

"PRINCIPAIS MELHORIAS INCORPORADAS AO PROJETO  
DA NOVA BATERIA DE FORNOS DE COQUE Nº 1 DA CSN"

AUTORES:

WELLINGTON BOSSER CARDOSO	(1)
JORGE LUIZ DE MELLO	(2)
MIGUEL ARCANJO DE OLIVEIRA	(3)
HÉLVIO MESQUITA SOUSA	(4)

RESUMO:

A Coqueria da CSN tem hoje em operação 4 baterias de fornos altos (6,0 m) totalizando 150 células e a bateria nº 2 com 68 fornos de 4,5 m.

A Bateria nº 1, desativada em 1984, tem agora o seu projeto em fa se de construção, devendo entrar em operação em 1989.

O presente trabalho se propõe a apresentar um resumo das principais melhorias de processo, ambientais e econômicas, que foram in corporados à nova Bateria.

1 - INTRODUÇÃO

A partir do balanço de coque projetado para a Usina Presidente Vargas, foi desenvolvido o projeto da primeira Bateria de fornos coque empregando modernas tecnologias e materiais inteiramente nacionais.

O nosso projeto visou substituir a antiga bateria de nº 1 após uma campanha de 38 anos ( 1946-1984 ) e a tender ao planejamento de produção a longo prazo.

- 
- (1) SUPERINTENDENTE DA COQUERIA - CSN
  - (2) ENGº. DE CONTROLE TÉCNICO DE OPERAÇÕES - CSN
  - (3) ENGº. DE PROJETOS-COQUERIA - CSN
  - (4) ENGº. DE PROJETOS-COQUERIA - COBRAPI

## 2 - HISTÓRICO

A bateria de coque nº 1 da CSN, foi inaugurada em 1946, por ocasião do início de operação da Usina de Volta Redonda.

Esta bateria era constituída de 55 fornos de 4,5m de altura , projeto KOPPERS-BECKER, tipo cross-over, underjet.

Em 1972, após 26 anos de operação com bom nível de desempenho , tornou-se necessário efetuar um reparo a quente para recuperação de parte de sua alvenaria refratária e estruturas metálicas.

Após reforma, a bateria ainda atingiu uma sobrevida de 12 anos, sendo finalmente desativada em junho de 1984, quando já apresentava uma série de deficiências, tais como baixa taxa operacional, baixo rendimento térmico, excessiva quantidade de trincas na alvenaria, grande geração de poluição devido a vazamentos , além da obsolescência dos equipamentos em geral.

## 3 - DIRETRIZES BÁSICAS

A decisão de construir a nova bateria, além dos aspectos de custos de investimentos e tempo necessário para reposição da produção, considerou as seguintes diretrizes para o empreendimento:

- execução de um projeto partindo da concepção original da antiga bateria (KOPPERS-BECKER), introduzindo uma série de melhorias, fruto da experiência obtida na operação das demais baterias existentes na usina Presidente Vargas e outras usinas do grupo SIDERBRÁS.
- nacionalização completa dos equipamentos inclusive material refratário.
- definições de projeto levando em conta a vinculação com a futura substituição da bateria nº 2
- reaproveitamento das fundações existentes da antiga bateria e silos de carvão.
- introdução de tecnologias modernas visando melhoria de produtividade e conforto do homem, inclusive no que se refere a controle ambiental.

4- CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS


---

Produção	1300 t/dia
Número de Fornos	75
Tipo de aquecimento	cross-over underjet
Altura do forno	4,5m
Largura média do forno	438 mm
Comprimento do forno	13157 mm
Volume útil	23 m <sup>3</sup>
Carga por forno	16,4 ton
Tempo de coqueificação	17 horas
Rendimento carvão/coque	76,3 %
Temperatura máxima	1320 °C
Pressão máxima nos fornos	1,5 psi
Pressão nos coletores	8 mm H <sub>2</sub> O
Número de jogos de máquinas	2

---

## 5 - ESTUDOS DESENVOLVIDOS E MELHORAS INCORPORADAS

Durante o desenvolvimento do projeto foram realizados diversos estudos objetivando identificar as soluções técnicas mais adequadas e de tal forma garantir o funcionamento da bateria dentro dos parâmetros recomendados pelas modernas práticas operacionais.

Dentre estes estudos citam-se

- Refratário

Todo o projeto de refratários foi desenvolvido visando o atendimento das características necessárias à boa performance da bateria e com índices de qualidade possíveis de serem adquiridos no mercado nacional. (Fig. I.).

Para o estudo de definição das condições de projeto, além de visitas técnicas às coquearias existentes no país foram considerados dados de experiência do acompanhamento de montagem, preaquecimento, posta em marcha e regulagem de várias baterias acompanhadas pela equipe CSN/COBRAPI nos últimos anos.

Também foram efetuados levantamentos estatísticos de perfil de temperatura na bateria existente (Fig.II), bem como condições apresentadas pela alvenaria refratária, observadas quando do desmonte da bateria desativada.

O estudo realizado objetivou a identificação de melhorias possíveis de serem introduzidas no projeto de refratários, bem como na especificação dos materiais a serem usados.

Como resultado foram definidas várias aplicações no projeto, como se segue:

- . utilização de tijolos de sílica densa ( $d = 1,8$ ) nas paredes em contato com o carvão.
- . modificações na parte superior dos canais refratários condutores de gás (sole-flues) para permitir a introdução de dispositivos de regulagem de abertura dos orifícios.
- . subdivisão interna dos empilhamentos dos regeneradores para possibilitar uma melhor regulagem dos fluxos de ar, gás e fumaça, bem como modificação da geometria dos tijolos checkers.

. introdução de mais uma camada de tijolos isolantes no topo da bateria e isolamento do canal de fumaça e chaminé para melhor aproveitamento do calor sensível dos gases queimados e facilitar a tiragem.

- Comportamento do fluxo gasoso

A distribuição homogênea de temperatura no corpo refratário e a forma de mantê-la controlada são fatores primordiais para a boa operação de uma bateria de fornos de coque.

Com o objetivo de alcançar uma distribuição horizontal de temperatura o mais uniforme possível, optou-se pela introdução de dispositivos de regulagem dos orifícios de distribuição dos gases na base dos regeneradores, possibilitando ajustar a vazão fluídica ao longo dos canais de distribuição de gás combustível, fumaça e ar de combustão.

Para isso, foi efetuado estudo da movimentação dos gases nas diferentes fases do ciclo de reversão, visando identificar o correto comportamento fluidodinâmico, bem como dimensionar com precisão o dispositivo de calibragem introduzido.

Outra parte do estudo visou analisar, em função da ampliação da bateria as novas condições mínimas exigidas para o dimensionamento do canal de fumaça e chaminé.

Executados os estudos, chegou-se a conclusões importantes no que se refere ao comportamento do fluxo gasoso, tais como:

- . identificou-se os caminhos preferenciais para os fluidos ao longo do canal de distribuição horizontal (sole-Flue) e empilhamento, tanto no sentido ascendente quanto no descendente;
- . O posicionamento das caixas de alimentação de ar para combustão estava incorreta, na situação do projeto original;
- . o canal de fumaça e chaminé existentes estavam subdimensionados para as novas condições.

Os subsídios obtidos possibilitaram as seguintes melhorias no novo projeto:

- . a introdução do dispositivo de calibragem de orifícios além de septos divisórios nos regeneradores;

- . a transferência de posicionamento das caixas de alimentação de ar do lado norte (pusher side) para o sul da bateria (coke side), isto é, para o mesmo lado que as caixas de alimentação de gás misto;
- . dimensionamento de novos canais de fumaça e chaminé compatíveis com a nova capacidade de produção da bateria.

#### - Sistema de reversão

Para se obter um coque dentro dos padrões de qualidade exigidos pelos altos fornos necessita-se um controle adequado das trocas térmicas que se desenvolvem na bateria.

Desta forma, o sistema de aquecimento deverá atuar de modo que haja uma carbonização uniforme da carga dentro dos limites de terminados pela boa prática operacional.

O controle de aquecimento é executado pelo sistema de reversão o qual alternadamente direciona e quantifica os fluxos de gases combustíveis, ar e fumaça objetivando a obtenção de um balanceamento homogêneo da energia térmica envolvida, conforme exigido pelo processo.

O estudo realizado objetivou, portanto, identificar o sistema de reversão mais eficiente e confiável de forma a projetá-lo dentro das necessidades da bateria 1.

Desta forma, foram pesquisados os diversos sistemas existentes verificando as vantagens e desvantagens de cada um de maneira a garantir a escolha da solução mais adequada.

Após as análises optou-se por um sistema acionado por cilindros hidráulicos, com comandos e controle por CLP.

Com esse sistema espera-se obter uma grande flexibilidade de ajustes além de uma completa coordenação das diversas fases da operação aliado a uma atuação segura e confiável.

Introduziu-se um sistema "no break", para prevenir falta de energia, bem como um painel semigráfico que permite uma visualização global do conjunto,

Uma outra inovação foi a adoção da troca automática de gás combustível a qual permite realizar uma operação rápida e segura,

proporcionando maior conforto ao homem, visto que torna desnecessária a operação manual para inversão do posicionamento das válvulas de bloqueio.

Também foi introduzido um sistema que permite a modificação da taxa operacional da Bateria através da variação do tempo de pausa, regulável de 0 a 20 min., sendo que a vazão do gás combustível, permanece constante para qualquer ritmo operacional.

- Sistema de supervisão e controle

Uma bateria para operar de maneira eficiente e homogênea, garantindo o produto final dentro das especificações exigidas, necessita de um controle rigoroso e contínuo de seus parâmetros operacionais.

Desta forma, foi estudado a introdução de um sistema com a utilização de computador com o objetivo de :

- . supervisionar as variáveis do processo
- . controlar a instrumentação
- . emissão de relatórios diários e de turnos

O controle computadorizado de coqueificação deverá ser desenvolvido em duas fases distintas. A primeira atenderá apenas o modo de supervisão, através de instrumentação e sistema de medição de temperatura dos tubos de ascensão dos fornos implantados permitindo assim que o computador atue como sistema supervisor dos processos de combustão e coqueificação.

Na segunda fase, a de controle do processo, será acrescido o sistema de medição da temperatura das câmaras de aquecimento e controle da instrumentação com "set point" remoto possibilitando o computador atuar como uma ferramenta ativa na otimização operacional da bateria.

As duas etapas proporcionarão um ajustamento gradual do modelo matemático de processo e evolução segura das condições de operação.

Com a introdução desse sistema de controle, espera-se, na primeira fase, um aumento na produção pela redução de tempo de coqueificação, melhoria na qualidade do coque e diminuição de poluição atmosférica.

Com consequência da segunda fase de implantação haverá uma economia no consumo de gás combustível e um melhor equilíbrio térmico da bateria, acarretando uma operação mais homogênea e melhores condições de trabalho para os operadores.

Esta parte do projeto insere-se no plano geral de automação da Companhia Siderúrgica Nacional, como primeiro passo para a automação das coqueiras, utilizando Know-how nacional e que paulatinamente deverá ser estendido às outras baterias de coque da empresa.

#### -Comportamento estrutural da bateria

Este estudo visou avaliar o comportamento estrutural da bateria considerando a integração da massa refratária, dos buckstays, molas e tirantes quando submetidos ao aquecimento.

Inicialmente foi executada a análise estrutural da bateria na situação originária, com auxílio do programa SAP V, onde a massa refratária foi discretizada em elementos finitos procurando determinar de forma detalhada o papel desempenhado por cada elemento.

A seguir, realizaram-se estudos complementares a fim de se determinar a distribuição de pressão que os buckstays exercem contra a parede refratária, bem como sua função durante o pré-aquecimento.

O processamento pelo computador possibilitou a confirmação de alguns pontos fundamentais envolvidos na análise do problema quais sejam:

- . os buckstays têm como função principal garantir a pressão necessária para manter as portas dos fornos em posição sem que se rompa o lacre de vedação;
- . a técnica de se usar dispositivos especiais ao longo dos buckstays se deve à necessidade de garantir uma pressão uniforme ao longo das portas;
- . durante o pré-aquecimento os buckstays impedem que hajam deformações diferenciais bem como ajudam a argamassa refratária a preencher os vazios existentes.



Com as informações desenvolvidas a partir dos estudos, pode-se projetar todo o sistema estrutural da bateria incluindo-se buckstays, molas e tirantes, com conhecimento completo das funções exercidas pelos diversos elementos, bem como utilizar parâmetros de cálculos perfeitamente identificados e quantificados.

Este estudo contribuiu, de maneira decisiva, para ampliar os conhecimentos tecnológicos dentro da área de aplicação levantando informações preciosas para que o projeto pudesse ser executado dentro de uma base sólida de conhecimentos.

#### - Controle de emissão de fumos e material particulado

Com as atuais preocupações com o meio ambiente reinantes na comunidade siderúrgica, este estudo preocupa-se em identificar as melhores tecnologias que proporcionam condições ambientais adequadas ao homem, bem que sejam capazes de atender as exigências estabelecidas pelos órgãos do setor.

Baseado nas informações levantadas o projeto considerou as seguintes tecnologias:

##### • enformamento

Adoção de sistema selado com carvão evitando-se a emissão de gases poluentes durante esta operação.

Este sistema apresenta a vantagem adicional de baixo custo, quando comparado com as outras tecnologias disponíveis, bem como dispensa o uso de equipamentos adicionais antipoluentes.

Associado ao enformamento selado foi adotado o sistema de aspiração de gases por injeção de licor amoniacal a alta pressão no tubo de ascensão.

##### • desenformamento

A máquina desenformadora terá um dispositivo de vedação dos fumos, situado no equipamento de nivelamento de carvão, bem como a implantação de uma unidade captação dos fumos e material particulado liberados durante a operação de desenformamento do coque.

##### • Portas dos fornos

Foram adotados portas tipo diafragma com isolamento através col-

chões de ar, por já terem sido testados com êxito na CSN.

. Apagamento do Coque

Objetivando minimizar a contaminação atmosférica decorrente do ar raste de partículas pelo vapor gerado durante esta operação, será construída uma nova estação de apagamento a úmido, do tipo chaminé lateral provida com chicanas reguláveis como dispositivos adicionais de controle.

. As máquinas móveis serão dotadas de cabines ergonômicas sendo que a desenformadora será capacitada a realizar as operações de nivelamento e desenformamento simultaneamente.

- Outras Melhorias

. Silos de Carvão

Balança eletrônica com sistema de registro com saída para o computador.

Sistema de proteção contra impacto nas células de carga.

Revestimento das moegas com vidro.

Sistema de detecção de nível

Medidor contínuo de umidade

. Estação de apagamento

Sistema de retirada de moinha de coque através de ponte cavalete

Controle do tempo de banho, espera e ritmo operacional.

Boia de controle de nível do tanque de decantação de moinha.

. Rampa de Coque

Sistema de descarga automática acionado por cilindros pneumáticos com controle programável por CLP.

Cabine para operação

Medição e controle de água de apagamento.

- Topo
  - Acendimento automático do Bleeder
  - Selo hidráulico nos tubos de ascensão.
  - Sistema de limpeza por aspiração.
- Sub-Solo
  - Ventilação natural do Sub-solo

OBS.

O presente relatório descreve as principais tecnologias empregadas na nova bateria 1, sendo fruto de um trabalho desenvolvido por vários especialistas da área de engenharia, manutenção e operação da CSN/COBRAPI.

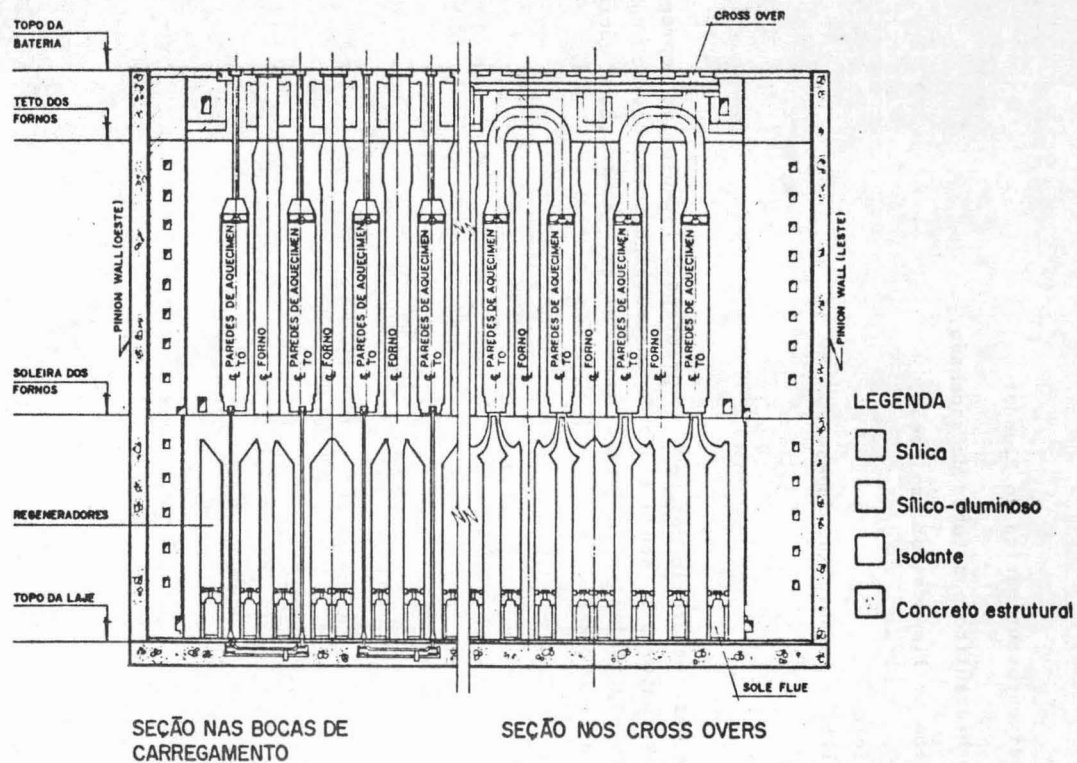


Figura I - BATERIA DE FORNOS I. SEÇÃO LONGITUDINAL-REFRATÁRIOS

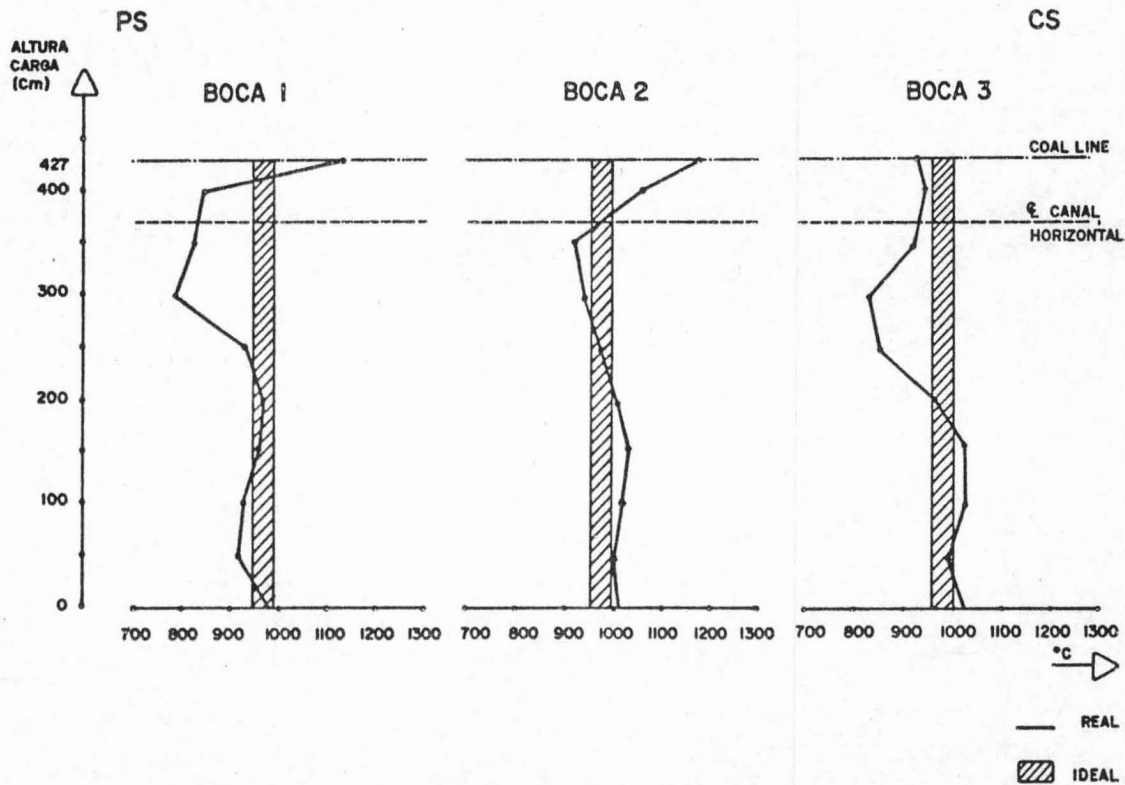


Figura.II - PERFIL DA TEMPERATURA NO CENTRO DA CARGA

