



## REFORMA DO REGENERADOR 2.3 DO ALTO FORNO # 2 DA CSN<sup>1</sup>

*Pedro Coutinho da Silveira Sousa<sup>2</sup>  
Ecy Cardoso Romão<sup>3</sup>  
Joaquim de Paula Pereira<sup>4</sup>  
Marcelo de Ávila Mendes<sup>5</sup>*

### Resumo

Em 2008, foi detectado no Regenerador 2.3 do Alto Forno #2, a queda da parede refratária na câmara de combustão a 12 metros da base, durante manutenção preventiva para troca da válvula de ar quente -VAQ. Em caráter de emergência projetou-se concreto refratário para recompor a parede. Desde então, iniciou-se os estudos para a reforma parcial que ocorreu em 2009, juntamente com a reforma do Alto Forno # 2. A finalidade deste trabalho é apresentar de forma objetiva a situação encontrada nos refratários, as soluções adotadas e os reparos efetuados para manter as funções operacionais do equipamento.

**Palavras-chave:** Altos-fornos; Regeneradores; Refratários.

### REVAMP OF CSN'S BLAST FURNACE #2 STOVE 2.3

### Abstract

In 2008, it was detected on Stove 2.3 of Blast Furnace #2, the fallen of the refractory wall in the combustion chamber, 12 meters far from the base, during the preventive maintenance service, for the replacement of the hot blast valve -VAQ. On emergency basis, refractory castable was gunned to rebuild the wall. Since then, studies were made to carry out a partial revamp, which took place in 2009, together with the revamp of Blast Furnace #2. This paper presents a brief description of the state of the refractory, the solutions adopted and the repairs made to maintain the operational functions of the equipment.

**Key-words:** Blast furnaces; Stoves; Refractory.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 65º Congresso Anual da ABM, 26 a 30 de julho de 2010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

<sup>2</sup> *Gerente de Refratários, Companhia Siderúrgica Nacional - CSN.*

<sup>3</sup> *Gerente de Projetos, Companhia Siderúrgica Nacional – CSN.*

<sup>4</sup> *Engenheiro de Manutenção Refratária, Companhia Siderúrgica Nacional – CSN.*

<sup>5</sup> *Técnico de Manutenção Refratária, Companhia Siderúrgica Nacional – CSN.*



## 1 INTRODUÇÃO

O Regenerador # 3 do Alto Forno # 2 da CSN foi submetido à reforma geral em Setembro de 1981, e em Fevereiro de 1991, após cerca de 10 anos em operação, ele sofreu um reparo parcial. Em 2000, a CSN e a DME realizaram um estudo de diagnóstico, após 19 anos em operação e próximos ao encerramento da campanha de projeto - prevista para 20 anos, visando a subsidiar o prolongamento da campanha e o planejamento da reforma geral desses equipamentos. Em 2002 devido a um colapso Refratário da Câmara de Empilhamento a 6m da base, foi realizada uma reforma geral de emergência.<sup>(1)</sup> Nosso trabalho inicia-se a partir de 2008 quando foi detectada a queda da parede refratária na câmara de combustão na elevação 12.000, durante manutenção preventiva para troca da válvula de ar quente – VAQ.<sup>(2)</sup> O Quadro 1 apresenta o resumo dos principais eventos ocorridos neste período e a Tabela 1 apresenta as principais características de projeto dos Regeneradores do Alto Forno # 2 da CSN.

- ✓ 1981- Reforma Geral;
- ✓ 1991- Reforma Parcial – Troca do revestimento refratário na câmara de combustão;
- ✓ 2000- Diagnóstico pela CSN e DME para prolongamento da campanha;
- ✓ 2002- Reforma geral de emergência - Colapso Refratário da Câmara de Empilhamento a 6m da base.
- ✓ 2008- Detectado queda na parede refratária na câmara de combustão, na elevação 12.000.
- ✓ 2009- Reforma parcial – Câmara de combustão, Parede divisória, Domo e Checkers

**Quadro 1** – Principais eventos ocorridos no equipamento.<sup>(2)</sup>

**Tabela 1** – Principais Características de Projeto dos Regeneradores do Alto Forno # 2 da CSN

Projeto	GHH-DIDIER (1979)
N.º de Regeneradores	3
Tipo	Câmara de Combustão Interna
Queimador	Metálico
Temperatura do Domo	1.350°C
Temperatura de Sopro	1.150°C
Volume de Sopro	160.000Nm <sup>3</sup>
Pressão Máxima	3,46kgf/cm <sup>2</sup>

## 2 OBJETIVO

O trabalho tem o objetivo de apresentar a real situação encontrada no Regenerador 2.3 em Abril de 2009, mês em que ocorreu sua reforma parcial. Mostraremos as soluções adotadas, os reparos efetuados e as medidas de segurança adotadas durante o reparo.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Identificação do Problema

Em 2008 foi detectada queda na parede refratária na câmara de combustão próximo à elevação 12.000, durante retirada da válvula de ar quente – VAQ para manutenção preventiva. Esta queda atingiu também a parede divisória que separa a Câmara do empilhamento. Diante do problema apresentado, como forma emergencial de reparo, foram projetados 1.200Kg de concreto ALFRAX 80G para recompor a parede refratária.<sup>(2)</sup> Na Figura 1 podemos ver a região da queda e na Figura 2 a região da queda com o reparo emergencial.

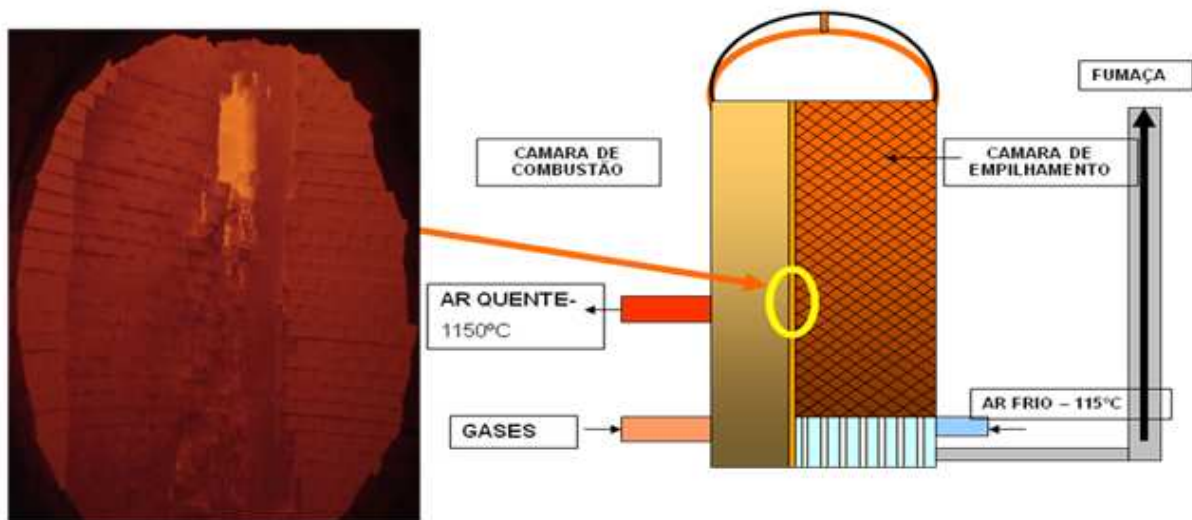


Figura 1 – Aspectos da região da queda – elevação 12.000. Câmara de combustão Regenerador 2.3, 2008.



Figura 2 – Aspectos da região da queda – elevação 12.000. Após projeção de concreto.

#### 3.2 Reforma do Regenerador 2.3.

A Tabela 2 apresenta de forma sucinta o escopo dos serviços e seus objetivos. Assim como a metodologia utilizada para descrever o trabalho.

**Tabela 2** – Escopo dos Serviços e objetivos

Escopo de Serviços	Objetivo
- Recebimento e pré-montagem dos materiais para a reforma.	- Garantir a qualidade dos materiais recebidos e promover treinamento da contratada para as montagens.
- Acompanhamento do resfriamento.	- Garantir qualidade dos materiais refratários remanescentes.
- Processo de demolição	- Garantir que o material remanescente não seja danificado.
- Reforma parcial do Domo	- Manter condições operacionais do Domo.
- Reforma parcial do Empilhamento	- Manter condições operacionais do Empilhamento
- Reforma da Parede Divisória e Câmara de Combustão	- Restaurar condições operacionais da parede divisória e Câmara de Combustão.
- Coletar e identificar de amostras	- Estudos <i>post-mortem</i>

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Escopo dos Serviços

#### 4.1.1 Recebimento e pré-montagens dos materiais

Para garantir a qualidade dos materiais,<sup>(3)</sup> foram realizadas inspeções técnicas nas fábricas da Togni e Saint Gobain, antes do embarque para a CSN. Nestas inspeções foram verificados os dimensionais das peças e realizados testes de compressão a frio. Solicitamos ainda, uma pré-montagem na fábrica, como vemos na Figura 3. Concluída esta etapa, liberamos o embarque dos materiais e promovemos uma nova pré-montagem nas dependências da CSN, com o objetivo de treinar a empresa contratada. A Figura 4 nos mostra o treinamento realizado na CSN.



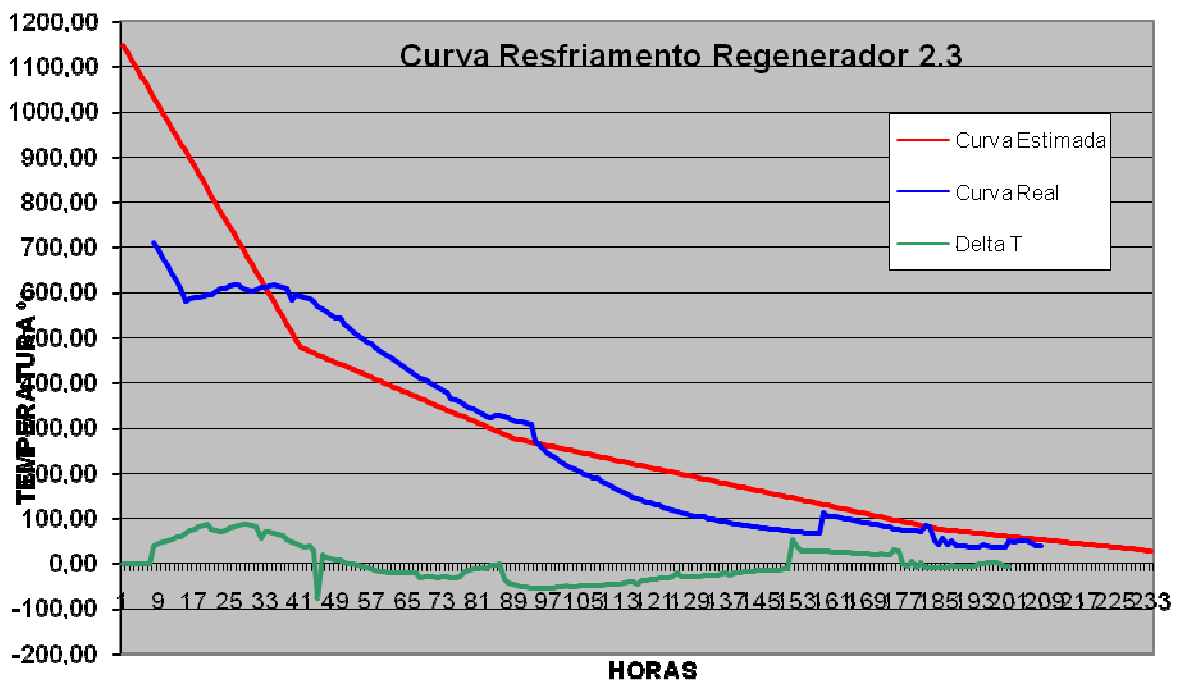
**Figura 3** – Pré-montagem na fábrica as Saint-Gobain.



**Figura 4** – Pré-montagem na CSN.

#### 4.1.2 Acompanhamento do resfriamento

Visando a redução do tempo de resfriamento, acertamos com a operação que o Regenerador 2.3 seria totalmente esgotado. Isto possibilitou iniciarmos o resfriamento com temperatura de Domo em torno de 710°C. Foram instalados dois termopares no Domo. O primeiro entrou pelo topo do Domo para medirmos a face quente e o segundo, na elevação 37.500 para medirmos a face fria dos refratários. O objetivo destas medições é controlarmos o resfriamento pelas variações de temperatura entre as duas faces. Esta diferença não poderia ultrapassar a 200°C. Com a implementação destas medidas, conseguimos um ganho de 43 horas no resfriamento, com um “Delta T” máximo de 87°C, garantindo a qualidade dos materiais remanescentes. Na Figura 5 podemos acompanhar a curva de resfriamento.



**Figura 5** – Curva de resfriamento.

### 4.1.3 Processo de demolição

Após o resfriamento foi iniciada a montagem da chapa defletora, na abertura do queimador. A função desta chapa é direcionar a saída dos materiais demolidos, evitando o engaiolamento. A demolição iniciou-se pelo Domo, passando para o Checker e a Câmara de Combustão.<sup>(4)</sup> A Figura 6 mostra o esquema de demolição.

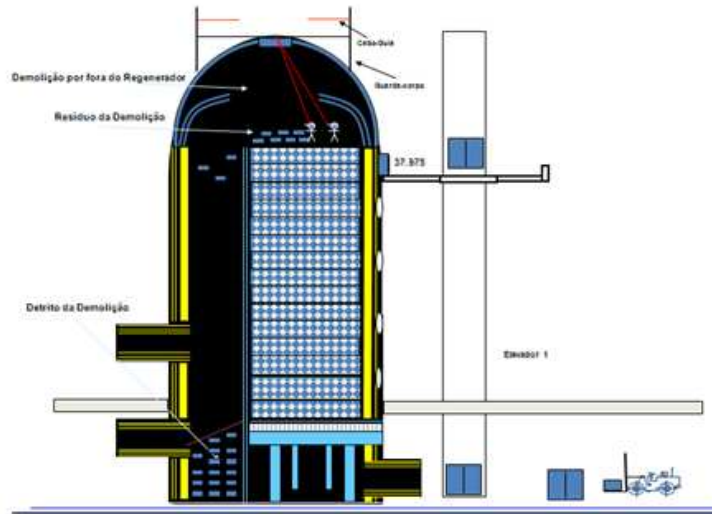


Figura 6 – Esquema de demolição.

### 4.1.4 Reforma parcial do domo

Com a liberação do espaço confinado, iniciamos as primeiras inspeções no Domo. Foram constatados deslocamentos e rachaduras em vários anéis, desta forma decidimos por sua total demolição, preservando apenas a camada isolante junto à carcaça. Durante a demolição, fizemos nova inspeção, e verificamos que abaixo da fiada 9, os anéis estavam íntegros. Através da topografia confirmamos que o desnível da fiada de arranque ( D1 ) e da fiada 9, estavam dentro do tolerável. Decidimos então preservar a base do Domo até a fiada 9, reparando-o a partir deste ponto. Na Figura 7 veremos a situação antes da reforma, e na Figura 8, o Domo reparado.

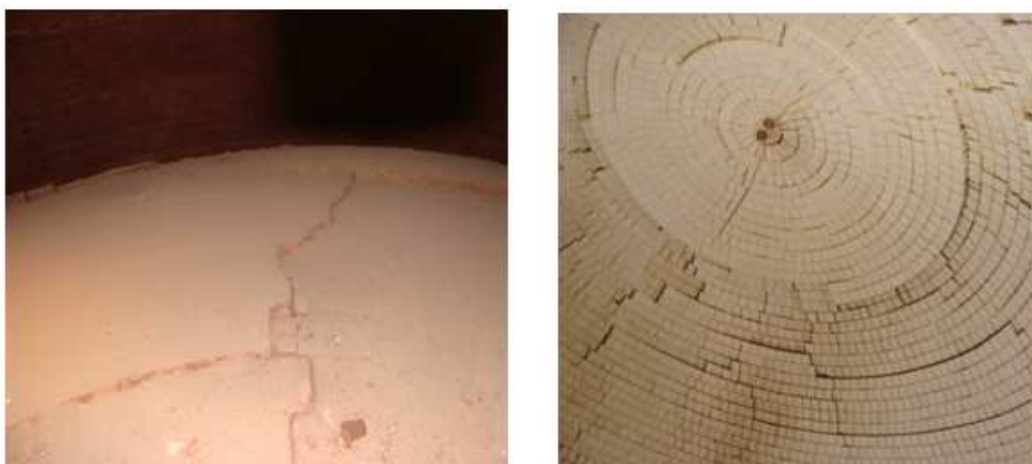


Figura 7 – Domo antes do reparo.



**Figura 8** – Domo após o reparo

#### 4.1.5 Reforma parcial do Empilhamento

Constatamos a presença de substâncias depositadas sobre a primeira camada dos Checker's, provavelmente óxido de ferro. Estas substâncias estendiam-se até a segunda camada, como mostra a Figura 9. Estávamos preparados para substituir até cinco camadas, porém devido ao excelente estado dos checker's, optamos por trocar apenas as camadas que estavam impregnadas. O Empilhamento foi montado obedecendo às amarrações originais, não havendo necessidade de passar uma camada solteira. A Figura 10 apresenta a situação final do Empilhamento após a reforma.



**Figura 9** – Empilhamento impregnado com Oxido de Ferro.



**Figura 10** – Empilhamento após o reparo.



#### 4.1.6 Reforma da parede divisória e câmara de combustão

Com a abertura da saída de ar quente confirmamos que grande quantidade de material refratário havia se desprendido da parede da câmara de Combustão, na elevação 12.000, porém a abertura na parede divisória não aumentou, mostrando que a aplicação dos 1.200 kg de concreto no reparo emergencial, foi suficiente para vedar a abertura e conter o avanço do problema. Na parede de proteção da Câmara (Skin Wall), também não houve danos. Porém houve a necessidade de demolir totalmente as paredes da câmara e a parede de proteção, conforme Figura 11, devido a problemas de deslocamentos, além da parte que se despreendeu com a ruptura da parede divisória.

Com o avanço da demolição, detectamos a propagação de trincas na vertical, partindo do ponto em que a parede divisória se rompeu, até a base da soleira da câmara. Esta situação podemos ver na Figura 12. Estas regiões foram reparadas utilizando-se materiais mais nobres que o especificado na lista de materiais (Alto teor de alumina). A Figura 13 apresenta a câmara de combustão após o reparo.

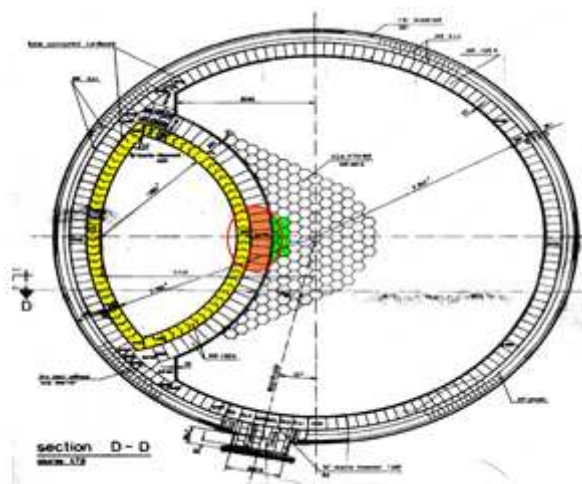


Figura 11 – Região do reparo na câmara de combustão.



Figura 12 – Parede divisória, trincas verticais.





**Figura 13** – Câmara de combustão reparada.

#### 4.1.7 Coletar e identificar amostras

Para análises futuras, foram retiradas amostras de todas as regiões envolvidas no reparo. Estas amostras foram identificadas e catalogadas,<sup>(3)</sup> conforme Figura 14.



**Figura 14** – Amostras coletadas.

## 5 SEGURANÇA

Foram tomadas todas as medidas de segurança, visando sempre o “Acidente Zero”, entre elas podemos destacar:

- Treinamentos: Integração de Segurança CSN (CIS), Segurança Prática (quatro sites ETPC), Espaço Confinado, Integração REFRAMAX;
- Um Técnico de Segurança por turno (em conjunto com supervisão REFRAMAX);
- Comunicação via rádio entre supervisão, segurança REFRAMAX e Bombeiro CSN;
- Permissão de trabalho, Liberação de Espaço Confinado e Serviço a quente;
- Utilização de detectores de CO / O<sup>2</sup> para monitoramento de gases (2 por frente de serviço);
- Bloqueios e raqueteamento de válvulas;
- Preparação e Montagem do equipamento para Conforto Térmico da Equipe Envolvida;
- Montagem do sistema de ar mandado e utilização de máscaras de fuga;
- Montagem de plataforma móvel com linhas de vida independentes;
- Instalação de um sistema de resgate vertical;
- Patrulha programada de segurança; e
- Check-list de ferramentas e equipamentos.

## 6 CONCLUSÃO

A reforma atingiu todos os objetivos propostos.<sup>(5)</sup> Podemos destacar que durante a reforma foram consumidos 44.723 H/h, sem acidentes. Todos os resíduos gerados foram selecionados, separados e enviados ao recuperado para venda, não gerando qualquer tipo de dano ao meio ambiente. Todos os itens do escopo inicial foram realizados dentro do cronograma proposto com total qualidade e obedecendo às previsões iniciais de custo. As causas do rompimento da parede divisória deverão ser posteriormente estudadas. Com o término da reforma, o equipamento foi entregue à operação, e a Gerência de Refratários retoma seu plano de manutenção.

## REFERÊNCIAS

- 1 Silva, S. N. et al., Estudo de Diagnóstico e Prolongamento da Campanha dos Regeneradores do Alto Forno # 2 da CSN, 2000.
- 2 Neves, E.S., Queda Parcial do Revestimento Refratário da Câmara de Combustão do Regenerador 2.3 do AF#2.
- 3 Especificação de Material Refratário ER168279 – CSN, 2009.
- 4 Proposta Técnica REFRAMAX, 2009.
- 5 Escopo de Serviços ER168653 – CSN, 2008.