

EVOLUÇÃO NO DESEMPENHO DE VENTANEIRAS E CAIXAS DE REFRIGERAÇÃO NOS ALTOS-FORNOS DA USIMINAS IPATINGA – VIDA ÚTIL DE 4 ANOS¹

Guilherme Augusto de Faria²

Marcos de Jesus Nonato³

Geraldo Ferreira³

Mauro Vivaldino Fernandes⁴

Gustavo Alexandre da Costa Manso⁵

Gustavo Serrando dos Santos⁶

Resumo

No mundo globalizado, a crescente competitividade entre as siderúrgicas impõe a necessidade de otimização dos processos. Nesse sentido, a equipe dos altos-fornos da Usiminas, Planta de Ipatinga, vem buscando, continuamente, aprimorar o desempenho do conjunto de ventaneiras e caixas de refrigeração. Este desenvolvimento envolve as melhorias nas inspeções de rotina e na investigação minuciosa das falhas ocorridas nas peças utilizadas. O presente trabalho destaca as metodologias e as ações que estão sendo adotadas, favorecendo a obtenção de recordes de operação de ventaneiras nos Altos-Fornos 1 e 2. Aborda ainda, o desenvolvimento, aprimoramento e correção dos defeitos ocorridos nas caixas de refrigeração de ventaneiras do Alto-Forno 3.

Palavras-chave: Alto-forno; Ventaneira; Vida útil.

TUYERES AND COOLING BOXES PERFORMANCE'S EVOLUTION AT USIMINAS IPATINGA'S BLAST FURNACES – SHELF LIFE FOR 4 YEARS

Abstract

In the globalized world, growing competition between steel companies impose the necessity of process optimization. Because of this, the Usiminas blast furnaces' staff, Ipatinga Plant, has sought, continuously; improve the set of tuyeres and cooling boxes. This development acts in relation to improvements in routine inspections and rigorous investigation of failures in this set. This paper highlights the methodologies and actions being taken, favoring to obtain records of tuyeres time operation in blast furnaces#1 and 2. It is also discussed the development, improvement and failures correction in cooling boxes tuyeres of Blast Furnace#3.

Key words: Blast furnace; Tuyere; Shelf life.

¹ *Contribuição técnica ao 43º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 14º Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 1º Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 1 a 4 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Eng. Metalurgista, Ger. Técnica de Redução, Usiminas Ipatinga, Membro da ABM, MG, Brasil.*

³ *Técnico Metalurgista, Ger. do Alto-Forno 3, Usiminas Ipatinga, Membro da ABM, MG, Brasil.*

⁴ *Eng. Metalurgista, MSc., Ger. Téc. de Redução, Usiminas Ipatinga, Membro da ABM, MG, Brasil.*

⁵ *Eng. Metalurgista, Ger. dos Altos-Fornos 1 e 2, Usiminas Ipatinga, Membro da ABM, MG, Brasil.*

⁶ *Engenheiro Metalurgista, Ger. do Alto-Forno 3, Usiminas Ipatinga, Membro da ABM, MG, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

A grande evolução dos altos-fornos e a busca da competitividade da siderurgia têm se fundamentado em vários aspectos, sendo o principal a redução dos custos de produção de gusa. Diante disso, as empresas estão buscando, cada vez mais, diferentes alternativas para atingir seu principal objetivo.

Considerando esse cenário, a equipe dos altos-fornos da Usiminas Ipatinga, desenvolveu ações para elevar o tempo de operação das ventaneiras dos Altos-Fornos 1 e 2, além de atuar neste mesmo sentido nas caixas de refrigeração do Alto-Forno 3. Esta alternativa mostrou-se bastante eficaz, resultando em recordes de operação das ventaneiras e em um projeto mais evoluído das caixas de refrigeração. No presente trabalho são apresentados os resultados e recordes registrados pelas ventaneiras dos Altos-Fornos 1 e 2 da Usiminas Ipatinga, além das ocorrências operacionais e novo projeto das caixas de refrigeração do Alto-Forno 3.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Características dos Altos-Fornos

As principais características dos altos-fornos da Usiminas, Planta de Ipatinga, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Principais características dos altos-fornos

Principais Características	Alto-Forno 1	Alto-Forno 2	Alto-Forno 3
Campanha	7 ^a **	5 ^a **	4 ^a
Produtividade média (t/d.m ³)*	2,08	2,16	2,35
Produção campanha (mil t)**	2.243.631	2.717.658	39.932.533
Volume interno (m ³)	885	885	3163
Volume de trabalho (m ³)	777	777	2722
Número de ventaneiras	16	16	30
Pressão de topo (kgf/cm ²)	0,1	0,1	2,5
Diâmetro do cadinho (m)	7,0	7,0	12,2
Refrigeração	Placas de cobre	Placas de cobre	Staves
Canhões	IHI	PW	PW
Blocos do furo de gusa	Carbono	Carbono	Carbono
Lanças de injeção	Lança única	Lança única	Dupla lança
Soprador	Moto Soprador	Moto Soprador	Turbo soprador
Topo	Duplo cone	Duplo cone	Duplo cone
Geração de energia	-	-	Turbina de topo

*campanha acumulada até dezembro/12; **considerado nova campanha após Blow Out da crise de 2008/09.

2.2 Parâmetros Operacionais dos Altos-Fornos

Os aspectos operacionais e a qualidade das matérias-primas de cada alto-forno podem influenciar diretamente no tempo de vida útil das ventaneiras e das caixas de refrigeração. Assim, são de extrema importância o controle e acompanhamento dessas variáveis, observando a influência delas nos resultados obtidos na operação desses periféricos. Os parâmetros operacionais dos altos-fornos da Usiminas Ipatinga podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros operacionais dos altos-fornos (média 2012)

PARÂMETROS OPERACIONAIS		ALTO-FORNO			QUALIDADE DO GUSA E ESCÓRIA		ALTO-FORNO		
		1	2	3			1	2	3
SLAG RATE	Kg/t _{HM}	308,7	308,9	293,7	Si	%	0,55	0,49	0,42
SÍNTER DIRETO	%	64,5	64,3	73,1	S	%	0,04	0,04	0,03
SÍNTER PÁTIO	%	12,7	12,6	1,2	Mn	%	0,45	0,42	0,44
PELOTA	%	8,1	10,0	9,4	C	%	4,44	4,40	4,45
MINÉRIO DE FERRO	%	14,8	13,0	16,3	P	%	0,11	0,11	0,11
COKE RATE	Kg/t _{HM}	369,9	388,7	373,6	B2	-	1,23	1,23	1,22
PCI	Kg/t _{HM}	145,2	132,6	70,7	Al ₂ O ₃	%	11,11	10,92	10,74
GÁS RATE	Kg/t _{HM}	0,0	0,0	38,5	MgO	%	5,27	5,25	5,59
FUEL RATE	Kg/t _{HM}	515,1	521,2	482,8	B4	-	1,05	1,06	1,08
MIN./COQUE	-	4,44	4,23	4,37	S	%	0,56	0,53	0,52
COQUE PÁTIO	%	29,7	29,7	5,6	SiO ₂	%	36,57	36,45	36,84
COQUE MÉDIO	Kg/t _{HM}	25,9	22,9	5,1	FeO	%	0,25	0,29	0,29
CO	%	22,51	22,92	20,85	MnO	%	0,64	0,74	0,53
CO ₂	%	22,50	23,00	21,93					
H ₂	%	4,08	3,99	6,69					
REND. CO	%	49,98	50,09	51,25					
VOLUME DE AR	Nm ³ /min	1189	1181	4670					
VOL. OXIGÊNIO	Nm ³ /h	5030	4568	13198					
ENRIQUECIM.	%	5,20	4,78	3,54					
UMIDADE DO AR	g/Nm ³	27,8	28,0	20,2					
TEMPERAT. AR	°C	1119	1109	1166					
PRESSÃO AR	gf/cm ²	1146	1147	3240					
PRESSÃO TOPO	gf/cm ²	106	103	1698					
VELOCIDADE AR	m/s	219	212	233					
PERMEABILIDADE	-	9,77	10,33	3,31					
TEMP. CHAMA	°C	2149	2147	2026					
VOL. GAS RAMPA	Nm ³ /min	1829	1790	7134					
VEL. GÁS CUBA	m/s	4,01	3,92	2,62					
TEMP. GUSA	°C	1480	1474	1510					
TEMP. DO TOPO	°C	130	117	111					

QUALIDADE DA MATÉRIA-PRIMA		ALTO-FORNO		
		1	2	3
CINZA DO COQUE	%	7,66	7,67	7,63
UMID. DO COQUE	%	6,35	6,30	6,22
< 25 mm	%	4,03	4,42	4,08
TAM. MÉDIO	mm	49,41	48,97	48,71
CSR COQUE	%	60,45	59,99	60,41
DI COQUE	%	83,36	83,37	82,25
CaO SINTER	%	10,54	10,64	10,83
SiO ₂ SINTER	%	5,90	5,90	5,86
B2 DO SÍNTER	-	1,79	1,80	1,87
RDI	%	26,59	26,59	27,39
SHATTER TEST	%	89,02	88,82	88,94
< 5 mm	%	3,32	3,22	3,69
TAM. MÉDIO	mm	21,50	21,41	22,00

2.3 Aspectos Determinantes no Tempo de Vida Útil das Ventaneiras

Podem ocorrer diversos tipos de acidentes com as ventaneiras durante sua operação, com destaque para a “erosão” que consiste no seu desgaste natural durante sua utilização; a “queima” que consiste no ataque de material líquido a altas temperaturas; e, a “trinca” que se dá por choque térmico ou mesmo por defeito de fabricação.

Baseado em informações bibliográficas^(1,2) e considerando a experiência adquirida na Usiminas, tanto na fabricação quanto no uso de ventaneiras, pode-se afirmar que os principais fatores que influenciam na vida útil destas são:

- fabricação: projeto inadequado, má qualidade do cobre, falha de fundição, usinagem e solda, rugosidade alta, irregularidades na espessura;
- operação do alto-forno: instabilidade de marcha, descida irregular de carga, presença de finos no interior do forno, baixa qualidade do coque, elevada temperatura de chama, variações do silício no gusa, baixo volume e variações na basicidade da escória, esgotamento deficiente do cadinho e entrada de água no interior do forno; e
- refrigeração: velocidade e pressão da água insuficiente, escoamento inadequado, impurezas na água, depósitos de sais, uso de água salgada e elevada temperatura de entrada da água.

Da mesma forma que os fatores acima influenciam no tempo de operação das ventaneiras, a maior parte deles também se aplica para as caixas de refrigeração. Porém, tem sido verificado, principalmente no Alto-Forno 3 da Usiminas, a hipótese de existência de ataque químico por zinco na superfície das caixas de refrigeração. Este mecanismo pode acelerar sua deterioração, diminuindo assim seu tempo de operação.

2.4 Sistema das Ventaneiras dos Altos-Fornos 1 e 2

Os Altos-Fornos 1 e 2 da Usiminas, Planta de Ipatinga, são responsáveis por 33% da produção de gusa e possuem um total de 16 ventaneiras por forno. Como pode ser verificado na Figura 1, as ventaneiras possuem duas entradas de água e apenas um retorno. As entradas de água promovem, em conjunto, o resfriamento da parte externa da peça, indo em direção ao bico. Do corpo para o bico, existe uma redução de área, acelerando, assim, a quantidade de água. Após o resfriamento do bico, a água passa pelo interior do corpo da ventaneira em sentido à saída.

As ventaneiras dos Altos-Fornos 1 e 2 possuem 140 mm de diâmetro e inclinação de 9°. O sistema de refrigeração utiliza água tratada do sistema CRAAF (Centro de Recirculação de Água dos Altos-Fornos), sendo a pressão de entrada igual a 7,0 kgf/cm² e a vazão de 450 l/min. A temperatura varia entre 35°C e 39°C.

A composição química do bico das ventaneiras é de cobre eletrolítico, 99,90%. O corpo possui cobre de 99,5%. A peça passa por um rigoroso controle de qualidade, utilizando teste radiográfico em uma das etapas de fabricação e líquido penetrante (regiões onde há existência de solda).

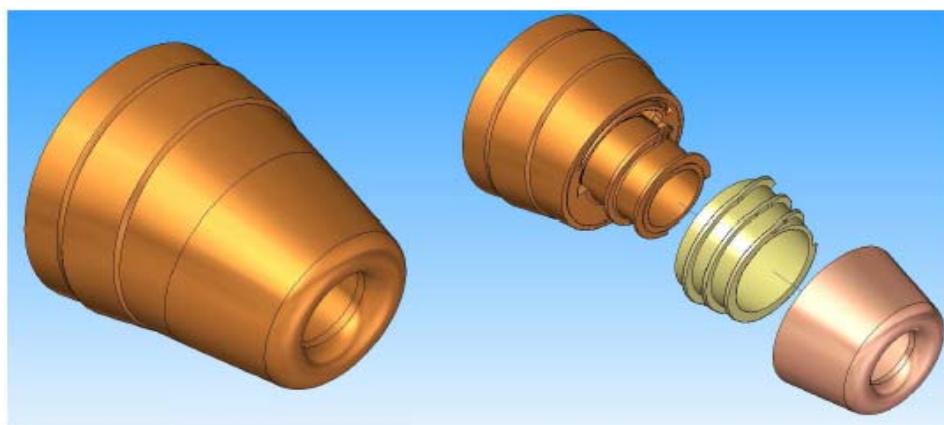


Figura 1. Desenho esquemático das ventaneiras dos Altos-Fornos 1 e 2.

2.5 Sistema das Caixas de Refrigeração do Alto-Forno 3

O Alto-Forno 3 da Usiminas Ipatinga, responsável por 67% da produção de gusa da planta, possui um total de 30 ventaneiras. Dessa forma, o forno contém 30 caixas de refrigeração em operação, que, como pode ser verificado na Figura 2, possuem duas entradas de água e apenas um retorno.

Uma das entradas promove o resfriamento do bico da peça, enquanto a outra é responsável pela troca térmica do corpo. Após o fim do processo de refrigeração, toda a água se encontra na mesma saída. O sistema, similar aos Altos-Fornos 1 e 2, utiliza água do CRAAF, sendo a pressão de entrada de $2,5 \text{ kgf/cm}^2$ e a vazão de 350 l/min . A temperatura varia entre 35°C e 39°C .

A composição química das caixas admite 99,5% de cobre no corpo, porém o bico possui em sua composição 100% de cobre eletrolítico. Apenas o bico passa por teste radiográfico, sendo toda a caixa de refrigeração testada apenas por líquido penetrante e teste de estanqueidade.

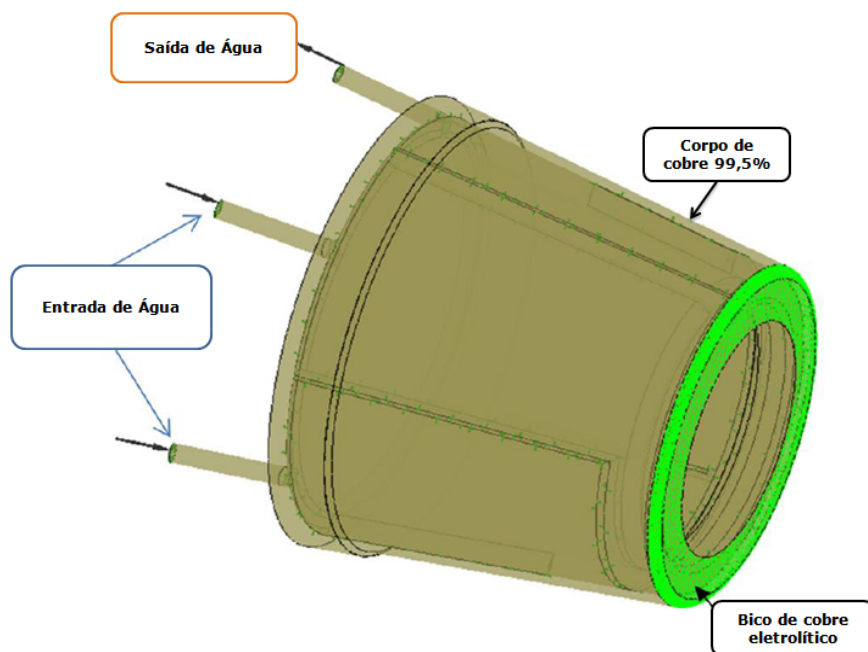


Figura 2. Desenho esquemático da caixa de refrigeração do Alto-Forno 3.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resultados Referentes às Ventaneiras dos Altos-Fornos 1 e 2

Os Altos-Fornos 1 e 2 tinham 24 meses como meta do tempo de operação das ventaneiras. A partir de 2011, foi dado início a um procedimento de inspeção mais rígido, com o objetivo de se verificar a possibilidade de extensão deste tempo de operação.

A equipe se dedicou no acompanhamento rotineiro executando:

- inspeção visual;
- inspeção da água de retorno das ventaneiras;
- teste para verificação de furo através de concentração de CO na água de retorno utilizando ampola amostradora; e
- teste de pressão (somente realizado nas paradas programadas).

Dessa forma, os resultados alcançados foram além do esperado. O tempo de operação de cada ventaneira, destacado por alto-forno, é apresentado nas Figuras 3 e 4.

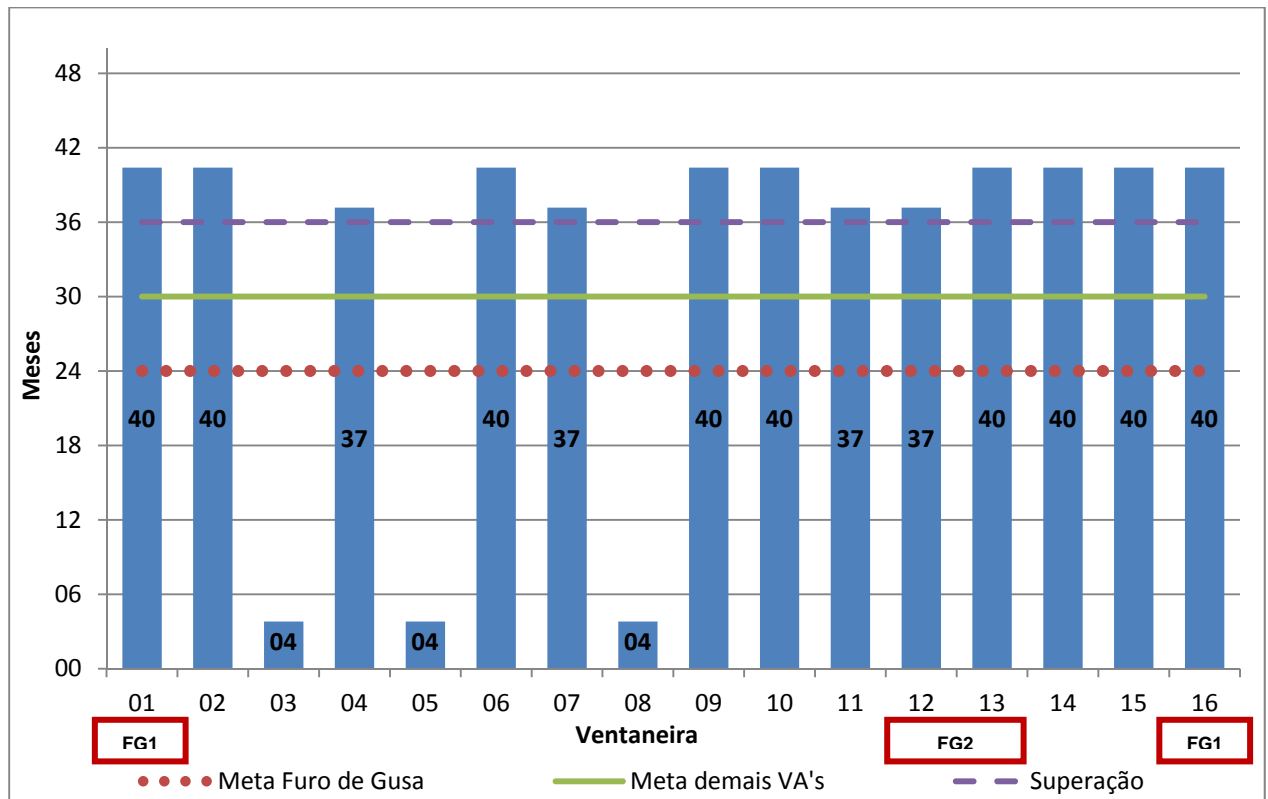


Figura 3. Tempo de operação das ventaneiras do Alto-Forno 1.

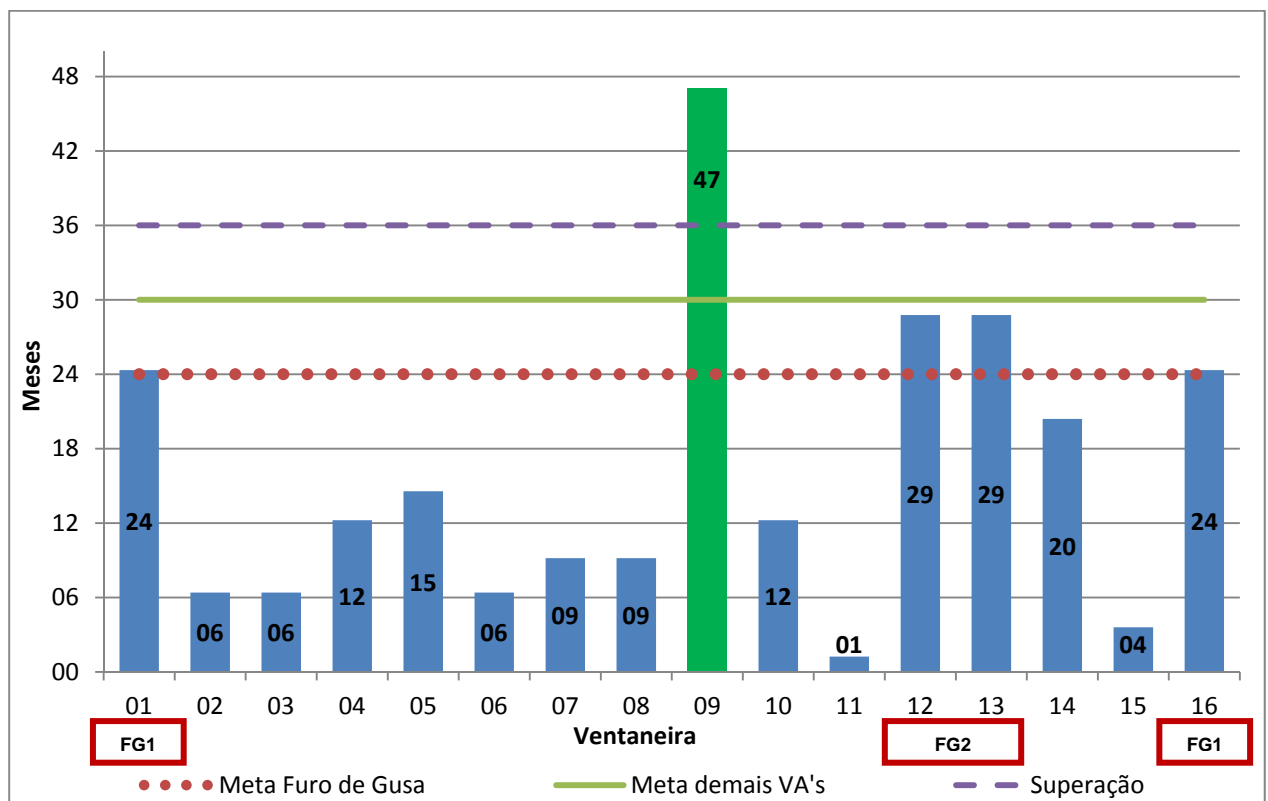


Figura 4. Tempo de operação das ventaneiras do Alto-Forno 2.

Pelas figuras acima se pode verificar que, com o desenvolvimento do trabalho, foi possível elevar a meta de utilização das ventaneiras para 30 meses de operação, ou seja, aumento de 25% na vida útil das ventaneiras. Durante o período do desenvolvimento, foi possível alcançar a marca histórica de 47 meses de operação de uma ventaneira no Alto-Forno 2. Esta peça será substituída apenas com 49 meses, confirmando assim um recorde de operação de ventaneira nos altos-fornos da Usiminas, unidades Ipatinga e Cubatão.

3.2 Resultados Referentes às Caixas de Refrigeração do Alto-Forno 3

A partir de 2010, foi verificado um aumento no índice de troca de caixas de refrigeração do Alto-Forno 3, Figura 5. Após um trabalho em conjunto com o Centro de Tecnologia Usiminas, ficou constatada a existência de defeitos na fabricação do fundido, evidenciado na Figura 6. Além dos defeitos que o fundido trazia de seu processo, ainda em 2010, iniciou-se a recuperação das caixas de refrigeração que apresentavam pequenos defeitos no corpo. Com o somatório destas situações, algumas peças operaram apenas por 30 dias, sendo necessária sua substituição.

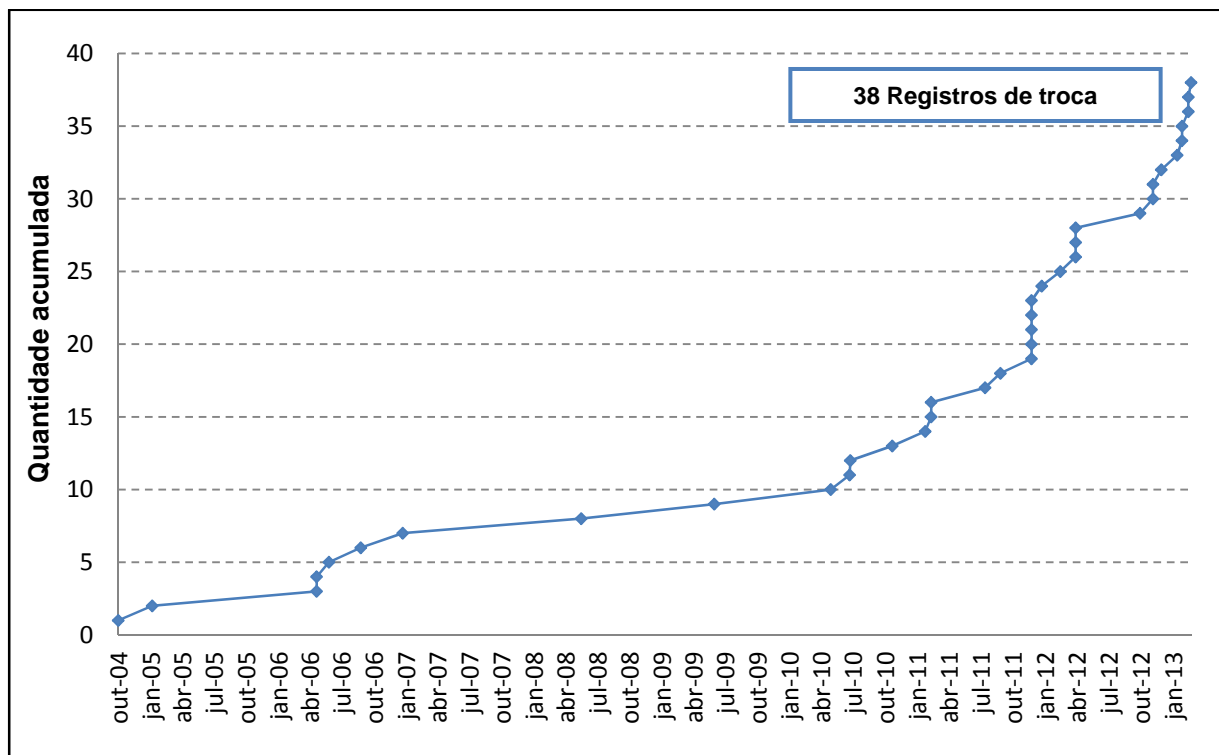


Figura 5. Evolução de troca das caixas de refrigeração do Alto-Forno 3.

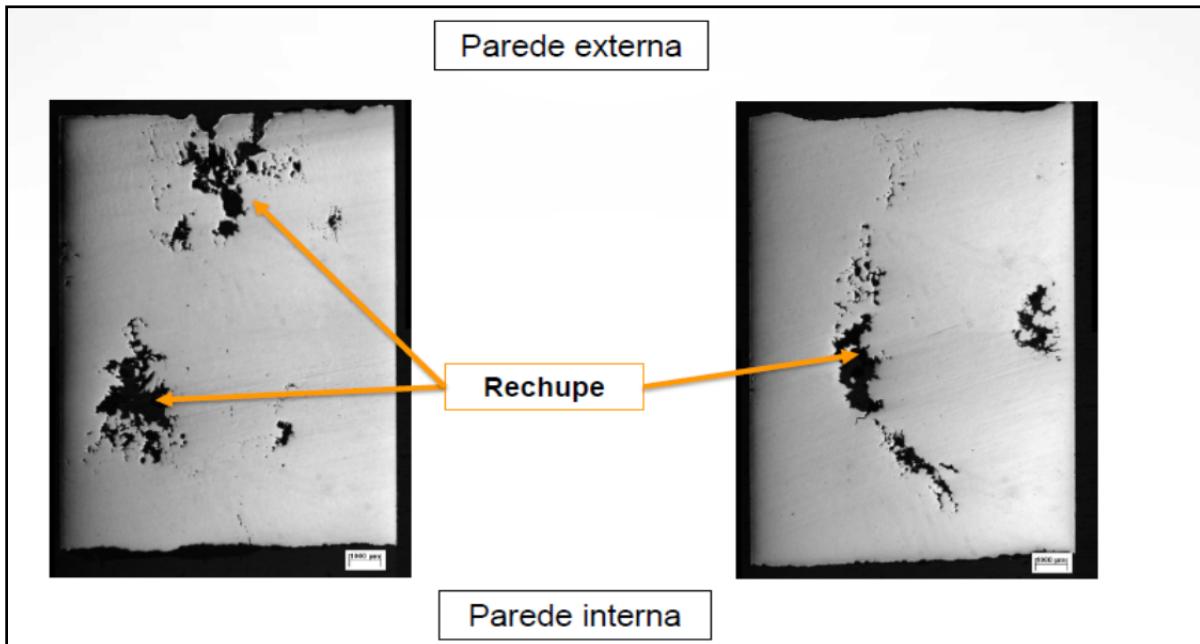


Figura 6. Aspecto geral das paredes das caixas de refrigeração verificados por microscopia ótica.

Dos diversos registros de defeitos apresentados pelas caixas de refrigeração, apontados nas Figuras 7 e 8, a porosidade no corpo ocorreu com maior incidência, sendo responsável por 50% das trocas. Este problema está diretamente relacionado à fabricação da peça. De acordo com o estudo realizado, verificaram-se deposições de zinco no corpo da peça. Assim, este fenômeno pode ter acelerado o aparecimento dos defeitos.

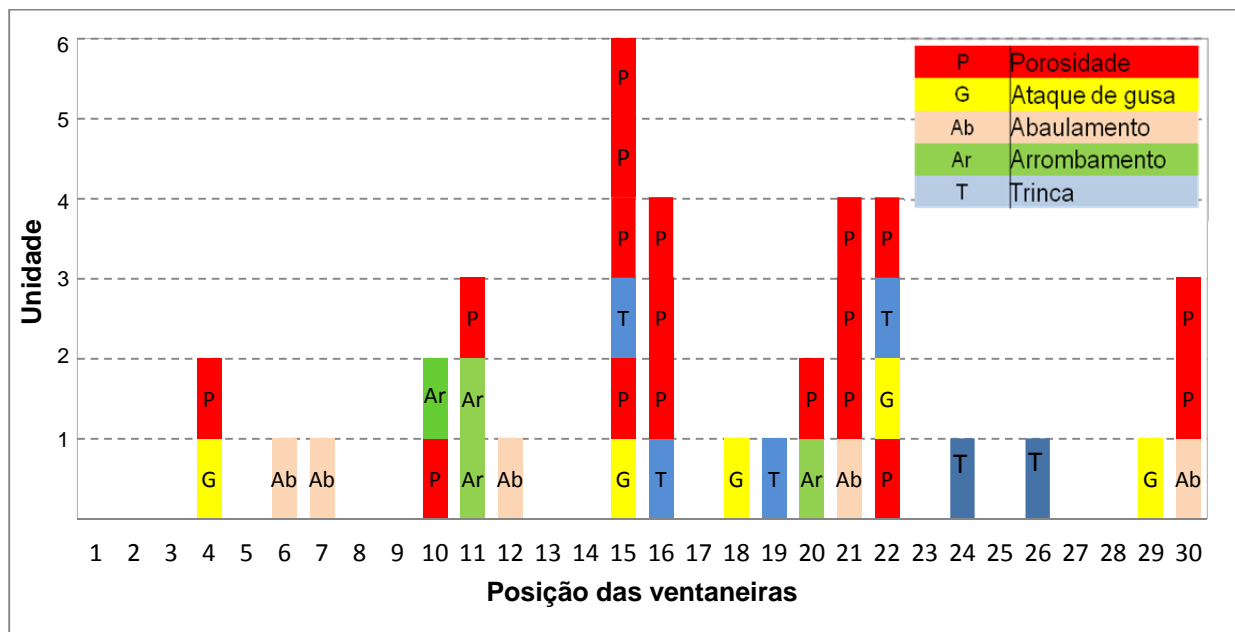


Figura 7. Substituição das caixas de refrigeração do Alto-Forno 3 por tipo de falha.

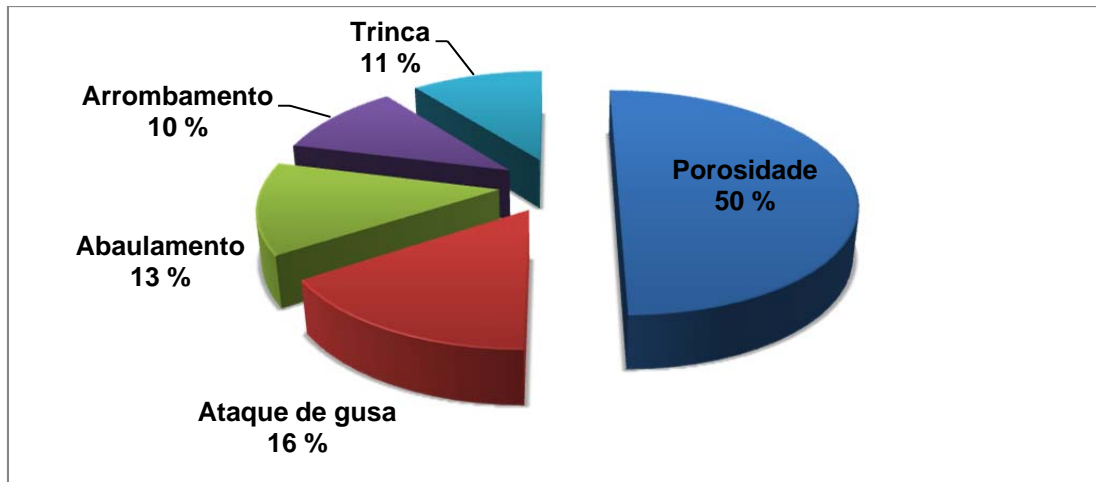


Figura 8. Distribuição das falhas apresentadas pelas caixas de refrigeração do Alto-Forno 3.

Dada a situação de alta criticidade, a equipe dos altos-fornos, manutenção e reparo, fundição e Centro de Tecnologia da Usiminas implantou como solução, um novo projeto de caixa de refrigeração, Figura 9. Este projeto teve como objetivo principal, melhorar a qualidade do fundido na zona considerada crítica. Dessa forma, o bico da peça foi estendido por, aproximadamente, 200 mm. Com isso, a região com maior incidência de falhas passou a conter cobre eletrolítico, melhorando significativamente sua qualidade. As caixas de refrigeração do novo modelo implantadas não apresentaram nenhum tipo de falha desde o início de sua utilização.



Figura 9. Caixas de refrigeração do Alto-Forno 3: 1- Projeto antigo; 2- Novo projeto.

4 CONCLUSÃO

As melhorias desenvolvidas no sistema de insuflamento de ar no alto-forno, particularmente, ventaneiras e caixas de refrigeração, mostraram-se alinhadas com as necessidades atuais de melhoria de desempenho e maior competitividade.

Os tempos de operação de ventaneiras que estão sendo obtidos nos Altos-Fornos 1 e 2 da Usiminas, Planta de Ipatinga, destacam-se no cenário siderúrgico. Por meio do trabalho realizado, pode-se conquistar um aumento de 25% no tempo de vida útil das ventaneiras, além de registrar o recorde de operação de 49 meses de uma peça.

No mesmo sentido, os aprimoramentos nas caixas de refrigeração no Alto-Forno 3 permitiram uma maior estabilidade no processo face às reduções de trocas destas peças. Após a implantação do novo projeto, não houve ocorrência de falhas nas caixas de refrigeração instaladas.

Por fim, as ações implantadas têm contribuído na busca incessante pela superação dos resultados operacionais.

REFERÊNCIAS

- 1 SOLÉ, R. A. **Fatores que influenciam na vida média das ventaneiras**. Simpósio técnico da COMIN, COMAP, COENGE. Guarujá – São Paulo, 1978.
- 2 ROCHA, W. M., GUIMARÃES, A.C., VIMIEIRO, G. P., VILA NOVA, B. S. **Aperfeiçoamento em ventaneiras para altos-fornos**. Simpósio técnico interno. Ipatinga – Minas Gerais, 1980.