

AUMENTO DE PRODUTIVIDADE DO LAMINADOR DA AÇOS VILLARES ATRAVÉS DA ALTERAÇÃO NA ESPECIFICAÇÃO DE CILINDROS¹

Waldemar Braatz Krueger²

Pedro Koiti Ikeda³

Osmar Oliveira Damas⁴

Ademir Pinto Dias⁵

Sergio Roberto Antonio⁶

Marcelo Tatsuo Kawasaki⁷

Resumo

O mercado de aço apresenta atualmente uma demanda crescente, principalmente devido aos países em desenvolvimento, China, Índia e Brasil, sobretudo na área de construção civil e automotiva. Esta demanda excedente representa um incremento de utilização da capacidade produtiva das siderúrgicas. Com o intuito de possibilitar o atendimento desta demanda sem a necessidade de realização de investimentos por parte das siderúrgicas, a Aços Villares está atuando de forma sistemática na otimização da especificação de cilindros de laminação a fim de aumentar a disponibilidade dos laminadores e sua conseqüente produtividade e ainda, reduzir o consumo de cilindros.

Palavras-chave: Laminação de longos; Produtividade; Cilindro de laminação; Especificação de cilindros.

PRODUCTIVITY INCREASE FROM THE AÇOS VILLARES´ ROLLING MILL OBTAINED BY THE CHANGE OF THE ROLLING MILL ROLLS SPECIFICATION

Abstract

The steel market currently presents a growing demand, mainly due to developing countries, such as China, India and Brazil, particularly in the field of civil construction and automotive. This demand surplus represents an increase of utilization of production capacity from steel industries. In order to enable the fulfillment of this demand without investments require by the steel industries, Aços Villares is working on a systematic optimization in the rolling mill rolls specification, to increase the availability from the rolling mill and its consequent productivity and also, reduce the rolling mill rolls consumption.

Key words: Rolling mill of long products; Productivity; Rolling mill rolls; Rolling mill rolls specification.

¹ *Contribuição técnica ao 45º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 21 a 24 de outubro de 2008, Ipojuca - Porto de Gainhas - PE*

² *Engenheiro Mecânico, Engenheiro de Vendas e Assistência Técnica de Cilindros de Laminação, Aços Villares, Pindamonhangaba, SP;*

³ *Engenheiro Mecânico, Supervisor Técnico de Desenvolvimento de Laminação, Aços Villares, Pindamonhangaba, SP;*

⁴ *Técnico Mecânico, Técnico da Oficina de Cilindros, Aços Villares, Pindamonhangaba, SP;*

⁵ *Técnico Mecânico, Supervisor Operacional da Oficina de Cilindros, Aços Villares, Pindamonhangaba, SP;*

⁶ *Administrador de empresas, Engenheiro de Vendas e Assistência Técnica de Cilindros de Laminação, Aços Villares, Pindamonhangaba, SP;*

⁷ *Engenheiro Metalurgista, Engenheiro de Laminação, Aços Villares, Pindamonhangaba, SP;*

1 INTRODUÇÃO

Em 2007, a produção global de aço evoluiu 7,4%, impulsionada pela Ásia, especialmente pela China, que ampliou seu nível produtivo em 15,7%. No Brasil, a produção de aço do setor aumentou 9,3% no ano, refletindo o bom momento das indústrias da construção civil e automotiva, grandes consumidoras de produtos siderúrgicos. Além disso, as expectativas para 2008, até o momento, são positivas. O mercado espera que a demanda mundial por aço cresça 7,0% neste ano, principalmente em razão do aumento do consumo asiático.

Esta demanda excedente representa um incremento de utilização da capacidade produtiva das siderúrgicas, que já apresenta dificuldade para atendimento da mesma apesar dos investimentos anunciados no setor.

Com o intuito de possibilitar o atendimento desta demanda sem a necessidade de realização de investimentos por parte das siderúrgicas, a Aços Villares está atuando de forma sistemática na otimização da especificação de cilindros de laminação a fim de aumentar a disponibilidade dos laminadores e sua conseqüente produtividade.

Pode-se notar que este trabalho foca em uma abordagem diferente daquela usualmente adotada, objetivando o aumento de produtividade do laminador sem perda na qualidade do produto laminado, ao invés de focar apenas na redução do consumo de cilindros. Esta nova abordagem foi tomada devido à conclusão que seus benefícios superam expressivamente àquele obtidos anteriormente.

Neste trabalho objetiva-se mostrar que o foco de desenvolvimento de cilindros deve ser mais abrangente no sentido de obter ganhos cada vez maiores no processo de laminação. Isto significa dizer que o paradigma de desenvolvimento de cilindros em termos de rendimento (t/mm) deve ser quebrado. Desta maneira justificam-se investimentos de maiores proporções no desenvolvimento de novos produtos e novas tecnologias de fabricação de cilindros.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O aumento de produtividade de um laminador de aços longos pode ser obtido através da redução do tempo de parada para *set up* de canais e troca de cilindros. Esta pode ser obtida com o aumento da campanha (tonelagem laminada por canal) nas cadeiras críticas, sem perda na qualidade do produto laminado, a partir da otimização da especificação de cilindros.

A identificação das cadeiras críticas no laminador, ou seja, aquelas cadeiras que geram maior tempo de parada devido a *set up* de canal e troca de cilindro pode ser feita com o auxílio de uma ferramenta chamada de Ficha Técnica, que agrupa os dados a seguir do laminador, possibilitando a análise dos mesmos:

- Tempo para *set up* de canal;
- Tempo para troca de cilindros;
- Campanha por canal (toneladas laminadas por canal);
- Número de canais;
- Produção mensal do laminador (em toneladas);
- Utilização da cadeira devido ao mix de produtos laminados (percentual)

Com estes dados é possível calcular o tempo que o laminador tem que disponibilizar para *set up* de canal e troca de cilindro por cadeira de laminação, identificando a cadeira crítica, conforme segue fórmula de cálculo:

$$\frac{PM \times UC}{CC} = PS$$

$$\frac{PM \times UC}{CC \times NC} = PC$$

$$PS \times TS + PC \times TC = TP$$

Sendo que:

PM – Produção mensal do laminador (t)

CC – Campanha por canal (tonelada laminada por canal)

UC – Utilização da cadeira (%)

PS – Número de paradas para *set up* de canal ao mês

NC – Número de canais por cilindro

PC – Número de paradas para troca de cilindro ao mês

TS – Tempo para *set up* de canal (h)

TC – Tempo para troca de cilindro (h)

TP – Tempo total de parada do laminador para *set up* de canal de troca de cilindro desta cadeira ao mês.

Desta forma, é possível identificar a cadeira de laminação crítica, ou grupo de cadeiras críticas, ou seja, aquelas cujo aumento de campanha deve ser focado para se atingir o incremento da disponibilidade do laminador. É importante frisar que esta estimativa desconsidera trocas de cilindros realizadas durante outras paradas do laminador, e também aquelas realizadas simultaneamente entre cadeiras. Porém, estes fatores podem ser considerados durante o cálculo, conforme foi realizado no caso da Laminação Leve de Pindamonhangaba, que será apresentado a seguir.

Após a identificação da cadeira crítica, deve-se realizar a análise do mecanismo de degradação de cilindro mais significativo nestas cadeiras. Podendo este ser desgaste abrasivo, fadiga térmica, desgaste por adesão, oxidação, entre outros. A realização desta análise é feita através de ensaios metalográficos, conforme exemplos de micrografias que seguem abaixo:

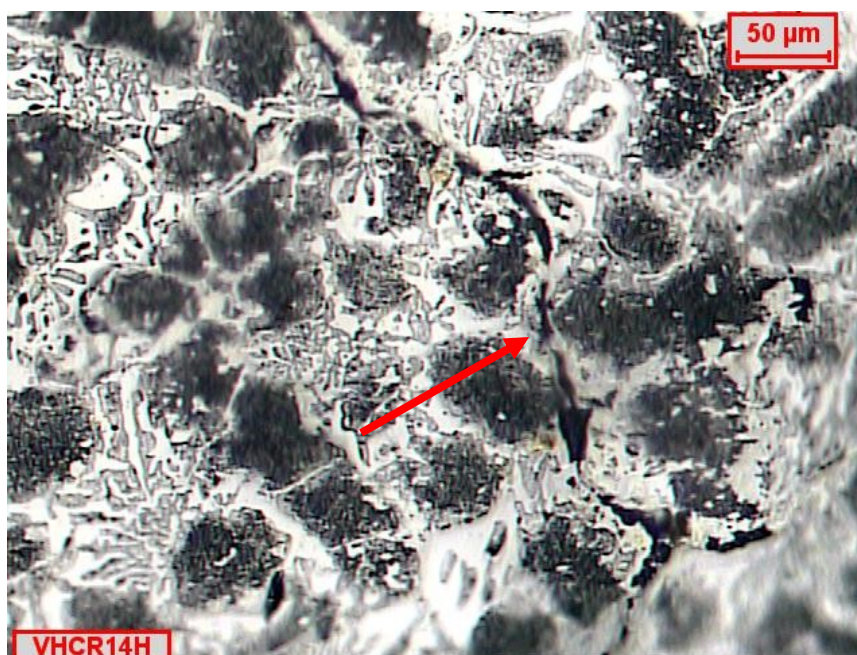


Figura 1 – Micrografia de VHCR14 polido após uso com presença de trinca térmica



Figura 2 – Micrografia de CI78I polido após uso com presença de riscos e arrancamentos

Além da análise através da micrografia, é realizada uma análise visual na superfície do cilindro após o uso e nas condições operacionais de refrigeração.

Através da análise do mecanismo de consumo do cilindro e das condições operacionais do laminador, é possível indicar com menor risco de falha a direção a ser tomada durante a realização dos testes de novas especificações para aumento da campanha.

Os dois principais mecanismos de consumo de cilindros na laminação de produtos longos são: desgaste abrasivo e fadiga térmica. O desgaste abrasivo pode ser reconhecido através da presença de riscos na matriz e arrancamentos de carbonetos, como ilustra a Figura 2. Já a fadiga térmica pode ser reconhecida através da presença de trincas térmicas, como ilustra a Figura 1.

Desta forma, devem-se testar cilindros que apresentem melhor resistência ao mecanismo de consumo preferencial observado na relação cadeira x cilindro em análise.

A resistência a estes mecanismos é influenciada diretamente pela fração volumétrica, forma e distribuição de carbonetos e grafita.⁽¹⁻⁴⁾

A grafita presente na microestrutura de cilindros melhora a resistência ao choque térmico e fadiga térmica devido a sua condutibilidade térmica mais elevada. Igualmente reduz o módulo Young diminuindo a tensão durante a laminação. O efeito da grafita como um lubrificante sólido foi observado em algumas experiências para estudar o fenômeno de sticking.⁽⁵⁾ Os testes recentes mostraram que a taxa de propagação de trincas é mais baixa nos cilindros de ferro fundido de coquilhamento indefinido do que no alto-cromo ou em aço rápido e estes resultados foram associados à presença da grafita.⁽⁶⁾

Já a presença de carbonetos dispersos na matriz propicia melhor resistência a desgaste abrasivo.⁽⁷⁾

Simplificadamente pode-se optar por testar cilindros com maior resistência ao desgaste abrasivo, porém com menor resistência a fadiga térmica, ou por cilindros com menor resistência ao desgaste abrasivo, porém com maior resistência a fadiga térmica. Isto ocorre, pois as características de resistência ao desgaste e tenacidade

são inversamente proporcionais. E existe uma relação entre tenacidade e resistência a fadiga térmica, devido à facilidade em nucleação e propagação de trincas serem fatores determinantes no caso da resistência a fadiga térmica.

Após determinados os parâmetros acima - cadeiras críticas e mecanismo de consumo -, são realizados testes e é definida uma nova especificação de cilindros. Pode-se estimar a nova campanha laminada por canal com a nova especificação e assim, calcular a redução de paradas no laminador e conseqüente aumento de disponibilidade e produtividade, conforme segue:

$$\frac{PM \times UC}{nCC} = nPS$$

$$\frac{PM \times UC}{nCC \times NC} = nPC$$

$$nPS \times TS + nPC \times TC = nTP$$

$$(TP - nTP) \times PD = GP$$

Sendo que:

PM – Produção mensal do laminador (t)

UC – Utilização da cadeira (%)

nCC – Nova campanha por canal (tonelada laminada por canal)

nPS – Novo número de paradas para *set up* de canal ao mês

NC – Número de canais por cilindro

nPC – Novo número de paradas para troca de cilindro ao mês

TS – Tempo para *set up* de canal (h)

TC – Tempo para troca de cilindro (h)

nTP – Novo tempo total de parada do laminador para *set up* de canal de troca de cilindro desta cadeira ao mês

TP – Tempo total de parada do laminador para *set up* de canal de troca de cilindro desta cadeira ao mês

PD – Produtividade (t/h)

GP – Ganho de produtividade mensal (t)

Da mesma forma que anteriormente, este cálculo desconsidera trocas durante paradas do laminador devido a outras causas, e trocas de diferentes cadeiras simultaneamente. Porém, novamente isto deve ser levado em conta, como será o caso apresentado a seguir.

A partir daí, uma nova análise é realizada para identificação das novas cadeiras que limitam a disponibilidade do laminador e as causas de consumos destes cilindros, tornando-se um sistema dinâmico.

Além do ganho obtido através do aumento de produtividade, também é estimado o ganho a ser obtido através da redução de consumo de cilindro. Esta estimativa leva em conta a redução na quantidade de vezes que o cilindro é usinado, já que ocorre um aumento na campanha laminada por canal deste cilindro. E ainda, não é considerada nenhuma alteração na quantidade de material removido na usinagem, o que pode ser considerado como conservador, já que na prática pode ser observada uma redução da mesma.

Utilizam-se os seguintes dados para realização do cálculo:

- Quantidade média de material removido no diâmetro da mesa na usinagem para cada cadeira;
- Número de vezes que o cilindro é usinado por mês para cada cadeira;
- Vida útil do cilindro, que é a diferença entre o diâmetro inicial e diâmetro de sucateamento;
- Campanha anterior a alteração na especificação de cilindro;
- Campanha posterior a alteração na especificação de cilindro.

Assim, calcula-se o consumo anual de cilindros para cada cadeira no momento anterior a alteração na especificação de cilindros e a redução devido a uma campanha com maior duração, conforme é demonstrado abaixo:

$$RC \times 12 \times \frac{RM}{VU} = CA$$

$$\frac{CC}{nCC} = RC$$

$$CA \times RC = nCA$$

Sendo que:

RC – Número de recalibrações de cilindros mensal por cadeira

RM – Remoção média no diâmetro da mesa por cilindro na usinagem (mm)

VU – Vida útil (mm)

CA – Consumo anual de cilindros por cadeira

CC – Campanha por canal (tonelada laminada por canal)

nCC – Nova campanha por canal (tonelada laminada por canal)

RC – Redução no consumo de cilindros

nCA – Novo consumo anual de cilindros por cadeira

Desta forma, é possível estimar a redução no consumo de cilindros devido a alteração na especificação de cilindros e o conseqüente aumento das campanhas laminadas por canal. Esta estimativa leva em conta apenas o consumo de cilindro devido a desgaste normal, sem considerar acidentes operacionais do laminador.

Como exemplo deste trabalho, utiliza-se o Laminador Leve da Aços Villares de Pindamonhangaba. Este laminador apresenta produção atual de 29.000 t/mês de barras e fio-máquina de aços especiais para construção mecânica com diâmetros que variam de 5,5 mm a 76,2 mm. A linha é composta de um forno de reaquecimento de 90 t/h e um trem laminador de 18 cadeiras, dispostas alternadamente nas posições vertical e horizontal.

3 RESULTADOS

O trabalho de otimização das especificações de cilindro no Laminador Leve da Aços Villares de Pindamonhangaba ainda está em andamento. Contudo, o levantamento dos dados iniciais para identificação das cadeiras críticas, a análise do mecanismo de consumo destes cilindros, a indicação das novas especificações e as estimativas de aumento de produtividade já foram realizados, conforme será apresentado a seguir. Os primeiros testes estão ocorrendo no segundo semestre de 2008. A planilha a seguir mostra o levantamento de dados iniciais:

Tabela 1 – Levantamento de dados iniciais do Laminador Leve da Aços Villares

Cadeira	Utilização da cadeira (%)	Especific. Atual	Nº de canais	Campanha por canal (t)	Tempo total Set-up + trocas por mês (h)
H0	100%	NODAA	3	8000	2,4
V0	100%	NODAA	3	8000	2,4
H1	100%	NODB	6	7000	2,1
V2	100%	NODB	7	7000	1,3
H3	100%	NODB	6	7000	2,1
V4	100%	NODB	9	7000	1,2
H6	100%	NODC	6	5000	1,9
V7	100%	NODC	10	5000	1,5
H8	90%	NODC	10	3000	1,5
V9	90%	NODC	12	3000	1,5
H10	70%	NODC	10	3000	1,1
V11	70%	NODC	14	3000	1,1
H12	55%	CD75I	8	800	3,3
V13	55%	CD75I	9	800	3,3
H14	40%	CD75I	8	800	2,4
V15	40%	CD75I	11	800	2,4
H16	20%	CD75I	10	600	1,6
V17	20%	CD75I	14	600	1,6

O Laminador Leve de Pindamonhangaba apresenta calibração única, e de acordo com a bitola do produto laminado que são definidas quais cadeiras serão utilizadas. Então, quanto menor a bitola, maior a quantidade de cadeiras, sendo que todas as cadeiras são utilizadas para qualquer bitola até a cadeira V7.

Pode-se notar que as cadeiras críticas deste laminador são as cadeiras intermediárias e acabadoras, ou seja, a partir da cadeira H8. Contudo, a partir desta cadeira não foi considerado que há parada no laminador para troca de cilindros, apenas para *set up* de canais, já que as trocas de cilindros são realizadas durante intervalos entre tarugos no forno de reaquecimento.

Para estes casos, o mecanismo de consumo mais significativo foi o desgaste abrasivo, portanto, decidiu-se testar o VHSS20WR nas últimas quatro cadeiras, que é um cilindro de ferro fundido centrifugado com casca em aço rápido. Este material apresenta carbonetos eutéticos do tipo M_7C_3 , M_6C , MC e M_2C em matriz martensítica, onde também são observados carbonetos oriundos de precipitação secundária, apresentando melhor resistência ao desgaste abrasivo. Devido a seu teste em outros laminadores com aplicação semelhante, estima-se que a campanha laminada por canal aumente em 2,5 vezes, atingindo 1500 toneladas laminadas por canal nas duas últimas cadeiras e 2000 nas duas anteriores. No caso das cadeiras H12 e V13 será testado o CD80N, cilindro de ferro fundido centrifugado com casca em ferro fundido branco, com presença de carbonetos eutéticos do tipo M_3C em matriz perlítica isenta de grafita. Não será inicialmente testado aço rápido nestas cadeiras devido à baixa velocidade de laminação das mesmas. A proposta de nova especificação para as cadeiras acabadoras e as outras cadeiras, além das estimativas de novas campanhas e conseqüentes ganhos em produtividade, seguem explícitos na tabela abaixo:

Tabela 2 – Nova especificação proposta e estimativa de ganhos

Cadeira	Utilização da cadeira (%)	Motivo troca Trinca/Desg	Nova Especific.	Status	Nº de canais	Campanha por canal (t)	Tempo total Set-up + trocas por mês (h)	Ganho no mês (t)
H0	100%	Desgaste	NODA	Em teste	3	9000	2,1	15
V0	100%	Desgaste	NODA	Em teste	3	9000	2,1	15
H1	100%	Desgaste	NODC	A realizar	6	8000	1,8	14
V2	100%	Desgaste	NODC	A realizar	7	8000	1,1	9
H3	100%	Desgaste	NODC	A realizar	6	8000	1,8	14
V4	100%	Desgaste	NODC	A realizar	9	8000	1,0	8
H6	100%	Desgaste	NODD	A realizar	6	5500	1,8	10
V7	100%	Desgaste	NODD	A realizar	10	5500	1,4	8
H8	90%	Desgaste	CI73N	Em teste	10	4000	1,1	20
V9	90%	Desgaste	CI73N	Em teste	12	4000	1,1	20
H10	70%	Desgaste	CI73N	Em teste	10	4000	0,8	16
V11	70%	Desgaste	CI73N	Em teste	14	4000	0,8	16
H12	55%	Desgaste	CD80N	Em teste	8	1200	2,2	61
V13	55%	Desgaste	CD80N	Em teste	9	1200	2,2	61
H14	40%	Desgaste	VHSS20WR	Em teste	8	2000	1,0	80
V15	40%	Desgaste	VHSS20WR	Em teste	11	2000	1,0	80
H16	20%	Desgaste	VHSS20WR	Em teste	10	1500	0,6	53
V17	20%	Desgaste	VHSS20WR	Em teste	14	1500	0,6	53

Conforme método de cálculo descrito anteriormente em material e métodos, o número de trocas programadas nas cadeiras acabadoras reduziria em 60% nas últimas 4 cadeiras, em 33% nas cadeiras H12 e V13 e 25% entre a cadeira H8 e V11. Levando em conta que devemos considerar como um grupo cada duas cadeiras (uma horizontal e outra vertical), o ganho pode ser a soma de cada grupo das cadeiras intermediárias e acabadoras, já que o *set up* de canal dos mesmos não é realizado simultaneamente. Portanto, seriam disponibilizadas 4,2 horas de produção mensais, que no caso de demanda aquecida e nenhum outro fator limitante (aciaria, forno de aquecimento etc), geram um incremento na produção de 229 toneladas por mês, considerando uma produtividade média de 55 t/h. Com isso obter-se-ia um ganho de 0,8% na produção mensal, passando de 29.000 para 29.229 t/mês. Por ano este ganho significaria aproximadamente 2.750 toneladas.

Em relação aos ganhos que serão obtidos através da redução no consumo de cilindros, segue planilha abaixo que demonstra os mesmos.

Tabela 3 – Redução no consumo de cilindros

Cadeira	Remoção média no diâmetro (mm)	Cilindros recalibrados por mês	Vida Útil (mm)	Número de recalibrações de cilindros anual	Consumo anual de cilindros	Redução no consumo	Novo consumo anual de cilindros
H.0	10,7	4	140	48	3,7	0,89	3,3
V.0	11,5	4	140	48	3,9	0,89	3,5
H.1	8	2	70	24	2,7	0,88	2,4
V.2	7,8	2	70	24	2,7	0,88	2,3
H.3	9,5	2	70	24	3,3	0,88	2,9
V.4	7,5	2	70	24	2,6	0,88	2,3
H.6	6	4	45	48	6,4	0,91	5,8
V.7	8,2	2	45	24	4,4	0,91	4,0
H.8	4,1	2	45	24	2,2	0,75	1,6
V.9	9	2	45	24	4,8	0,75	3,6
H.10	5	2	45	24	2,7	0,75	2,0
V.11	5	2	45	24	2,7	0,75	2,0
H.12	6	4	40	48	7,2	0,67	4,8
V.13	4,6	2	40	24	2,8	0,67	1,8
H.14	4,5	2	40	24	2,7	0,40	1,1
V.15	4,37	4	40	48	5,2	0,40	2,1
H.16	4,14	4	40	48	5,0	0,40	2,0
V.17	3,44	2	40	24	2,1	0,40	0,8
Consumo total anual					66,9		48,3

Os dados de remoção média no diâmetro e o número de cilindros recalibrados por mês para cada cadeira foram obtidos através de um levantamento realizado nas fichas de setor e representa valores observados na prática.

Através destes dados e a vida útil do cilindro, foi possível calcular o consumo teórico anual de cilindros, conforme descrito em materiais e métodos. Foi possível verificar que o valor de 66,9 cilindros por ano estimado é muito próximo do valor real, com erro inferior a 5%, que pode ser atribuído a acidentes operacionais no laminador.

Pode-se concluir que há uma redução de consumo de 18 cilindros ao ano, o que representa aproximadamente 28% no consumo de cilindros, levando em conta alteração na especificação de cilindros em todas as cadeiras. É importante ressaltar que este ganho só pode ser obtido caso seja realmente utilizada esta quantidade adicional de aço a ser laminada por canal. Já que a subutilização dos mesmos reduziria este ganho significativamente.

Além dos ganhos considerados acima, outros ganhos poderiam ter sido considerados, como por exemplo:

- Redução do custo de operação da oficina de cilindros;
- Redução do custo de transformação devido à diluição dos custos fixos.

4 DISCUSSÃO

Até o momento os ganhos devido a desenvolvimento de cilindros eram calculados considerando principalmente a redução do índice de consumo de cilindros (t/mm).

Os resultados apresentados neste trabalho mostram que se limitar a este tipo de análise no momento de avaliar a viabilidade de um produto significa limitar os ganhos a serem obtidos. Haja vista que uma abordagem mais abrangente, na qual também seriam considerados os ganhos obtidos com redução de hora parada de um laminador, apresenta ganhos de ordem de grandeza muito superior.

Vide os resultados apresentados pode-se fazer uma análise comparativa dos ganhos considerando-se o preço do fio-máquina e margem de lucro do processo de laminação.

Segundo o *Steel Business Briefing* de Março de 2008, o preço médio do fio-máquina na América do Norte é de 750 USD/t (FOB). Considerando o ganho de produção apresentado nos resultados, isto significa dizer que no ano seria alcançado um aumento na receita anual de aproximadamente 2,1 milhões de dólares.

Portanto, a otimização da especificação de cilindros geraria um ganho (considerando uma margem líquida de venda de 30%), de 620 mil dólares, ou seja, considerando cambio de R\$1,60/USD (25 de Junho de 2008), um ganho em margem líquida de cerca de 1 milhão de reais. Lembrado ainda que não foram considerados os ganhos com redução de capital imobilizado (estoque) e redução dos custos da oficina de cilindros, como a usinagem, montagem e desmontagem de mancais e inspeção.

Em relação ao ganho obtido através da redução no consumo de cilindros, é levado em conta o custo anual de compra de cilindros para o Laminador Leve de Pindamonhangaba de 1,7 milhões de reais. Adotando a redução de 28% no consumo dos mesmos, chega-se a um ganho de aproximadamente 500 mil reais.

Se forem somados os valores obtidos através do aumento de produtividade e redução de consumo de cilindro, pode-se chegar a um ganho anual de 1,5 milhões de reais através da alteração na especificação de cilindros.

Logicamente, neste trabalho se aborda a possibilidade de aumento da campanha de laminação do ponto de vista de cilindros. Eventualmente, outras melhorias no processo de laminação deveriam ser realizadas para que o aumento de campanha seja realmente alcançado, como o sistema de refrigeração e a calibração.

Por fim, este ganho alcançado através do aumento de receita só é válido no caso do mercado siderúrgico estiver com a demanda aquecida e o laminador apresentar capacidade produtiva sendo utilizada no limite máximo.

5 CONCLUSÃO

O paradigma de desenvolvimento de cilindros objetivando-se apenas melhoria de rendimento dos cilindros (t/mm) limita a possibilidade de ganhos no processo de laminação de produtos longos.

A aplicação de maiores montantes de capital por parte dos fabricantes de cilindros no desenvolvimento de novos produtos e/ou processo produtivos se justifica à medida que o ganho a ser alcançado pelo cliente pode ser calculado de maneira mais abrangente.

E finalizando, a compra de cilindro visando à redução de custos totais de fabricação de aços longos pode levar a ganhos diversas vezes superiores àqueles obtidos apenas na compra de cilindros. E é dever dos fornecedores de cilindros e outros insumos e equipamentos de siderúrgicas que queiram permanecer competitivos agregarem este valor aos seus produtos, e ainda, os demonstrarem para seus clientes.⁽⁸⁾

Agradecimento

Ao Eng^o Marcelo Arantes Rebellato, que deu total apoio na criação da ferramenta utilizada neste trabalho, a Ficha Técnica, possibilitando a execução deste trabalho na laminação da Aços Villares e demais parceiros da Aços Villares Cilindros.

REFERÊNCIAS

- 1 CAITHNESS, L.; COX, S. X.; EMERY S. *“Surface behaviour of HSS in hot strip mills”*, Rolls 2000 Conference of Institute of Materials, Birmingham, U.K., April, 1999;
- 2 KERR, E. J., *“High Speed Steel work roll at Dofasco”*, Iron and Steel Maker USA, vol. 27, no. 1, pp. 27-30, Jan. 2000;
- 3 BOCCALINI JR., M.; C.L. SERANTONI, A. SINATORA., Y. MATSUBARA, *Science of Casting and Solidification*, Brasov, May 2001, edited by D.M. Stefanescu (Lux Libris, Brasov, 2001) 393;
- 4 KALS, H.J.J., *“Preface”*, Journal of Materials Processing Technology, v. 103, p. ix, 2000;
- 5 CHOI, J.W., KIM, D., *“Mechanisms of Surface Deterioration of High-Ni Grain Roll for Hot Strip Rolling”*, ISIJ International, Vol. 39 (1999), No. 8, p.823-828;
- 6 KUBO, O, HASHIMOTO, M., MATSUBARA, Y., *“Influence of Microstructure on Crack Propagation Property and Wear Resistance of White Cast Iron Rolling Mill Rolls”* Conference on the Science of Casting and Solidification, Brasov, Romênia, (2002), p.399-406;
- 7 JUNIOR, A. R., XAVIER, R. R., SANTOS, C. E. R., CARVALHO, M. A., SINATORA, A. *“Desenvolvimento de Cilindros em Aço Rápido para a Laminação de Não Planos”*, 40^o Seminário de Laminação, Processos e Produtos Laminados e Revestidos, ABM, Vitória/ES, 2003;
- 8 BERNARDES, F.G., KRUEGER, W.B., REBELLATO, M.A., CORNÉLIO, G.T., *“Ganhos promovidos pela Equalização de performance de cilindros de trabalho no laminador de tiras a quente”*, 44^o Seminário de Laminação, Processos e Produtos Laminados e Revestidos, ABM, Campos do Jordão, 2007;