

A MODERNIZAÇÃO DO LAMINADOR DE TIRAS A QUENTE DA COSIPA E SEUS REFLEXOS NA QUALIDADE DO PRODUTO ¹

Roberto Gomes Colella ⁽²⁾
Pedro Segundo da Silva Vallim ⁽³⁾
Marcos Roberto Soares Silva ⁽⁴⁾
Antonio Augusto Gorni ⁽⁵⁾
Akira Yokoji ⁽⁶⁾

RESUMO

Este trabalho descreve as principais modificações feitas no Laminador de Tiras a Quente da COSIPA dentro do Programa de Atualização Tecnológica pelo qual a empresa passou após sua privatização. Elas tiveram como objetivo melhorar as características do produto fabricado por essa linha, de forma a garantir sua competitividade frente a um mercado cada vez mais difícil. A principal melhoria consistiu na automação da linha, visando tornar sua operação mais precisa e consistente. Vários equipamentos periféricos foram modernizados com esse mesmo objetivo. Os primeiros resultados são animadores, indicando que os objetivos propostos já estão sendo alcançados.

Palavras-chave: Laminação de Tiras a Quente, Modernização, Automação

¹ Contribuição a ser apresentada no 39º Seminário de Laminação – Processos e Produção de Laminados e Revestidos da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais - ABM, a ser realizado de 22 a 25 de Outubro de 2002 em Ouro Preto (MG).

² Sócio da A.B.M. Engenheiro Metalurgista, Analista de Operação da Gerência de Suporte Técnico da Laminação de Tiras a Quente da Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP.

³ Sócio da A.B.M. Engenheiro Mecânico, Analista de Operação da Gerência de Suporte Técnico da Laminação de Tiras a Quente da Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP.

⁴ Sócio da A.B.M. Engenheiro Metalurgista, Analista de Operação da Gerência de Suporte Técnico da Laminação de Tiras a Quente da Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP;

⁵ Sócio da A.B.M. Engenheiro de Materiais, M.Eng., D.Eng, Analista de Operação da Gerência de Suporte Técnico da Laminação de Tiras a Quente da Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP;

⁶ Sócio da A.B.M. Engenheiro Metalurgista, MBA, Analista de Negócios da Gerência de Desenvolvimento de Negócios da Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, São Paulo SP.

- Introdução

A competitividade entre os produtores de bens e serviços dentro de um mercado globalizado têm exigido dos diversos segmentos industriais a escolha de fornecedores que permitam a otimização de seus processos e a redução de custos.

No caso particular dos laminados planos não-revestidos, como os produzidos pela Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, isto se reflete, principalmente, no fornecimento de produtos com tolerâncias de espessura e de forma cada vez mais restritas, propriedades mecânicas com estreitos intervalos de variação e prazos de entrega confiáveis, que permitam minimizar os custos de estocagem sem riscos à produção.

Com o objetivo de qualificar-se entre os fornecedores de produtos de qualidade superior a COSIPA desenvolveu, a partir de sua privatização, um Plano de Recuperação da Competitividade, com investimentos maciços em equipamentos e processos.

Este trabalho tem por objetivo apresentar os investimentos realizados na Laminação de Tiras a Quente, em particular a automação do seu trem acabador, destacando alguns pontos de sua especificação e etapas de implantação.

- Histórico

Após a privatização da COSIPA, em Agosto de 1993, realizou-se um trabalho de diagnose em suas diversas linhas de produção.

Esta diagnose resultou em um Plano de Atualização Tecnológica – PAT - o qual envolveu investimentos da ordem de US\$ 1,2 bilhões de dólares, de tal forma a recuperar a competitividade da empresa.

No caso particular da Laminação de Tiras a Quente foram identificados problemas relativos à qualidade e produtividade da linha, principalmente associados às tolerâncias dimensionais e de forma dos produtos, variação de propriedades mecânicas, índices de funcionamento e rendimentos de laminação.

Desta forma, foram definidos investimentos em equipamentos considerados essenciais à resolução daqueles problemas, com um aporte de US\$ 65 milhões de dólares, quais sejam:

- ◆ Sistema de cobertura térmica entre a cadeira esboçadora R2 e o trem acabador;
- ◆ Sistema de troca rápida de cilindros de trabalho da cadeira esboçadora R2;
- ◆ Troca rápida de cilindros de trabalho do trem acabador e sistema de *work roll bending*;

- ◆ Medidores de largura e sistema de otimização de corte de pontas na tesoura volante;
- ◆ Automação do trem acabador, incluindo um novo sistema de resfriamento de tiras e um perfilômetro.

A implantação destes equipamentos ocorreu em etapas, iniciadas em maio de 1996, com o sistema de cobertura térmica, e concluídas em Outubro de 2001, na última etapa da automação do trem acabador, cujo detalhamento é o objeto deste trabalho.

- Desenvolvimento

A automação do trem acabador foi especificada de tal forma a garantir uma variação máxima de espessura dos produtos de 50% da normas ASTM-A568 e ASTM-A635, assim como um rígido controle das temperaturas de acabamento e bobinamento, conforme mostrado nas Tabelas I, II e III.

Espessura (mm)	Precisão (μm)	Garantia (%)	Objetivado (%)
2,00 ~4,00	± 50	70	80
4,01 ~7,00	± 50	60	70
7,01 ~12,00	± 50	40	50
2,00 ~4,00	± 100	90	95
4,01 ~7,00	± 100	80	85
7,01 ~12,00	± 100	75	80

Tabela I: Garantia de desempenho para a ponta inicial do material, expressa em termos de porcentagem do comprimento da ponta do material (medidor de espessura por raio X ligado + 0,3 s).

Para tanto, o consórcio constituído pelas empresas Mitsubishi Electrical Corporation (MELCO) e Mitsubishi Heavy Industries (MHI), fornecedores do pacote, especificou um sistema configurado de forma distribuída, adaptável a futuras expansões, incluindo uma torre de refrigeração independente para o sistema de resfriamento laminar.

O conceito do sistema de controle obedece à clássica distribuição em cascata, cujo diagrama pode ser observado na figura 1.

Os modelos matemáticos contidos nos computadores de processo rodam no nível II. As ordens de laminação são enviadas pelo computador central (*mainframe*) – nível III – via fibra óptica, através de mensagens **DMQ – DEC Message Queue**.

Espessura (mm)	Largura (mm)	Desvio no centro da tira (μm) [2σ]	Desvio Médio de Coroa (μm) [2σ]
$\leq 2,00$	600 ~1200	35/45	30/38
2,00 ~2,50		35/45	30/38
2,51 ~4,50		40/50	30/38
4,51 ~6,00		50/60	38/42
6,01 ~ 8,00		75/80	38/42
8,01 ~10,00		90/95	45/49
10,01 ~12,50		100/105	45/49
$\leq 2,00$	1201 ~1500	35/45	30/38
2,00 ~2,50		35/45	30/38
2,51 ~4,50		40/50	30/38
4,51 ~6,00		60/70	38/42
6,01 ~ 8,00		80/80	38/42
8,01 ~10,00		90/95	45/49
10,01 ~12,50		100/105	45/49
$\leq 2,00$	> 1500	35/45	38/45
2,00 ~2,50		35/45	38/45
2,51 ~4,50		40/50	38/45
4,51 ~6,00		60/70	45/45
6,01 ~ 8,00		80/80	45/45
8,01 ~10,00		90/95	53/53
10,01 ~12,50		100/105	53/53

Tabela II: Garantia de espessura no centro da tira para o corpo da bobina.

Temperaturas de Laminação	
Temperatura de Acabamento (°C)	± 15
Temperatura de Bobinamento (°C)	± 15

Tabela III: Garantia das temperaturas de acabamento e bobinamento para 95% do comprimento das tiras laminadas.

Basicamente existem quatro modelos principais, quais sejam:

- ◆ **FSU:** Faz o *set-up* do Trem Acabador, responsável pelos cálculos de abertura entre cilindros, esquemas de velocidades, previsão de temperaturas, e possui um sub-modelo para o controle dinâmico das temperaturas de acabamento – **FTC**;
- ◆ **CTC:** controle automático do sistema de resfriamento de tiras nas mesas de saída do trem acabador, ou seja, da temperatura de bobinamento;

- ◆ **CSU**: controle automático do coroamento dos materiais, atuando no sistema de *Work Roll Bender*;
- ◆ **MPC**: cálculo do ritmo de laminação, sem considerar, contudo, os fornos de reaquecimento de placas, os quais não foram incluídos nesta etapa do projeto.

Diagrama Conceitual do Sistema de Controle

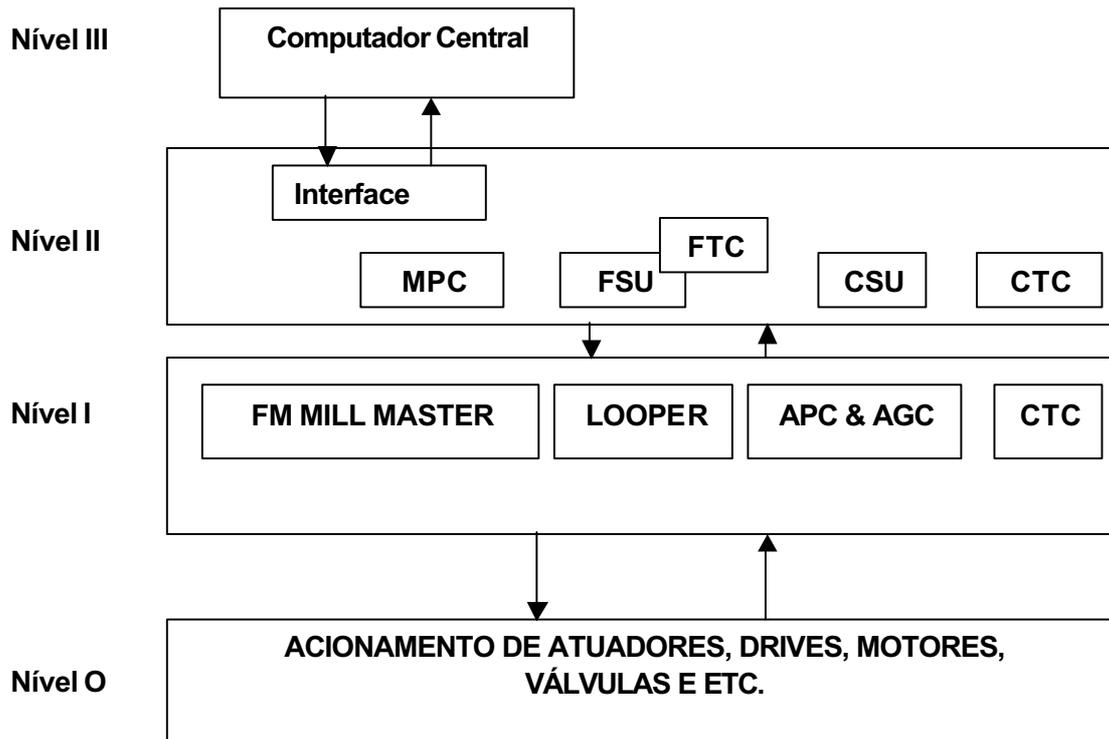


Figura1: Diagrama conceitual do sistema de controle.

Todo o sequenciamento – **TRACKING** - do material, desde o enformamento até a pesagem nas esteiras de saída, é realizado neste nível.

Vários sensores e atuadores foram instalados, em adição aos já existentes, como detetores de metal, pirômetros, *top hat sensor*, etc.

Os modelos foram concebidos com a função de auto-aprendizado, melhorando o seu desempenho a medida que aumenta a quantidade de materiais produzidos.

Os dados de processo são armazenados em tabelas hierárquicas, definidas em função das características dimensionais e de resistência dos produtos. Estes dados são coletados, manipulados e aplicam fatores de correção às diferentes equações matemáticas que definem os parâmetros de laminação, como força de cilindros, tensão entre os vãos das cadeiras, resistência à deformação a quente, etc.

Os resultados de produção são armazenados em um banco de dados ORACLE e são utilizados para análise de processo, controle de qualidade, diagnósticos de manutenção e desenvolvimento de produto. Parte deles é reenviado ao nível III, disponibilizando-os na rede corporativa.

Esta rede de nível II é composta por 3 *workstations* DEC ALPHA SERVER 2100/275 MHz, com protocolo de comunicação TCP/IP, interligadas por fibra óptica padrão Ethernet a 14 Interfaces homem X máquina instaladas em todos os púlpitos operacionais.

A parte de atuação dinâmica no processo é executada em nível I. Há, também, quatro modelos principais:

- ◆ **Mill Master:** Controla as velocidades das cadeiras do trem acabador, *microtracking* da ponta do material, aceleração, balanço de velocidades, para controle da temperatura de acabamento;
- ◆ **Looper:** Controla a tensão entre cadeiras e a altura dos tensores de tal forma a balancear o fluxo de material no trem acabador;
- ◆ **APC & AGC:** Controla o posicionamento das guardas laterais, *work roll bender*, abertura e nivelamento dos parafusos, entre outros. Este projeto permite a utilização de quatro tipos de AGC:
 - ◆ **Roll Force;**
 - ◆ **Feed Forward;**
 - ◆ **Monitor;**
 - ◆ **Absoluto.**
- ◆ **CTC:** Abertura e fechamento dinâmico das válvulas pneumáticas do sistema de resfriamento laminar para controle da temperatura de bobinamento.

Foram instalados dois controladores lógicos programáveis MELPLAC 750, quatro estações de acesso remoto e seis interfaces homem X máquina, interligados por uma rede proprietária MDWS – 600S1. A interface com o operador principal do trem acabador é através de um monitor tipo *touchscreen*, o que oferece praticidade e rapidez às operações.

Para o controle das temperaturas de bobinamento foi instalada uma torre de resfriamento, em sistema fechado, com capacidade de recirculação de 7000 m³/h de água. Esta permite um controle de temperaturas de água de 35°C, no máximo, assim como do total de sólidos em suspensão, pH da água, etc.

O sistema laminar, propriamente dito, é constituído por 9 bancos de resfriamento, tipo U Tube, sendo que o último banco é usado como *vernier* para o ajuste fino de temperaturas.

Para garantir o correto funcionamento dos atuadores, várias fontes de alimentação foram digitalizadas:

- ◆ Motores Principais;
- ◆ Parafusos Ajustadores;
- ◆ Loopers;
- ◆ Guardas Laterais;
- ◆ Tesoura de Pontas;
- ◆ Mesas de Saída do Trem Acabador.

Todo o sistema foi concebido de tal forma a causar o menor impacto possível na cadeia produtiva da COSIPA. Os equipamentos foram montados em paralelo à produção normal da linha, e a partida de cada um deles foi feita em paradas preventivas que variaram de 24 até 72 horas.

A primeira fonte digitalizada, instalada no motor principal da cadeira F6, teve sua partida realizada em Setembro de 2000, servindo como treinamento para nosso pessoal técnico e para avaliar o desempenho do equipamento.

Esta concepção permitiu-nos, ainda, implantar uma “operação em paralelo”, com todos os sistemas recolhendo os dados reais de processo, que serviram para a aferição dos modelos.

Em paralelo, esta disposição permitiu o treinamento dos operadores nos próprios painéis de operação, sendo estes instalados em uma sala contígua ao púlpito operacional, sem a necessidade de deslocamentos, facilitando e agilizando aquele treinamento.

A última parada para implantação do Sistema, de 19 dias, ocorreu em Setembro de 2001. Nesta parada foram instalados os painéis de operação em seu local definitivo e o púlpito operacional recebeu uma grande reforma. Foi instalado, ainda, o sistema de resfriamento de tiras e realizados todos os testes integrados de conjunto, nos níveis I, II e III.

A partida da linha ocorreu em 3 de Outubro de 2001 e os resultados iniciais foram muito positivos, tanto em produção como em qualidade, atingindo todas as metas definidas.

A medida que novos produtos foram introduzidos, com maiores graus de resistência e dimensões mais críticas – materiais finos e largos - aparecem alguns problemas para o ajuste dos modelos, principalmente ligados à distribuição de carga entre as cadeiras, trazendo problemas de planicidade e para a obtenção dos resultados especificados.

Outra consequência da automação do trem acabador foi a necessidade de revisar-se os Padrões de Manutenção. Como exemplo, podemos citar os sistemas de acionamento dos parafusos ajustadores. Com a introdução do sistema AGC a taxa de utilização destes acionamentos cresceu muito, revelando problemas que não apareciam como tal pelo método de processamento anterior.

A eliminação destes problemas e o ajustes dos parâmetros de laminação exigiu um tempo maior do que o inicialmente previsto, adiando a

introdução de outras funções de controle dinâmico e a obtenção dos resultados esperados. No presente temos um resultado muito bom, mesmo considerando que temos margem para desenvolvimentos adicionais.

Em termos de espessura estamos obtendo um resultado entre 70 a 80% melhor quando comparamos os Índices de capacidade do processo anteriores e posteriores à modernização.

Outra comparação entre resultados pode ser exemplificada em termos de temperaturas de bobinamento. Em média eram obtidos resultados de 60% de acerto para a temperatura especificada $\pm 20^{\circ}\text{C}$. Este número passou para 95% de acerto para a temperatura especificada $\pm 15^{\circ}\text{C}$.

- Conclusões

A implantação da automação do trem acabador na Linha de Tiras a Quente da Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA mostrou-se fundamental para manter a competitividade da empresa através da melhoria dimensional e consistência do material produzido por esse equipamento.

O sistema tem proporcionado grande aprendizado à equipe técnica da laminação a quente, uma vez que disponibiliza ferramentas de análise importantes para o controle dos parâmetros de laminação, tanto os de processos como aqueles de manutenção.

O atual foco de desenvolvimento está dirigido ao domínio tecnológico do novo processo e ao aperfeiçoamento dos novos sistemas instalados.

THE REVAMPING OF COSIPA HOT STRIP MILL AND ITS CONSEQUENCES TO PRODUCT QUALITY ¹

Roberto Gomes Colella ⁽²⁾
Pedro Segundo da Silva Vallim ⁽³⁾
Marcos Roberto Soares Silva ⁽⁴⁾
Antonio Augusto Gorni ⁽⁵⁾
Akira Yokoji ⁽⁶⁾

ABSTRACT

This work describes the main modifications done in the COSIPA Hot Strip Mill during the Technological Updating Plan that was developed in that steelworks after its privatization. Those modifications aimed to improve characteristics of the material produced in that line, assuring its competitiveness in a continuously harsh market environment. The main upgrade was the automation of that equipment, in order to make its operation more precise and consistent. Several peripheral equipments of that line were revamped as they have a decisive contribution to that aim. The first results are very stimulating, as they showed that the proposed goals are being reached.

Keywords: Hot Strip Rolling, Revamping, Automation

¹ Contribution to be presented at the 39th Rolling Seminar of the Brazilian Association for Metallurgy and Materials – ABM, October 22 to 25, Ouro Preto (MG).

² A.B.M. Member. Metallurgical Engineer, Process Analyst of Hot Rolling Technical Support Section, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP.

³ A.B.M. Member. Mechanical Engineer, Process Analyst of Hot Rolling Technical Support Section, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP.

⁴ A.B.M. Member. Metallurgical Engineer, Process Analyst of Hot Rolling Technical Support Section da Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP;

⁵ A.B.M. Member. Materials Engineer, M.Eng., D.Eng, Process Analyst of Hot Rolling Technical Support Section, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP;

⁶ A.B.M. Member. Metallurgical Engineer, MBA, Business Analyst, Business Development Section, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, São Paulo SP.