

# INTERTRAVAMENTO DE SEGURANÇA DA VAZÃO DO TUBO RETO PARA INJEÇÃO DE CARVÃO PULVERIZADO<sup>1</sup>

*Alcides José de Lucena Silva<sup>2</sup>  
Bruno da Silva Nora<sup>3</sup>  
Luiz Edival de Souza<sup>4</sup>  
Ricardo Sebastião Nadur Motta<sup>5</sup>*

## Resumo

A realização deste trabalho tem o propósito de aumentar o nível de segurança dos altos-fornos da CSN, quanto ao sopro de ar quente e para o novo projeto de injeção em lança dupla de carvão pulverizado. Para o desenvolvimento deste trabalho, foram observadas e analisadas condições críticas ou inseguras, quanto ao sopro de ar quente do alto-forno, além disto se teve o intuito da melhoria contínua do sistema estudado. Com a realização do trabalho, foram solucionados vários problemas ocorridos no passado, reduzindo o risco, quanto à segurança do processo, foi reduzido o desgaste das válvulas de carvão pulverizado e válvulas de purga, identificação específica em caso de alarme por vazão e uma lógica contemplada para o sistema de injeção por lança dupla de carvão em mesmo algaraviz. Aumentando assim a segurança dos equipamentos e pessoas envolvidas na sala de corridas.

**Palavras-chave:** Transmissor de vazão; Tubo reto; PCI; Alto-forno.

## STRAIGHT TUBE FLOW SAFETY INTERLOCKS FOR PULVERIZED COAL INJECTION

### Abstract

This work aims to increase the security level of the blast furnaces of the CSN, as the blast of hot air and the new project launches dual-injection of pulverized coal. To develop this work were observed and analyzed critical conditions or unsafe, as the blowing hot air furnace, and if it has the aim of continuous improvement of the system studied. With the completion of work, we solved several problems in the past, reducing the risk, the safety of the procedure, reduced wear of the valves of pulverized coal and drain valves, specific identification in case of alarm a logical flow and contemplated for the injection system for dual coal lances in the same blow pipe. Increasing the safety of equipment and people involved.

**Key words:** Flow transmitter; Straight tube; PCI; 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> *Técnico de Desenvolvimento Especialista*

<sup>3</sup> *Engenheiro Eletricista – brunonbp@hotmail.com*

<sup>4</sup> *Professor Titular da UNIFEI - Avenida BPS, 1303 - CEP37500 - Itajubá - MG. edival@unifei.edu.br;*

<sup>5</sup> *Doutorando em Controle de Processos pela UNIFEI e Engenheiro de Desenvolvimento Sênior da CSN. Rod. BR 393 - Lúcio Meira km 5001 - S/Nº Vila Santa Cecília - Volta Redonda -RJ - nadur@csn.com.br*

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema de ar soprado possui regeneradores que trabalham alternadamente. Enquanto um está aquecendo os outros estão soprando ar quente para o anel de vento. O ar quente segue para os tubos retos (onde estão instalados as tomadas de impulso de alta e baixa pressão do transmissor de vazão), que por sua vez segue até o algaraviz, passando pela ventaneira. E assim, ar quente soprado (Figura 1) provoca a combustão do carvão pulverizado injetado pelas lanças.

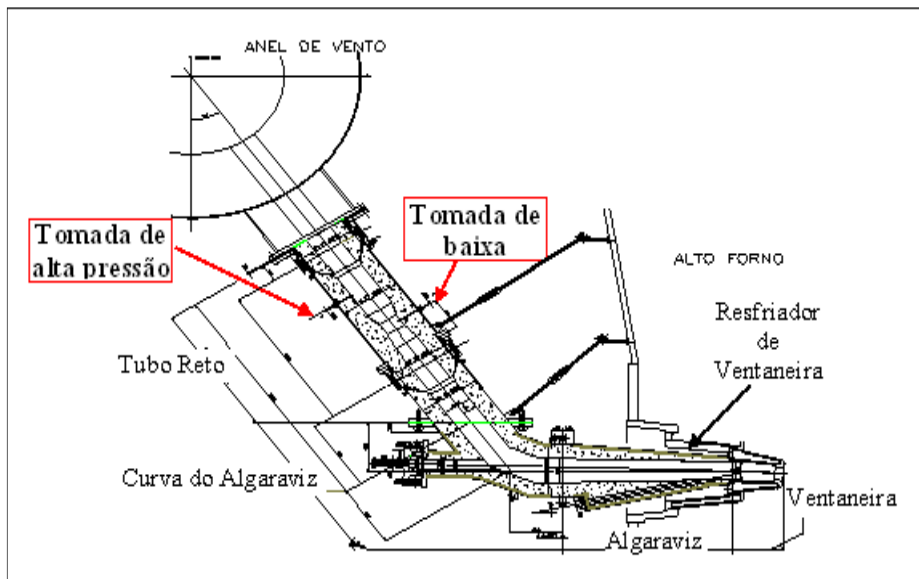


Figura 1 – Sopros de ar quente desde o anel de vento até a ventaneira.

O equipamento que monitora a vazão de ar soprado no tubo reto é o transmissor de vazão. Caso haja algum bloqueio ou entupimento do algaraviz/ventaneira, o alarme por vazão baixa com valor estipulado para o Alto-forno 3 de 100 Nm<sup>3</sup>/min e para o Alto-forno 2 de 60 Nm<sup>3</sup>/min será acionado. As válvulas de purga serão acionadas automaticamente evitando assim o acúmulo de carvão no interior do algaraviz.<sup>(1,2)</sup> O intertravamento de vazão realiza a operação de fechar a válvula de carvão pulverizado, para que não acumule carvão no algaraviz e ocorra o risco de explosão. Outra função é refrigerar a lança, evitando sua queima.

Este trabalho tem como objetivo estudar os riscos decorrentes à segurança, quanto à vazão de ar soprado no tubo reto. Este trabalho proporcionou novas lógicas de segurança para injeção de carvão do conjunto algaraviz, tubo reto e ventaneira, para a implantação do projeto da “Lança Dupla de Carvão Pulverizado utilizado nos Altos-Fornos da CSN”,<sup>(3)</sup> na qual houve parte da alteração da lógica original do processo de injeção de carvão pulverizado antes efetuada para lança de injeção única (simples).

Mota e Nora<sup>(3)</sup> mostram o sistema de injeção por lança dupla, o que nos proporcionou o estudo desta tecnologia, e os riscos inerentes, para que fosse realizada a lógica de intertravamento da vazão.

O trabalho de Bertoni e Souza<sup>(2)</sup> foi uma base de estudo, quanto ao transmissor de pressão diferencial; em Fabiano<sup>(1)</sup> foi realizado o estudo sobre a realização da medição de vazão, também por diferencial de pressão em outra siderúrgica. Weber e

Schumpe,<sup>(4)</sup> informam os intertravamentos originais do processo e em Johansson e Medvedev<sup>(5)</sup> tem-se as consequências para a não realização do intertravamento deste trabalho.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os métodos utilizados neste trabalho foram a busca por ações de risco no sistema de ar soprado dos altos-fornos da CSN, estudos sobre o sistema e a melhoria contínua do processo.

Os materiais utilizados foram SDCD, transmissor de vazão, PCI, válvulas automáticas, planta dos regeneradores e Tubo de Venturi.

## 3 TRANSMISSORES DE VAZÃO DO TUBO RETO

Para que o sistema fosse considerado seguro, a medição de vazão fornece as condições de sopro de ar quente no tubo reto. Esta medição é de fundamental importância para a realização das proteções, que garantam maior segurança ao sistema de injeção de carvão.

A Tabela 1 ilustra as principais características das vazões máximas de sopro para cada alto-forno, bem como o número de ventaneiras e a vazão individual de cada ventaneira. Assim, a vazão máxima de cada tubo reto pode ser estipulada para cada alto-forno, e assim obter a pressão diferencial de cada instrumento de vazão.

**Tabela 1** – Vazão de sopro dos altos-fornos

Alto-Forno	Vazão Máxima de Sopro	Número de Ventaneiras	Vazão Máxima	Faixa de Medição	$\Delta P$
2	3.200 Nm <sup>3</sup> /min	24	200 Nm <sup>3</sup> /min	0 a 200 Nm <sup>3</sup> /min	1.400 mBar
3	6.800 Nm <sup>3</sup> /min	38	272 Nm <sup>3</sup> /min	0 a 300 Nm <sup>3</sup> /min	2.500 mBar

## 4 IMPORTÂNCIA DO INTERTRAVAMENTO DE VAZÃO

O intertravamento de vazão de ar soprado dos tubos retos existe para que não ocorra a explosão do algarviz, proveniente do acúmulo de carvão pulverizado injetado pelo sistema do PCI, através das lanças de carvão pulverizado e uma inexistência ou baixo sopro de ar quente, que não seria suficiente para queimar o carvão pulverizado no *Raceway*, o papel do transmissor de vazão é indicar o valor de vazão em cada um dos tubos retos e agir sobre o intertravamento.

Com este acúmulo de carvão na ventaneira, tem-se o triângulo do fogo completo, composto por: uma grande quantidade de carvão acumulado (combustível), ar quente soprado (ar + ignição), onde a principal perda é a parada do alto-forno em emergência por arrombamento do algarviz.

A Figura 2 ilustra a localização das tomadas de pressão do transmissor de vazão, além da operação normal e anormal do algarviz.

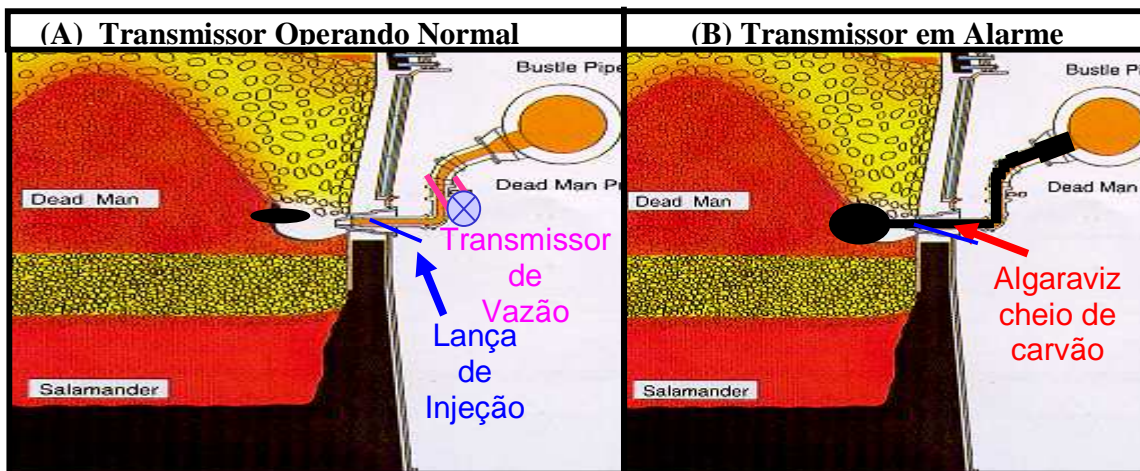


Figura 2 – Transmissor de vazão do tubo reto operando normal e em alarme.

## 5 GERENCIAMENTO DAS LINHAS DE INJEÇÃO DE CARVÃO

O gerenciamento das linhas de injeção de carvão pulverizado é essencial para operação correta e segura da injeção do PCI. No ano de 2004, houveram dois acidentes em que ocorreu a parada do Alto-forno 2, devido ao arrumbamento dos algarvizos 1,9 e 24, com tempos de parada de 24 horas.

Este incidente provém do fato de que um dia no passado, o operador inadvertidamente colocou uma linha para injetar, sem o algarviz oferecer condições de sopro, o que levou a explosão e o arrumbamento do mesmo horas depois.

Com estes acidentes ocorridos foi necessário efetuar a implementação de um dispositivo, que informe a condição operacional para cada uma das linhas de carvão, evitando com isto, que a linha injete o carvão pulverizado sem ter condição. Por este motivo foi desenvolvida e implementada uma tabela de gerenciamento e filtro para as injeções de suas linhas de carvão, respectivamente para o Alto-forno 2 e 3 (Figuras 3 e 4).

A tabela de gerenciamento funciona da seguinte forma:

- na coluna **Lanças**, temos a identificação de cada lança de injeção do sistema original de injeção por lança simples;
- na coluna **Estado**, temos a condição, para a injeção da lança. Esta que tem o papel de fechar a válvula de carvão e abrir a válvula de purga da linha indicada, quando houver algum problema e se escrever algo diferente de “NORMAL”, e quando esta tem condição de injeção é escrito “NORMAL”, o que permiti a injeção de carvão pela lança;
- a coluna **Data** indica que dia em que foi escrito algo na coluna **Estado**;
- a coluna **Ação** mostra as condições das lanças. Esta se altera de acordo com a coluna **Estado**, ou seja, coluna **Estado** em “NORMAL” coluna **Ação** “HABILITADA”; algo diferente de “NORMAL”, “DESABILITADA”. Como é mostrado nas Figura 3 e 4.

**SELECAO PARA ACAO DO REMOTO TOTAL – AF#2**

➔ ①  
TODAS SELECIONADAS

LANÇA	ESTADO	DATA	ACAO
LANÇA 1	NORMAL	11.01.05	HABILITADA
LANÇA 2	NORMAL	11.01.05	HABILITADA
LANÇA 3	NORMAL	11.01.05	HABILITADA
LANÇA 4	NORMAL	11.01.05	HABILITADA
LANÇA 5	VENT. MENOR	11.01.05	DESABILITADA
LANÇA 6	VENT. MENOR	11.01.05	DESABILITADA
LANÇA 7	NORMAL	11.01.05	HABILITADA
LANÇA 8	NORMAL	11.01.05	HABILITADA
LANÇA 9	NORMAL	11.01.05	HABILITADA
LANÇA 10	NORMAL	11.01.05	HABILITADA
LANÇA 11	NORMAL	11.01.05	HABILITADA
LANÇA 12	NORMAL	11.01.05	HABILITADA

LANÇA	ESTADO	DATA	ACAO
LANÇA 13	NORMAL	11.01.05	HABILITADA
LANÇA 14	NORMAL	11.01.05	HABILITADA
LANÇA 15	NORMAL	11.01.05	HABILITADA
LANÇA 16	NORMAL	11.01.05	HABILITADA
LANÇA 17	NORMAL	11.01.05	HABILITADA
LANÇA 18	NORMAL	11.01.05	HABILITADA
LANÇA 19	VAC. DA VENT.	11.01.05	DESABILITADA
LANÇA 20	NORMAL	11.01.05	HABILITADA
LANÇA 21	NORMAL	11.01.05	HABILITADA
LANÇA 22	NORMAL	11.01.05	HABILITADA
LANÇA 23	POA CENSO	11.01.05	DESABILITADA
LANÇA 24	NORMAL	11.01.05	HABILITADA

Figura 3 – Operação das linhas de carvão do Alto-forno 2.

**SELECAO PARA ACAO DO REMOTO TOTAL  
&  
SELECAO PARA INJECAO – AF#3**

AF#3.1      ➔ ①      TODAS SELECIONADAS      AF#3.2      ①      TODAS SELECIONADAS

LINHA	ESTADO	DATA	ACAO
LINHA 1	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 3	DESLADA	14.12.05	DESABILITADA
LINHA 5	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 7	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 9	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 11	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 13	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 15	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 17	SEM LANÇA	14.12.05	DESABILITADA
LINHA 19	NORMAL	CARBON+GAS	HABILITADA
LINHA 21	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 23	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 25	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 27	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 29	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 31	NORMAL	07/01/2006	HABILITADA
LINHA 33	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 35	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 37	NORMAL	14.12.05	HABILITADA

LINHA	ESTADO	DATA	ACAO
LINHA 2	SEM LANÇA	14.12.05	DESABILITADA
LINHA 4	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 6	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 8	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 10	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 12	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 14	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 16	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 18	SEM LANÇA	14.12.05	DESABILITADA
LINHA 20	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 22	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 24	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 26	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 28	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 30	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 32	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 34	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 36	NORMAL	14.12.05	HABILITADA
LINHA 38	NORMAL	14.12.05	HABILITADA

Figura 4 – Operação das linhas de carvão do Alto-forno 3.

Com isto, no ano de 2005 foram feitos aprimoramentos das proteções de intertravamento da injeção de carvão pulverizado.

## 6 Intertravamento de Vazão de Sopro para PCI

A Lógica original de intertravamento da vazão de sopro para a injeção de carvão pulverizado,<sup>(4)</sup> PCI, é descrita a seguir: o transmissor de vazão que monitora a vazão de ar soprado de cada tubo reto, tem em seu intertravamento original somente o alarme de vazão baixa. Quando a vazão medida for menor que o valor de alarme ajustado, o sistema fecha a válvula de carvão no distribuidor e a abre a válvula de N<sub>2</sub> de purga, da

lança que injeta neste algaraviz. Isto garante a refrigeração da lança e o não acúmulo de carvão na ventaneira. Caso contrário ocorrerão os problemas relatados em Johansson e Medvedev.<sup>(5)</sup>

A lógica do intertravamento original é composta dos seguintes itens:

- Alarme de vazão baixa (FI.LOW): este alarme é responsável por detectar cascão na ventaneira, ou seja a vazão baixa; e
  - Habilitação do transmissor de vazão (FI Habilitado): esta chave é responsável pela habilitação do monitoramento pelo transmissor de vazão. Esta chave é controlada pelo operador.

A Figura 5 ilustra a lógica original fornecida como engenharia básica pelo fabricante e fornecedor da tecnologia do PCI da CSN, Claudius Peters.

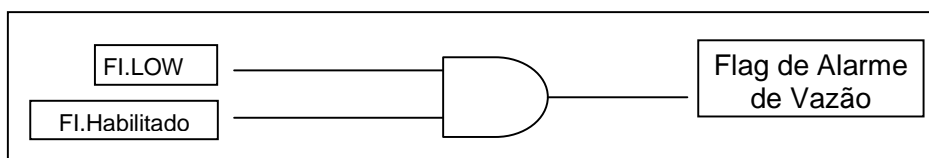


Figura 5 – Lógica original da Claudius Peters.<sup>(4)</sup>

Alguns dos riscos inerentes do ar soprado passando pelo tubo reto juntamente com a injeção de carvão são, por exemplo:

- transmissor de vazão do tubo reto em curto-circuito ou aberto;
- tomada de pressão de alta ou baixa obstruída;
- cascão na ventaneira;
- desgaste da restrição (Venturi de refratário interno ao tubo reto); e
- pressão remanescente na célula de delta P do transmissor de vazão.

Outro problema encontrado foi a grande oscilação de abertura e fechamento das válvulas de carvão e purga, ocasionadas pela variação de vazão no limiar entre o valor normal de operação e o valor de alarme de vazão baixa. Com este tipo de comportamento se tem um grande desgaste das válvulas automáticas pneumáticas, reduzindo assim a vida útil das esferas das válvulas. Cabe lembrar que no total são 76 válvulas esfera automática para o Alto-Forno 3 e 48 para o Alto-Forno 2.

## 7 NOVAS LÓGICAS DE INTERTRAVAMENTO

As novas condições previstas para o aprimoramento das proteções são:

- Alarme de vazão baixa (FI.LOW): este alarme é original do projeto do PCI da Claudius Peters. Sua função é detectar cascão na frente da ventaneira bem como indicar tomada impulso de alta obstruída.
- Alarme de vazão alta (FI.HIGH): este alarme é responsável por detectar a tomada de impulso de baixa do transmissor obstruída ou o arrombamento do algaraviz. Se não fosse criado este alarme, ocorreria a medição de forma errada, não indicando a vazão real, o que poderia provocar até mesmo a explosão do algaraviz.
- Alarme de malha aberta (FI.IOP -): este alarme é responsável por detectar o fio de instrumentação do transmissor aberto. Se não fosse criado este tipo de alarme, poderia ocorrer o intertravamento erroneamente, já que a vazão

poderia estar em um nível normal de operação, mas o transmissor indicar a vazão em zero.

- Alarme de malha em curto (**FI.IOP**): este alarme é responsável por detectar transmissor de vazão em curto. Se não fosse criado este alarme, poderia não ocorrer à medição adequada pelo transmissor, podendo provocar até mesmo a explosão do algaraviz, por vazão baixa, sem haver a indicação.
- Alarme de queda brusca da vazão (**FI.VEL-**): este alarme é responsável por detectar cascão no algaraviz com a vantagem de não precisar de limite inferior (FI.LOW) ou tomada de impulso de alta obstruída;
- Alarme de queda brusca da vazão (**FI.VEL+**): este alarme é responsável por detectar o arrombamento ou tomada de impulso de baixa obstruída.

Além dos alarmes descritos anteriormente, existe a habilitação do transmissor efetuada pelo operador, como é mostrado a seguir.

- Habilitação do transmissor de vazão (FI.Habilitado): além de ser a chave de habilitação do monitoramento do transmissor de vazão, ela controla o “set” e o “reset” do “flip-flop”, que em sua lógica de intertravamento o que evita a oscilação das válvulas de carvão do distribuidor, caso o valor medido de vazão esteja perto do limiar de alarme.

## 7.1 Significado dos Alarmes IOP e IOP

Os alarmes IOP e IOP - são alarmes de falha que podem ocorrer na medição do transmissor de vazão.

- **IOP**: este alarme significa que a malha está recebendo um sinal maior que 21mA, significando que os fios analógicos do transmissor de vazão podem estar em curto-circuito entre si ou para terra, ou outro defeito qualquer do transmissor.
- **IOP -** : este alarme significa que a malha esta recendo um sinal menor que 3,9 mA, significando que o cabo analógico do transmissor de vazão pode estar com seu circuito aberto ou outro defeito eletrônico no transmissor.

## 7.2 Cálculos de VEL + e VEL -

Os valores máximos de variação (derivada no tempo) de vazão de ar soprado no tubo reto são mostrados na Tabela 3.

**Tabela 3** - Valores máximos das variações das vazões

Alto-Forno	Faixa de Medida	Alarmes de VEL + e VEL -
2	0 a 200 Nm <sup>3</sup> /min	40 m/s
3	0 a 300 Nm <sup>3</sup> /min	50 m/s

O gráfico da Figura 6 ilustra a variação brusca da vazão do tubo reto em função do tempo. Neste momento tem-se o alarme por VEL -, no Alto-Forno 2.

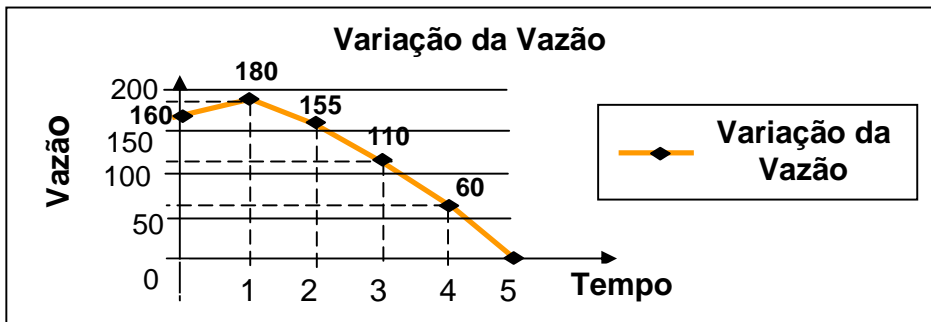


Figura 6 – Alarme de variação da vazão no tempo.

Na Tabela 4, tem-se o resumo dos valores ajustados para o conjunto de alarmes para os Altos-Fornos 2 e 3.

Tabela 4 – Valores típicos de alarme

Alarme	AF#2	AF#3
LOW	60 Nm³/min	100 Nm³/min
HIGH	140 Nm³/min	250 Nm³/min
VEL <sub>±</sub>	40 Nm³/min	50 m³/min

### 7.3 Desenvolvimento do Intertravamento do Projeto Original

A lógica do aprimoramento do projeto original contempla os novos alarmes de vazão do tubo reto. Além disto foi acrescentado a lógica um “**Flip-flop**” tipo RS, que tem a função de manter a válvula de carvão sem oscilações na abertura e fechamento, no momento em que ocorrer as oscilação da vazão de ar soprado pelo tubo reto entre o valor limiar do alarme de vazão baixa e normal de operação.

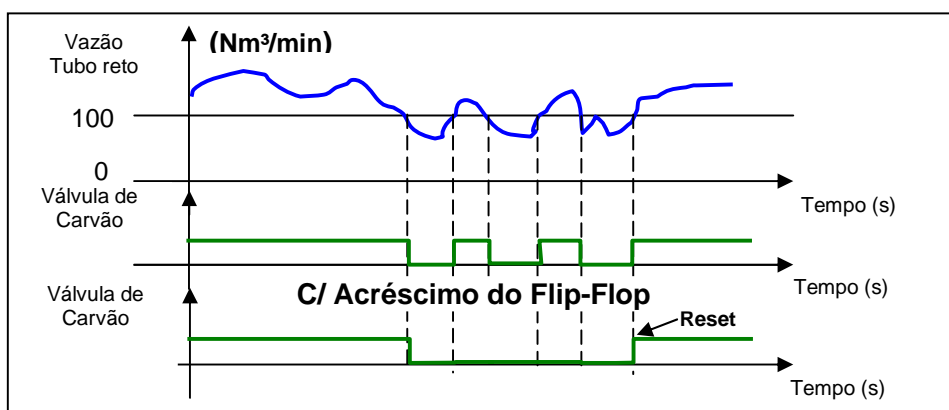
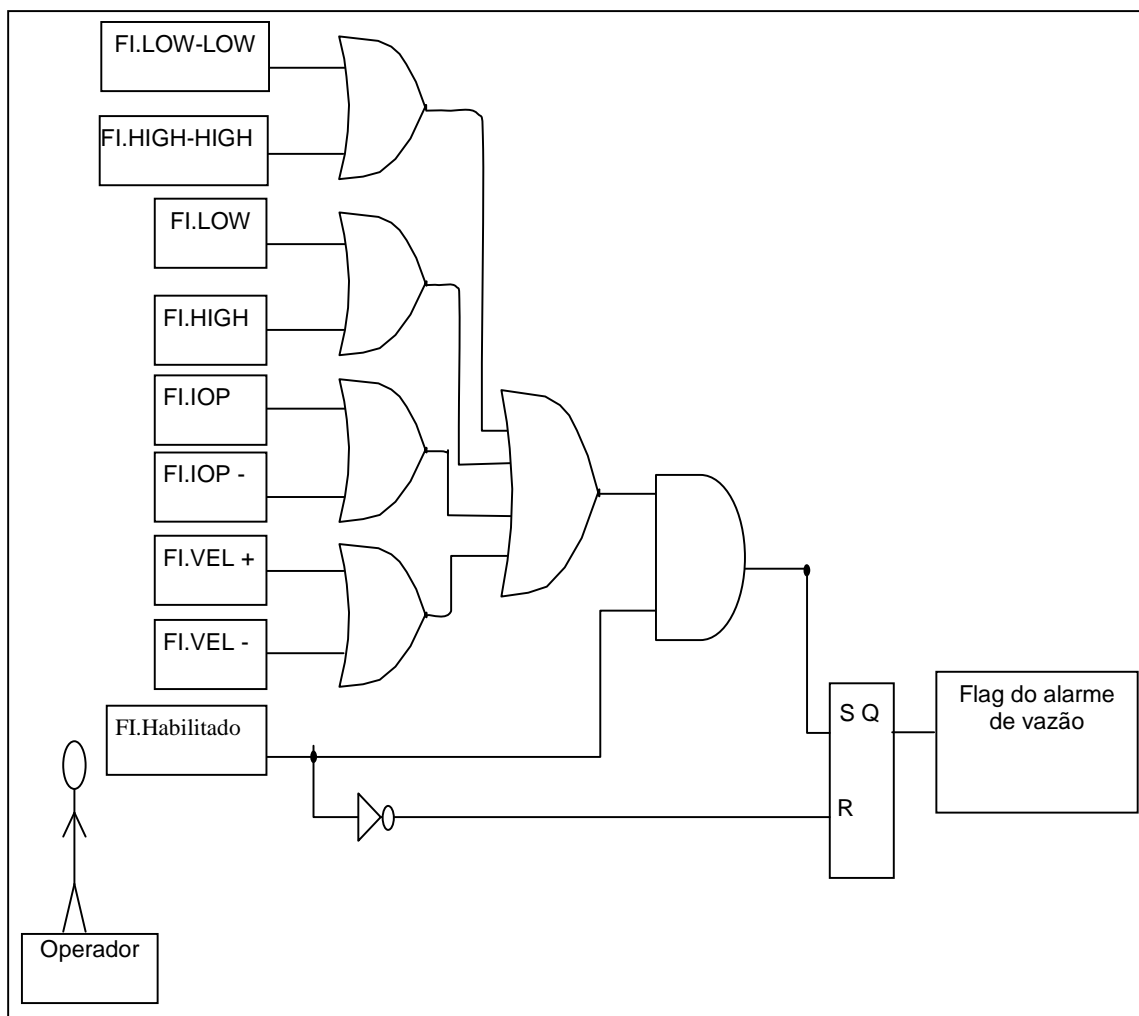


Figura 7 – Oscilações da válvula de carvão com e sem o “Flip-Flop”.

O gráfico da Figura 7 ilustra o limiar de vazão mínima do Alto-Forno 3 de 100 [Nm³/min] e o comportamento da válvula de carvão com e sem o “Flip-flop”.

A lógica destes novos intertravamentos e a incorporação do “Flip-flop” tipo RS, são mostrados na Figura 8.





**Figura 8** – Intertravamento de vazão e tabela de funcionamento do Flip-Flop.

## 8 INJEÇÃO EM LANÇA DUPLA EM MESMO ALGARAVIZ

A injeção em lança dupla traz uma melhor eficiência na queima do carvão pulverizado, reduzindo o “coque rate”. Maiores detalhes sobre lança dupla podem ser obtidos em Mota e Nora.<sup>(3)</sup> Foi implantado na CSN, a injeção por lança dupla de carvão em mesmo algaraviz, o que afeta o intertravamento da vazão, de forma mínima já que a linha de carvão (antiga lança) será bifurcada em duas lanças, que injetarão no mesmo algaraviz.

Foram criadas as telas gráficas 75 e 76 para o Alto-Forno 3 e tela 74 para o Alto-Forno 2. Estas telas visam o controle e monitoração dos detetores de carvão das novas lanças duplas de injeção. A Figura 9 mostra a tela gráfica 71, que é semelhante as outras duas.

**SELECAO PARA INJECAO LANCA DUPLA - AF# 3.1**

ESQUERDA				DIREITA					
FJ	LANÇAS	ESTADO	DATA	ACAO	FJ	LANÇAS	ESTADO	DATA	ACAO
○	LANÇA 1E	NORMAL	1E	HABILITADA	●	LANÇA 1D	NORMAL	1D	HABILITADA
●	LANÇA 3E	SEM LANÇA	3E	DESABILITADA	●	LANÇA 3D	SEM LANÇA	3D	DESABILITADA
●	LANÇA 5E	NORMAL	5E	HABILITADA	○	LANÇA 5D	NORMAL	5D	HABILITADA
●	LANÇA 7E	NORMAL	7E	HABILITADA	●	LANÇA 7D	NORMAL	7D	HABILITADA
●	LANÇA 9E	NORMAL	9E	HABILITADA	●	LANÇA 9D	NORMAL	9D	HABILITADA
●	LANÇA 11E	NORMAL	11E	HABILITADA	●	LANÇA 11D	SEM LANÇA	11D	DESABILITADA
●	LANÇA 13E	NORMAL	13E	HABILITADA	●	LANÇA 13D	NORMAL	13D	HABILITADA
●	LANÇA 15E	NORMAL	15E	HABILITADA	●	LANÇA 15D	NORMAL	15D	HABILITADA
●	LANÇA 17E	SEM LANÇA	17E	DESABILITADA	●	LANÇA 17D	SEM LANÇA	17D	DESABILITADA
●	LANÇA 19E	NORMAL	19E	HABILITADA	●	LANÇA 19D	NORMAL	19D	HABILITADA
●	LANÇA 21E	NORMAL	21E	HABILITADA	●	LANÇA 21D	SEM LANÇA	21D	DESABILITADA
●	LANÇA 23E	NZ AUXILIAR	23E	DESABILITADA	●	LANÇA 23D	NORMAL	23D	HABILITADA
○	LANÇA 25E	NORMAL	25E	HABILITADA	●	LANÇA 25D	NORMAL	25D	HABILITADA
●	LANÇA 27E	NORMAL	27E	HABILITADA	●	LANÇA 27D	NORMAL	27D	HABILITADA
●	LANÇA 29E	NORMAL	29E	HABILITADA	●	LANÇA 29D	NORMAL	29D	HABILITADA
●	LANÇA 31E	NORMAL	31E	HABILITADA	●	LANÇA 31D	NORMAL	31D	HABILITADA
●	LANÇA 33E	NORMAL	33E	HABILITADA	●	LANÇA 33D	NORMAL	33D	HABILITADA
●	LANÇA 35E	NORMAL	35E	HABILITADA	●	LANÇA 35D	NORMAL	35D	HABILITADA
●	LANÇA 37E	NORMAL	37E	HABILITADA	●	LANÇA 37D	NORMAL	37D	HABILITADA

**Figura 9** – Monitoramento das lanças de carvão pulverizado.

Esta matriz de gerenciamento das lanças duplas em funcionamento deve ser atualizada toda vez em que a disposição das lanças na sala de corridas for modificada, principalmente na volta da MP (Parada programada para manutenção) do forno.

## 9 RESULTADOS

Houve o aumento da segurança operacional do sistema de sopro dos altos-fornos da CSN com as telas gráficas de gerenciamento operacional das lanças de injeção de carvão que proporcionaram uma matriz filtro de software que aliada ao novo conjunto de intertravamento facilitou a operação das lanças de carvão, acabando com os problemas de segurança.

Houve o acréscimo dos alarmes e intertravamentos de segurança para os transmissores de vazão, o que proporcionou também a fácil identificação do problema pela equipe de manutenção. Este trabalho proporcionou também um aumento da vida útil das válvulas automáticas de carvão e purga, reduzindo o número excessivo de operações.

## 10 DISCUSSÃO

Mota e Nora.<sup>(3)</sup> mostram o intertravamento da vazão para injeção da lança dupla em algaravizes adjacentes. Na prática, a injeção em lança dupla em algaravizes adjacentes se mostrou confusa ao operador, e foi descartada pela CSN.

Neste trabalho o intertravamento foi desenvolvido para a injeção de carvão em mesmo algaraviz, o que tornou o sistema de intertravamento menos complexo e também com redução no coque rate.

Weber e Schumpe<sup>(4)</sup> deve adequar o sistema de intertravamento de vazão original ao mostrado neste trabalho, o que proporcionará um menor risco de acidentes ao sistema de ar soprado, como o risco de explosões de algaravizes.

## 11 CONCLUSÕES

O transmissor de vazão do tubo reto é um dispositivo de baixa manutenção e confiável, que nos proporcionou sem dúvida nenhuma, junto com sua automação um meio de não haver a perda da produção, pela parada do alto-forno.

As novas lógicas implantadas proporcionaram novos meios de se manter a operação da injeção de carvão pulverizado com maior segurança proporcionada por funções predefinidas do SDCD Yokogawa. O aprimoramento da lógica de intertravamento aumentou a segurança e eliminou enchimento do tubo reto com carvão pulverizado.

A automação deste sistema, veio a garantir a segurança, uma melhor atuação das válvulas no intertravamento, um primoroso controle do sistema por parte da operação, além de proporcionar que o projeto da lança dupla de carvão pulverizado em mesmo algaraviz utilizado nos altos-fornos da CSN, entrasse em operação sem nenhum risco no processo de obtenção do gusa e pessoas envolvidas, e tornando o sistema mais versátil na injeção de combustíveis nos altos-fornos da CSN.

## REFERÊNCIAS

- 1 Alli Fabiano; Development of a measurement system of blast flow rate in the tuyere breast of Arcelor Mittal Mourvade Blast furnace A. São Luiz/ MA: 38º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 3<sup>rd</sup> International Meeting September/ 2008;
- 2 Bortoni, E.C.; Souza Z.. Instrumentação para Sistemas Energéticos e Industriais. Itajubá/MG: Gráfica e Editor Novo Mundo Ltda, 2006;
- 3 Motta, R.S.N., Nora, B. S.; Automação do Sistema de Lança Dupla para Injeção de Carvão Pulverizado nos Altos-Fornos da CSN. Vassouras/RJ: Universidade Severino Sombra, Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Elétrica, 2009;
- 4 Weber, A.. Schumpe. H. Loop Control software for CSN/PCI/Brazil Injection systems. Hamburgo/ Alemanha: BMH Claudius Peters® A.G., Maio/ 1995;
- 5 Johansson A.; Medvedev, A. Detection of Incipient Clogging in Pulverized Coal Injection Lines. Lulea/ Suécia: IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.36, Nº 3 , May/June 2000.