

SEGURANÇA OPERACIONAL EM CANAIS DE CORRIDA DO ALTO-FORNO 2 DA CST

Alamar Kasan Duarte ²
 Alexander Rabello Ollmann ³
 José Antonio Pereira Novaes ⁴
 Marcelo Bernadino Brandão Leite ⁵
 Marco Antonio Munhão ⁶
 Paulo Roberto Ribeiro da Silva ⁷
 Roberto da Cruz Júnior ⁸
 Vitor Guarnier Domiciano ⁹

Resumo

O Alto-Forno 2 da CST produz 3800 t/dia de gusa líquido e possui dois canais de corrida. Durante a parada de um dos canais para manutenção refratária, ocorre redução da injeção de massa de tamponamento nos furos de gusa, aumento do intervalo entre corridas, gerando dificuldades no controle do esgotamento de gusa e escória, diminuição dos comprimentos dos furos de gusa e potencial perda no ritmo de produção. Este trabalho apresenta as principais atividades desenvolvidas entre 2002 e 2006 no processo de manutenção refratária dos canais do Alto-Forno 2, que estão permitindo a obtenção de campanhas de mais de 100 dias de operação, com o máximo de segurança operacional.

Palavras-chave: Altos-fornos; Casa de corrida; Refratários.

OPERATIONAL SAFETY FOR CST BLAST-FURNACE 2 TROUGHS

Abstract

CST Blast-Furnace 2 has two main troughs in operation and produces 3800 t/day of hot metal. When one of these troughs is under refractory maintenance, it induces a reduction in the amount of taphole mix injected and an increase in the interval between taps. These changes in blast-furnace operational variables create difficulties for the slag and hot metal tapping, reducing the taphole length and promoting a potential loss in the hot metal production/day. This paper shows the main activities developed in the casthouse refractory maintenance work between 2002 and 2006 which allowed main trough campaigns greater than 100 days of operation, with high operational security.

Key words: Blast-furnace; Casthouse; Refractory.

I INTRODUÇÃO

O Alto-Forno 2 da CST possui uma casa de corrida com dois furos e um volume útil de 1.550 m³. Produz, atualmente, 3.800 t/dia, teve sua operação iniciada em julho de 1.998 e já produziu 10,7 milhões de toneladas de gusa, tendo uma

campanha inicialmente estimada em 15 anos de operação. Os canais principais possuem 16,2 m de comprimento, os canais secundários de gusa um comprimento médio de 40 m e os canais secundários de escória, um comprimento médio de 55 m.

¹Membro da ABM, Gerente de Projetos Especiais da Magnesita S.A., Contagem, MG. Av. Cardeal Eugênio Pacelli, 815 Cidade Industrial. 32210-190 – Contagem, MG. kasan@uai.com.br

²Membro da ABM, Assistente Técnico, Magnesita S.A., Contagem, MG. Av. Cardeal Eugênio Pacelli, 815 Cidade Industrial. 32210-190 – Contagem, MG. alexander@magnesita.com.br

³Gerente do Alto Forno 2 da CST, Vitória, ES. Gerência de Unidade Técnica de Coqueria, Sinterização e Altos-Fornos. Av. Brigadeiro Eduardo Gomes, 930 Jardim Limoeiro - 29.163-970 – Serra, ES. jose.novaes@arcelor.com.br

⁴Supervisor Técnico, Magnesita S.A., Vitória, ES. Av. Cardeal Eugênio Pacelli, 815. Cidade Industrial. 32210-190 – Contagem, MG. mbleite@cst.com.br

⁵Supervisor de Canais, Magnesita S.A., Vitória, ES. Av. Cardeal Eugênio Pacelli, 815. Cidade Industrial - 32210-190 – Contagem, MG. mmunhao@cst.com.br

⁶Gerente de Contrato, Magnesita S.A., Vitória, ES. Av. Cardeal Eugênio Pacelli, 815. Cidade Industrial - 32210-190 – Contagem, MG. T60066@cst.com.br

⁷Membro da ABM, Especialista de Altos Fornos, CST, Vitória, ES. Gerência de Unidade Técnica de Coqueria, Sinterização e Altos-Fornos. Av. Brigadeiro Eduardo Gomes, 930 Jardim Limoeiro - 29.163-970 – Serra, ES. roberto.dacruz@arcelor.com.br

⁸Pesquisador, Magnesita S.A., Contagem, MG. Av. Cardeal Eugênio Pacelli, 815. Cidade Industrial - 32210-190 – Contagem, MG. vitordomiciano@magnesita.com.br

De forma a reduzir o tempo de operação do Alto-Forno, com apenas um canal de corrida, nos últimos cinco anos foi executado um plano de ação para se aumentar a disponibilidade dos dois canais para a produção. Os resultados evidenciam uma redução do tempo de suas manutenções (Figura 1), o aumento do seu ciclo de operação (Figura 2) e a redução do número de manutenções/ano (Figura 3). O tempo total anual gasto em manutenção de canais passou de 1.540 h, em 2002, para 385 h previstas em 2006 (Figura 4), enquanto que a perda de produção durante as manutenções dos canais passou de 4.019 t, em 2002, para 889 t previstas em 2006 (Figura 5).^(1,2)

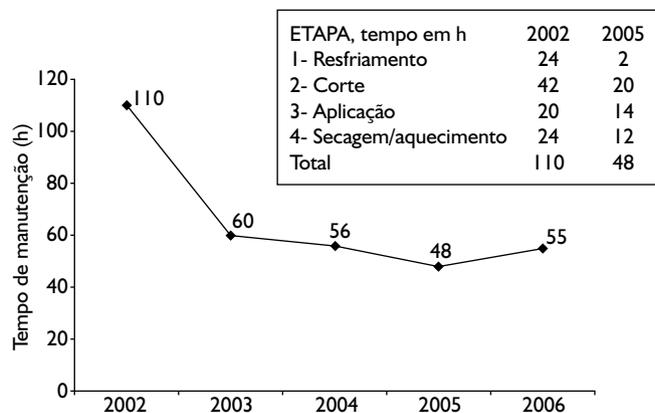


Figura 1. Evolução do tempo de manutenção de canais no Alto-Forno 2 da CST.⁽²⁾

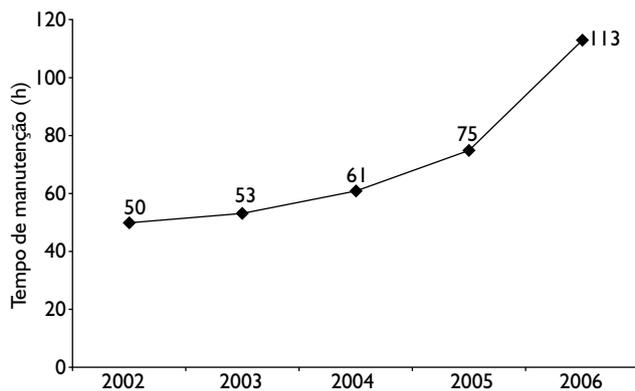


Figura 2. Evolução do ciclo operacional dos canais do Alto-Forno 2 da CST.⁽²⁾

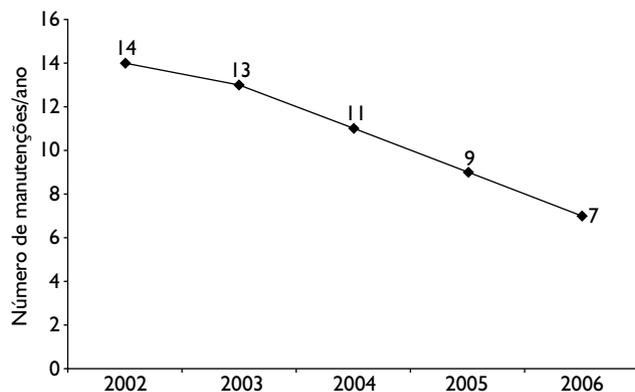


Figura 3. Evolução do número de manutenções/ano para os canais do Alto-Forno 2 da CST.⁽²⁾

O plano de ação visando aumentar a disponibilidade dos canais principais do Alto-Forno 2 da CST envolveu as seguintes atividades principais:⁽²⁾

- Trabalho ininterrupto, já que a manutenção era feita em apenas 1 turno/dia;
- Busca de um processo de resfriamento mais rápido;
- Mecanização do corte visando trabalho a quente;
- Uso de molde único visando redução no seu tempo de montagem;
- Reparações a quente via *shotcreting* ou tecnologias alternativas;
- Uso da técnica de secagem convectiva;
- Implantação de manutenção preventiva nas máquinas de corte, misturadores e ponte rolante até três dias antes da data da manutenção dos canais;
- Implantação de reuniões preparatórias para elaboração do cronograma com as atividades/responsabilidades de cada equipe;
- Implantação de reunião pós-manutenção para analisar os acertos e avaliar os desvios;

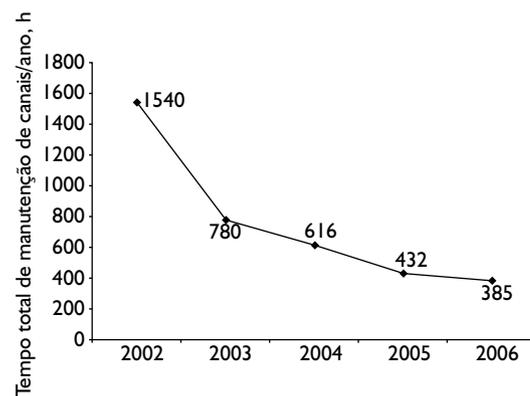


Figura 4. Tempo total anual gasto em manutenção de canais no Alto-Forno 2 da CST.⁽²⁾

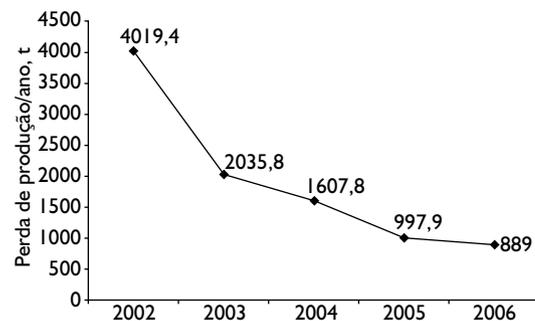


Figura 5. Perda de produção anual durante as manutenções de canais do Alto-Forno 2 da CST.⁽²⁾

- Revisão dos padrões das atividades críticas da manutenção; e
- Conscientização de todas as equipes sobre as necessidades operacionais do forno e a contribuição de cada um para o sucesso da manutenção.

Um resultado adicional alcançado com a execução deste plano de ação foi a redução do consumo específico total de refratários em canais de corrida, que passou de 0,9399 kg/t de gusa, em 2002, para 0,5998 kg/t, em 2005 (Figura 6).

Este trabalho mostra a preocupação com a segurança operacional nas atividades realizadas no processo de manutenção refratária dos canais do Alto-Forno 2 desenvolvidas nos últimos cinco anos, visando o aumento no tempo de disponibilidade dos canais de corrida para produção. Ênfase especial foi dada no acompanhamento das propriedades do refratário à medida que as campanhas foram aumentando de 50 dias de ciclo, em 2002, para os atuais 113 dias, em 2006.

2 METODOLOGIA

Visando a segurança na operação dos canais, foram instalados termopares em vários pontos da carcaça para acompanhar a evolução da sua temperatura ao longo da campanha. Placas de cobre foram instaladas nos pontos críticos para acompanhar o desgaste do refratário e simulações térmicas foram feitas em vários pontos do revestimento para se conhecer a distribuição de temperaturas nas interfaces das camadas de refratário. Estudos de tensões mecânicas foram feitos para se conhecer o efeito da dilatação da carcaça e do refratário.

De forma a acompanhar a possível deterioração do refratário na medida em que as campanhas iam evoluindo, foram coletadas amostras nas regiões de maior e menor desgaste (Zona crítica – ZC e Zona Não-Crítica – ZNC, respectivamente) para caracterização e estudo “post-mortem” (Figura 7).

- ZC - refere-se à extensão inicial do canal de corrida, por exemplo, de 1 m a 5 m.
- ZNC - refere-se à extensão mediana e final do canal de corrida, por exemplo, de 5 m a 16 m.

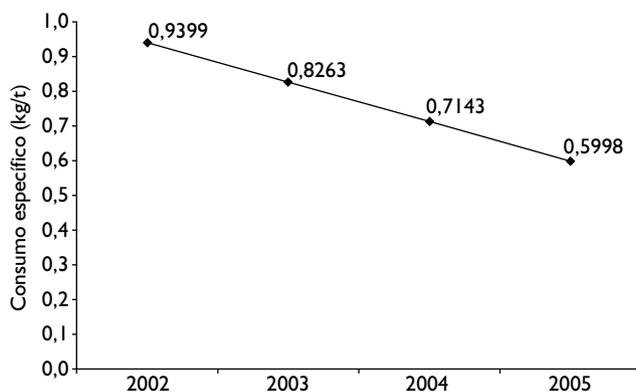


Figura 6. Evolução do consumo específico de refratários para os canais de corrida do Alto-Forno 2 da CST.⁽²⁾

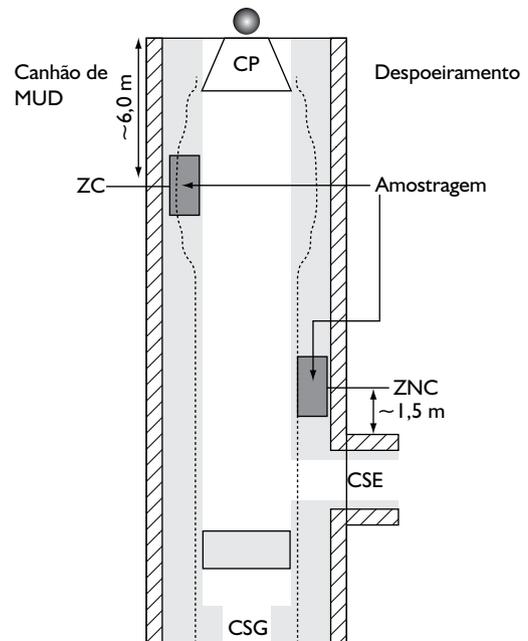


Figura 7. Amostragem para estudo “post-mortem” do refratário ao longo do canal.

3 RESULTADOS OBTIDOS

Após 101 dias de campanha do canal foram coletadas amostras da zona crítica (Figura 8) e zona não-crítica (Figura 9), sendo encaminhadas para caracterização. O aspecto visual da amostra colhida na superfície da zona crítica estava bastante oxidada, mostrando o efeito do uso de água próximo ao canal e do sistema de exaustão, com o ar passando através do refratário na borda do canal.

Para caracterização, foram realizadas as seguintes avaliações: análise química, densidade da massa aparente (dma), porosidade aparente (PA) e resistência à compressão a frio (RCTA). Foram realizados também estudos mineralógicos com o uso de difração de raios X (DRX), microscopia ótica e microsonda eletrônica. A Figura 10 mostra os resultados de caracterização físicos e químicos.

Os seguintes resultados foram alcançados para as amostras colhidas na zona crítica (ZC):

- O refratário da borda do canal (ZC-0) apresentou-se bastante oxidado, resultado da presença do sistema de exaustão e do uso de água no ambiente nesta região. A amostra caracterizada estava porosa e com baixa resistência mecânica;

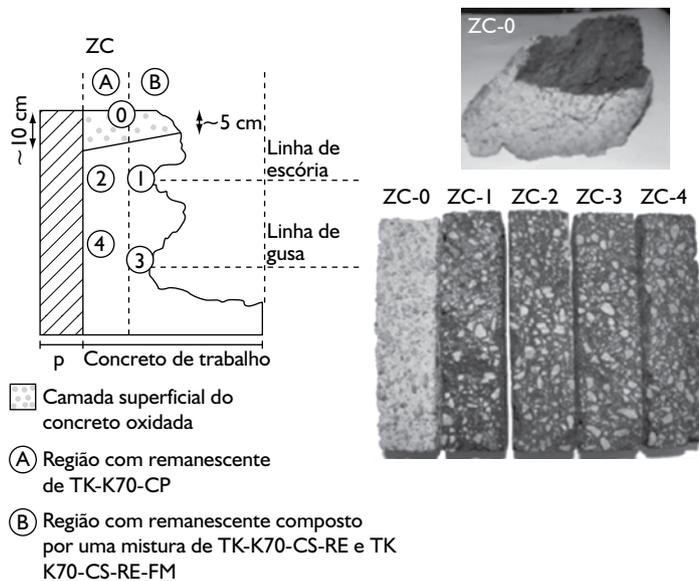


Figura 8. Amostragem na zona crítica.

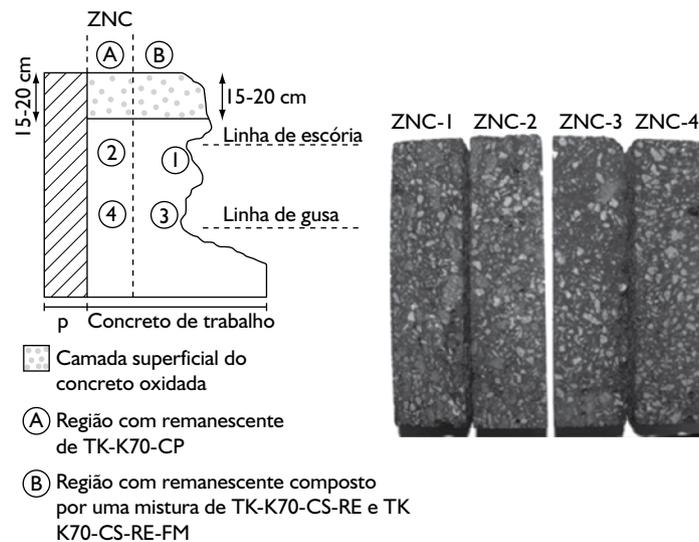


Figura 9. Amostragem na zona não-crítica.

- O refratário da face quente da linha de escória (ZC-1), região em que o mesmo é submetido a choque térmico e exposição intermitente ao ar, apresentou infiltração de gusa, um pouco poroso e com pequena queda na resistência mecânica;
- O refratário da face fria da linha de escória (ZC-2), região submetida a uma pequena oxidação, apresentou-se com um ligeiro aumento da porosidade aparente e uma pequena queda da resistência mecânica; e
- O refratário da face quente (ZC-3) e face fria (ZC-4) da linha de gusa, regiões menos susceptíveis ao choque térmico e à exposição ao ar, teve suas propriedades preservadas, sem aumento da porosidade aparente e queda na resistência mecânica.

Os seguintes resultados foram alcançados para as amostras colhidas na zona não-crítica (ZNC):

| Análise química (%-p) | Zona crítica | | | | |
|--------------------------------|--------------|-------|-------------|-------|-------|
| | ZC-0 | ZC-1 | ZC-2 | ZC-3 | ZC-4 |
| Al ₂ O ₃ | 66,53 | 63,48 | 75,03 | 72,32 | 70,80 |
| SiC | 22,26 | 14,72 | 15,89 | 17,06 | 17,93 |
| SiO ₂ | 2,02 | 8,58 | 5,43 | 7,36 | 7,71 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,27 | 11,58 | 0,24 | 0,20 | 0,22 |
| C (livre) | 0,02 | 4,46 | 3,76 | 4,03 | 4,66 |

| Propriedades | Zona crítica | | | | |
|--------------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|
| | ZC-0 | ZC-1 | ZC-2 | ZC-3 | ZC-4 |
| PA (%) | 23,90 | 16,10 | 9,30 | 8,04 | 8,00 |
| dma (g/cm ³) | 2,63 | 2,89 | 2,99 | 3,05 | 2,98 |
| R CTA (MPa) | 15,50 | 22,95 | 36,90 | 38,10 | 38,20 |

| Análise química (%-p) | Zona não crítica | | | |
|--------------------------------|------------------|-------|-------|-------|
| | ZNC-1 | ZNC-2 | ZNC-3 | ZNC-4 |
| Al ₂ O ₃ | 68,41 | 68,72 | 66,19 | 70,84 |
| SiC | 19,03 | 17,63 | 20,03 | 17,16 |
| SiO ₂ | 8,22 | 9,81 | 9,86 | 8,39 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,42 | 0,34 | 0,36 | 0,17 |
| C (livre) | 6,18 | 5,70 | 5,55 | 4,09 |

| Propriedades | Zona não crítica | | | |
|--------------------------|------------------|-------|-------|-------|
| | ZNC-1 | ZNC-2 | ZNC-3 | ZNC-4 |
| PA (%) | 13,10 | 12,20 | 12,00 | 11,30 |
| dma (g/cm ³) | 2,77 | 2,91 | 2,77 | 2,88 |
| R CTA (MPa) | 48,20 | 41,96 | 27,00 | 30,70 |

Figura 10. Resultados obtidos.

- O refratário desta zona é sujeito a uma menor solicitação devido a menores turbulência, temperatura do banho e oxidação. O refratário da borda livre do canal na zona não-crítica mostrou-se visualmente menos oxidado do que a mesma região da zona crítica (ZC-0);
- O refratário da linha de escória (ZNC-1 e ZNC-2), região em que o mesmo é submetido a choque térmico, não apresentou infiltração de gusa e teve suas características e propriedades preservadas; e
- O refratário da face quente (ZNC-3) e face fria (ZNC-4) da linha de gusa, regiões menos susceptíveis ao choque térmico, teve também suas características preservadas, sendo observado, no entanto, ligeira queda de sua resistência mecânica devido ao longo tempo em operação sem reparos.

4 CONCLUSÕES

O uso de técnicas de monitoramento da temperatura da carcaça, monitoramento do desgaste do refratário, conhecimento da distribuição de temperatura ao longo do revestimento e acompanhamento das características do refratário deram segurança operacional à medida que as campanhas evoluíram de 50 dias em média, em 2002, para 113 dias de operação em média, em 2006.

O refratário da zona não-crítica, tanto da linha de metal como da linha de escória, teve suas características preservadas ao longo da campanha, sofrendo apenas o desgaste normal por erosão e corrosão.

O refratário da zona crítica, normalmente sujeito a solicitações de grande erosão e corrosão devido à intensa turbulência do banho, também mostrou-se afetado por consequência de exposição a condições de choque térmico e oxidação severa. O material teve suas características alteradas, sendo observado aumento da porosidade aparente e queda na resistência mecânica, principalmente na borda do canal e face quente da linha de escória.

REFERÊNCIAS

- 1 DUARTE, A.K.; FARIA, J.A.; NOVAES, J.A.P.; LEITE, M.B.B.; MUNHÃO, M.A.; SILVA, P.R.R.; PASSOS, R.L.; CRUZ JÚNIOR, R. Uso de aquecimento convectivo em canais de corrida de altos-fornos na CST. In: SEMINÁRIO DE REDUÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO E MATÉRIAS-PRIMAS, 35., 2005, Florianópolis, SC. **Anais...** São Paulo: ABM, 2005. p.494-504.
- 2 DUARTE, A.K.; FARIA, J.A.; NOVAES, J.A.P.; LEITE, M.B.B.; MUNHÃO, M.A.; SILVA, P.R.R.; CRUZ JÚNIOR, R. Aumento na disponibilidade dos canais de corrida do Alto-Forno 2 da CST. In: CONFERÊNCIA DE REDUÇÃO DO IAS, 5., 2005, San Nicolas, Argentina. Rosário: Amalevi, 2005. p.203-12.

Recebido em: 28/05/06

Aceito em: 06/05/08

Proveniente de: SEMINÁRIO DE REDUÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO E MATÉRIAS-PRIMAS, 36., 2006, Ouro Preto, MG. São Paulo: ABM, 2006.