

# SISTEMA DE CONTROLE DE PRESSÃO PARA VIABILIZAR A PARADA DO GASÔMETRO PARA MANUTENÇÃO<sup>1</sup>

Osmar Vicente Sossai<sup>2</sup>  
Eugimar Jacob Klippe<sup>3</sup>  
Rogério Mathias da Costa<sup>4</sup>  
Caio Henrique Vidigal<sup>5</sup>

## Resumo

O gasômetro na área de gases é de fundamental importância para a garantia da continuidade operacional do processo siderúrgico e aproveitamento de gases gerados nos processos de Altos Fornos, Coqueria e Aciaria. A finalidade principal do gasômetro no sistema de gases é a garantia de recuperação e fornecimento dos gases dentro do quesito de pressão controlada e constante, independentemente das variações positivas (sobra) ou negativas (faltas) no balanço instantâneo do gás. Na ArcelorMittal Tubarão, existe um gasômetro para cada gás e estes tem operação independente e não é possível que um gasômetro opere atendendo a mais do que um sistema de gás. Desta forma, nos períodos onde há a necessidade de parada de um dos gasômetros para manutenção, utiliza-se o sistema de controle de pressão desenvolvido em ambiente digitalizado - PLC, que tem a finalidade de permitir a retirada de operação do gasômetro, controle da pressão do sistema durante parada do gasômetro e retorno do gasômetro em operação. Assim é possível a realização da manutenção no gasômetro garantindo a continuidade operacional do sistema, dentro dos quesitos de Segurança, Custo e Qualidade.

**Palavras-chave:** Gasômetro; Pressão; Controle.

## PRESSURE CONTROL SYSTEM FOR GASHOLDER MAINTENANCE SHUTDOWN

### Abstract

The gasholder at gas control area has fundamental importance for guarantee the steel making operational continuity, and also the full use of process gases generated at Blast Furnace, Coke Plant and BOF Plant. The ultimate purpose of gasholders is to guarantee the gases recovery and supply according to the quality regarded as pressure controlled in a stable way, independently of positive (surplus) or negative (lankness) variations in the instantaneous gas balance. There in one gasholder at ArcelorMittal Tubarão for each different process gas, operating independently, once it's not possible to have the soma gasholders for two different gas operation. Within this context, during the periods when there is need for shutdown of one gasholders for maintenance, it is used a control pressure system developed as a digital PLC. This system has the purpose of gasholder operation shutdown, our of pressure control system also during it's the operation return. Therefore, it's possible to perform the gasholder maintenance with operational continuity, according to safety, cost and quality requirements.

**Key words:** Gasholder; Pressure; Control.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 29º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades,, 13 a 15 de agosto de 2008, Porto Seguro, BA*

<sup>2</sup> *Supervisor de Operação de Distribuição de Energia da ArcelorMittal Tubarão – Vitória, ES.*

<sup>3</sup> *Supervisor de Manut. e Controle de Processo da Área de Energia da ArcelorMittal Tubarão – Vitória, ES.*

<sup>4</sup> *Técnico de Manut. e Controle de Processo da Área de Energia da ArcelorMittal Tubarão – Vitória, ES.*

<sup>5</sup> *Especialista de Manut. e Controle de Processo da Área de Energia da ArcelorMittal Tubarão – Vitória, ES.*

## 1 INTRODUÇÃO

Em 1983, com a entrada em operação do Alto Forno#1, a ArcelorMittal Tubarão, iniciou o seu processo de produção na ordem de 3.000.000 de toneladas/ano de placas semi-acabadas.

Em 1998, com a entrada em operação do Alto Forno#2, a capacidade de produção foi elevada para 5.500.000 toneladas/ano de placas semi-acabadas e bobinas.

Em 2007, com a entrada em operação do Alto Forno#3, a capacidade de produção foi elevada para 7.500.000 toneladas/ano de placas semi-acabadas e bobinas.

No contexto falado acima, devemos descrever que o sistema de gás de Alto Forno (BFG), teve sua geração aumentada de 580.000 Nm<sup>3</sup>/h para 1.300.000 Nm<sup>3</sup>/h, ou seja, mais que o dobro da geração do início de operação.

O gasômetro de BFG da ArcelorMittal Tubarão tem capacidade para 150.000 m<sup>3</sup> e foi montado na fase inicial de operação em 1983, para atender ao sistema com apenas o Alto Forno#1 em operação, geração de BFG na ordem de 580.000 Nm<sup>3</sup>/h. Em 1998, com a entrada em operação do Alto Forno#2, passamos a ter 820.000 Nm<sup>3</sup>/h de geração de BFG e em 2007, com a entrada em operação do Alto Forno#3, passamos a ter 1.300.000 Nm<sup>3</sup>/h de geração de BFG.

O gasômetro na área de gases é de fundamental importância para a garantia da continuidade operacional do processo siderúrgico e aproveitamento de gases gerados nos processos de Alto Forno, Coqueria e Aciaria. A finalidade principal do gasômetro no sistema de gases é a garantia de recuperação e fornecimento dos gases dentro do quesito de pressão controlada e constante, independentemente das variações positivas (sobra) ou negativas (faltas) no balanço instantâneo do gás.

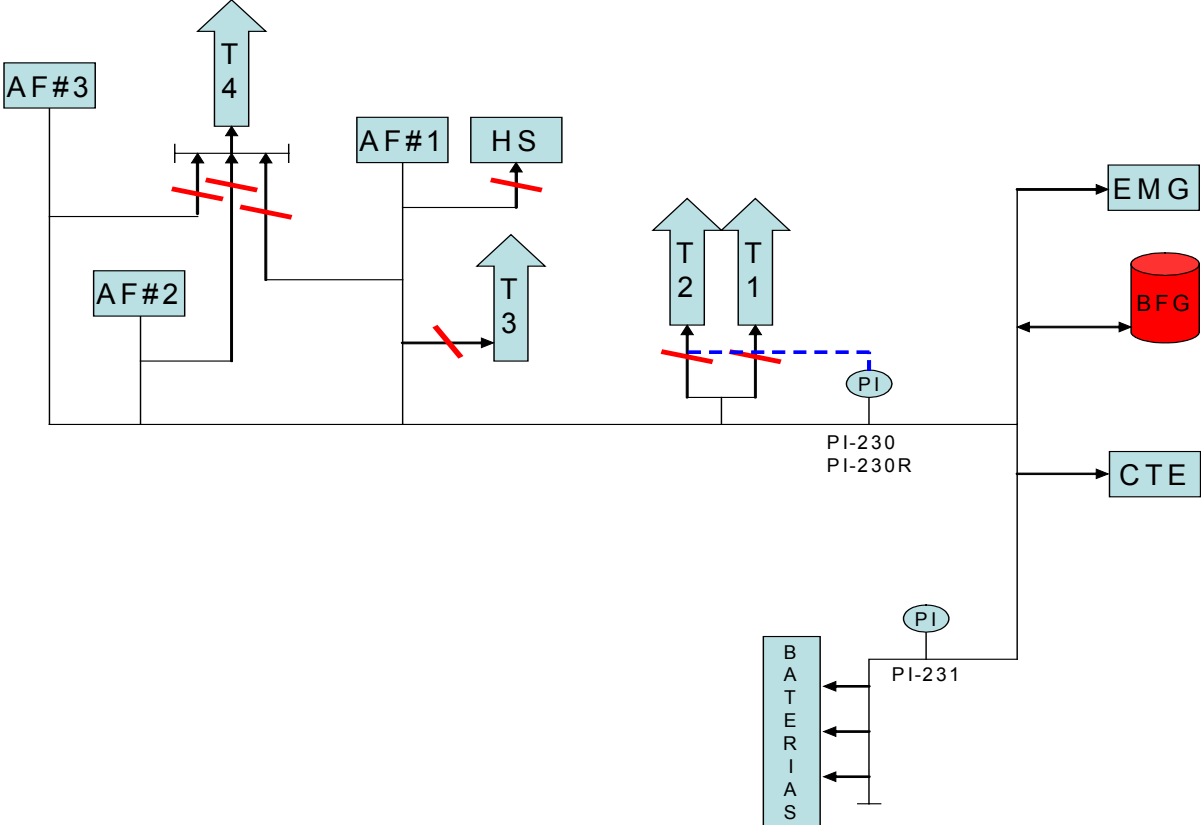
Na ArcelorMittal Tubarão, existe um gasômetro para cada gás e estes tem operação independente e não é possível que um gasômetro opere atendendo a mais do que um sistema de gás. Desta forma, nos períodos onde há a necessidade de parada de um dos gasômetros para manutenção, utilizamos o sistema de controle de pressão desenvolvido em ambiente digitalizado - PLC, que tem a finalidade de permitir a retirada de operação do gasômetro, controle da pressão do sistema durante parada do gasômetro e retorno do gasômetro em operação.

Assim é possível a realização da manutenção do gasômetro garantindo a continuidade operacional do sistema, dentro dos quesitos de Segurança, Custo e Qualidade.

Ressaltamos aqui que apesar do gasômetro de BFG ser o mesmo implantado no início de operação, com capacidade de 150.000 Nm<sup>3</sup>/h, outros equipamentos e consumidores foram criados no sistema para absorver / aproveitar este potencial energético gerado pelos Altos Fornos e desta forma, torna-se bem mais complicado a retirada do gasômetro de operação para manutenções e garantir a continuidade operacional dos processos produtivos que utilizam o BFG como combustível. Bem mais complicado mas não impossível, e neste sentido trabalhamos para desenvolver um sistema digital para operação do sistema de BFG da ArcelorMittal Tubarão sem a presença do gasômetro que foi parado para manutenção geral.

**2 MATERIAL E MÉTODOS**

**2.1 Logica do Controle de Pressão do Sistema de BFG com Gasômetro Fora de Operação**



**Figura 1 – Fluxograma do sistema de BFG**

**Quadro 1 – Descrição da função de cada equipamento/área**

| <b>Equipamento</b>                | <b>Abre</b>  | <b>Fecha</b>   | <b>Função</b>  | <b>Observação</b>   |
|-----------------------------------|--|--|--|---|
| <b>PI-230 e 230R</b>              |  |  | Fornecer pressão de referencia para controle das torres de BFG 1 e 2   |   |
| <b>Torre de BFG #1</b>            | Quando pressão no PI-230 for maior que 630mmCA   | Quando pressão no PI-230 for menor que 550mmCA   | Trabalha de 0 a 100% de abertura para controlar pressão no PI-230 em 600 mmCA  | As torres de BFG 1 e 2 não deve ter limite para abrir e fechar e sim modular a pressão em controle de pressão automático em 600 mmca – modo de operação PIC                       |
| <b>Torre de BFG #2</b>            | Quando pressão no PI-230 for maior que 630mmCA   | Quando pressão no PI-230 for menor que 550mmCA   | Trabalha de 30 a 100% de abertura para controlar pressão no PI-230 em 600 mmCA   |   |
| <b>Torre de BFG #3</b>            | Quando HS consumindo normal e não tem carregamento do forno #1   | Quando acontece a troca de HS no forno#1 e/ou durante o carregamento do forno#1                            | Trabalha em controle de vazão, Absorvendo as trocas de HS e variação de carregamento do AF#1. vazão inicial setada em 80.000 Nm³/h | OK sem comentários  |
| <b>Torre de BFG #4 ramal AF#3</b> | Quando pressão no PI-230 for maior que 650mmCA   | Quando pressão no PI-230 for menor que 500mmCA e válvula da torre BFG#1 chegar em 25%                      | Ajuda no controle da pressão das torres #1 e #2  | Neta situação a torre de BFG 4 não deve esperar a pressão atingir o patamar de 500 mmca para fechar e sim antecipar seu fechamento quando a pressão atingir a pressão de 620 mmca |
| <b>HS do AF#1</b>                 | Quando pressão no PI-230 estiver acima de 150 mmCA – mantém consumo no HS em condição normal de operação | Quando pressão no PI-230 atingir 150 mmCA - Pressão do PI-230 menor que < 150 mmca Trip HS AF-1            | Proteção de pressão baixa no sistema de BFG  | Trip no consumo dos HS do AF#1  |
| <b>Caldeiras da CTE</b>           | Quando pressão no PI-230 estiver acima de 130 mmCA– mantém consumo na CTE em condição normal de operação | Quando pressão no PI-230 atingir 130 mmCA - Pressão do PI-230 menor que < 130 mmca Trip no consumo BFG CTE | Proteção de pressão baixa no sistema de BFG  | Trip no consumo das caldeiras da CTE com pressão na chegada dos queimadores em 30 mmCA  |
| <b>Baterias de Coque</b>          | Quando pressão no PI-230 estiver acima de 150 mmCA e liberada pela sala de operação de energia           | Quando pressão no PI-230 atingir 150 mmCA e solicitada pela sala de operação de energia                    | Proteção de pressão baixa no sistema de BFG  | Trip no consumo das baterias de coque.  |

### **3.1 Descrição dos equipamentos**

#### **3.1.1 PLC do combustível**

Este PLC será o responsável por enviar o trip para os HS's do Alto Forno 1 quando a pressão da rede principal de BFG atingir o valor de 250 mmH<sub>2</sub>O.

#### **3.1.2 PLC da Torre de Queima 1 e 2**

Este PLC será o responsável por controlar a pressão da rede de BFG e coordenar os PLC's das Torres de Queima 3 e 4, quando a pressão atingir os valores estabelecidos para os valores críticos de pressão alta e baixa na rede de BFG principal. Teremos o PLC da torre 1 responsável pelo controle das válvulas de descarga das Torres de Queima 1 e 2, e enviar para os PLC's das Torres de Queima 3 e 4 os controles de segurança contra pressão muito alta e muito baixa da rede de BFG.

#### **3.1.3 PLC da Torre de Queima 3**

Este PLC fará um controle de vazão compensando as variações de pressão da rede de BFG causadas durante o carregamento, de minério e de carvão, e as troca de HS's do Alto Forno 1. O PLC da Torre de Queima 3 será subordinado ao PLC da Torre de Queima 1 quando a pressão da rede de BFG atingir os valores de controle definidos como alto e baixo.

#### **3.1.4 PLC da Torre de Queima 4**

Este PLC ficará com o controle de vazão cujo o set point será calculado em função da variação da pressão da rede de BFG e da posição das válvulas de descarga das Torres de Queima 1 e 2 evitando que este controle *sature*.

#### **3.1.5 Descrição do controle de pressão da rede de BFG principal**

Neste controle usaremos como referência a pressão da rede de BFG principal, medida no transmissor PT-230, que está localizado entre o Gasômetro de BFG e as Centrais Termoelétricas, para manter a pressão dos diversos consumidores próxima de 600 mmH<sub>2</sub>O via movimentação simultânea das válvulas das Torres de Queima de BFG 1 e 2 conforme a função:

$$MV_{\text{torre2}} = (((MV_{\text{torre1}} - 30)/70)*100).$$

Usaremos esta função, configurada no PLC da Torre de Queima 1, para diminuir a influência das variações de vazão das Torres de Queima de BFG 1 e 2 na pressão da rede de BFG.

### Controle das válvulas de descarga da torre 1 e 2

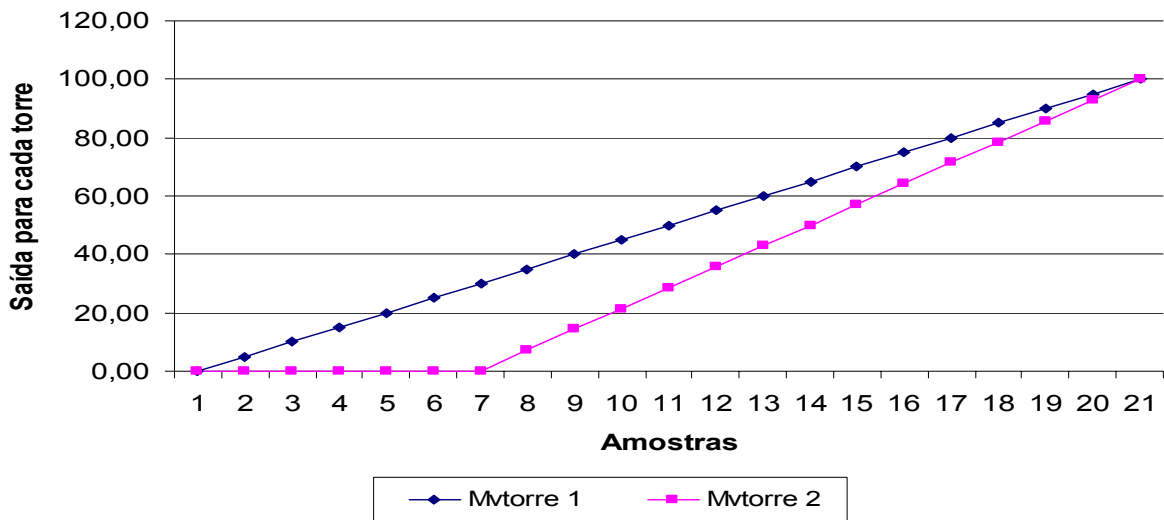


Figura 2 – Controle das válvulas de descarga da torre nº 1 e 2

#### 3.1.6 Descrição do controle da Torre de BFG nº 3

Na filosofia definida para o controle de pressão, a Torre de BFG 3 ficará em controle de vazão com o set point estimado em 70.000 Nm<sup>3</sup>/h e este valor será modificado automaticamente conforme a informação de carregamento, de minério e de carvão, e troca de HS do Alto Forno 1.

O valor do set point será calculado conforme a função:

Set point Torre3 = set point Torre3 – Valor calculado do carregamento ou troca de HS.

#### 3.1.7 Descrição do controle da Torre de BFG nº 4

Na filosofia de controle a Torre de Queima 4 ficará em controle de vazão alinhada ao ramal do Alto Forno 3. O valor do set point deste controle de vazão será calculado em virtude da variação da pressão da rede de BFG e o valor de saída do controle de pressão da Torre de Queima 1.

Este controle atuará com a função de assegurar que o controle das Torres de Queima 1 e 2 não saturem.

Teremos uma função que vai calcular o set point do controle de vazão, esta função irá atuar quando a pressão da rede de BFG chegar a 650 mmH<sub>2</sub>O e a saída do controle de pressão da Torre de Queima 1 PIC-230 estiver maior que 50% enviaremos um set point de 30.000 Nm<sup>3</sup>/h no primeiro instante ou seja, set point do FIC-224-3 em zero, que será incrementado numa taxa de 250 Nm<sup>3</sup>/h por segundo, após 180 segundos (esta condição terá início junto com o temporizado do incremento do set point).

Se as condições de pressão e saída do controle do PIC-230 continuarem, maior que 650 mmH<sub>2</sub>O e maior que 50%, vamos incrementar o set point em mais 20.000 Nm<sup>3</sup>/h que será incrementado numa taxa de 250 Nm<sup>3</sup>/h por segundo e vamos continuar verificando a cada 180 segundos, e incrementando o valor de 20.000 Nm<sup>3</sup>/h na taxa de 250 Nm<sup>3</sup>/h por segundo até atingir a vazão máxima de 250.000 Nm<sup>3</sup>/h.

Paramos de incrementar se a pressão do PT-230 ficar menor que 630 mmH<sub>2</sub>O e a saída do PIC-320 for menor que 40 % vamos parar de incrementar o set point do controle de vazão.

Voltaremos a incrementar se a pressão for maior de 650 mmH<sub>2</sub>O e a saída do controlador for maior que 50%, se o set point for maior que zero vamos incrementar o valor de 20.000 Nm<sup>3</sup>/h a taxa de 250 Nm<sup>3</sup>/h por segundo, desde que o set point do FIC-224-3 não esteja em 250.000 Nm<sup>3</sup>/h.

Se a pressão no PT-230 for menor que 550 mmH<sub>2</sub>O e a saída do PIC-230 for menor que 25%, vamos diminuir o set point do FIC-224.3 no valor de 20.000 Nm<sup>3</sup>/h na taxa de 250 Nm<sup>3</sup>/h por segundo e verificar a cada 180 segundos e continuaremos a diminuir o valor de set point do FIC-224.3 até atingir o valor de zero.

Paramos de decrementar quando o valor de pressão ficar maior que 580 mmH<sub>2</sub>O e a saída do controlador ficar maior que 30%.

Caso a saída do PIC-230 esteja trabalhando abaixo ou acima dos valores de 10% e 75 % e a pressão da rede de BFG estiver na faixa de 550 e 650 mmH<sub>2</sub>O, vamos decrementar ou incrementar o valor do set point do FIC-224-3 na taxa de 250 Nm<sup>3</sup>/h por segundo e paramos quando o valor de saída do PIC-230 atingir 15 % e 65 % respectivamente.

### **3.1.8 Descrição do sistema de proteção para baixas e altas pressões da rede de BFG**

- **Torre de Queima de BFG 3**

Quando a pressão medida na rede de BFG principal (PT-230) atingir 450 mmH<sub>2</sub>O, entrará uma função calculando o novo valor de set point subtraindo 5000 Nm<sup>3</sup>/h na razão de 200 Nm<sup>3</sup>/h por segundo, a cada 10 segundos e quando a pressão voltar para 460 mmH<sub>2</sub>O paramos o cálculo e voltamos a calcular quando atingir novamente o valor de 450 mmH<sub>2</sub>O. Quando a pressão atingir o valor de 500 mmH<sub>2</sub>O, começaremos a integrar o set point somando 5.000 Nm<sup>3</sup>/h na razão de 250 Nm<sup>3</sup>/h por segundo, a cada 20 segundos, até atingir o valor de 70.000 Nm<sup>3</sup>/h. Caso atinja novamente o valor de pressão baixa de 450 mmH<sub>2</sub>O, voltaremos a calcular o decremento do set point partindo do último valor do set point.

- **Torre de Queima de BFG 4**

Quando a pressão medida na rede de BFG principal (PT-230) atingir 450 mmH<sub>2</sub>O, entrará uma função calculando o novo valor de set point subtraindo na razão de 250 Nm<sup>3</sup>/h por segundo, quando a pressão voltar para 460 mmH<sub>2</sub>O pararemos o cálculo e voltaremos a calcular sempre que a pressão atingir o valor de 450 mmH<sub>2</sub>O.

Quando a pressão atingir o valor de 500 mmH<sub>2</sub>O, voltaremos o cálculo do set point para as condições de pressão do PT-230 e saída do PIC-230. Caso o valor de pressão baixa chegue a 450 mmH<sub>2</sub>O, voltaremos a calcular o decremento do set point partindo do último valor do set point.

- **Parada dos HS's do Alto Forno 1.**

Quando a pressão medida na rede de BFG principal (PT-230) atingir 250 mmH<sub>2</sub>O, vamos mandar um sinal de trip para os HS's do Alto Forno 1, esta lógica estará no PLC COMB.

Caberá ao Controlador do Centro de Energia liberar a volta do HS's após a normalização da pressão da rede de BFG.

- **Teste no Sistema de Controle.**

Testamos cada Torre separadamente validando os controles descritos, simulando os valores de pressão do PT-230 e saídas do controlador PIC-230.

Com a aprovação desta validação, fizemos um teste integrado de consistência das lógicas de controle, tanto do sistema normal de controle assim como no de segurança, exceto o trip nos HS's do Alto Forno 1.

### 3 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

| CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES PREPARATÓRIAS PARA A PARADA DO GASÔMETRO |  |          |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--|--|----------|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Atividades   |  | Novembro |    |    |    |    | Dezembro |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|  |  | 26       | 27 | 28 | 29 | 30 | 01       | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 |
| 1  | Modificação do PLC da Torre de Queima de BFG 1 | X        |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 2  | Modificação do PLC da Torre de Queima de BFG 3 | X        | X  |    |    |    |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 3  | Modificação do PLC da Torre de Queima de BFG 4 |          | X  | X  |    |    |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 4  | Modificação do PLC do Combustível              |          |    | X  | X  |    |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 5  | Testes nos sistemas de controle.               |          |    |    | X  | X  |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 6  | Testes no sistema Com o Gasômetro Isolado      |          |    |    |    |    |          |    |    | X  |    |    |    |    |    |    |    |
| 7  | Parada do Gasômetro                            |          |    |    |    |    |          |    |    |    |    | X  | X  | X  | X  | X  | X  |

### 4 RESULTADOS

O gasômetro BFG foi retirado de operação em dezembro de 2007 por 5 dias para realização de inspeção e levantamento de necessidade de manutenção em suas diversas partes. Durante este período o sistema de controle que estamos apresentando, garantiu a continuidade operacional do sistema de BFG e do processo produtivo das unidades consumidoras de BFG.

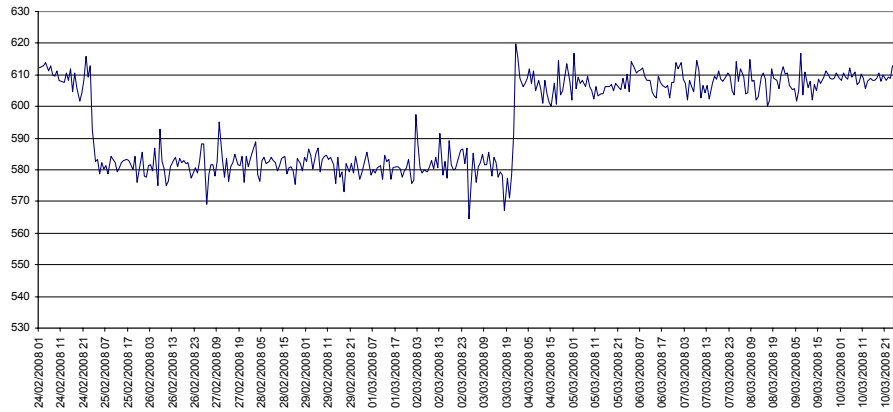
O gasômetro BFG foi retirado de operação em Março de 2008 por 9 dias para realização da manutenção em suas diversas partes. Durante este período o sistema de controle que estamos apresentando, garantiu a continuidade operacional do sistema de BFG e do processo produtivo das unidades consumidoras de BFG.

Nos dois casos acima, o controle digital atendeu plenamente, garantindo o controle da pressão no sistema de BFG dentro da faixa de operação, mesmo nas adversidades de paradas de consumidores e de parada de Altos Fornos, que é quem gera o BFG e envia para o sistema.

Abaixo os gráficos demonstrando o resultado obtido no controle da pressão e vazão de gás queimado nas torres para proporcionar o controle.

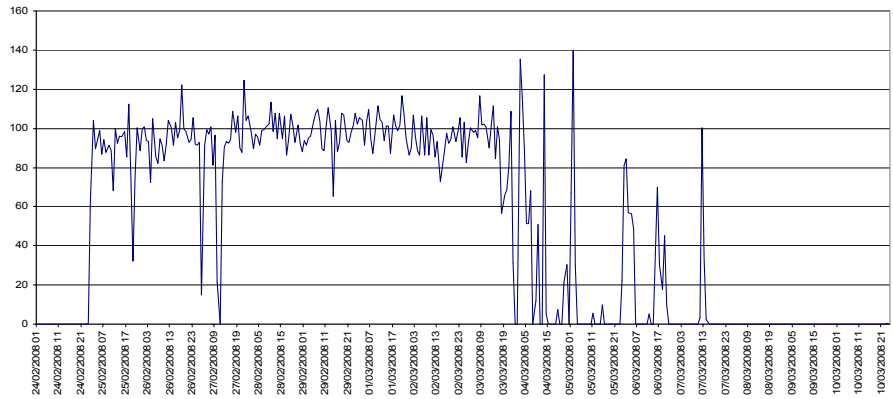


### PRESSAO DE BFG NA LINHA PRINCIPAL (mmH2O) - PI\_230



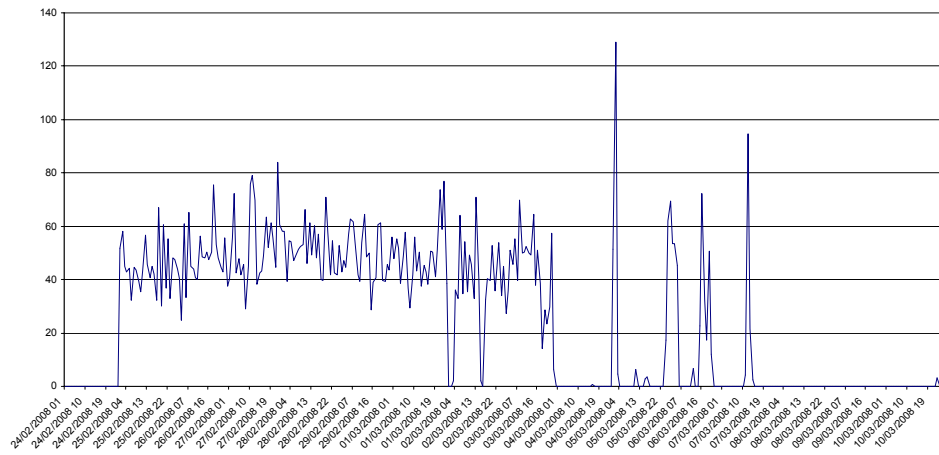
**Figura 3 – Pressão de BFG na linha principal**

### VAZAO BFG P/ TORRE 1 (Dam3/h) - FI\_220



**Figura 4 – Vazão BFG na torre nº1**

### VAZAO BFG P/ TORRE 2 (Dam3/h) - FI\_221



**Figura 5 – Vazão BFG na torre nº2**

### VAZAO BFG P/ TORRE 3 (Dam3/h) - FI\_222

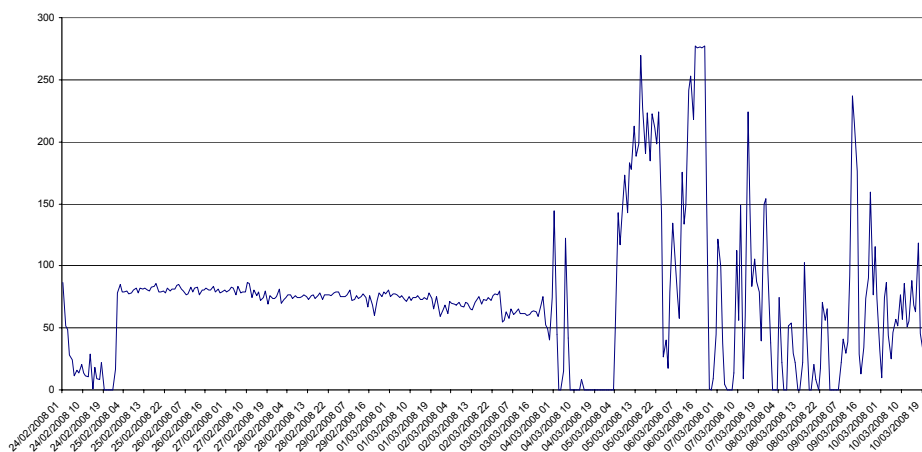


Figura 6 – Vazão BFG na torre nº3

### VAZAO DE BFG DO AF-2 P/ TORRE BFG 4 (Ndam3/h) - FI\_224\_2

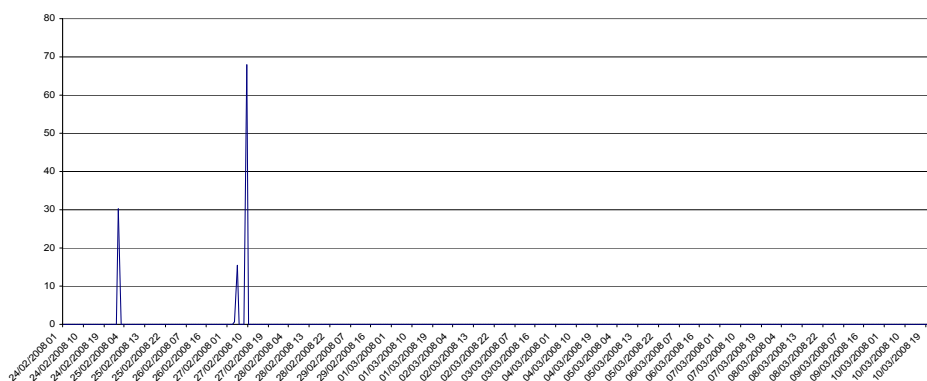


Figura 7 – Vazão BFG na torre nº4

## 5 DISCUSSÃO

O sistema apresentado, é específico para a ArcelorMittal Tubarão e o que podemos discutir é a evolução do mesmo para atender ao sistema de BFG a partir da necessidade de parada do gasômetro para manutenção após a expansão da produção para 7.500.000 toneladas/ano.

## 6 CONCLUSÃO

O sistema desenvolvido para o controle escalonado da pressão através das torres de queima de BFG nº 1, 2, 3 e 4, cada uma com a sua função bem definida, garantiu o sucesso na continuidade operacional do sistema durante a parada do gasômetro para manutenção.

## **Agradecimentos**

A equipe de controle de processo da área de energia que trabalhou atentamente na mediação das discussões que houve entre a operação, engenharia e manutenção no sentido de considerar todas as possibilidades de falhas e necessidades de adequação do sistema.

A equipe de operação que operou o sistema de BFG durante a parada do gasômetro, atuando com precisão nas intervenções necessárias para garantir a sobra de gás para bom funcionamento do sistema digital de controle nas adversidades de variações de consumo de BFG e parada de Altos Fornos.