

# AUTOMAÇÃO DO PROCESSO HÍBRIDO DE PELOTA E SÍNTER (HPS) PARA A PLANTA DE SINTERIZAÇÃO DA BELGO ARCELOR MONLEVADE<sup>1</sup>

*Denise Viana<sup>2</sup>*

*Nelson Tavares do Couto<sup>3</sup>*

*Flávio Márcio de Lima<sup>4</sup>*

*Geraldo Eustáquio da Silva<sup>5</sup>*

## **Resumo**

Este trabalho tem por objetivo apresentar o projeto de implantação do processo HPS (Hybrid Pelletized Sinter) na planta de sinterização existente da Belgo Arcelor em João Monlevade, Minas Gerais. Este processo híbrido envolvendo pelletização e sinterização permite que uma gama de minérios finos impróprios para a sinterização convencional possa ser aproveitada, gerando grande economia para as empresas e melhoria ao meio ambiente, com a redução dos rejeitos nas barragens de contenção das mineradoras. O HPS foi desenvolvido pela NKK e a primeira planta a utilizar esta tecnologia foi a sinterização da usina de Fukuyama no Japão. A tecnologia consiste em passar a mistura primária por discos rotativos para aglomeração das partículas e formação das pelotas que em seguida são recobertas por uma camada de coque e alimentadas na máquina de sinter. Para possibilitar a implantação do HPS foram incluídos novos equipamentos, painéis elétricos e instrumentos na área da sinterização. Coube à IHM o desenvolvimento do projeto elétrico, projeto de instalação, projeto de rede, especificações dos equipamentos e materiais elétricos, desenvolvimento dos aplicativos, fornecimento dos painéis elétricos e equipamentos de controle e processo, montagem elétrica, supervisão e Start up. Um dos principais desafios técnico e gerencial para o desenvolvimento e implantação do sistema foi a interação contínua com o fornecedor do processo devido à distância e as barreiras culturais e idiomáticas. Também pesou o ineditismo da tecnologia no país e a introdução na Belgo Arcelor de CCM's inteligentes e equipamentos de diversos fornecedores interligados em rede DeviceNet.

**Palavras-chave:** HPS; Híbrido; Sinterização; Pelotização.

## **AUTOMATION OF THE HYBRID PELLETIZED SYNTER (HPS) PROCESS FOR THE SINTERING PLANT AT BELGO ARCELOR MONLEVADE**

### **Abstract**

The main goal of this article is to present the implementation of the HPS project (Hybrid Pelletized Synter) at the existing sinter plant at Belgo Arcelor João Monlevade, Minas Gerais. This hybrid process involving pelletizing and sintering allows iron ore fines, unsuitable to be processed on existing facilities to be consumed, resulting in great savings for the company and improvement to the environment with waste reducing. The HPS technology was developed by NKK and the first plant to implement it was the sinter plant at Fukuyama, Japan. The project was implemented by IHM Engenharia and required the inclusion of new equipments, electric panels and instruments to the sinter process. The project scope comprehend the electrical and installation project, air conditioning, fire detection system, SCADA supervision system development, PLC programming, electrical equipment specification, panels assembling and testing (including medium voltage switchgear panel revamp and rewiring, low voltage distribution switchgear, smart MMC and PLC panel supply), field hookup and electrical component mounting supervising, startup and assisted operation.

**Key words:** HPS; Hybrid; Sinter; Pelletizing.

---

<sup>1</sup> X Seminário de Automação de Processos, 04 a 06 de outubro de 2006, Belo Horizonte, MG.

<sup>2</sup> Formada em Engenharia Elétrica pelo CEFET-MG.

<sup>3</sup> Técnico em Eletrônica - Escola Técnica de Eletrônica FMC.

<sup>4</sup> Formado em Engenharia Elétrica pela UFMG.

<sup>5</sup> Formado em Engenharia Elétrica pelo CEFET-MG.

## **1 INTRODUÇÃO**

Este trabalho descreve em detalhes o projeto de implantação do processo HPS (Hybrid Pelletized Sinter) na planta de sinterização existente da Belgo Arcelor em João Monlevade, Minas Gerais. Inicialmente é descrito o processo de sinterização em linhas gerais, seguido de considerações sobre o projeto e a tecnologia HPS. Em seguida, é detalhado o escopo do projeto e o sistema de controle utilizado. Finalmente, são apresentados os resultados alcançados e a conclusão.

### **1.1 Sinterização em Linhas Gerais e Posicionamento do Projeto**

O processo de sinterização consiste em transformar minérios de ferro finos (granulometria entre 0,105 e 6,3mm), classificados como Sinter Feed, em um produto aglomerado, com granulometria apropriada para carregamento no alto-forno. O minério é misturado com finos de carvão ou coque, fundentes (cal, etc.) e água para controlar a umidade, em seguida a mistura é alimentada na máquina de sinter e passa por um forno de ignição em uma velocidade controlada. Com o aumento da temperatura até cerca de 1150°C as partículas se unem devido a uma fusão parcial dando origem a um material resistente e poroso chamado sinter.<sup>(1)</sup> O mecanismo de queima da mistura na máquina de sinter depende da permeabilidade do material para que a frente de chama iniciada no forno de ignição avance para interior da camada de forma uniforme fazendo com que a maior parte possível da carga se transforme em sinter produto. Para que isto seja possível na sinterização convencional é necessário que o minério tenha uma granulometria mínima, isto é, os minérios mais finos com granulometria menor que 0,15 mm chamados pellet feed não são aproveitados. O desenvolvimento do HPS visa o aproveitamento destes finos utilizando a máquina de sinter existente.

### **1.2 Considerações Gerais sobre o Projeto**

O projeto para implantação do processo envolve a construção de uma planta de pelotização dentro da sinterização existente. Um desvio é feito na saída da área de mistura, levando o material para os discos de pelotização. Após pelotizado o material recebe a adição de finos de coque (Coque Breeze) e passa por um misturador secundário chamado de Coating-mixer, daí o material é transportado de volta para a linha que alimenta a máquina de sinter.

#### **1.2.1 Turn Key, descrição do escopo**

A IHM Engenharia forneceu o pacote completo para o sistema elétrico e a automação pelo sistema turn key. O escopo do fornecimento incluiu o projeto elétrico, projeto de instalação, projeto de rede, projeto do sistema de ar condicionado, sistema de incêndio, especificação de compra dos novos equipamentos e materiais elétricos, desenvolvimento dos aplicativos, fornecimento dos painéis elétricos e equipamentos de controle e processo, montagem elétrica, testes dos quadros de distribuição de média e baixa tensão, CCM's inteligentes, supervisão, start up, operação assistida e treinamento dos aplicativos do sistema.

## **2 EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA HPS**

O HPS foi desenvolvido pela NKK a partir de 1978 no Japão. O início da produção utilizando esta tecnologia ocorreu em 1988 na planta de sinterização nº5 de Fukuyama. No Brasil existem hoje duas plantas utilizando este processo, sendo uma delas a Belgo Arcelor em Monlevade com início de operação no final de 2002. A IHM Engenharia foi a fornecedora do sistema elétrico e automação para as duas unidades.

## **3 AS NECESSIDADES DO CLIENTE**

Para a Belgo Arcelor a utilização de 100% de minério próprio proveniente da mina do Andrade no mix de minérios para a sinterização tinha uma importância estratégica para a redução do custo com minérios granulados de custo elevado, além da simplificação da logística de compra e armazenamento de Sinter Feed externo. O produto da mina de Andrade, devido às suas características geológicas e do processo de extração e beneficiamento, compõe-se de um misto de Sinter Feed e Pellet Feed que necessitava ser misturado com minérios granulados para correção da carga numa proporção não superior a 60%.<sup>(2)</sup> Vale lembrar que a mina de Andrade fica a alguns quilômetros da usina e opera com estrada de ferro própria.

Por outro lado, a pelotização e a instalação do SSW (Segregation Slit Wire) na alimentação da máquina permitiram uma melhoria na permeabilidade possibilitando o aumento no nível da camada com conseqüente aumento de produção e rendimento. A necessidade de redução de custo e aumento da produção para atender a demanda do novo alto forno "A" foram as principais razões que levaram a Belgo Arcelor a buscar a alternativa de implantação do HPS.

Em relação ao desenvolvimento do projeto elétrico e automação a Belgo Arcelor necessitava de uma empresa que pudesse fornecer um sistema de supervisão moderno, que atendesse aos requisitos de simplicidade de manutenção, aumentasse a capacidade de diagnóstico e permitisse a fácil parametrização do processo. Também era importante que a empresa tivesse capacidade de fornecer o sistema no regime turn key, com todo o gerenciamento necessário para o desenvolvimento, montagem e fornecimento dos componentes do sistema elétrico.

## **4 O PROJETO**

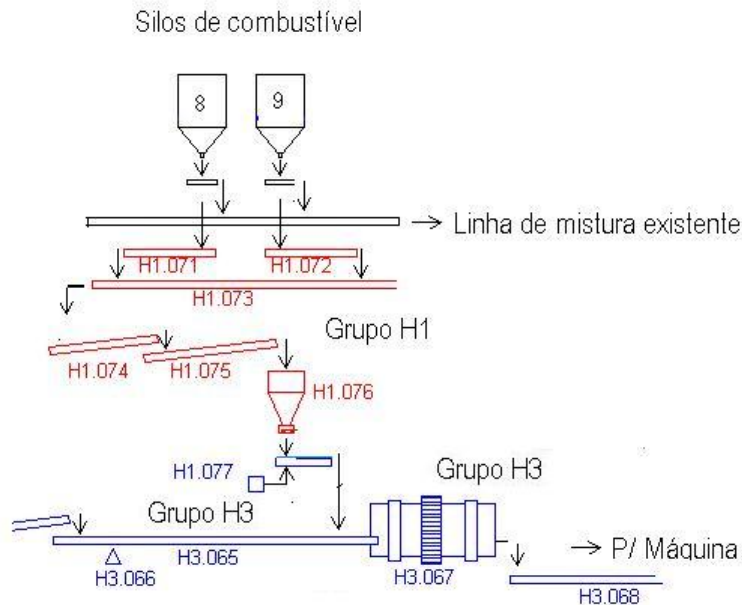
### **4.1 Escopo Detalhado do Projeto**

A instalação do HPS envolveu o acréscimo de quatro grupos de transporte, armazenamento e pelotização de material como se segue.

#### **4.1.1 Grupo H1: transporte do coque Breeze até a dosadora H1.075**

O grupo H1 é composto de um conjunto de transportadoras com a função de levar o coque breeze ou outro combustível armazenados nos silos 8 e 9 do sistema de dosagem até o silo H1.076, que alimenta a dosadora H1.077 (Figura 1). As transportadoras H1.071 e H1.072 no início da seqüência são responsáveis por desviar o coque proveniente das dosadoras E1.021 e E1.022 para o HPS. A seleção das rotas HPS ou convencional é feita no supervisório, entretanto o posicionamento das transportadoras é feito manualmente. Sensores de posição nas transportadoras indicam a rota selecionada no supervisório e confirmam a seleção feita pelo

operador. Caso haja divergência de posição a dosagem de material é parada por intertravamento. Através do posicionamento das transportadoras o operador pode selecionar se o combustível armazenado nos silos 8 e 9 serão dosados antes ou após a pelletização. A função da dosadora H1.077 é dosar o combustível sobre o material pelletizado passando na correia H3.065 que será misturado no Coating Mixer para recobrimento das pelotas.



Fonte: Operation Mode Plan da Hitachi Zosen Corporation (HPS Belgo Arcelor)

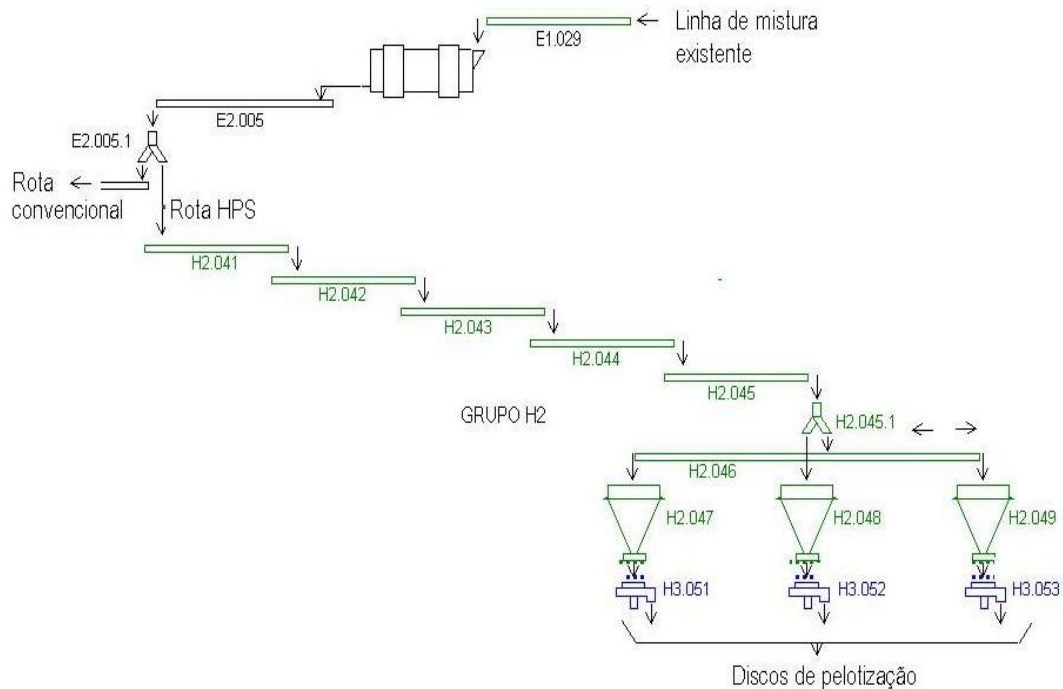
**Figura 1.** Grupo H1

#### 4.1.2 Grupo H2: transporte da mistura até os silos dos discos

O material da linha de mistura do sistema convencional é desviado após a transportadora E2.005 para o grupo H2 do HPS. Este grupo, composto de transportadoras e chutes de desvios tem a função de distribuir o material nos Silos dos discos de pelletização. O chute de desvio E2.005.1 posicionado manualmente no campo direciona o material para a transportadora H1.041. Um sensor de posição indica se a rota convencional ou do HPS está selecionada. Assim é possível utilizar o HPS ou a rota convencional para alimentar a máquina de sinter. Porém, após o bom desempenho do HPS na Belgo Arcelor, a logística para compra e armazenamento de outros minérios foi eliminada e a opção da rota convencional foi completamente abandonada no presente. Na seqüência H2 existem dois controles fundamentais para o funcionamento do HPS: o controle de nível nos silos de mistura dos discos e o controle de umidade do material.

O controle de distribuição do material nos silos de mistura é feito através do controle de duas variáveis simultaneamente, o tempo de alimentação de cada silo e o fluxo total de mistura no sistema de dosagem. A finalidade destes controles é manter um nível médio que possibilitem uma continuidade no processo de mistura, mesmo quando há pequenas paradas nos discos de pelletização. Ao mesmo tempo permitem que a pelletização continue funcionando quando há pequenas paradas na linha de mistura. O controle de fluxo da mistura total é feito através do set point calculado para cada dosadora de material individualmente. A mistura total e a contribuição de cada dosadora é configurada no supervisório de acordo com o leito calculado pelo laboratório e o planejamento da produção. A distribuição do material nos silos de mistura é feita através da posição do chute H2.045.1 e a reversão da

transportadora H2.046 para alimentar alternadamente cada silo por um tempo determinado pelo operador. Este tempo é ajustado em função das diferenças entre os níveis dos silos para manter uma equalização entre eles.



Fonte: Operation Mode Plan da Hitachi Zosen Corporation (HPS Belgo Arcelor)

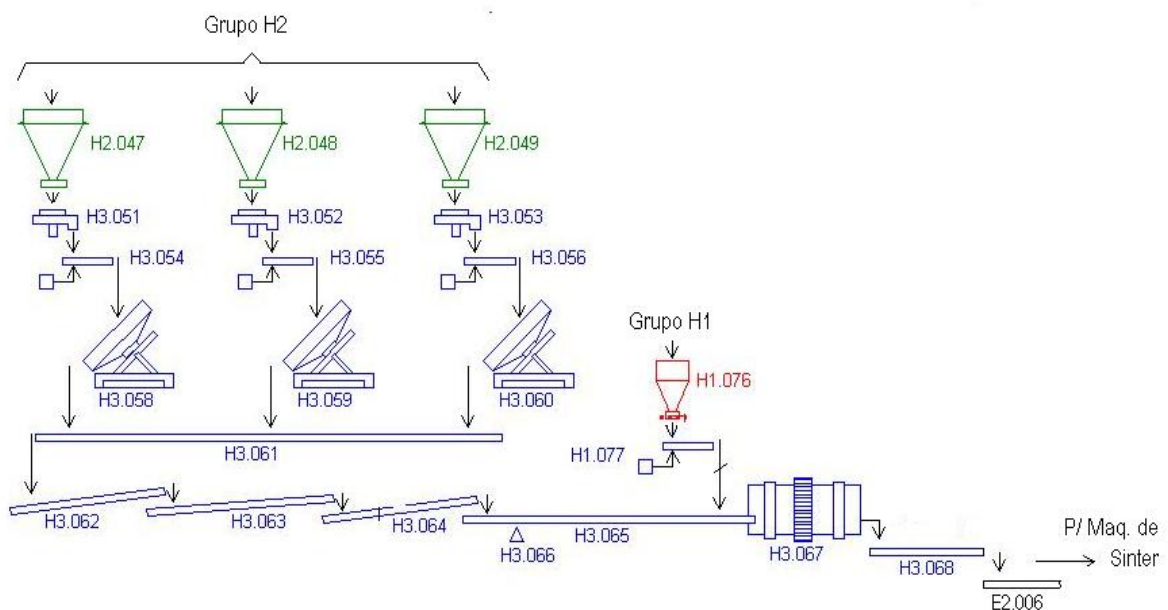
**Figura 2.** Grupo H2

A umidade por sua vez é uma das variáveis mais importantes no processo do HPS. É através do controle de umidade que a formação das pelotas é garantida e a permeabilidade ideal é atingida na máquina de sinter. A injeção controlada de água é feita no misturador, através de duas válvulas responsáveis pelo ajuste grosso e fino de vazão. O ajuste grosso e fino é feito em relação ao fluxo de material medido na transportadora E1.029 e o setpoint de umidade desejado (Figura 2). O ajuste fino, quando o sistema está em controle de umidade automático, é corrigido em função da indicação da umidade na transportadora H2.043 do HPS. O posicionamento e ajuste do instrumento de medição de umidade foi um dos grandes desafios do projeto, devido ao grande número de variáveis que interferem na medição, como a luz e coloração do material, etc. O instrumento foi instalado em varias posições antes que houvesse confiança na medição. Até hoje uma rotina de verificação intensiva é realizada pelo departamento de instrumentação para que haja possibilidade de controle automático da umidade.

#### 4.1.3 Grupo H3: pelletização

A pelletização é composta por três discos que recebem material de forma controlada dos silos de mistura. Três "Table Feeders" alimentam os discos com vazão controlada de acordo com a carga da máquina de sinter. A velocidade e a inclinação dos discos são ajustados para a aglomeração de pelotas com a granulação desejada. O ângulo de inclinação do disco 1 é ajustado através de um motor e nos outros discos este ajuste é feito mecanicamente. A umidade final do material pelletizado é ajustada através de um sistema de spray com bicos distribuídos sobre

os discos de pelotização. Um medidor de umidade instalado na transportadora H3.065 fornece o feedback para o controlador de umidade que atua nas válvulas proporcionais que controlam a vazão de água para cada disco. Após pelotizado o material é transportado até o misturador secundário, o Coating Mixer. Na transportadora H3.065, dependendo da seleção da rota estabelecida no grupo H1, o combustível é adicionado pela dosadora H1.077, proporcionalmente ao fluxo de material medido na correia e ao setpoint de percentual de combustível ajustado no supervisório. O material misturado no Coating mixer segue pelas transportadoras H3.068, E2.006 e E2.007 até o silo da máquina de sinter (Figura 3). O desafio no grupo H3 é o controle de nível do silo da máquina, devido ao pequeno volume deste e o tempo de transporte entre a extração nos Table Feeders. Foi adotado um controle que permite selecionar entre manipular o set point da extração de mistura nos silos dos discos e a variação da velocidade da máquina para o controle do nível.



Fonte: Operation Mode Plan da Hitachi Zosen Corporation (HPS Belgo Arcelor)  
**Figura 3.** Grupo H3

#### 4.1.4 Grupo H4: linha de pelotização

Na área da máquina foi incluído um grupo de equipamentos para adequação da alimentação da máquina ao processo HPS. Este grupo denominado H4 é composto dos seguintes equipamentos:

##### 4.1.4.1 SSW e Drum chute

O SSW (Segregation Slit Wire) é responsável pela estratificação da camada de acordo com a granulometria do material. Devido à disposição dos cabos na saída do rolo alimentador da máquina, o dispositivo faz uma seleção direcionando o material mais grosso para trás no sentido do fluxo, desta forma o material mais fino que passa mais facilmente pela malha de cabos, se acomoda na parte superior da camada. O equipamento possui um sistema de limpeza dos cabos. Em intervalos programados dois motores ligados aos cabos são acionados fazendo com que eles deslizem através de orifícios nos suportes. Assim o excesso de material acumulado nos cabos é raspado nos suportes e caem na máquina. Como a aderência do material nos cabos é intensa os motores são acionados em intervalos bastante

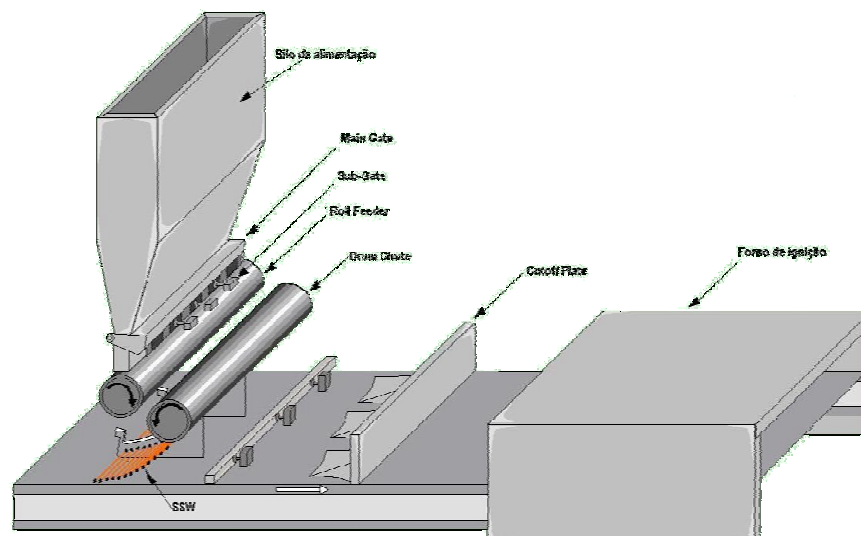
curtos para possibilitar a eficiência da técnica e minimizar o efeito negativo no controle de nível da máquina, como veremos mais abaixo no controle dos sub gates. O Drum Chute é basicamente um cilindro rotativo que direciona o material de forma uniforme para o SSW. O ajuste da velocidade de rotação é feito de forma mecânica no dispositivo de transmissão do equipamento.

#### 4.1.4.2 Main Gate e Sub Gates

O Main Gate ou comporta principal é o mecanismo que suporta os Sub Gates ou sub comportas. O Main Gate é atuado por um motor para ajuste de abertura. O posicionamento do Main Gate define um ajuste grosso para o subsequente ajuste fino nos Sub Gates. Um encoder é usado para detectar precisamente a abertura do Main Gate. Os Sub Gates motorizados são responsáveis pelo controle de fluxo de material impulsionado pelo rolo alimentador da máquina. Desta forma a abertura do Sub Gate é a variável manipulada do controlador de nível da camada da máquina. São cinco Sub Gates sendo que apenas os três centrais são atuados automaticamente pelo controlador de nível. Os dois laterais são atuados manualmente e ficam em posição fixa de acordo com o nível que se deseja controlar. Para controle de nível foram instaladas três sondas tipo laser que controlam as três faixas centrais da máquina. A dificuldade no controle do nível é devida principalmente à inserção do SSW entre o rolo alimentador e os medidores de nível, de forma tal que há um atraso variável na ação de controle que depende de mudança de característica do material, velocidade da máquina entre outros. Para contornar este problema foi implementado um algoritmo de controle dedicado que leva em consideração os comandos de limpeza da máquina, o tempo de resposta baseado na velocidade e a resposta do mecanismo dos Sub Gates.

#### 4.1.4.3 Cutoff Plate

O cutoff Plate é basicamente uma placa com a função de nivelar a camada de material que entra no forno de ignição (Figura 4). Trata-se de um equipamento motorizado de operação local com comando para ajustar a altura da placa. Um encoder instalado no mecanismo de acionamento envia sinal para indicação da posição no supervisório.



Fonte: Adaptado de esquemático fornecido pela JP Stell Plantech Co. (HPS Belgo Arcelor)

**Figura 4.** Equipamentos do Grupo H4

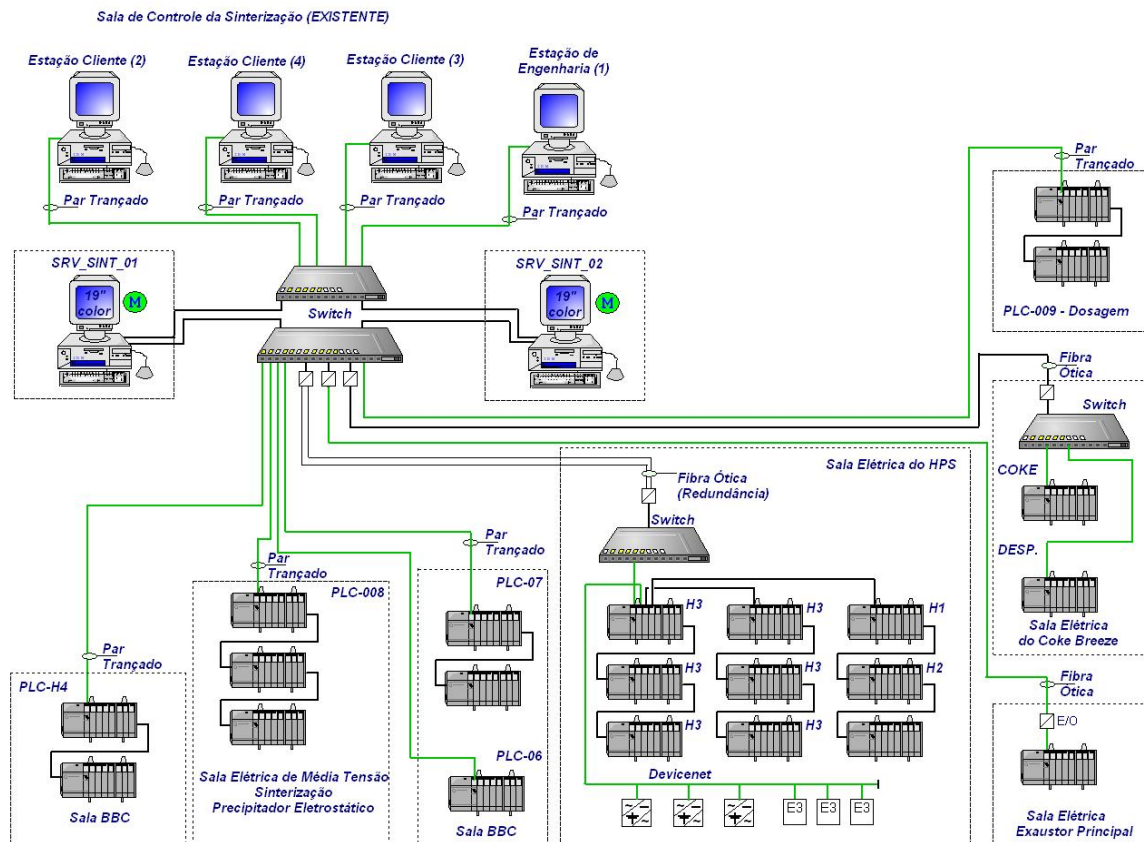


## 4.2 Configuração do Sistema de Controle

O sistema de controle é composto de controladores PLC's interligados em rede Ethernet usando fibra ótica com as estações de supervisão. Os CCM's, dosadoras e inversores são ligados em rede DeviceNet com os PLC's.

## 4.3 Tecnologia Utilizada para Controle

Antes da implantação do HPS, a sinterização era controlada por mesas de comando e sinalização discretos utilizando botões e lâmpadas. Os ajustes de dosagem e outras variáveis de processo eram feitos por controladores analógicos. No HPS foi adotado uma tecnologia de controle das mais modernas, envolvendo a implantação de redes de dispositivos e CCM's inteligentes. Este projeto foi pioneiro na Belgo Arcelor Monlevade em relação ao uso de rede de chão de fábrica e CCM's utilizando relés de proteção inteligentes de última geração. Os inversores de frequência que controlam os motores dos discos e as dosadoras de material estão conectados em rede com os controladores. O software de supervisão utiliza os recursos gráficos do RSVIEW da Rockwell com a filosofia operacional IHM-PRO que simplifica a configuração do sistema, a parametrização do processo, o acréscimo de variáveis analógicas ou digitais e até mesmo a inclusão de equipamentos comandados. A Figura 5 mostra a configuração do sistema de controle.



Fonte: tela capturada do sistema de supervisão (Belgo Arcelor)

**Figura 5.** Configuração do sistema de controle



## 5 RESULTADOS ALCANÇADOS

A implantação do HPS na Belgo Arcelor permitiu a utilização de 100% de minério da mina do Andrade desde a partida do HPS em janeiro de 2003, conseguindo desta maneira uma redução no custo e aumento da produção, suficiente para atender a demanda do Alto Forno.

O sistema de controle implantado possibilitou maior agilidade e segurança na operação, diagnósticos mais precisos e conseqüente diminuição do número e do tempo de parada.

## 6 CONCLUSÕES

Três aspectos foram fundamentais para o sucesso do projeto de Automação do processo Híbrido de Pelota e Sínter (HPS) para as plantas de sinterização da Belgo Arcelor Monlevade. O primeiro deles foi a tecnologia empregada. Os requisitos de projeto com relação a performance e tempo de implantação foram atendidos graças a versatilidade e robustez dos equipamentos utilizados.

O segundo aspecto foi a capacitação da equipe técnica e gerencial envolvida no processo de implantação. A capacitação técnica da equipe envolvida permitiu extrair o máximo dos recursos disponibilizados pela tecnologia e garantir a rápida solução dos problemas, uma vez que o prazo para implantação da solução era restrito. A complexidade do projeto também exigiu o envolvimento de gerentes de projetos capacitados nas modernas técnicas de gerenciamento.

Por último, o envolvimento e comprometimento da equipe da Belgo Arcelor Monlevade foi fundamental para obtenção de informações sobre o processo e sobre o sistema de controle existente.

### Agradecimentos

As etapas de especificação, desenvolvimento e implantação do projeto HPS se tornaram mais rápida e segura, com a participação dos profissionais das empresas as quais passamos a agradecer:

Empresas:

- Belgo Arcelor João Monlevade.
- IHM Engenharia e Sistemas de Automação.

## REFERÊNCIAS

- 1 RIZZO, E. M. S. ; **Introdução aos processos siderúrgicos**. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2005.
- 2 Belgo Arcelor. **Application of HPS (Hybrid Pelletized Sinter) process at Monlevade Works**. Trabalho apresentado a conferência da ATS - Association Technique de la Sidérurgie. França, 2003. Não publicado.