

# REDUÇÃO DE PRODUTIVIDADE NO ALTO FORNO 1 DA ARCELORMITTAL TUBARÃO<sup>1</sup>

*Daniel Avelar Lucena<sup>2</sup>*  
*Fernando Kaoru Fujihara<sup>2</sup>*  
*Janaína Volpe Armacollo<sup>2</sup>*  
*Leonardo Passos Perdigão<sup>2</sup>*  
*José Antonio Pereira Novaes<sup>3</sup>*

## **Resumo**

O setor siderúrgico, devido à crise econômica mundial do último semestre de 2008, sofreu uma forte redução pela demanda de placas e bobinas de aço. As usinas siderúrgicas tiveram que se adaptar a esta nova realidade através da redução de produção. Logo, a ArcelorMittal Tubarão (antiga CST) iniciou um estudo de redução de produtividade dos seus três Altos Fornos sem prejudicar a vida útil dos seus equipamentos. Algumas ações tomadas no Alto Forno 1 para se enquadrar a esta nova realidade foram amplamente estudadas, principalmente devido ao longo tempo de operação do mesmo. Ações operacionais como a retirada de carvão pulverizado do processo e outras estratégias como paradas periódicas visando controle de produção foram realizadas com sucesso. A redução de produtividade tornou-se mais um desafio a ser superado por este Alto Forno de longa campanha.

**Palavras-Chave:** Redução de produtividade; Alto forno.

## **REDUCTION OF PRODUCTIVITY OF ARCELORMITTAL TUBARÃO BLAST FURNACE 1**

### **Abstract**

The steel industry, due to global economic crisis that started in the last semester of 2008, suffered a sharp decline in demand for steel plates and coils. The steel mills have had to adapt to this new reality by reducing their production. Therefore, ArcelorMittal Tubarão has begun a study to reduce the productivity of his three blast furnaces without jeopardize the life of their equipment. Some actions taken were extensively studied to fit the Blast Furnace 1 to this new reality, mainly due to the long time of operation. Operational actions as the withdrawal of the pulverized coal injection process and others strategies of production control, as periodic stops, were performed successfully. The reduction of productivity has become a challenge to be overcome by Blast Furnace with a long campaign.

**Key words:** Reduction of productivity; Blast Furnace

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 39º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas e 10º Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 22 a 26 de novembro de 2009, Ouro Preto, MG.*

<sup>2</sup> *Especialista dos Altos-Fornos, ArcelorMittal Tubarão, Vitória ES.*

<sup>3</sup> *Gerente de Área de Alto Forno 01*

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Descrição do Alto Forno

O Alto Forno 1 da ArcelorMittal Tubarão (ex CST) é um alto-forno de grande porte com 14 metros de diâmetro de cadinho.

Com o projeto concebido na década de 70, para uma vida útil de 6 anos, teve o seu *start up* em 30 de novembro de 1983. Desde então vem se mantendo em campanha, alcançando, em julho de 2009, a marca de 85 milhões de tonelada de gusa produzidos em 25,5 anos, a campanha mais longa e com maior produção acumulada do mundo.

Com esse histórico de produção, a redução de produtividade que se impôs nos últimos meses de 2008 trouxe grandes incertezas para a operação deste Alto Forno.

Seguem, na Tabela 1, as principais características do Alto Forno.

**Tabela 1.** Principais Características do Alto Forno 1

FORNO PRÓPRIO	
Diâmetro do Cadinho	14 m
Volume Interno	4415 m <sup>3</sup>
Volume Util	3707 m <sup>3</sup>
Numero de ventaneiras	38
DN das ventaneiras	140 mm
Refrigeração	"Stave Coolers (água desmineralizada)"
REGENERADORES	
Tipo	4 Com camara de combustão externa
Temperatura de Sopros	1300° C
TOPO	
Tipo	2 cones com valvula de selagem do gás
Sistema de Carregamento	Correia Transportadora
Placas Móveis	18 armaduras móveis 1000 mm de curso
Pressão de Topo	2,5 kg/cm <sup>2</sup> (4 válvulas de controle 2x 600 mm e 2x 850 mm)
CASA DE CORRIDA	
Furos de Gusa	4
Granulação de escória	2 sistemas (2800 t/dia x2)
INJEÇÃO DE CARVÃO PULVERIZADO	
Fornecedor	Kuutnerm Paul Wurth e Ferrostaal
Sistema de Moagem	Rolos Fixos
Capacidade da Moagem	94 t/h
Sistema de Injeção	Pela fase densa
Vasos de Injeção	3
Pressão de Injeção	14kg/cm <sup>2</sup>
Volume de silos de finos	2300 m <sup>3</sup>
TRT	
Fornecedor	Kawasaki Heavy Industries / Meiden
Tipo	Axial
Capacidade	20 MW

O objetivo deste trabalho é mostrar os resultados obtidos com o Alto Forno 1 após a redução de produção, mostrando os parâmetros mais relevantes e suas consequências.

## 1.2 Princípio de Funcionamento

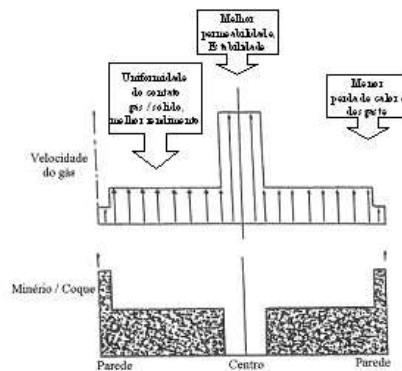
O Alto Forno é um reator em contracorrente. A força impulsora é o jato de ar quente que queima o coque na altura das ventaneiras. O ar quente injetado na parte inferior do Alto Forno promove a combustão do coque, gerando uma grande quantidade de calor e gases, produtos desta combustão, que arrastando este calor, fluem para o topo do forno através dos vazios existentes entre as partículas da carga, ao mesmo tempo em que vão transferindo este calor para a mesma.

A carga fria carregada no topo, enquanto vai descendo para as regiões inferiores do Alto Forno, vai sendo aquecida pela corrente de gases que, partindo da região das ventaneiras a cerca de 2.000°C transfere seu calor para a carga à medida que este vai subindo no Alto Forno, chegando ao topo a uma temperatura entre 100°C a 200°C, estabelecendo assim um perfil de temperatura.

Desta forma, do topo do alto forno até o cadinho, as temperaturas das regiões do forno vão aumentando, até passar por um máximo em frente das ventaneiras, onde está ocorrendo a combustão do coque.

Há que se considerar que o grande volume de gases gerados na região das ventaneiras não flui para o topo de uma maneira uniforme, em relação à secção horizontal da carga; há uma formação de caminhos preferenciais onde se terão maiores temperaturas que em outros pontos da mesma secção horizontal, pois ali está havendo um maior aporte de calor devido à passagem maior volume de gases quentes.

Normalmente estes caminhos preferenciais ocorrem no centro da carga, podendo haver também nas paredes. Este fenômeno pode ser controlado através de equipamentos especiais de distribuição de carga, e o seu controle é um dos princípios de controle operacional do Alto Forno.



**Figura 1** – Fluxo ideal proposto do gás do Alto Forno.

O controle da distribuição de carga objetiva a distribuição adequada do gás no interior do Alto Forno e conseqüentemente uma forma adequada da zona de coesão, que permitirá uma marcha estável, maior produtividade e menor consumo de redutor.

Na operação de um Alto Forno, o resultado está associado ao modo como o gás consegue atravessar a carga, trocando calor e massa de maneira “contínua e suave”. Assim, o controle da permeabilidade (e de sua contribuição) é a peça chave que se procura.

A distribuição de carga, condição de sopro e combustíveis são estudados visando à obtenção da máxima produtividade.

### 1.3 Parâmetros de Ajuste

Para a redução de produtividade alguns parâmetros devem ser ajustados para o controle do nível térmico do Alto Forno, e estes devem ser feitos baseados nas análises de mais de um deles.

Abaixo são indicados os principais parâmetros de ajuste do nível térmico do Alto Forno.

### **1.3.1 Umidade do ar soprado**

A umidade do ar soprado cumpre uma função de redução da pressão de sopro, quer seja pela redução da temperatura de chama, quer seja pela melhora das condições de redução em alta temperatura.

A sua decomposição ( $H_2O + C \rightarrow CO+H_2$ ) gera um gás redutor, que deve contribuir no ambiente de redução. Porém como a sua decomposição é endotérmica o seu uso em excesso deve acarretar perda de nível térmico e conseqüentemente aumento do *fuel rate*. Também, devido ao aumento da taxa de troca térmica gás/sólido, tem-se uma redução do nível concentração de silício no gusa e temperatura de gás de topo.

### **1.3.2 Temperatura de Sopro**

A temperatura do ar soprado é uma medida que afeta diretamente a zona de combustão do Alto Forno, e a elevação desta temperatura está limitada pelas especificações dos equipamentos dos regeneradores e dos conjuntos de insuflação de ar, bem como a pela máxima temperatura de chama permitida para trabalho.

### **1.3.3 Carvão de PCI**

A injeção de combustíveis pelas ventaneiras é uma medida que afeta diretamente a zona de combustão do Alto Forno.

A elevação da taxa de injeção de combustíveis está limitada pela taxa de enriquecimento de  $O_2$  e com a permeabilidade do leito de fusão.

### **1.3.4 Coque *rate***

É a razão entre certa quantidade de coque (kg) por tonelada de gusa produzido.

O coque *rate* é uma medida que afeta a estabilidade operacional do Alto Forno, e que deve ser ajustada em casos de grandes variações de nível térmico.

### **1.3.5 Enriquecimento de $O_2$**

O enriquecimento do ar com  $O_2$  tem o propósito de reduzir o volume de gás de rampa por tonelada de gusa produzido. Desse modo, para um mesmo volume de gás de rampa, pode-se obter uma maior produção de gusa.

Também, com o uso do carvão pulverizado, o  $O_2$  contribui na combustão do carvão e no aumento da temperatura de chama.

### **1.3.6 Temperatura teórica de chama**

Temperatura em que os gases atingem em condições adiabáticas, com a combustão do carbono, em frente à ventaneira.

A temperatura teórica da chama deve ser controlada em seu patamar inferior para garantir certo nível térmico na região inferior do Alto Forno e, em seu patamar superior para evitar a ocorrência de engaiolamentos e arriamentos.

O controle da temperatura da chama é feito principalmente para projeção da operação, sendo que no controle operacional em si, vem a ser conseqüência do controle de nível térmico.

### **1.3.7 Vazão de sopro**

A vazão de sopro objetivado somente é alterada quando se desejar uma alteração no nível de produção. As alterações na vazão de sopro podem ocorrer para controle operacional dos Altos Fornos e garantia da estabilidade.

A redução do volume de sopro diminui a velocidade de ascensão dos gases no interior do Alto Forno, melhorando assim a troca térmica entre gás e sólido, permitindo um melhor aproveitamento gasoso.

### 1.3.8 Distribuição de carga

A distribuição do fluxo gasoso depende do grau de permeabilidade do leito que, por sua vez, está relacionado com a maneira que a carga é distribuída no interior do alto-forno.

Assim, a distribuição de carga desempenha um papel fundamental para a operação do Alto Forno.

Seu relacionamento com o perfil interno e com o cadinho tem sido investigado intensamente devido à sua ligação não só com os resultados operacionais, mas também com a vida útil do aparelho.

### 1.3.9 Cadinho

Os refratários do cadinho estão em contato direto com o gusa e escória, diferente dos refratários do alto-forno, onde pode ser controlada a temperatura e passagem do gás por meio da distribuição de carga. O cadinho determina a produção do Alto Forno e é um dos pontos de grande relevância para a vida do mesmo.

Com uma fácil passagem do fluxo de gusa pelo homem morto, existe uma menor erosão na periferia. Assim para elevar a vida do cadinho é necessário um fluxo de gusa central.

Em condições com o forno *all coke*, a temperatura do cadinho aumenta gradualmente, sem qualquer aumento repentino. O gusa flui no cadinho de forma esperada, mostrando o efeito da refrigeração controlada e do controle da distribuição, garantindo o fluxo de gusa e impedindo a formação de uma camada solidificada nos refratários.

Os efeitos da produtividade são claramente vistos, mostrando que com a refrigeração do cadinho pode-se compensar o aquecimento a partir do fluxo de gusa. Assim as variações de temperatura do cadinho podem ser relacionadas às reações ocorridas no forno

Com estabilidade operacional do Alto Forno, pode-se evitar a instabilidade na carga descendente e material não elaborado no cadinho fazendo com que o fluxo de gusa na periferia seja evitado.

Há uma forte relação entre *coke rate* e a temperatura do cadinho. Isto é percebido quando aumenta a relação O/C o fluxo de gás central fica mais fechado melhorando a relação CO/CO<sub>2</sub>. Assim para uma permeabilidade na zona do homem morto há uma considerável piora. Com esta condição obtemos uma zona de baixa permeabilidade no cadinho com temperaturas baixas.

É de grande importância obter fluxo na periferia permitindo uma carga descendente estável, mantendo a pressão controlada e garantindo um gás do topo de qualidade, otimizando assim o consumo de combustível. Um início da zona coesiva mais alto garante um menor índice do silício e enxofre depositado no gusa. Sendo isso também muito importante para se evitar formação de zonas inativas na parede.

É necessário um forte fluxo de gás central, assegurando um alto grau de coque no cadinho. Entretanto o fluxo de gás da periferia é necessário para uma zona coesiva mais distante do *raceway* ou do *deadman*.

### 1.3.10 Coque central

Tem sido constatada a grande importância que o controle da marcha central apresenta na moderna operação de Altos Fornos, notadamente em condições de altas taxas de injeção de carvão, tanto do ponto de vista de desempenho operacional como do prolongamento de vida útil, os Altos Fornos de grande porte com o sistema de carregamento do tipo duplo cone apresentam grandes dificuldades nesse controle.

A filosofia do coque carregado ao centro é de melhorar a passagem de gás nesta região, como já mencionado promovendo assim um “túnel ou chaminé”, por onde o coque irá descer, sem reação, preservando o seu tamanho e resistência, as vantagens esperadas são as seguintes:

- diminui minério/coque do centro, já que neste ponto será colocado mais coque;
- mantém o fluxo central, o coque apresenta facilidade na passagem do gás;
- previne a degradação do coque já que ocorre menor reação;
- fornece coque de maior granulometria e maior resistência para o cadinho, caso carregado um coque de melhor qualidade via este sistema; e
- melhora a permeabilidade do gás e líquido no centro do forno como um todo, devido a formação do “túnel” de coque.

### 1.3.11 Volume de gás de rampa

O volume de gás de rampa é usado para o planejamento da produção. Não é usado isoladamente, para tomada de medidas operacionais, uma vez que a sua variação é dependente diretamente de outras variáveis como o volume de sopro, o enriquecimento do ar, umidade de sopro e taxa de injeção de carvão.

Na rampa do Alto Forno são encontrados os seguintes gases: nitrogênio, monóxido de carbono e hidrogênio.

## 1.4 Controle da Vida Útil

A vida útil de um Alto Forno é determinada pelo desgaste que tanto cadinho quanto o corpo do forno possam apresentar, sendo que a distribuição de carga tem um importante papel.

Imagina-se que o abaixamento da marcha periférica reduz o desgaste das paredes, aumentando sua vida. Porém é necessária a manutenção de certo fluxo nas paredes para se evitar a formação de cascão, cujo deslocamento traz conseqüências desastrosas para o alto-forno e sua vida útil conforme Figura 2.

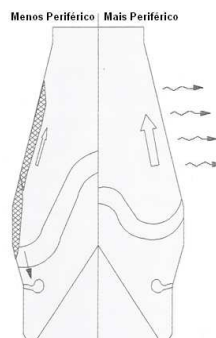


Figura 2. Fluxo gasoso no interior do Alto Forno.

Por outro lado um fluxo periférico excessivo aumenta a carga térmica nas paredes, acelerando seu desgaste.

Desse controle advém uma maior ou menor estabilidade de marcha que afetam tanto as paredes quanto o cadinho.

O corpo do forno é afetado pelas variações bruscas de temperatura que ocorrem com a marcha instável, trazendo problemas de fadiga. Essa instabilidade traz também material cru ao cadinho, determinando um fluxo de gusa mais periférico, acelerando o desgaste das paredes do cadinho.

## 2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.1 Efeitos da Redução de Produção

A produção de um Alto Forno está inteiramente ligada à vazão de sopro, pois é a partir do oxigênio que as reações começam a ocorrer. Portanto, para a redução de produção de um Alto Forno é preciso reduzir a quantidade de oxigênio injetado, para isso há duas ações a serem tomadas: redução no volume de sopro e no enriquecimento de oxigênio e paradas periódicas (conforme Figura 3). Essas duas ações causam mudanças operacionais que precisam ser observadas e minimizadas a fim de controlar o nível térmico do forno e mantê-lo estável.

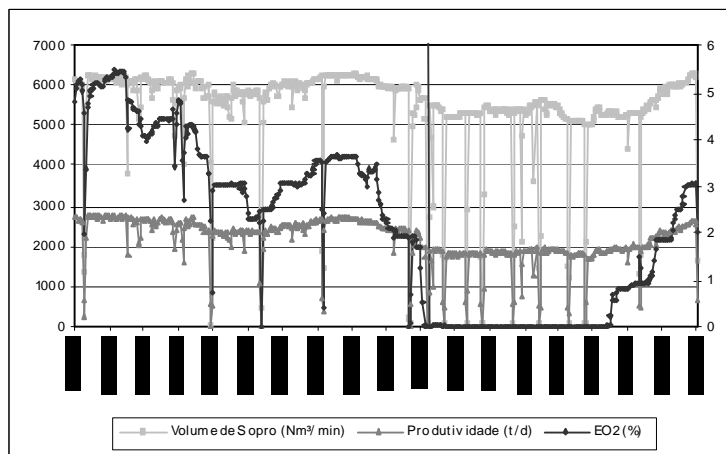


Figura 3. Produção Diária de Gusa x Volume de Sopro x EO<sub>2</sub>.

Para que redução de produtividade ocorresse de forma segura e sem prejudicar a vida útil do Alto Forno algumas ações foram tomadas e itens de controle foram estabelecidos.

Nas Tabelas 2 e 3 estão os dados operacionais referentes aos períodos de alta e baixa produtividade.

**Tabela 2.** Dados Operacionais Alto Forno 1 - Alta Produtividade (valores médios)

Parametros de Processo	Unidades	Média de Período de alta Produtividade
<b>Condição de Sopros</b>		
Temperatura do Ar	°C	1240
Temperatura da Chama	°C	2150
Vazão de Ar	Nm <sup>3</sup> /min	6200
Pressão de Ar	kg/cm <sup>2</sup>	3,9
<b>Carga</b>		
Carvão Rate	kg/t	120
Sinter	%	52
Pelotas	%	32
Minério	%	14,5
<b>Produção</b>		
Gusa Líquido	t/dia	10300
Produtividade	t/d.m <sup>3</sup>	2,2
<b>Qualidade do Gusa</b>		
Temperatura	°C	1500
C	%	4,9
Si	%	0,25
Mn	%	0,45
P	%	0,08
S	%	0,03
<b>Análise da Escória</b>		
CaO	%	42
SiO <sub>2</sub>	%	34
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	11
MgO	%	7,9
Basicidade Binária		1,29

**Tabela 3.** Dados Operacionais Alto Forno 1 - Baixa Produtividade (valores médios)

Parametros de Processo	Unidades	Média de Período de Baixa Produtividade
<b>Condição de Sopros</b>		
Temperatura do Ar	°C	1100
Temperatura da Chama	°C	2150
Vazão de Ar	Nm <sup>3</sup> /min	5300
Pressão de Ar	kg/cm <sup>2</sup>	2,9
<b>Carga</b>		
Carvão Rate	kg/t	0
Sinter	%	80
Pelotas	%	6
Minério	%	15
<b>Produção</b>		
Gusa Líquido	t/dia	7100
Produtividade	t/d.m <sup>3</sup>	1,6
<b>Qualidade do Gusa</b>		
Temperatura	°C	1500
C	%	4,9
Si	%	0,29
Mn	%	0,45
P	%	0,08
S	%	0,03
<b>Análise da Escória</b>		
CaO	%	42
SiO <sub>2</sub>	%	34
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	11
MgO	%	7,9
Basicidade Binária		1,23

No período anterior à redução de produção o Alto Forno estava operando com uma produtividade média de 2,2 t/d/m<sup>3</sup> produzindo diariamente uma média de 10.300 t, com CR de 335 kg/t e PCR de 130 kg/t. Após o agravamento da crise, a produtividade foi reduzida para até 1,43 t/d/m<sup>3</sup>, produzindo em média 7.100 t/d. Para atingir esses valores foi preciso reduzir o volume de sopros, cortar o enriquecimento de oxigênio e a injeção de carvão pulverizado, além da realização de paradas periódicas (duas vezes por mês com duração de 72 horas).



Com a redução do volume de sopro alguns parâmetros operacionais precisaram ser ajustados, pois houve uma diminuição do volume de ar no interior do Alto Forno. Com essa diminuição há a tendência de aparecimento de zonas inativas e conseqüente formação de cascões na parede. Esse efeito foi minimizado com a mudança do modo de operação do Alto Forno, retirando a injeção de carvão pulverizado e passando a operá-lo *all coke*, conforme figura 3. Essa é a forma de trabalho mais adequada para essas condições devido à maior facilidade de se controlar a marcha periférica sem aumentar muito a temperatura nos *staves*.

Além disso, a utilização de paradas quinzenais (72 horas) impedia o uso de carvão injetado, devido a dificuldades operacionais.

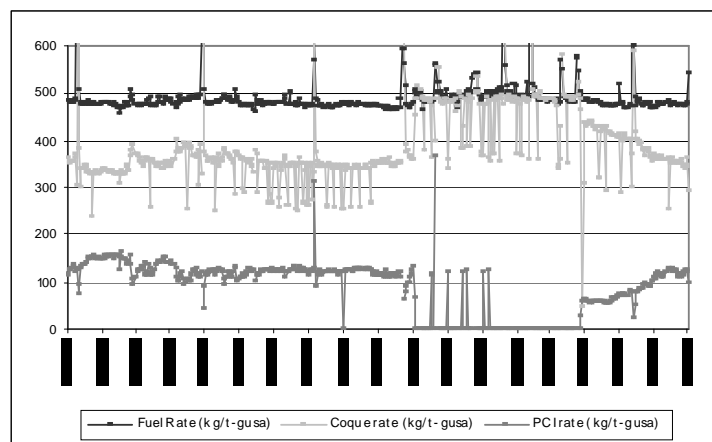
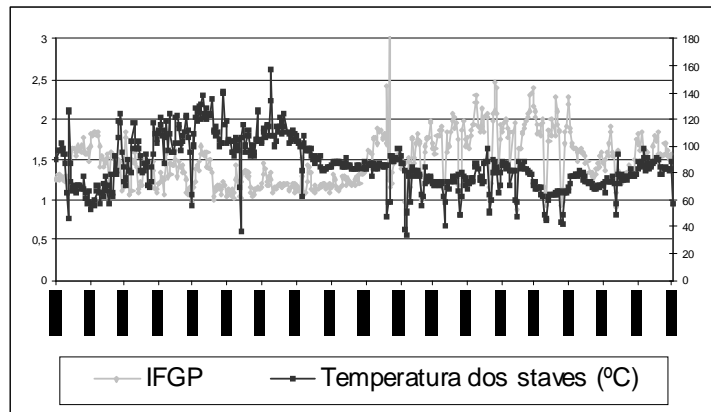


Figura 4. Fuel Rate x Coque Rate x PCI Rate.

A redução de volume de sopro também veio exigir maior controle na distribuição do fluxo gasoso no interior do mesmo.

A distribuição de carga é controlada para fornecer a distribuição de gás mais adequada, de modo a permitir uma melhor performance do Alto Forno.

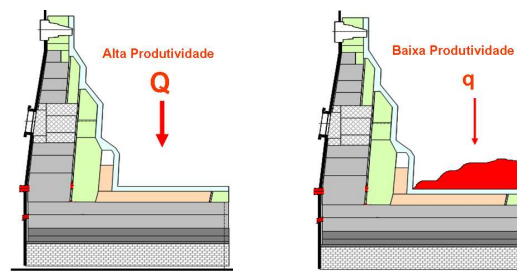
Na Figura 5 é possível perceber um decréscimo na temperatura dos *staves* apesar de um aumento no índice de fluxo de gás periférico. Essa diminuição ocorre, pois apesar do ajuste da marcha periférica, a fim de se evitar as zonas inativas, há à diminuição de massa de gás no interior de Alto Forno.



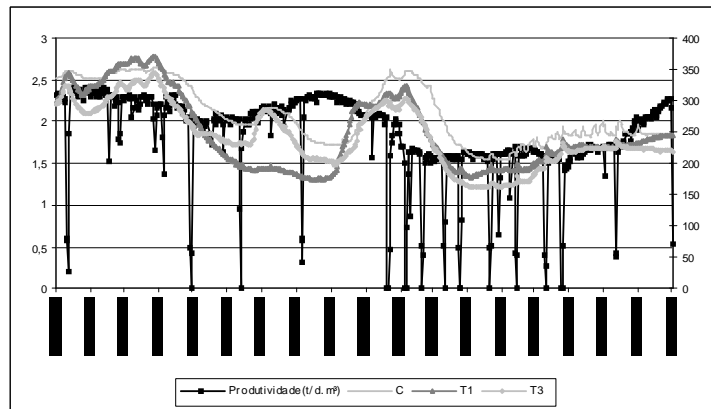
**Figura 5.** Média Temperatura dos *Staves* e Índice de Fluxo de Gás Periférico.

No entanto, apesar da importância do fluxo periférico, foi necessário o aumento do coque central para manter a permeabilidade do homem morto, já que o calor no centro deste estava sendo reduzido. Com isso poderia haver a redução da temperatura do fundo do cadinho o que poderia levar a indesejáveis “pata de elefante”.

A Figura 7 mostra a tendência da temperatura da soleira do cadinho em relação à produtividade; com a diminuição da produtividade a temperatura do cadinho diminui, pois com a redução de produção menos gusa passa a circular no seu interior fazendo com que a sua temperatura diminua. Com isso há a tendência de solidificação de gusa (metal semi-sólido) diminuindo o volume interno prejudicando o esgotamento de gusa e escória e ainda, diminuindo a capacidade de absorção de variações do processo (nível térmico), aumentando os desgastes das paredes do cadinho e o risco de deslocamento de caixas e ventaneiras (Figura 6).



**Figura 6.** Cadinho com alta e baixa produtividade.

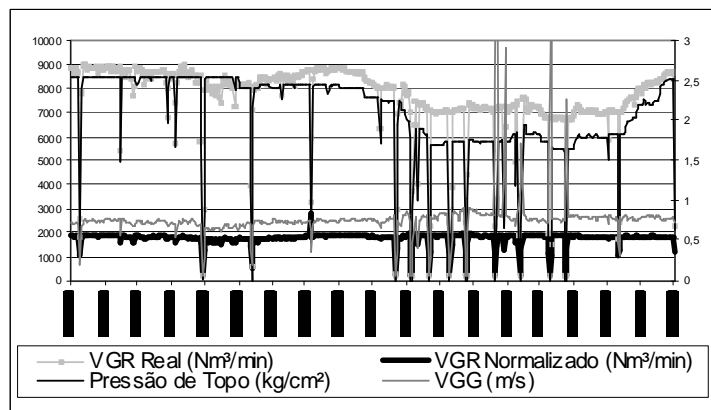


**Figura 7.** Temperaturas do cadinho x Produção Diária de Gusa.

Outro fator importante foi o aumento de umidade no ar de sopro ( $>40\text{g/Nm}^3$ ), pois devido a sua redutibilidade a altas temperaturas e a alta mobilidade atômica, o  $\text{H}_2$  melhora a permeabilidade nas zonas inferiores do forno além de ajudar no controle da temperatura de chama.

A redução da produção implicou em menor volume de gás no interior do Alto Forno, sendo necessários ajustes na pressão de topo para controle de expansão, velocidade de gás e velocidade de ar nas ventaneiras, garantindo descida de carga regular e realizando os devidos ajustes de marcha periférica.

Na Figura 8 é possível verificar a redução da pressão de topo para que a velocidade de gás de rampa absoluto se mantivesse constante, esse foi um item de controle considerado importante, pois garante que o volume ocupado pelo gás fosse o mesmo.



**Figura 8.** Vazão de gás de rampa Real x Vazão de Gás de Rampa Normalizado x Velocidade de gás de goela x Pressão de Topo.

Outro fator relevante durante a redução de produção foi a mudança da carga metálica no interior do Alto forno. Essa mudança foi feita levando-se em consideração o aspecto financeiro no momento (preço de sinter menor que a pelota), respeitando o plano de produção estabelecido. Tal modificação necessitou de uma mudança na distribuição de carga no interior do Alto Forno, levando em

consideração a macha do forno com um volume de sopro reduzido e que garanta uma adequada permeabilidade assim como uma marcha periférica satisfatória.

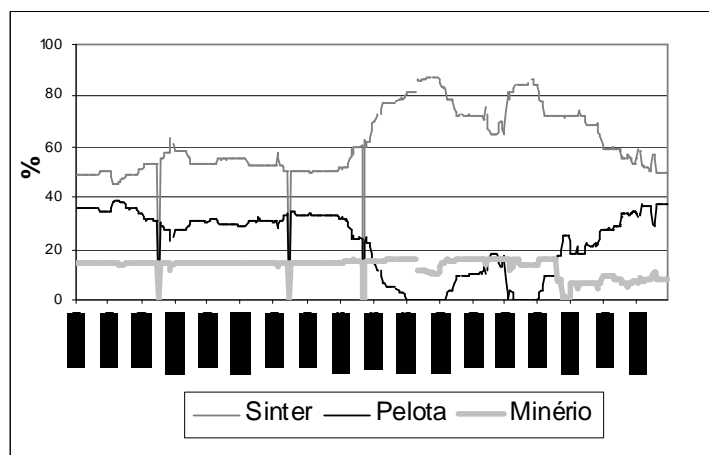


Figura 9. Distribuição de Carga Metálica no interior do Alto Forno

### 2.1.1 Paradas periódicas

A execução de paradas mais longas (4 dias a 6 dias) era possível, embora com riscos de problemas de controle de nível térmico (esfriamento de cadinho) do Alto Forno.

Por outro lado, uma parada de 4 dias representava 96 horas e devido ao longo período, a recuperação seria mais lenta, o que obrigaria a execução de somente 1 parada no mês, talvez 1,5 paradas, o que significaria 108 horas de parada.

Tempos maiores de parada (> 5 dias) representaria, uma incógnita para o reinício, não havendo garantias que o Alto Forno retornasse à operação nas mesmas condições que parou, aumentando consideravelmente os riscos de problemas de esfriamento de cadinho.

Desse modo, a prática de 2 paradas de 72 horas (144 horas) por mês foi considerada o limite e representava o máximo de redução de produção possível através de paradas para controle.

Cabe ressaltar que o ritmo dos Altos Fornos encontrava-se abaixo de 1,60 t/d/m<sup>3</sup>, o que por si só já representava uma grande dificuldade de controle operacional.

## 3 CONCLUSÃO

As medidas tomadas no controle da redução de produção do Alto Forno 1 da ArcelorMittal Tubarão mostraram-se adequadas pois foi possível manter a operação de modo estável, mantendo seu nível térmico e sem prejudicar os equipamentos com produtividade média de 1,4 t/d/m<sup>3</sup>. A manutenção de altas taxas de coque central, juntamente com a operação *all coke* permitiram a manutenção de boas condições no cadinho e nas paredes do Alto Forno de maneira que na retomada de produção, iniciada em maio deste ano, tem-se obtido respostas positivas não apresentando problemas nos equipamentos atingindo

após um mês de operação normalizar o ritmo operacional em 10500 t/d com CR de 335 kg/t.

## REFERENCIAS

- 1 CST, Companhia Siderúrgica de Tubarão. Apostila: **Matérias-Primas, Aglomeração e Operação de Altos-Fornos**. Vitória, 2005.
- 2 COMPANHIA SIDERURGICA DE TUBARÃO. **PCO – Programa de Certificação Operacional CST – Noções Básicas de Siderurgia**. Vitória: 2004.
- 3 FUJIHARA, F. K. et al., “CST nº 1 Blast Furnace – 22 years of burden distribution control”. In: **ATS – International Steelmaking Days**, Paris, 2005.
- 4 FUJIHARA, F. K. CST nº 1 Blast Furnace – 25 years of campaign life. In: **34th McMaster Symposium on Iron and Steelmaking**, Canada, May 8-10, 2006.
- 5 KLEIN, C.A., et al. Evolução da distribuição de carga com a injeção de carvão no AF1 da CST. **XXX Seminário de Redução de Minério de Ferro**, Belo Horizonte, Dezembro 1999.
- 6 RICKETTS A. John, A Short History of Ironmaking. In: **IRONMAKING OF CONFERENCE PROCEEDINGS**, 1998, Toronto. **Anais...** Canadá. v. 57.