

DETERMINAÇÃO DAS CONDIÇÕES BÁSICAS PARA A CORRIDA DO GUSA NO ALTO FORNO 2 DA COSIPA, ATUALIZAÇÃO DA EQUAÇÃO DE 1983, MÊS JANEIRO 1986 (1)

Ricardo Silveira	Braga	(2)
Calistrato Lídio	Cardozo	(3)
Luiz Fernando Godinho	Natal	(4)
Maurizio Rossi		(5)

R E S U M O

A partir dos dados obtidos na operação do Alto Forno 2 em 1983 es-
tabeleceu-se parâmetro para controle de drenagem do mesmo.

Com o decorrer da campanha e modificação das variáveis e práticas
operacionais tornou-se necessária a atualização dos modelos.

A partir de 1986 foi atualizado os modelos e determinou-se novos
limites para controle da drenagem do Alto Forno

-
- (1) Contribuição Técnica para ser apresentada no Seminário da COMIN/
COMAP - Redução de Minério de Ferro e Matérias Primas, setembro de
1987 - Porto Alegre/RS.
 - (2) Coordenador da Gerência de Metalurgia de Redução da COSIPA.
 - (3) Coordenador da Gerência de Metalurgia e Qualidade da COSIPA.
 - (4) Engenheiro de Desenvolvimento da Gerência de Metalurgia e Qualida-
de da COSIPA.
 - (5) Supervisor da Gerência de Metalurgia de Redução da COSIPA.

1 - INTRODUÇÃO

No início do ano de 1983 pouco se sabia sobre as condições de corrida do Alto Forno nº 2 na segunda campanha, principalmente quanto a drenagem do mesmo, sendo necessário determinar os parâmetros característicos que comandam o fenômeno.

A partir de trabalhos estatísticos efetuados por Goes (1), Braga (2) e trabalhos práticos executados por Silva (3), conseguiu-se determinar estes parâmetros e estabelecer padrões para o controle da operação das casas de corrida e furo de gusa, bem como para análise da drenagem do Alto Forno, que permitiram um bom desenvolvimento e conhecimento do comportamento do forno sobre este aspecto.

Porém nos últimos anos, ocorreram muitas mudanças nas variáveis e práticas operacionais, como aumento da vazão de ar soprado, métodos de furação, massas de canhão usadas, granulometria do coque, e estas modificações evidenciaram a necessidade de se atualizar os estudos estatísticos efetuados anteriormente, de forma a permitir a continuidade de da análise da drenagem do Alto Forno.

Assim este trabalho pretende a partir da atualização dos dados e um novo estudo estatístico, estabelecer as novas condições para a corrida de gusa e drenagem do Alto Forno.

2 - LEVANTAMENTO DOS DADOS

Foram levantados os dados operacionais das corridas efetuadas no mês de janeiro de 1986, desprezando-se as corridas paralelas efetuadas devido a retenção de escória e corridas com residual de gusa a fim de se caracterizar o forno bem drenado.

De posse dos dados efetuou-se a correlação dos dados utilizando a sub rotina "step wise" do pacote estatístico /360 da IBM no computador IBM 4341 da COSIPA e as variáveis correlacionadas foram:

Tgusa = tempo de corrida de gusa (min) "variável dependente"

V = vazão de ar soprado (Nm^3/min)

P = pressão do ar soprado (g/cm^2)

Tesc = tempo de corrida de escória (min)

I = intervalo de corrida (min)

C = comprimento do furo (mm)

PV = produto da vazão pela produção da corrida ($\text{t.Nm}^3/\text{min}$)

Prod = produção por corrida (t)

O número de observações foi de 272 corridas.

3 - RESULTADOS OBTIDOS

O tratamento estatístico nos mostrou os seguintes resultados:

Na tabela 1 pode se ver as médias e os desvios padrões das variáveis estudadas bem como os valores obtidos em 1983.

No gráfico 1 tem-se a representação gráfica da equação encontrada para se determinar a duração do tempo de corrida em função das variáveis estudadas.

No gráfico 2 tem-se o TSI em função do tempo de corrida bem como o intervalo de tolerância para um nível de certeza de 80%.

No gráfico 3 tem-se a duração do tempo de corrida em função do tempo de escória com o intervalo de tolerância para os resultados, num nível de certeza de 80%.

Na tabela 2 tem-se o TSI médio calculado a partir da equação que correlaciona o tempo de escória com o tempo de gusa.

As equações encontradas foram:

$$Tgusa = 156,20 + 41,48 PV - 0,0575 P - 0,552 I \quad r = 0,94$$

$$Tgusa = 44,55 + 0,789 Tesc \quad r = 0,71$$

4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Verifica-se que no mês de janeiro as condições de corridas foram semelhantes as obtidas em 1983 no que se refere ao tempo de gusa e ao número de corridas, porém o tempo de escória, comprimento do furo e TSI foram menores neste mês.

Houve uma pequena alteração para maior no tempo de corrida; tal fato é explicado pelo equilíbrio entre o efeito do aumento da vazão de ar soprado por um lado e o aumento da pressão do ar soprado e a redução do intervalo de corrida pelo outro; embora não tenha sido estatisticamente significativo, a redução do comprimento do furo também pode ter contribuído para a pequena elevação da duração das corridas.

A equação obtida apresentou valores situados entre os valores obtidos anteriormente, para o intercepto, variável PV e pressão do ar e valor equivalente para o intervalo de corrida.

Quanto a equação que correlaciona o tempo de escória com o tempo de gusa, apresentou intercepto sensivelmente mais alto, 44,55 contra

38,23 e 27,89 observados anteriormente e, coeficiente semelhante, indicando que houve um retardo na saída de escória e após a saída da escória, a vazão desta é equivalente as anteriores.

O coeficiente de correlação encontrado 0,71 foi melhor que os anteriores e menor somente que o do mês de março de 1983 que foi de 0,86.

Não se pode determinar por métodos estatísticos a causa deste maior intervalo de escória encontrado, devendo-se procurar se houve modificações nos procedimentos e materiais empregados nas casas de corridas, a fim de se diminuir este tempo. Pois este valor pode ser considerado alto, apesar de não ter prejudicado a performance do forno em janeiro. Comparando-se com os outros valores encontrados esta retenção de escória poderá obrigar tomar contra-medidas operacionais que impliquem no não cumprimento dos objetivos e metas operacionais do forno.

Apesar do valor razoável do coeficiente de correlação, o valor do desvio padrão de estimativa foi alto, 25,83 de forma que na determinação do intervalo de tolerância da equação na fórmula

$$Y_{\text{Calc}} = t_{p.s} \cdot \sqrt{n + \frac{1}{n} + \frac{(x - \bar{x})^2}{n}} \pm y$$

obteve-se resultados muito afastados da curva média.

Transpondo os resultados para a curva de TSI, pode-se ver que uma corrida com a duração de 95 minutos tem um valor de TSI esperando de 0,67 porém pode ocorrer com 80% de certeza um TSI de até 0,50.

Quanto a duração das corridas o valor médio obtido foi de 95 minutos e o intervalo de corrida médio foi de 6 minutos, porém o desvio padrão destas variáveis foram muito altos, 36,54 e 5,7 respectivamente, demonstrando uma variação indesejável no comportamento das corridas, esforços devem ser feitos na redução destes valores.

Em geral os resultados encontrados podem ser considerados satisfatórios pois uma análise global do comportamento do forno no mês de janeiro não mostra que houve problemas operacionais decorrentes de problemas de drenagem.

5 - PREVISÃO PARA DRENAGEM DO FORNO

A partir das condições básicas para drenagem do Alto Forno 2 determinadas por Goes (1), e utilizando as equações obtidas determinou-se as seguintes condições de corrida:

Vazão	5000 Nm ³ /min
Pressão	2750 g/cm ²
Produção	5950 t/dia
Intervalo	5 minutos
Nº corridas	14 dia
Produção por corrida	426 t

Aplicando-se estes valores na equação ou utilizando os gráficos 1 e 2 tem-se como valor médio para a duração das corridas 86 minutos, um TSI de 0,61 e a tolerância para este caso é um TSI mínimo de 0,35.

Supondo uma redução de vazão teremos novas condições de corrida a saber:

Vazão	4700 Nm ³ /min
Pressão	2400 g/cm ²
Produção	5600 t/dia
Intervalo	5 minutos
Nº corridas	14 dia
Produção por corrida	400 t

Aplicando-se novamente os valores nas equações ou utilizando os gráficos obtêm-se um tempo de corrida de 94 minutos, neste caso o TSI deverá ser 0,67 e a tolerância para este caso é um TSI mínimo de 0,48.

A diferença entre a somatória do tempo de corrida do dia e o número de minutos de um dia é atribuído a forma de coleta de dados e que foram desprezadas as corridas paralelas que normalmente são de longa duração, no caso de não ser necessário dar corridas paralelas no dia devido a boa drenagem do forno, aumentará o número de corridas do dia.

6 - CONCLUSÃO

O tratamento estatístico permitiu verificar que houve uma redução nos valores de TSI do Alto Forno 2 em janeiro de 1986, por outro lado o valor da duração de corrida aumentou ligeiramente, explicado pelo equilíbrio entre o aumento da produção e redução do intervalo de corrida.

Tendo em vista que não houve problemas de drenagem neste mês pode-se tomar os valores obtidos como objetivo para drenagem do Alto Forno 2.

Assim para a vazão de $4700 \text{ Nm}^3/\text{min}$ a duração de corrida deve estar em torno de 94 minutos e o TSI em torno de 0,67, não podendo ser menor que 0,48. Para a vazão de $5000 \text{ Nm}^3/\text{min}$ a duração de corrida deve estar em torno de 86 minutos com TSI em torno de 0,61, não podendo ser menor que 0,35.

É necessário que se determine praticamente as causas da redução do TSI médio neste mês, pois a queda deste valor poderá acarretar problemas operacionais no forno.

7 - BIBLIOGRAFIA

1. Goes, J.J.P. et alii - Determinação das Condições Básicas para a Corrida de Gusa nos Altos Fornos 1 e 2 da COSIPA. Relatório Interno, COSIPA 1983.
2. Braga, R.S., Morato Jr. J.P. - Determinação das Condições Básicas para a Corrida de Gusa do Alto Forno 2 da COSIPA. Verificação da Validade das Equações, abril 1983. Relatório Interno COSIPA 1983.
3. Silva E.F. - Drenagem do Alto Forno. Simpósio Interno COMIN/COMAP, 1983. COSIPA.
4. Braga R.S. - Determinação das Condições Básicas para a Corrida de Gusa do Alto Forno 2 da COSIPA. Verificação da Validade das Equações, maio 1983. Relatório Interno, COSIPA 1983.
5. IBM System/360 - Scientific subroutine package, Version 3 programmer's manual.

VARIÁVEL	Março 1983		Abril 1983		Maio 1983		Janeiro 1986	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	$\sqrt{\quad}$	\bar{x}	σ	\bar{x}	$\sqrt{\quad}$
Tempo de corrida (min)	73,7	24,4	90,2	31,1	92,8	31,4	95,5	36,5
Vazão de ar (Nm ³ /min)	4286	136	4615	161	4542	173	4979	217
Pressão de ar (g/cm ²)	2438	137	2401	144	2360	95	2573	120
Tempo de escória (min)	50,7	137	73,1	31,4	69,1	26,3	64,6	32,0
Intervalo de corr. (min)	19,0	4,9	10,0	13,0	11,4	7,3	6,0	5,7
Comprimento furo (mm)	2646	320	2894	242	3038	242	2788	110
Comprimento inic. (mm)	-	-	2194	380	2121	366	-	-
Nº corridas dia	16	-	14	-	14	-	13	-

Tabela 1 - Médias e desvios padrões das variáveis estudadas

(*) Tgusa	(*) Tesc	TSI
45	0,5	0,01
50	7	0,14
55	13	0,24
60	20	0,33
65	26	0,40
70	32	0,46
75	39	0,52
80	45	0,56
85	51	0,60
90	58	0,64
95	64	0,67
100	70	0,70
105	77	0,73
110	83	0,75
115	89	0,77
120	96	0,80
125	102	0,82
130	108	0,83
135	114	0,84
140	121	0,86
145	127	0,88
150	133	0,89
160	146	0,91
170	159	0,94
180	117	0,95
190	184	0,97
200	197	0,99

Tabela 2 - Tempo de gusa, tempo de escória e TSI de acordo com a equação obtida

(*) Tgusa e Tesc = em minutos.

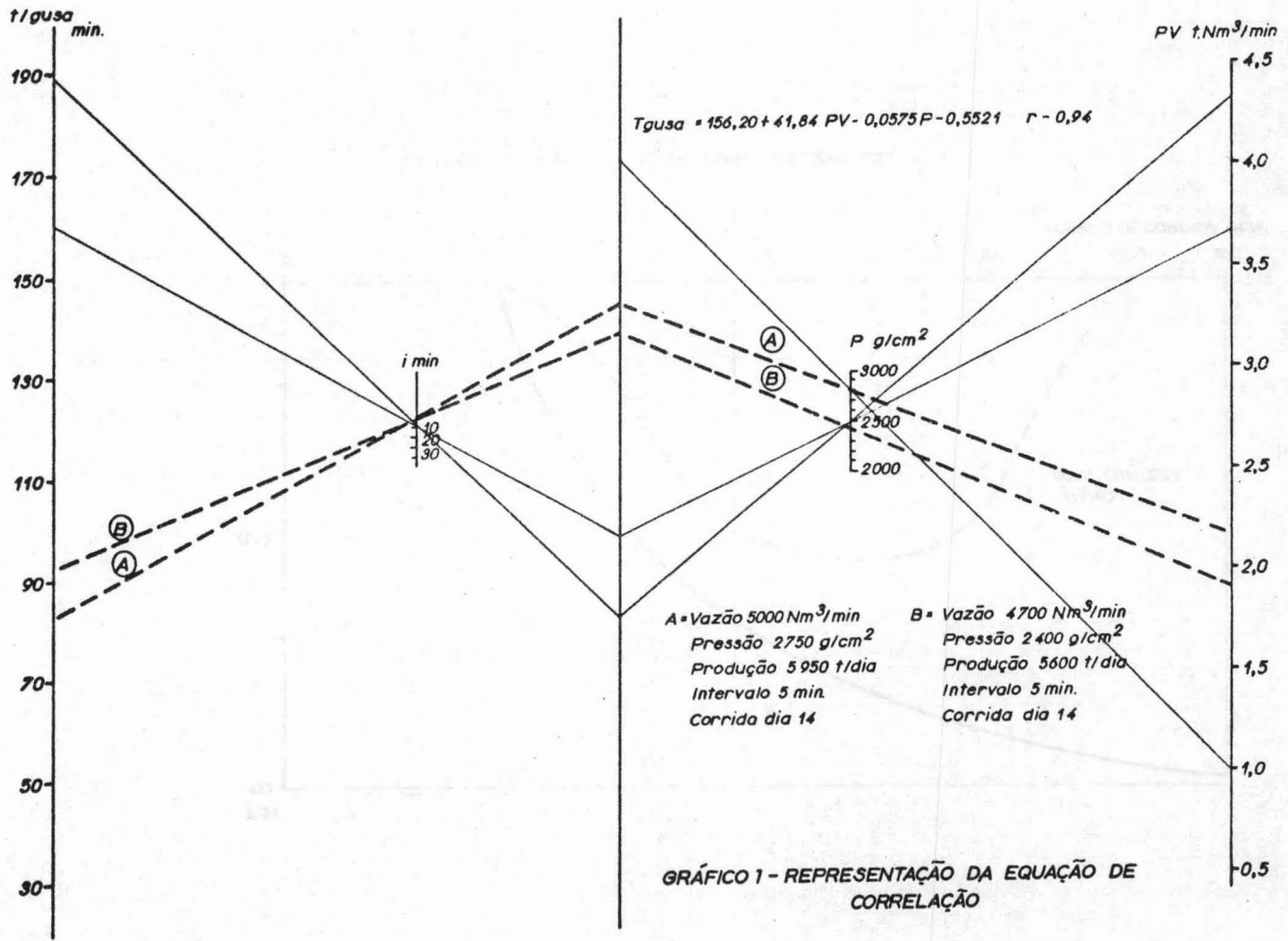


GRÁFICO 1 - REPRESENTAÇÃO DA EQUAÇÃO DE CORRELAÇÃO

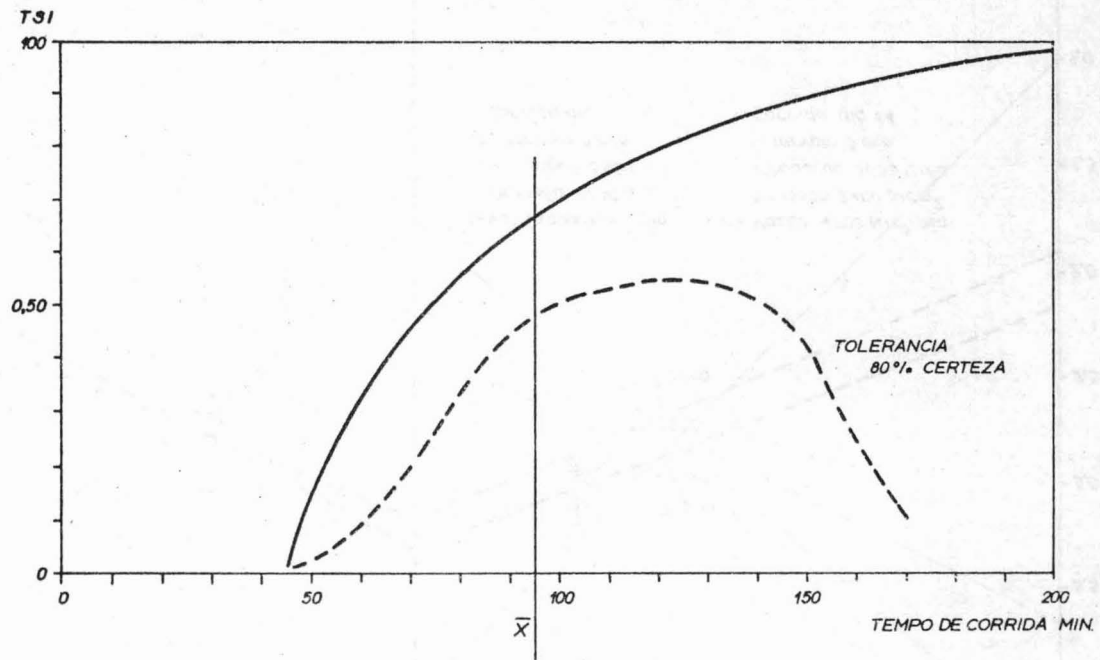


GRÁFICO 2 - TSI EM FUNÇÃO DO TEMPO DE CORRIDA.

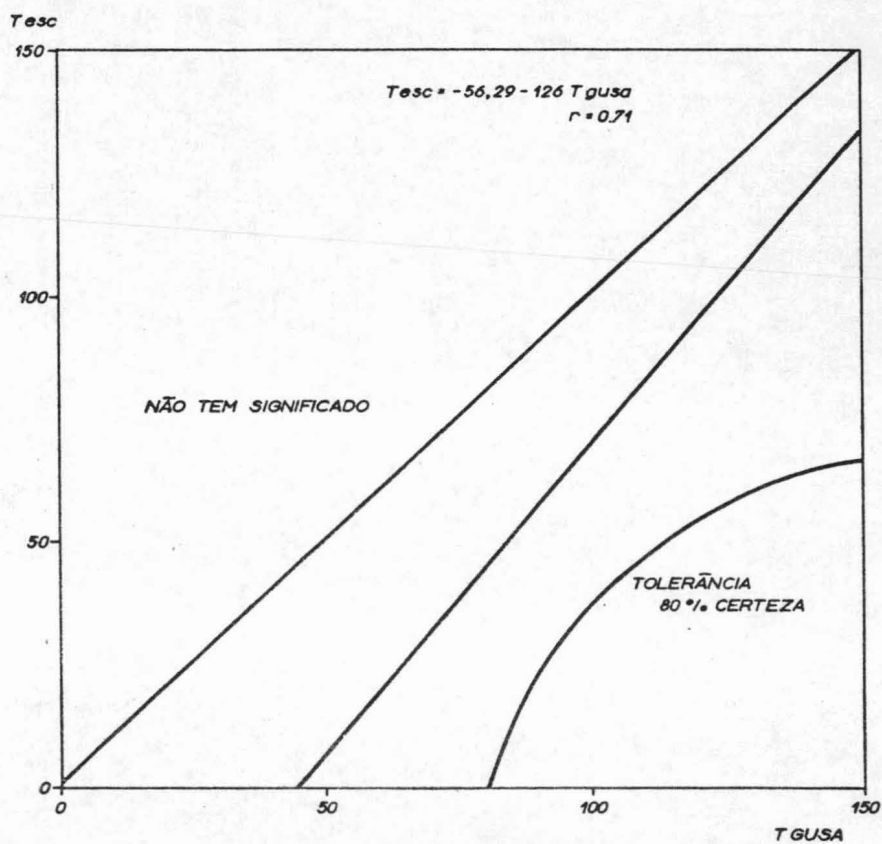


GRÁFICO 3 - TEMPO DE ESCÓRIA EM FUNÇÃO DO TEMPO DE GUSA.

