendo empregada com sucesso em anéis de aço rápido produzidos por Aços Villares S/A. Esses materiais, com mais de 35% em peso de elementos de liga, tem sido experimentados em acabadores de fio-máquina de alta velocidade, onde habitualmente se usam roletes de carboneto de tungstênio. O objetivo neste caso, tem sido encontrar uma relação econômica favorável entre o preço do rolete de aço e sua produção, dada uma condição mínima satisfatória de tempo de montagem e qualidade superficial do produto laminado.

Finalmente, merece registro, o significativo passo tecnológico dado na área de cilindros forjados de grande porte. Com a instalação, em 1980, da maior prensa do hemisfério sul, com capacidade de 6.300/8.000t (figura 9), capaz de forjar lingotes de até 250t, mantendo o grau de deformação entre 1,7 e 4,0, grandes cilindros forjados, outrora importados pelo Brasil, agora estão sendo exportados pela VIBASA. Este equipamento veio complementar a linha de produção de cilindros forjados, até então limitados às 15t/pç, produzidas na prensa de 2.000t de Aços Villares S/A (7).

TRATAMENTO TÉRMICO

Dada a grande quantidade de carbonetos existentes na estrutura dos cilindros de ferro fundido (com exceção de algumas classes de ferro fundido nodular), pouco pode ser feito por tratamento térmico para melhorar as propriedades destes cilindros, além de aliviar tensões de fabricação. Em cilindros de aço, entretanto, o recurso do tratamento térmico é de grande valia na obtenção das propriedades ideais para cada tipo de cilindro de laminação. Ganham destaque, os cilindros de aço tratados diferencialmente, onde o aquecimento superficial da mesa de trabalho, seguido de resfriamento em água, névoa ou ar, impede que a estrutura do interior da peça e dos pescoços seja afetada. Esse aquecimento pode ser promovido por (8):

- A) Irradiação em forno rotativo c/queimadores a óleo - (ROTOTEMP): desenhado na própria Villares, para austenitizar somente uma camada da mesa, de espessura pouco maior do que a vida útil projetada da peça. O resfriamento, feito imediatamente após, é realizado em outra máquina, também rotativa, capaz de combinar água e ar em proporções variáveis a fim de produzir meios de têmpera de diferentes severidades. Aplicada em desbastadores de placas e blocos (vide figura 10) e em cilindros de encosto de grande porte, a têmpera dife -

rencial vem proporcionando ótimo rendimento das peças em trabalho , por minimizar o desgaste, a ocorrência de trincas e os lascamentos, comuns nos antigos cilindros, normalizados, esferoidizados ou temperados convencionalmente.

- B) Indução eletromagnética- aqui, a mesa do cilindro é aquecida por uma ou duas bobinas indutoras, dependendo do caso, e resfriada com água fria (5 a 10°C) sobre pressão. Esse tipo de têmpera progressiva por indução, permite a obtenção de uma estrutura martensítica homogênea ao longo da vida útil da peça. Desenvolvimentos com materiais forjados de maior temperabilidade (0,85%C , 3,5%Cr, 0,40%Mo e 0,05%V), associados a técnicas de indução com baixa frequência (60-60Hz) (9), e tratamento sub-zero em nitrogênio líquido, vêm conseguindo camadas temperadas mais profundas, conforme mostra a figura 11, e sem austenita retida, praticamente. Esses novos cilindros, além de melhores rendimentos (t/mm) na laminação a frio de ferrosos e não-ferrosos, conferem melhor condição superficial ao produto laminado, e minimizam os gastos com retêmperas posteriores.

Em verdade, o tratamento térmico de cilindros de aço desempenha papel fundamental na qualidade final deste tipo de peça, seja ela tratada convencional ou diferencialmente. Em certas aplicações chega a assumir quase que total responsabilidade por um bom desempenho em serviço como, por exemplo, no caso de cilindros de trabalho e intermédios de laminadores múltiplos, tipo Sendzimir. Durante o aquecimento em banho de sal, temperaturas e tempos precisam ser controlados rigorosamente para que não haja excessivo crescimento do tamanho de grão austenítico e para que os elementos de liga entrem parcialmente em solução na matriz. Na têmpera e revenimento subsequentes, todo cuidado deve ser tomado para que a peça não trinque ou empene (dadas suas dimensões de $\varnothing 70 \times 2000$ mm), sem com isso sair da estreita faixa de dureza especificada para esses aços-ferramenta.

USINAGEM

As exigências qualitativas impostas aos produtos laminados conhecidos pela indústria automobilística e mecânica, principalmente, bem como a necessária minimização dos custos de produção, até de produtos comuns (laminados para construção civil, por exemplo), forçaram o aparecimento de laminadores de grande precisão e de alta produtividade.

Da mesma forma, os cilindros de laminação precisaram se adequar a estas novas condições. Além das características metalúrgicas, discutidas até aqui, também a precisão dimensional nos projetos de cilindros foi melhorada, exigindo equipamentos de usinagem apropriados (vide tabela III) para atingir o acabamento desejado nestas peças, seja para cilindros de pequeno ou de grande porte, como mostra a figura 12.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tecnologicamente falando, as opções que agora despontam na área de cilindros são muitas, dadas a facilidades oferecidas pela centrifugação, por exemplo, na produção de materiais com alto teor de cromo e de novas qualidades de aço fundido, e pelos novos equipamentos para refino, desgaseificação e conformação de forjados, a serem empregados como cilindros de encosto de grande porte, ou cilindros de trabalho de laminadores especiais (Sendzimir, "Hc-mill", "foil-mill" para alumínio), entre outros.

Competindo internacionalmente na fabricação de cilindros fundidos e forjados - pequenos, médios e grandes - a Villares é uma das poucas empresas no mundo capaz de produzir qualquer tipo de cilindros de laminação. Sua larga experiência, adquirida através de cerca de 7.900 fornecimentos de cilindros pesados, como mostra a tabela IV, e outros milhares de cilindros menores, assegura que sua capacidade de produção está aliada à qualidade do produto. Tanto é assim que, tomando por base a indústria siderúrgica brasileira, o índice de consumo de cilindros, em kg por tonelada de aço laminado, caiu 60% desde quando era 2,5 kg/t, em 1967⁽³⁾, até os dias de hoje (ver figura 13). E não se pode esquecer que outros setores da indústria, tais como o de não-ferrosos, de óleos vegetais, de celulose, de borracha e plásticos, de tintas e vidros, entre outros, citados no início deste trabalho, também vêm se beneficiando com o desenvolvimento destes novos materiais.

Bibliografia

- 1) RIBEIRO, C.; BRAGA, C.H.M. - "Produção de grandes lingotes para forjados na VIBASA" - Congresso do ILAFA, Cidade do México, Jun/83.
- 2) CAVALANTE, L.F.; FALLEIROS, I.G.S.; SERNIK, K.A.; NOGUEIRA, M.A.S.; CHIORBOLI, M. - "Processo VAC: uma nova tecnologia aplicada à fabricação de aços-ferramenta para trabalho a quente", XXXVII Congresso Anual da ABM, Rio de Janeiro - RJ, 1982.
- 3) MUSETTI, A.; VILLARES, P.D. - "Aços Villares na produção de cilindros de laminação", Metalurgia-ABM, V.24, p.515, 1968.
- 4) MARTINELLI, J.B.B.; NASCIMENTO, J.M. - "Cilindros de laminação: características e aplicações", Metalurgia-ABM, V.30 p.611, 1974.
- 5) DIALETACHI, F. - "Cilindros de laminação de produtos não-planos", CAP.9 do curso "Laminação e calibração de produtos não-planos de aço", ABM, 1982, 4ª ed.
- 6) INFANTE, C.A.; PINTO, A.C.P.; DIALETACHI, F. - "Características e aplicações dos cilindros centrifugados produzidos na VIBASA", Seminário sobre laminação de planos e não-planos, Colam-ABM, Ipatinga - MG, nov/82.
- 7) PARREIRAS HENRIQUES, H.H.; GUBBINI, O.; KNIRSCH, F. - "Cilindros forjados", Simpósio sobre "Fabricação e uso de cilindros de laminação", ILAFA, São Paulo - SP, 1974.
- 8) JUSEVICIUS, E. - "Tratamento térmico de cilindros para laminação em Aços Villares S/A.", Simpósio sobre "Fabricação e uso de cilindros de laminação", ILAFA, São Paulo - SP, 1974.
- 9) LINHART, J.W.; JUSEVICIUS, E. - "Vantagens do aquecimento progressivo por indução pelo uso de equipamento de 60-60 Hz nas operações de têmpera de cilindros forjados", simpósio sobre "Laminación: tecnología, equipo y productos", ILAFA, Buenos Aires, 1976.

EMPRESA	Q/DE	TIPO	PROJETO/FABRICAÇÃO	TRANSFORMADOR	CAPAC. NOMINAL (t)	OBSERVAÇÃO
AVSA	1	Arco	Brown Boveri	Brown Boveri (1,2/1,5 MVA)	4	
	1	"	Lectromelt	Brown Boveri (3,0/4,2 MVA)	5	
	1	"	Brown Boveri	Brown Boveri (5,5/6,5 MVA)	12	(Código V3)
	1	"	Villares/Fichet	Brown Boveri (5,6/6,7 MVA)	20	(Código V1)
	1	"	Villares /B.Boveri	Brown Boveri (8,0/10,0 MVA)	25	(Código V2)
	1	Indução	Ajax	Ajax	0,15/0,3/0,4	Agitador de 160 KVA 960 H _z
	1	"	ASEA	ASEA	0,6/2,5	Agitador de 1200 KVA 500 H _z
	1	Vácuo	ASEA/SKF	ASEA (3,6 MVA)	25/30	Agitador de 500 KVA 2,2 H _z
	VIBASA	1	Arco	Demag	União (25 MVA)	40/50
2		"	Demag	União (45 MVA)	80/100	
1		Indução	ASEA	ASEA (6270 KVA)	25	60 H _z
1		"	ASEA	ASEA (2860 KVA)	8	Dois cadinhos, 60 H _z
1		"	ASEA	ASEA (1980 KVA)	5	60 H _z

TABELA II : Características dos fornos elétricos de fusão



Fig. 1a - Equipamentos do Centro de Pesquisa da Aços Villares S.A.
(microsonda)

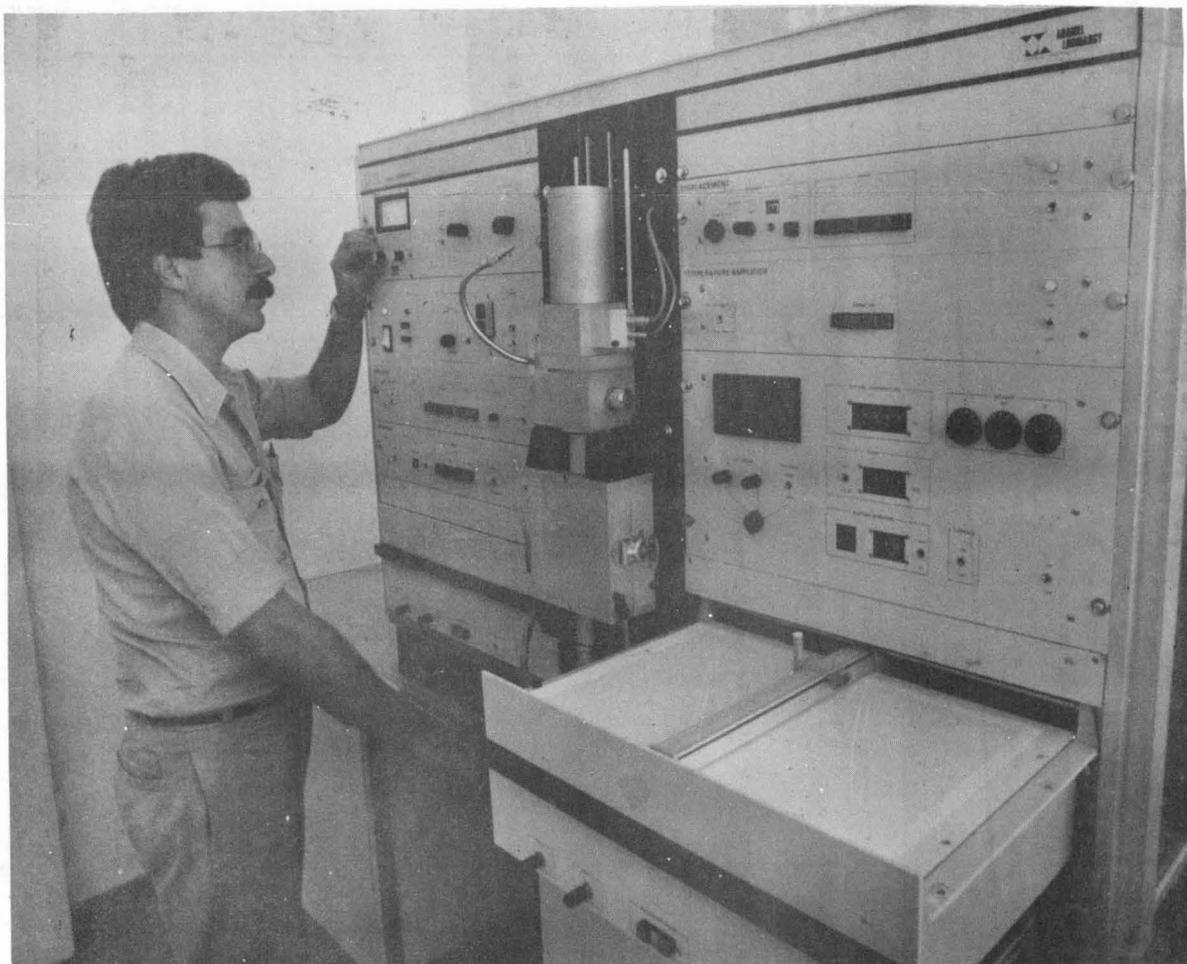


Fig. 1b - Equipamentos do Centro de Pesquisa da Aços Villares S.A. (dilatômetro).

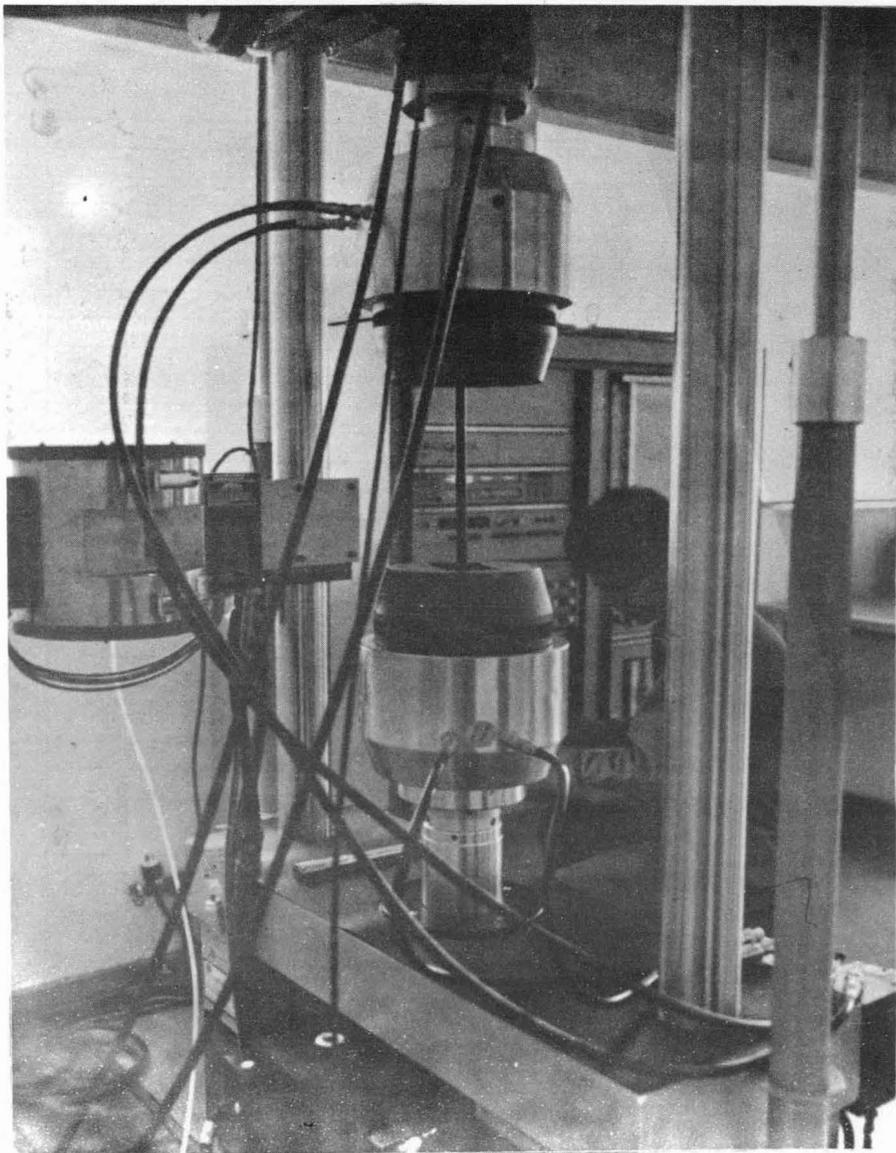


Fig. Lc - Equipamentos do Centro de Pesquisa da Aços Villares S.A.
(máquina de ensaio de tração).

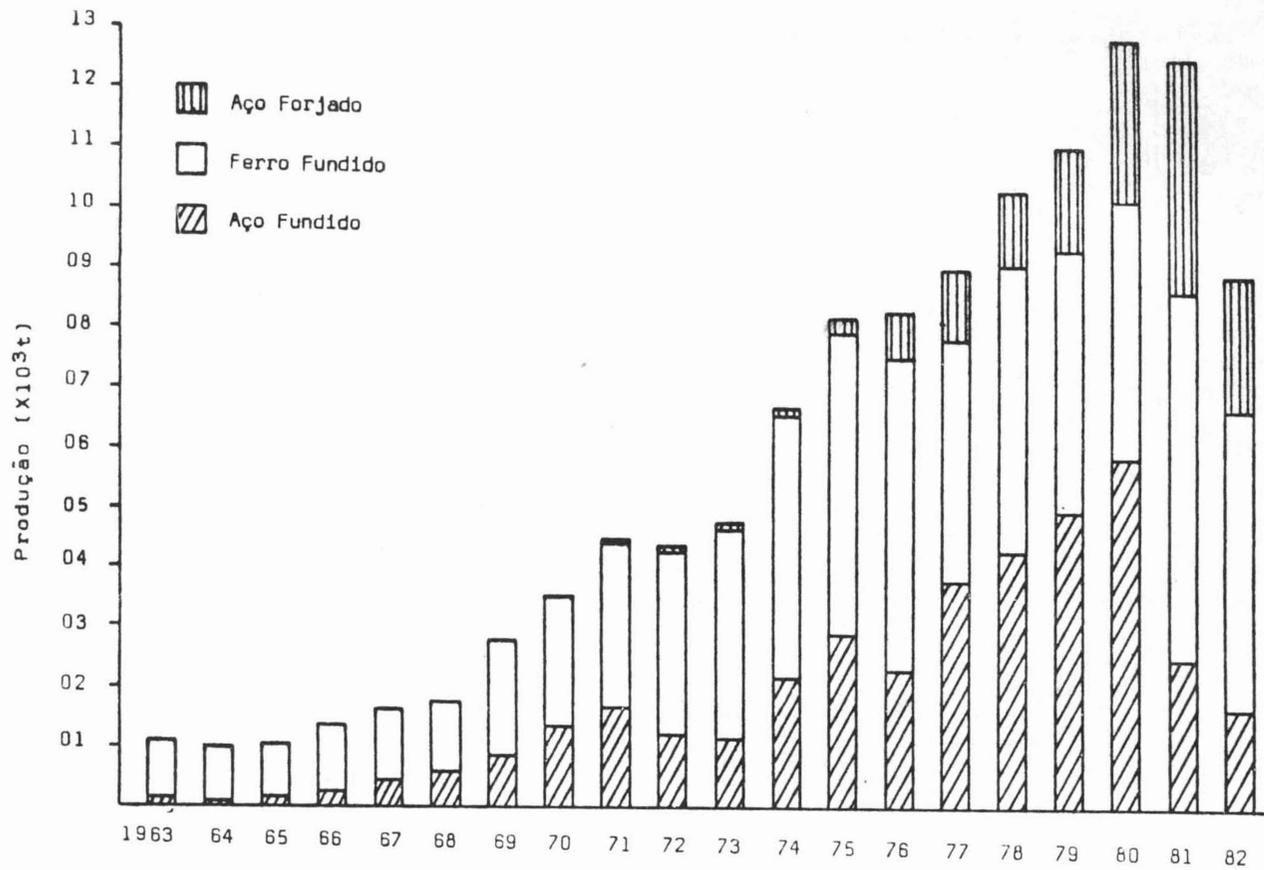
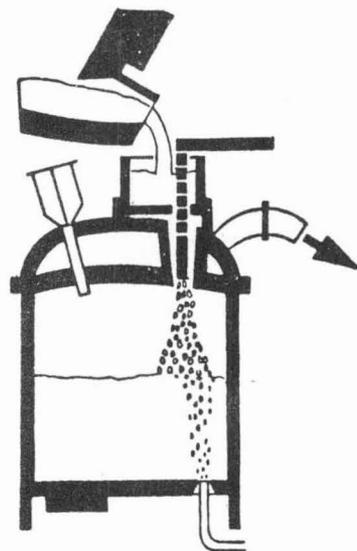
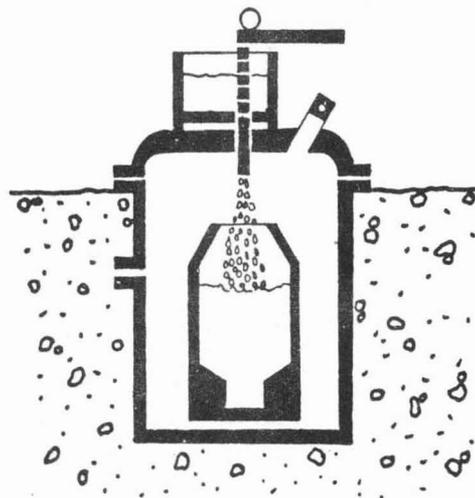


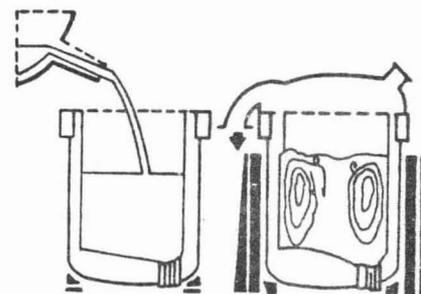
Figura 2 - Produção de cilindros expedida nos últimos 20 anos pela Villares (Aços Villares S/A + Villares Inds. de Base S/A)



1ª fase
Vácuo forno-panela

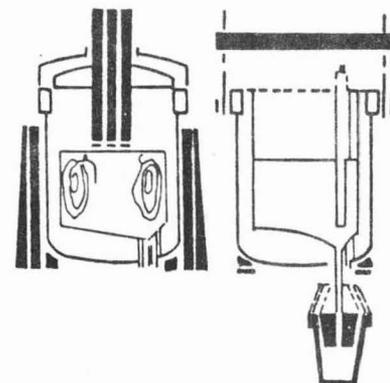


2ª fase
Vácuo panela-língote



1ª fase
vazamento

2ª fase
desgaseificação



3ª fase
reaquecimento
e refino

4ª fase
fundição
de lingotes

Figura 3 - a) Dupla desgaseificação
b) Processo ASEA - SKF

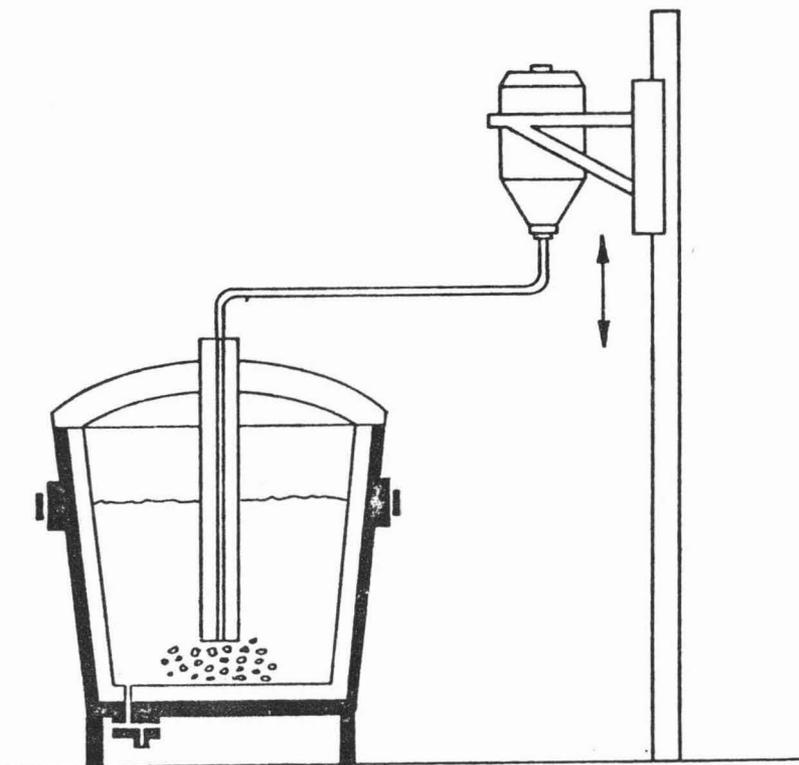


Figura 4 - Injeção de Ca-Si com argônio

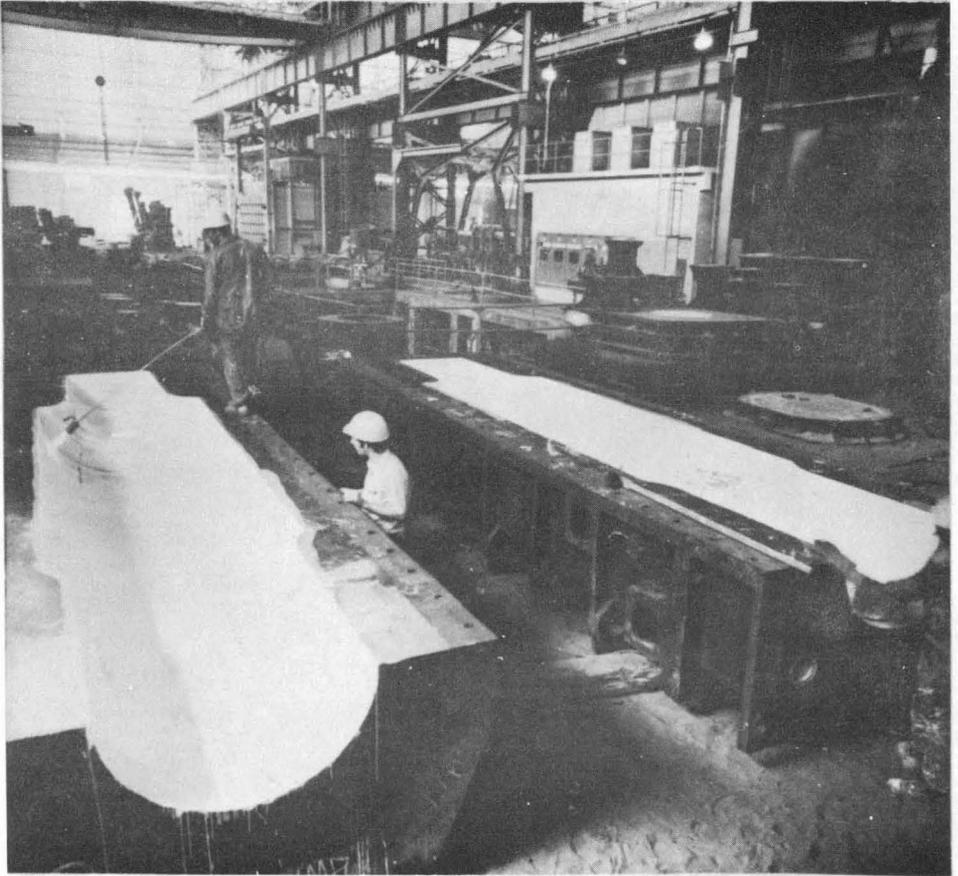


Figura 5A - Caixas bipartidas sendo preparadas para fundição de cilindro de aço.

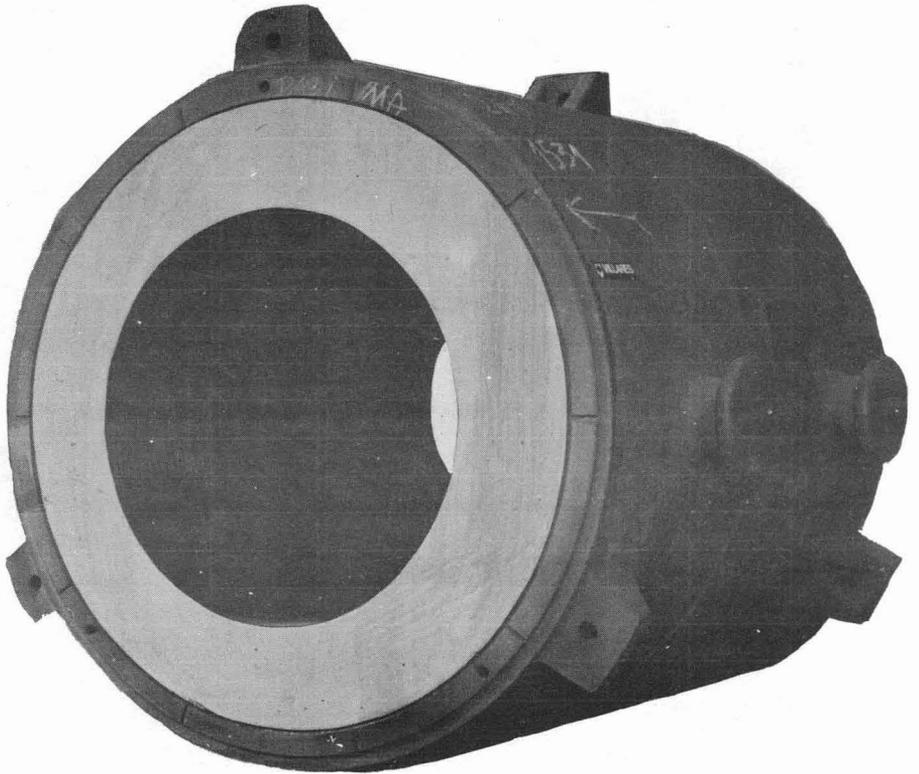
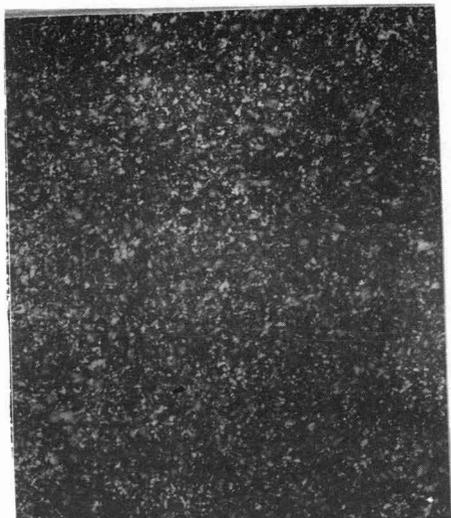
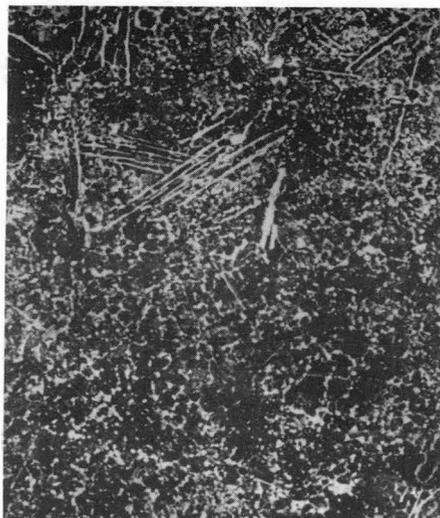


Fig. 5b - Coquilha metálica (ϕ interno = 1000mm).



A



B

Figura 6: Micrografias de cilindros de aço fundido.

A) em coquilha, com 1,3% C e

B) em areia, com 1,7% C.

Aumento 100X, ataque com Nital 4%.

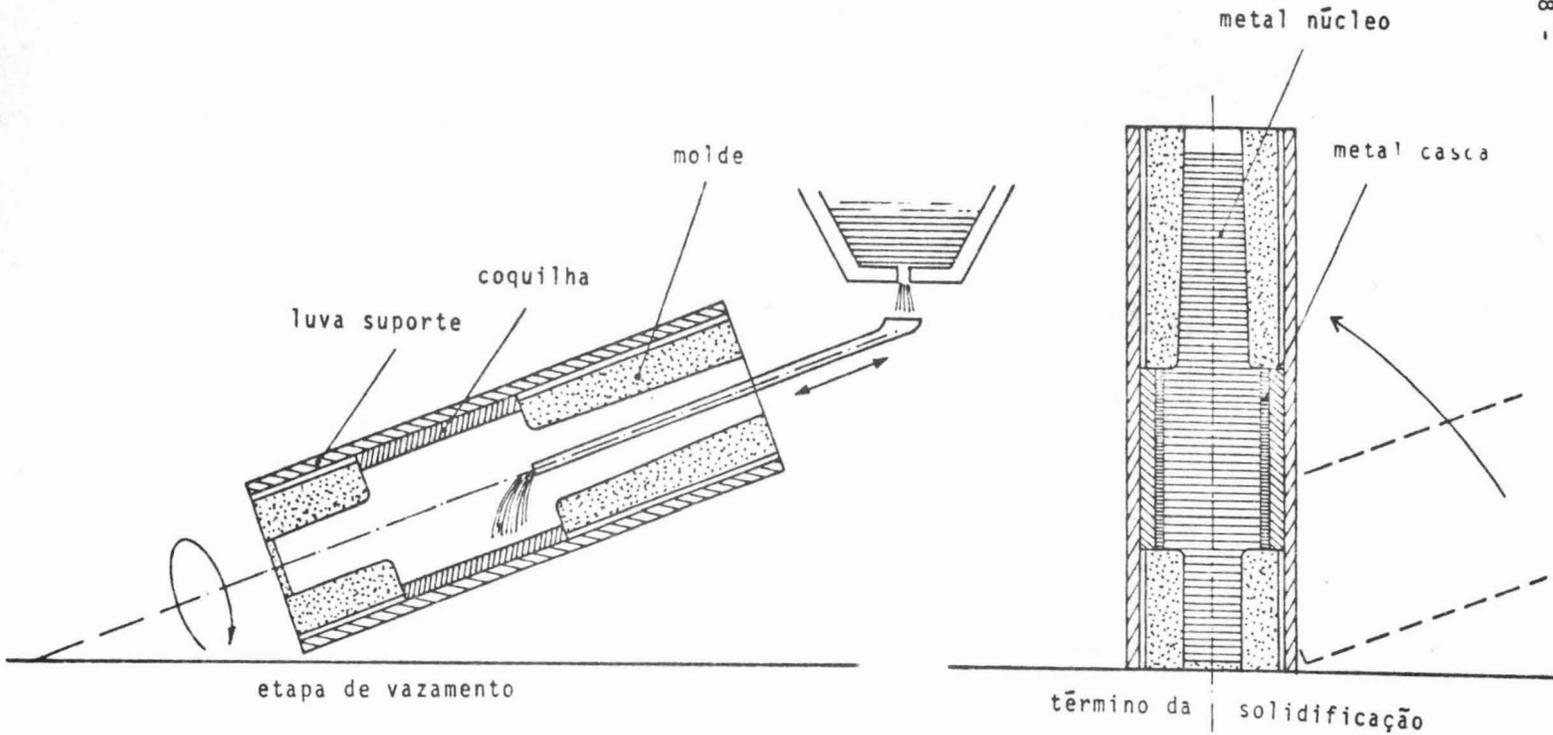


Figura 7 - Centrifugação de cilindros em dupla-fusão em equipamento inclinado.

— cilindro centrifugado
- - - cilindro dupla-fusão convencional

Penetração de Dureza

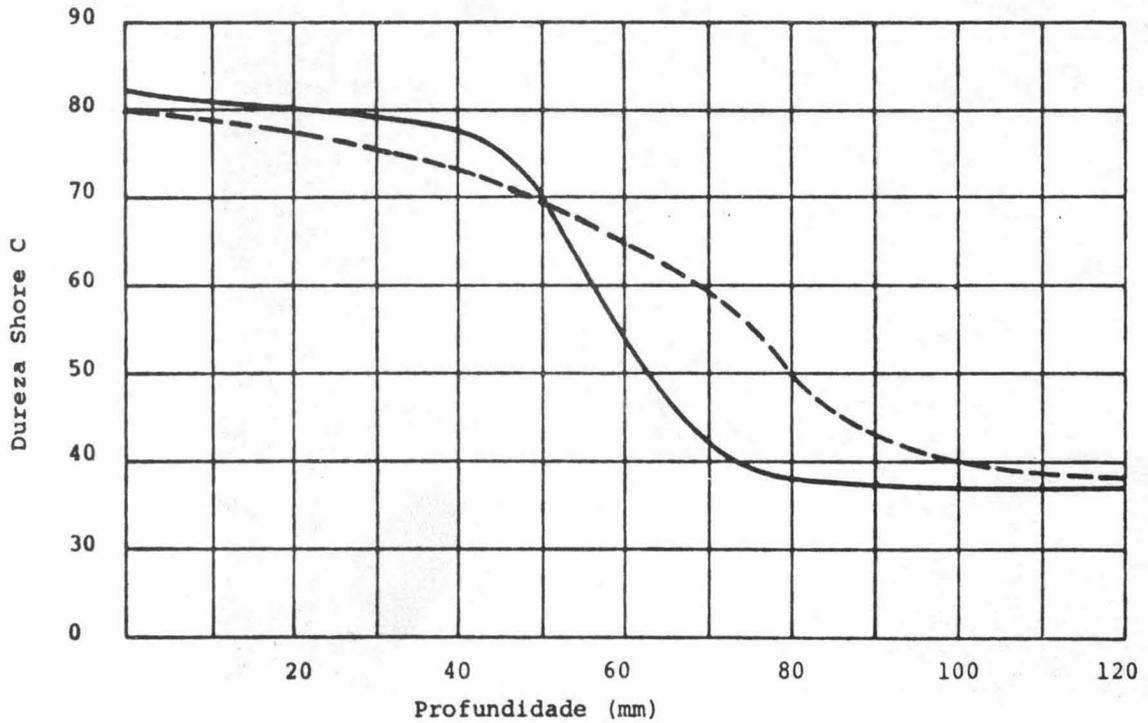


Figura 8 - Curva de penetração de dureza de cilindros centrifugados com ϕ 730mm.

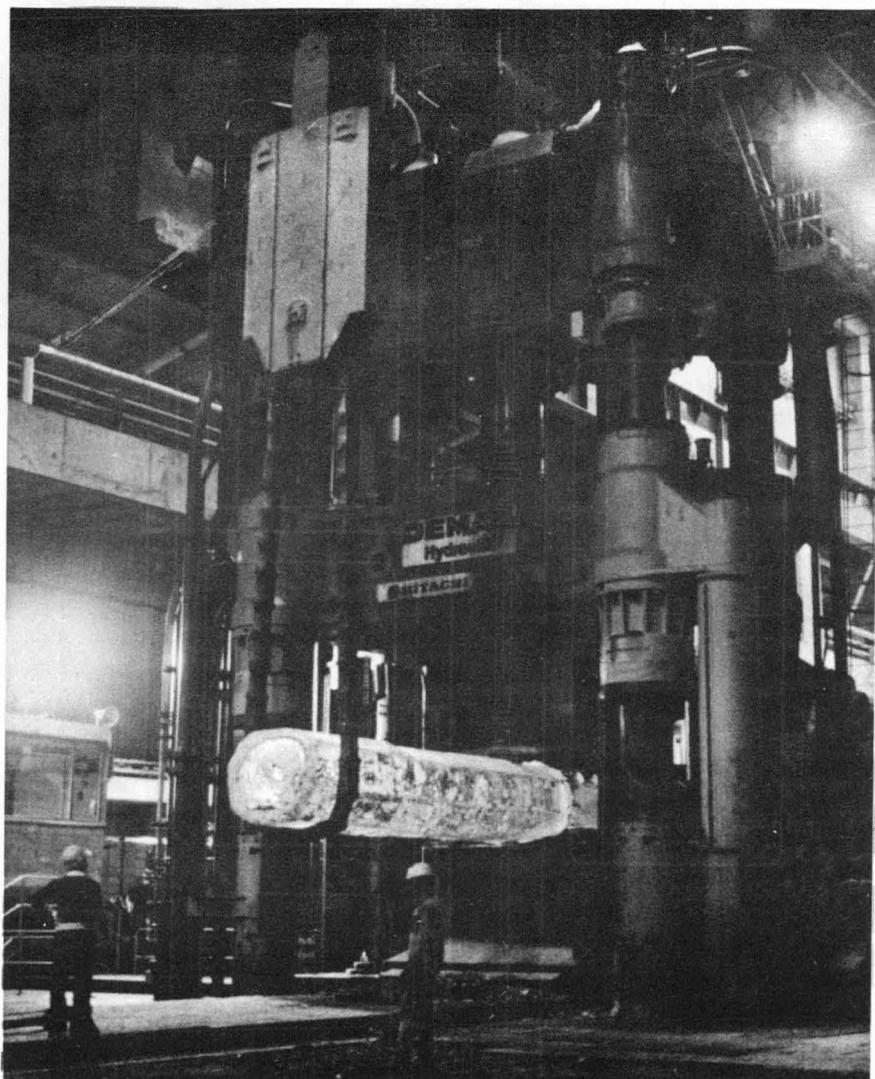


Figura 9: Prensa hidráulica de 6300/8000t na VIBASA

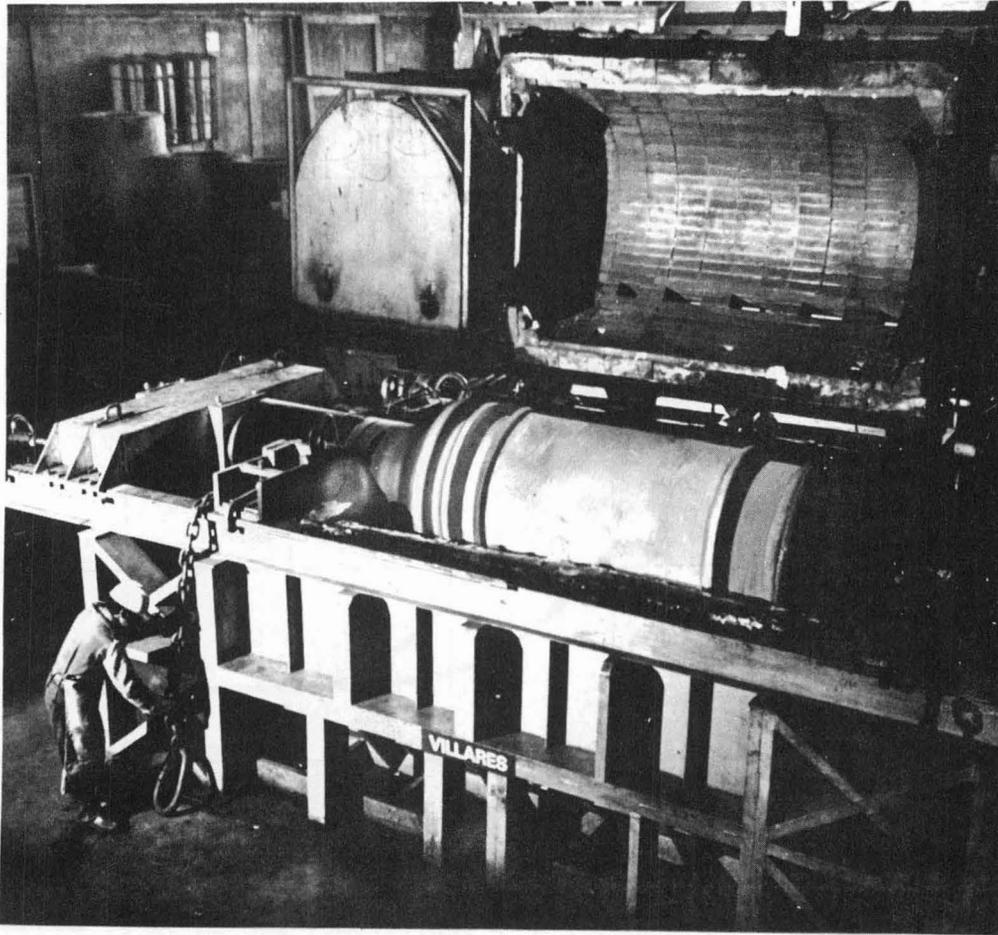
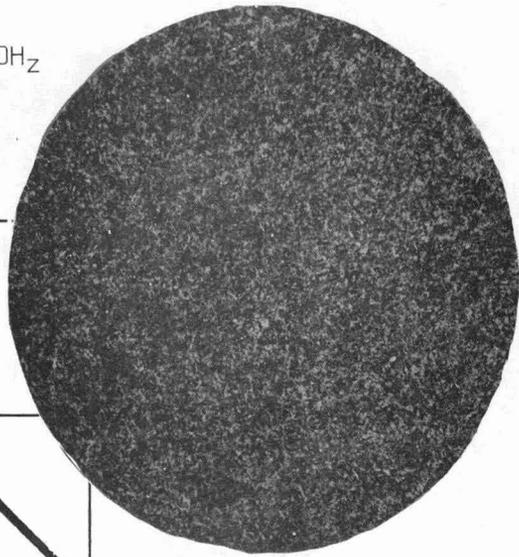
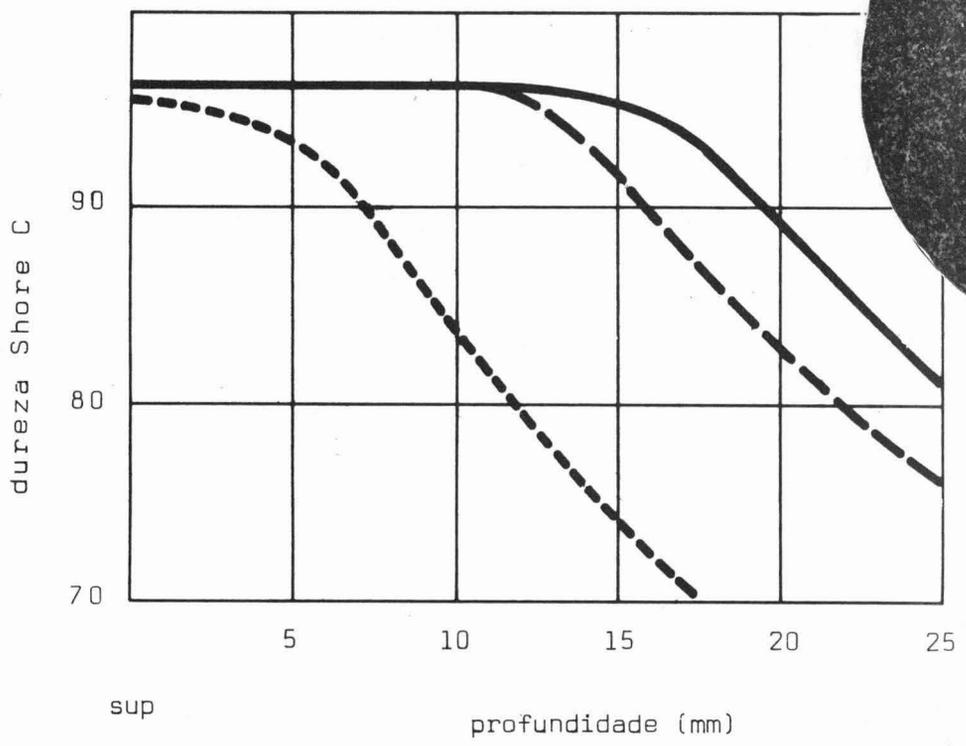


Figura 10 -
Forno rotativo para
têmpera diferencial,
carregado com cilin
dro de \varnothing 1100x2440mm.

— 3,5% Cr com têmpera por indução 60-60Hz
- - - 1,8% Cr " " " " "
- - - 1,8% Cr " " convencional



Microestrutura
3.5% Cr
Matriz martensítica
500X
NITAL 4%

Figura 11 : Curvas de penetração de dureza em cilindros forjados

Tabela III : Principais equipamentos para usinagem de cilindros

EMPRESA	EQUIPAMENTO	QTDE	CARACTERÍSTICAS*
AVSA	Torno Binns 30"	1	L = 6,08m; Ø 762 mm; 300 HP; 15t
	Torno Binns 60"	1	L = 7,6 m; Ø 1524mm; 300 HP; 60t
	Torno Imor UT.50	1	L = 7,0 m; Ø 1270mm; 300 HP; 40t
	Torno Imor UT.48	1	L = 6,91m; Ø 1244mm; 150 HP; 40t
	Torno Innocenti-INNOBRA	3	L = 6,5 m; Ø 650 mm; 80 CV; 15t
	Retífica Waldrich	1	L = 7,25m; Ø 1524mm; 40 HP, 60HP; 70t; 6°
	Retífica Waldrich 40"	2	L = 7,0 m; Ø 1000mm; 70 HP, 70HP; 27t; 6°
	Fresadora Waldrich	4	7500 X 1100mm, 7530mm, 10/1500mm/min; 70t; 75 HP
VIBASA	Torno Imor UT.27	7	L = 3,0 m; Ø 1000mm; 75 CV; 38t
	Torno Imor UT.29	2	L = 4,0 m; Ø 1000mm; 100CV; 38t
	Torno Imor 42	1	L = 6,0 m; Ø 1400mm; 250CV; 50t
	Torno Imor 50	1	L = 7,0 m; Ø 1690mm; 200CV; 40t
	Torno Imor 62	1	L = 10,0m; Ø 2020mm; 400CV; 100t
	Torno Shin Nippon Koki (SBK)	1	L = 8,0 m; Ø 1820mm; 300CV; 80t
	Torno Imor S.90	1	L = 10,0m; Ø 1600mm; 200CV; 30t
	Torno Imor S.140	1	L = 12,0m; Ø 2040mm; 300CV; 70t
	Torno Imor MHS.450	2	L = 3,0/10,0m; Ø 930mm; 40CV; 10t
	Torno Imor MHS.550	2	L = 3,0/10,0m; Ø 1130mm; 40CV; 10t
	Torno HOESCH-MSD c/unid.retificadora	1	L = 20,0m; Ø 3750mm; 295kW; 44kW só p/retífica; 250t
	Retífca Waldrich WSF	2	L = 2,5 m; Ø 630 mm; 6kW, 22kW; 4,5t; 6°
	Retífica Waldrich WSF	2	L = 4,0 m; Ø 720 mm; 6kW, 22kW; 6t; 6°
	Retífica Waldrich WS	1	L = 10,0m; Ø 1600mm; 44kW, 44/110kW; 50t; 6°
	Retífica Waldrich WS	1	L = 8,0 m; Ø 1900mm; 88kW, 44/110kW; 70t; 6°
	Fresadora Waldrich WSS.30	1	4000 X 630mm, 4250mm, 5/5000 mm/min; 6,5t
	Fresadora Waldrich WSS.55	1	10.000 X 1100 mm, 10.350mm, 8/5000 mm/min; 53t

* Legenda: pela ordem são indicados :

- para tornos: distância entre pontas, diâmetro máximo usinável (sobre o carro), potência do motor e peso máximo usinável.
- para retíficas: distância entre pontas, diâmetro máximo retificável, potência do cabeçote, potência do rebolo, peso máximo retificável, máxima retificação cônica.
- para fresadoras: dimensões da mesa, curso do avanço longitudinal, avanço, peso máximo fresável.

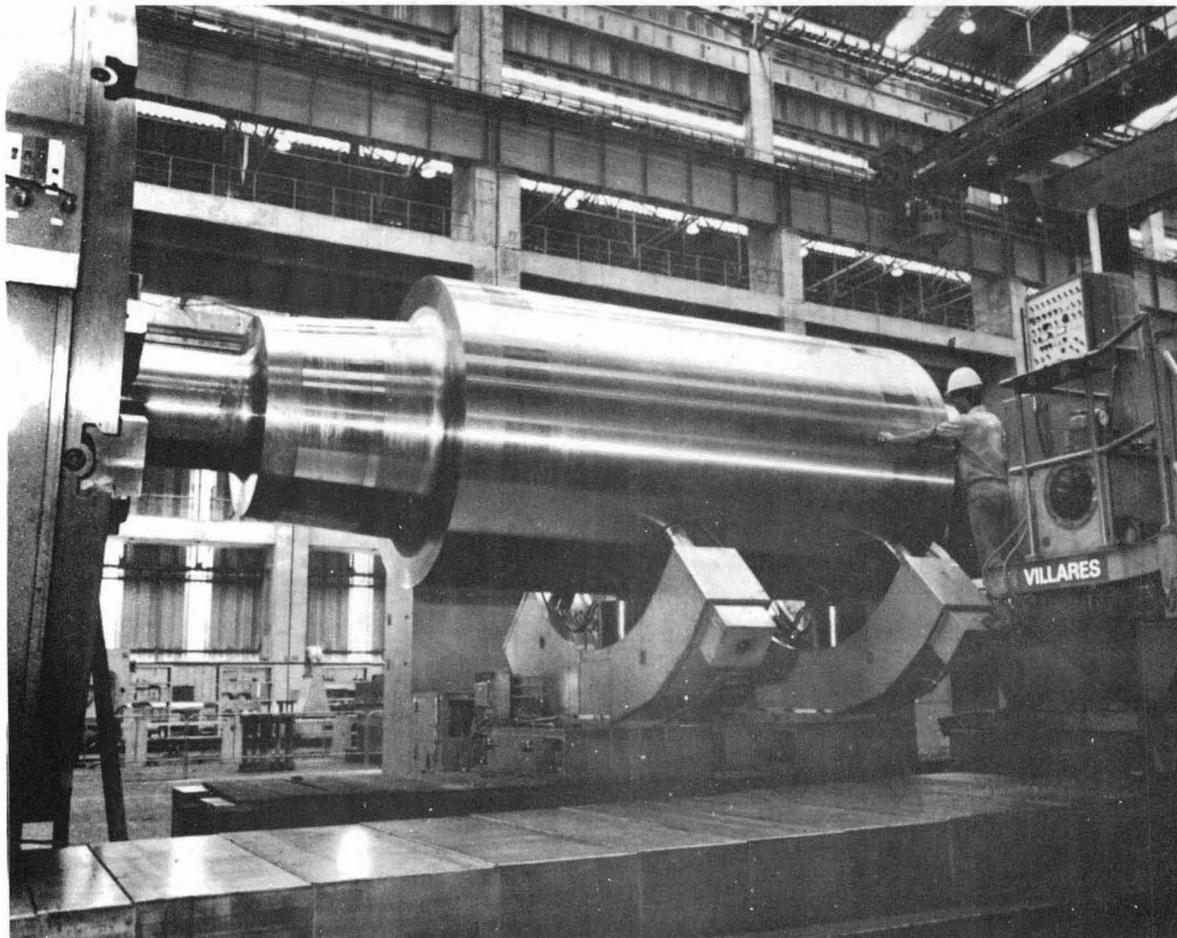


Figura 12: Cilindro de encosto de 127t, \varnothing 2000 X 4000 mm, durante operação de retífica.

TABELA IV : Lista dos maiores cilindros fornecidos pela Villares para companhias siderúrgicas

CLIENTE	DIMENSÃO (mm)	PESO (t)	QTDE.	1º FORNEC.
Desbastadores de placas, blocos e tarugos				
A	Ø 1180 X 3048	35,0	11	1974
A	Ø 1170 X 2930	32,0	14	1973
B	Ø 1143 X 2896	30,0	53	1969
C	Ø 1270 X 2730	27,1	12	1978
D	Ø 970 X 2400	17,0	5	1972
E	Ø 950 X 2400	16,0	8	1978
E	Ø 945 X 2400	15,7	8	1978
F	Ø 930 X 2200	15,2	35	1970
G	Ø 750 X 2000	14,1	68	1966
H	Ø 857 X 2400	12,3	5	1969
H	Ø 850 X 2400	12,1	5	1969
D	Ø 870 X 2100	12,8	2	1980
D	Ø 830 X 2100	11,8	6	1970
D	Ø 800 X 2100	10,2	17	1968
I	Ø 863 X 1981	12,3	10	1969
I	Ø 698 X 1981	9,5	3	1981
J	Ø 760 X 1850	8,6	6	1967
E	Ø 750 X 2100	8,5	18	1978
K	Ø 750 X 1800	7,9	62	1968
E	Ø 705 X 2100	7,7	18	1978
L	Ø 760 X 1800	7,6	22	1974
M	Ø 730 X 1850	7,5	26	1964

CLIENTE	DIMENSÃO (mm)	PESO	QTDE.	1º FORNEC.
Trabalho e intermediário de tiras a frio e encruamento				
C	Ø 584 X 1727	5,7	330	1979
A	Ø 538 X 1655	5,1	8	1983
A	Ø 584 X 1680	5,1	306	1973
B	Ø 570 X 1676	5,0	340	1976
A	Ø 542 X 1680	4,9	34	1974
D	Ø 575 X 1680	4,9	40	1980
B	Ø 541 X 1676	4,8	487	1973
N	Ø 548 X 1626	4,5	38	1975
Q	Ø 550 X 1430	4,3	20	1979
C	Ø 558 X 1320	4,0	282	1976
I	Ø 546 X 1219	3,6	46	1972
Q	Ø 473 X 1687	3,5	15	1979
C	Ø 533 X 1092	3,0	160	1980
C	Ø 482 X 1320	2,9	75	1971
C	Ø 482 X 1117	2,8	384	1976
Q	Ø 500 X 1077	2,7	23	1979
R	Ø 496 X 1067	2,7	10	1981
C	Ø 470 X 1130	2,7	22	1980
P	Ø 450 X 1425	2,6	10	1981
C	Ø 440 X 1130	2,3	12	1981
Q	Ø 448 X 1446	2,3	20	1979
Q	Ø 406 X 1219	2,1	34	1979
Q	Ø 450 X 1146	2,0	30	1979
Q	Ø 359 X 1077	1,4	38	1979

cont. tabela IV

CLIENTE	DIMENSÃO (mm)	PESO (t)	QTDE.	1º FORNEC.
Trabalho de chapas grossas				
A	Ø 1100 X 4100 *	39,0	44	1977
B	Ø 1070 X 4100	36,0	43	1978
A	Ø 1020 X 3048	28,2	10	1980
A	Ø 930 X 3048	21,5	86	1971
B	Ø 940 X 2780	20,0	169	1969
B	Ø 1075 X 1980	20,0	20	1980
B	Ø 1050 X 1980	19,9	6	1976
C	Ø 1120 X 1730	19,6	20	1978
N	Ø 1016 X 1676	16,0	2	1971
C	Ø 927 X 1829	15,5	2	1971
F	Ø 930 X 1700	15,2	68	1976
N	Ø 822 X 1676	10,5	7	1967
N	Ø 813 X 1676	10,0	4	1970
C	Ø 724 X 1829	9,0	2	1971

CLIENTE	DIMENSÃO (mm)	PESO	QTDE.	1º FORNEC.
Chapas finas e encruamento a quente				
I	Ø 870 X 2540	14,5	4	1980
C	Ø 910 X 1750	12,1	8	1979
B	Ø 840 X 1676	10,0	26	1969
F	Ø 830 X 1350	9,1	30	1971
F	Ø 800 X 1300	7,4	90	1972
F	Ø 762 X 1250	6,6	95	1970
I	Ø 577 X 2540	6,1	5	1981
F	Ø 550 X 1350	3,4	78	1971

Encosto de chapas grossas

B	Ø 2000 X 4000 ●	127,0	1	1983
P	Ø 1500 X 2750 +	53,5	2	1983
A	Ø 1387 X 3054	47,3	8	1975
B	Ø 1360 X 2746	44,5	10	1975
B	Ø 1470 X 1980	36,5	8	1976
F	Ø 1450 X 1700 §	33,5	17	1976
C	Ø 1346 X 1702	27,1	6	1979
C	Ø 1245 X 1830	25,0	7	1970
C	Ø 1345 X 1320	23,1	8	1979

Legenda

- * - maior cilindro de ferro
- - maior cilindro de aço forjado
- + - maior cilindro de aço fundido
- § - também usado no LTQ

cont. tabela IV

CLIENTE	DIMENSÃO (mm)	PESO (t)	QTDE.	1º FORNEC.
Trabalho de tiras a quente				
C	Ø 740 X 1730 a	9,9	110	1978
C	Ø 740 X 1730 f	9,9	90	1978
A	Ø 702 X 2100 a	9,8	277	1966
A	Ø 702 X 2100 f	9,8	965	1966
F	Ø 750 X 1700 f	9,1	28	1976
F	Ø 730 X 1700 f	8,7	112	1980
F	Ø 730 X 1700 a	8,7	2	1981
I	Ø 698 X 1727 f	7,6	12	1981
I	Ø 698 X 1727 a	7,6	4	1981
B	Ø 653 X 1726 a	7,3	364	1967
B	Ø 653 X 1726 f	7,3	955	1964
N	Ø 650 X 1676 f	6,5	16	1967
N	Ø 650 X 1676 a	6,5	32	1968
N	Ø 648 X 1676 a	6,2	3	1972
N	Ø 648 X 1676 f	6,2	12	1980
I	Ø 641 X 1219 f	5,4	30	1980
C	Ø 584 X 1397 f	4,4	52	1978
C	Ø 575 X 1321 f	4,2	209	1967
C	Ø 575 X 1321 a	4,2	44	1969

CLIENTE	DIMENSÃO (mm)	PESO	QTDE.	1º FORNEC.
Encoato de tiras a quente, a frio e encruamento				
C	Ø 1525 X 1730	36,5	56	1978
C	Ø 1525 X 1700	36,2	18	1978
C	Ø 1524 X 1727	35,9	40	1979
A	Ø 1405 X 1974	33,0	34	1974
A	Ø 1425 X 1680	29,3	8	1977
B	Ø 1422 X 1715 f	28,1	2	1981
B	Ø 1422 X 1676	28,0	11	1973
B	Ø 1422 X 1676 f	28,0	4	1977
N	Ø 1356 X 1626 f	24,0	4	1969
B	Ø 1244 X 1702	23,0	53	1967
N	Ø 1372 X 1626	23,0	2	1976
N	Ø 1305 X 1626	21,5	4	1974
I	Ø 1356 X 1219 f	20,3	2	1972
N	Ø 1254 X 1626	20,0	4	1975
N	Ø 1346 X 1219 f	19,5	2	1973
C	Ø 1295 X 1220 f	19,4	14	1979
C	Ø 1168 X 1244	16,5	209	1968
I	Ø 1181 X 1219	16,4	8	1980
C	Ø 1245 X 1092 f	15,5	48	1968

Legenda

f - ferro fundido

a - aço fundido

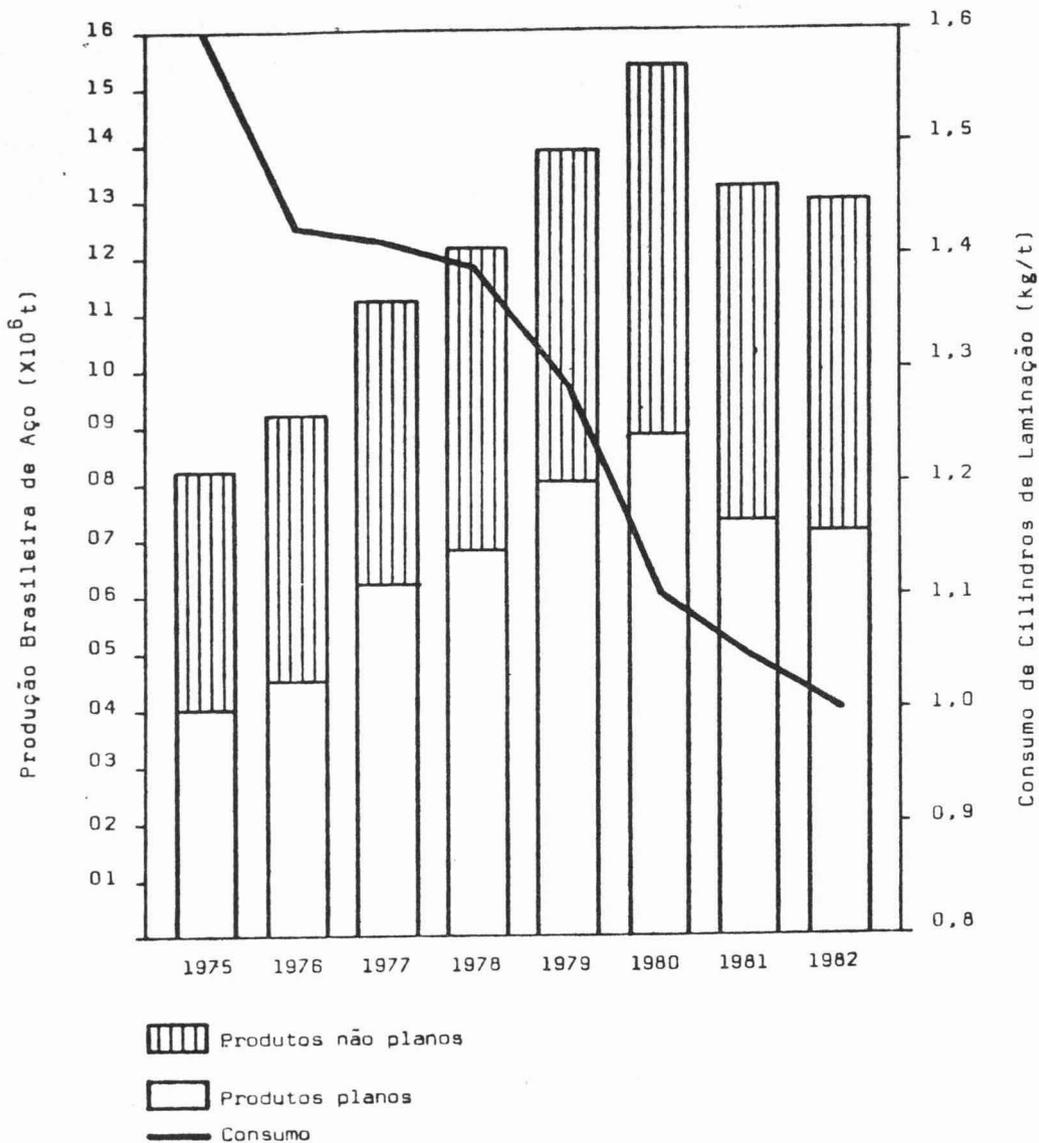


Figura 13 Evolução do consumo de cilindros no Brasil