

METODOLOGIA PARA O DIMENSIONAMENTO DE VENTANEIRAS
DE ALTOS FORNOS

(1)

Mario Franco Filho (2)
Fernando Tadeu Pereira de Medeiros (3)
Helio de Aguiar Melgaço Junior (4)

R E S U M O

São tecidas considerações sobre a importância do dimensionamento de ventaneiras para o controle operacional do fluxo gasoso de altos fornos.

É feito um resumo sobre as diversas investigações realizadas com vistas a um melhor conhecimento dos fenômenos que ocorrem na zona de combustão.

Finalizando, é proposto um método para a especificação de ventaneiras, partindo-se da conservação dos parâmetros físicos da zona de combustão dentro de uma condição otimizada. Esse método, é aplicado na especificação de um conjunto de ventaneiras para o alto forno 3 da CSN.

-
- (1) Trabalho a ser apresentado na X SETEC - Julho 1987.
 - (2) Engenheiro Industrial Metalúrgico - Pesquisador do Centro de Pesquisas da Companhia Siderúrgica Nacional.
 - (3) Engenheiro Metalúrgico - Pesquisador do Centro de Pesquisas da Companhia Siderúrgica Nacional.
 - (4) Engenheiro Metalúrgico - Pesquisador do Centro de Pesquisa da Companhia Siderúrgica Nacional.

1.0

INTRODUÇÃO

A importância do dimensionamento adequado das ventaneiras de um alto forno está diretamente ligada à flexibilidade no controle da distribuição do fluxo gasoso no seu interior.

As dimensões de uma ventaneira influem diretamente nas características da zona de combustão e conseqüentemente na sua forma, volume e direcionamento do fluxo gasoso (central ou periférico). Essas dimensões da zona de combustão são controláveis, para a mesma ventaneira, com uma flexibilidade limitada. Uma vez esgotados os recursos disponíveis, deve-se redimensionar e construir novo conjunto de ventaneiras.

Os parâmetros de especificação de um conjunto de ventaneiras, são: o número de ventaneiras, o seu comprimento, a sua inclinação e o seu diâmetro.

De uma maneira geral, os operadores atuam em altos fornos que possuem já alguns desses parâmetros definidos, quando do seu projeto. O número de ventaneiras e, conseqüentemente, o espaçamento interno é um parâmetro de atuação impossível, em caso de altos fornos em operação. Ao operador resta então os outros parâmetros, e o mais atuado é o diâmetro, com o comprimento e inclinação em segundo plano.

Os tópicos a seguir, procurarão apresentar considerações sobre o dimensionamento de um conjunto de ventaneiras, dando ênfase ao seu diâmetro como a dimensão mais fácil e usual de ser atuada.

2.0

CRITÉRIOS UTILIZADOS EM DIFERENTES USINAS

Os resultados e discussões apresentados na literatura, em geral, mostram uma grande dispersão de idéias e critérios.

De uma maneira geral a especificação de uma ventaneira, em altos fornos já em funcionamento, fica praticamente restrita ao dimensionamento de seu diâmetro interno. Com esse enfoque a literatura apresenta como orientação básica a manutenção da "Energia cinética" do ar soprado, por ventaneira, constante e igual a um valor de referência de bom desempenho do alto forno (1, 2, 3, 4). Em última análise,

essa manutenção, tem como consequência a manutenção do comprimento da zona de combustão ou da zona de teor de $\text{CO}_2 < 2\%$ (1,2,3), para as mesmas condições de regulagem operacional. Um outro critério menos discutido e usado, tem sido o da manutenção da "quantidade de movimento" do ar soprado que praticamente tem o mesmo efeito da energia cinética (13).

O uso de qualquer destes critérios no entanto, tem sempre visado a dois objetivos básicos (2,3,7,9,10,12). A ativação da zona central do cadinho e conseqüentemente do alto forno; a ativação da zona periférica do cadinho, com conseqüências também no alto forno.

No caso da reforma de um alto forno e mesmo de construção nova, um critério global para a especificação de um conjunto de ventaneiras pode ser esboçado como o apresentado na figura 1.

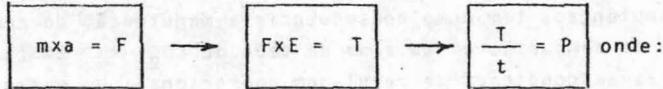
As dimensões complementares (comprimento e inclinação) são pouco estudadas e comentadas na literatura. A orientação apresentada (1) é de que a ventaneira tenha um comprimento tal que permita um balanceamento para a parte interna do cadinho de cerca de 20 a 25cm. Para a inclinação, a literatura (1) comenta apenas o seu objetivo, ou seja, dirigir o eixo da zona de combustão ligeiramente para a superfície do banho (gusa + escória) com um ângulo que pode variar de 8 a 10° (1).

3.0 CONSIDERAÇÕES FLUIDO DINÂMICAS SOBRE A ZONA DE COMBUSTÃO

É praticamente consenso geral que o comprimento da zona de combustão é uma função da "Energia cinética" do fluxo de ar penetrando pela ventaneira (1,2,3,7,9,10,12,13,14). Entretanto, o termo "Energia cinética" merece uma consideração especial como será visto.

3.1 ANÁLISE DIMENSIONAL DA ENERGIA DO AR SOPRADO NA SAÍDA DA VENTANEIRA

Considerando-se as grandezas da física clássica, pode-se apresentar a energia de um sistema como uma evolução de velocidade para potência segundo o esquema:



- m = massa
 a = aceleração do corpo
 F = Força
 E = espaço percorrido pelo corpo
 T = Trabalho ou Energia
 t = tempo de execução do trabalho
 P = Potência do Sistema

Observando-se a figura 2 e aplicando-se a fórmula clássica para o cálculo da Energia cinética de uma unidade de massa de ar soprado tem-se:

$$E_c = \frac{1}{2} m \times v^2 \quad (1)$$

Fazendo-se uma análise dimensional dessa equação para o sistema SI obtem-se:

$$E_c = M \times L^2 \times T^{-2} \quad \text{ou}$$

$$E_c = \text{kg} \times \text{m}^2 \times \text{s}^{-2} = \text{kg} \times \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} =$$

$$E_c = \text{N} \times \text{m} = \text{J} \quad (\text{Joule})$$

No caso dos cálculos energéticos aplicados ao ar soprado de um alto forno, a massa (m) é expressa como uma vazão mássica (M) em kg/S e a equação (1) torna-se:

$$E_{c^{**}} = \frac{1}{2} M \times V^2 \quad (2) \quad \text{com:}$$

M = Vazão mássica de ar soprado (kg/S)

V = Velocidade do ar soprado (m/s)

Substituindo-se os símbolos pelas unidades correspondentes na fórmula (2) tem-se:

$$E_{c^{**}} = \frac{1}{2} \times \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = \frac{\text{kg} \times \text{m}^2}{\text{s}^2} \times \frac{1}{\text{s}} = \frac{\text{J}}{\text{s}} = \text{W} \quad (\text{Watt}) \quad (3).$$

**O termo Energia Cinética é impróprio e é usado provisoriamente.

Observa-se assim que o termo "energia cinética" de sopro nada mais é do que uma potência de sopro (P_s) e dessa forma será denominado nesse trabalho.

3.2 INFLUÊNCIA DA VAZÃO TOTAL DE GASES NA POTÊNCIA DE SOPRO

Considerando-se a fórmula (3) observa-se que o termo M , refere-se, em princípio, unicamente à vazão de ar soprado. No entanto, se o alto forno está utilizando algum tipo de injetante, líquido ou gasoso, a potência de sopro será certamente influenciada. Dessa forma, o termo M , deverá designar a vazão mássica total dos gases que atravessam a ponta da ventaneira (3,4,12).

3.3 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE COMBUSTÃO DOS INJETANTES NO INTERIOR DAS VENTANEIRAS

Quando não se utiliza injetante nas ventaneiras, a temperatura reinante na sua ponta pode ser considerada como semelhante à do ar soprado. Entretanto, ao se utilizar qualquer tipo de hidrocarboneto, com injeção no interior da ventaneira, existe a possibilidade de uma combustão "prematura" que elevaria, como consequência, a temperatura dos gases no seu interior (3).

Para se avaliar a intensidade desse fenômeno, várias sondagens na zona de combustão foram feitas (1,5,6,7,8,9,11,14,15) e as figuras 3,4 e 5, ilustram os padrões observados, de uma maneira geral.

Observa-se nas figuras 3 e 4 que existe sempre uma elevação inicial no teor de CO_2 e conseqüente redução no teor de oxigênio. A curva de evolução do CO_2 passa por um máximo e nesse ponto aparece em destaque o crescimento acentuado do teor de CO com redução no teor de CO_2 . O teor de H_2 acompanha a semelhança da curva de CO com uma intensidade bem menor.

O crescimento inicial do teor de CO_2 é atribuído a reação de combustão a seguir:



O decréscimo do teor de CO_2 e elevação no teor de CO é atribuído a reação:



O limite químico da zona de combustão é convencionado para a região de teores, de CO_2 ou H_2O na ordem de 1 a 2% (8,13). O limite físico da zona de combustão é observado ser de 300 a 500mm menor do que o limite químico(13).

No caso de se utilizar injetantes no alto forno, principalmente o gas natural, existe um grau de incerteza sobre dois fenômenos que ocorrem na região das ventaneiras:

- a) - O mecanismo de dissociação e combustão;
- b) - A existência da combustão inicial do hidrocarboneto no interior da ventaneira.

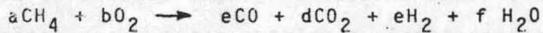
Para esclarecer esses fenômenos, no caso de gas natural, várias sondagens foram feitas e dentre elas destacam-se duas em especial (8, 11).

Nos estudos de NEKRASOV E MOSCALINA, fica evidenciada a existência de cerca de 3% de vapor de água (H_2O) dentre os componentes do setor oxidante da zona de combustão (8).

Nas sondagens de GORSHIKOV ETALII, ficou evidenciada a existência de uma combustão mista no interior das ventaneiras como ilustrado na figura 5.

Observa-se que os teores de CO , CO_2 e H_2 evoluem com teores bem elevados da ordem de 18,6; 4,3% e 16,0% respectivamente na saída da ventaneira. No seu interior a cerca de 400mm, já se observa teores de CO e H_2 da ordem de 8% com o CO_2 da ordem de 2%.

Reunindo-se as informações acima, pode-se esboçar um mecanismo de reação/dissociação do gas natural segundo a equação:



Os coeficientes a,b,c,d,e e f podem ser admitidos como sendo proporcionais aos teores encontrados na literatura citada anteriormente.

Ao admitir-se a existência da combustão do hidrocarboneto no interior da ventaneira, é necessário estimar-se através de um balanço térmico a temperatura reinante no seu interior.

4.0 CRITÉRIO SUGERIDO PARA A CSN

Para a especificação de um conjunto de ventaneiras, será considerado, para a CSN, somente o caso de altos fornos com o número de ventaneiras definido.

Dessa forma, a especificação do diâmetro da ventaneira será orientada por um conjunto de variáveis operacionais com o controle do fluxo gasoso não considerando a variável — número de ventaneiras. O critério a ser adotado pela CSN para a especificação do diâmetro de uma ventaneira, deverá seguir o fluxograma da figura 6, utilizando-se as fórmulas que serão apresentadas a seguir.

4.1 CÁLCULO DA POTÊNCIA DE SOPRO

O ponto de partida para a especificação de uma ventaneira poderá visar a obtenção de uma potência de sopro ótima. Esse objetivo para ser atingido, deve ser apoiado por uma pesquisa criteriosa e longa, infelizmente, não desenvolvida ainda na CSN.

Dessa forma, para estimar-se a potência ótima é sugerida a utilização adaptada da fórmula de Z.I. NEKRASOV (4,12):

$$PS = 9,8067 \times (86,5 \times D^2 - 313 \times D + 1160) (w)$$

como comentado anteriormente, o termo energia cinética utilizado correntemente na literatura é incorreto. A unidade kgfxm/s ou quilogrametro/s é uma unidade de potência mesmo no sistema MKFS. No sistema internacional, a unidade passa a ser então o Watt(w). O passo seguinte é o cálculo da temperatura dos gases na ponta da ventaneira. A fórmula usada é a seguinte (16):

$$\text{TAG} = 239,481 + 0,894 \times \text{TAS} + 1,142 \times 10^{-2} \times \text{VGN} - 2,244 \times 10^{-2} \times \text{VAS} - 4,165 \times 10^{-2} \times v_{\text{ox}}$$

Finalmente, pode-se calcular o diâmetro da ventaneira utilizando-se a fórmula seguinte (16):

$$dv = \sqrt[4]{\frac{Mt \times Q_t^2 \times 0,8106}{Ps \times n_v^3}} \quad (4)$$

O comprimento físico da zona de combustão pode ser estimado calculando-se pela fórmula (14):

$$\begin{aligned} L_{zc} &= 0,88 + 0,92 \times 10^{-4} \times \frac{Ps}{9,8067} = \\ &= 0,88 + 9,38 \times 10^{-6} Ps \quad (5) \end{aligned}$$

A velocidade dos gases na ponta da ventaneira pode ser estimada pela fórmula (16):

$$v = \frac{Q_{ot} \times (273,15 + \text{TAG}) \times 4,661 \times 10^{-3}}{(1 + ps) \times n_v \times dv^2} \quad (6)$$

5.0 ESPECIFICAÇÃO DO DIÂMETRO DE VENTANEIRAS PARA O ALTO FORNO 3

Os cálculos que seguem são aplicados ao alto forno 3 considerando-se o uso de gas natural e oxigênio.

Seguindo-se o fluxograma da figura 6, obtem-se:

- a - ESTIMATIVA DA POTÊNCIA DO SOPRO ÓTIMA

$$P_s = 9,8067(86,5 \times 13^2 - 313 \times 13 + 1160)$$

$$P_s = 114832 \text{ w}$$

- b - CÁLCULO DE TAG

$$TAG = 119190$$

- c - CÁLCULO DE M_t

$$M_t = (4900 \times 1,293 + 260 \times 0,717 + 300 \times 1,429 + 129 \times 0,8063) / 60$$

$$M_t = 117,6 \text{ kg/s}$$

- d - CÁLCULO DE Q_t

$$Q_t = \frac{1}{(1+3,9)} \times \frac{(273,15 + 1191)}{273,15} \times 93,15$$

$$Q_t = 102,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

- e - CÁLCULO DO DIÂMETRO DA VENTANEIRA

$$d_v = \sqrt[4]{\frac{117,6 \times 102,0^2 \times 0,8106}{114832 \times 34^3}}$$

$$d_v = 0,122 \text{ m ou } 122 \text{ mm}$$

f - CÁLCULO DA VELOCIDADE DOS GASES NA VENTANEIRA

$$v = \frac{102,0 \times 4}{\pi \times 0,122^2 \times 34} = 257 \text{ m/s}$$

g - CÁLCULO DA VELOCIDADE DO AR OXIGENADO NA VENTANEIRA

$$v = \frac{(Q_{O,AR} + Q_{O,x}) \times (273,15 + TAG) \times 4,661 \times 10^{-3}}{(1 + ps) \times Mv \times dv^2 \times 60}$$

$$v = \frac{5200 \times (273,15 + 1191) \times 4,661 \times 10^{-3}}{(1 + 3,9) \times 34 \times 0,122^2 \times 60}$$

$$v = 238,5 \text{ m/s}$$

h - CÁLCULO DO COMPRIMENTO DA ZONA DE COMBUSTÃO

$$l.z.c = 0,88 + 9,38 \times 10^{-6} \times 114832 = 1,96 \text{ m}$$

No caso da utilização de gas natural, é recomendado que exista um limite máximo para a relação : ϵ de velocidade .

A relação ϵ é definida como:

$$\epsilon = \frac{\text{Velocidade do ar na ventaneira (v)}}{\text{Velocidade do gas no tubo injetor (vg)}} < 3$$

$$vg = \frac{Q_{O,g} \times (273,15 + TG) \times 4,661 \times 10^{-3}}{(1 + pg) \times n_v \times di^2 \times 3600}$$

$$vg = \frac{15600 \times (273,15 + 30) \times 4,661 \times 10^{-3}}{(1 + 4) \times 34 \times 0,018^2 \times 3600} = 111,2 \text{ m/s}$$

Assim:

$$\epsilon = \frac{238,5}{111,2} = 2,14$$

6.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cálculo do diâmetro das ventaneiras de um alto forno através da potência ideal de sopro, visa, em última análise, a obtenção de um comprimento da zona de combustão adequada. Esse comprimento está intimamente relacionado com a ativação do setor periférico ou central do cadinho. Na verdade, esses parâmetros devem ser constantemente observados e reavaliados pela operação do alto forno, visando a obtenção de uma distribuição do fluxo gasoso a mais homogênea possível.

Na especificação do número adequado de ventaneiras, deve-se procurar uma superposição das zonas de combustão. Essa superposição garante um bom escoamento de materiais nos espaços interventaneiras, evitando o aparecimento e desenvolvimento de cascões.

7.0 CONCLUSÕES

- A potência de sopro é o parâmetro físico que realmente controla as características da zona de combustão;
- A potência de sopro deve ser calculada, considerando-se a vazão total dos gases nas ventaneiras;
- Existe um acréscimo da ordem de 200°C, na temperatura dos gases no interior das ventaneiras, para o caso de injeção de gás natural;
- Para o caso do alto forno 3 da CSN, o diâmetro de ventaneira indicado é da ordem de 122 mm;
- A velocidade do ar soprado, o comprimento da zona de combustão e a potência de sopro para essa ventaneira deve ser de 238 m/s, 1,96 m e 114832 w, respectivamente.

B I B L I O G R A F I A

- 1) ANIL K. BISWAS. Principles of Blast Furnace Ironmaking.
- 2) V.A.DOLMATOV, A.B.GLOVATSKII, V.I KHAVKIN. Selection of the Optimum Kinetic Energy of the Blast and Prevention of the Burning of Blast Tuyeres at the Karaganda works. Stal in English (3) 1964.
- 3) G.E.SEWKO, B.N.STARSHINOV. Change in the Kinetic Energy of the Blast and Correction of the Blast-Tuyere Diameter When Natural Gas is used. Stal in English (2) 1970.
- 4) I.M.GRINENKO ET ALii, Calculation of Optimal Number and Diameter of Blast Furnace Blast Tuyeres. Steel in USSR (6) 1984.
- 5) Z.I.NEKRASOV, ET ALii. Operation of a Blast Furnace with a Volume of 1719 m³ with Injection of Natural Gas. Stal in English (3) 1962.
- 6) G.A.BELEVTSOV, ET ALii. Investigation of Blast-Furnace operation Using Natural Gas. Stal in English (6) 1962.
- 7) M.Ya.OSTROUKHOV. Coke Combustion Process in the Blast-Furnace. Stal in English (7) 1962.
- 8) Z.I.NEKRASOV ET ALii. Gas Composition in the Blast Furnace Hearth When Operating on natural Gas and Ordinary Blast. Stal in English (9) 1962.
- 9) G.G.LUKASHOV, ET ALii. Experience in Blast Furnace Operation with Tuyeres of Various Diameters. Stal in English(8) 1963.
- 10) L.G.SHUMAKOV. Increasing the Kinetic Energy of the Blast as a Large Reserve for Increasing Pig Iron Output. Stal in English (3) 1963.
- 11) G.V. GORSHIKOV, ET ALii. Investigating the Oxidizing Zone of a Blast Furnace Operating on Enriched Blast (Upto 35% Oxygen) Using Natural Gas. Stal in English (9) 1965.
- 12) N.K.Leonidov. ET ALii. Number of Tuyeres on a Blast Furnace. Stal in English (5) 1967.

- 13) N.K.LEONIDOV. ET ALii. The Number and Diameter of Blast Tuyeres. Stal in English (1). 1969.
- 14) MIKIO KONDO, ET ALii. Investigations of Oil Combustion in the Raceway of the Blast Furnace. Transactions ISIJ, Vol.4, 1974.
- 15) UNIDO-Blast Furnace Pig Iron Production .
- 16) FRANCO, M; MEDEIROS, F.T.P., MELGAÇO. H.A.J. - Metodologia para o Dimensionamento de Ventaneiras de Altos Fornos - Relatório Interno não Publicado.

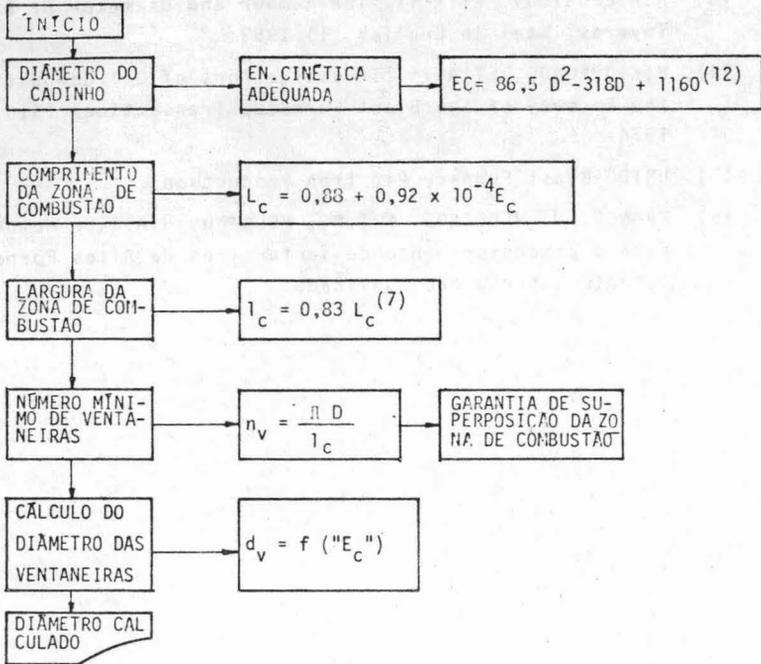
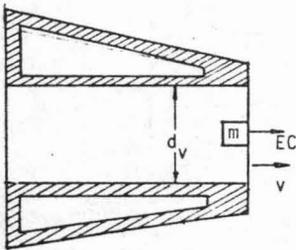


FIG. 1 - FLUXOGRAMA PARA O CÁLCULO DO NÚMERO MÍNIMO E DIÂMETRO DE VENTANEIRAS DE UM ALTO FORNO



- m = UNIDADE DE MASSA DE AR SOPRADO(kg)
 E_c = ENERGIA CINÉTICA DA UNIDADE DE MASSA (J)
 v = VELOCIDADE DA UNIDADE DE MASSA (mps)

FIG. 2 - CORTE ESQUEMÁTICO DE UMA VENTANEIRA PARA UMA UNIDADE DE AR SOPRADO.

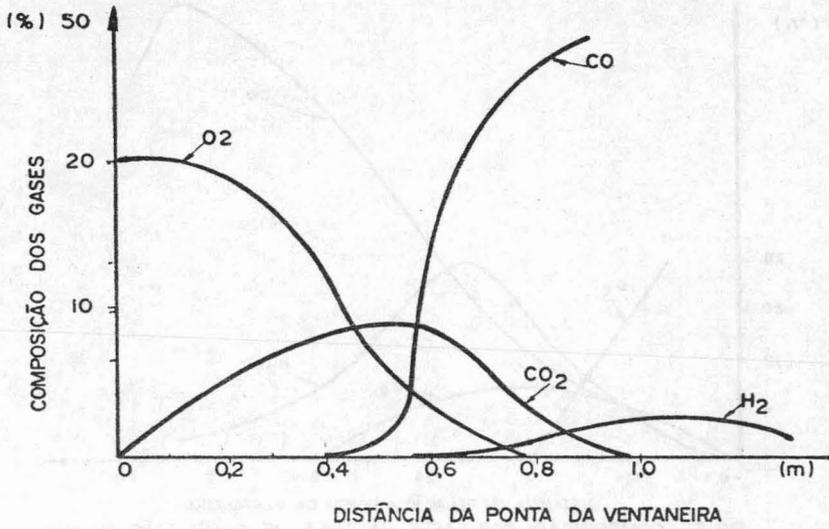


FIG. 3- COMPOSIÇÃO DOS GASES NA ZONA DE COMBUSTÃO DE UM ALTO FORNO SEM INJEÇÃO DE HIDRO CARBONETOS (1,14).

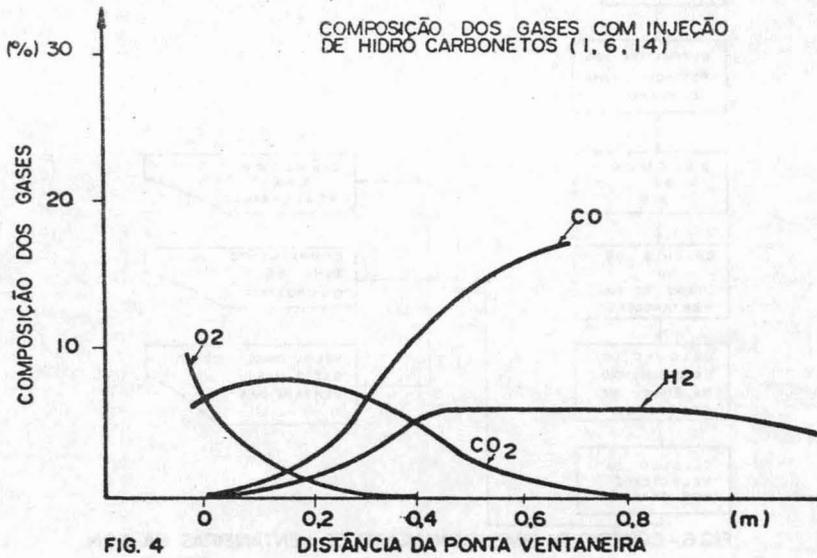


FIG. 4

DISTÂNCIA DA PONTA VENTANEIRA

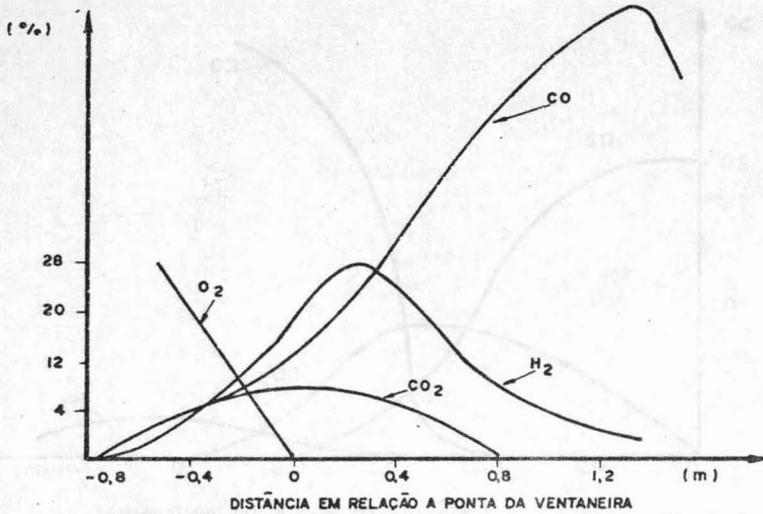


FIG. 5- COMPOSIÇÃO DOS GASES NA ZONA DE COMBUSTÃO DE UM ALTO FORNO.

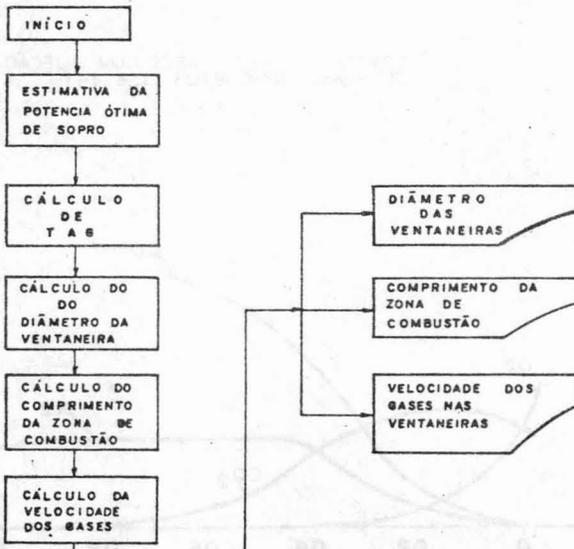


FIG. 6- CRITÉRIO P/ DIMENSIONAMENTO DE VENTANEIRAS NA CSN.

DESEMPENHO DE MASSAS REFRAATÁRIAS NO AF 1
DA CST DURANTE AS 10 M t DE GUSA PRODUZIDAS (1)

José Necésio de Mesquita (2)
Rossano Lyra Martinelli (3)
Exedito Martins Antônio (3)
Reinaldo Luiz Cúnico (4)
Joaquim Feliciano dos Santos (5)

R E S U M O

O trabalho apresenta os resultados de utilização de massas refratárias nos furos de gusa e canais de corrida do Alto Forno nº 1 da CST, mostrando as práticas operacionais de controle da manutenção dos canais e operação dos furos de gusa ao longo dos 41 meses de operação.

-
- (1) Contribuição Técnica ao Simpósio COMIN COMAP - Porto Alegre Setembro de 1987.
 - (2) Técnico Metalurgista, Chefe da Seção de Serviços de Apoio.
 - (3) Técnico Metalurgista, Especialista de Refratários.
 - (4) Técnico Metalurgista, Supervisor de Serviços de Apoio.
 - (5) Técnico Metalurgista, Supervisor de Manutenção de Canais.

1 - INTRODUÇÃO :

As massas refratárias para canais de corrida e obturação do furo de gusa são insumos de custo elevados que influenciam diretamente no preço final do gusa.

Desenvolvendo-se uma estrutura adequada para programação e controle da utilização de massas refratárias, possibilita o cumprimento das exigências de utilização com maior economia, segurança e estabilidade operacional do Alto Forno.

2 - OBJETIVO :

Demonstrar as evoluções obtidas nas Casas de Corrida nos 41 meses de operação do Alto Forno nº 01 da CST.

3 - DESENVOLVIMENTO :

As 10.000.000 de toneladas de gusa do Alto Forno 1 da CST ocorreram no período de 30 de Novembro de 1983 (start up) e 23 de Março de 1987 na corrida nº 17458 às 10:00 horas.

O Alto Forno possui 2 Casas de Corridas simétricas sendo que cada uma é dotada de 02 furos para escoamento de gusa e escória, seguido dos canais de corridas revestidos por material refratário que direcionam o fluxo do material até os carros torpedos ou granuladores de escória.

O lay out da área pode ser visto na Fig. 1. O aumento da capacidade de produção do Alto Forno, as elevadas temperaturas do ar soprado, as altas pressões que o equipamento está submetido, alteram sensivelmente as condições de trabalho das Casas de Corridas, e para atender tais exigências, com a colaboração e esforço de técnicos, especialistas, fornecedores e executores dos serviços das Casas de Corridas foram introduzidas algumas modificações significativas como:

- Melhorias nas partes e mecanismo dos equipamentos de perfuração e obturação.
- Padronizado conceitos para teste e utilização de massas para revestimento de canais de corrida e obturação dos furos de gusa.

- Alterado os métodos convencionais de confecção, perfuração e obturação dos furos de gusa.
- Aprimorado os métodos de reparos, e acompanhamento dos canais de corrida.

(*) As medidas tomadas durante o período 10.000.000 t foram desenvolvidas e realizadas em fases diferentes.

3.1- 1ª FASE :

Melhoria nos equipamentos das Casas de Corrida. (Novembro/1983 a dezembro de 1986).

3.1.1- Confecção de Boca Especial para Furo de Gusa :

Em quase todos os tamponamentos do furo de gusa havia o retorno de massa de obturação devido quebra total ou parcial da massa de superfície da boca, devido a pressão exercida pelo canhão obturador no momento do fechamento do furo de gusa, o que acarreta uma nova confecção e secagem da massa da boca, atraso nas corridas, corridas consecutivas e dificuldades de perfuração. Estes fatores influem diretamente no número de corridas por dia.

Minimizou-se o problema com o novo método de confecção da boca implantado em Março de 1985 que inclusive apresenta as seguintes vantagens:

- Os reparos são feitos apenas no anel da boca, com uso de massa de estampagem;
- Redução dos vazamentos de gás pela boca em 80 %.
- Menor consumo de massa de estampagem;
- Maior segurança operacional e diminuição dos riscos de acidentes do trabalho.

3.1.2- Proteção para o Bico do Canhão :

Em contato direto com o gusa havia uma constante queima das peças do bico do canhão de obturação que eram substituídas ocasionando a perda ou recuperação mecânica da peça, retorno de massa de obturação perdida dentro do canal, tamponamento duvidoso, risco de acidentes do trabalho e exposições a emergên-

cias.

Desenvolvida e implantada uma luva removível para proteção da face do bico do canhão, pode-se afirmar que algumas vantagens foram proporcionadas a partir de Março de 1985, como :

- Não é necessário a intervenção da manutenção mecânica em caráter de emergência para troca do bico.
- A troca dos anéis é feita pelo pessoal de operação.
- A luva é borrifada com material argiloso e dificilmente é queimada pelo gusa.
- Não há perda de massa de obturação por motivos de queima do bico do canhão.

3.1.3- Melhorias no Perfurador do Furo de Gusa:

A perfuração do furo de gusa é feita logo após a retirada do canhão da boca, mas, às vezes, não era possível uma perfuração em tempo hábil devido a influência dos seguintes fatores:

- Desprendimento da cunha de fixação da barra ou haste, com a mesma caindo dentro do canal.
- Flambagem da haste ou barra durante a perfuração.

Para minimizar a influência destes fatores foi desenvolvido e implantado uma luva para proteção da cunha de fixação da barra ou haste no mandril do perfurador, assegurando a fixação da cunha. Paralelamente foi também desenvolvido um carrinho móvel auxiliar na longarina do perfurador, evitando a flambagem da barra, fator provocador da descentralização do furo de gusa.

3.2- 2ª FASE :

Desenvolvimento no Método de perfuração e obturação do Furo de Gusa.

3.2.1- Teste das Massas de Obturação do Furo de Gusa:

Desde o início de operação, fez-se vários testes com massa de obturação de diversos fornecedores para se obter um produto com qualidades que atendam às neces

sidades exigidas para obturar os furos de gusa de um Alto Forno de grande porte.

A massa de obturação para ser aprovada deve apresentar as seguintes características:

- Facilidade de injeção durante a obturação;
- Fácil perfuração sem muita resistência e sem provocar arrombamentos;
- Resistência a altas temperaturas e abrasão;
- Manter o comprimento do furo de gusa na faixa 3.400 - 3.600 mm;
- Tempo mínimo de corrida em torno de 120 min.

3.2.2- Novo Método de Perfuração do Furo de Gusa :

O método de perfuração usado anteriormente consistia em, após retirada do canhão da boca com 25 min. de permanência, broquear entre 1500 mm a 2500 mm com broca de 60 mm de diâmetro e o restante batia-se uma barra de 38 mm de diâmetro até vazar. Esta perfuração era considerada normal, porém na maioria das vezes não se tinha tal condição devido a alguns fatores que causavam atrasos e perfurações difíceis.

O procedimento desenvolvido no novo método de perfuração consiste em introduzir a barra logo após a retirada do canhão da boca, tal que a massa sem sinterizar totalmente ofereça pouca resistência a penetração da barra no furo de gusa durante a perfuração.

Com isso evita-se a danificação da proteção do furo de gusa e a barra serve de condutor de calor favorecendo a sinterização da massa quase totalmente, melhorando a performance das corridas. (Figura 02).

Em relação ao esgotamento do cadinho não houve qualquer efeito negativo. O número de corridas/dia passou de 14,7 (média 86) para 11 (Abril/87) influenciando em vários fatores positivos, conforme Fig. 03 e 04.

3.3- Controle da Manutenção de Canais:

Os canais de corrida do Alto Forno nº 01 da CST tem uma programação de utilização constante. Estes canais por onde es-

coam toda a produção de gusa e escória são revestidos por materiais refratários que sofrem desgaste por abrasão, oxidação da massa ou choque térmico, notadamente nos canais principais, onde as condições de trabalho são mais agressivas.

Tornou-se necessário então o desenvolvimento de uma sistemática de controle que permitisse diminuir o consumo específico, garantindo a segurança da operação nas Casas de Corrida.

3.3.1- Evolução no Processo de Manutenção e Operação dos Canais :

O acompanhamento da manutenção de canais constituiu-se nas rotinas de controle diários, semanais, mensais e semestrais referentes ao planejamento, aquisição, estoque, aplicação e consumo de massas refratárias nos canais de corrida.

Dos controles diários, destaca-se a rotina de inspeção e medição dos canais com o objetivo de ser conhecido de maneira detalhada o mecanismo de desgaste dos mesmos, sob todos os aspectos. A partir de Abril/85 os dados de medição diárias passaram a ser acompanhados via terminal de computador, possibilitando um controle mais preciso da operação dos canais.

No período de Abril a Setembro/84 foi tentado um maior aproveitamento dos canais, objetivando sua utilização com maior quantidade possível de gusa passado, porém vários transtornos operacionais ocorreram, tais como:

- . Operação sem canal reserva;
- . Aumento dos riscos de acidentes;
- . Saída antecipada de canais;
- . Variações acentuadas no consumo específico;
- . Dificuldade para programação de consumo de massas.

A partir de outubro de 1984 foi implantado uma nova programação de reparos e dias de utilização dos canais, devido os resultados obtidos com a 1ª experi-

ência não serem satisfatórios, ficando definido que a programação de utilização dos canais seria da seguinte forma:

- 02 canais principais e secundários em operação (um em cada casa de corrida).
- 01 canal principal e secundários em aquecimento (reserva).
- 01 canal principal e secundário em manutenção.

No período de 1985 a 1986 experiências foram feitas visando obter um melhor controle dos desgastes dos níveis de gusa e de escória do canal principal. O objetivo proposto era conseguir um desgaste mais uniforme nos canais, possibilitando assim um melhor aproveitamento da massa remanescente durante o corte para reparo do canal. Partiu-se então para o desenvolvimento de dois fatores importantes:

3.3.2- Controle do Desgaste dos Canais :

O mecanismo para controle do desgaste do nível de gusa e escória no canal principal consiste na alteração da elevação dos níveis das saídas de gusa e de escória, forçando assim o canal a trabalhar com alturas diferentes durante períodos diferentes. Com isso obtém-se um desgaste mais balanceado, reduzindo consideravelmente a velocidade de desgaste da massa refratária. Os resultados obtidos de 1985 a 1987 no nível de gusa podem ser analisados conforme a figura 5.

3.3.3- Testes com Massas Refratárias :

Com a utilização de massas refratárias de melhor qualidade nos canais de corridas, obtém-se uma maior resistência, possibilitando um maior reaproveitamento da massa remanescente. Partindo deste princípio, foram desenvolvidos testes com massas refratárias de diversos fornecedores, obtendo-se resultados satisfatórios de consumo específico a partir do 2º semestre de 1986.

Dos testes realizados, os mais importantes foram os desenvolvidos com a massa fundida. Em abril/84 foi feita a 1ª experiência com a confecção de um canal basculante. Seguiu-se então uma série de testes com canais basculantes e canais secundários de gusa entre abril/84 e março/86, de forma a gradativamente ter domínio quanto ao processo, segurança na confecção e desempenho do material. Em abril/86 foi confeccionado o 1º canal principal com massa fundida, obtendo-se resultados satisfatórios nos testes. Em maio/87 todos os quatro canais principais já operavam com massa fundida.

A implantação dos novos métodos de controle e operação dos canais permitiu a evolução da manutenção de canais no Alto Forno nº 1 da CST, com uma diminuição significativa no consumo específico ao longo dos 41 meses de operação do AF 1 (conforme fig. 6). A evolução das campanhas dos canais pode ser divididas em 3 ciclos distintos:

- 1º Ciclo de Reparos:

No período entre dezembro/83 a junho/85.

- . Todos os canais principais com massa estampada.
- . Canais com 10 dias de operação.
- . Campanha dos canais com 6 ciclos de reparos.

- 2º Ciclo de Reparos:

No período entre junho/85 a abril/86.

- . Todos os canais principais com massa estampada.
- . Canais inicialmente com 11 dias de operação, passando para 12 dias em abril/86.
- . Teste com massa fundida nos CSG's e CBG's com bons resultados.
- . Campanha dos canais com 8 ciclos de reparos.

- 3º Ciclo de Reparos:

No período de abril/86 até atual.

- . Implantação da massa fundida gradativamente nos canais principais até conclusão em maio/87.
- . Canais inicialmente com 13 dias de operação, pas-

sando para 14 dias em abril/87.

Campanha dos canais com 9 ciclos de reparos.

A evolução dos ciclos de reparos nos canais de corridas do AF 1 da CST é mostrada na figura 7.

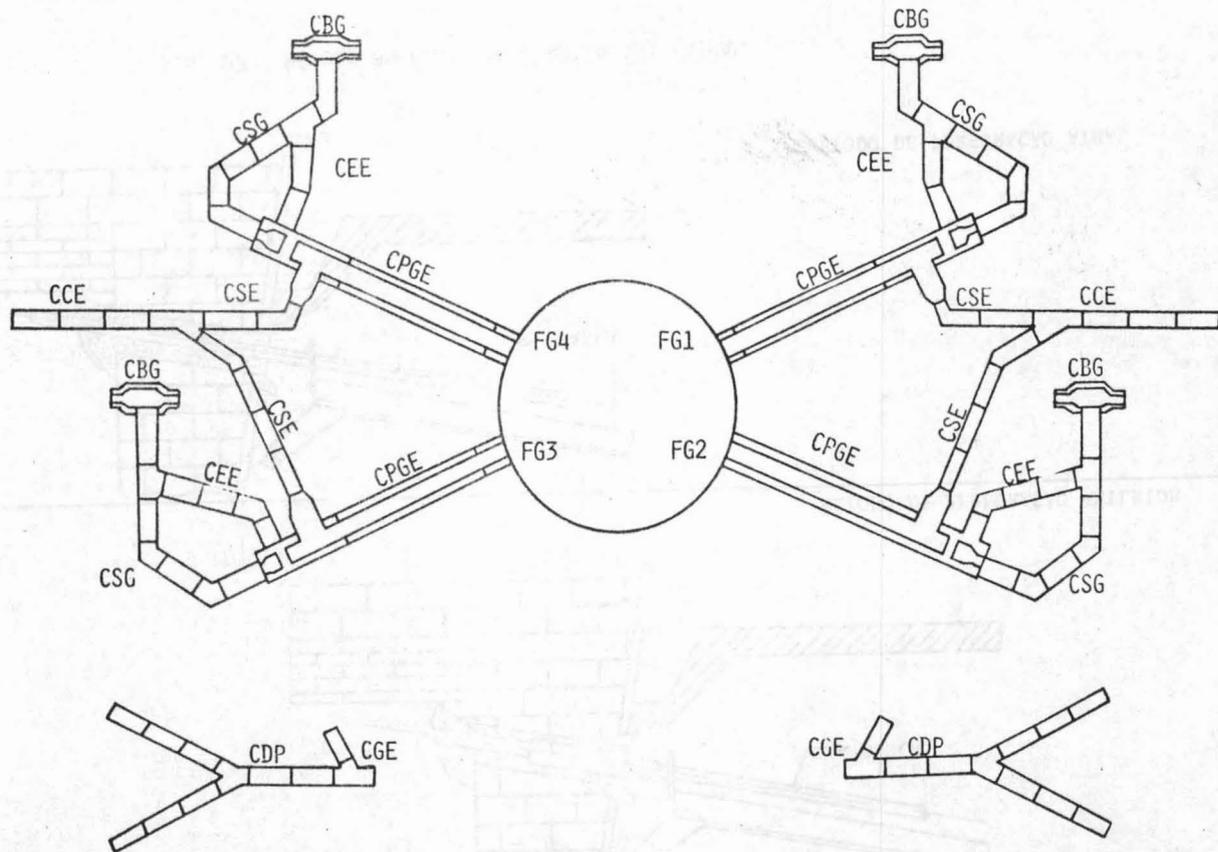
4 - CONCLUSÃO :

O desenvolvimento da manutenção de canais e da operação dos furos de gusa no Alto Forno nº 1 da CST quanto a utilização de massas refratárias, foi obtido com a adequação às necessidades surgidas ao longo de 41 meses de operação e superadas pelas equipes de operação e de controle.

A experiência vivida mostrou que as dificuldades em adaptar as massas refratárias às novas condições de operação podem ser vencidas desde que seja feito uma análise da viabilidade técnica e econômica, e um acompanhamento das variáveis para implantação de medidas corretivas adequadas. Dentro destas perspectivas, o objetivo da CST é: a utilização de massas refratárias que garantam a estabilidade operacional do Alto Forno associada a uma efetiva redução de consumos específicos e consequentemente do custo do gusa, recompensa final de todo alto for_nista.

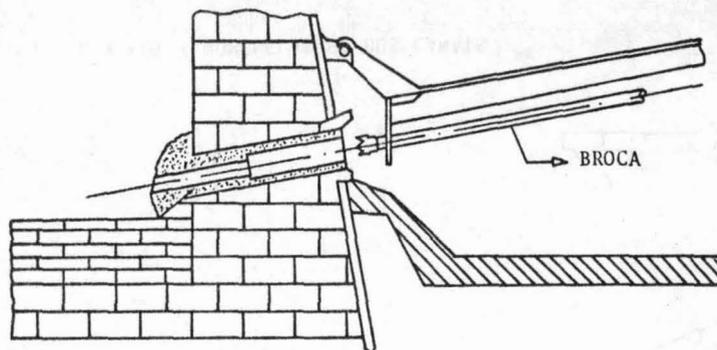
- BIBLIOGRAFIA -

- 1 - CABRAL, W. F. et Allii
Utilização de Massas Refratárias de Canal e Obturação no Alto Forno nº 1 da CST.
- Seminário COMIN COMAP - ABM, Volta Redonda-RJ
Setembro de 1985.
- 2 - CUNICO, R.L. et Allii
Implantação de Massa Fundida nos Canais de Corrida do Alto Forno nº 1 da CST.
- 2º Seminário Técnico da Área de Redução da CST
Maio de 1987.
- 3 - FERNANDES, G. et Allii
Desenvolvimento Operacional das Casas de Corridas do Alto Forno nº 1 da CST.
- 2º Seminário Técnico da Área de Redução da CST
Maio de 1987.

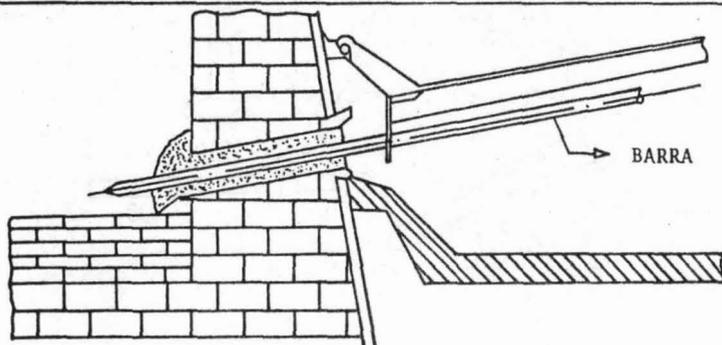


337

FIG. 1 - LAY OUT / NOMENCLATURA DOS CANAIS



MÉTOD0 DE PERFURAÇÃO ANTLRIOR



MÉTOD0 DE PERFURAÇÃO ATUAL

FIG. 02 : MÉTOD0 DE PERFURAÇÃO ANTERIOR E ATUAL

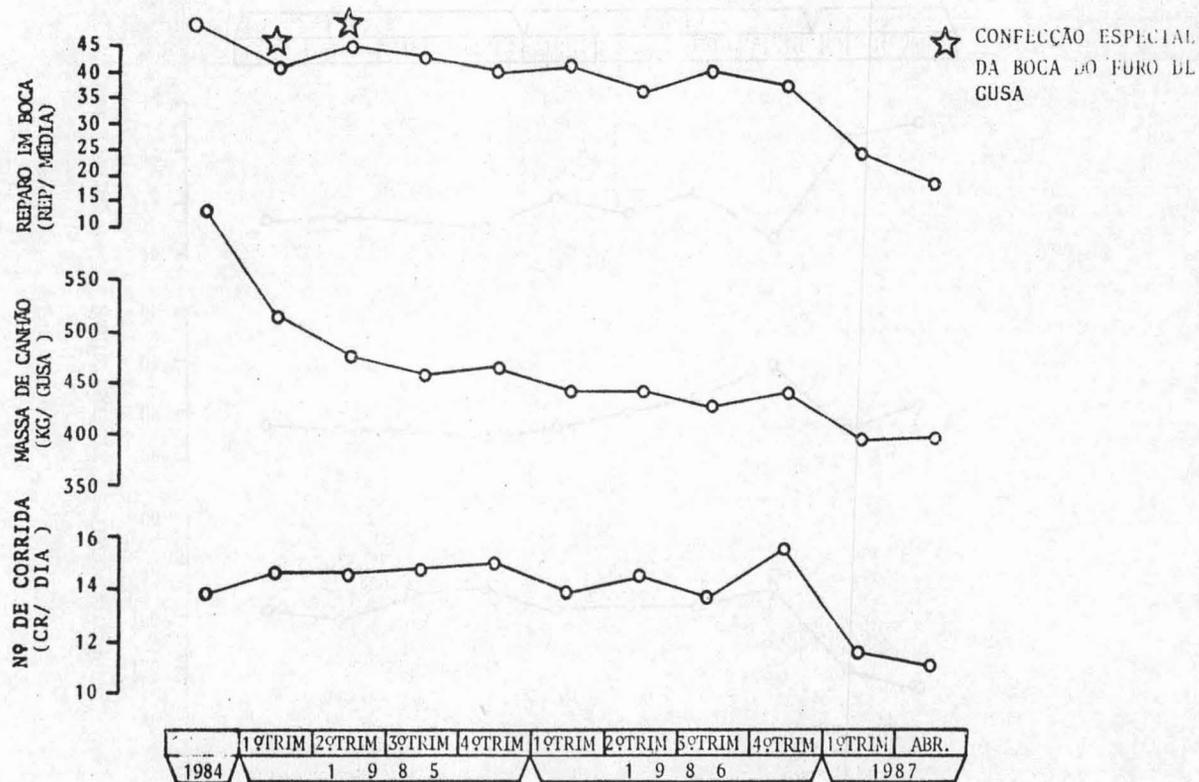


FIG. 03 - CONSUMO DE MASSA CANHÃO E Nº DE REPAROS EM BOCA

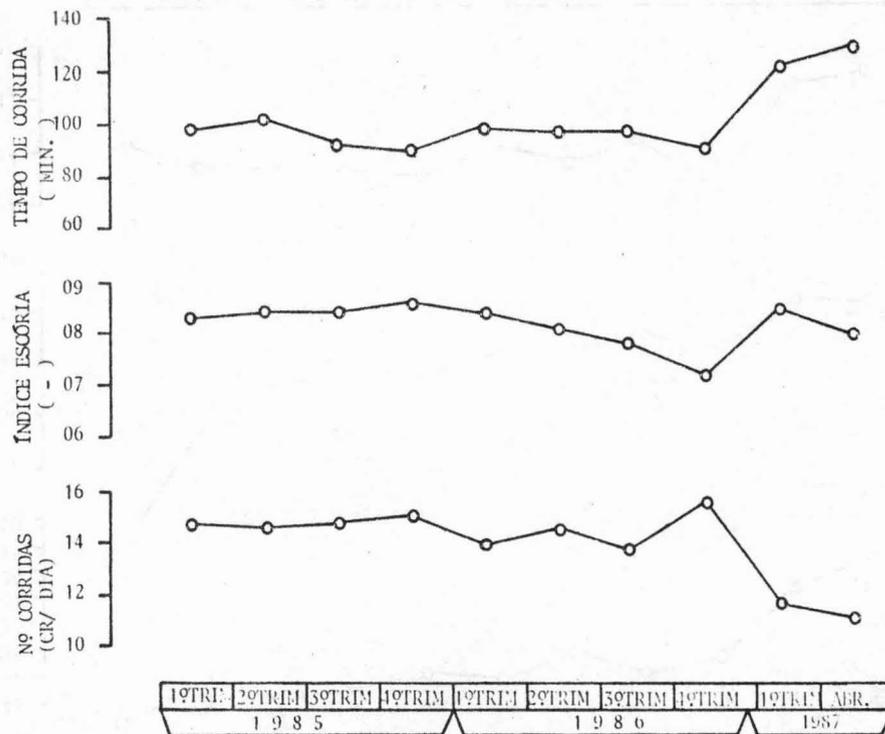


FIG. 04 - EVOLUÇÃO DO TEMPO DE CORRIDA E ÍNDICE DE ESCÓRIA

MÉDIA 20 RESULTADOS

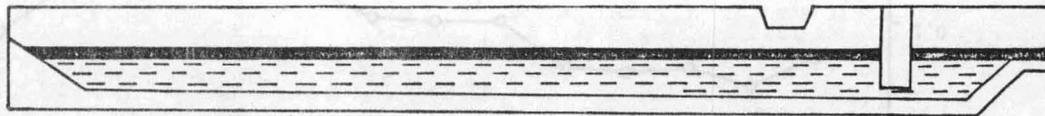
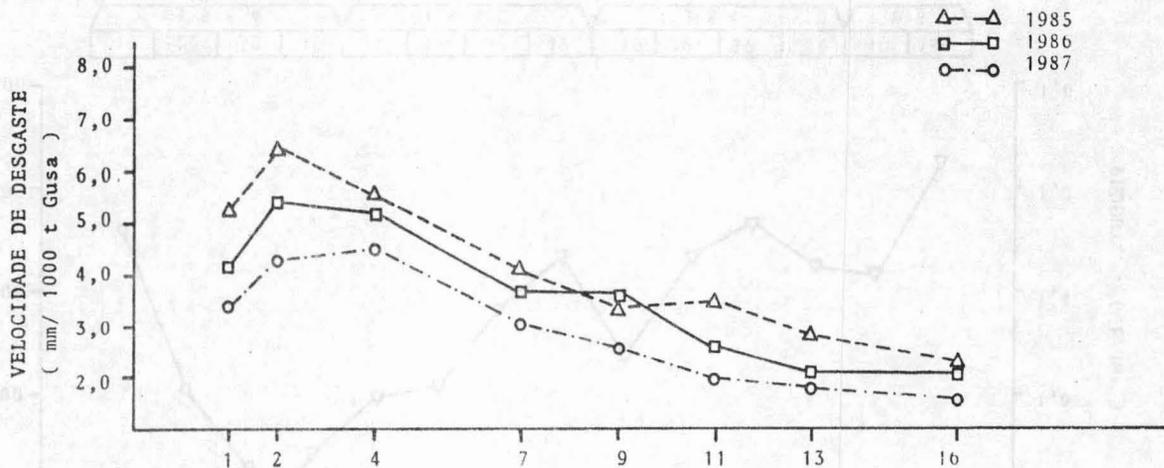


FIG. 05 - EROÇÃO DO NÍVEL DE GUSA

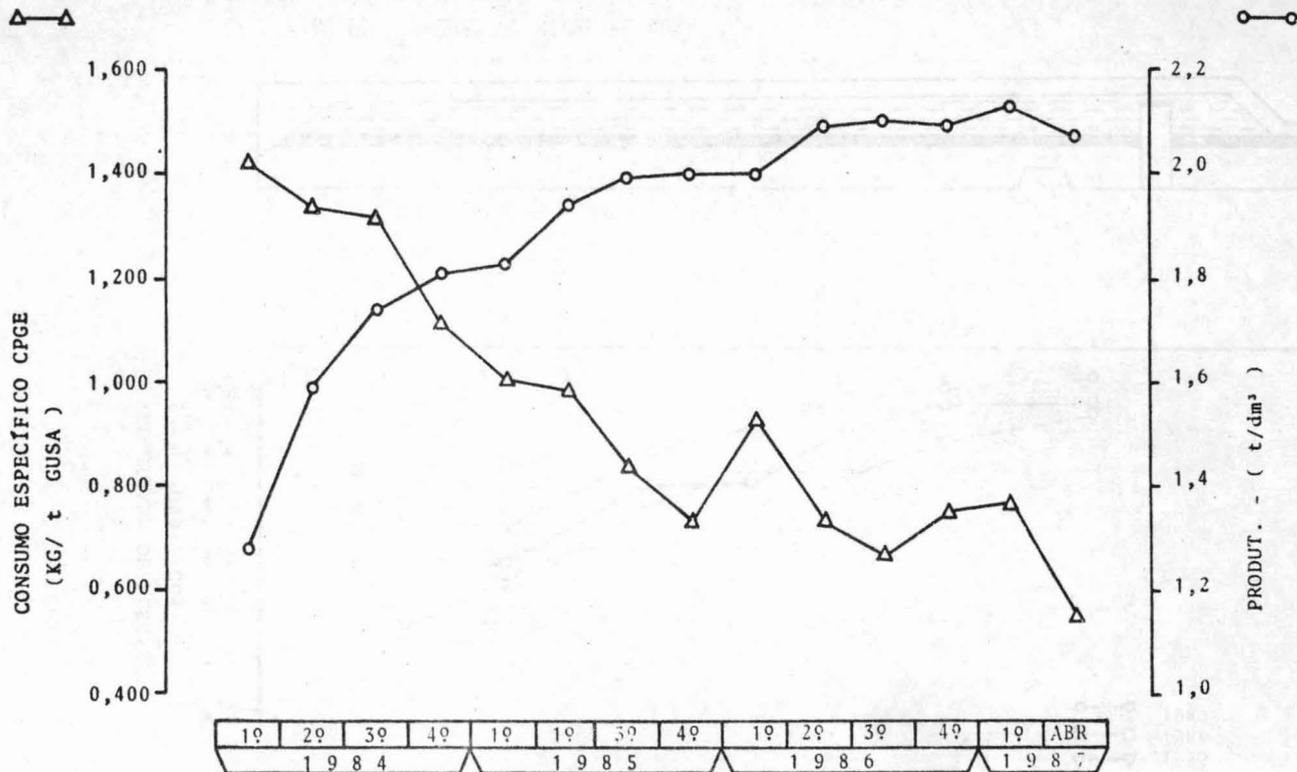


FIG. 06 - RELAÇÃO CONSUMO ESPECÍFICO/ PRODUTIVIDADE

1º CICLO DE REPAROS

CAMPANHA	1	2	3	4	5	6
REPAROS	3	1	2	1	2	1

2º CICLO DE REPAROS

CAMPANHA	1	2	3	4	5	6	7	8
REPAROS	3	1	2	1	2	1	2	1

3º CICLO DE REPAROS

CAMPANHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
REPAROS	3	1	1	2	1	1	2	1	1

CONSUMO PROGRAMADO DE MASSA PARA CANAL

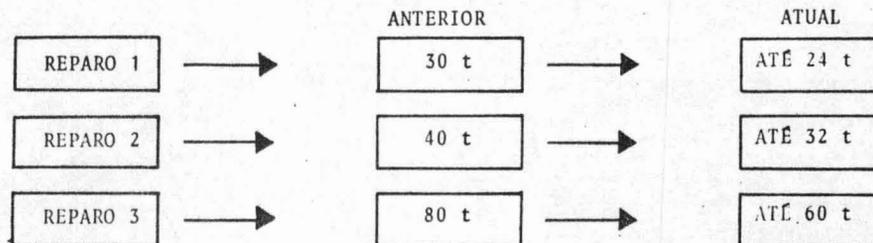


FIG. 07 - EVOLUÇÃO DAS CAMPANHAS E REPAROS DOS CANAIS

