

REDUÇÃO DAS OCORRÊNCIAS DE OBSTRUÇÃO POR ALUMINA E ELEVAÇÃO DO SEQUENCIAL ¹

Marcus Barcellos ²

Maurizio Gallo ³

Zelber Dettogne do Nascimento ⁴

Resumo

A deposição de alumina nos refratários utilizados no processo de lingotamento contínuo vem sendo objeto de diversos estudos que visam minimizar ou mesmo eliminar sua ocorrência. Os transtornos e a instabilidade operacional causada, fruto da obstrução do fluxo de aço do distribuidor para o molde, demanda uma solução viável e imediata para o problema. Este trabalho tem por objetivo divulgar os estudos realizados e soluções adotadas nas máquinas de lingotamento contínuo da CST no sentido de restringir e inibir a deposição excessiva de alumina, reduzindo seus efeitos colaterais durante o processo produtivo. As modificações propostas, bem como as simulações computacionais realizadas, foram adotadas priorizando os aços ultra baixo carbono. Esta classe de aço foi foco do projeto por ser mais susceptível às variações de qualidade provocadas por desvio do nível de aço no molde e inclusões não metálicas, principalmente de alumina. Com os resultados alcançados foi possível a elevação do sequencial médio principalmente dos aços ultra baixo carbono, gerando ganhos expressivos de rendimento e qualidade. O reflexo da melhoria da qualidade interna, com a menor geração de placas de transição e com eventos de qualidade, pôde ser percebida no produto final apresentando uma redução significativa nos índices de esfoliação e recusa no cliente.

Palavras-chave: Lingotamento contínuo; Alumina; Obstrução; Simulação computacional.

REDUCTION OF ALUMINA CLOGGING OCCURRENCES AND TUNDISH SEQUENCE INCREASE

Abstract

The alumina deposition on the refractory applied for the continuous casting process has been subject of various studies aiming to minimize or even prevent its occurrence. The process implications and operational instability caused as an undesirable result of the steel flow obstruction from the tundish to the mould, demands an immediate and plausible solution for this issue. This paper has the objective to present the studies made and the solutions adopted on the caster machines at CST towards restricting and inhibit excessive alumina deposits, reducing its side effects during casting. The modifications suggested, as the computer simulations solutions, were adopted first for the ultra low carbon steel grades. This steel class was chosen as the project's target due its sensibility to quality variations caused by the steel level fluctuations on the mould e non-metallic inclusions, commonly composed by alumina. Considering the results achieved, it is now possible to increase average tundish sequence, mainly regarding the ultra low carbon grades, resulting in expressive gains on yield and quality. The benefits of the improvement in internal quality, with the lower number of transition slabs and quality events generated, could be measured on the final product as a consequence of significant reduction of the slivers and laminations downgrades and client complaints.

Key words: Continuous casting; Alumina; Clogging; Computer simulation.

¹ *Contribuição técnica ao XXXVIII Seminário de Aciaria – Internacional, 20 a 23 de maio de 2007, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Engenheiro Metalurgista, Membro da ABM, Especialista em Lingotamento Contínuo da MITTAL Arcelor – Planta CST, Vitória, ES, Brasil*

³ *Especialista em Materiais, Coordenador técnico de projetos da Magnesita SA, Vitória, ES, Brasil*

⁴ *Engenheiro Mecânico, Consultor especialista na área de insumos para lingotamento contínuo da Magnesita SA, Vitória, ES, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

As ocorrências de obstrução do fluxo de aço por alumina são eventos indesejáveis que podem ser comumente observados no processo de lingotamento contínuo. Apesar de todos os esforços despendidos para minimização desse problema, ainda não foi possível determinar uma solução viável e que pudesse abranger as peculiaridades de cada usina.

Contudo, muitos progressos foram feitos, permitindo que cada planta pudesse adotar as medidas cabíveis à sua condição de processo, de forma que diversos benefícios, principalmente de qualidade, fossem alcançados. A busca contínua pela melhoria da qualidade, vem sendo uma demanda constante do mercado, sendo considerado como um fator de diferenciação e competitividade entre fornecedores.

Este trabalho tem seu foco na minimização das ocorrências de obstrução por alumina como forma de elevação do rendimento de lingotamento e no aprimoramento da qualidade interna do produto laminado para a indústria automobilística. Vale ressaltar que as soluções encontradas para as questões apontadas como fatos geradores da deposição de alumina no sistema refratário do lingotamento contínuo da CST, eventualmente podem ser consideradas exclusivas à CST, o que não invalida os conceitos, as metodologias e as ferramentas empregadas.

2 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

Os desenvolvimentos foram realizados principalmente através de simulações computacionais e análise dos refratários após o lingotamento. Após definidas as configurações mais promissoras, foram executados testes industriais para validação dos resultados.

O projeto foi iniciado sendo realizada uma avaliação global dos pontos fracos do sistema refratário utilizado atualmente, observando os locais preferenciais de ocorrência de deposição de alumina. Nesta etapa também foram incluídas as anomalias durante as inspeções refratárias após o lingotamento em que foram detectadas infiltração de ar por entre as placas do mecanismo do K7.

2.1 Deposição de Alumina na Base da Válvula Superior

O primeiro dos pontos fracos observados, trata-se de uma deposição preferencial de alumina na região próxima à base da válvula superior onde está localizada a placa superior. Esta área foi identificada mediante a separação do tarugo de aço remanescente no canal da válvula superior. Após realizado o corte transversal da amostra ficou claro que o fluxo de aço do distribuidor estava sendo restringido por uma deposição excessiva de alumina nesta região, devidamente ilustrada na figura a seguir.

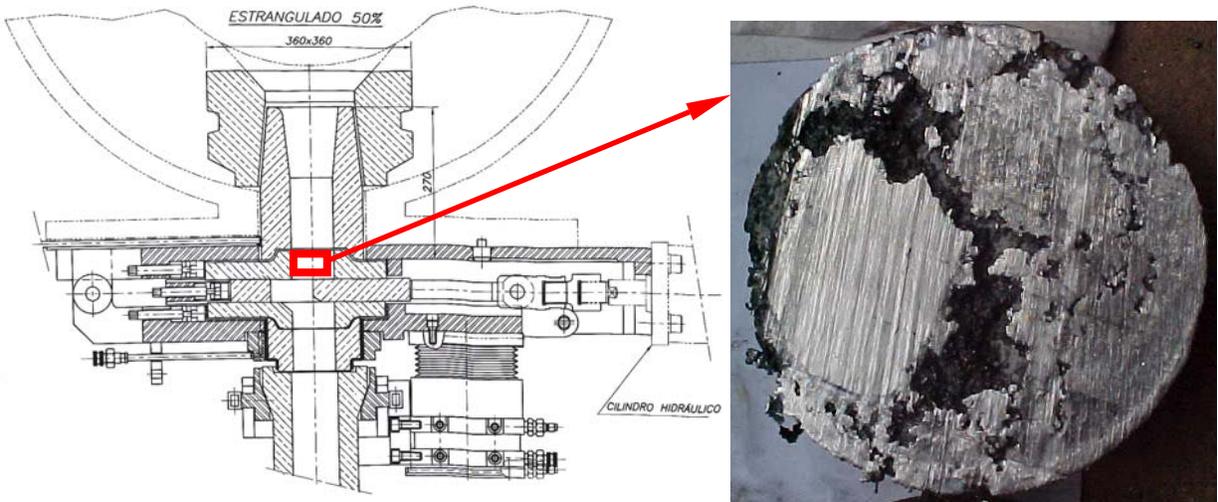


Figura 1: Corte transversal do tarugo de aço remanescente na região da placa superior.

Ao analisarmos as possíveis causas para este fato, ficou claro que a deposição de alumina ocorre preferencialmente na região da placa superior, devido esta não possuir injeção de argônio. Este fenômeno é agravado pela existência de um degrau, que consiste da placa intermediária que realiza o controle da vazão de aço para o molde, fazendo com que todo o fluxo seja direcionado para um dos lados do refratário. Assim sendo, uma baixa velocidade do fluxo de aço na região oposta é então gerada, favorecendo a aglomeração da alumina obstruindo o canal. Para melhor visualização do comportamento das linhas de fluxo e da trajetória do aço do distribuidor à válvula submersa, foi realizado um modelamento computacional do conjunto refratário em parceria com a Magnesita SA e a ESSS. Abaixo temos uma das imagens referentes aos resultados obtidos pela simulação.

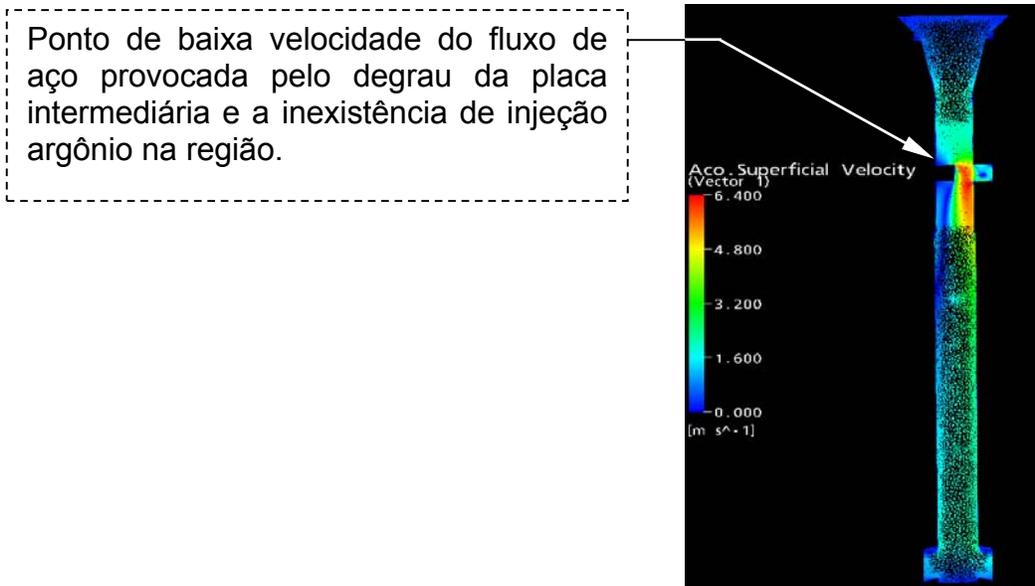


Figura 2: Resultado da simulação computacional indicando a região de baixa velocidade na base da válvula superior.

A solução proposta para a questão apontada foi a redução da zona de baixa velocidade pela modificação no projeto do encaixe entre a válvula superior e a placa superior do sistema K7. O novo design adotado, criado com o objetivo de eliminar ou minimizar este problema pode ser conferido nas figuras comparativas abaixo.

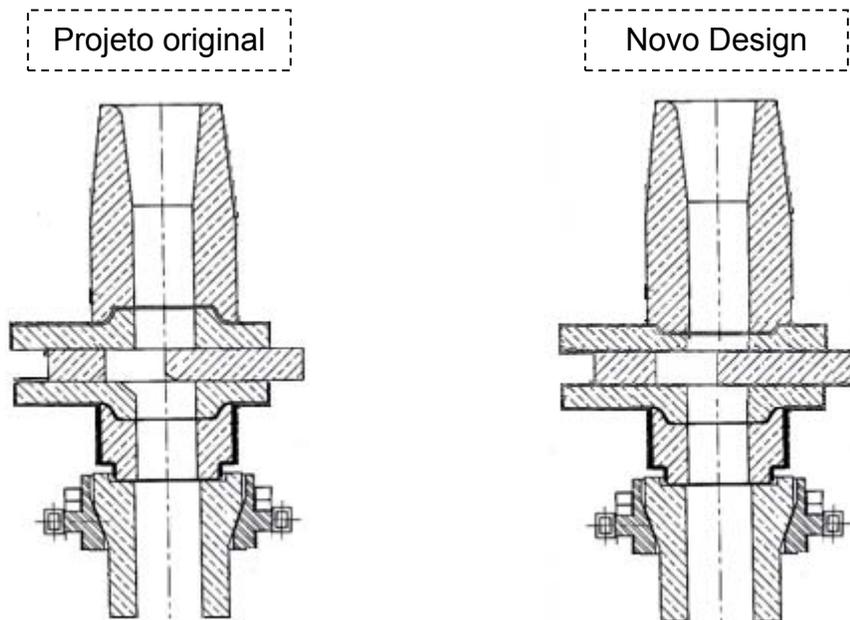


Figura 3: Desenho esquemático do conjunto refratário, mostrando o novo padrão de encaixe entre a válvula superior e placa superior.

Como a injeção de argônio é feita na válvula superior, a inversão do encaixe entre as peças refratárias possibilitou que o argônio tivesse uma maior área de atuação bem como uma maior eficiência. Além da solução adotada, foram ainda ventiladas outras possibilidades como, por exemplo, a inserção de uma peça porosa na placa superior. Infelizmente o inserto poroso já fora utilizado em outras ocasiões e constatado que a sua eficiência é reduzida por causa das trincas geradas por causa da sua baixa resistência mecânica.

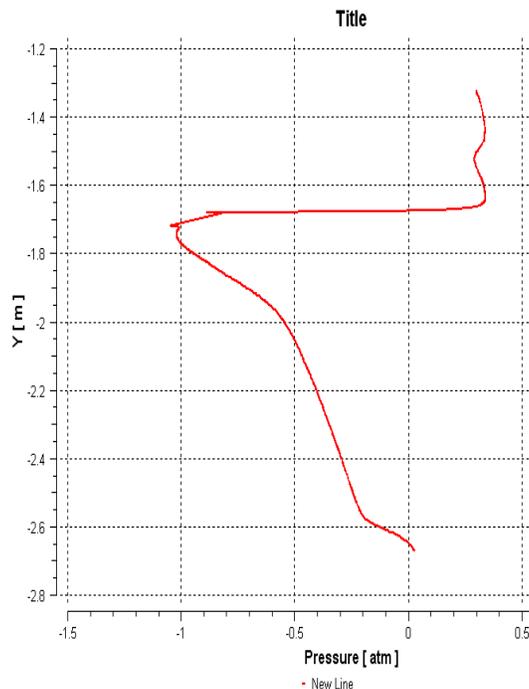
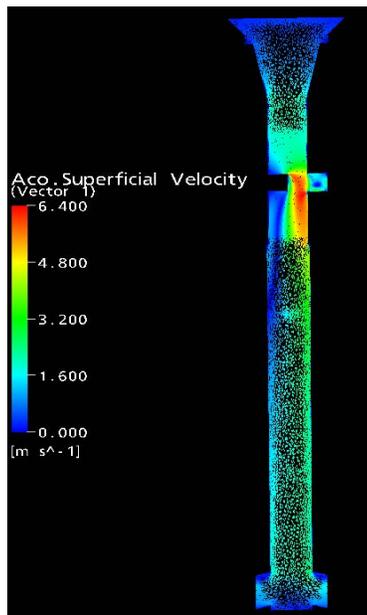
2.2 Infiltração de Ar por entre as Placas Refratárias do Sistema K7

Uma vez resolvida a questão da deposição de alumina na parte superior do canal refratário, faz-se necessária a continuação do diagnóstico das demais causas de obstrução. Neste momento um novo fator é identificado como preponderante: infiltração de ar por entre as placas do sistema K7. Esse fenômeno pôde ser identificado através das inspeções visuais de rotina de todo material refratário após o lingotamento. Na figura a seguir pode-se perceber a mudança nas características do refratário como conseqüência da oxidação do mesmo pela passagem de ar por entre as placas do K7.



Figuras 4 e 5: Marcas esbranquiçadas indicando oxidação por infiltração de ar.

Após constatado eventuais ocorrências de entrada de ar por entre as placas refratárias do sistema K7, foi iniciada uma investigação para verificação dos motivos e causas fundamentais para o problema. A mesma simulação computacional realizada para estimativa do comportamento das linhas de fluxo do aço pelo conjunto refratário foi empregada para avaliação da pressão imposta ao sistema pela placa intermediária da válvula gaveta. O resultado gerado pelo computador indica que a pressão na região imediatamente abaixo da placa gaveta pode chegar até $-1,0\text{atm}$, dependendo do estrangulamento aplicado. Estes resultados estão dispostos nas figuras que se seguem, e são referentes a 50% de abertura da gaveta, com furo de $\text{Ø}75\text{mm}$.



Figuras 6 e 7: Pressão de $-1,0\text{atm}$ para 50% de abertura da gaveta com $\text{Ø}75\text{mm}$.

Ao considerarmos a pressão externa ao nível do mar como sendo de 1,0atm aliada a pressão calculada pelo modelo computacional, resulta em uma diferença total de 2,0atm aproximadamente. Nestas circunstâncias, qualquer desvio de montagem, empeno ou trinca do refratário se torna causa potencial para o problema apresentado.

Objetivando minimizar a potencialidade de cada um desses fatores mencionados acima, alguns desenvolvimentos foram necessários. O primeiro deles foi a confecção de placas refratárias menos propensas a trincas. A Magnesita sugeriu para esta aplicação três materiais distintos: duas formulações de placas aluminosas contendo 3% e 9% de zircônia, e uma outra composição a base de SIALON. O material de melhor performance foi o SRX com 3% de zircônia apresentando menor desgaste e menor índice de trincas. Todos os demais obtiveram performance inferior ao esperado no quesito trincamento.

Para as questões de montagem, manutenção e acompanhamento do empeno dos diversos componentes mecânicos dos cassetes se fez necessária uma completa reavaliação dos parâmetros de controle e reformulação dos padrões de manutenção. A tarefa se mostrou bastante desafiadora, uma vez que houve um aumento excessivo no número de componentes a serem controlados, verificados e mantidos. Abaixo temos desenho expandido das peças que compõe o sistema K7 utilizado na CST.

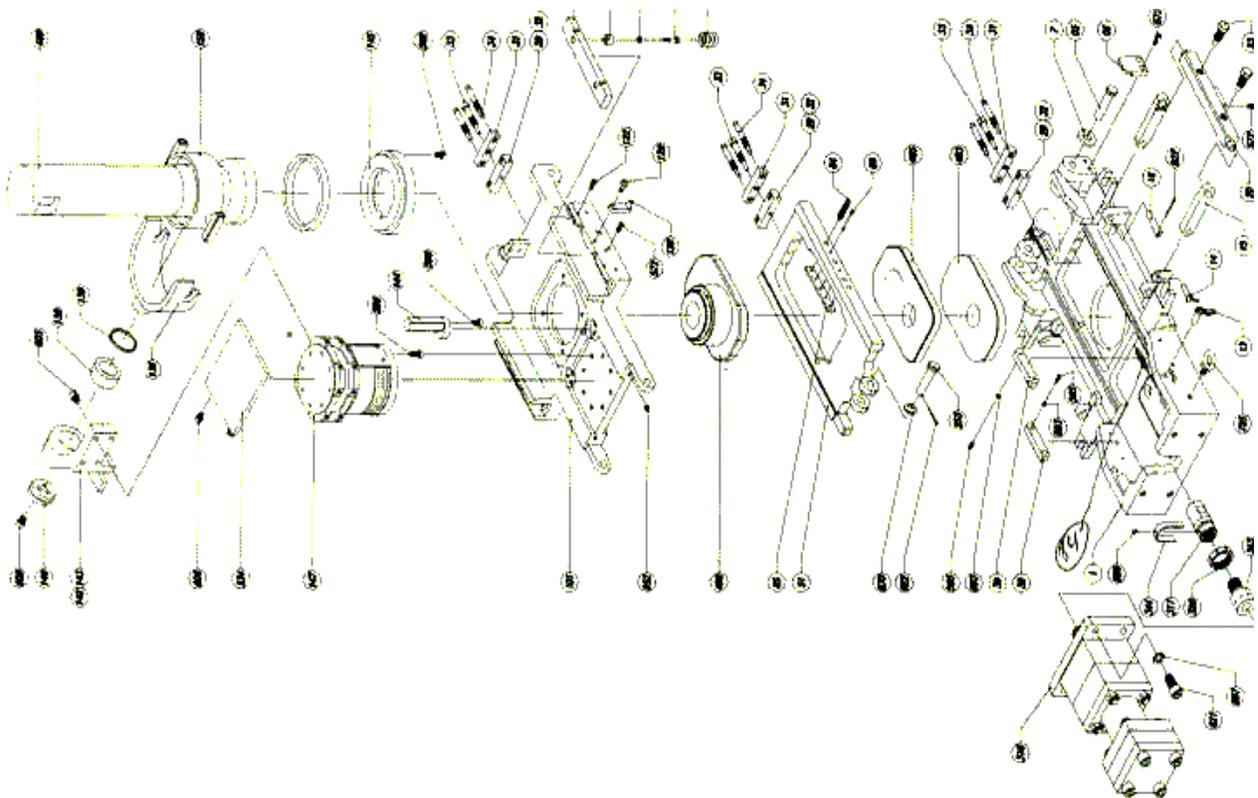


Figura 8: Desenho esquemático dos componentes do sistema K7 utilizado na CST.

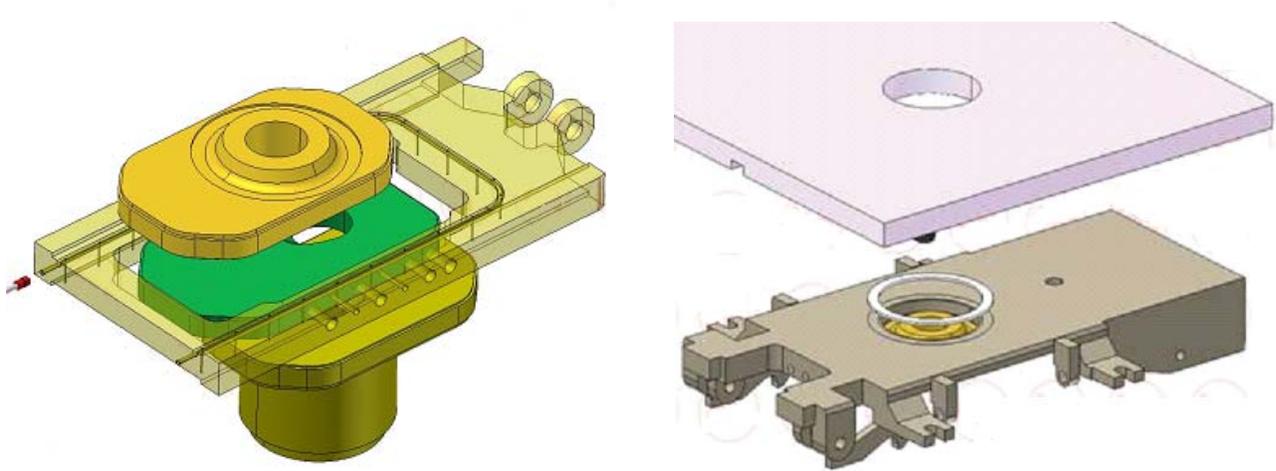
Além do controle da manutenção executada nos K7's foi criado também o conceito de conjunto. Cada pacote de molas e demais componentes foram mapeados e passaram a

pertencer a um determinado cassete exclusivamente. Isso facilita o controle da vida útil das peças e possibilita a criação de um histórico de anomalias registradas para cada um dos mecanismos, bem como os problemas diagnosticados para as anomalias apontadas.

2.3 Modificações Estruturais nos Cassetes

Aplicando o mesmo conceito de vedação dos pontos potenciais de entrada de ar, a Magnesita propôs algumas alterações nas conexões entre mecanismos e chapa de base dos distribuidores. Além das alterações citadas foi projetada ainda uma cortina de argônio a ser inserida no quadro intermediário do mecanismo do cassete objetivando a criação de uma atmosfera inerte nos arredores do quadro intermediário. A idéia é de que se caso houver uma entrada de ar por entre as placas refratárias, que esta aspiração tenha seus efeitos diluídos pela menor concentração de oxigênio.

As figuras a seguir se referem à criação da cortina de gás inerte no quadro intermediário e a aplicação do selo cerâmico no contato entre o quadro superior do mecanismo e a chapa de base do distribuidor para que haja melhor vedação do contato entre as chapas metálicas.



Figuras 9 e 10: Mecanismo modificado: cortina de argônio (à esquerda) e aplicação de selo cerâmico no quadro superior (à direita).

3 Resultados Obtidos e Conclusões

Os resultados das simulações computacionais possibilitaram a identificação e tratamento dos principais pontos fracos referentes ao projeto refratário atual. Após realizadas as modificações propostas e os desenvolvimentos sugeridos, foi possível a elevação do seqüencial médio, principalmente para os aços ultra baixo carbono, por serem estes mais propensos a eventos de obstrução por alumina. O gráfico a seguir mostra a evolução do seqüencial médio ao longo dos últimos anos.

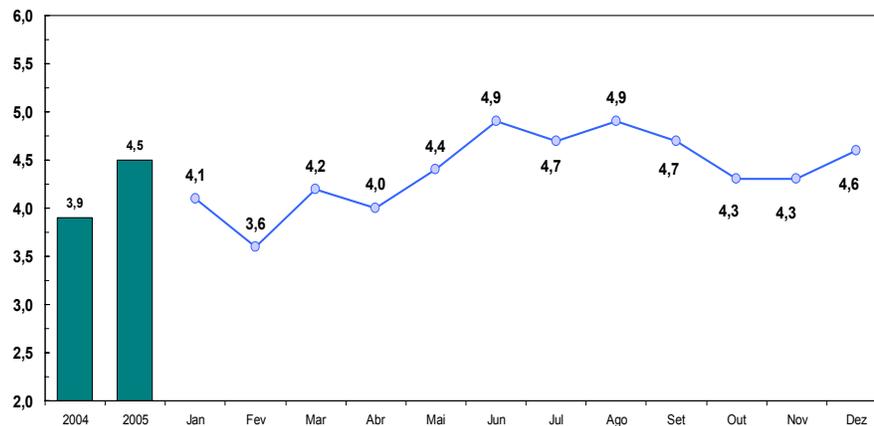


Figura 11: Evolução do seqüencial médio dos aços ultra baixo carbono na CST em número de corridas por distribuidor.

Os resultados alcançados refletiram em ganhos expressivos de rendimento e qualidade com melhoria significativa da qualidade interna, com a menor geração de placas de transição e com eventos de qualidade. Este incremento de qualidade, pôde ser percebido no produto final, que apresentou uma redução substancial nos índices de esfoliação e recusa no cliente final.

BIBLIOGRAFIA

- 1 THOMAS, B. G. et al (2006): “The Continuous Casting Mould and Steel Quality”, XXXVII STEEL MAKING SEMINAR – INTERNATIONAL, ABM, Porto Alegre;
- 2 KING, P. D., CHAMPAIGN, III., HEASLIP, L. J., XU, D., DORRICATION, J. D., “Tundish Slidegate System for Enhanced Performance, Reduced Alumina Clogging and Extended String Length”. AISITech , agosto de 2004;
- 3 Bai, H., and Thomas, B.G., “Effect of Clogging, Argon Injection and Casting Conditions on Flowrate and Air Aspiration in Submerged Entry Nozzles”, Steelmaking Conference Proceedings, Vol. 83, 2000, pp. 183–197.