

REDUÇÃO DO CUSTO ESPECÍFICO DE REFRAATÁRIO DE CONVERSOR ¹

Carlos Tadeu de Carvalho Reis ²
Wellington Ferreira Barbosa ²

Resumo

A busca incessante pela redução de custos é uma constante em todos os ramos de negócios e na siderurgia não é diferente. Na área de refino primário (convertedores), um dos maiores custos é o do revestimento refratário. Assim, a GGMA definiu como uma de suas estratégias, a redução do custo específico de refratário de convertedor. Com isso, várias abordagens podem ser feitas, como por exemplo, redução do preço do revestimento e/ou aumento de vida do refratário. O presente trabalho vai mostrar os resultados da redução de custo específico de refratário, obtido através elevação da vida do revestimento. Um trabalho conjunto CSN/fornecedores de refratário foi desenvolvido buscando a interação entre as áreas técnicas. Reuniões periódicas foram realizadas, buscando identificar regiões a serem enobrecidas, tornando dessa forma, o revestimento "mais equilibrado". Uma ferramenta fundamental para esse desenvolvimento foi o medidor a laser (LaCam), que através de suas medições precisas, permitiu uma maior acurácia nas sugestões implementadas. Outros pontos que serão mostrados no trabalho é a redução do tempo de conversor disponível p/ reparo geral, o que aumentou o tempo disponível para produção e a elevação do índice de slag splashing. Com isso, o aumento da vida do revestimento e a redução do consumo específico de refratário obtida, foi significativa, alcançando valores de 6% acima do recorde e redução de até 60% no consumo específico de refratário, respectivamente.

Palavras-chave: Refratário; Aciaria; Revestimento.

SPECIFIC CONSUMPTION REDUCTION OF CSN BOF REFRACTORY

Abstract

The incessant search for cost reduction is a constant in all branches of businesses and in the metallurgy it is not different. In the steel plant field (converters), one of the largest costs is of the refractory lining. GGMA has defined as one of their strategies, the reduction of refractory specific cost from that, several approaches can be made, as for example, refractory price reduction and/or increase of life. The present work will show the results of refractory specific cost reduction through elevation of refractory lining life. An united work CSN/refractory suppliers was developed looking for the interaction among the technical areas. Periodic meetings were accomplished, trying to identify areas to be ennobled, turning in that way, the most balanced covering". A fundamental tool for that development was the (LaCan) laser measurer, which came to give precision to the suggestions to be implemented. Other points that will be shown in the work are the reduction of available converter time for general repair, that increased the available time for production and the elevation of the index of slag splashing. With that, the increase of the life of the refractory and the reduction of the specific consumption of refractory obtained was significant, reaching values of 6% above the record and reduction up to 60% in the specific consumption of refractory, respectively.

Key words: Refractories; Steel plant; Lining.

¹ *Contribuição técnica ao XXXIX Seminário de Aciaria – Internacional, 12 a 16 de maio de 2008, Curitiba, PR, Brasil*

² *Engenheiro Metalúrgico*

1 INTRODUÇÃO

No atual mercado globalizado a busca das empresas pela redução dos custos de produção tem se mostrado uma constante, seja para aumentar sua competitividade ou suas margens de lucro. Nas empresas Siderúrgicas o custo com materiais refratário são bastante significativos e uma fatia considerável deste custo está nos gastos com refratários para os convertedores LD.

A CSN possui 3 conversores com capacidade de 231t de aço líquido/corrida, o que consome em torno de 500t de refratário por campanha. Para se reduzir os custos com refratários dos conversores, tem-se buscado o constante aumento das campanhas, sem a elevação dos preços já negociados.

Os refratários dos convertedores são de material compósito em que se busca unir dois tipos diferentes de materiais visando aliar características desejáveis de dois materiais e obter um terceiro material, com características adequadas. No caso dos refratários para convertedores estes materiais são: o agregado de magnésia (MgO), anti oxidantes, grão eletro fundidos de periclásio, grafite, resina fenólica ou piche, que servem como ligantes.

O refratário dos convertedores são divididos em diferentes regiões como munhões, linha de escória, zona de impacto, leito de vazamento, fundo e cone. Cada região específica apresenta taxas e mecanismos de desgastes diferentes, sendo necessário o uso de diferentes qualidades e espessuras de refratários, conforme exemplifica a Figura 1.

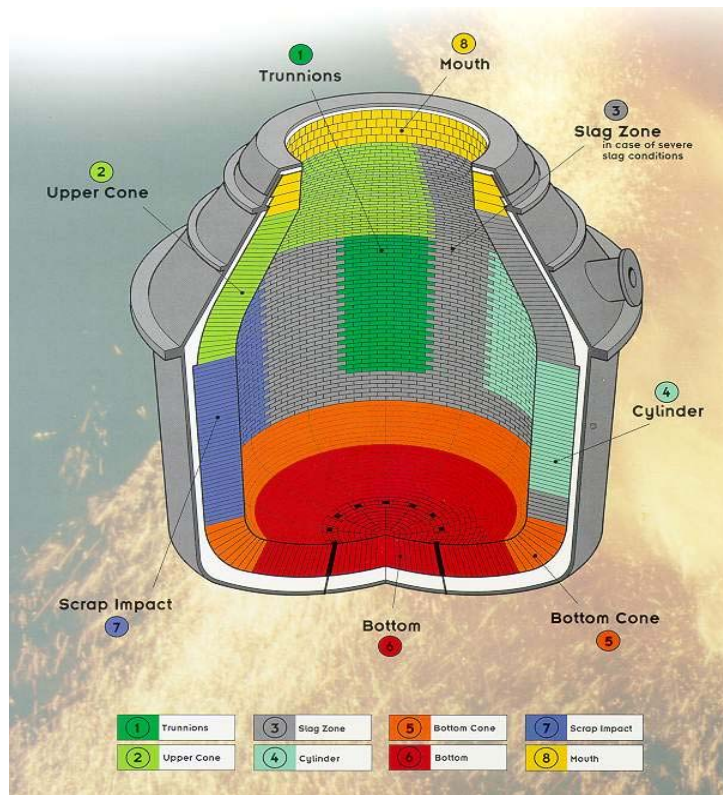


Figura 1 – Diferentes regiões do refratário de convertedor

2 Mecanismos de desgaste

2.1 Corrosão Química

A corrosão química dos refratários se dá pela formação de compostos de baixo ponto de fusão que formam fases líquidas com os compostos dos tijolos como o CaO MgO SiO_2 / $3\text{CaO MgO } 2\text{SiO}_2$ com temperatura líquidos de 1.350°C a 1.500°C , bem abaixo das temperaturas de processo de refino primário. Outra forma de corrosão química que pode ocorrer é a insaturação da escória em MgO. Quando a escória se encontra insaturada em MgO ela busca no tijolo o elemento para atingir o equilíbrio. Na Figura 2 podemos ver a forte influência da temperatura de fim de sopro com o MgO de saturação. A viscosidade da escória também afeta a taxa de corrosão química uma vez que escórias de baixa viscosidade tem alta interação com os tijolos e portanto reagem melhor.

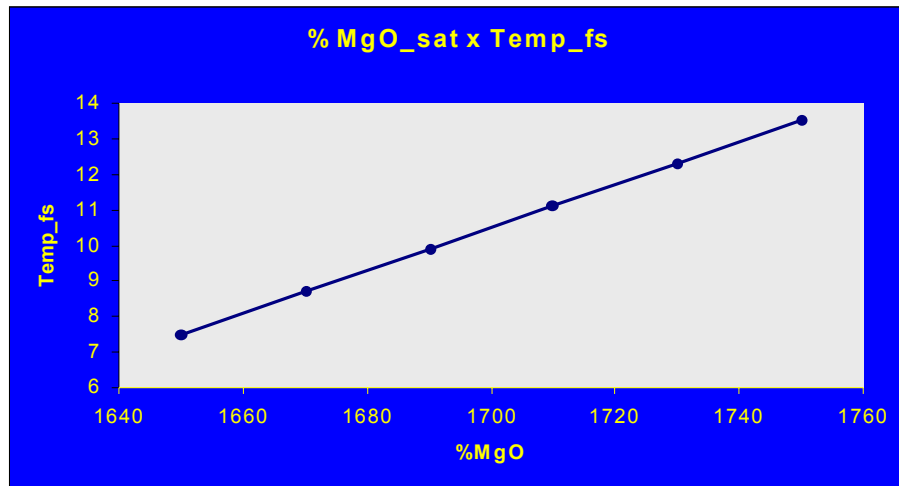


Figura 2 – Influência da temperatura de fim sopro no MgO_{sat}

2.2 Oxidação

O carbono é inerte a todos os elementos da escória e do aço, mas pode sofrer uma reação com o oxigênio que é chamada de oxidação e a qual promove a sua remoção do tijolo alterando profundamente as suas características físicas. Estas reações podem ocorrer na fase gasosa com a reação direta do oxigênio com o carbono do refratário ou na fase líquida onde ocorre a reação do carbono com o oxigênio do FeO da escória. Na Figura 3, podemos ver a correlação entre o FeT e o desgaste do refratário.

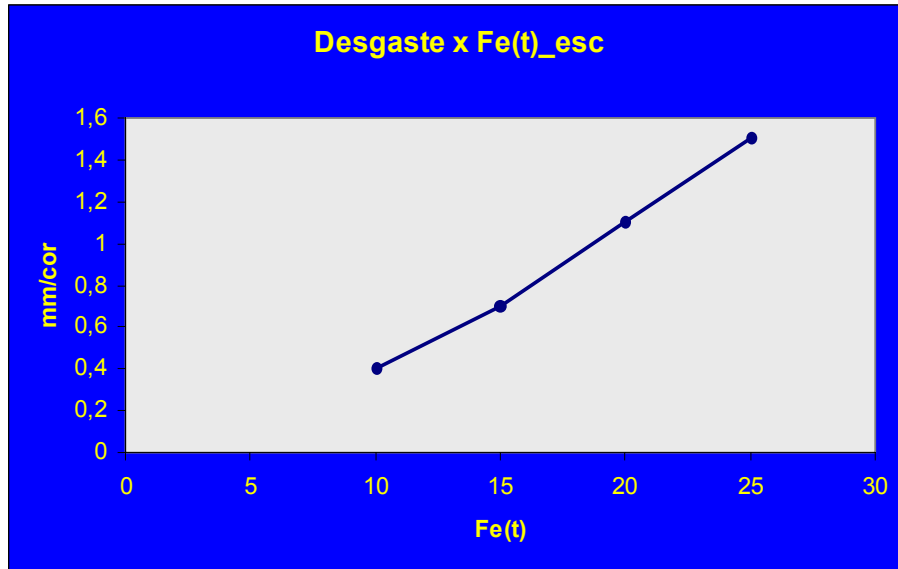


Figura 3 – Relação entre o FeT na escória e o desgaste do refratário

2.3 Spalling (Lascamento) Estrutural

Este mecanismo de desgaste ocorre quando se tem a descarbonetação do tijolo, com posterior penetração de escória nos poros, gerando a densificação da região penetrada. Com isso, altera-se as propriedades mecânicas, com geração de tensões residuais (acumulo de energia na interface) e posterior lascamento (minimização de energia).

3 Slag Splashing

Um processo implantado nas aciarias LD para manutenção e preservação do revestimento de trabalho, aumenta de forma significativamente as campanhas dos conversores. Esse processo, denominado *slag splashing* (Figura 4), utiliza um sopro de alta pressão e elevada vazão de nitrogênio, sobre a escória residual da corrida (através da lança de oxigênio), espalhando-a no revestimento do vaso. Essa cobertura de escória, assim que resfria e solidifica-se, forma uma camada consumível de revestimento. Como resultado, a escória solidificada protege o revestimento, reduzindo o consumo específico de refratário, o que diminui a necessidade de reparo por *gunning* e, conseqüentemente aumentando a disponibilidade do conversor, reduzindo assim, os custos operacionais. O processo é realizado após cada corrida, durando aproximadamente 5 minutos. Na CSN não é possível se fazer o slag splashing em todas as corridas devido ao volume de nitrogênio disponível ser limitado em 96.000 m³, surgindo a necessidade de se racionalizar o consumo.

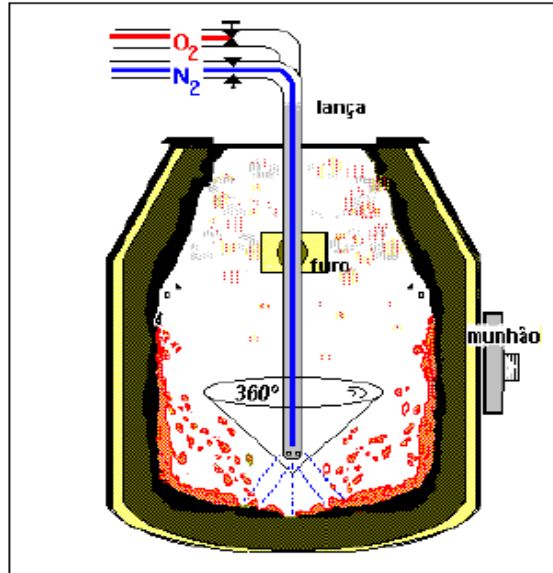


Figura 4. Esquema do Slag Splashing no convertedor LD

4 Desenvolvimento

4.1 Identificação

Desde a partida da aciaria LD na CSN em 1977, a vida do revestimento refratário sofreu algumas mudanças de fornecedores e projetos. Essas alterações sempre visaram compatibilizar produção, vida de conversor, vida dos componentes dos equipamentos periféricos (sistema OG, sistema de adição, abastecimento, panela de aço, etc...) e manutenções preventivas programadas, sempre objetivando o menor custo. Porém, com a gradativa evolução de produção ao longo dos anos (Figura 5), fez-se necessário nos adequarmos a um novo patamar, em todos os itens citados anteriormente, principalmente vida do revestimento refratário. Assim, o número de revestimentos trocados por ano, passa a ser uma consequência.

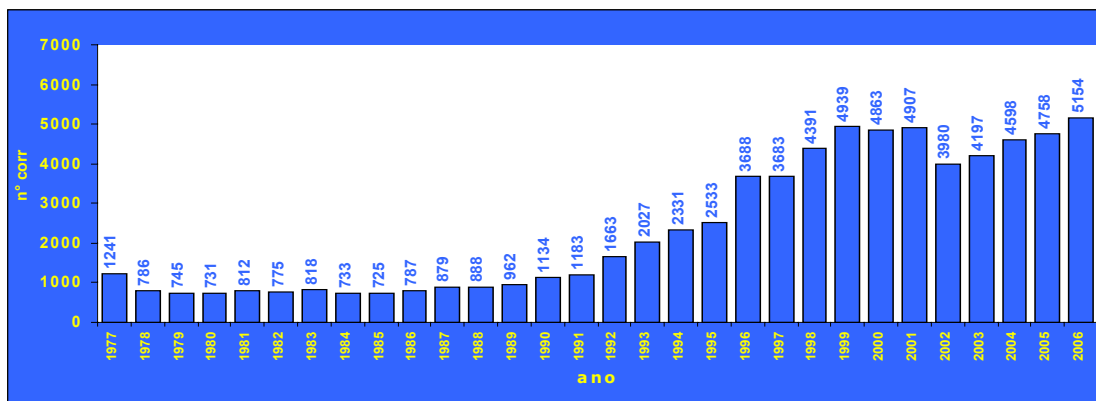


Figura 5 – Vida média de convertedor / ano

Com o patamar de produção estabilizado em valores próximos a 5,5 Mt/a de aço líquido, o nosso maior desafio é trabalhar de forma sistemática na redução dos custos de produção. Um dos componentes mais significativos, se não o maior, é o custo de refratário de convertedor. O desafio é a redução do custo específico de refratário em 6%.

4.2 Observação

O período levantado p/ observação é o biênio 2005/2006, onde podemos notar que os valores médios da vida de conversor se encontram em torno de 5000 corridas. Nesse período o menor valor foi a campanha 112 do conversor B (fornecedor de refratário A) com 3950 corridas e o de maior valor é 6005 (recorde) corridas da campanha 88 do conversor C (fornecedor de refratário B), conforme Figura 6.

Para o mesmo período, os dados referentes ao consumo específico do revestimento refratário são mostrados na Figura 7, tendo como menor valor o da campanha 88 (conversor C) com o valor de 0,35 kg/ton. aço e o de maior valor o da campanha 112 (conversor B) com 0,61kg/ton. aço. , a melhor e pior campanha do período avaliado, respectivamente. O custo específico de refratário é apresentado no gráfico da Figura 8, mostrando o desempenho no período avaliado. Em ambos os casos, tanto no consumo quanto no custo específico, foi considerado o material aplicado no conversor (massa de aplicação), obviamente quando utilizado.

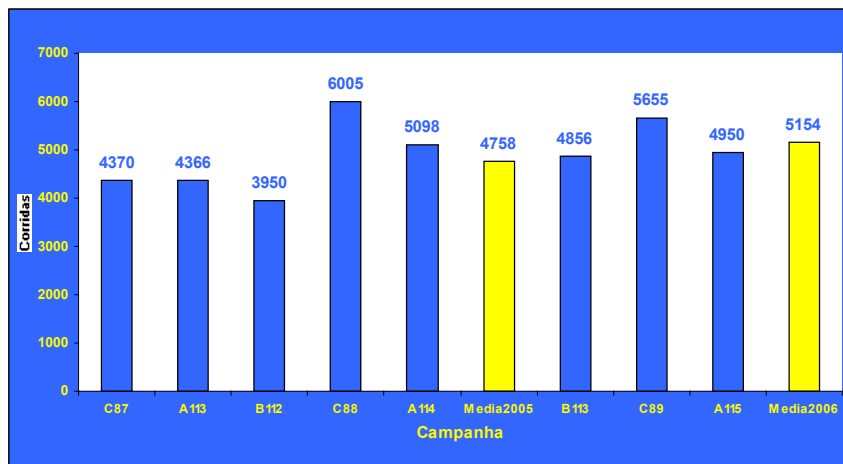


Figura 6 – Campanha dos convertedores – Biênio 2005/2006

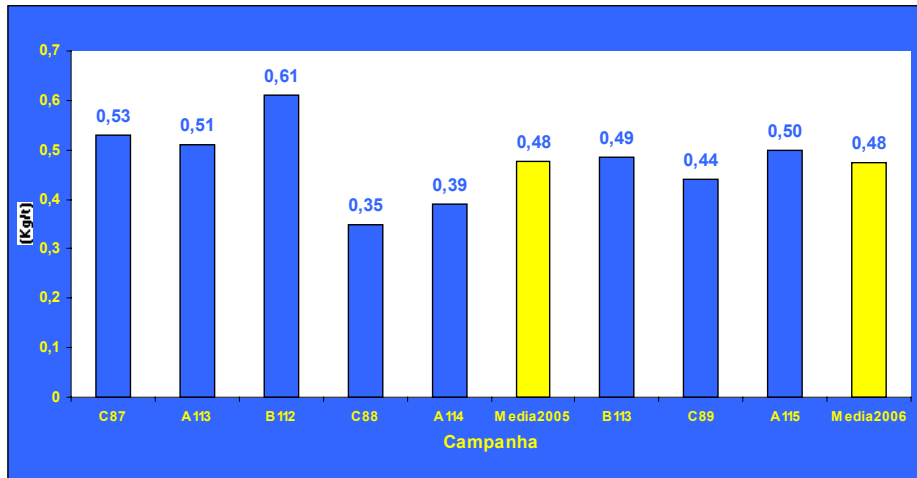


Figura 7 – Consumo específico de refratário.

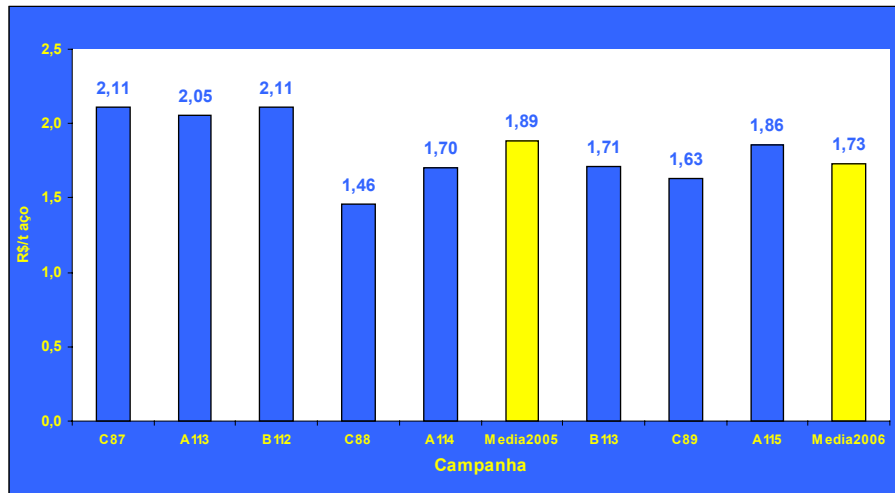


Figura 8 – Custo específico de refratário.

4.3 Análise

Informações levantadas das campanhas dos anos de 2005 e 2006, mostraram qual seriam os pontos de maior desgaste nos convertedores (Figura 9), tendo como destaque a região do rodapé, seguido da zona de impacto e linha de escória, regiões que tradicionalmente apresentam uma taxa de desgaste elevada.

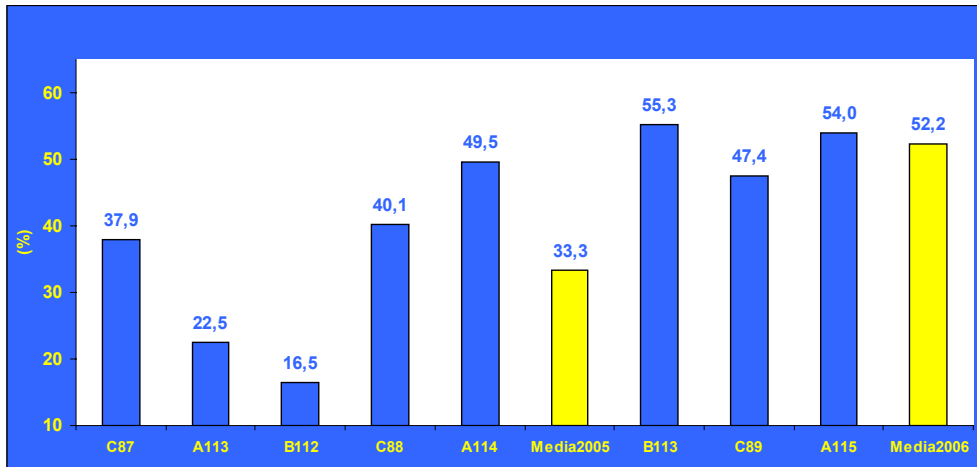


Figura 9 – Região de maior desgaste da campanha.

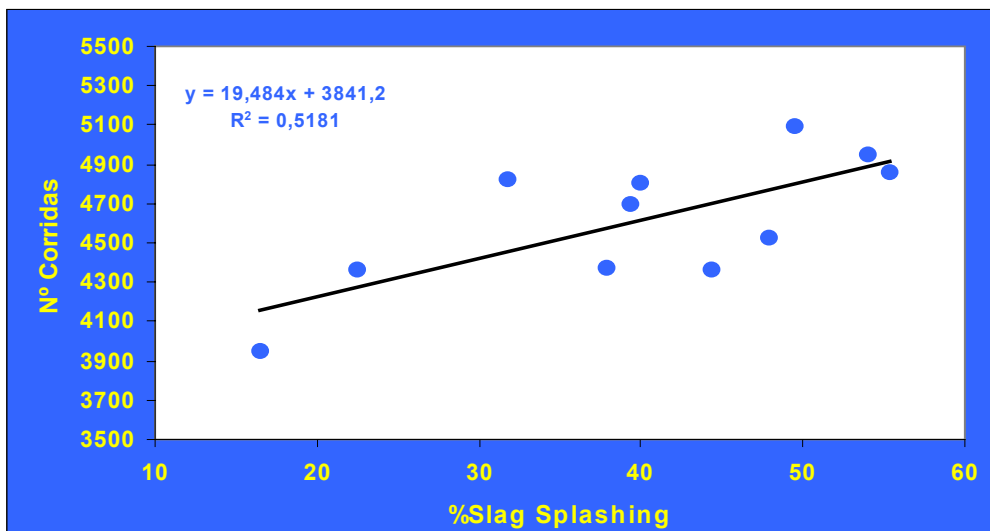


Figura 10 – Índice de slag splashing nas campanhas.

Um outro ponto a ser observado devido a sua elevada importância e que atua no sentido de reduzir a taxa de desgaste ao longo da campanha é o slag-splashing realizado nos convertedores. Para as campanhas em questão, o índice é mostrado na fig. 10 e sua influência é demonstrada na Figura 11. A cada 10% de slag splashing, temos aproximadamente um acréscimo de 200 corridas na campanha.

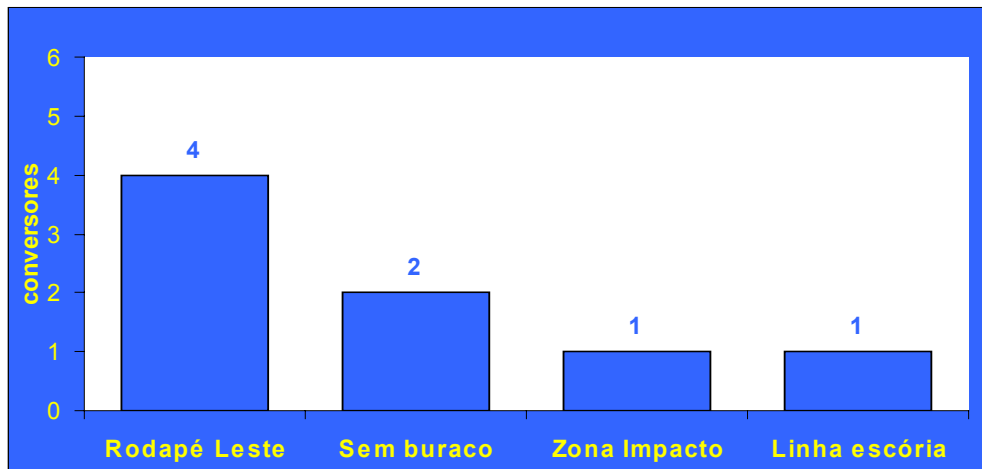


Figura 11 – Influência do SS na vida de conversor.

Com tudo o que foi exposto acima, algumas conclusões puderam ser feitas:

- _ Foram identificadas áreas de maior desgaste no revestimento. Outras regiões, terminavam a campanha com um residual de refratário considerável;
- _ O índice de slag splashing pode ser melhorado, pois existe diferenças entre as campanhas e comprovadamente tem influência na taxa de desgaste do revestimento;
- _ A temperatura de fim de sopro deve ser avaliada, buscando, se possível, a redução dos valores;

4.4 Plano de ação

O QUE será feito WHAT	QUANDO será feito? WHEN	QUEM fará? WHO	ONDE será feito? WHERE	POR QUE será feito? WHY	COMO será feito? HOW
CRIAR CRITÉRIO P/ REALIZAÇÃO DO SS	01/12/06	ANDERSON	CONVERSORES	MELHOR UTILIZAÇÃO DO N2 DISPONÍVEL P/ SS	UTILIZAÇÃO RACIONAL DO NITROGÊNIO DISPONÍVEL P/ REALIZAÇÃO SS
DISCUSSÃO TÉCNICA C/ FORNECEDORES	PERIODICAMENTE (MEIO E FIM DE CAMPANHA)	TADEU / WELLINGTON	GAC	AVALIAR A PERFORMANCE DO REVESTIMENTO E PROPOR ALTERAÇÕES	MOSTRANDO PONTOS CRÍTICOS DA CAMPANHA, AS TENDÊNCIAS E PREVISÕES.
REDUÇÃO DE TEMPERATURA DE FIM DE SOPRO	01/12/06	ANTÔNIO CARLOS	GAC	REDUZIR A TAXA DE DESGASTE DO REVESTIMENTO REFRATÁRIO	PRIORIZANDO O VAZAMENTO C/ AL GOTÃO E DIRECIONANDO CORRIDAS P/ RH.

_ Critério de realização do Slag Splashing – Foi instalado na tela de operação um contador, que decrementa o valor utilizado de N2, calculando o número de slag splashing que temos disponível até o fim do dia. A aciaria tem disponível p/ o slag splashing 120.000 Nm3 de nitrogênio/dia para a realização do slag splashing.

_ A discussão técnica com fornecedores, resultou em melhorias (espessura e qualidade do refratário) nas regiões que apresentaram desgaste acentuado e abreviaram a campanha do convertedor (Tabela 1);

Tabela 1 – Exemplo das ações tomadas em função da discussões técnicas.

Drawing Number	V-70319C/1	B113	V-70319F/1	B114	V-70319G/1	B115	V-70319H/1	B116	V-70319L/1	B117
		Lining Thickness	RECORDE	Lining Thickness		Lining Thickness	assembly	Lining Thickness	future	Lining Thickness
Result	4855 heats	21/6/2005	5237 heats	04/03/07	4544 heats	07/10/07				
BOTTOM										
Bottom	AC-CX92	700mm	AC-CX92	700mm	AC-CX92	700mm	AC-CX92	700mm	AC-CX92	700mm
Bottom Cone	AC-CX92	700mm	AC-CX92	800mm	AC-CX92	800mm	AC-CX92	800mm	AC-CX92	800mm
CYLINDER										
Lower Cylinder Layer 1-10	AC-OC92	800mm	AC-DX92	850mm	AC-DX92	850mm	AC-DX92	850mm	AC-DX92	850mm
Impact Area	AR-DX90X	850mm	AR-DX90X	900mm	AR-DX90X	900mm	AR-DX90X	950mm	AR-DX91X	950mm
Slag Zone Charging	AC-OC92	850mm	AC-DX92	850mm	AC-DX92	850mm	AC-DX92	900mm	AC-DX92X	900mm
Trunnions	AC-OC92	850mm	AC-DX93	850mm	AC-DX93	850mm	AC-DX93X	850mm	AC-DX93X	850mm
Above Trunnions	AC-OC92	850mm	AC-DX92	850mm	AC-DX92	850mm	AC-DX92	850mm	AC-DX92	850mm
Slag Zone Tapping	AC-OC92	850mm	AC-DX92	850mm	AC-DX92	850mm	AC-DX92	850mm	AC-DX92	850mm
Tapping Pad	AC-OC92	850mm	AC-DX92	850mm	AC-DX92	850mm	AC-DX92	850mm	AC-DX92	850mm
UPPER CONE										
Tapping Area	AC-CX72+OC92	750mm+800	AC-KC72,DX92	750mm	AC-KC72,DX92	750mm	AC-KC72,DX92	750mm	AC-KC72,DX92	750mm
Flank	AC-CX72	750mm+800	AC-KC72	750mm	AC-KC72	750mm	AC-KC72	750mm	AC-KC72	750mm
MOUTH										
		steel sheets		steel sheets		steel sheets		steel sheets		steel sheets
	AC-CX72	650/700mm comolded	AC-CX72	650/700mm comolded	AC-CX72	650/700mm comolded	AC-CX72	650/700mm comolded	AC-CX72	650/700mm comolded
	BOF711	600mm	BOF711	600mm	BOF711	600mm	BOF711	600mm	BOF711	600mm

4.5 Resultados

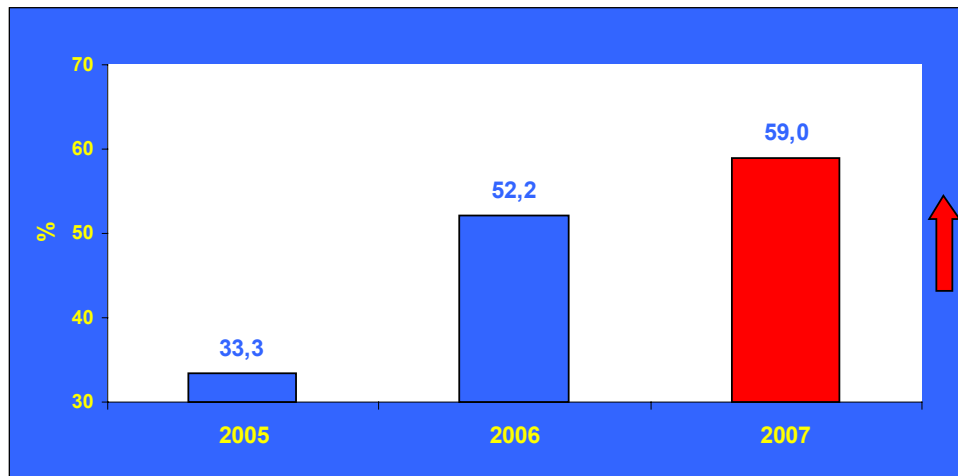


Figura 12 – Índice de slag splashing

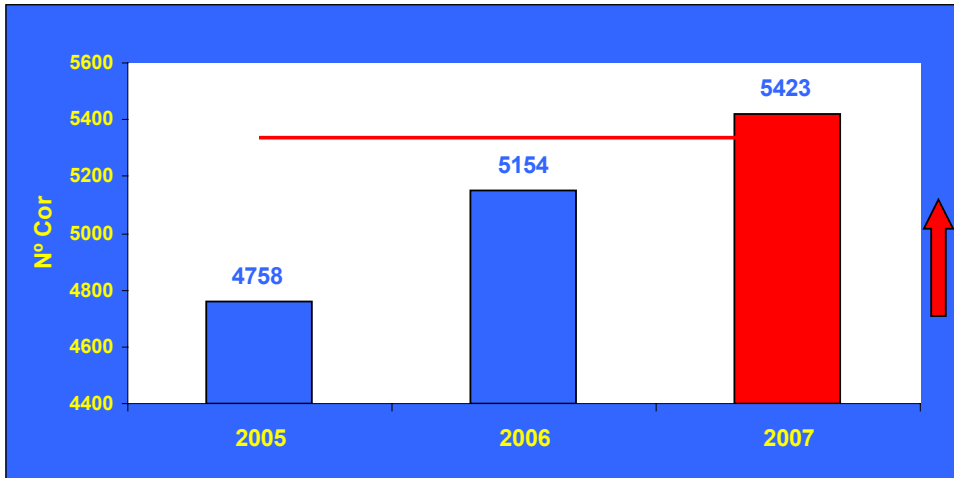


Figura 13 – Vida média dos convertedores.

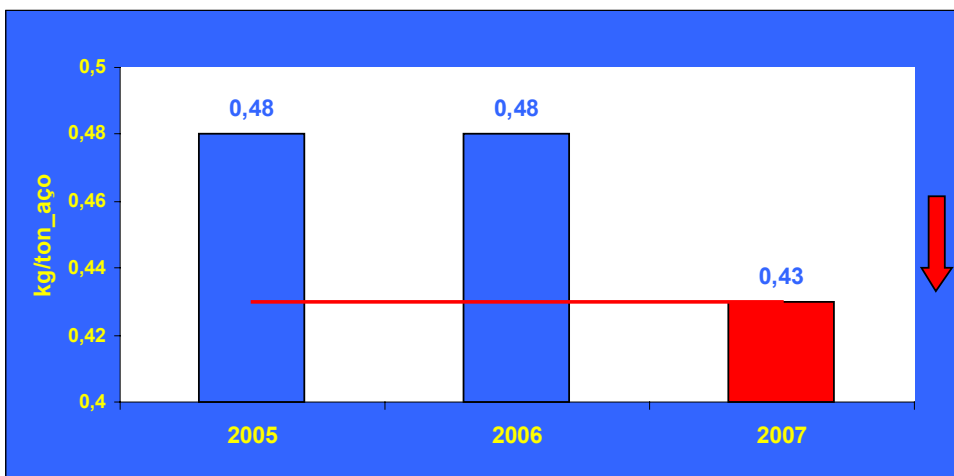


Figura 14 – Consumo específico de refratário

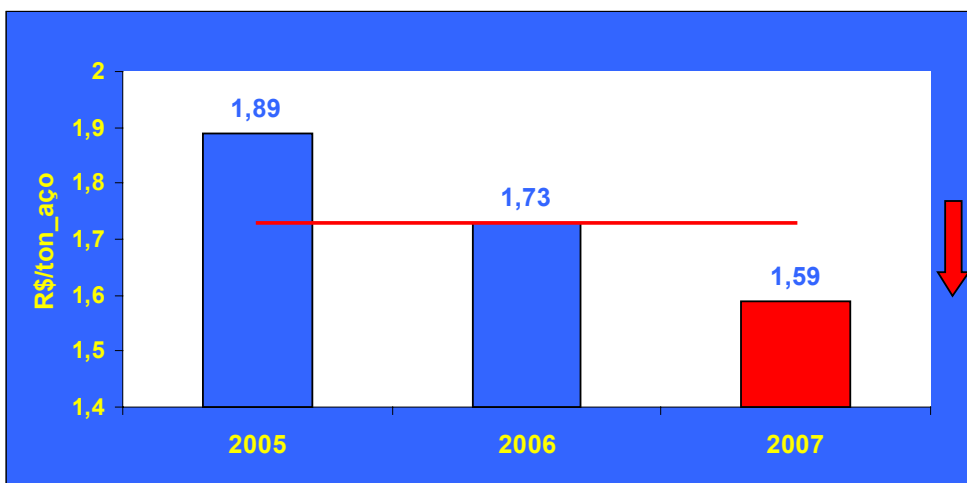


Figura 15– Custo específico de refratário (R\$/ton.aço).

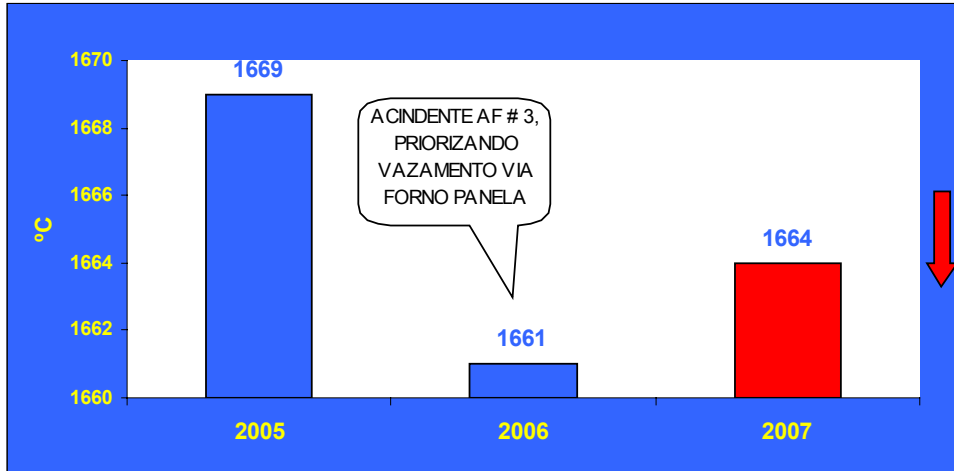


Figura 16 – Temperatura média de fim de sopro.

4.6 Conclusão

Com a implementação das ações elevamos o índice de Slag Splashing de 52,2% para 59,0% e reduzimos a temperatura média de fim de sopro de 1669°C para 1664°C que juntamente com as alterações nos projetos dos revestimentos dos conversores nos levaram a elevação da vida média dos conversores de 5.154corr para 5423corr, redução do consumo específico de 0,48kg/t para 0,43kg/t, redução do número de revestimentos por ano em 5% aumentando a disponibilidade de conversor em 2,3dias/ano, redução do impacto ambiental através da redução da geração de resíduos refratários sólidos e redução do custo de refratário de 1,73R\$/t para 1,59R\$/t com um ganho anualizado de R\$ 1.569.240,00.