

# MODERNIZAÇÃO DO MEDIDOR DE CAMADA DA LINHA DE GALVANIZAÇÃO ELETROLÍTICA DA USIMINAS<sup>1</sup>

Márcio Rodrigues de Souza<sup>2</sup>  
Carlos Alberto de Resende de Andrade<sup>3</sup>  
Gleyson Marcos Barbosa<sup>4</sup>

## Resumo

A medição do peso da camada de zinco, depositado na tira no processo de galvanização eletrolítica, baseia-se na aquisição contínua da quantidade de zinco depositado no sentido transversal. O controle operacional da linha de galvanização eletrolítica da Usiminas (EGL) utiliza estas informações para realizar ajustes no processo com a finalidade de atingir os requisitos dos clientes referentes ao peso da camada de zinco por unidade de superfície, normalmente em gramas por metro quadrado. Este trabalho apresenta a metodologia empregada na substituição do equipamento de medição e os benefícios alcançados, tais como: maior disponibilidade do medidor de camada, redução no tempo de análise através da agilidade trazida com a visualização das medições nas estações da rede corporativa, maior número de informações relativas ao processo, redução de custos relativos à manutenção.

**Palavras-chave:** Medidor de camada; Galvanização eletrolítica.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 42º Seminário de Laminação - Processos e Produtos Laminados e Revestidos da ABM, Santos, SP, 25 a 28 de outubro de 2005.*

<sup>2</sup> *Supervisor de Instrumentação, ASQ/CQE, Gerência de Departamento de Projetos, Instrumentação e Automação da Usiminas; Ipatinga, MG.*

<sup>3</sup> *Membro da ABM, Engenheiro Eletricista, ASQ/CQE, FGV/MBA, Gerência de Departamento de Projetos, Instrumentação e Automação da Usiminas; Ipatinga, MG.*

<sup>4</sup> *Engenheiro Metalurgista, Gerência de Departamento de Laminação a Frio da Usiminas, Ipatinga, MG.*

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de EGL da Usiminas, inaugurado no ano de 1993, tem como objetivo depositar uma camada de zinco (Zn) metálico na superfície da tira. A presença de Zn sobre o aço aumenta consideravelmente a resistência à corrosão, visto que o potencial de oxidação do Zn é maior que o do Ferro.

As chapas de aço revestidas por zincagem eletrolítica, apresentam ótimas características de estampabilidade, resistência à corrosão e aspecto superficial, obtidos após fosfatização e pintura da carroceria do veículo.

Para controlar a deposição da camada de Zn conforme a especificação do cliente, é utilizado um sistema de medição do peso da camada de revestimento.

A necessidade de melhoria contínua nos processos e na manutenção dos sistemas de medição, levou a Usiminas em 2004 a investir na modernização do sistema de medição de camada. Foram adotados nesta melhoria um sistema em arquitetura SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*), equipado com uma unidade de aquisição de dados e um computador, desenvolvidos especialmente para a aplicação de medição de camada de revestimento.

Este trabalho tem como objetivo apresentar as etapas de substituição do equipamento anterior, bem como os ganhos introduzidos na manutenção após a implantação do novo sistema de medição.

## 2 CONCEITO DE MEDIÇÃO DE CAMADA

A medição de camada tem como característica principal a utilização da radiação ionizante, presente em radioisótopos emissores de radiações *alfa*, *beta* ou *gama*. Alguns elementos radioativos são largamente empregados nos processos siderúrgicos, por permitirem medições através de sensores de alta exatidão, além de apresentarem características de medição sem contato com o material, sendo os elementos mais comuns: o Césio, o Amerício e o Cúrio.

No sistema de medição de camada da galvanização eletrolítica da Usiminas, o elemento radioativo utilizado é o Cúrio 244 ( $Cm^{244}$ ) com atividade inicial de 0,5Curie ou  $1,85 \times 10^{10}$  desintegrações por segundo<sup>1</sup>. Este radioisótopo emite radiação gama sobre a superfície a ser medida, e são refletidos raios-X fluorescentes, provocados pela interação da radiação gama no Zn. A fluorescência é captada por uma câmara de ionização que gera um sinal elétrico proporcional ao peso da camada, sendo este sinal processado em etapas subseqüentes do sistema, resultando no valor do peso da camada em gramas por metro quadrado, conforme ilustrado na Figura 1.

O resultado deste processamento eletrônico, representa em forma gráfica os valores correspondentes do peso da camada de material, depositado nas faces superior e inferior, em função da área de material percorrida.

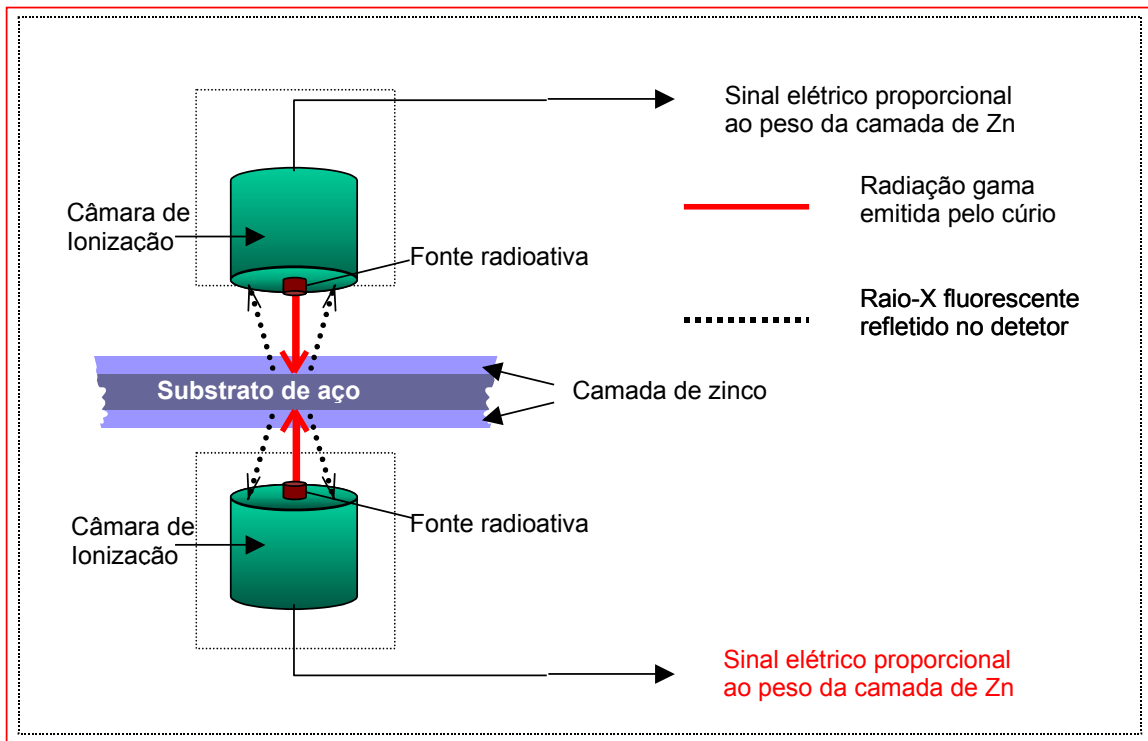


Figura 1. Componentes do sistema de medição.

### 3 SISTEMA DE MEDIÇÃO DE CAMADA ORIGINAL

O sistema de medição de camada tem a função de medir o perfil da deposição do Zn na seção transversal da tira, informando o peso da camada, em gramas por metro quadrado ( $\text{g}/\text{m}^2$ ). O resultado das medições é apresentado instantaneamente ao operador, de forma gráfica em um monitor de vídeo contendo as seguintes informações:

- gráfico do perfil de deposição do Zn em ambas as faces do material (superior/inferior);
- média do peso da camada ao longo da seção transversal em cada varredura;
- limites de tolerância;
- gráfico de tendência ao longo do comprimento da tira.

A concepção original do sistema contemplava a utilização de várias placas de circuito impresso com microprocessadores modelo Z80, em plataformas dedicadas, executando funções específicas em cada etapa do processamento da medição. A interconexão entre as etapas do sistema era feita através do padrão de comunicação serial, as quais envolviam *hardware* complexo com excesso de cartões de circuitos impressos dedicados e *modems* para a integração dos subsistemas. Na Figura 2 é apresentado o diagrama de blocos do sistema original<sup>2</sup>.

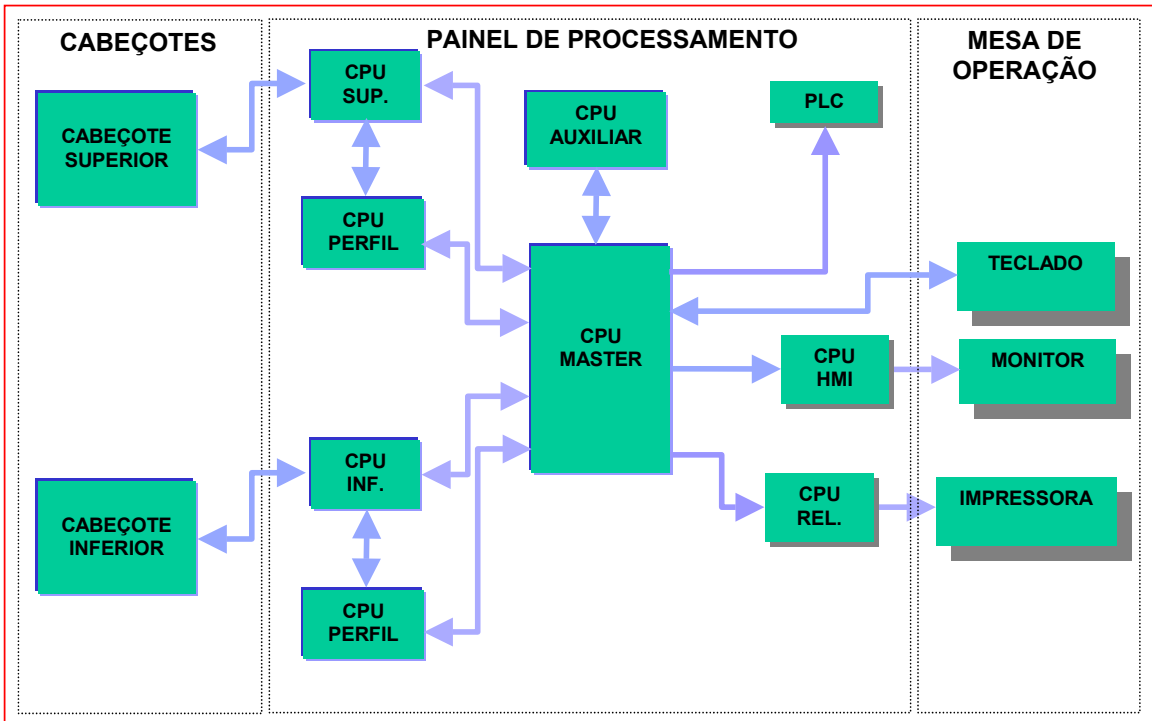


Figura 2. Diagrama de blocos do sistema original.

Na Figura 3 é apresentada uma das telas do sistema contendo o exemplo do gráfico do perfil da camada depositada nas faces superior e inferior, sendo que a linha pontilhada representa as tolerâncias exigidas pelo cliente.

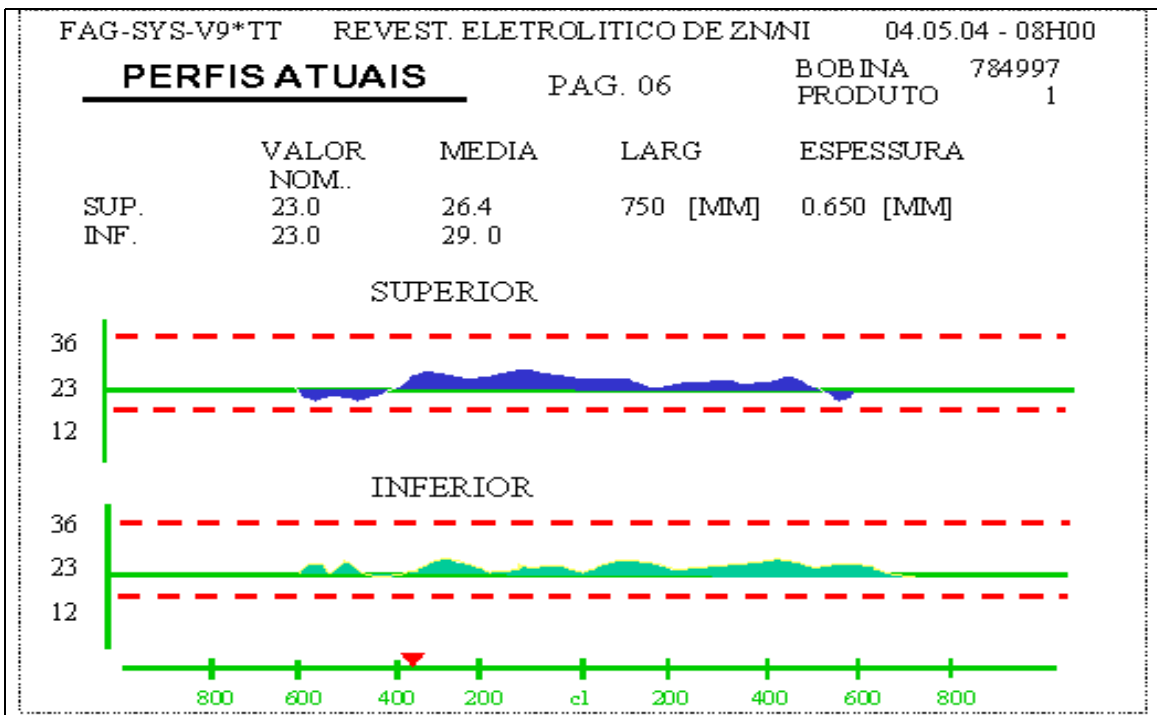


Figura 3. Gráfico operacional do perfil da camada no aço.

## 4 DESENVOLVIMENTO DO NOVO SISTEMA

Em meados de 2002, a equipe de instrumentação das laminações iniciou estudo para a modernização do sistema de medição de camada. Após análise das propostas e pelos conhecimentos da equipe em relação ao processo, foi considerado mais viável o desenvolvimento do sistema com especialistas da própria Usiminas em parceria com empresa nacional.

Foi montada uma estrutura de teste utilizando um computador e uma placa de aquisição de sinais, padrão de mercado, com a função de capturar o sinal do cabeçote de medição e o sinal já processado do peso da camada de zinco no aço fornecido pelo sistema original. Estes dados foram utilizados para executar um cálculo de regressão linear a fim de encontrar a equação da curva de correlação entre o sinal do cabeçote e o peso da camada. Baseado nestes resultados e nos dados levantados foi desenvolvido um algoritmo de análise de regressão, o qual permitiu desenvolver *software* para processar diretamente o sinal do cabeçote. Após repetidos testes de aceitação o sistema foi considerado capaz de substituir o sistema então implantado.

### 4.1 Aspectos do Desenvolvimento

Este sistema foi desenvolvido sem necessidade de paradas operacionais adicionais na linha de produção. O objetivo principal era manter o sistema de medição original em funcionamento e implementar a nova aplicação de forma paralela, convergindo para um sistema híbrido de medição até a consolidação do novo equipamento.

Na segunda etapa, um dispositivo de comutação para acionamento dos cabeçotes de medição foi adaptado, para possibilitar a escolha do equipamento mestre e também facilitar o retorno ao sistema original, caso algum item do desenvolvimento não atendesse às necessidades operacionais da linha de produção.

Manutenibilidade do sistema:

- foco no menor tempo de reparo do sistema, ou seja, em caso de falha no computador, a etapa de aquisição de dados mantém a medição de camada, até o retorno completo do sistema, garantindo informações básicas para a continuidade do processo operacional;
- foco na auto-diagnose do sistema através de uma função de monitoramento contínuo, e um oscilógrafo virtual que monitora todas as variáveis do sistema, facilitando a manutenção em caso de falhas;
- utilização de placa de aquisição com elevado Tempo Médio Entre Falhas (*Mean Time Between Fail, MTBF*) e a manutenção de uma placa de aquisição sobressalente contendo *software* instalado para troca rápida em caso de falhas;
- sistema supervisor em disco rígido redundante para facilitar a manutenção em caso de falha neste *hardware*.

Arquitetura no novo sistema:

- o novo sistema possui uma arquitetura compacta, robusta e com alta confiabilidade. Todos os sinais de entradas/saídas digitais e analógicas são isoladas eletricamente dos dispositivos externos. Falhas em sensores, fontes e curtos circuitos não danificam a unidade de aquisição;

- os componentes instalados no campo, como os cabeçotes e dispositivos de acionamento, foram preservados. A Figura 4 mostra a arquitetura do sistema após a modernização;
- o *software* supervisor foi desenvolvido em programação orientada a objeto, de fácil entendimento com flexibilidade para alterações futuras.

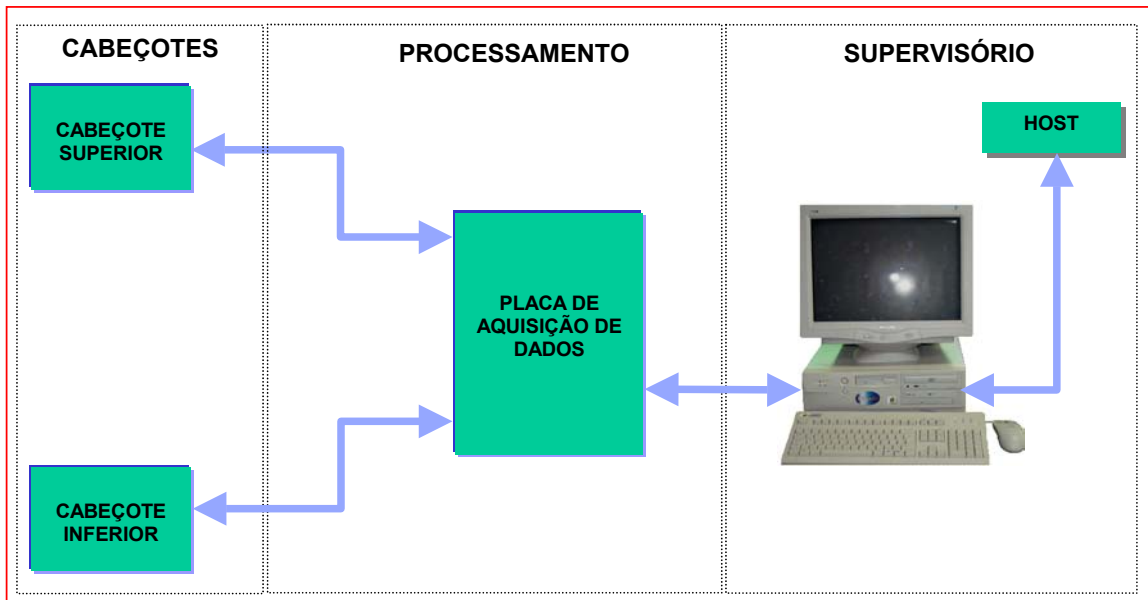


Figura 4. Diagrama de blocos do novo sistema.

#### Calibração do sistema:

- flexibilidade na definição da curva de medição com a utilização de maior número de amostras para o cálculo, enriquecendo assim a avaliação do material;
- calibração automática do sistema através de 3 amostras padrões, com peso de camada dividido dentro do range de medição e instaladas na posição *off-line* do cabeçote de medição, sendo que no sistema original a calibração automática era feita em apenas um ponto;
- garantia de medição dentro das especificações do sistema original;
- prolongamento da vida útil das fontes radioativas pela flexibilidade de adequação da curva de calibração em função do decaimento da atividade da fonte. O sistema original não possibilitava adequação na curva por ser modelo proprietário;
- maior volume de dados de medição com maior resolução.

#### Conectividade:

- Conexão do sistema com a rede corporativa da empresa, possibilitando armazenamento das informações em banco de dados corporativo, eliminando a manutenção dos formulários contínuos e facilitando análise dos produtos processados na linha de produção.

## 4.2 Características Especiais

A inovação tecnológica implementada no novo sistema possibilitou melhorias em todas etapas do processo de medição de camada, dentre as quais, destacam-se a melhoria no tratamento do sinal de medição e dados de produção para classificação de produtos e a redução do *hardware* empregado.

Curva de calibração:

- curvas de calibração podem ser confeccionadas, melhorando a resolução, através do aumento da quantidade de amostras;
- o equipamento está adaptado para trabalhar com cabeçotes de medição que utilizam outras fontes radioativas, podendo ser utilizado até fontes geradoras de raios-X;
- um algoritmo de suporte para definição da curva de medição do sistema, relacionando a tensão emitida pelo cabeçote de medição e o peso da camada, possibilitou definir uma curva que proporcionasse maior confiabilidade entre os valores de camada das amostras obtidas em laboratório e o valor medido no sistema.

Programa de análise remota de produtos:

- em qualquer estação de trabalho conectada à rede corporativa da empresa, é possível, por meio do programa de análise remota de produtos, acessar todas as bobinas processadas na linha, analisar os gráficos de perfil da camada na seção transversal, analisar os gráficos de tendência da camada ao longo do comprimento do produto e acessar as informações do processo, conforme mostrado nas Figuras 5 e 6.

**USIMINAS** LINHA DE GALVANIZAÇÃO ELETROLÍTICA

04/05/2005 10:49:22

SELECIONE O DIA: 03/05/2005

TURNO: 07 - 19

BUSCAR

BOBINA PLANO

TOTAL: 24

FECHAR

DATA	HORA	BOBINA	PRODUTO	ESP.	LARG.	COMP.	PESO	ST SUP.	SP INF.	ZN SUP (kg)	ZN INF (kg)
03/05/2005	06:35	0036317	2	1,10	921,00	2544,00	19717,00	65,00	65,00	157,00	151,00
03/05/2005	07:13	0077613	2	1,50	838,00	1817,00	17473,00	54,00	54,00	83,00	84,00
03/05/2005	07:36	0077625	2	1,50	838,00	1027,00	9874,00	54,00	54,00	47,00	47,00
03/05/2005	07:49	0068769	2	1,50	941,00	1946,00	21017,00	51,00	51,00	96,00	94,00
03/05/2005	08:14	0052065	1	1,40	1108,00	1088,00	12915,00	59,00	59,00	74,00	69,00
03/05/2005	08:29	0052077	1	1,40	1109,00	1100,00	13066,00	59,00	59,00	75,00	70,00
03/05/2005	08:46	0055018	2	1,20	1306,00	2560,00	30688,00	59,00	59,00	202,00	185,00
03/05/2005	09:21	0075830	2	1,00	1559,00	1496,00	17836,00	45,00	45,00	110,00	111,00
03/05/2005	09:47	0099991	1	0,62	1205,00	873,00	5030,00	5,00	5,00	1,00	7,00
03/05/2005	12:36	0059693	1	0,65	1269,00	2289,00	14442,00	24,00	24,00	71,00	84,00
03/05/2005	13:52	0075785	2	0,75	1478,00	1944,00	16483,00	56,00	56,00	146,00	156,00
03/05/2005	16:20	0057767	2	0,75	1318,00	3956,00	29913,00	0,00	56,00	0,00	298,00
03/05/2005	17:08	0076468	1	0,80	1279,00	1780,00	13932,00	0,00	55,00	0,00	125,00
03/05/2005	17:30	0068966	3	1,20	1208,00	2109,00	23392,00	24,00	24,00	65,00	68,00
03/05/2005	17:56	0068954	3	1,20	1208,00	1830,00	20299,00	24,00	24,00	56,00	58,00
03/05/2005	18:16	0077489	2	1,50	1208,00	1200,00	16640,00	24,00	24,00	37,00	38,00

Pág 6 Seção 1 6/7 Em Lin Col GRA ALT EST SE

Figura 5. Lista das bobinas processadas na data selecionada.

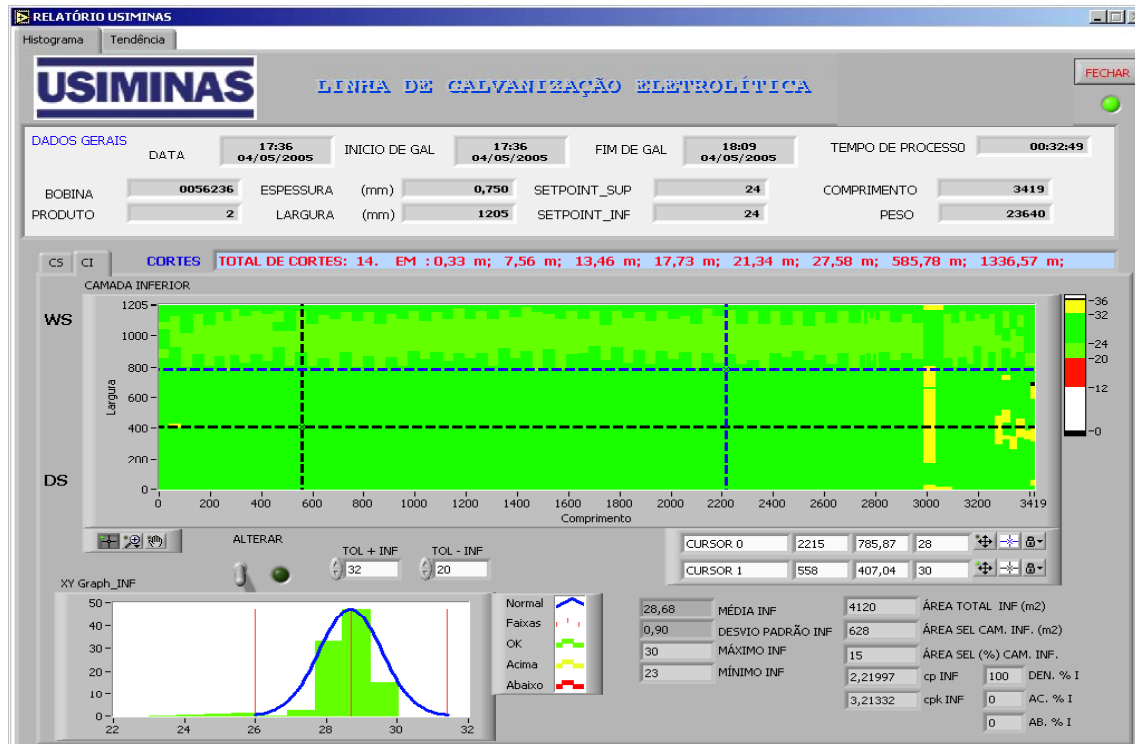


Figura 6. Detalhes do revestimento ao longo da seção transversal.



## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A modernização do sistema de medição de camada da linha de galvanização eletrolítica da Usiminas (EGL) garantiu a continuidade operacional do equipamento e uma expectativa de aumento na vida útil das fontes radioativas. Possibilitou melhoria na pesquisa de produtos processados através das estações de trabalho conectadas à rede corporativa. Melhorou a disponibilidade do sistema com a redução do índice de falhas, obtendo através desta modernização uma maior racionalização na manutenção dos equipamentos devido à simplificação e padronização nos componentes de *hardware* do sistema.

## **REFERÊNCIAS**

- 1 ANDREUCCI Ricardo, Curso Básico de Proteção Radiológica. 3. ed. São Paulo: 2001: Abende. 90 p.
- 2 FAG RADIOMETRIE – ERLANGEN (RFA) – Thickness and basis weight measuring gauge FH46M-BE, Zinc/Nickel coating measurement system operation – 1992.

# THE COATING GAUGE MODERNIZATION IN THE USIMINAS ELECTROLYTIC GALVANIZING LINE<sup>1</sup>

Márcio Rodrigues de Souza<sup>2</sup>  
Carlos Alberto de Resende de Andrade<sup>3</sup>  
Gleyson Marcos Barbosa<sup>4</sup>

## Abstract

The measurement of coating weight of zinc deposited on the steel in the galvanizing line is based on the continuous acquisition of the amount of zinc deposited in the traverse direction. The operational control of the Usiminas galvanizing line (EGL) uses those information to accomplish fittings in the process with the purpose of reaching the requirements of the customers to the weight of the coating of zinc on the surface, usually in grams for square meter. This work presents the methodology used in the substitution of the measurement equipment and the reached benefits, such as: larger readiness of the measuring system, reduction the time of analysis through the agility brought with the visualization of the measurements in the stations of the net corporate, larger number of relative information to the process, reduction of relative costs to the maintenance.

**Key words:** Coating gauge; Electrolytic galvanizing line.

<sup>1</sup> *Technical Contribution to the 42nd Rolling Seminar – Processes, Rolled and Coated Products of Brazillian Society for Metallurgy and Materials (ABM), October 25 to 28, 2004 – Santos – SP - Brazil.*

<sup>2</sup> *Instrumentation Supervisor, ASQ/CQE, Project, Instrumentation and Automation Department of Usiminas; Ipatinga, MG, Brazil.*

<sup>3</sup> *Member of ABM, Electrical Enginner, ASQ/CQE, FGV/MBA, Hot Rolling Department of Usiminas; Ipatinga, MG, Brazil.*

<sup>4</sup> *Metallurgical Engineer, Cold Rolling Department of Usiminas; Ipatinga, MG, Brazil.*