

# DESENVOLVIMENTO DE CHAPAS DE DESGASTE ESPECIAIS PARA AS GUIAS DE ENTRADA DO LAMINADOR DE ACABAMENTO DO LTQ/CSN <sup>1</sup>

Otávio Henrique de Souza <sup>2</sup>  
Paulo Cezar Loures <sup>3</sup>  
Haroldo Reis de Oliveira <sup>4</sup>  
Nairo de Souza Machado <sup>5</sup>  
Gilmar Procópio Ramos <sup>6</sup>

## Resumo

A busca constante de redução de custos e no aumento de disponibilidade dos laminadores a quente nas empresas siderúrgicas, nos levou a estudar a viabilidade de se reduzir os tempos das paradas programadas e também as paradas emergenciais para as trocas das chapas de desgaste das guias de entrada das cadeiras do laminador de acabamento do LTQ (Laminador de Tiras a Quente), da CSN. Entre os diversos itens relacionados com o caminho da tira do LTQ, as chapas de desgaste do laminador de acabamento são de fundamental importância para garantir o encaminhamento da tira e manter a estabilidade do processo. O presente trabalho, tem por objetivo, apresentar as diversas etapas do desenvolvimento de novos materiais a serem utilizados nas chapas de desgaste das guias do LTQ da CSN, bem como os excelentes resultados alcançados.

**Palavras-chaves:** Chapas de desgaste; Guias; Laminador

## DEVELOPMENT OF SPECIAL MATERIAL FOR ENTRY SIDE GUIDES IN CSN HOT STRIP MILL – LTQ/CSN

### Abstract

Continuous search in costs reduction and equipment availability increasing in the steel plants carry us to look for reducing scheduled stops times and emergency stop times for side guide liners changing, in the Finishing Mill Stands of CSN Hot Strip Mill. Among several items related with the Hot Strip Mill threading, side guide liners are very important to assure the material path and to keep the process stability. This paper presents several stages of the development of new materials that have been used in the side guide liners of CSN Finishing Mill, as well as, the excellent results obtained.

**Key words:** Liners; Side guides; Finishing mill

<sup>1</sup> Trabalho a ser apresentado no 43º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos.

<sup>2</sup> Engenheiro Mecânico, Gerência de Manutenção da Laminação a Quente da Companhia Siderúrgica Nacional.

<sup>3</sup> Coordenador de Projetos Especiais, Gerência Geral da Laminação a Quente da Companhia Siderúrgica Nacional.

<sup>4</sup> Engenheiro Especialista, Gerência de Laminação a Quente da Companhia Siderúrgica Nacional.

<sup>5</sup> Supervisor de Manutenção, Gerência de Manutenção da Laminação a Quente Companhia Siderúrgica Nacional.

<sup>6</sup> Técnico de Desenvolvimento, Gerência de Cilindros da Companhia Siderúrgica Nacional.

## INTRODUÇÃO

O Laminador de Tiras a Quente da CSN desde sua fundação em outubro de 1981, utiliza chapas de desgaste nas guias de entrada de cada uma das 07 cadeiras de laminação do trem acabador. Estas chapas sempre foram fabricadas conforme projeto original, ou seja, de Ferro Fundido e que apresentavam um desgaste bastante acentuado com o decorrer da laminação.

Em meados de 2003 tivemos uma crise com trocas prematuras das chapas de desgaste, que em alguns casos geravam paradas emergenciais a cada 02 dias que além de gerar atrasos na entrega de encomendas, geravam altos custos de mão-de-obra e peças para substituição. Durante a análise do problema, verificou-se que o material das chapas de desgaste usada naquele período não condizia com o material especificado no desenho, motivo este do aumento acentuado do desgaste. Não contente apenas com o restabelecimento das condições originais do projeto, o grupo dedicou-se em buscar novas tecnologias de materiais afim de aumentar o período de intervenções entre uma troca e outra, tendo em vista que o tempo das paradas semanais eram definidas em função das trocas das chapas de desgaste.

## 2 DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

As guias de entrada do Laminador de Acabamento do LTQ tem por finalidade manter o alinhamento da tira no centro da mesa dos cilindros de Laminação, evitando instabilidade do processo e garantindo o encaminhamento da tira no laminador. O Laminador de Acabamento de Tiras a Quente da CSN possui 07 cadeiras de Laminação denominadas F-1 à F-7 e para cada cadeira temos uma guia de entrada, sendo que a guia de entrada da F-1 utiliza roletes no lugar das chapas de desgaste em função de sua disponibilidade física e condições de processo. Para as demais cadeiras de F2 a F-7 são utilizadas chapas de desgaste nas guardas laterais. Cada conjunto de guia é composta por duas guardas laterais, cada qual com um conjunto de 03 chapas de desgaste. A *figuras 01* exemplifica uma Guia de Entrada do Laminador, bem como todos os seus componentes e nas *fotos 01 e 02* podemos verificar como são montadas as chapas de desgaste nas guias de entrada.

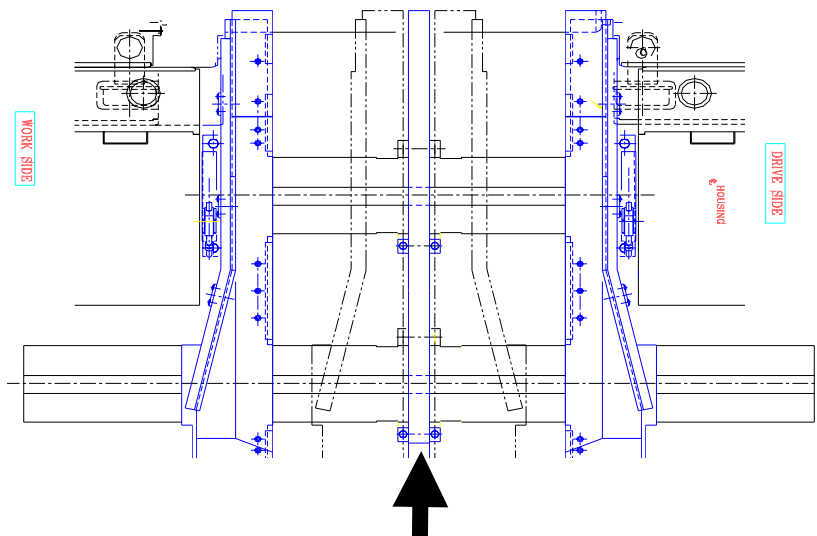


Figura 1. Guia de Entrada do LTQ.

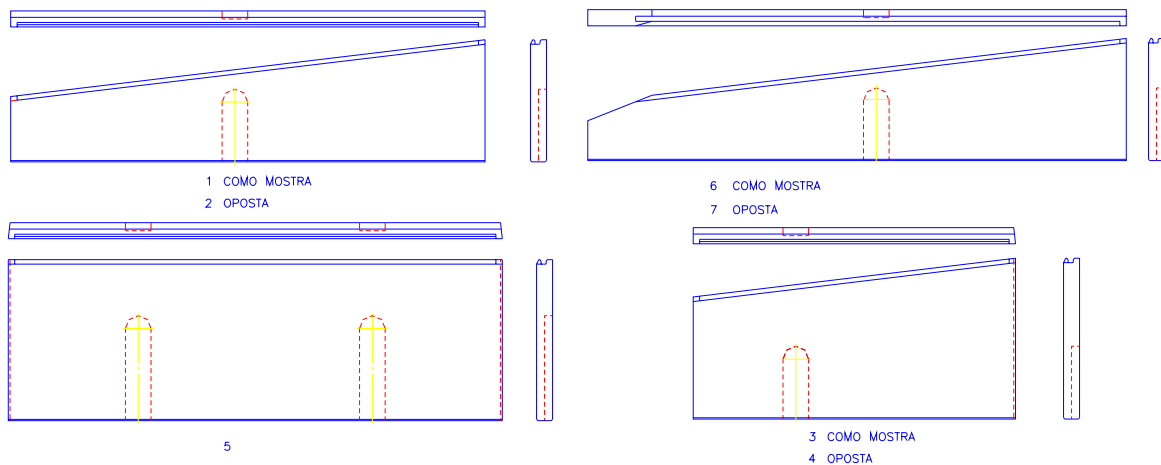


**Figura 2.** Guia de Entrada do LTQ Lado AC



**Figura 3.** Guia de Entrada do LTQ Lado OP

As chapas de desgaste são projetadas para permitir sua substituição de maneira fácil e rápida e promover ao processo de laminação a quente um contato direto com a tira. Sua composição química, superfícies planas e de baixa rugosidade garante um baixo atrito e conseqüentemente uma maior estabilidade no processo. Outra característica destas chapas é não permitir o desprendimento de cavacos que possam marcar os cilindros de laminação e a tira laminada, o que acarretaria em desvio de qualidade e troca prematura dos cilindros de laminação. A Figura 4 exemplifica as chapas de desgaste utilizadas nas guias de entrada.



**Figura 4.** Chapas de Desgaste

### 3 MÉTODOS E MATERIAIS EXPERIMENTAIS

Conforme exposto no objetivo deste trabalho, o grupo reuniu todos os recursos disponíveis para melhorar o desempenho das chapas de desgaste, e através de um estudo detalhado de cada fase do problema, pôde-se alcançar excelentes resultados deste desenvolvimento.

#### Fases do Desenvolvimento:

- Normalização do material utilizado originalmente;
- Modificação do material original
- Levantamento topográfico e alinhamento das guias de entrada;

- Implantação de rotina de aferição do alinhamento;
- Estudo e implantação de material especial.

**Fase 1- Normalização do material utilizado originalmente:**

O material utilizado nas chapas de desgaste das guias, desde a implantação do Laminador baseia-se no projeto original que consiste no Ferro Fundido Nodular ASTM-A-536-GRADE 80-55-06 que nos proporciona uma dureza de fundição de 160 a 200HB. Em função do desgaste prematuro destas chapas, foi feito um estudo do material fornecido para checar suas características físico-químico. Baseado nos métodos de Metalografia, Micrografia, Análise Química e Ensaio de Dureza do material, identificamos que o material fornecido não condizia com o especificado no desenho. Podemos verificar nas figuras abaixo, Figuras 5 e 6, que a microestrutura do material trata-se de um ferro fundido lamelar, ou seja, com formas da grafita tipo VII e distribuição da lamela tipo C ( *tamanho das lamelas de grafita não uniforme e com orientação aleatória* ).

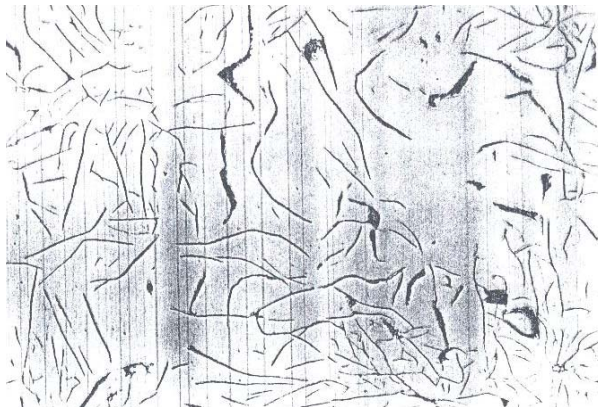


Figura 5. Microestrutura – sem ataque

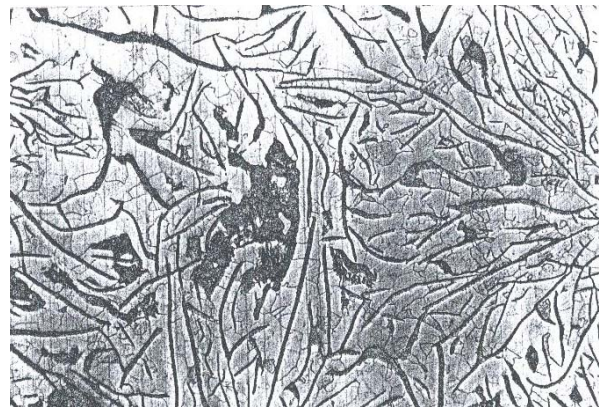


Figura 6. Microestrutura – Após ataque

Este material possui características mecânicas muito inferior ao especificado e com isso a dureza superficial também se apresentava muito inferior, conforme mostrado na Figura 7.

**REGISTRO DE DESGASTE DE LINERS DAS GUIAS DO LTQ**

LADO	POSIÇÃO	NOMINAL	COTA: A (PROFUNDIDADE)			DUREZA		
			1	2	3	1	2	3
OPERAÇÃO	1º	25 +/-0.1	2,07	0,00	11,90	185	184	170
	2º	25 +/-0.1	9,06	8,52	7,83	160	165	162
	3º	25 +/-0.1	8,58	7,64	7,48	150	155	158
MOTOR	1º	25 +/-0.1	0,00	0,00	8,80	156	161	159
	2º	25 +/-0.1	6,34	5,91	6,17	140	145	142
	3º	25 +/-0.1	6,00	6,18	6,70	138	135	136

DUREZA NOMINAL: 220 @ 270 HB

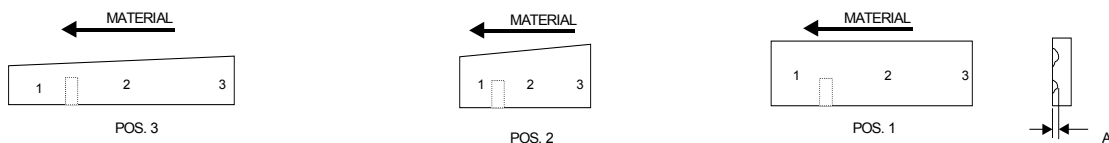


Figura 7. Distribuição de dureza

Face as condições encontradas, foram tomadas ações corretivas e normalizado o fornecimento do material. Com o restabelecimento do projeto, retornamos as condições normais de troca de chapas de desgaste que era de 15 dias para as cadeiras de F-2 a F-4 e de 07 dias para as cadeiras de F-5 a F-7.

## Fase 2 - Modificação do Material original

Com o restabelecimento das condições originais de projeto, o grupo passou a dedicar-se a desenvolver o material afim de melhorar a performance de trabalho. Após algumas tentativas foi reajustado a faixa de dureza superficial das chapas, passando de 160 a 200HB para 220 a 270HB conseguida através de tratamentos térmicos. Para esta modificação conseguimos aumentar um pouco a vida útil das chapas, porém o material não resistiu aos choques térmicos do processo e apresentou trincas verticais que comprometia sua aplicação. O grupo empenhado em solucionar o problema, partiu para uma nova experiência, desta vez trabalhou-se na estrutura química do material adicionando elementos de ligas que melhorou as propriedades mecânicas do material, tendo como resultado a eliminação parcial das trincas e um acréscimo na ordem de 20% de sua vida útil.

## Fase 3 - Levantamento topográfico, alinhamento das guias de entrada e implantação de rotina de aferição

Com a solução parcial do problema de desgaste prematuro das chapas de desgaste e o trabalho de melhoria nas propriedades mecânicas do material, o grupo enxergou algumas deficiências do equipamento que contribuíam com o desgaste acelerado das chapas. Feito então um levantamento topográfico e levantados as informações de alinhamento das guias de entrada. Com base nestas informações foram tomadas as ações corretivas e ajustado todas as guias conforme projeto original mantendo o alinhamento destas na linha de centro do trem acabador. Foi implantado também uma rotina de inspeção para o acompanhamento e manutenção do alinhamento das guias. A Figura 8 mostra o posicionamento das guias ao longo do trem acabador.

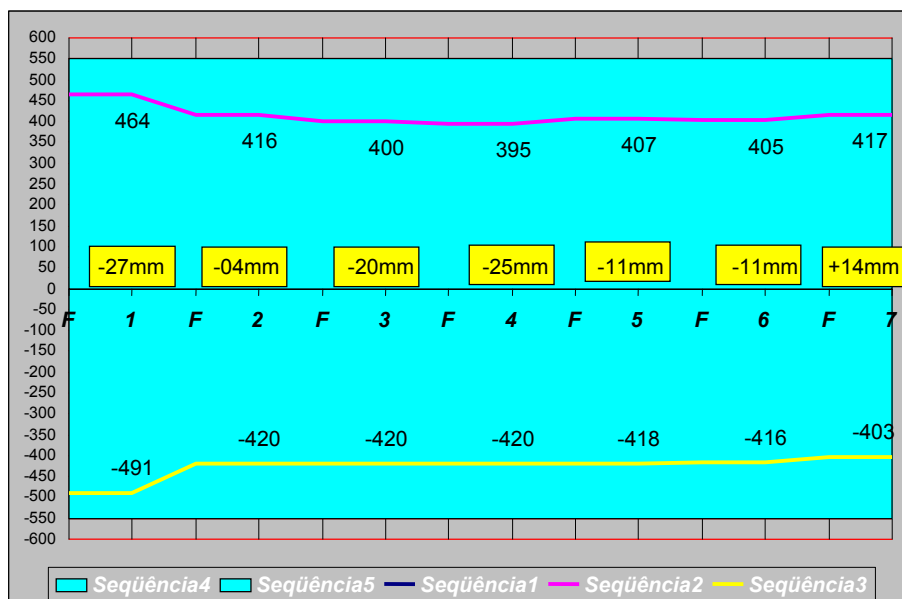


Figura 8. Alinhamento das guias

#### Fase 4 - Estudo e Implantação do material especial desenvolvido

Com todas as melhorias implantadas até o momento, o grupo de estudo deslumbrou novos desenvolvimentos, agora com um pouco mais de pretensão. Tendo como meta o desenvolvimento de materiais de alta resistência ao desgaste e que possibilita-se aumentar ainda mais a vida útil destas chapas, porém para isto, necessitava-se conhecer melhor a forma de desgaste de cada chapa, tais como tipo de desgaste, profundidade e posição. As Figuras 9 e 10 exemplificam o desgaste que ocorria nas chapas.

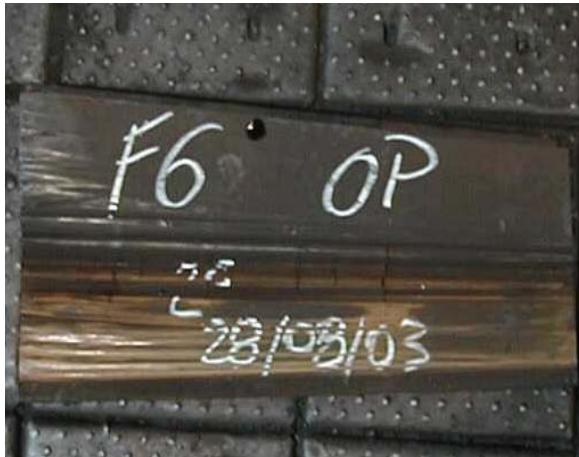


Figura 9. Chapa de Desgaste



Figura 10. Chapa de Desgaste

Com base nas informações de desgaste, foram acionados algumas empresas especialista em fundição de materiais especiais para nos ajudar a desenvolver um material de alta resistência ao desgaste e abrasão e que não interferi-se no processo de laminação. Assim conseguiu-se chegar em uma nova Liga, desta vez muito eficiente e com altíssima qualidade. A liga desenvolvida a base de Aço Inoxidável apresentou-se uma performance inigualável. Sua composição química proporcionou um baixo coeficiente de atrito que juntamente com suas propriedades mecânicas e dureza alcançada de 250 a 300HB foram fundamentais para resistir o desgaste e garantir a performance do conjunto.

Estas chapas de desgaste estão em operação no equipamento com um rendimento acima de nossas expectativas. Para as cadeiras de baixa velocidade ( F-2 a F-4 ) que anteriormente trabalhávamos com uma campanha de 15 dias, já estamos a 08 meses em operação sem qualquer intervenção, com expectativas de vida para mais 02 a 03 meses, o que totalizará de 10 a 11 meses. Para as cadeiras de alta velocidade ( F-5 a F-7 ) que anteriormente tinha um período de troca a cada 07 dias, obtivemos uma campanha de 03 meses, que neste caso ainda estamos mantendo o acompanhamento, pois temos condições de ampliar esta campanha para 05 meses. Outra preocupação era com a qualidade do produto, mas através de inspeções e controle de qualidade não se detectou nenhum desvio de material por defeito de borda, pelo contrário, nestes 08 meses em operação das novas chapas de desgaste não tivemos nenhuma ocorrência deste tipo, situações que anteriormente ocorriam em função do sulcos profundos nas chapas de desgastes.

## 4 RESULTADOS OBTIDOS

### 4.1 Vida Útil das Chapas de Desgastes

Inicialmente o período de troca das chapas de desgaste era a cada 07 dias para as cadeiras de alta velocidade e de 15 dias para as cadeiras de baixa velocidade, sempre nas manutenções preventivas. Com a implantação das novas chapas de desgaste (Aço Inoxidável especial), estamos atualmente com uma periodicidade de 03 meses para as cadeiras de alta velocidade e de 08 meses para as cadeiras de baixa velocidade.

Considerando que a nossa produção atual é de 450mil toneladas por mês, podemos estimar que as chapas tem a vida útil em toneladas de:

Antes :

$$\text{Cad. F - 2 a F - 4} = \frac{450.000 T / \text{mês}}{30 \text{ dias}} * 15 \text{ dias} \therefore \text{Campanha} = 225.000 T$$

$$\text{Cadeira F - 5 a F - 7} = \frac{450.000 T / \text{mês}}{30 \text{ dias}} * 07 \text{ dias} \therefore \text{Campanha} = 105.000 T$$

Depois :

$$\text{Cad. F - 2 a F - 4} = 450.000 T / \text{mês} * 08 \text{ meses} \therefore \text{Campanha} = 3.600.000 T$$

$$\text{Cadeira F - 5 a F - 7} = 450.000 T / \text{mês} * 03 \text{ meses} \therefore \text{Campanha} = 1.350.000 T$$

Podemos observar que a obtivemos uma acréscimo significativo na vida útil das chapas de desgaste

### 4.2 Mão de Obra

Considerando que as trocas periódicas eram feitas a cada 07 dias para as cadeiras de alta velocidade e a cada 15 dias para as cadeiras de baixa velocidade e que são necessários 16 H/h para troca das chapas ( 4 homens durante 4 horas ), com um custo de R\$25,00 no valor do H/h de nossa contrata, teremos as seguintes situações :

Antes :

$$\text{F - 2 a F - 4} = 02 \text{ interv} / \text{mes} * 12 \text{ meses} = 24 \text{ interv/ano}$$

$$\text{F - 2 a F - 4} = 24 \text{ interv/ano} * 16 \text{ H/h} * 25,00 = \text{R\$}9.600,00 / \text{ano}$$

$$\text{F - 5 a F - 7} = 04 \text{ interv/mes} * 12 \text{ meses} = 48 \text{ interv/ano}$$

$$\text{F - 5 a F - 7} = 48 \text{ interv/ano} * 16 \text{ H/h} * 25,00 = \text{R\$}19.200,00 / \text{ano}$$

$$\text{Custo de Mão de Obra} = 19.200,00 + 9.600,00 = \text{R\$}28.800,00 / \text{ano}$$

Depois :

$$F - 2 \text{ a } F - 4 = \frac{12 \text{ meses}}{8 \text{ meses}} = 1,5 \text{ interv/ ano}$$

$$F - 2 \text{ a } F - 4 = 1,5 \text{ interv/ano} * 16 \text{H/h} * 25,00 = \text{R\$}600,00/\text{ano}$$

$$F - 5 \text{ a } F - 7 = \frac{12 \text{ meses}}{03 \text{ meses}} = 4 \text{ inter/ano}$$

$$F - 5 \text{ a } F - 7 = 4 \text{ interv/ano} * 16 \text{H/h} * 25,00 = \text{R\$}1.600,00/\text{ano}$$

$$\text{Custo de Mão de Obra} = 600,00 + 1.600,00 = \text{R\$}2.200,00 / \text{ano}$$

### **4.3 Custo de Material (Sobressalentes)**

Segue abaixo o levantamento de chapas de desgaste utilizadas por ano nas guias de entrada do LTQ. Consideramos um custo médio das chapas originais de R\$400,00 e para as chapas desenvolvidas de R\$3.000,00 e o consumo de 06 chapas por guia, podemos afirmar que para as intervenções determinadas anteriormente conseguimos um ganho expressivo, conforme mostrado :

Antes :

$$F - 2 \text{ a } F - 4 = 24 \text{ interv/ano} * 03 \text{ cadeiras} * 06 \text{ chapas} = 432 \text{ chapas por ano}$$

$$F - 5 \text{ a } F - 7 = 48 \text{ interv/ano} * 03 \text{ cadeiras} * 06 \text{ chapas} = 864 \text{ chapas por ano}$$

$$\text{Custo total gastos com chapas} = 432 + 864 = 1296 \text{ chapas por ano}$$

$$\text{Custo total gastos com chapas} = 1296 * 400,00$$

$$\text{Custo total gastos com chapas} = \text{R\$}518.400,00 \text{ por ano}$$

Depois :

$$F - 2 \text{ a } F - 4 = 1,5 \text{ interv/ano} * 03 \text{ cadeiras} * 06 \text{ chapas} = 27 \text{ chapas por ano}$$

$$F - 5 \text{ a } F - 7 = 4 \text{ interv/ano} * 03 \text{ cadeiras} * 06 \text{ chapas} = 72 \text{ chapas por ano}$$

$$\text{Custo total gastos com chapas} = 72 + 27 = 99 \text{ chapas por ano}$$

$$\text{Custo total gastos com chapas} = 99 * 3.000,00$$

$$\text{Custo total gastos com chapas} = \text{R\$}297.000,00 \text{ por ano}$$



#### 4.4 Disponibilidade para Produção

Neste caso iremos contabilizar apenas as horas que realmente foram disponibilizado para produção, uma vez que nas paradas programadas para MP que são quinzenais não teve seu tempo reduzido e sim a utilização da mão de obra em outras atividades. Nas paradas intermediárias, onde sua duração era definida em função da troca das chapas de desgaste obtivemos uma redução de 04 horas com implantação do novo projeto de chapas especiais, totalizando 08 horas mensais disponíveis para produção. Considerando a produtividade do Laminador de 650T/hora, podemos dizer que :

Disponibilidade de Produção = 08 horas \* 12 meses

Disponibilidade de Produção = 96 horas/ano

Disponibilidade de Produção = 96 \* 650T/h

Disponibilidade de Produção = 62.400T/ano

ou seja, obtivemos um aumento de produtividade do laminado em 62.400T por ano, número este muito significativo em se tratando apenas da redução nas intervenções por troca de chapas de desgaste.

#### 4.3 Resumo

A Tabela 1 abaixo demonstra os resultados alcançados :

Tabela 1. Resultados alcançados

ITEM	POSIÇÃO	ANTES	DEPOIS	RESULTADO	
Vida útil	F-2 @ F-4	225.000T	3.600,000T	+3.375.000T	😊
	F-5 @ F-7	105.000T	1.350.000T	+1.245.000T	😊
Mão de Obra	F-2 @ F-7	R\$28.800,00 Por ano	R\$2.200,00 Por ano	R\$-26.600,00	😊
Material	F-2 @ F-7	R\$518.000,00 Por ano	R\$297.000,00 Por ano	R\$-221.000,00	😊
Disponibilidade de Produção	F-2@ F-7	---	62.400T/ano	+62.400T/ano	😊

## **5 CONCLUSÃO**

Com o acompanhamento da evolução e do tipo de desgastes ocorridos nas chapas foram fundamentais para definição do material a ser aplicado e assim podemos afirmar que com sua implantação no Laminador alcançamos os resultados objetivados. Apesar do custo elevado das chapas especiais conseguimos reduzir significativamente os custos de sobressalentes em função de sua excelente durabilidade. Outros pontos conquistados foram a redução de custo com mão de obra e aumento de disponibilidade para produção, sem interferir no processo de laminação e na qualidade do material produzido, e ainda a satisfação pessoal e motivação para novos desenvolvimentos.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1 CHIAVERINI, Vicente – Aços e Ferros Fundidos, 2005 – 7ª edição. Editora ABM.
- 2 CHIAVERINI, Vicente – Tratamentos Térmicos das Ligas Metálicas, 2003 – 1ª edição. Editora ABM.
- 3 Metals Handbook, 1994 – 8<sup>th</sup> edition, vol.2, Editors American Society for Metals.
- 4 Guedes, Padilha, Ângelo Fernando – Aços Inoxidáveis Austeníticos, 1964 – 1ª edição. Editora Hemus.
- 5 Padilha, Ângelo Fernando – Técnicas de Análise Micro Estrutural, 2004 – 1ª edição. Editora Hemus.