

# DIGITALIZAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE DOS CANHÕES DE LAMA DO ALTO-FORNO 1, COM ATUALIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE SUAS UNIDADES HIDRÁULICAS <sup>1</sup>

*Leonardo Flôres Fajardo* <sup>2</sup>

*Luis Carlos Ferreira da Silva* <sup>3</sup>

*Célio Geraldo Ferreira* <sup>4</sup>

*Volmer Moura Filho* <sup>5</sup>

*Marco José Barreto de Oliveira Lima* <sup>6</sup>

*Douglas Ruy* <sup>7</sup>

## **Resumo**

O projeto de Digitalização do Sistema de Controle dos Canhões de Lama do Alto-Forno 1, com melhorias em suas Unidades Hidráulicas, visou dotar de maior confiabilidade os canhões de lama através da substituição do sistema de controle realizado por relés eletromecânicos, por um sistema digital de controle, e através da atualização tecnológica de suas unidades hidráulicas. A atualização tecnológica do sistema permitiu ainda um melhor diagnóstico de falhas, maior suporte a operação, e melhoria do acompanhamento preditivo do sistema.

**Palavras-chave:** Prolongamento de vida útil; Atualização tecnológica; Predição; Análise de falhas.

## **CST's BLAST FURNACE # 1 MUD GUNS CONTROL SYSTEM AUTOMATION AND ITS HYDRAULIC SYSTEM TECHNOLOGICAL UPDATE**

## **Abstract**

The CST's Blast Furnace #1 mud guns control system automation and its hydraulic system technological update, provides a high reliability for the mud guns.

The replacement of the conventional eletromechanical relay control for a digital control system and the improvements done on its hydraulics, allows better fault analysis, larger operation support and a better predictive follow-up through historical data storage.

**Key words:** Useful life prolongation; Technological update; Prediction; Fault analysis

<sup>1</sup> Trabalho técnico apresentado ao X Seminário de Automação de Processos, 4 a 6 de outubro de 2006, Belo Horizonte – MG.

<sup>2</sup> Especialista de Manutenção da Seção de Manutenção de Controle de Processo dos Altos-Fornos da Companhia Siderúrgica de Tubarão - CST - Serra – ES.

<sup>3</sup> Técnico de Manutenção da Seção de Manutenção de Controle de Processo dos Altos-Fornos da Companhia Siderúrgica de Tubarão - CST- Serra - ES.

<sup>4</sup> Especialista de Engenharia da Divisão de Engenharia Elétrica e Eletrônica da Companhia Siderúrgica de Tubarão - CST - Serra – ES.

<sup>5</sup> Técnico de Inspeção Elétrica da Seção de Manutenção de Controle de Processo dos Altos-Fornos da Companhia Siderúrgica de Tubarão - CST - Serra – ES.

<sup>6</sup> Coordenador de Engenharia da Divisão de Engenharia Elétrica e Eletrônica da Companhia Siderúrgica de Tubarão - CST - Serra – ES.

<sup>7</sup> Gerente da Seção de Manutenção de Controle de Processo dos Altos-Fornos da Companhia Siderúrgica de Tubarão - CST – Serra – ES.

## **1 INTRODUÇÃO**

O projeto implementado consistiu na substituição de todos os relés eletromecânicos utilizados no controle e supervisão das operações dos canhões de lama por sistemas digitais de controle utilizando a tecnologia de Controladores Lógicos Programáveis, com CPU's em configuração Hot Stand-By, supervisão de processo e registro de eventos e de alarmes. Também consistiu na atualização tecnológica da Unidade Hidráulica, inserindo novas válvulas direcionais, proporcionais, transmissores de vazão, transmissores de pressão, pressostatos, filtros de ar / óleo, etc.

A atualização tecnológica da Unidade Hidráulica associada à utilização de um sistema de supervisão para acompanhamento de movimentos, eventos e gráficos, permite um melhor diagnóstico de falhas (tais como vazamentos no sistema hidráulico, desempenho dos cilindros), além de maior suporte a operação e melhoria do acompanhamento preditivo do sistema através do armazenamento de dados históricos.

A implantação deste projeto propiciou uma maior confiabilidade para os canhões de lama e conseqüentemente melhoria da estabilidade do Alto-Forno 1, uma das premissas básicas para o prolongamento de vida útil do mesmo.

A seção 2 apresenta a descrição funcional dos canhões de lama e do seu sistema de controle anterior. A seção 3 apresenta as principais modificações e melhorias implantadas. Na seção 4 é dado destaque as modificações no sistema de controle, enquanto a seção 5 destaca as melhorias implantadas nas unidades hidráulicas.

## **2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO E DO ANTIGO SISTEMA**

Para a retirada do ferro gusa e da escória do interior do Alto-Forno, são realizadas perfurações no mesmo, na altura da região chamada "cadinho", onde estes elementos encontram-se armazenados, após o processo de redução.

Estas perfurações são feitas em determinados pontos do cadinho, denominadas "furos de gusa", por onde são vazadas as corridas de gusa. O equipamento usado para abertura do furo de gusa é o "perfurador". Após a corrida, o furo de gusa precisa ser novamente tamponado, utilizando-se um equipamento denominado de "canhão de lama" ou "canhão obturador". Nos intervalos entre corridas, o canhão deve ser carregado com massa de obturação, elemento que posteriormente é injetado no furo de gusa em quantidade suficiente para o seu fechamento (a operação é realizada sem redução de pressão do Alto-Forno).

O Alto-Forno 1 possui quatro canais de corrida, e, conseqüentemente, quatro canhões, sendo que em condições normais dois deles operam alternadamente, um encontra-se em manutenção, enquanto o quarto encontra-se em condição de reserva.



controle, os relés de controle e os contatores responsáveis pelo controle dos canhões.

Para realizar a operação de fechamento do furo de gusa, os canhões de lama possuem três movimentos básicos: giro, inclinação e injeção de massa. Cada movimento está associado à energização das válvulas solenóides que se encontram instaladas nos blocos hidráulicos próximos a cada canhão e à conseqüente movimentação de cilindros hidráulicos (para inclinação e injeção) e de motores hidráulicos para o giro (um por canhão).

### **3 PRINCIPAIS MODIFICAÇÕES E MELHORIAS**

Segue abaixo lista das principais modificações e melhorias implantadas na Unidade Hidráulica e no Sistema de Controle e Acionamento.

#### **3.1 Sistema de Controle e Acionamento**

- Substituição dos relés eletromecânicos por tecnologia de PLC's em configuração hot stand-by, com desenvolvimento de software para a digitalização do sistema de controle dos quatro canhões de lama;
- Implantação de sistema supervisorio composto por micro e impressora de eventos e alarmes;
- Montagem de novo painel para o PLC;
- Substituição da mesa de operação, relocando-a da sala do Granulador para a sala de operação dos canhões;
- Criação de nova mesa de emergência na sala do Granulador;
- Implantação de sistema de monitoração de integridade das válvulas solenóides;
- Substituição da caixa de bornes da unidade hidráulica e
- Substituição dos contatores de força de acionamento das válvulas solenóides.

#### **3.2 Atualização Tecnológica da Unidade Hidráulica**

- Implantação de melhoria que permite variações na velocidade de injeção de massa através da substituição da válvula de injeção por nova válvula proporcional;
- Implementação de cálculo de quantidade de massa injetada através de novo medidor de vazão de óleo instalado na linha de avanço da injeção;
- Substituição das válvulas de giro e inclinação por válvulas novas;
- Instalação de medidor de vazão na linha de dreno do motor hidráulico;
- Instalação de medidor de vazão na linha de saída da bomba;
- Instalação de 4 pressostatos para monitoração dos movimentos do canhão;
- Monitoração da pressão na linha de N2 e na linha de óleo do acumulador;
- Monitoração da pressão na linha de avanço da injeção e na linha de avanço do giro;
- Instalação de filtro na linha de pressão de pilotagem da válvula proporcional;
- Instalação de filtro na linha de retorno do óleo e
- Instalação de 2 filtros de ar no tanque de óleo.

## 4 SISTEMA DE CONTROLE DOS CANHÕES

O controle dos canhões de lama está sendo realizado por 2 PLC's, onde cada PLC é composto por 2 CPU's funcionando em hot stand-by, utilizando rede de comunicação de dados redundante.

Esses PLC's se comunicam com um Sistema de Supervisão através de rede Industrial Ethernet (Ethernet TCP-IP, 10/100 Mbps), utilizando para isto um processador de comunicação.



Figura 4. Painel do PLC e vista interna do mesmo (CPU e cartões de I/O)

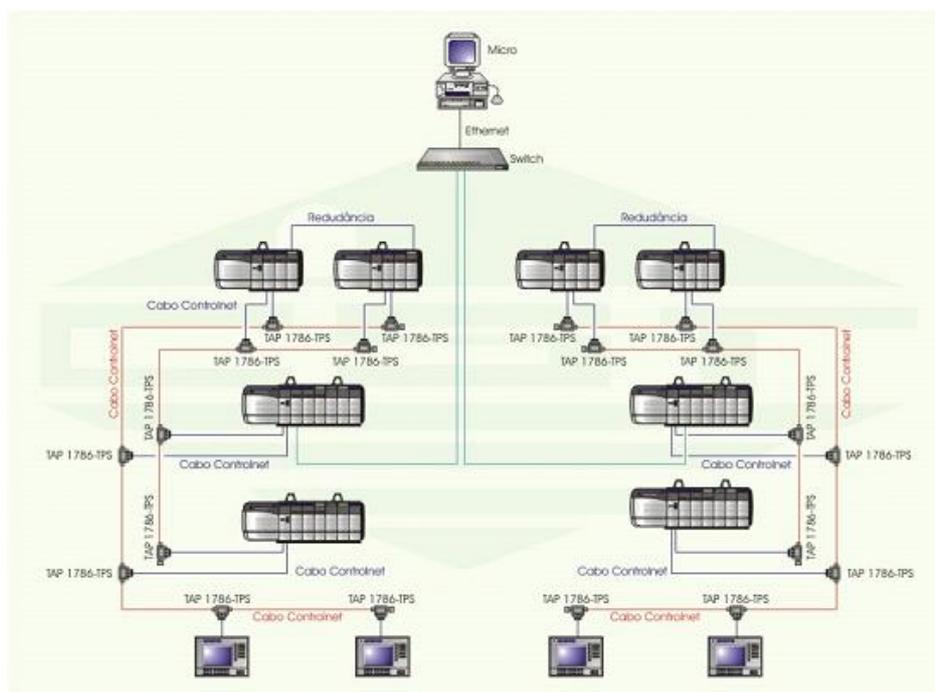


Figura 5. Configuração do sistema

### 4.1 Supervisório

Devido à necessidade de um melhor diagnóstico do comportamento dos canhões de lama, fez-se necessária a implantação de um Sistema de Supervisão para acompanhamento de seus movimentos, diagnósticos e gráficos.

Tal registro contempla todos os eventos referentes ao movimento de cada canhão (informações de comandos para energização de solenóides, atuação de limites de campo, atuações manuais para ligar controles remotos, bombas hidráulicas, etc.), assim como a medição de corrente das válvulas solenóides que acionam os

movimentos dos canhões e das diversas medições de pressão e vazão de óleo implementadas.

Merece destaque a implantação de um sistema de monitoração da integridade das válvulas solenóides, referente aos acionamentos dos movimentos do canhão, de forma a gerar um alarme em caso de falha de alguma solenóide, preliminarmente ao uso do canhão (ou seja, identificar em quais momentos houve energização das solenóides).

O registro de alarmes e eventos é comum para todos os canhões, realizado através da implantação de um sistema de supervisão, composto por um micro e uma impressora de eventos que se encontra instalado na Sala Elétrica da Casa de Corrida 2 e destinado somente para supervisão e registro, não sendo prevista operação através deste.



**Figura 6.** Telas do supervisório (canhão de lama, multi-tendência, registro de alarmes eventos)

#### **4.2 Operação dos Canhões de Lama Utilizando o PLC**

Com a digitalização dos canhões, as mesas de operação situadas nas salas dos Granuladores de Escória foram substituídas por Novas Mesas de Operação localizadas nas salas de operação dos canhões. Estas mesas são responsáveis pelo comando individual dos solenóides, comando da bomba hidráulica e modos de operação do canhão.

A seleção de operação através de controle remoto ou mesa de operação é realizada através de atuação em chave instalada na mesa de operação. Os comandos implementados tanto através das mesas de controle, quanto através do controle remoto, são levados às salas elétricas da casa de corrida 1 (canhões 1 e 2) e da casa de corrida 2 (canhões 3 e 4), onde se encontram instalados os painéis de PLC com os contadores responsáveis pelo controle dos canhões.

Encontra-se nas novas mesas, o PanelView (IHM), que se comunica com os seus respectivos controladores através de rede industrial ControlNet (não redundante), responsáveis pela indicação da injeção e do movimento de inclinação, da pressão da bomba hidráulica, bem como indicadores de alarmes e falha geral, tempo de espera, confirmação de trava do movimento de giro e de pressão no bico de injeção.



**Figura 7.** Nova mesa de operação (em destaque o PanelView) e mesa de emergência

Além disso, Novas Mesas de Emergências foram instaladas nas salas dos Granuladores de Escória, criando-se alternativa além das mesas de emergência da unidade hidráulica, proporcionando mais confiabilidade ao sistema.

## 5 MELHORIAS NA UNIDADE HIDRÁULICA

Com o projeto de digitalização dos canhões de lama, a unidade hidráulica passou por atualizações tecnológicas a fim de adequar-se ao sistema possibilitando uma maior monitoração, aumentando a confiabilidade do processo.

### 5.1 Variação da Velocidade de Injeção de Massa

A principal melhoria operacional deste projeto foi a substituição da válvula de injeção por uma nova válvula proporcional de injeção possibilitando uma variação na velocidade de injeção para um melhor fechamento de furo de gusa, aumentando a estabilidade do Alto-Forno.

A tabela abaixo apresenta um exemplo onde se injeta 120 kg de massa a 100% de abertura da válvula, reduzido em seguida para 60% com a injeção de mais 120 kg, e o restante da massa sendo injetada com 30% de abertura da válvula.

**Tabela 1.** Tabela de variação da velocidade de injeção

Quantidade de Massa Injetada (Kg)	Abertura da Válvula de Injeção de Massa (%)
0 – 120	100
120 – 240	60
> 240	30

O resultado desta variação de velocidade de injeção de massa pode ser visto na figura abaixo:

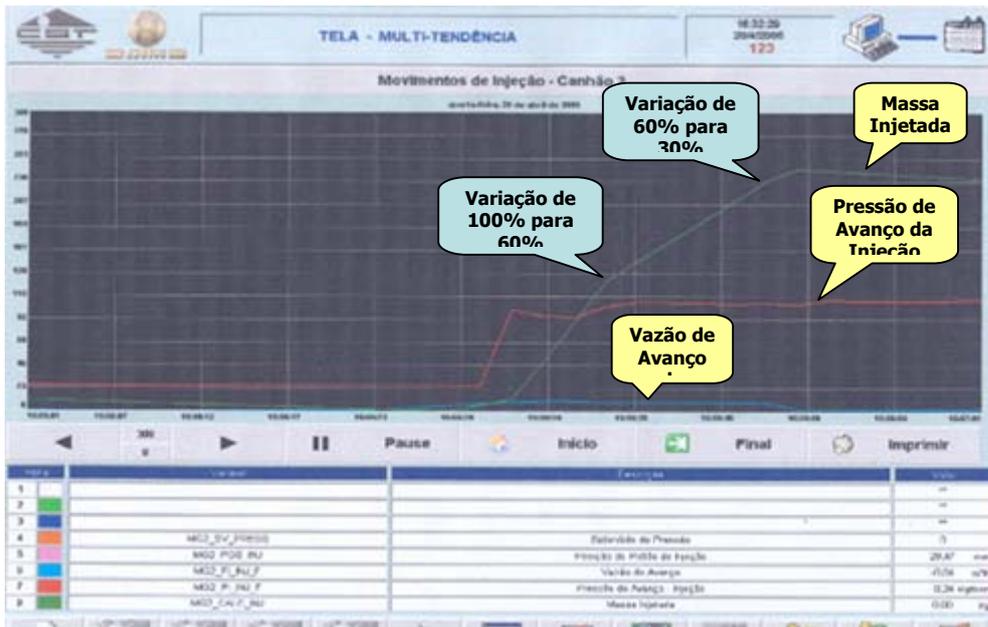


Figura 8. Tela do supervisor (gráfico de variação da velocidade de injeção)



Figura 9. Tela do supervisor (tela de configuração da velocidade)

## 5.2 Cálculo da Quantidade de Massa Injetada

Antes da implantação desta melhoria, o operador ao injetar massa possuía apenas a referência de um selsyn para informação do deslocamento do cilindro de injeção de massa. Porém, este sistema é bastante antigo e apresenta muitas falhas devido à existência de um cabo de aço acoplado ao cilindro e com histórico de se romper com frequência.

Visando gerar uma maior confiabilidade ao sistema de indicação de posição do cilindro de injeção, foi implantado um sistema que calcula a quantidade de massa injetada utilizando a correlação entre a vazão de óleo no movimento de injeção com a quantidade de massa injetada. Isto é possível devido a instalação de um medidor de vazão de óleo na linha de injeção de massa.

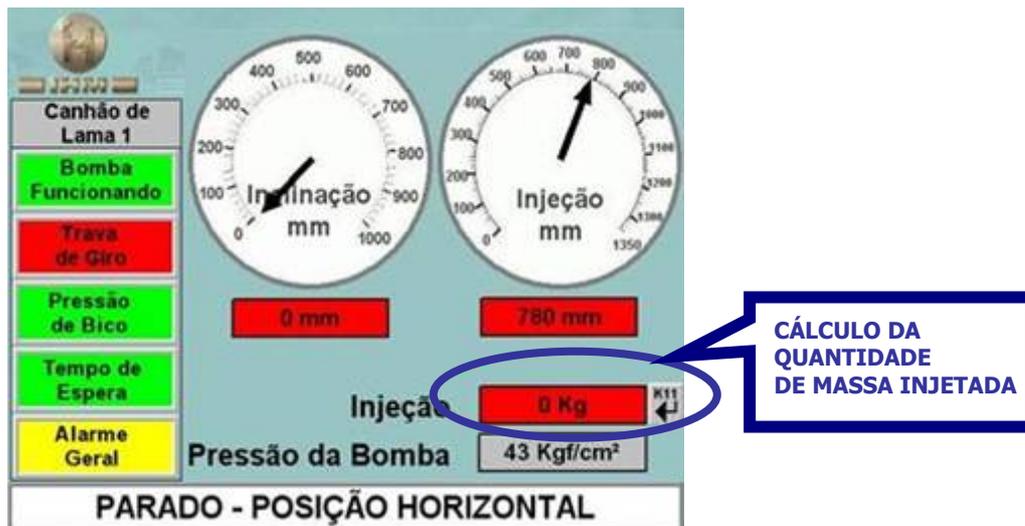


Figura 10. Tela do PanelView (indicação da quantidade de massa injetada)

## 6 RESULTADOS

O projeto de Digitalização do Sistema de Controle dos Canhões de Lama do Alto-Forno 1 da CST- Arcelor Brasil, trouxe a manutenção recursos para um melhor diagnóstico de falhas e melhorias no acompanhamento preditivo do comportamento do sistema através de dados históricos. A verificação da eficácia deste projeto se faz presente na redução acentuada de ocorrências de turno no ano em que este projeto foi implantado (1º Semestre / 2005), conforme mostrado na figura abaixo.

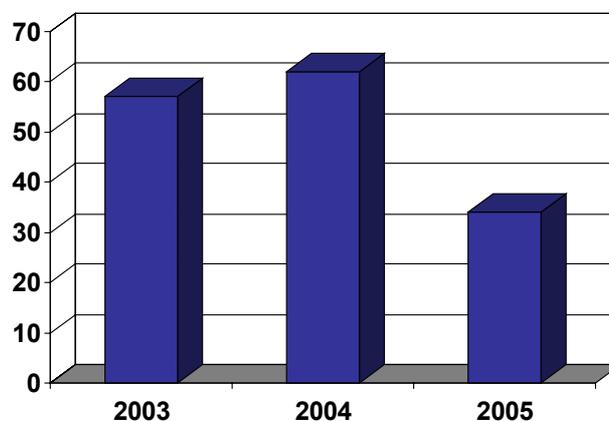


Figura 11. Histórico de Ocorrências de Turno nos Canhões de Lama do AF1

## 7 CONCLUSÃO

Espera-se, com a implantação deste projeto, obter uma maior confiabilidade para os canhões de lama e conseqüente melhoria da estabilidade do AF#1, uma das premissas básicas para o prolongamento de vida útil do mesmo (PVU). Notamos também que, em função dos treinamentos que foram realizados durante o processo de migração do projeto, houve uma melhora significativa do conhecimento dos eletricitistas e operadores do Alto-Forno 1 quanto ao funcionamento e análise de falhas nos canhões.

## **Agradecimentos**

Agradecemos aos engenheiros Douglas Ruy e Joilson Nazareth Seabra pelo apoio durante a fase de especificação técnica do projeto. A IHM, Bosch Rexroth, Rotec, LG e Macrotec por participarem das fases de engenharia, fornecimento e montagem do projeto.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1 ABM. **Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais**. Disponível em: <http://www.abmbrasil.com.br>. Acesso em: 27 de Abril de 2006.
- 2 COMPANHIA SIDERÚRGICA DE TUBARÃO. **Anais de seminários técnicos de manutenção**. Vitória, 2002.
- 3 COMPANHIA SIDERÚRGICA DE TUBARÃO. **Padrões técnicos de manutenção**. Vitória, 2005.
- 4 COMPANHIA SIDERÚRGICA DE TUBARÃO. **Relatório de diagnose do Alto Forno 1**. Vitória, 2002.