

AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE RETENÇÃO DE ESCÓRIA NOS CONVERSORES LD DA COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL¹

Antônio Augusto de Rezende Martins²
Antônio de Pádua Sobreira Leal³
Victor Hugo Leal de Araújo⁴
Roberto Vilmar Formage⁵
Marcos Silva Monteiro⁶

RESUMO

A produção de aços de elevada limpidez aliados a um baixo custo de processamento, é uma exigência do mercado siderúrgico atual. Dentro deste cenário, a redução da escória proveniente do refino primário se apresenta como um recurso indispensável.

O presente trabalho apresenta o histórico do desenvolvimento desta técnica na Companhia Siderúrgica Nacional, discutindo as características metalúrgicas e vantagens dos diversos métodos de retenção de escória empregados, além dos ganhos e resultados obtidos com o desenvolvimento destes métodos.

Palavras chave: escória, conversor LD, dardo

¹ Contribuição Técnica a ser apresentada no 35º SEMINÁRIO DE FUSÃO,REFINO E SOLIDIFICAÇÃO DOS METAIS, 17 a 19 de Maio de 2004, Salvador, BA, Brasil.

² Engenheiro Metalúrgico, Gerência de Tecnologia Metalúrgica, GTME-CSN, Volta Redonda, RJ, Brasil.

³ Engenheiro Metalúrgico, Gerência Geral de Planejamento e Obras, GGPO-CSN, Volta Redonda, RJ, Brasil.

⁴ Engenheiro Metalúrgico, Universidade Federal Fluminense, EEIMVR-UFF, Volta Redonda, RJ, Brasil.

⁵ Técnico Industrial, Gerência de Aciaria, GAC-CSN, Volta Redonda, RJ, Brasil.

⁶ Engenheiro Elétrico da RISA, Belo Horizonte, MG, Brasil.

1. INTRODUÇÃO

A formação de escória no conversor LD é uma necessidade intrínseca ao próprio processo de elaboração do aço. Nas etapas posteriores, no entanto, a escória gerada no conversor se apresenta como um componente indesejável devido a várias razões metalúrgicas. Esforços no sentido de evitar ou mesmo minimizar a sua presença nos processos de refino secundário, acarretarão em importantes benefícios para a qualidade e custo destes processos e seus produtos.

Diversas técnicas têm sido desenvolvidas visando minimizar a quantidade de escória na panela durante a transferência do aço líquido proveniente do conversor. Estas técnicas tiveram que ser aprimoradas para melhorar a eficiência e acompanhar a crescente demanda por aços de elevados requisitos de qualidade e limpidez interna, atrelados a um baixo custo de processamento. Sendo assim, o controle da quantidade de escória deixou de depender simplesmente do controle visual e experiência do operador, e passou a se utilizar de equipamentos e métodos mais sofisticados que garantem uma retenção de escória com eficiência e precisão.

Acompanhando este cenário, a Companhia Siderúrgica Nacional procurou ao longo do tempo utilizar técnicas de retenção de escória que melhor atendessem as necessidades de qualidade de seus processos e produtos.

Busca-se com este trabalho descrever os benefícios obtidos com a minimização da quantidade de escória presente na panela durante os processos de refino secundário, discorrer sobre as técnicas adotadas para tal, e apresentar um histórico do desenvolvimento destas técnicas na Companhia Siderúrgica Nacional, apresentando resultados práticos e comparativos entre técnicas por ela adotadas.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Meios de Transferência da Escória do Conversor para a Panela

Durante o vazamento do metal líquido, a escória poderá ser transferida do conversor para a panela de três modos distintos:

- 1- A escória passa através do canal de vazamento no início do basculamento do conversor, quando este se encaminha para a posição de vazamento (figura 1.a);
- 2- A escória é arrastada pelo Vórtex formado pelo escoamento do aço líquido através do canal de vazamento (figura 1.b);
- 3- A escória passa através do canal ao término do escoamento do aço, pois após este momento, só há a presença de escória dentro do conversor (figura 1.c).

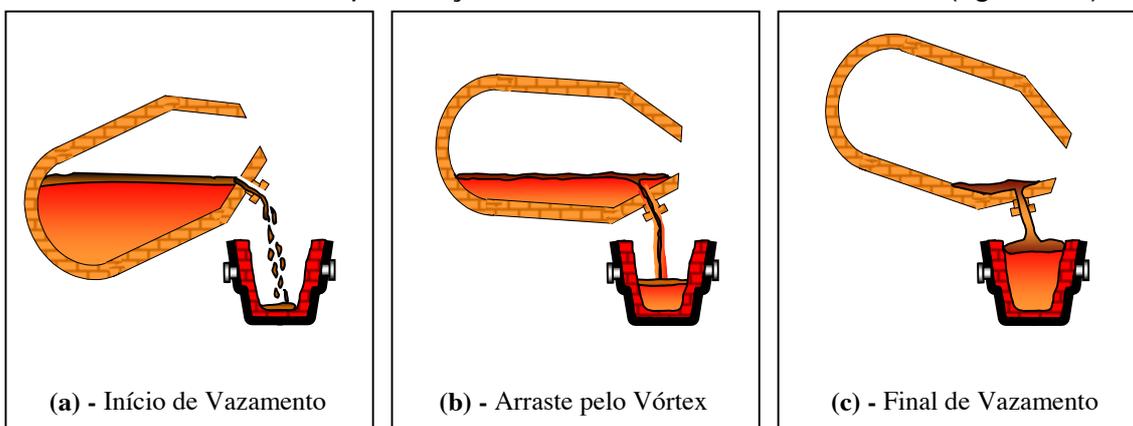


Figura 1 – Modos de Transferência de escória do Conversor para a panela

Portanto, uma boa técnica de retenção de escória deveria eliminar/reduzir estes três modos de transferência da escória. Porém, a maior parte das técnicas conhecidas levam em consideração somente a passagem da escória ao término do jato de aço (caso 3), onde espera-se que a maior parte da escória seja transferida.

2.2. Processos e Técnicas de Retenção de Escória Existentes

2.2.1. Técnicas de Retenção baseadas na Percepção do Operador

Os tipos de retenção de escória com base na habilidade e na experiência do operador dependem fundamentalmente da sensibilidade em diferenciar visualmente o aço e a escória durante o vazamento, e além disso, do tempo de resposta dos equipamentos envolvidos. Estas técnicas resultam de uma maneira geral, em uma baixa eficiência, uma grande variabilidade nos resultados, e outros problemas de origem operacional próprios de cada técnica. Por estas razões, têm comprometida a sua utilização pelas siderúrgicas modernas. Podemos citar, como principais:

⇒ Basculamento do Conversor ao Término do Vazamento do Aço

Consiste simplesmente em promover a retenção da escória através do basculamento do conversor (fig. 2.a), realizado no momento em que o operador visualiza a presença de escória no jato de aço ou na panela. Em função da inércia do conversor a ser vencida, pode ocorrer significativa passagem de escória, principalmente em canais com desgastes acentuados.

⇒ Movimentação do Carro de Transferência de Panela

Nesta prática, a escória é separada pelo movimento do carro de transferência no estágio final do vazamento (fig. 2.b). Um dos grandes inconvenientes operacionais desta técnica, além da baixa eficiência, é a manutenção e limpeza da escória que transborda para fora do carro de transferência, que traz uma série de transtornos mecânicos, para o ambiente, em questões de segurança, entre outros.

⇒ Método de Dupla Panela

Prática não habitual em separar a escória através do vazamento de uma panela para outra (fig. 2.c). Além das perdas de produtividade e da necessidade de maior número de panelas, ela resulta em baixo rendimento metálico e principalmente, em grande queda de temperatura do aço.

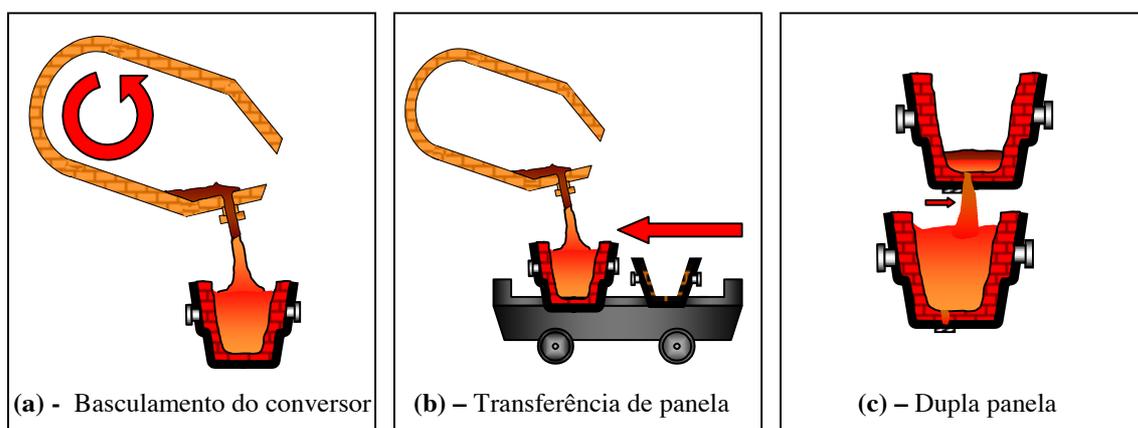


Figura 2 – Técnicas de Retenção baseadas na percepção do operador

2.2.2. Processos baseados na Retenção através de Sólidos Refratários Flutuantes

As práticas de utilizar corpos sólidos refratários que impedem a passagem de escória através da obstrução mecânica do canal de vazamento são amplamente utilizadas pelos aciaristas. Estes sólidos possuem densidade intermediária entre o banho metálico e a escória, de modo a se posicionar na linha de interface metal-escória, promovendo a retenção da escória durante o término do vazamento do aço.

Estes processos podem ser diferenciados de acordo com a forma e características do corpo sólido refratário utilizado para a obstrução do canal de vazamento. Os tipos mais difundidos são descritos a seguir.

⇒ Utilização de Retentor Refratário Esférico (Slagball)

Utiliza-se corpos sólidos refratários de formato esférico para promover a obstrução da escória (fig. 3.a) A introdução destas esferas refratárias podem ser realizadas de diferentes formas, como por exemplo, através de empilhadeiras adaptadas com calhas.

Este método apresenta uma boa retenção de escória, porém a sua limitação está associada ao seu índice de acerto, uma vez que para que a obstrução seja feita com perfeição, a esfera refratária deverá estar posicionada próximo ao furo de vazamento ao final do escoamento do aço, e este fato depende do correto lançamento da esfera próximo ao furo de vazamento e do arraste da mesma pelo efeito vórtex. Como nem sempre estes fatos ocorrem, devido a imprecisão do lançamento das esferas, da variação da viscosidade da escória e da movimentação dos conversores após lançamento, o índice de acerto desta técnica é comprometido.

⇒ Utilização de Retentor Refratário tipo Dardo

Neste processo de retenção os corpos sólidos refratários possuem a forma de um dardo (constituído de cabeça + haste). Eles são introduzidos dentro do conversor por intermédio de um equipamento mecânico (fig. 3.b) dotado de uma lança, que em um determinado tempo antes do término do vazamento, insere com precisão o dardo no canal de vazamento. Desta forma, a eficiência da retenção independe do arraste do corpo refratário para o canal de vazamento, e um maior índice de acertos é obtido.

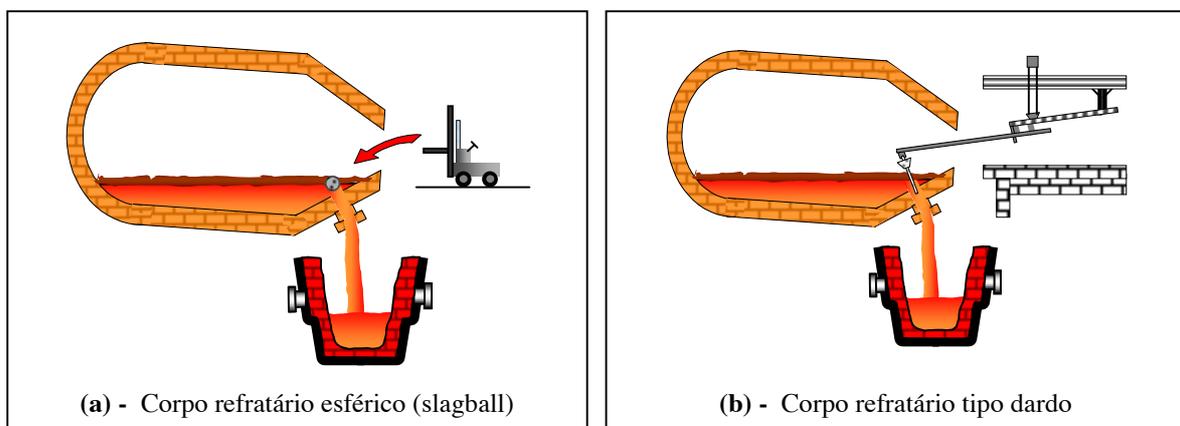


Figura 3 – Técnicas de Retenção utilizando sólidos refratários flutuantes

2.2.3. Processo baseado na Vedação Externa do Canal de Vazamento

⇒ Sistema Pneumático “Slag Stopper”

O princípio deste sistema consiste em reter escória pelo sopro de um gás inerte comprimido a alta pressão, através de um bocal, seguido imediatamente da introdução desta peça na extremidade do canal antes que uma maior quantidade de escória deixe o conversor. Este equipamento é constituído basicamente de uma peça refratária fixada no final de um braço móvel que é acionado pneumáticamente por gases proveniente de tanques acumuladores e estação de compressão.

É um eficiente sistema de retenção de escória, dependendo no entanto, da correta detecção da passagem de escória, que pode ser realizada visualmente pelo operador ou acoplado a detetores de escória. Logicamente, a maioria das instalações contempla o uso de detetores, o que resulta em uma maior eficiência na retenção.

2.2.4. Outros processos de Retenção e Detecção de Escória

⇒ Utilização de Retentor de Escória Inicial

Algumas empresas utilizam uma peça refratária com formato tronco-cônica que é inserido no canal de vazamento antes do basculamento do conversor para início de vazamento, com objetivo de minimizar a passagem da escória inicial. Este “tampão” resiste à pressão exercida pela escória inicial, evitando sua passagem para a panela. No entanto, após um determinado ângulo de basculamento, a pressão ferrostática promove a expulsão do tampão, iniciando-se o vazamento. Esta prática é geralmente utilizada em conjunto com outros processos de retenção, já que é limitado somente à retenção da primeira escória.

⇒ Processo baseado no sopro supersônico na região do vórtex

Prática não difundida, consiste de uma lança supersônica de gás cujo jato é direcionado ao canal de vazamento de modo a expulsar a escória presente nesta região, impedindo principalmente a formação do efeito vórtex. Porém durante o final de vazamento, não se têm uma comprovada eficiência.

⇒ Sistema de detecção utilizando “Slag Detectors”

Este sistema se baseia na detecção da variação de condutividade elétrica e magnética do aço dentro do canal de vazamento provocada devido à passagem de escória pelo mesmo. Ele geralmente é utilizado em conjunto com o pneumatic slag stopper promovendo uma eficiente retenção de escória.

⇒ Sistema de detecção baseado em termografia

Outro sistema conhecido de detecção de escória é o que se utiliza de câmeras especiais que detectam a diferença de emissividade entre o metal e escória, resultado da diferença de temperatura entre ambos. Desta forma, é possível se detectar o momento em que se inicia a passagem de escória.

2.3. Histórico dos Processos de Retenção de Escória na Aciaria LD da Companhia Siderúrgica Nacional

A Aciaria LD da Companhia Siderúrgica Nacional teve no ano de 1977 o início de sua operação. Nesta época, os métodos de retenção de escória comumente empregados dependiam exclusivamente da percepção visual do operador. A utilização da técnica de movimentação do carro de transferência de panela, embora apresentasse os melhores resultados de retenção, no caso particular da CSN, não era indicado em função das limitações de lay-out (ala de vazamento / preparação de panelas estreita e com fluxo de panela de aço e pote de escória no mesmo sentido), resultando em grandes transtornos operacionais. Outra técnica de possível utilização, era o método de dupla panela. Porém, esta acarretaria problemas de perda de temperatura, além de investimento devido à necessidade da aquisição de maior número de panelas. Assim, a prática de basculamento do conversor ao término do vazamento do aço foi o método que comparativamente se mostrou mais adequado. Em relação aos outros métodos até então conhecidos, em função de suas vantagens operacionais, facilidade de execução e implantação, e nenhuma interferência na produtividade, ele permaneceu em vigor até meados de 1988.

A partir de então, através de um trabalho em conjunto com a NKK, a CSN desenvolveu a tecnologia para a utilização e produção de corpos refratários esféricos (slagball). No caso da CSN, o arremesso da slagball no conversor era feito através da utilização de empilhadeira que lançava a mesma por intermédio de calha. Este processo apresentou satisfatórios resultados, limitado somente ao seu índice de acertos.

Com o aprimoramento nas propriedades dos insumos refratários de resistirem a altas temperaturas e a pressão exercida pela escória inicial, mas com resistência insuficiente para suportar a pressão exercida pelo aço, a CSN passou, a partir de 2000, a utilizar também retentor de escória inicial em aços com requisitos de qualidade de alta exigência.

Após 14 anos de utilização da prática de “slagball”, com objetivo de elevação do índice de acerto na vedação da escória ao final de vazamento, e maior segurança operacional, optou-se por implantar a retenção de escória por dardo com máquina suspensa. Esta prática está sendo atualmente utilizada em todos os conversores em utilização conjunta com o retentor inicial.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período inicial de instalação da Máquina de Retenção de Escória na CSN, foi possível realizar uma coleta de dados para comparação das práticas de retenção empregadas (utilizando retentor tipo dardo, slagball e método do basculamento do conversor). Estas informações foram coletadas em todas as corridas vazadas durante o período entre 01 e 20 de setembro de 2003, e os resultados obtidos são a seguir demonstrados.

3.1. Espessura de escória na panela

Durante o período de coleta foram realizadas medições da espessura de escória em todas as corridas. Como pode-se observar (gráfico 1), a utilização de retentor tipo dardo apresenta resultados ligeiramente melhores em relação à espessura de escória resultante do uso de retentor esférico. Fica também claro, a grande superioridade nos resultados destas técnicas (dardo e slagball) quando comparadas com corridas em que nenhum tipo de retentor foi utilizado (basculamento do conversor).

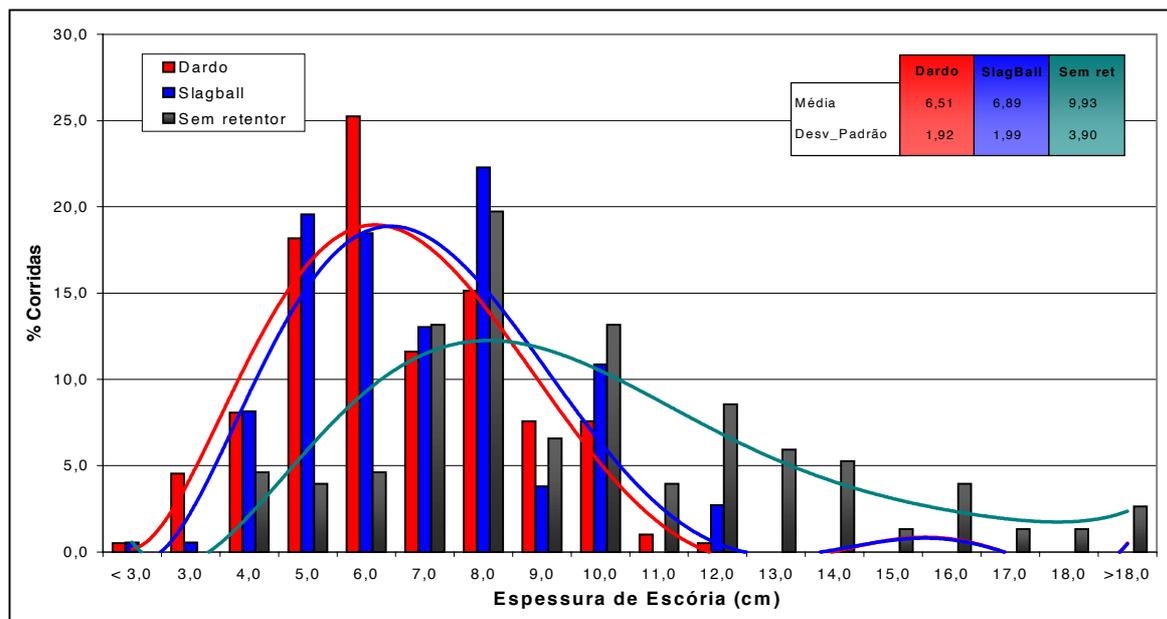


Gráfico 1 – Espessura de Escória em função da Prática de Retenção

3.2. Índice de Sucesso da Retenção

Outro parâmetro importante para comparação das práticas se refere ao índice de sucesso (n° corridas com retenção / total de corridas com uso de retentor) obtido.

A superioridade neste índice apresentada pela utilização do retentor tipo dardo (gráfico 2), resultado da precisão no lançamento do mesmo dentro do canal de vazamento, constitui em sua grande vantagem em relação à utilização de retentores esféricos.

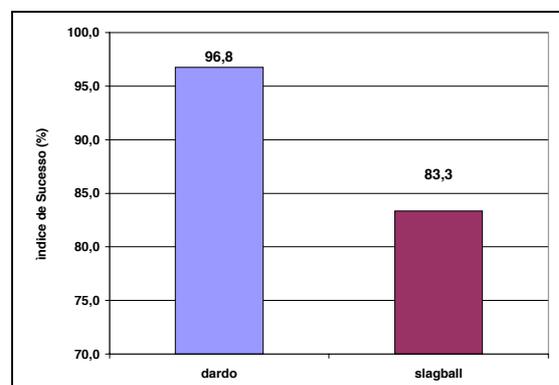


Gráfico 2 – Índice de Sucesso em função da Prática de Retenção utilizada.

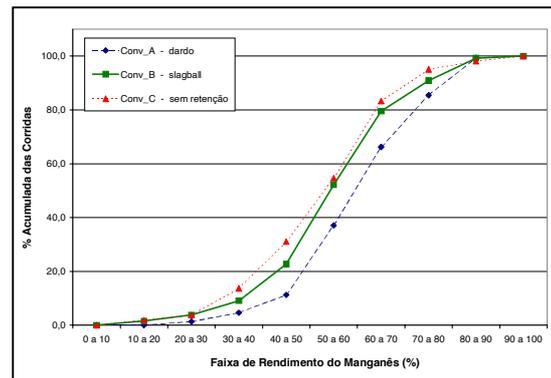
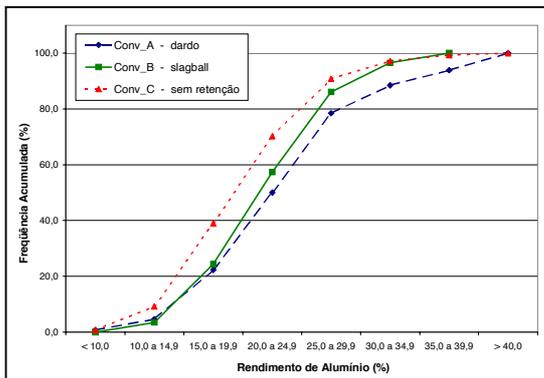
3.3. Consumo de Desoxidantes e Ferro-Ligas

A seguir são apresentados os resultados referentes ao consumo médio de Alumínio e Manganês apresentados pelas práticas.

Tabela 2 – Variação apresentada no consumo de Al e Mn.

	Dardo – Basculamento	Dardo – Slagball
Alumínio	-0,213 kg Al / t aço	-0,107 kg Al / t aço
Manganês	-0,162 kg Mn / t aço	-0,140 kg Mn / t aço

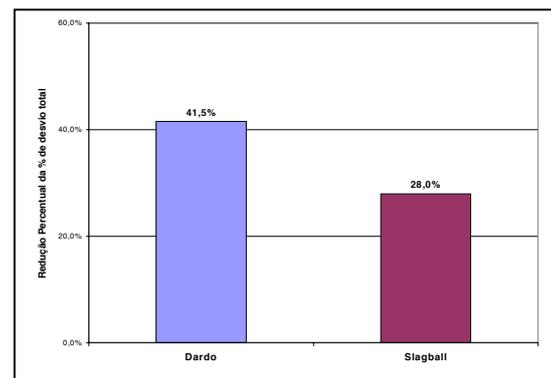
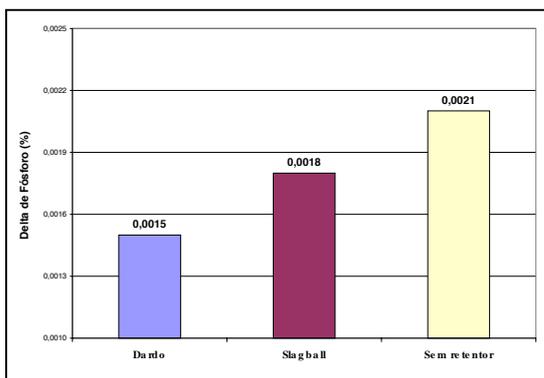
Nos gráficos 3 e 4, apresenta-se a distribuição acumulada dos rendimentos de Alumínio e de Manganês, onde observa-se claramente o aumento de rendimento obtido devido à maior retenção resultante da utilização do dardo.



Gráficos 3 e 4 – Rendimento de Al e Mn em função da Prática de Retenção

3.4. Refosforação

A variação do teor de fósforo referente a amostras retiradas no lingotamento contínuo e no fim de sopro, são apresentadas no gráfico 5. Também são apresentadas (gráfico 6) as reduções no desvio total obtidas devido a utilização de dardo e slagball em comparação à não utilização de retentores. Estas reduções se devem principalmente pelo menor número de desvios ocasionados por Fósforo alto e Alumínio baixo.



Gráficos 5 e 6 – Delta de \underline{P} e redução do desvio total em função da Retenção.

3.5. Condições de Segurança

Em termos de segurança para operação, as situações de risco devido à projeção de metal-escória durante o lançamento da slagball foram eliminadas, já que o uso do dardo não requer presença de operadores próximo ao jato de vazamento.

3.6. Desgaste do Refratário da Panela

A influência da redução da quantidade de escória proveniente do conversor no desgaste do refratário da panela pode ser observada no gráfico 7, onde nota-se que, a maior utilização do dardo resultou em um decréscimo no desgaste do refratário.

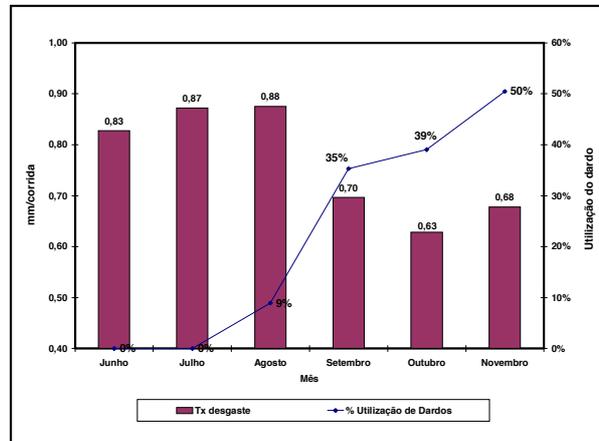


Gráfico 7 – Desgaste do Refratário da panela em função da Utilização de Dardo

4. CONCLUSÃO

Os resultados anteriormente apresentados, mostraram que, tanto a utilização de slagball quanto a de dardo, são métodos eficientes na retenção de escória. Porém, a maior taxa de acertos em conjunto com a eliminação da condição de insegurança durante a introdução da bola refratária no interior do forno, justificam a escolha do dardo em substituição a “slagball”.

A CSN ao longo dos anos vem aprimorando continuamente sua prática de vazamento no sentido de minimizar a passagem de escória. A concepção atual, uso de retentor inicial e utilização de dardo refratário, minimizando “vórtex” e com elevada eficácia na retenção da escória ao final de vazamento atende as solicitações de limpeza de aços submetidos a condições rigorosas na aplicação final, tais como aço para latas de duas peças e D.&I..

5. BIBLIOGRAFIA

- (1) FILHO, E.A. , PEREIRA, C.L. , MARTINS, A.A.R. ; “Retenção de Escória nos Conversores LD da CSN”, Seminário ABM sobre Aciaria/Refratários/Ferro-ligas, dezembro de 1989, Brasil.
- (2) NKK / G.T. / SGMA ; Transferência de Tecnologia. 2ª Missão NKK: “Sistema de Retenção de Escória nos conversores LD/CSN”, Relatório de Acompanhamento, março de 1988.
- (3) KOBE STEEL / VOEST-ALPINE ; “Report on Slag Cutting at LD-Converters”, fevereiro de 1988.
- (4) BARRIOS, S.R. ; Proposta Técnica para uso de Retentores de Escória em Conversores LD, março de 2002.
- (5) VALLE, L.A.R. , DUARTE, J.C. , BARRIOS, S.R. ; “Utilização de Sistemas de Retenção de Escória no Convertedor LD da CST”, XXXI Seminário de Fusão, Refino e Solidificação, maio de 2000, ES, Brasil.

EVALUATION OF THE SLAG CUTTING METHODS AT LD CONVERTERS OF COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL

**Antônio Augusto de Rezende Martins
Antônio de Pádua Sobreira Leal
Victor Hugo Leal de Araújo
Roberto Vilmar Formage
Marcos Silva Monteiro**

ABSTRACT

High cleanliness of steel and low cost play a key role in the world market to steelmakers. In order to achieve these goals, the decrease in the amount of slag from primary metallurgy has become an important ally. Specially because of its effect on alloying elements consumption.

The present work shows the development of the slag cutting practices in CSN, discussing its features and benefits.

Key-words: slag, LD converter, dart.