

## ABAFAMENTO DO ALTO FORNO Nº1 DA AÇOMINAS (1)

Antonio Carlos de Moraes Sarmiento (2)  
Erênio de Castro Alves (3)  
Vagner Antunes Guimarães (3)  
Hideraldo Belini Soares de Mello (4)  
Márcio Teixeira Alves (5)

RESUMO

Prevendo condições de emergência, inclusive situações de greve, foi elaborado um plano de abafamento por um período de 10 dias do alto forno. Tendo sido este plano executado no período de 16/03/87 até 27/03/87.

- 
- (1) Contribuição Técnica ao Seminário COMIN/COMAP
  - (2) Chefe de Divisão de Metalurgia da Redução e Carboquímicos (AÇOMINAS)
  - (3) Engenheiro Metalúrgico da Divisão de Metalurgia da Redução e Carboquímicos (AÇOMINAS)
  - (4) Técnico Metalúrgico da Divisão de Metalurgia da Redução e Carboquímicos (AÇOMINAS)
  - (5) Chefe de Seção do alto forno (AÇOMINAS)

1 - INTRODUÇÃO

A AÇOMINAS, tomando conhecimento do resultado da assembléia realizada no dia 24.02.87, na qual se decidiu por uma paralização geral, a iniciar-se no dia 26.02.87, julgou necessário, como medida de segurança, a elaboração de um plano para uma longa parada do alto forno.

Tendo o movimento durado 2 dias e sem adesão do pessoal de nível operacional, não foi necessário a utilização do plano, mas no dia 16.03.87, novo movimento foi deflagrado, tendo este a adesão de grande parte do pessoal de nível operacional de algumas unidades da usina.

Foi então utilizado o plano para uma parada do alto forno no dia 20.03.87, devido a falta de escoamento do gusa.

## 2 - DESENVOLVIMENTO

2.1. Elaboração do plano para a parada

Segundo a análise da situação global previu-se a para da de sopro por um período de 10 dias.

A grande preocupação ao se estabelecer o plano de para da foi quanto ao corte de carga que garantisse a recuperação térmica do forno quando reiniciada a marcha pois, até então, a AÇOMINAS não tinha experiência em preparação do leito de fusão para grandes paradas de sopro.

Assim, estabeleceu-se baixa relação minério/coque e cargas secas alternadas e, a parada de sopro se daria com carga seca na rampa para melhor permeabilidade no reinício de sopro além de minério no topo para melhor abafamento.

## 2.1.1. Condições Básicas para Cálculo

Considerou-se:

% Si	CaO/SiO <sub>2</sub>	M/C	%Sinter	BC(Kg)
1,15	1,00	2,60	100	16300

- Volume da carga normal e seca

Considerando-se a composição do leito de fusão e as condições estabelecidas, foram feitos os cálculos, que são apresentados no quadro I.

	Componentes	Kg/carga	Densidade (t/m <sup>3</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
Carga normal (M/C = 2,60)	Coque	16300	0,50	32,60
	Sínter	42380	1,77	23,94
	Quartzo	1000	1,33	0,75
	Total	59680		57,29
Carga Seca	Coque	16300	0,50	32,60
	Calcário	1500	1,53	0,98
	Total	17800		33,58
Carga de Abafamen- to	Sínter	42380	1,77	23,94
	Quartzo	1000	1,33	0,75
	Total	43380		24,69

Quadro I - Volumes da Carga Normal e Seca.

Considerando uma taxa de compressão de 5% tere-  
mos:

- Volume da carga normal =  $57,29 \times 0,95 = 54,42\text{m}^3$
- Volume de carga seca =  $33,58 \times 0,95 = 31,90\text{m}^3$
- Volume da carga de abafamento =  $24,69 \times 1 = 24,69\text{m}^3$

Para uma parada de 10 dias, estabelecemos 19 car-  
gas secas e 1 carga de abafamento, sendo o res-  
tante cargas normais com M/C = 2,60.

O quadro II mostra o volume ocupado pelas cargas  
secas e carga de abafamento.

Carga	Volume(m <sup>3</sup> )	Nº	Volume total(m <sup>3</sup> )
Seca	31,90	19	606,10
Abafamento	24,69	01	24,69
Total	56,59	20	630,79

Quadro II - Volume ocupado pelas cargas secas de  
abafamento.

- Volume do forno das ventaneiras à linha de carga

$$V_{AF} = 2294 \text{ m}^3$$

- Volume das cargas normais = Volume do forno - Volume das cargas secas e de abafamento.

$$V_{CN} = V_{AF} - V_{SA}$$

$$V_{CN} = 2294 - 630,79$$

$$V_{CN} = 1663,21 \text{ m}^3$$

- Número de cargas normais =  $\frac{\text{Volume das cargas normais}}{\text{Volume de carga normal}}$

$$N_{CN} = \frac{V_{CN}}{V_C}$$

$$N_{CN} = \frac{1663,21}{54,42}$$

$$N_{CN} = 31 \text{ cargas}$$

A figura. 1 mostra a distribuição das cargas dentro do alto forno após a parada.

#### 2.1.2. Distribuição da Carga

Para as cargas de parada do alto forno deve ser usado a distribuição de carga conforme mostra o quadro III.

Material	Nº de voltas	Ângulos
Coque	12	222334567788
Sínter	09	345566788
Calcário	02	34
Carga de abafamento	09	345667889

Quadro III - Distribuição da Carga.

### 2.1.3. Cuidados a serem tomados

#### - Regeneradores

- . Elevar a temperatura do domo dos 3 regeneradores para 1450°C até a retirada do sopro.
- . Antes da retirada do sopro, ventilar cada regenerador pelo menos 30 minutos visando abaixar a temperatura das grelhas.
- . Após a ventilação de 30 minutos, fechar o regenerador deixando a válvula de alívio 5% aberta.

#### - Limpeza de gás

- . Antes de iniciar a parada do alto forno, esgotar o balão de pó.
- . Após a parada do alto forno; purgar da válvula ocular até o topo.
- . Cortar a água dos venturis após a purga
- . Colocar água nos tubos U principal e dos regeneradores.

#### - Casa de Corrida

- . Após a retirada do sopro drenar os canais de corrida e colocar fogo nos mesmos.
- . Deixar o canal nº1 com a capa de escória para assegurar menor perda de calor. Este canal não deverá ser usado na 1ª corrida quando do retorno da operação do alto forno.

#### - Alto Forno

- . Vedar bem as ventaneiras com chamote
- . Reduzir a água das placas, ventaneiras, caixa das ventaneiras e carcaça do cadinho para 10 a 20 % e se necessário fechar as placas e carcaça do cadinho e base.
- . Deixar os bleeders abertos o suficiente para uma tiragem mínima.

- . Inspeccionar as ventaneiras de 3 em 3 horas e, nos intervalos, inspeccionar o corpo do Alto Forno.

## 2.2. Parada do Alto Forno

Em 19.03.87 o alto forno já se encontrava com marcha reduzida devido ao escoamento do gusa. O início da operação de abafamento foi às 16 horas e 20 minutos. Durante o processo, tivemos problemas no sistema de carregamento, que ocasionou uma parada de emergência, devido o entupimento da correia ClBC. Após ter sido solucionado o problema, o alto forno foi novamente colocado em operação para que fosse completada a operação de abafamento, antes da parada definitiva que se deu no dia 20.03.87 à 01 hora e 20 minutos.

A figura 2 mostra os principais dados operacionais durante a parada do alto forno.

A figura 3 mostra a distribuição real da carga no alto forno após a parada de sopra.

Houve uma modificação nas cargas de abafamento em relação ao plano devido à parada de emergência, sendo acrescentada 3 cargas secas.

## 2.3. Operações durante a parada do Alto Forno

### 2.3.1. Regeneradores

Ao final do sopra para o alto forno, os três regeneradores se encontravam propositalmente aquecidos, com temperaturas de domo em torno de 1300°C, temperaturas da sílica em 1100°C e temperaturas da chaminé próximos de 300°C.

Durante todo o tempo em que os regeneradores estiveram fechados as válvulas de alívio foram mantidas

apenas parcialmente abertas (cerca de 3%) para minimizar a perda de calor.

Após 44 horas de parada foi necessário fazer a primeira combustão (regenerador 2). A primeira combustão do regenerador 3 foi feita com 47 horas de parada e do regenerador 1, com 50 horas.

O gasômetro de GAF foi mantido no nível máximo, porém a cada combustão do regenerador foi aberta a válvula de  $N_2$  para a linha de GAF próximo ao gasômetro objetivando manter o nível do mesmo e manter uma pressão do "GAF" nos regeneradores um pouco mais alta que seria obtida se apenas o gasômetro estivesse em linha.

A combustão em cada regenerador foi feita quando a temperatura do domo caía para  $1000^{\circ}C$  (mínimo de  $900^{\circ}C$ ) utilizando  $5000 \text{ Nm}^3/\text{h}$  de GCO e  $15000 \text{ Nm}^3/\text{h}$  da mistura GAF +  $N_2$  proveniente do gasômetro. O volume de ar para combustão objetivado era de  $24000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ , porém, como não se conhecia a real proporção de GAF/ $N_2$ , o controle da quantidade de ar foi feito pela coloração da fumaça da chaminé, aumentando-se o ar quando esta ficava escura.

O final da combustão era determinado pela temperatura da fumaça, quando esta atingia  $350^{\circ}C$ . Em média, o tempo de cada combustão foi de 90 minutos.

Após duas combustões, a fumaça atingia rapidamente a sua temperatura máxima e uma terceira combustão era inviável, pois ou não havia tempo para o domo atingir a temperatura objetivada ( $1300^{\circ}C$ ) ou o tempo de combustão era muito curto, não "encharcando" de vidamente o regenerador.

Assim, antes da terceira combustão, era feito uma ventilação durante cerca de 2 horas, soprando

700 Nm<sup>3</sup>/min de ar proveniente do soprador.

Durante os oito dias de parada, o número de combustões por regenerador foi de 7 o que dá uma média de quase 1 combustão por dia por regenerador. Deve-se notar que a frequência foi menor nos primeiros dias (tempo fechado de até 50 horas), e nos últimos dias o tempo fechado dos regeneradores foi de 10 a 15 horas.

### 2.3.2. Alto Forno

Após a parada do forno foram tomadas as seguintes medidas:

- . Foram desligadas 2 bombas de baixa pressão
- . Foi reduzida a água em 50% dos seguintes equipamentos:
  - Ponta das ventaneiras
  - Corpo das ventaneiras
  - Caixa das ventaneiras
  - Algaraviz.
- Placas do Alto Forno
  - . Foi reduzida a água em 90% da lança termopar do topo e da porta de inspeção da calha móvel.
  - . Foi fechada a água de refrigeração do cadinho. Sendo que quando a temperatura da superfície do cadinho chegasse a 60°C a água era aberta e quando chegasse a 30°C era fechada.
  - . No turno C do dia 21.03 foi fechada a água da lança termopar do topo e da porta de inspeção da calha móvel.
  - . No turno A do dia 22.03 foi reduzida a água de refrigeração das placas do alto forno para 20%, exceto as placas dos furos de gusa e reduzido o número de inspeções das ventaneiras, sendo então feitas

- de 3 em 3 horas, uma vez inspecionadas as ventaneiras pares e na outra as ventaneiras ímpares.
- No turno A do dia 23.03 foi reduzida a água de refrigeração das placas do alto forno para 5 %, exceto as placas dos furos de gusa, e quando começasse a sair vapor, a água das placas eram trocadas.
- No turno C do dia 23.03 foi reduzido o número de inspeções das ventaneiras para uma vez por turno e passou a ser feita uma inspeção visual nas ventaneiras de uma em uma hora.
- No turno A do dia 24.03 foi reduzida para 20% a água das placas dos furos de gusa.

A figura 4 mostra a redução das temperaturas do alto forno durante o período em que estava parado.

#### 2.4. Plano para reinício de operação

##### 2.4.1. Procedimentos gerais para reinício de operação do A.F.

###### - Regeneradores

A temperatura visada para o domo nas primeiras combustões deve ser, no máximo 10°C acima da temperatura alcançada na última combustão. Não há necessidade de ser maior que 120°C.

###### - Sistema de limpeza de gás

Antes do reinício de operação do AF., iniciar a recirculação de água pelos venturis. Abrir válvula de ponto terminal de água do sistema direto.

O expurgo deverá ser feito abrindo-se o N<sub>2</sub> do coletor e venturis 1 hora antes do reinício, e, o vapor 30 minutos antes do reinício. Abrir bleeders do topo.

###### - Refrigeração do A.F.

Comunicar com pessoal da recirculação antes de ini

ciar a abertura de água no A.F. (1 hora antes do reinício). À medida que a vazão de água for sendo normalizada, as bombas devem ser religadas. O A.F. de verá iniciar sua operação com 3 bombas de baixa pressão.

Inspeccionar todas as saídas de água.

#### - Área de Corrida

- . Preparar vergalhões ou tubo O<sub>2</sub> para retirada de chamote das ventaneiras (testá-lo antes)
- . Preparar broca de 60mm com haste
- . Alterar ângulo de inclinação do perfurador 3 de 10° para 8°
- . Aumentar equipe de casa de corrida
- . Fazer perfuração experimental com 600 g/cm<sup>2</sup> de pressão de sopro
- . Preparar vergalhão para limpeza do furo de gusa (19mm Ø)
- . Efetuar aquecimento dos canais de gusa, escória e basculante do furo 3, 6 horas antes do reinício
- . Forrar canais (inclusive principal até 7 metros da boca) com areia, colocar chapa revestida com concreto no canal principal e gancho tira-bode nos canais de escória
- . Preparar barra de 42mm
- . Efetuar abertura na parte superior do tampão
- . Preparar tubos e mangueira de O<sub>2</sub>
- . Preparar mangueira de água, talhadeira, marretas, ganchos e palha de arroz
- . Retirar crosta do canal principal 1.

#### - Poço de escória e lingotadeira

- . Enviar para o poço de escória as 3 primeiras corridas de escória

. Jogar no poço de emergência toda gusa com temperatura inferior a  $1450^{\circ}\text{C}$  e  $\text{Si} > 1,5 \%$

. Poço de emergência e lingoteiras devem estar preparados para receber gusa.

#### 2.4.2. Padrões de Carregamento Para Reinício de Operação do Alto Forno.

Quando do reinício de operação do alto forno após período de abafamento, deve-se alterar o número de voltas programadas da calha rotativa, para distribuição do sínter consequentemente alterar também o padrão de carregamento, como mostrado no quadro abaixo, visando manter a espessura da camada.

M/C	Padrão de carregamento do sínter	Nº de voltas	CPI
2,65	345566788	09	0,632
2,70	idem	idem	idem
2,75	idem	idem	idem
2,80	idem	idem	idem
2,85	345566788	10	0,629
2,90	idem	idem	idem
2,95	idem	idem	idem
3,00	idem	idem	idem

OBS: O padrão de carregamento do coque a ser utilizado deverá ser:

22233456788 (12 voltas).

#### 2.4.3. Parâmetros Operacionais Para Reinício de Operação

A figura 5 mostra os principais dados operacionais para o reinício de operação do alto forno.

## 2.5. Reinício de operação do Alto Forno

O alto forno iniciou a operação às 15 horas e 40 minutos do dia 27.03.87 após uma parada de sopro que durou 7 dias, 14 horas e 20 minutos.

No reinício de sopro a permeabilidade da carga estava muito baixa, apresentando descidas de blocos em frente as ventaneiras, e em seguida apresentou sintomas de engaiolamento. Então foi feita uma parada e chamotada mais 6 ventaneiras, ficando as ventaneiras 21, 22, 23, 24, 25 e 26 funcionando. Esta parada de sopro foi às 19 horas e 33 minutos e reiniciou a operação às 20 horas e 24 minutos, apresentando uma permeabilidade boa, o que provocou o início da retirada dos chamotes.

No início de operação do alto forno, embora os regeneradores estivessem com temperatura do domo acima de 1100°C, a temperatura objetivada do ar soprado de 800°C não foi atingida. Esse fenômeno pode ser explicado pelo baixo volume de sopro durante o período, tomando o ar, caminhos preferenciais no interior do regenerador, não se aquecendo o suficiente.

Observou-se que, após o 2º reinício, quando o volume de sopro pôde ser elevado, a temperatura do ar atingiu o objetivado.

A primeira perfuração foi iniciada no momento em que o alto forno entrou em operação. O furo de gusa nº3 foi perfurado até 3500mm usando broca, barra e oxigênio. Às 19 horas e 20 minutos quando passava oxigênio verificou-se que havia comunicação, devido ao sopro de gás. Após o reinício de sopro continuou a queima com oxigênio até as 4 horas e quinze minutos quando iniciou a 1ª corrida de gusa.

A figura 6 mostra os principais dados operacionais das primeiras 24 horas do reinício de operação do alto forno.

A operação do forno foi sendo normalizada, apresentando apenas uma gaiola no dia 30.03. A figura 7 mostra os principais dados operacionais até o dia 31.03.87.

### 3 - CONCLUSÕES

A operação de abafamento foi bem sucedida apesar da necessidade de parada do alto forno logo após o reinício de operação o que não teria sido necessário se tivesse sido aplicado apenas o procedimento de corte de gaiola.

Quanto ao leito de fusão aplicado na operação achamos que foi bem dimensionado para os 10 dias de abafamento previstos, e acreditamos que atenderia as necessidades térmicas do alto forno para uma parada de até 15 dias.

Dois fatores que merecem atenção especial nesta operação, após a parada do alto forno, são o controle da refrigeração geral do mesmo, onde deve-se atuar de forma a perder o mínimo de calor possível através da refrigeração e o controle de tiragem através do alto forno, atuando-se na abertura de bleeder e no chamotamento das ventaneiras, de forma a ter o mínimo possível de abaixamento de carga.

Gostaríamos também, de mencionar a grande utilidade da válvula de isolamento do alto forno e de ventilação de ar quente, sem as quais a operação de ventilação dos regeneradores teria sido bem mais trabalhosa, porque iria requerer a retirada de todos os algaravizes para evitar a entrada do ar para o alto forno.

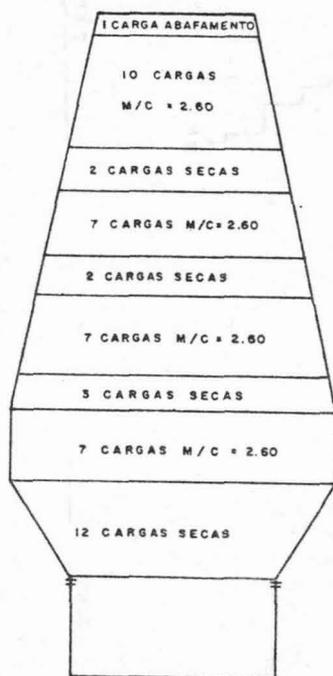
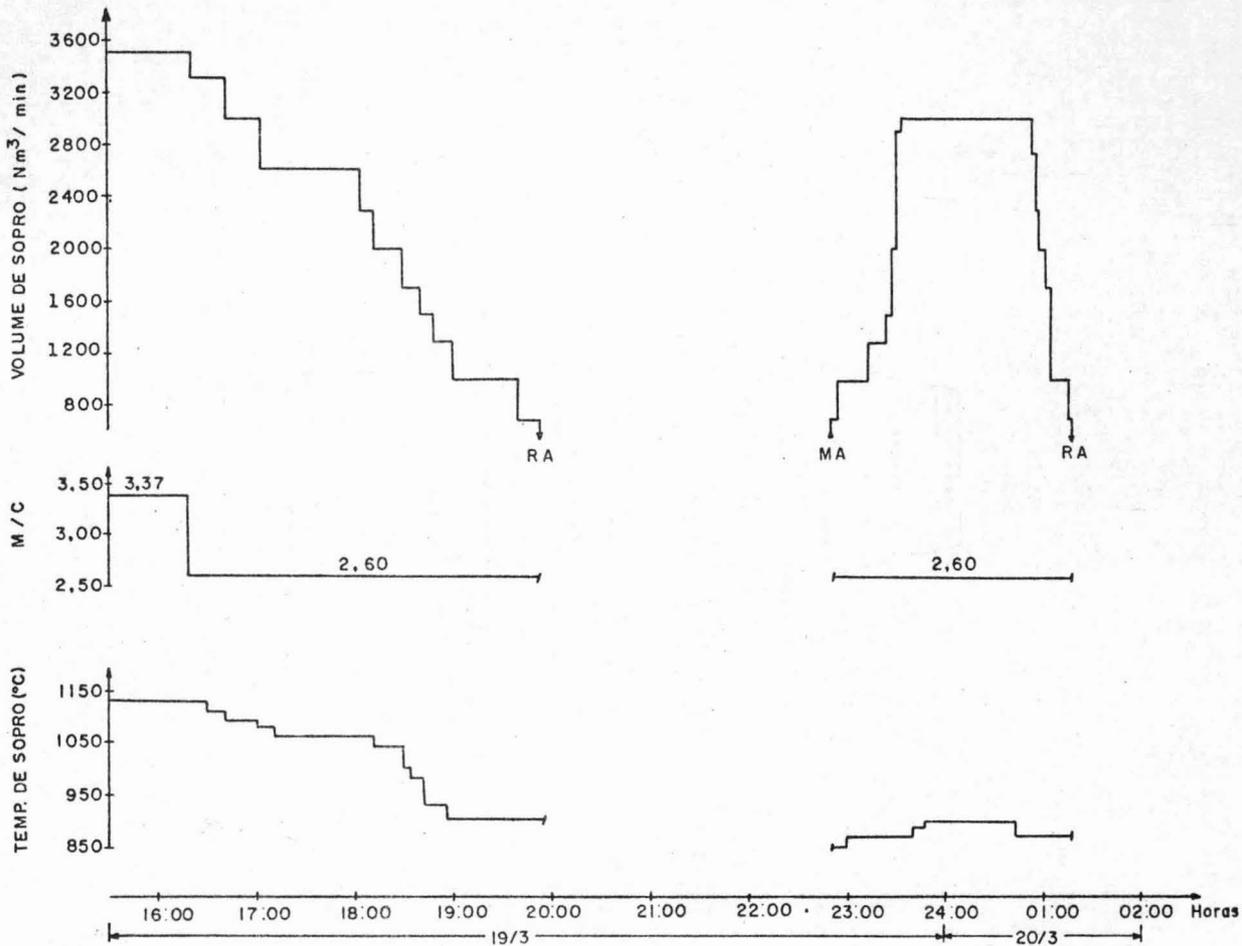


Fig. 1 - DISTRIBUIÇÃO DA CARGA NO ALTO FORNO

Fig. 2 - DADOS OPERACIONAIS DO ALTO FORNO



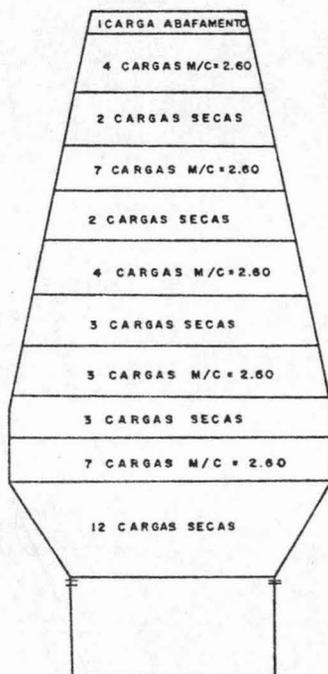


Fig. 3 - DISTRIBUIÇÃO DA CARGA NO ALTO FORNO

Fig. 4 - TEMPERATURAS DO ALTO FORNO

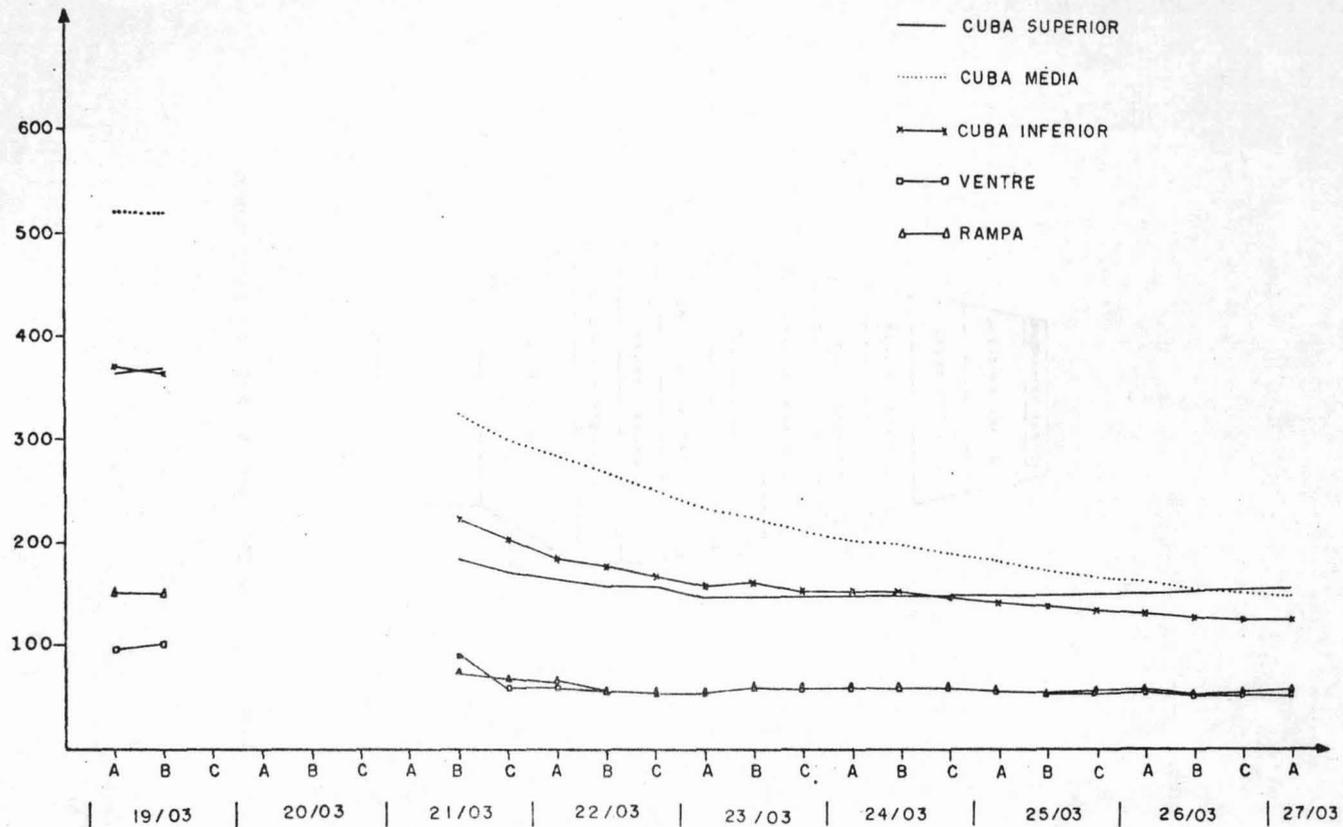




Fig. 6 - DADOS OPERACIONAIS

