

# MODERNIZAÇÃO DO MEDIDOR DE PERFIL DO LAMINADOR DE TIRAS A QUENTE DA USIMINAS<sup>(1)</sup>

*Gilson Domingos*<sup>(2)</sup>  
*Valter Caio Marçal*<sup>(3)</sup>  
*Fábio Tavares Chamonge*<sup>(4)</sup>

## RESUMO

A medição de perfil da tira na saída de laminadores do tipo acabador baseia-se na aquisição contínua de espessura no sentido transversal, isto é, ao longo da largura. Na Usiminas, utiliza-se simultaneamente essa medição em conjunto com as medidas do medidor fixo de espessura, para determinação dos valores de coroamento e cunha. O controle operacional do laminador utiliza essas informações para realizar ajustes no processo com a finalidade de atingir os requisitos dimensionais das bobinas.

Este trabalho apresenta as melhorias implementadas no medidor de perfil da Laminação de Tiras a Quente da Usiminas e os benefícios alcançados, tais como: maior disponibilidade do medidor, redução no tempo de análise através da agilidade trazida com a visualização das medições nas estações da rede corporativa, maior número de informações estatísticas relativas ao processo, redução de custos relativos a manutenção e consumo de papel, dentre outras.

**Palavras-chave:** medição de perfil, tiras a quente.

---

(1) *Contribuição técnica ao 41º Seminário de Laminação - Processos e Produtos Laminados e Revestidos da ABM, Joinville, SC, 26 a 28 de outubro de 2004.*

(2) *Engenheiro Eletricista, ASQ/CQE, Gerência de Departamento de Projetos, Instrumentação e Automação da Usiminas; Ipatinga, MG.*

(3) *Supervisor de Instrumentação, Gerência de Departamento de Projetos, Instrumentação e Automação da Usiminas; Ipatinga, MG.*

(4) *Membro da ABM, Engenheiro Metalurgista, ASQ/CQE, FGV/MBA, Gerência de Departamento de Laminação a Quente da Usiminas; Ipatinga, MG.*

## 1 INTRODUÇÃO

A medição *on line* da espessura no sentido transversal de tiras laminadas a quente<sup>[1]</sup> é essencial, em laminadores acabadores, para determinar o perfil e possibilitar os cálculos de coroa e cunha do laminado. Estes itens são fundamentais para o controle da espessura ao longo da seção transversal da tira.

Os constantes esforços para o aumento da produtividade e otimização da qualidade da Linha de Tiras a Quente<sup>[2,3]</sup> levou a Usiminas a investir na instalação de um sistema de controle de forma no laminador acabador. Este sistema necessita que os dados de coroa e cunha sejam fornecidos *on line* para garantir a adaptação do seu modelo matemático ao processo. Porém, após investimentos realizados na linha nos últimos anos que culminou com o aumento do ritmo de produção de 200 para 300 mil toneladas/mês, levou o medidor de perfil a apresentar índices menores de disponibilidade em relação à instalação original, o que levou à sua modernização.

O sistema de medição *on line* de perfil está instalado na saída da última cadeira do laminador acabador. Da sua composição original foram mantidos os dois medidores de espessura por raios X, sendo que o computador PDP11 foi substituído por um sistema com arquitetura *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA) composta de dois controladores lógicos programáveis (CLP) e dois microcomputadores. Foi desenvolvido um sistema supervisor específico utilizando o software LabView.

## 2 CONCEITO DE MEDIÇÃO DE PERFIL

Para executar a medição de perfil de uma tira, seria necessário, a princípio, medir a espessura no sentido da largura e apresentar graficamente o resultado, figura 1.

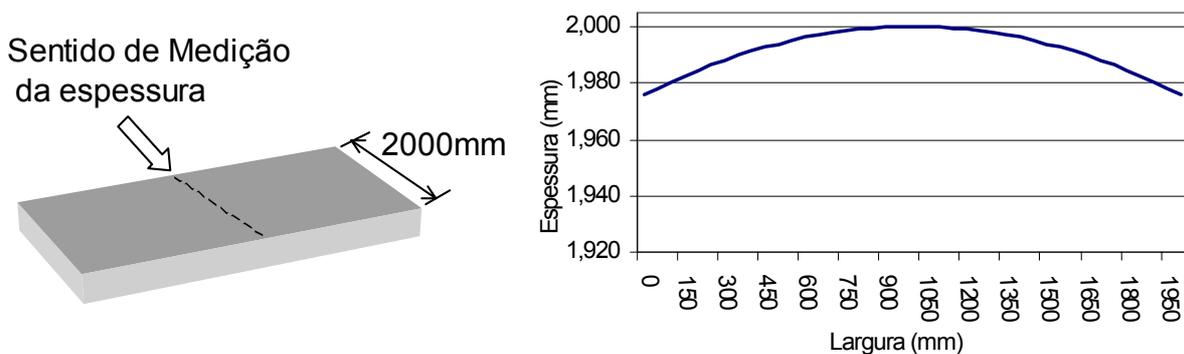


FIGURA 1- Esquema de medição da espessura e gráfico representativo do resultado.

O perfil é calculado pela subtração dos valores medidos em cada ponto da largura em relação centro, equação 1. Apresenta-se o perfil na forma gráfica em função da largura da tira, figura 2.

$$\Delta e = Esp_i - Esp_{centro} \quad (1)$$

Sendo:

$\Delta e$  = diferença de espessura, ( $\mu\text{m}$ );

$Esp_i$  = espessura medida no ponto da largura  $i$ , (mm);

$Esp_{centro}$  = espessura medida no centro da largura, (mm).

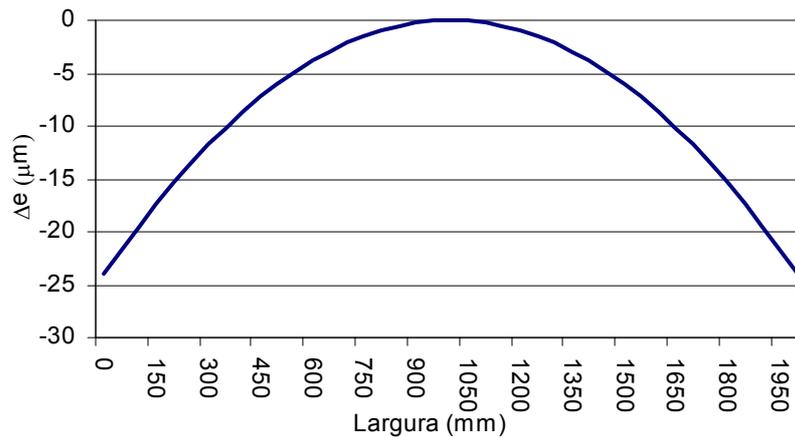


FIGURA 2 - Perfil da tira representando a diferença de espessura do centro em relação as bordas.

### 3 MEDIÇÃO DE PERFIL E CÁLCULO DA COROA E CUNHA *ON LINE*

#### 3.1 Medição de perfil

A medição de perfil *on line*, realizada na saída do laminador acabador de tiras a quente da Usiminas, utiliza os valores de espessura de dois medidores por raios X, um fixo e outro móvel. O medidor fixo é posicionado no centro da linha e suas medições se destinam a duas aplicações: a primeira é no controle de espessura do laminador (*Automatic Gage Control - AGC*) e a segunda é para a medição do perfil transversal da tira. O medidor móvel percorre toda a largura da tira medindo a espessura continuamente durante este movimento. A composição entre os resultados dos dois medidores é feita para compensar a diferença de posição entre eles, considerando a velocidade da tira. Permitindo que as medições das bordas e centro estejam alinhadas.

As quatro variáveis utilizadas pelo sistema são: espessura do medidor fixo, espessura do medidor móvel, velocidade da tira e a posição do medidor móvel em relação a largura da tira, figura 3.

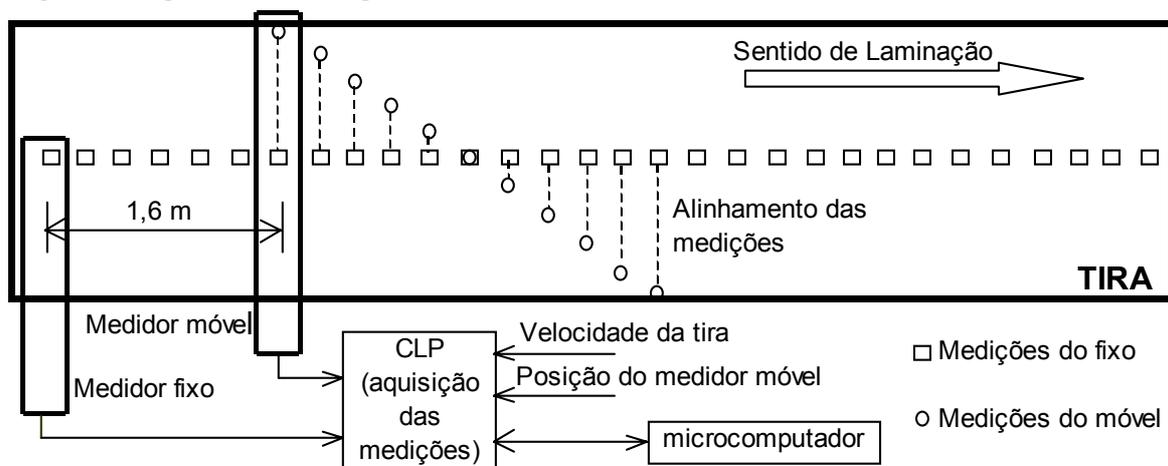


FIGURA 3 – Diagrama do sistema de medição de perfil.

Por exemplo, para uma tira de 1000 mm de largura com uma velocidade média de 10 m/s, figura 4, o medidor móvel completa o percurso total da largura,

após a passagem de 147 metros de tira. O movimento de deslocamento do medidor é realizado com duas velocidades: 30 mm/s nas bordas e 150 mm/s no centro. Para os cálculos de coroa e cunha utiliza-se as medições do medidor móvel executadas nas posições a 25, 40, 75 e 100 mm das bordas.

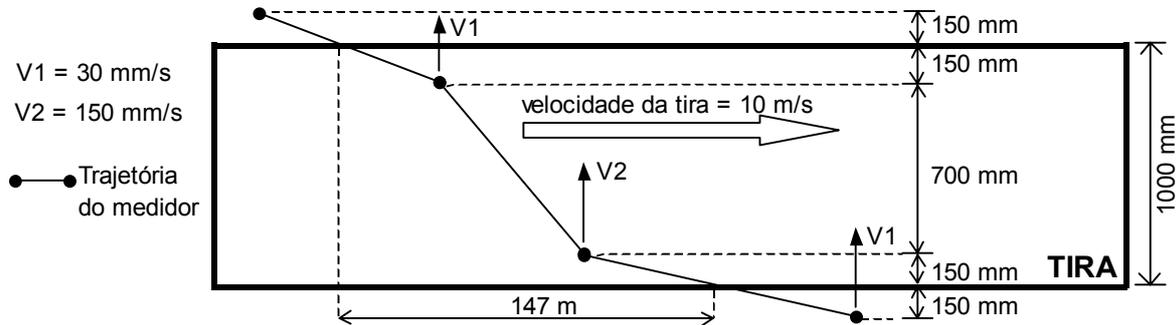


FIGURA 4 - Diagrama de deslocamento do medidor móvel.

### 3.2 Cálculo de coroa e cunha

Coroa é a diferença de espessura entre o centro e a média entre as bordas WS (lado de trabalho) e DS (lado de acionamento) dispostas simetricamente. Associa-se a informação da posição da borda utilizada como referência no cálculo, equação 2. O medidor converte os valores de espessura em desvio em relação à espessura visada.

$$Coroa_i = DVesp_{centro} - \left( \frac{DVespDS_i + DVespWS_i}{2} \right) \quad (2)$$

Sendo:

Coroa<sub>i</sub> = valor da coroa a i mm da borda, (μm);

DVesp<sub>centro</sub> = desvio de espessura medida no centro da largura, (μm);

DVespDS<sub>i</sub> = desvio de espessura medida a i mm da borda DS, (μm);

DVespWS<sub>i</sub> = desvio de espessura medida a i mm da borda WS, (μm).

A cunha é a diferença de espessura entre as bordas. Associa-se a informação da posição da borda utilizada como referência no cálculo, equação 3.

$$Cunha_i = DVespDS_i - DVespWS_i \quad (3)$$

Sendo:

Cunha<sub>i</sub> = valor da cunha a i mm da borda, (μm).

Utilizando apenas parte das medições apresentadas na figura 4, pode-se realizar um detalhamento do método de medição do perfil e dos cálculos de coroa e cunha no ponto a 25 mm da borda da tira, figura 5.

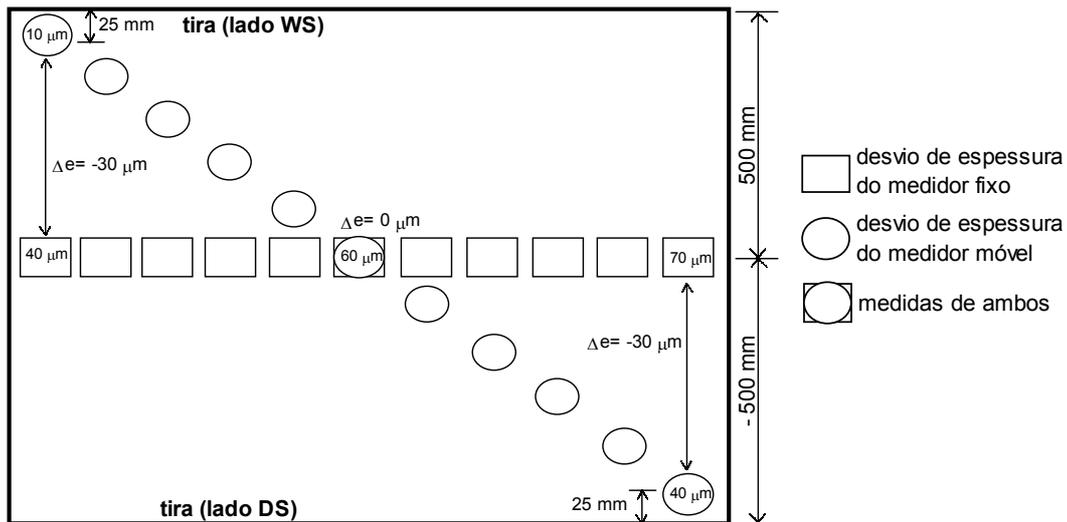


FIGURA 5 - Detalhamento da região de medição de perfil.

Levando em conta somente as medidas realizadas pelo medidor móvel durante sua trajetória, pode-se construir o gráfico do perfil, figura 6.

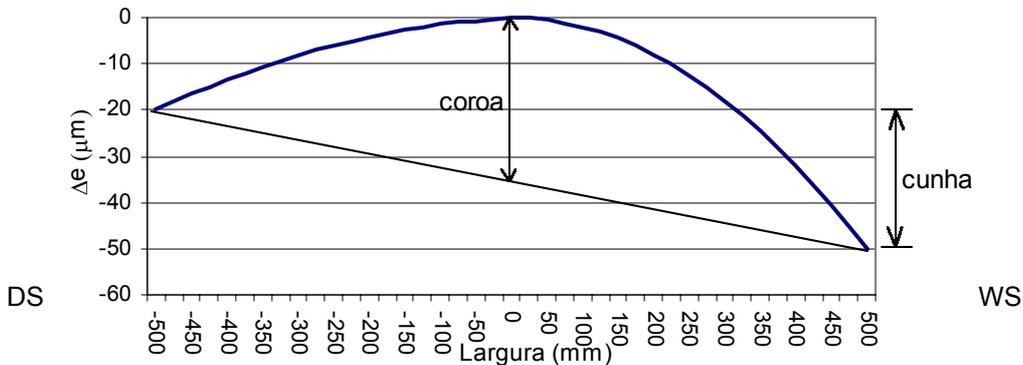


FIGURA 6 - Gráfico de perfil considerando apenas o medidor móvel.

Os valores de coroa e cunha da figura 6 foram obtidos, aplicando-se as equações 2 e 3, sendo encontrados a 25 mm da borda, os valores de 25 μm e 30 μm, respectivamente.

Considerando a interação entre o medidor fixo e móvel, isto é, fazendo-se a diferença entre a espessura obtida pelo medidor móvel e a correspondente do medidor fixo, tem-se o perfil da tira, figura 7.

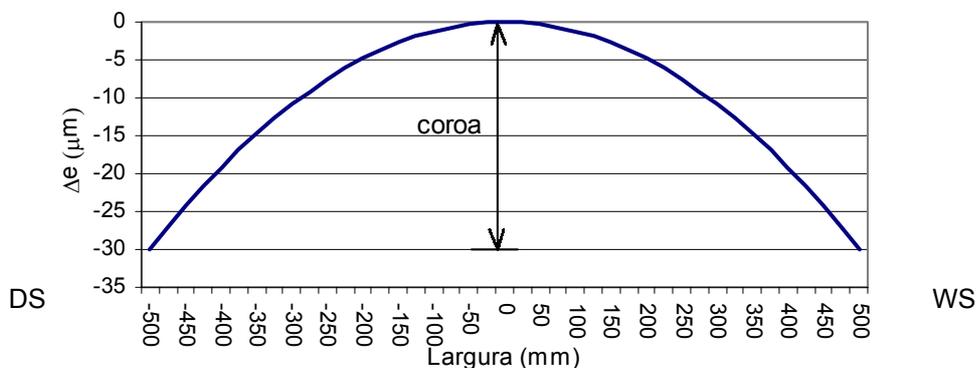


FIGURA 7 - Perfil considerando a interação entre os medidores.

Calculando-se a coroa e cunha, considerando a interação entre os medidores e aplicando as equações 2 e 3, obtemos os valores  $30\mu\text{m}$  e  $0\mu\text{m}$  respectivamente.

A análise comparativa dos gráficos das figuras 6 e 7 e dos cálculos de coroa e cunha obtidos, verifica-se que o procedimento adotado pelo método da interação entre os dois medidores apresenta o perfil real, figura 7. No exemplo dado o sistema de controle de espessura (AGC) atuou variando a espessura ao longo dos 147 metros necessários a medição de perfil, porém adotando-se o metodologia de interação entre os dois medidores, foi possível determinar o perfil real da tira.

#### 4 MODERNIZAÇÃO DO MEDIDOR DE PERFIL

Foram instalados dois CLP's e um microcomputador operando como estação de supervisão e engenharia na sala de instrumentação. Foi instalada outra estação com a função de supervisão no púlpito de operação. Através da rede corporativa o sistema de medição de perfil está interligado aos seguintes pontos, figura 8:

- A - Gerência responsável pela análise da qualidade das tiras e do processo;
- B - Gerência responsável pela manutenção e visualização das informações sobre o funcionamento do sistema;
- C - Sistema de Automação do Laminador de Tiras a Quente;
- D - Sistema de Monitoração da Qualidade da Linha de Tiras a Quente.

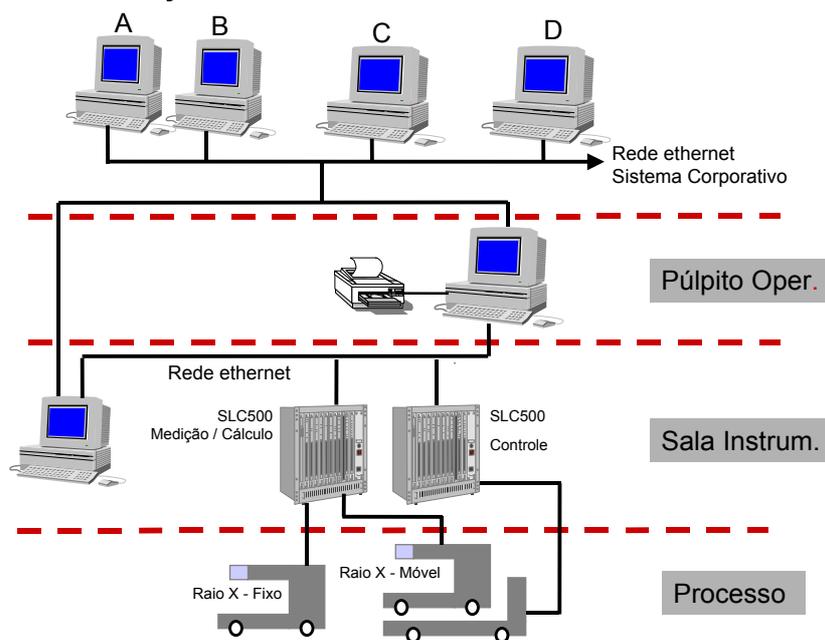


FIGURA 8 – Arquitetura do sistema de medição de perfil.

Inovações implementadas:

- Medição de *high spot* que é uma saliência que ocorre na tira. O medidor apresenta a posição na largura onde foi encontrado o *high spot* bem como sua largura e altura máxima;
- Medição em modo borda na qual o medidor móvel é colocado em uma posição fixa a qualquer distância pré-determinada da borda. Mostrará em uma tela gráfica a evolução da espessura longitudinal no centro, na borda e a diferença entre ambas;

- Aplicativo instalado no escritório da unidade técnica da laminação para análise dos perfis transversais e dos valores de coroa e cunha das bobinas laminadas. Apresenta o resultado de 20 bobinas na mesma tela, em tamanho pequeno para agilizar a inspeção de um volume grande de bobinas;
- Banco de dados com capacidade para 5 anos com recurso de exportar os dados para um formato de planilha eletrônica;
- Tela que mostra ao operador, em tempo real, a espessura longitudinal e transversal da tira que está sendo laminada;
- Gráficos de tendência de largura, espessura, ritmo de produção, coroa e cunha;
- Tela principal utilizada pelo operador que mostra: o perfil da tira que está sendo laminada e da anterior, resultados de até 5 valores de *high spot's*, coroa e cunha a 25, 40, 75 e 100 mm da borda, e na parte inferior da tela o acompanhamento da trajetória do medidor móvel sobre o esboço da tira, figura 9;
- Tela para análise mais detalhada de uma bobina. Apresenta o perfil longitudinal e transversal, os valores de coroa e cunha a 25, 40 75 e 100mm das bordas, e a medição de até 5 valores de *high spot's*, figura 10.

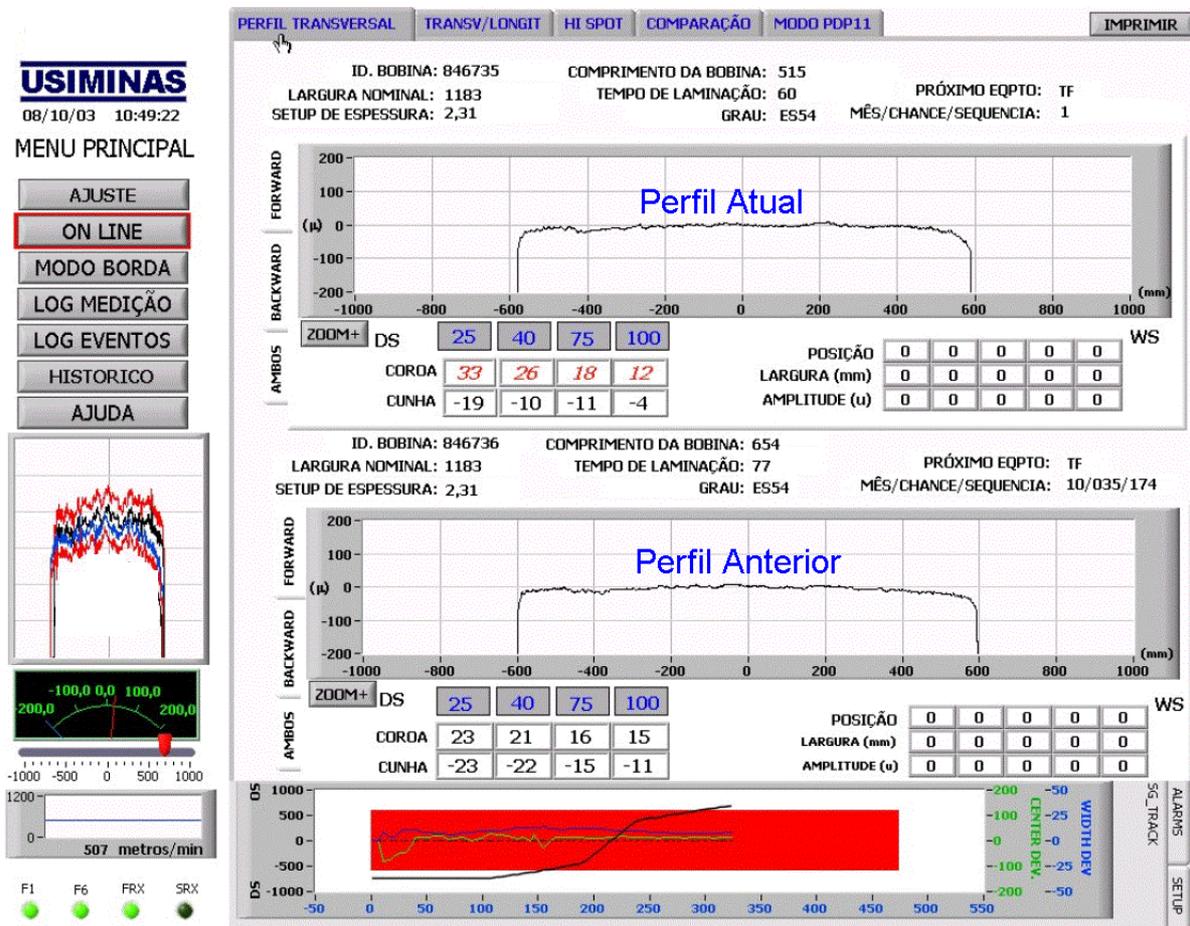


FIGURA 9 - Tela principal utilizada pelo operador para acompanhar as medições.

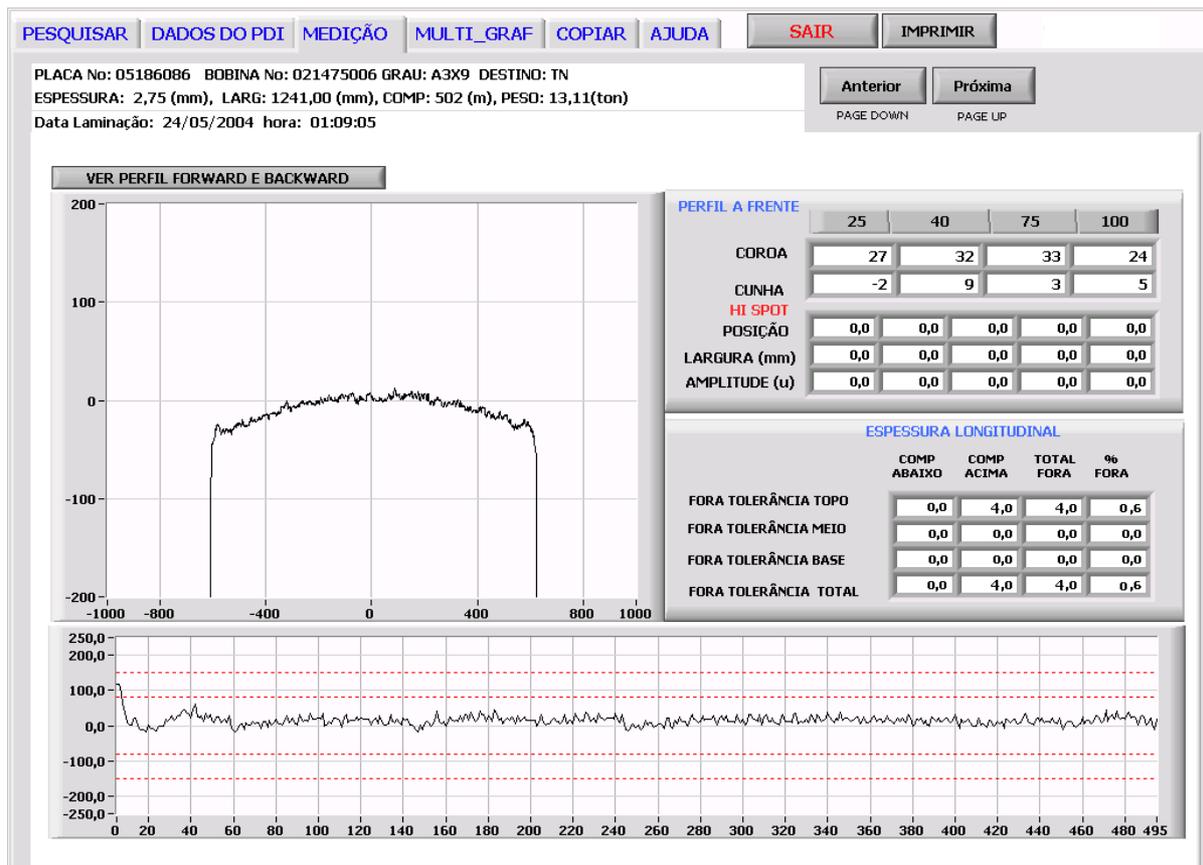


FIGURA 10 - Tela para análise da medição de uma bobina.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modernização do medidor garantiu a disponibilidade da medição *on line* de perfil e cálculo de coroa e cunha, necessários à manutenção da qualidade dimensional das bobinas. Além disso, proporcionou um aumento da confiabilidade ao oferecer para os analistas do processo uma gama de informações, em tempo real ou histórico, que podem ser facilmente consultadas através das estações de trabalho ligadas a rede corporativa.

Os principais benefícios alcançados foram:

- Redução do índice de falha do medidor;
- Aumento da disponibilidade operacional;
- Redução de custos relativos à manutenção;
- Redução de custo relativo ao consumo de papel (a forma de armazenamento do sistema anterior era em papel);
- Redução do tempo gasto na análise dos dados advindo da facilidade e agilidade da consulta aos dados;
- Conectividade e integração com rede corporativa;
- Informações estatísticas relativas à espessura e perfil das bobinas;
- Visualização e pesquisa dos perfis atuais ou históricos na própria estação de trabalho dos analistas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] TOSHIO, T.; KOHEI, K.; TOSHIAKI, S.; TAKASHI, M.; YASUMICHI, I.; TOMIO, T. An On-line Measurement of Hot Strip Profile. Kawasaki Steel Technical Report, n. 5, p. 55-67, Maio 1982.
- [2] FAGUNDES Jr., J.; SILVA, P. C.; RIBEIRO, G. J.; RIBEIRO, J. C. Melhoria de Qualidade e Produtividade na Linha de Tiras a Quente da Usiminas com o uso de um sistema de Conservação de Calor do Esboço. In: SEMINÁRIO DE LAMINAÇÃO - PROCESSOS E PRODUTOS LAMINADOS E REVESTIDOS, 32., 1995, Curitiba. São Paulo: ABM, 1995. p. 125-135.
- [3] FAGUNDES Jr., J.; MAIA, G. A.; MARÇÃO, P. F.; ANDRADE F<sup>o</sup>, G. M. Otimização do controle automático do Laminador Acabador de Tiras a Quente da USIMINAS, Proceedings of LAMINACION'99, Instituto Latinoamericano del Fierro y el Acero, paper 12, 1999.

# PROFILE METER MODERNIZATION IN THE USIMINAS HOT STRIP MILL<sup>(1)</sup>

*Gilson Domingos*<sup>(2)</sup>  
*Valter Caio Marçal*<sup>(3)</sup>  
*Fábio Tavares Chamonge*<sup>(4)</sup>

## ABSTRACT

The profile measurement in the hot strip mills bases on the continuous acquisition of thickness in the traverse direction, that is, along the strip's width. In Usiminas, that measurement is used with the centre-line reference gauge, for determination of crown and wedge values. The rolling mills control uses these data to accomplish adjustments in the process, to reach the crown and wedge requirements.

This work presents the implemented improvements in the profile measurements of Usiminas Hot Strip Mill and benefits reached such as: larger availability of the meter, reduction in the time of analysis through the agility brought with the visualization of the measurements in the stations of the net corporate, larger number of statistical information to the process, reduction of costs the maintenance and paper consumption.

Key-words: profile measurement, hot strip mill.

- 
- (1) *Technical Contribution to the 41<sup>st</sup> Rolling Seminar – Processes, Rolled and Coated Products of ABM, October 26 to 28, 2004 – Joinville – SC – Brazil.*
  - (2) *Electrical Engineer, ASQ/CQE, Project, Instrumentation and Automation Department of Usiminas; Ipatinga, MG, Brazil.*
  - (3) *Instrumentation Supervisor, Project, Instrumentation and Automation Department of Usiminas; Ipatinga, MG, Brazil.*
  - (4) *Member of ABM, Metallurgical Engineer, ASQ/CQE, FGV/MBA, Hot Rolling Department of Usiminas; Ipatinga, MG, Brazil.*