

MELHORIA DE DESEMPENHO DOS CILINDROS DE TRABALHO DAS PRIMEIRAS CADEIRAS DO LTQ-2 DA CSN¹

Luiz Alberto Pereira Campbell²

Ricardo Jose Bento³

Ney Dias do Nascimento⁴

Gerson Alves⁵

Resumo

O processo de laminação está em constante evolução na busca de melhorias de produtividade e qualidade, com aumento da quantidade de material laminado com maior resistência mecânica principalmente para indústria automobilística, são representadas principalmente pela forma e condição superficial da tira. Estas características são diretamente influenciadas pelos cilindros de laminação. Os cilindros das primeiras cadeiras sofrem um esforço muito grande em função das maiores reduções nestas cadeiras e também uma maior degradação em função das maiores temperaturas do material nesta etapa do processo de acabamento. Atualmente os cilindros utilizados nas primeiras cadeiras do trem acabador são fabricados em aço rápido (HSS) em substituição aos cilindros de ferro alto cromo, esta substituição proporcionou uma melhoria significativa de qualidade e redução de custo do produto laminado a quente com aumento de produtividade do laminador. O objetivo deste trabalho é apresentar a evolução dos cilindros de aço rápido, suas principais características, melhorias realizadas no processo de refrigeração dos cilindros e aplicação do óleo de laminação, bem como os desenvolvimentos realizados em conjunto com os fabricantes de cilindros para melhoria de desempenho dos mesmos. O desempenho dos cilindros HSS após a utilização nas primeiras cadeiras do LTQ foram superiores aos obtidos pelos cilindros de alto cromo. É possível concluir que com o uso dos cilindros HSS há uma melhoria de qualidade com redução de custo, possibilitando um aumento de produtividade do Laminador.

Palavras-chave: Cilindros; HSS; Laminação a quente; Produtividade LTQ.

WORK ROLL PERFORMANCE IMPROVEMENT FROM THE FIRST STANDS OF CSN HOT STRIP MILL Nº 2

Abstract

The Rolling process is in constant evolution about searching productivity improvements and quality, increasing amount of rolled products with higher mechanical resistance especially to automobile industry, they are represented as well as such way and superficial condition of the strip. These characteristics are influenced directly by the rolling roll. The first stand suffers a high effort according to the largest reductions in these stand and also a larger degradation according to the highest temperatures of the material during this stage of the finish process. Actually the rolls used in the first stand of the Hot Strip Mill they are manufactured in High Speed Steel (HSS) to replace cast high chrome rolls, this replacement provided a significant improvement of quality and cost reduction of the hot rolled product increasing the rolling mill productivity. The objective of this paper is presenting the evolution of the High Speed Steel roll, your major characteristic, the betterments accomplished at the roll cooling process and rolling oil application, as well as the developments accomplished by joint adventure with the roll suppliers to performance improvement of both of them. The high speed steel roll performance after using at the first stand of CSN hot strip mill were greater then to the obtained by the high chrome roll. It is possible to end that with the use of the high Speed steel roll there is a strongest quality and cost reduction improvement, Becoming possible the Rolling mill productivity increase.

Key words: Rolls; HSS; Hot rolling mill; Hot strip mill productivity.

¹ Contribuição técnica ao 67º Congresso ABM - Internacional, 31 de julho a 3 de agosto de 2012, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

² Eng. Metalurgista, Eng. Especialista, Gerência de Cilindros, Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Brasil.

³ Técnico Metalúrgico, Técnico de Desenvolvimento Especialista da Gerência de Cilindros, CSN, Brasil.

⁴ Técnico Eletromecânico, Supervisor de Cilindros da Gerência de Cilindros, CSN, Brasil.

⁵ Eng. Metalurgista, Coordenador de Processos da Laminação a Quente.

1 INTRODUÇÃO

O processo de laminação está em constante evolução na busca de melhorias de produtividade e qualidade, particularmente no que diz respeito à forma e condição superficial da tira. Ambos os aspectos dependem diretamente dos cilindros de laminação utilizados. O primeiro é relacionado ao tamanho da campanha de laminação e o segundo a qualidade superficial do cilindro.

No fim dos anos 60, os fornecedores de cilindros de laminação começaram a utilizar uma técnica nova para produzir cilindros, o processo de fundição centrífuga. Esta técnica permitiu a produção de cilindros com dois tipos de materiais diferentes, um no núcleo e outro na casca ⁽¹⁾. A melhoria dos materiais aplicados à casca do cilindro conduziu a um aumento no desempenho dos cilindros, melhorou a qualidade da tira, e reduziu custos de manutenção.

A evolução destes materiais passou pela utilização do ferro fundido branco de alto cromo, aço de alto cromo, ferro fundido de coquilhamento indefinido e mais recentemente chegando ao aço rápido (HSS).

Atualmente os cilindros HSS são utilizados nas primeiras cadeiras do trem acabador do Laminador de Tira a Quente (LTQ). Em comparação com os outros materiais, os cilindros HSS apresentam melhor dureza a quente e maior resistência ao desgaste.

Os primeiros cilindros HSS foram desenvolvidos no Japão nos anos 80, os cilindros originais foram desenvolvidos por uma nova tecnologia da época conhecido como CPC ⁽¹⁾. Este apresentava limitações para o processo de fundição por centrifugação e um custo elevado.

No início dos anos 1990 na Europa foi desenvolvido um processo por centrifugação que reduziu o custo de fabricação de cilindros HSS. Enquanto que os experimentos originais foram feitos em laminadores europeus, o uso de cilindros HSS se intensificou nos laminadores da América do Norte e em laminadores selecionados de outras partes do Mundo.

O objetivo deste trabalho é apresentar as melhorias desenvolvidas no processo de laminação para que o uso dos cilindros HSS fosse viável, apresentar a evolução destes e suas principais características, bem como os desenvolvimentos realizados em conjunto com os fabricantes de cilindros para melhoria de desempenho dos mesmos.

Os resultados mostraram que o desempenho dos cilindros HSS após a utilização nas primeiras cadeiras do LTQ foram superiores aos obtidos pelos cilindros de alto cromo, proporcionando uma melhoria de qualidade com redução de custo, possibilitando um aumento de produtividade do Laminador.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Características dos Cilindros HSS

A principal característica dos cilindros HSS é a presença de diferentes tipos de carbonetos eutéticos muito duros dos tipos, MC que melhora fortemente a resistência ao desgaste (alto %V); M_2C também são muito resistentes ao desgaste e o M_7C_3 que possui efeito benéfico sobre o comportamento de oxidação do cilindro (alto %Cr) ⁽²⁾. Os Parâmetros metalúrgicos são fixados pela composição Química, taxa de Solidificação no processo de centrifugação e o tratamento térmico.

2.2 Mecanismos de Degradação

O diagrama da Figura 1 mostra os mecanismos de degradação da superfície dos cilindros das primeiras cadeiras do trem acabador do LTQ, rugosidade, *peeling* e *banding*⁽³⁾.

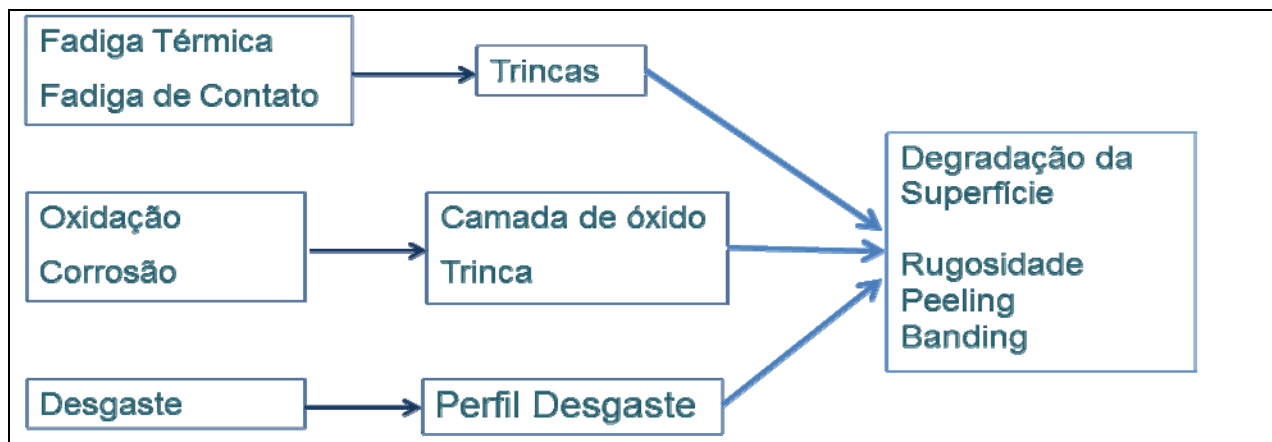


Figura 1 – Mecanismos de degradação.

Os parâmetros da Fadiga Térmica são os parâmetros de laminação, temperatura da tira, temperatura do cilindro, espessura da camada de óxido da tira, coeficiente de atrito, redução e velocidade de Laminação e as propriedades do cilindro, resistência a fadiga, expansão térmica, limite de escoamento a quente e a condutividade térmica. A oxidação é determinada pelos parâmetros de Laminação, temperatura de contato do cilindro, temperatura média do cilindro e composição e temperatura da água de refrigeração e pelas propriedades do cilindro, composição e tratamento térmico.

Mecanismos de degradação identificados:

- Trincas por fadiga de contato, localizadas principalmente na superfície do cilindro ao longo dos carbonetos;
- Trincas por fadiga térmica, trincas em linhas retas perpendiculares à superfície do cilindro;
- Oxidação-corrosão interna, matriz oxidada ao longo das trincas de fadiga;
- Camada de óxido na superfície do cilindro, induzida por oxidação-corrosão.

2.3 Melhorias no Processo de Laminação

Para que a utilização dos cilindros HSS fosse viável foi necessário desenvolver melhorias no processo de laminação.

2.3.1 Melhorias na refrigeração

Foram realizadas melhorias na refrigeração dos cilindros com objetivo de reduzir a temperatura e o processo de degradação da superfície, na cadeira F-1 foi alterado a configuração dos bicos, a Figura 2 mostra a configuração antes e a Figura 3 após a mudança, esta alteração possibilitou aumentar a vazão de 13.656 l/min. para 18.875 l/min.

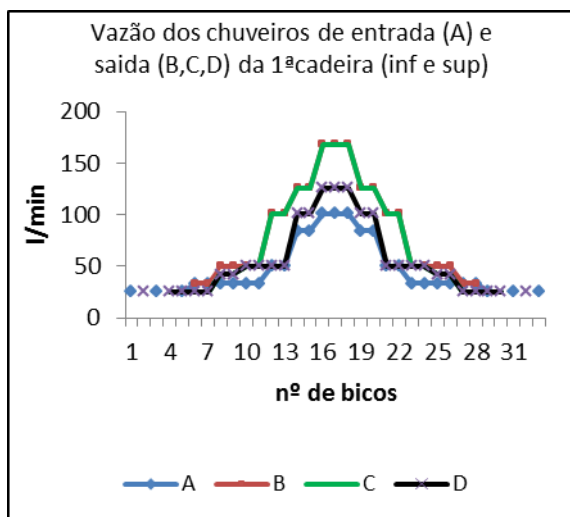


Figura 02 – Configuração antes.

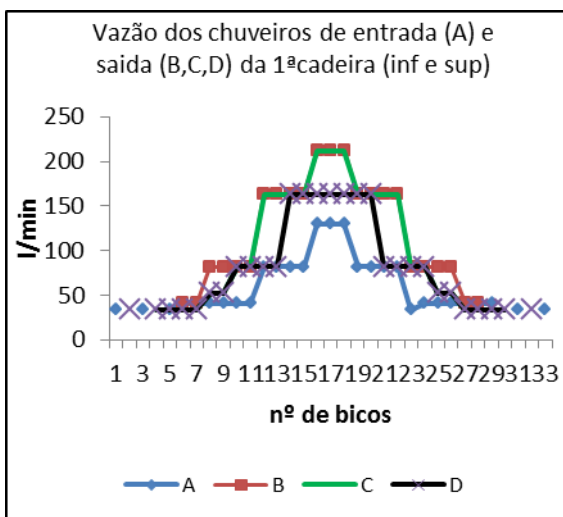


Figura 03 – Configuração depois.

Outra melhoria realizada na cadeira F-1 foi a implantação do chuveiro de refrigeração com bicos inteligente (auto alinhante), este bicos evita montagem erradas pelo operador, a foto da Figura 4 mostra o chuveiro e o bico está na foto da Figura 5.



Figura 04 – Foto chuveiro cadeira F-1.

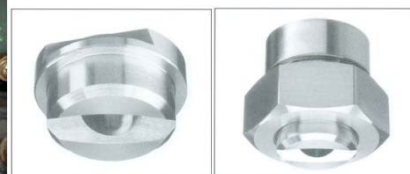


Figura 5 – Foto do Bico.

Na cadeira F-2 foi modificado a refrigeração fechando o chuveiro de entrada e redistribuindo a vazão para os chuveiros de saída, com objetivo de priorizar a refrigeração no ponto 4 da superfície de contato entre cilindro e a tira, de maior temperatura conforme mostra o esquema da figura 06, retirando o calor em um tempo mais rápido possível.

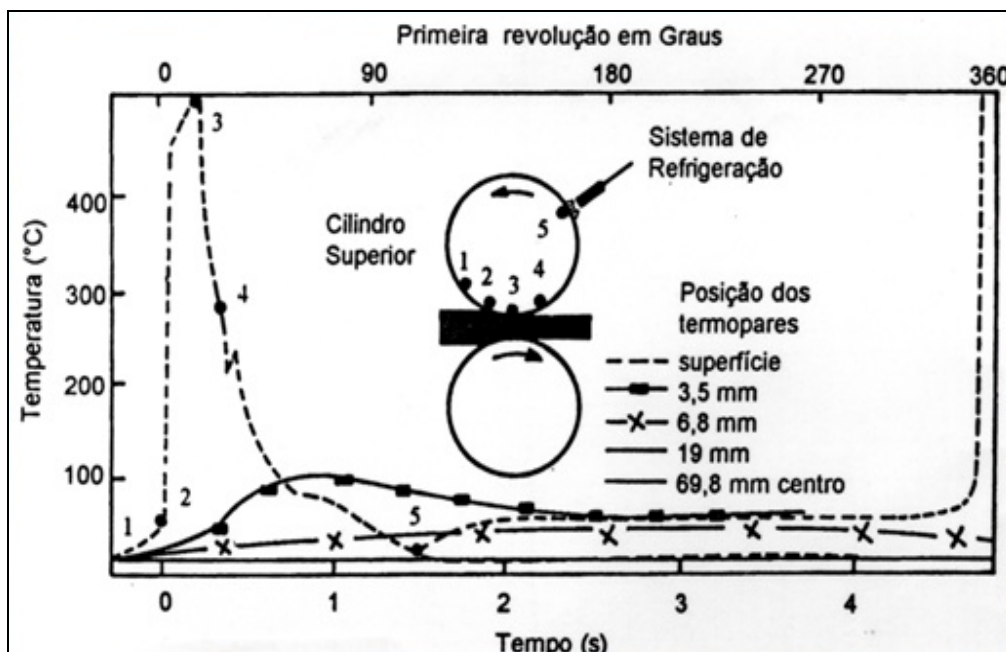


Figura 6 - Variação da temperatura superficial do cilindro a cada rotação.

Outra alteração realizada na cadeira F-2 foi a mudança na configuração dos bicos conforme mostra as Figuras 7 e 8, esta modificação aumentou a vazão de 15.134 l/min. para 18.766 l/min.

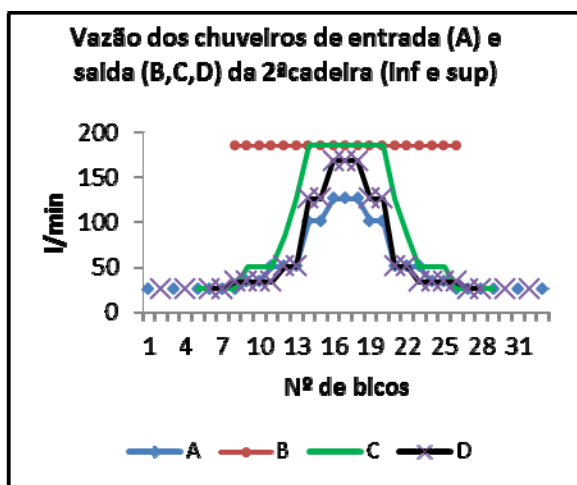


Figura 7 – Configuração antes.

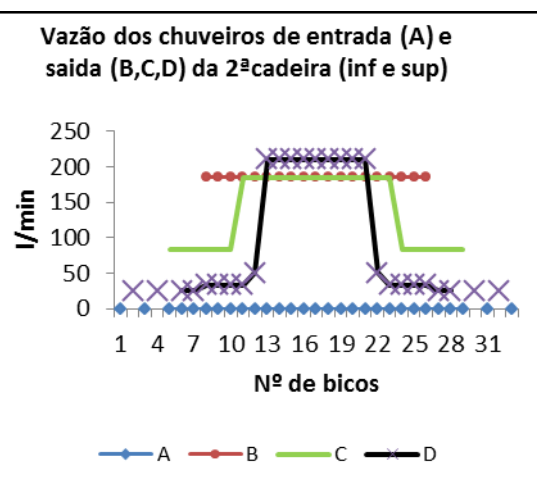


Figura 8 – Configuração depois.

Uma terceira alteração na cadeira F-2 foi a mudança no ângulo de aplicação, de 15° para 30°, baseado em estudo efetuado pela empresa Lechler, que mostra um aumento de 14 % na eficiência de refrigeração em cada rotação em que o cilindro é submetido (Figura 9).

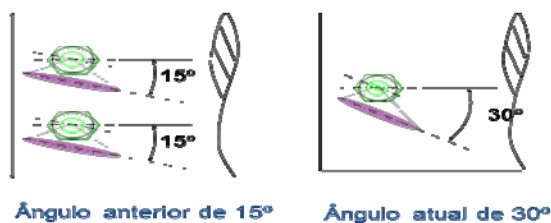


Figura 9 – Mudança no ângulo de aplicação.

2.3.2 Aplicação de óleo de laminação

Utiliza-se óleo no processo para redução do atrito provocado no contato entre a tira laminada e os cilindros de trabalho ⁽⁴⁾. Com a redução do atrito temos os seguintes ganhos:

- Diminuição da força de laminação de laminação (6%);
- Diminuição da potência dos motores (6%);
- Preservação da camada de óxido formada na superfície dos cilindros de trabalho durante a laminação;

2.3.3 Melhoria na rotina operacional

Algumas rotinas operacionais foram implantadas como inspeções periódicas dos chuveiros na MP com troca de bicos entupidos e correção de ângulo de aplicação, avaliação da superfície dos cilindros em toda troca para tomada de decisão sobre a repetição do cilindro de acordo com uma tabela padrão e a realização de teste de imagem da refrigeração dos cilindros com objetivo de avaliar a desempenho dos bicos, posição, ângulo do spray e do chuveiro.

3 RESULTADOS

As melhorias desenvolvidas no processo de laminação possibilitaram um aumento de 33% no desempenho do cilindro de trabalho da cadeira F-1 conforme mostra o gráfico da Figura 10 e redução de 32 % no consumo de cilindro conforme gráfico da Figura 11.

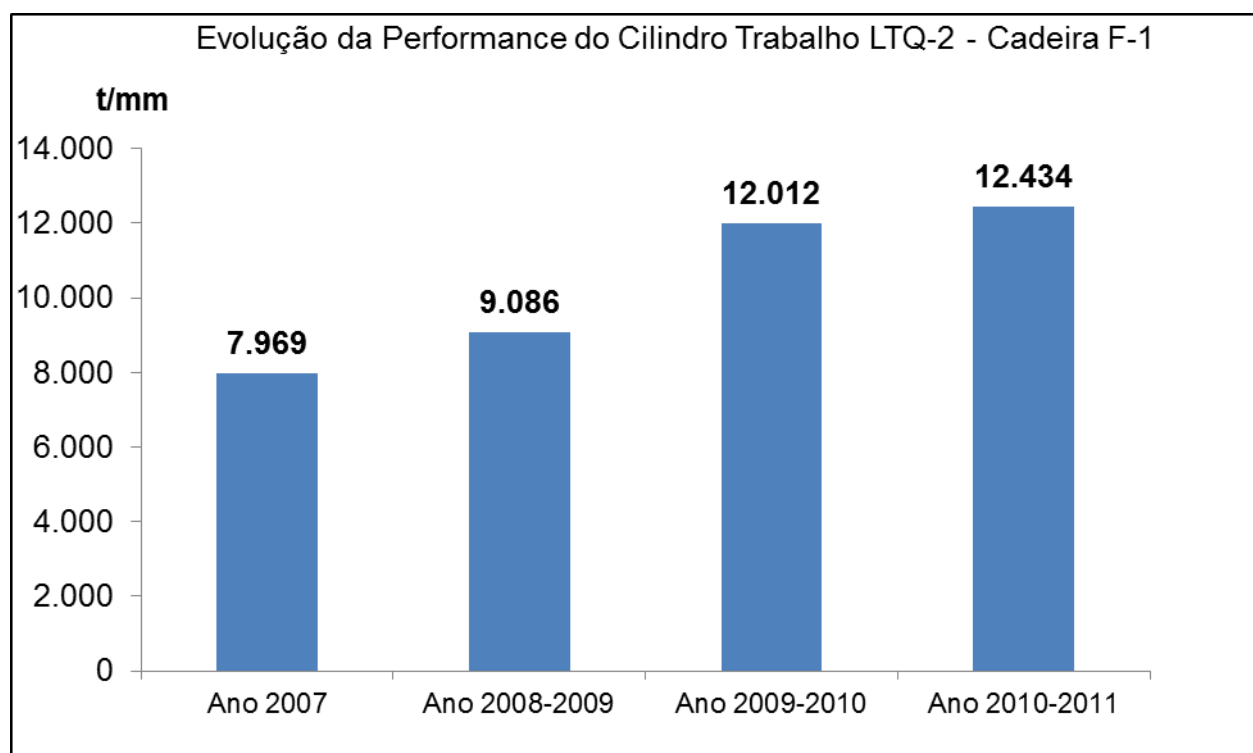


Figura 10 – Gráfico de desempenho do cilindro trabalho cadeira F-1.

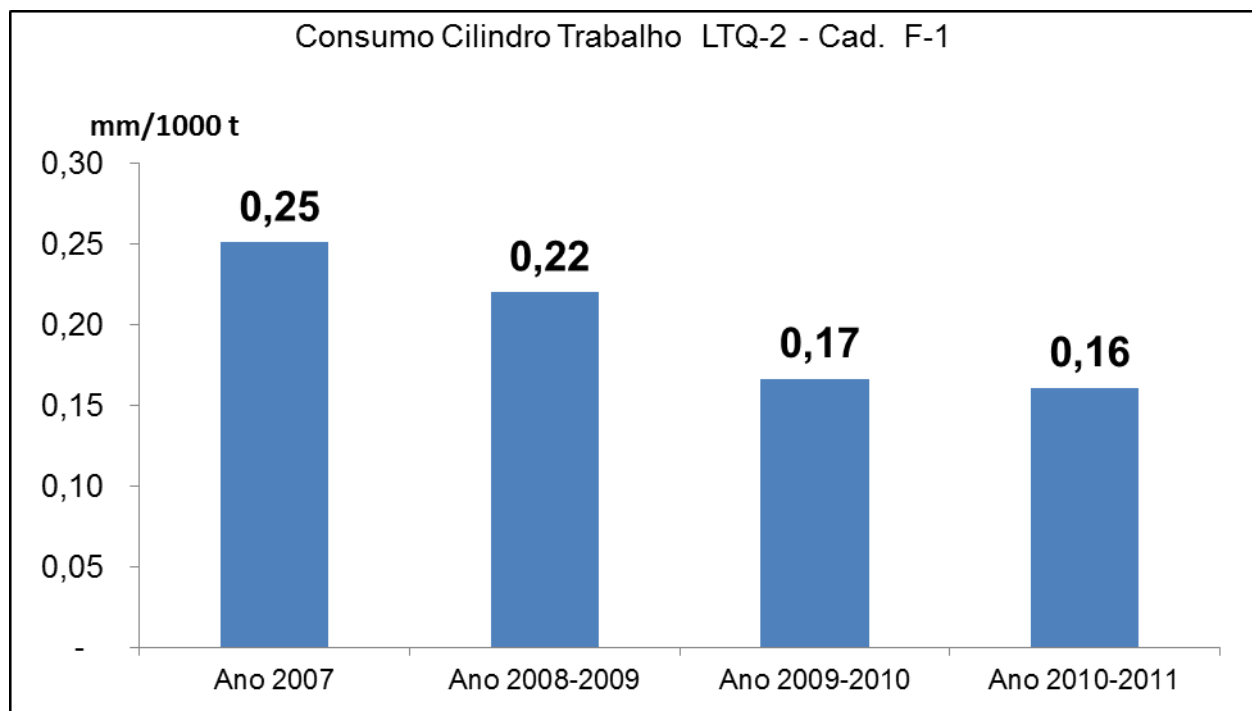


Figura 11 – Gráfico de consumo de cilindro Cadeira F-1.

Os gráficos de desempenho t/mm e de consumo mm/1.000 t mostram que os resultados se mantiveram estáveis nos dois últimos períodos analisados, com isso a engenharia da oficina de cilindros em conjunto com os fabricantes de cilindros iniciou desenvolvimentos de novas tecnologias em materiais utilizados nos cilindros HSS para que os mesmos obtivessem um salto de desempenho com resultados próximo ao Benchmarking mundial.

Estes desenvolvimentos foram com o objetivo de proporcionar ao cilindro:

- Maior resistência ao desgaste;
- Maior resistência à oxidação do cilindro;
- Maior dureza a quente;
- Maior resistência à abrasão durante a laminação;
- Maior resistência à fadiga térmica;
- Maior tensão máxima em temperaturas mais altas;
- Formação de uma camada de óxido fina e homogênea, que promove menor coeficiente de atrito, diminuindo a força de laminação durante o processo.

Os materiais desenvolvidos foram:

- Villares - LOLA - Cadeira F-1;
- Villares - MONIX - Cadeira F-2 e F-3;
- Akers - SPECRA - Cadeira F-1 a F-3;
- Marichal Ketin - AURORA - Cadeira F-1 a F-3

Os desenvolvimentos destas novas ligas possibilitaram uma mudança de patamar nos resultados de desempenho e consumo alcançados anteriormente conforme Figuras 12 e 13.

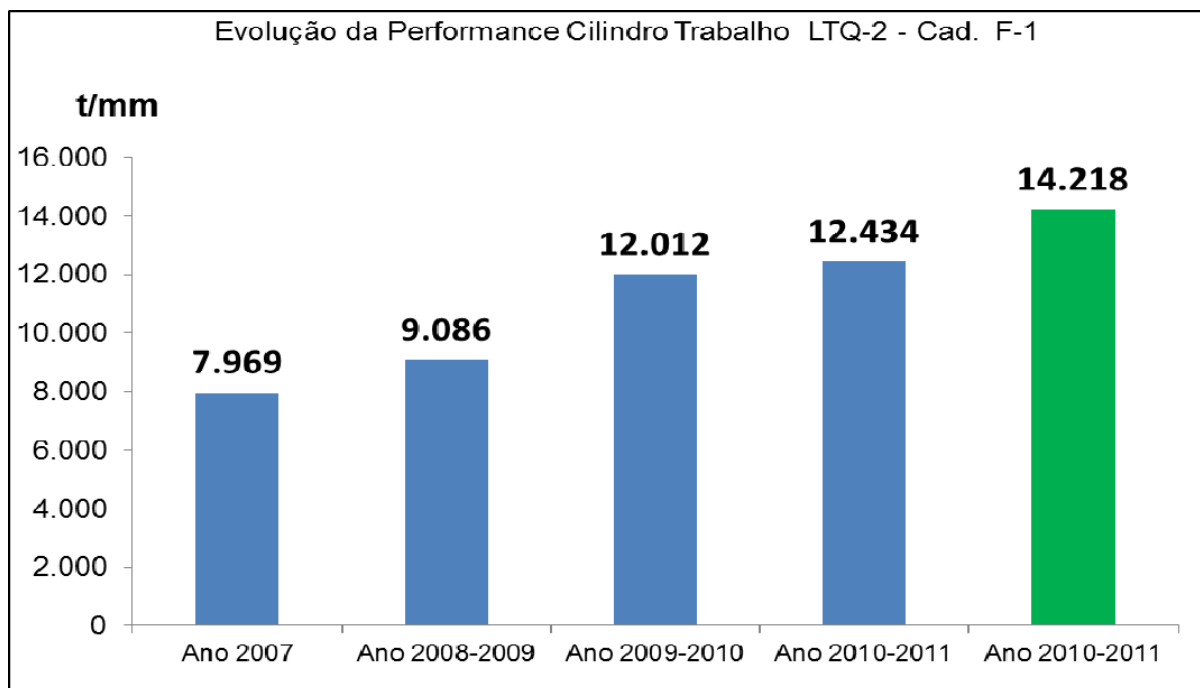


Figura 12 – Gráfico evolução do desempenho cilindro trabalho cadeira F-1.

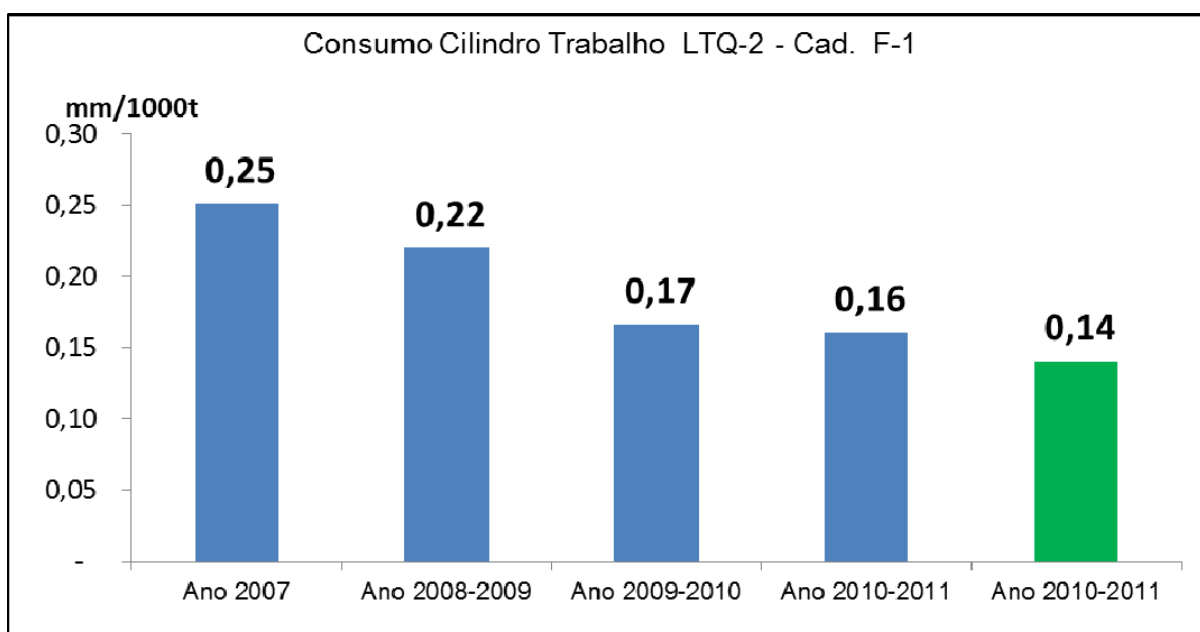


Figura 13 – Gráfico de consumo de cilindro Cadeira F-1.

Outro resultado alcançado foi a redução da compra de cilindros conforme ilustra o gráfico das Figuras 14 e 15.

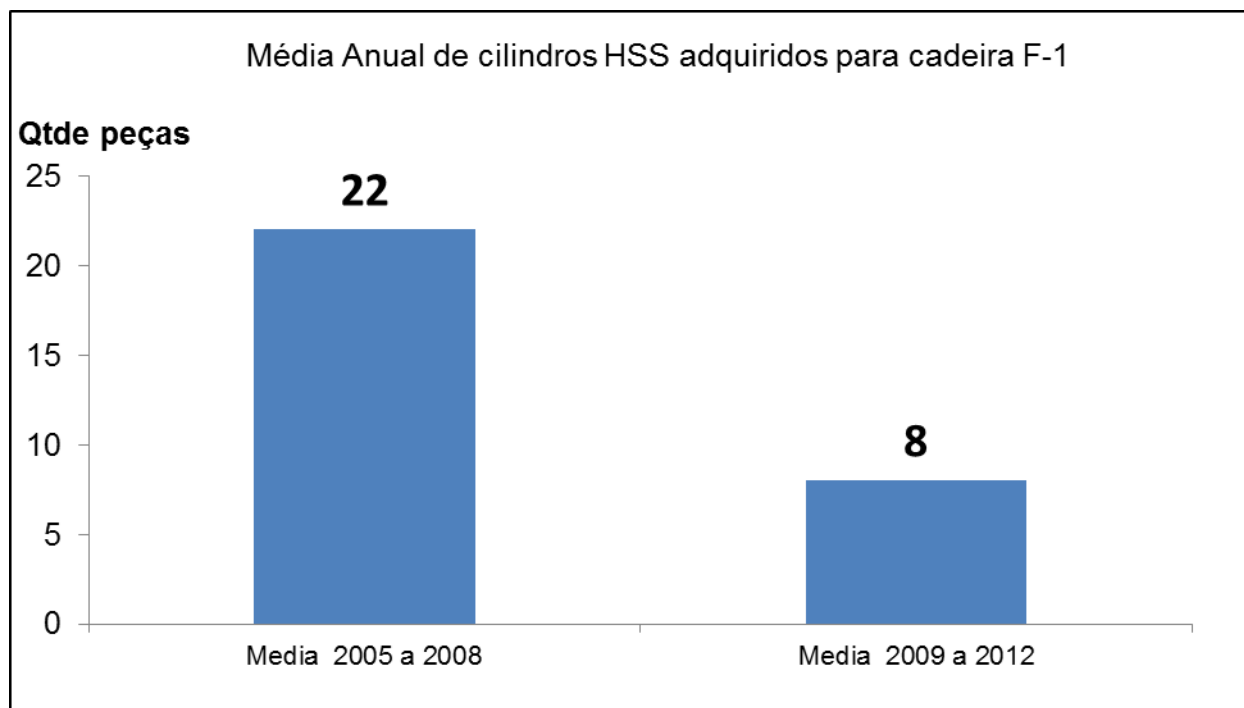


Figura 14 – Gráfico da compra de cilindros da Cadeira F-1.

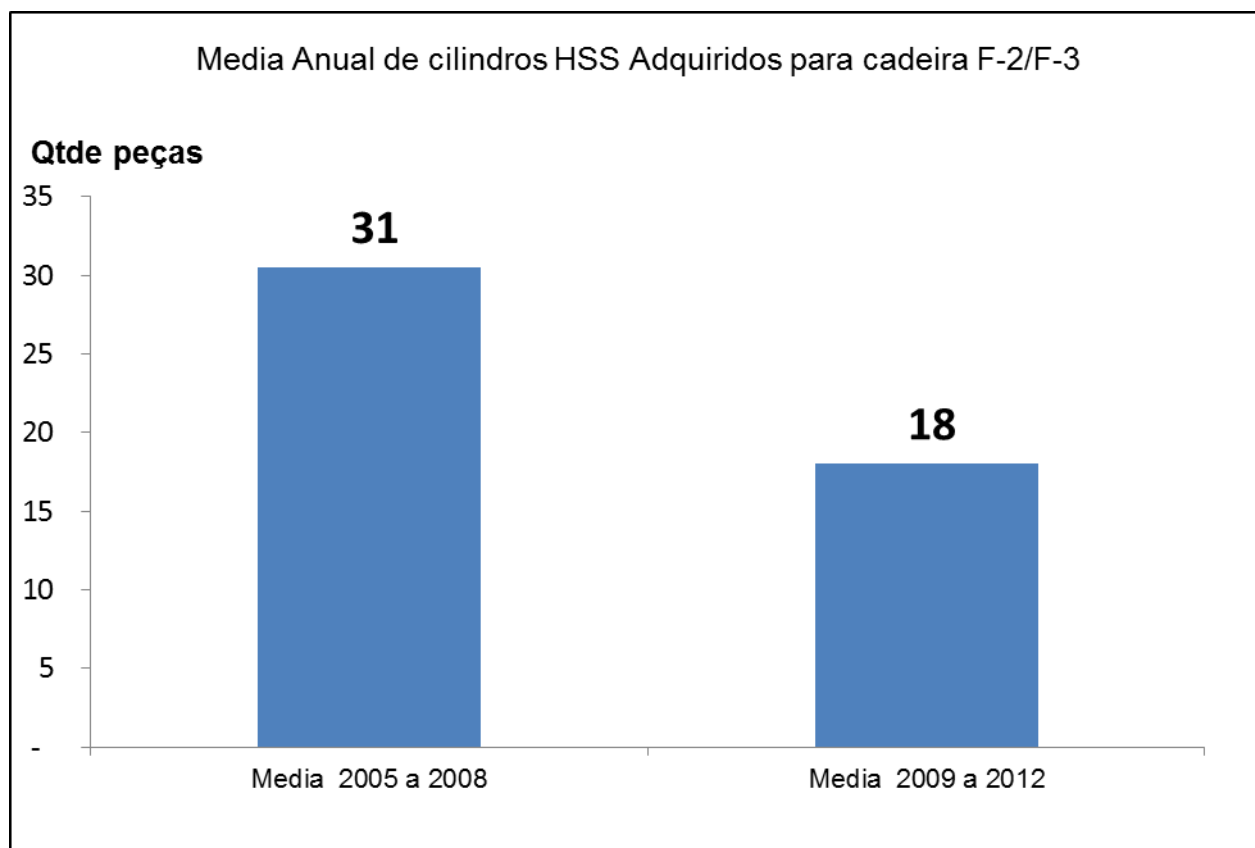


Figura 15 – Gráfico da compra de cilindros das Cadeiras F-2/F-3.

4 BENEFÍCIOS

Os benefícios alcançados com este trabalho, a redução de consumo de cilindros e redução de compra de cilindros, proporcionaram um ganho anual de R\$ 968.000,00.

Existem outros ganhos indiretos que devem ser mencionados:

- Redução de estoque de cilindros;
- Redução de custo com a operação na oficina de cilindros;
- Redução de custo da transformação devido à diluição de custos fixos.

5 CONCLUSÕES

As melhorias realizadas no processo possibilitaram um aumento no desempenho dos cilindros de HSS em torno de 33%;

As novas tecnologias desenvolvidas em materiais utilizados nos cilindros HSS obtiveram um salto de desempenho com resultados próximo ao Benchmarking mundial.

Estes dois pilares possibilitaram um salto de qualidade e produtividade no LTQ com conseqüentes ganhos operacionais e financeiros.

REFERENCIAS

- 1 G.T. CORNÉLIO, V.A. GUIMARÃES, Comportamento mecânico de materiais utilizados na fabricação de cilindros de laminação submetidos ao desgaste abrasivo, 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Foz do Iguaçu/ PR, Brasil, Novembro de 2006.
- 2 MARIO SINNAEVE, ROGER ERNST, New generation of High Speed Steel Work rolls, Marichal Ketin, Abril /2011;
- 3 G. WALMAG, X. VANDEN EYNDE, MARIO SINNAEVE, ROGER ERNST, Mechanisms of work rolls degradation in HSM, 41º Seminário de Laminação, Processos e Produtos Laminados e Revestidos, ABM, Campos do Jordão/SP, 2007;
- 4 KERR, E. J., "High Speed Steel work roll at Dofasco", Iron and Steel Maker USA, vol. 27, no. 1, pp. 27-30, Jan. 2000;