

IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE MEDIÇÃO DE TELESCOPICIDADE DE BOBINAS A QUENTE POR DISPOSITIVO ÓPTICO NA ARCELORMITTAL TUBARÃO¹

Gabriel Jobim Klein²
Leandro Lucas Mendes³
Luís Roberto Zorzanelli⁴

Resumo

Os estudos para o aumento de produção do Laminador de Tiras a Quente (LTQ) da ArcelorMittal Tubarão indicaram a necessidade de maior capacidade de área de estocagem de bobinas no pátio de resfriamento. As opções verificadas para viabilizar o investimento apontaram para projetos periféricos como o Medidor de Telescopicidade de bobinas na entrada do pátio. Este sistema foi desenvolvido em parceria com o fornecedor para atendimento as necessidades específicas do processo de produção e vendas da empresa. Com o uso de emissores de linha de laser e câmeras de alta resolução são capturadas imagens que com a utilização de algoritmos avançados é possível obter o perfil lateral da bobina identificando e categorizando desvios automaticamente e sem interferência na produção. Este sistema que está totalmente integrado aos sistemas produtivos existentes, do ponto de vista de produção permitirá otimizar a estocagem com empilhamento de bobinas em duas camadas em toda a área do pátio e possibilidade de aumento do ritmo de saída do bobinas do LTQ; do ponto de vista do processo espera-se obter o julgamento da qualidade de bobinamento do produto permitindo ajustes no sistema de controle de bobinamento e visando atendimento a especificação do cliente.

Palavras-chave: Telescopicidade; Nível 1; Nível 2; Câmeras; Emissores laser.

PROJECT OF HOT COIL TELESCOPE GAUGING SYSTEM VIA OPTICAL EQUIPMENT AT ARCELORMITTAL TUBARÃO¹

Abstract

The studies involved in increasing Hot Strip Mill production on ArcelorMittal Tubarão indicated the necessity to also increase the capacity of the coil storage and cooling yard. The options verified to justify feasibility pointed towards peripheral projects such as the hot coil Telescope Gauge system at the coil yard entry. AMT has partnered with the supplier to fulfill all specific requirements in the coil making and sales processes. Through high-resolution cameras and laser line generators images are obtained that utilizing advanced algorithms, it is possible to come up with the coil lateral profile identifying and categorizing deviations, automatically and without interfering in the coil production. This system is fully integrated into existing systems. From a production standpoint, the Telescope Gauge will optimize the coil storage allowing the product to be stored in 2 levels on all areas of the yard, thus increasing Hot Strip Mill's coil output. From a process standpoint, it is expected that the system will judge the coiling process quality allowing engineers to adjust the control system for meeting clients' specifications.

Key words: Telescopicity; Level 1; Level 2; Camera; Laser emission.

¹ Contribuição técnica ao 14º Seminário de Automação de Processos, 6 a 8 de outubro de 2010, Belo Horizonte, MG.

² Engenheiro Especialista de Engenharia Elétrica – ArcelorMittal Tubarão.

³ Engenheiro Especialista de Metalurgia – ArcelorMittal Tubarão.

⁴ Engenheiro Especialista de Automação – ArcelorMittal Tubarão.

1 INTRODUÇÃO

O projeto de expansão do LTQ da ArcelorMittal Tubarão para 4 Mt/ano causou um aumento do fluxo de bobinas para o pátio de resfriamento demandando melhor utilização da área de estocagem existente.

Também, todas as bobinas de despacho direto para o cliente devem ser inspecionadas sendo a telescopicidade umas dos itens verificados. Numa situação anterior para atendimento aos requisitos de qualidade do cliente, o inspetor deve manualmente medir os desvios de cada bobina; porém para isso é necessário que o material esteja frio e estocado em primeira camada reduzindo a capacidade estocagem do pátio. Além disso, medições manuais são passíveis de erro e têm alto desvio padrão.

Devido a necessidade de inspeção antes do despacho, no pátio de resfriamento estavam reservados quatro alas com 110 berços cada (440 berços) com configuração de somente uma camada de bobinas. Estudos preliminares ao projeto de expansão indicaram que a possibilidade de empilhamento de bobinas em duas camadas nestas alas (mais 440 posições de estocagem) aliados a outros projetos garantiriam o escoamento da produção adicional esperada sem a necessidade de investimento em novos galpões.

Identificou-se então que um dispositivo que medisse a telescopicidade da bobina de forma automática poderia eliminar a inspeção no pátio, além de permitir potencial ganhos operacionais.

2 CONCEITO DE MEDIÇÃO DE DISTÂNCIA COM USO DE LASER

A tecnologia utilizada neste projeto foi a medição de distância por intermédio de feixe laser, também conhecido por "método da triangulação a Laser". O método baseia-se na projeção de uma linha laser sobre uma amostra, captando o seu reflexo com uma câmara, segundo uma direção particular.

O desvio da imagem obtida em relação a uma linha de referência permite, por considerações geométricas, obter o perfil tridimensional do objeto com uma precisão que depende unicamente da configuração física do emissor da linha laser e da câmara. Através da varredura (*scanning*) da linha sobre a superfície é então possível fazer o registro do relevo da superfície em estudo (Figura 1).⁽¹⁾

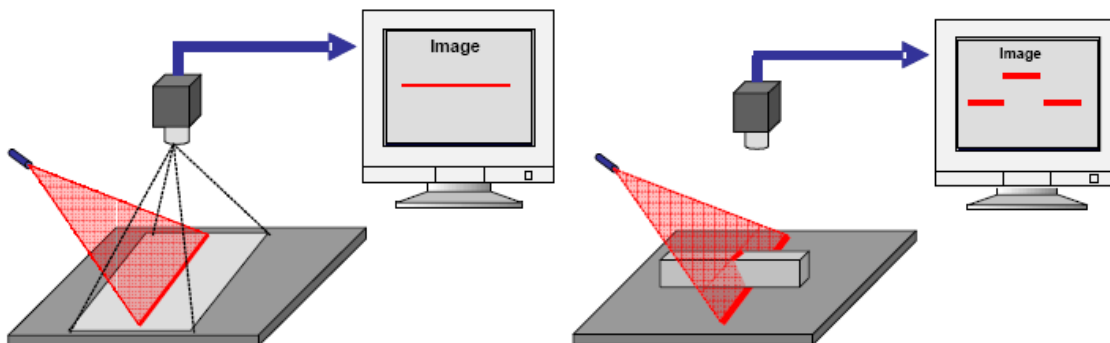


Figura 1. Princípio de método de triangulação a laser.

Esta técnica é chamada de triangulação, porque o ponto ou linha onde incide o laser, a câmara e o emissor de laser formam um triângulo. Como a posição da câmara e do emissor de laser é conhecida é possível através de cálculos trigonométricos determinar a distância do objeto que está sendo iluminado. Para o caso de determinação de perfil lateral da bobina algoritmos foram desenvolvidos para processamento da imagem recebida pelas câmaras e posterior cálculo dos desvios desejados.

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

3.1 Estudo Preliminar

Uma vez definido a necessidade iniciaram-se os estudos para identificação de solução e tecnologia disponível no mercado. Foi realizado um trabalho interno para categorização dos defeitos que deveriam ser tratados. Definiram-se então os seguintes requisitos de medição:

- medição automática dos seguintes defeitos:
 - Telescopicidade Interna (TE-A);
 - Telescopicidade Externa (TE-B);
 - Bobinamento irregular (BI);
 - Bobinamento frouxo (BF); e
 - Zig-Zag (TZ).
- possibilidade de medição com bobinas em movimento;
- integração aos sistemas de Nível 1 (PLC Toshiba), Nível 2 (CCYM) e Nível 3 (HSMPCS) existentes;
- julgamento das bobinas no sistema de Nível 3;
- possibilidade de inspeção remota dos resultados;
- a empresa já ter equipamento em funcionamento industrial.

Dentre as empresas pesquisadas identificou-se uma que atendia parcialmente aos requisitos desejados, ou seja, tinha tecnologia, mas a solução proposta não atendia totalmente aos requisitos. Neste caso houve a necessidade de desenvolvimento da solução em conjunto com o fornecedor.

3.2 Situação Atual

Após serem laminadas e bobinadas as bobinas são colocadas em carros de transporte (dez unidades) que movem até o pátio de estocagem e resfriamento onde são alocadas segundo regras específicas. Caso as bobinas tenham outros processos poderão ser inspecionadas nas linhas posteriores então serão alocadas em alas com até duas camadas de empilhamento (sete alas). Caso as bobinas tenham despacho direto, então serão alocadas em alas com uma camada de empilhamento (quatro alas) onde deverão ser inspecionadas neste pátio após resfriamento. A Figura 2 mostra o *layout* deste pátio.

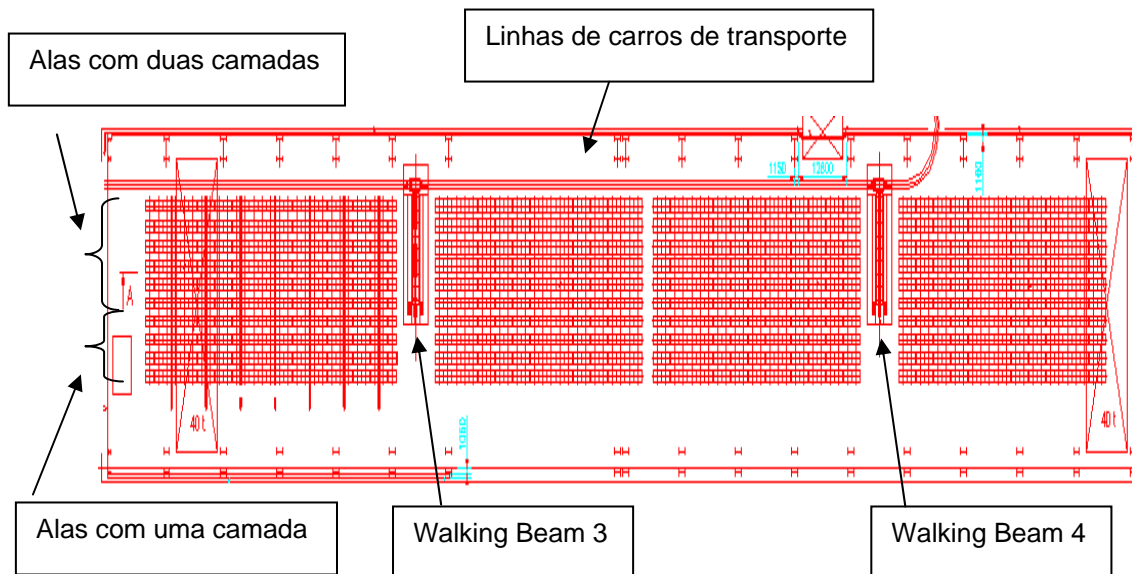


Figura 2. Layout do pátio de estocagem e resfriamento.

No trajeto para o pátio existe um equipamento para a correção de telescopicidade (Corretor de TE) que pára o carro de transporte por indicação do inspetor das bobinadeiras (Figura 3). Independente se a bobina foi selecionada para correção o sistema de controle dos carros de transporte reduz a velocidade antes do corretor e voltar a acelerar após o mesmo.⁽²⁾

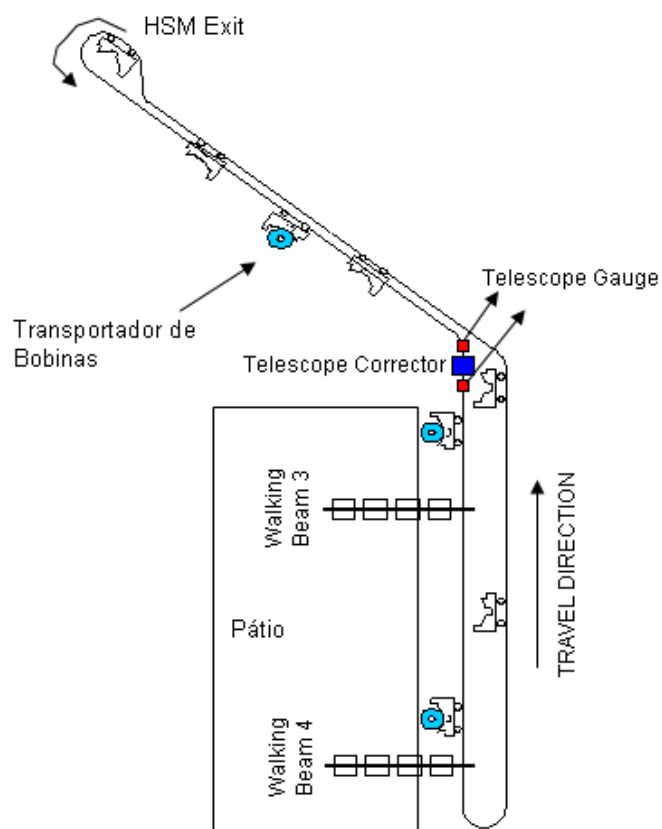


Figura 3. Trajeto da bobina até o pátio.

3.3 Situação Final

Por fim, superado as dificuldades iniciais, os estudos indicaram que a melhor posição de instalação dos equipamentos de medição (câmeras e lasers) deveria ser próximo ao Corretor de TE, pois permitiria a medição com a bobina em baixa velocidade proporcionando melhor precisão nos resultados.

O sistema final de consiste em oito emissores laser e quatro câmeras de alta resolução que capturam imagens das paredes laterais da bobina, antes e após a ação do equipamento de Correção de TE.⁽³⁾

Dois conjuntos lasers/câmera são instalados antes do Corretor de TE e dois conjuntos são instalados após, conforme mostra a Figura 4 abaixo.

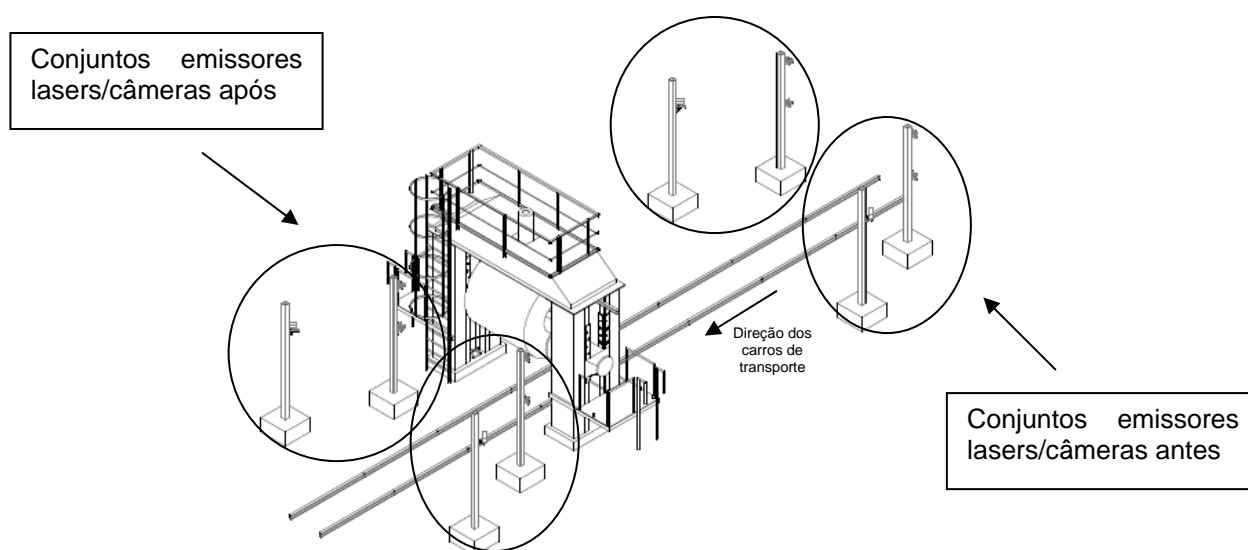


Figura 4. Indicação da posição de instalação de lasers e câmeras.

Para cada lado da bobina são montados duas emissores laser que desenharam uma linha vertical em cada parede da bobina (superior e inferior) como mostrado na Figura 5, permitindo que uma câmera capture a imagem. No *Vision Processor*, utilizando algoritmos avançados de processamento de imagem e tratamento de dados, é calculado os desvios dessa linha, identificando os defeitos da telescopicidade. Os dados e imagens são enviados ao servidor TGHMI para armazenamento e posterior visualização pelos inspetores da área e os dados também são enviados ao servidor de Nível 2 de gerenciamento de pátios de resfriamento de bobinas (CCYM) para tratamento, armazenamento e envio ao sistema de gerenciamento da produção (HSMPCS) para julgamento da bobina. A Figura 6 mostra o diagrama esquemático do sistema.

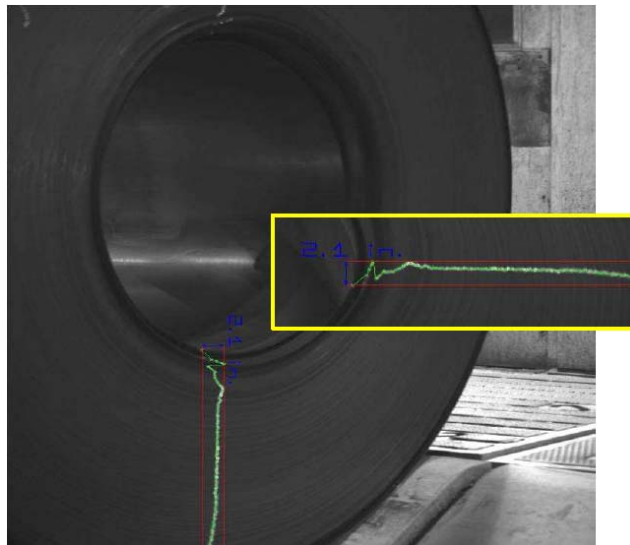


Figura 5. Emissores laser projetados na bobina.

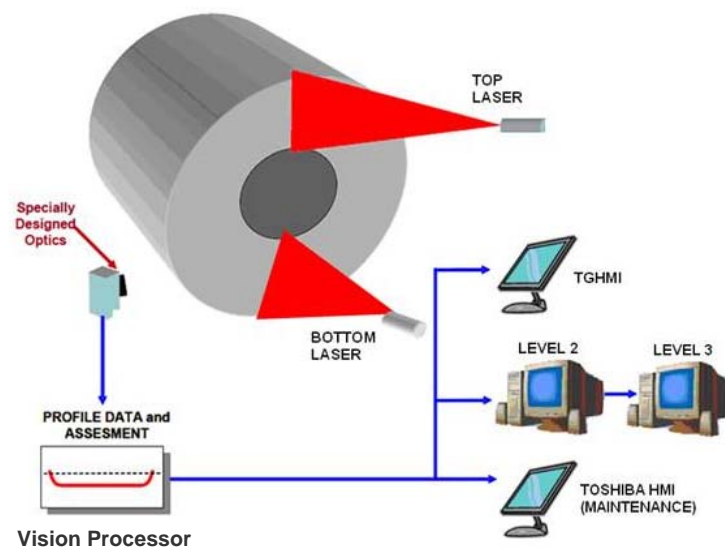


Figura 6. Indicação da posição de instalação de lasers e câmeras.

O processo de medição ocorre na seguinte seqüência:

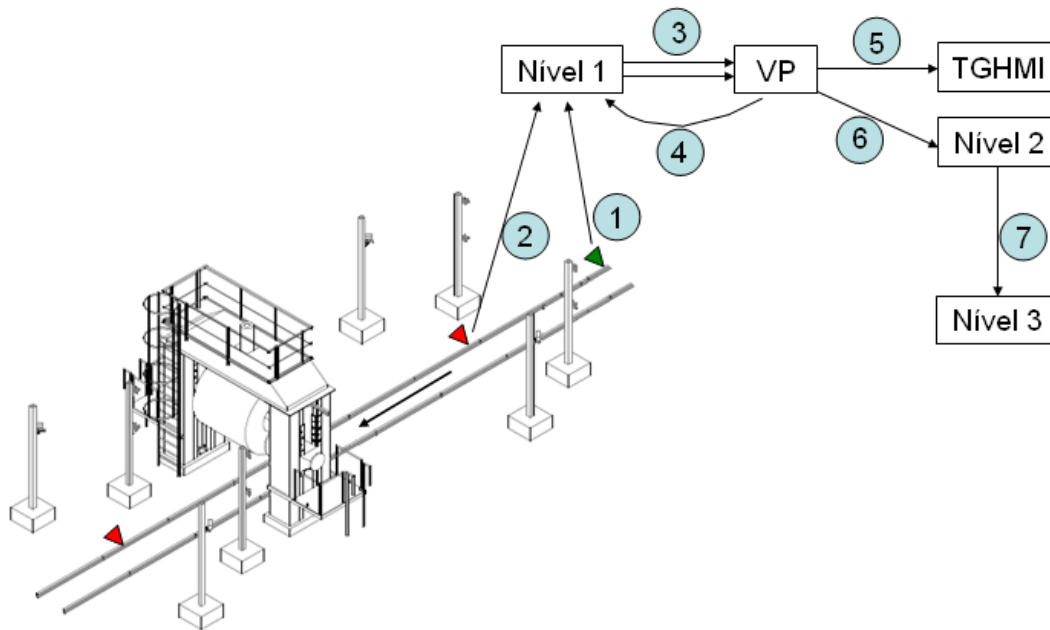


Figura 7. Sequência do processo de medição de telescopicidade.

Situação 1: Antes do Corretor de TE:

- 1- No momento que o carro de transporte de bobinas atua o sensor indutivo, é iniciada a redução de velocidade para entrar na área de segurança do Corretor de TE.
- 2- Quando o carro está na posição exata para medição, o sensor óptico do Medidor de TE é atuado.
- 3- O PLC de Nível 1 envia ao *Visual Processor* o gatilho da medição e a identificação da bobina, previamente recebida do Nível 2.
- 4- O Medidor de TE realiza o 'TC Check', que rapidamente calcula a telescopicidade interna (TE-A), que indica a necessidade de parar o carro de transporte no Corretor de TE. O resultado dessa checagem é informado ao Nível 1. Como a área de ação do Corretor de TE é somente a TE-A, não há necessidade de inspecionar as outras áreas da bobina durante o *TC Check*, acelerando o processo.
- 5- Após o *TC Check*, a telescopicidade é calculada no resto da bobina, e os dados cálculos gerados são enviados juntamente com as imagens à IHM dedicada do Medidor de TE.
- 6- Os dados gerados são enviados ao Nível 2, sem imagens.
- 7- O Nível 2 armazena, prepara e envia os dados para o Nível 3, que apresenta os dados calculados e gera os gráficos do perfil de telescopicidade da bobina.

Situação 2: Após o Corretor de TE:

- 1- No momento que o carro de transporte sai do Corretor de TE, independente de ter parado ou não para correção, atua o sensor óptico do Medidor de TE, que avisa ao PLC de Nível 1 que a bobina está na posição exata de medição. o Medidor faz novamente a análise da telescopicidade, seguindo a sequência da medição anterior, porém sem necessidade de realizar o *TC Check*.

As medições são realizadas para cada posição da bobina (superior e inferior), onde cada posição é dividida em três janelas (Figura 8).

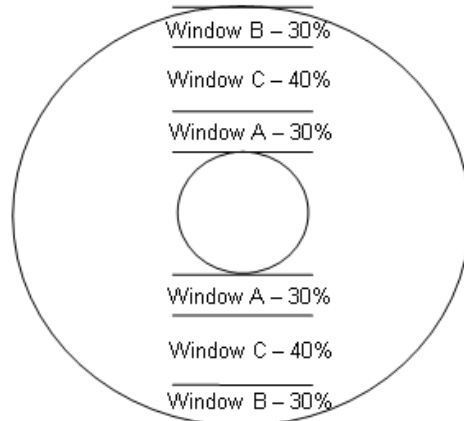


Figura 8. Definição das janelas para cálculo de defeitos.

Após a medição do perfil os seguintes cálculos de defeitos são realizados:

- Cálculo de TE-A (Telescopicidade interna).
- Cálculo de TE-B (Telescopicidade externa).
- Cálculo de BI (Bobinamento irregular).
- Cálculo de BF (bobinamento frouxo).
- Cálculo de TZ (Zig-Zag).

3.4 Configuração do Sistema

A configuração final do sistema ficou assim definida:⁽³⁾

- Infra-estrutura de rede de dados – a comunicação com o Medidor de Telescopicidade é realizada pelo sistema de Nível 1 através da troca de IO's, basicamente para utilização de triggers e ethernet para o envio da identificação da bobina. O sistema de Nível 2 CCYM somente recebe a medição do perfil da bobina e os resultados de cálculo de TE através de uma comunicação também ethernet. A Figura 9 mostra a configuração física da rede de dados.

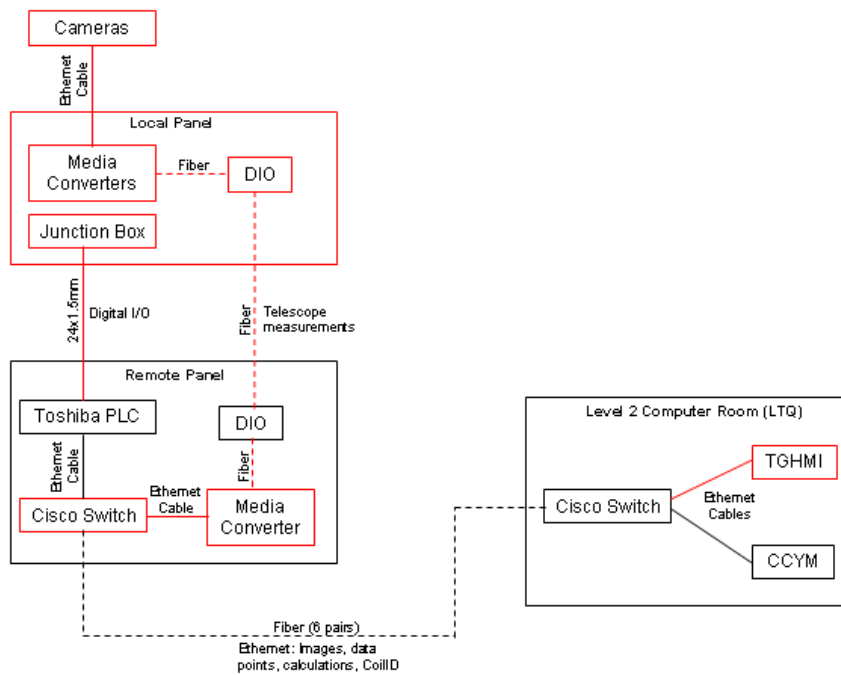


Figura 9. Infra-estrutura de rede de dados.

- Fluxo de dados – a Figura 10 apresenta o fluxo de informações conforme descrito anteriormente.

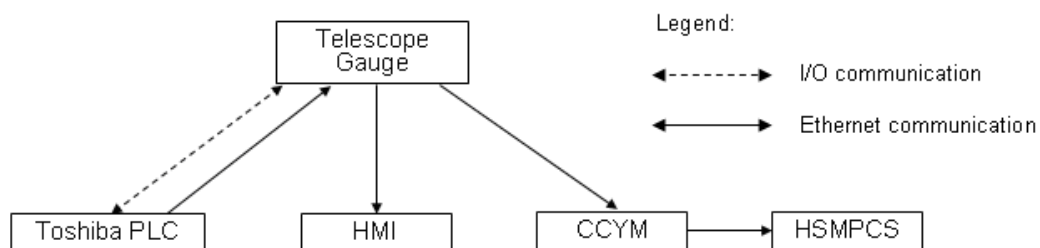


Figura 10. Fluxo de dados.

- Interface com a inspeção – conforme mostra a Figura 11 as imagens, os perfis e os dados calculados são apresentados aos usuários diretos através de uma aplicação Web permitindo avaliação imediata de cada bobina produzida. Os dados históricos também podem ser visualizados através de seleção na tela.

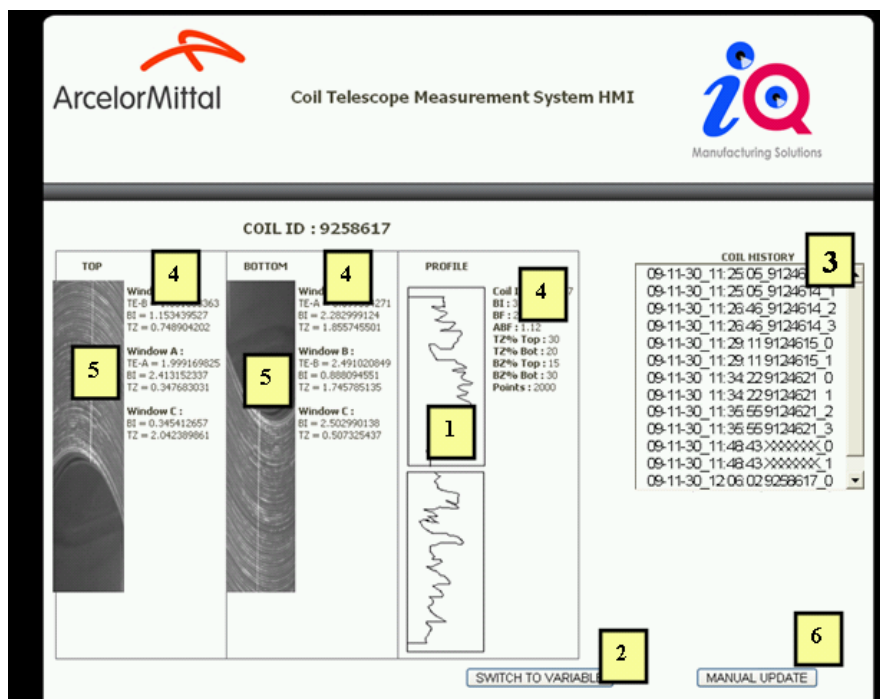


Figura 11. Interface Homem x Máquina

Legenda:

- 1- Perfil da bobina.
- 2- Altera a escala de apresentação do gráfico apresentado, podendo ser fixo ou variável.
- 3- Seleção de histórico de bobinas.
- 4- Valores calculados.
- 5- Imagens das bobinas antes de processar.
- 6- Utilizado para atualização manual da tela.

3.5 Dificuldades Encontradas

Durante o desenvolvimento do projeto diversas dificuldades foram encontradas e solucionadas em conjunto com o fornecedor permitindo alcançar os objetivos desejados. Destacam-se abaixo os principais:

3.5.1 Painel elétrico

A solução original do fornecedor consistia em apenas 1 painel elétrico local, que abrigava o processador principal próximo às bobinas quentes transitando pelo Corretor de TE.

Devido à temperatura alta das bobinas nessa posição (aproximadamente 700°C), foi projetada juntamente a separação do painel em 2 partes, sendo um painel local e um painel remoto na sala elétrica refrigerada para abrigar o processador principal.

3.5.2 Interferências físicas de instalação

A proposta original era instalar o Medidor de Telescopicidade na própria estrutura do Corretor de TE, utilizando somente 2 câmeras e 2 emissores lasers.

Em visita do engenheiro responsável do fornecedor a AMT para realizar medições no local para definir as posições exatas dos novos equipamentos, foi verificado que não seria possível instalar os novos equipamentos na estrutura do Corretor de TE devido à interferência entre os braços do equipamento e o campo de visão das câmeras.

A solução encontrada foi instalar o sistema laser e câmera fora do corretor de TE, demandando uma revisão geral no projeto elétrico, mecânico, civil e programação

Nível 1. Essa interferência ocorria quando a bobina mais larga era medida conforme mostra a Figura 12 abaixo:

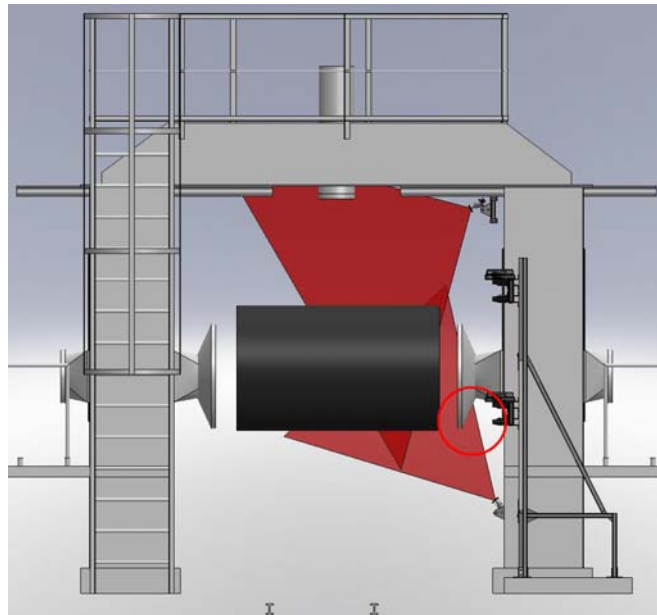


Figura 12. Interferência entre braço do Corretor de TE e campo de visão da câmera.

3.5.3 Detecção de telescopicidade negativa

Após relocação do sistema foi identificada uma limitação no Medidor de Telescopicidade que impossibilitava a detecção de telescopicidade negativa. O sistema original utilizava dois lasers para desenhar a linha vertical indicativa de defeitos na parede frontal da bobina, conforme Figura 13 abaixo:

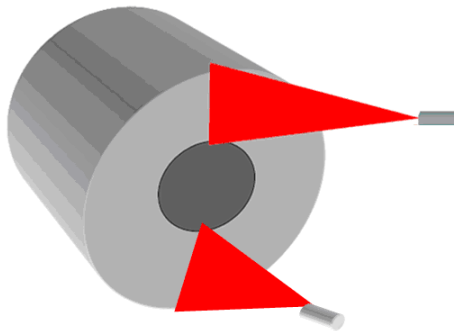


Figura 13. Campo de ação dos lasers na parede frontal da bobina.

Quando a bobina tem telescopicidade negativa, as espiras afetadas entram na parede, conforme Figura 14 abaixo:

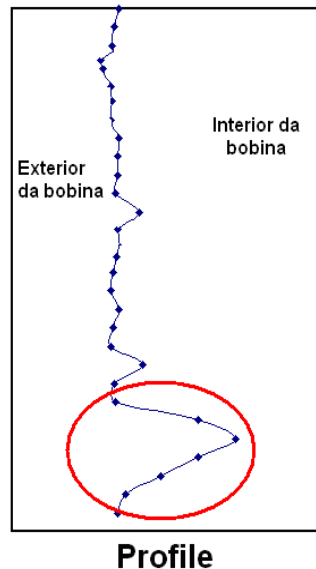


Figura 14. Perfil lateral da bobina com telescopicidade negativa.

Quando a bobina tem telescopicidade negativa acentuada, o gerador de linha laser não é capaz de penetrar na parede e iluminar o defeito, indicando falsamente a condição de bobinamento frouxo (gap entre espiras).

Estudos em conjunto com o fornecedor apontaram para a necessidade de implantação de um segundo conjunto de câmera/laser para a parede traseira da bobina e assim possibilitando a detecção de telescopicidade positiva na parede traseira quando há telescopicidade negativa na parede frontal.

Com essa detecção foi possível diferenciar telescopicidade negativa de bobinamento frouxo e medir o desvio.

4 RESULTADOS ESPERADOS E CONCLUSÕES

A implantação do projeto Medidor de Telescopicidade permitirá os seguintes ganhos:

- substituir os inspetores de qualidade na função de medir a telescopicidade das bobinas;
- eliminação do risco de acidente de inspetores em trânsito pela área do pátio para medição de telescopicidade;
- permitir resultado imediato da situação de telescopicidade do material, agilizando o julgamento e o despacho;
- possibilidade de aumento do ritmo de saída de bobinas com cálculo preditivo de telescopicidade, evitando parada para correção de desvio no perfil da bobina;
- otimizar estocagem de bobinas através de empilhamento em dois níveis;
- acesso ao perfil de telescopicidade do material, facilitando o controle da qualidade e possibilitando ajustes no sistema de controle de bobinamento; e
- registro fotográfico do material para os casos de possíveis reclamações de clientes.

Abaixo o gráfico previsto no sistema de Nível 3 com a informação para o Controle Integrado de Produtos:

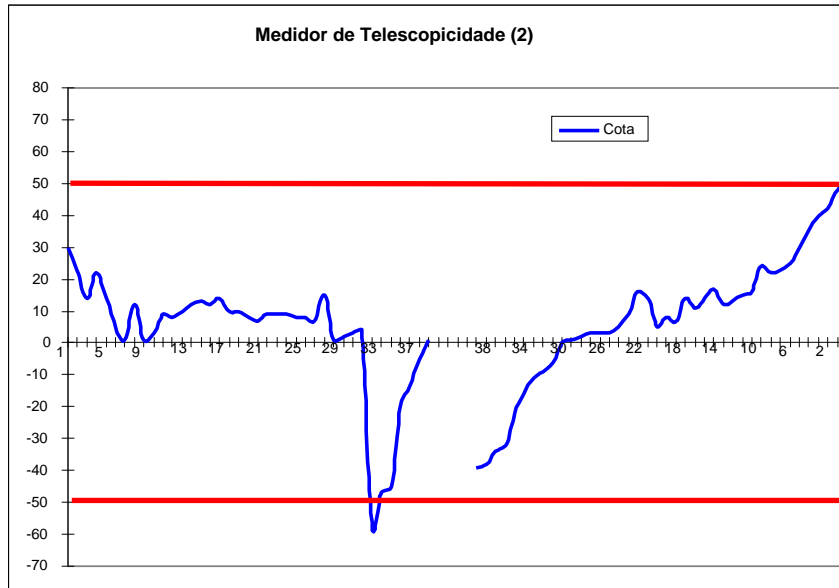


Figura 15. Gráfico de telescopicidade.

REFERÊNCIAS

- 1 Proposta técnica IQMS P2009-MET-002-Rev5.0
- 2 Descrição funcional FC-233 CCYM-Coil yard coil transfer system communication
- 3 Descrição funcional AMT-IQMS B5275JMD0001