

# IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIÇÃO DE CORRENTE E VELOCIDADE DOS MOTORES DOS SEGMENTOS DOS LINGOTAMENTOS CONTÍNUOS 1 E 2 <sup>1</sup>

*Leonardo Peres Couto<sup>2</sup>  
Ricardo Delai<sup>2</sup>  
Leonardo Soares Silva<sup>2</sup>  
Elvis Candeias<sup>2</sup>  
Elizeu Rocha de Moura<sup>2</sup>*

## **Resumo**

A placa de aço é um dos produtos finais destinados aos clientes, cuja necessidade de controle de qualidade é exigida durante todo o seu processo de fabricação no Lingotamento Contínuo. A garantia de custo baixo de produção é outro elemento preponderante na produção de aço em um mercado extremamente competitivo garantindo a perenização da Empresa. O sistema de acionamento dos rolos motrizes dos segmentos, que fazem parte do sistema de extração de placa, é de fundamental importância para se atender os requisitos de qualidade do produto, placa de aço, e garantia de custos reduzidos de manutenção e aumento da disponibilidade do equipamento. Devido a esta importância e a necessidade constante de redução de variabilidade do processo, foi realizado um estudo de engenharia do sistema de acionamento dos rolos motrizes identificando possíveis pontos de falha que poderiam ser controlados através de uma ferramenta atualmente muito utilizada: a inspeção preditiva. Este trabalho apresenta, resumidamente, a sistemática implementada e os ganhos obtidos com a implementação de elementos de inspeção preditiva aliada ao processo de produção de placas de aço agregando valor à redução de custos, qualidade do produto, segurança e produtividade na área do lingotamento contínuo da ArcelorMittal Tubarão.

**Palavras-chave:** Inspeção preditiva; Custos; Segurança; Rolos motrizes.

## **IMPLEMENTATION OF CURRENT AND VELOCITY SYSTEM MEASUREMENT OF CONTINUOUS CASTER #1 AND #2 SEGMENT MOTORS**

### **Abstract**

The steel slab is one of the final products destined to the clients, whose quality control necessity is demanded during the whole manufacture process in the Continuous Caster. The guarantee of low cost production is another predominant element in the steel production in an extremely competitive market guaranteeing the sustainability of the companies. The drive system of the segments motor rolls, which make part of the slab extraction system, has basic importance to attend the quality requisites of the product, slabs steel, and the guarantee of maintenance costs reduction and increase the availability of the equipment. Due to this importance and the constant necessity of process variability reduction, was carried out a engineering study of the drive system of the segments motor rolls identifying possible fault points that could be controlled through a actual tool much used: the predictive inspection. This paper presents, briefly, the implemented systematic and the profits obtained with the implementation of predictive inspection elements allied to the steel slabs process production collecting value to the cost reduction, product quality, safety and productivity in the area of the Continuous Caster of ArcelorMittal Tubarão.

**Key words:** Predictive inspection; Costs; Safety; Drive rolls.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 64º Congresso Anual da ABM, 13 a 17 de julho de 2009, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

<sup>2</sup> *Técnico de Predição e Inspeção Elétrica – ArcelorMittal Tubarão*

# 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho será dividido em cinco partes distintas, a saber:

- apresentação do Lingotamento Contínuo da ArcelorMittal Tubarão (área operacional);
- objetivo do trabalho;
- abordagem resumida sobre as etapas desenvolvidas;
- detalhamento dos ganhos obtidos após a implementação do sistema;
- conclusão.

## 1.1 Lingotamento Contínuo

O processo de fabricação de placas da ArcelorMittal Tubarão utiliza a tecnologia de lingotamento contínuo, no qual o aço líquido sofre um resfriamento e solidificação em processo contínuo. Este processo se dá em molde vazado com perfil pré-determinado.

O processo de lingotamento contínuo está ilustrado na Figura 1, onde são mostrados seus principais equipamentos.

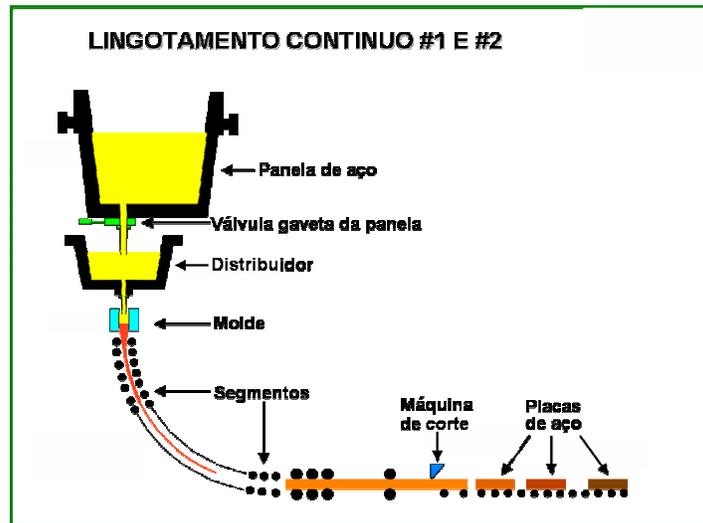


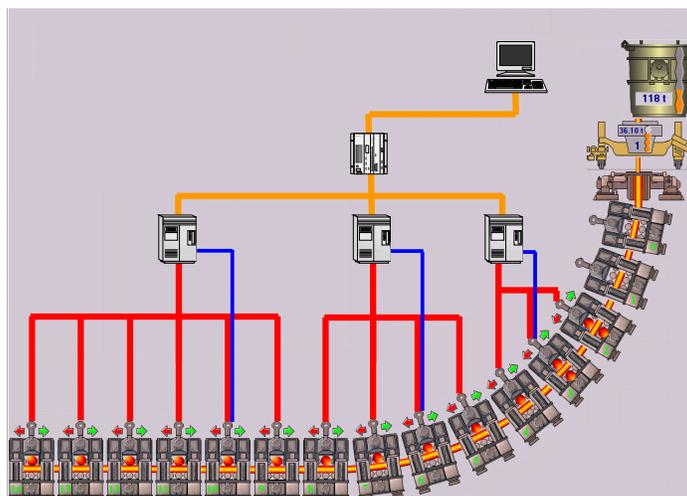
Figura 1 - Processo do Lingotamento Contínuo.

A máquina de lingotamento contínuo é composta de 15 segmentos (0 a 14), responsáveis pela garantia das dimensões e extração da placa de aço durante o processo de resfriamento no interior da máquina. Os segmentos possuem rolos não acionados e rolos motrizes acionados por motores de corrente contínua conforme Figura 2.

Apenas os segmentos 2 a 14 possuem rolos motrizes para extração da placa. Cada rolo motriz possui 1 motor de corrente contínua acionado por conversores CA/CC em sistema de malha fechada com realimentação por transdutores de velocidade (encoders), divididos em 3 Grupos (1, 2 e 3) caracterizando um sistema multimotor, conforme Figura 3.



**Figura 2.** Motores dos segmentos.



**Figura 3.** Arquitetura de acionamento dos segmentos da Máquina de Lingotamento Contínuo.

## 1.2 Objetivo

Este trabalho tem como finalidade garantir o controle da velocidade dos segmentos dentro de padrões estabelecidos, e a inclusão de outras ferramentas para diagnóstico do processo dos Lingotamentos Contínuos 1 e 2.

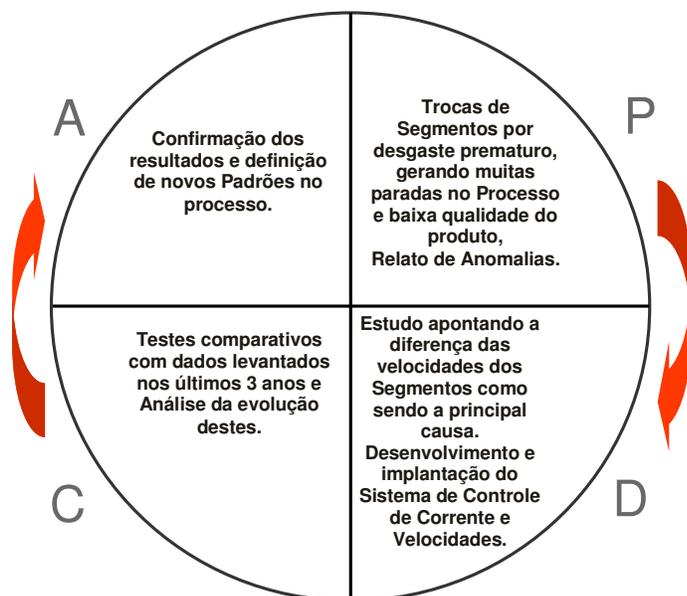
A implantação visa proporcionar uma melhoria na qualidade das placas através da inspeção preditiva com redução da variabilidade do processo, e como consequência a produtividade, a redução dos custos de produção e a segurança dos envolvidos nesse processo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada para desenvolvimento do trabalho foi o PDCA, conforme Figura 4. Com base no estudo realizado pela equipe de Engenharia Mecânica, identificou-se que a causa principal de desgastes prematuros nos rolos motrizes dos segmentos era a diferença de velocidade existente entre eles. Observam-se na tabela 1, os segmentos substituídos em função deste desgaste, tendo como base a tonelagem média de 1.000.000t por ciclo de via útil.

**Tabela 1.** Segmentos trocados por desgaste prematuro

Item	Data de Retirada	Posição / Número do Segmento	Data de Entrada	Veio	Tonelagem
1	25/05/2006	4/6-7	11/10/2005	2	716.100
2	15/09/2006	1/3-8	21/03/2006	1	600.315
3	06/10/2006	7/8-5	04/08/2006	2	224.905
4	15/12/2006	1/3-5	05/07/2006	2	551.335
5	12/01/2007	4/6-7	14/06/2006	1	710.365
6	27/02/2007	9/14-5	22/05/2006	1	933.410
7	21/05/2007	4/6-6	13/03/2007	1	218.395
8	12/03/2007	1/3-8	15/12/2006	2	282.100
9	13/03/2007	4/6-4	04/08/2006	2	734.235
10	03/05/2007	1/3-3	10/03/2007	1	164.455
11	21/06/2007	1/3-8	03/05/2007	1	158.875
12	05/08/2008	1/3-5	07/01/2008	1	636.120



**Figura 4.** Ciclo PDCA

Foram realizados vários brainstormings para determinação das melhores soluções para o problema, tendo como premissas básicas: segurança, custo,

facilidade de implementação criação de histórico das variáveis. Foram então estabelecidas as seguintes etapas de implementação:

- instalação de transdutores de corrente nos painéis e cartões analógicos nos PLCs (Figura 5);
- instalação de novos transdutores de velocidade (encoders) nos motores e montagem de painel de I/O (Figuras 6 e 7);
- desenvolvimento de lógica nos PLCs;
- validação do sistema a partir de testes comparativos com medições realizados com instrumentos na área; e
- desenvolvimento de telas de supervisão e implementação nas IHMs (Figura 8).

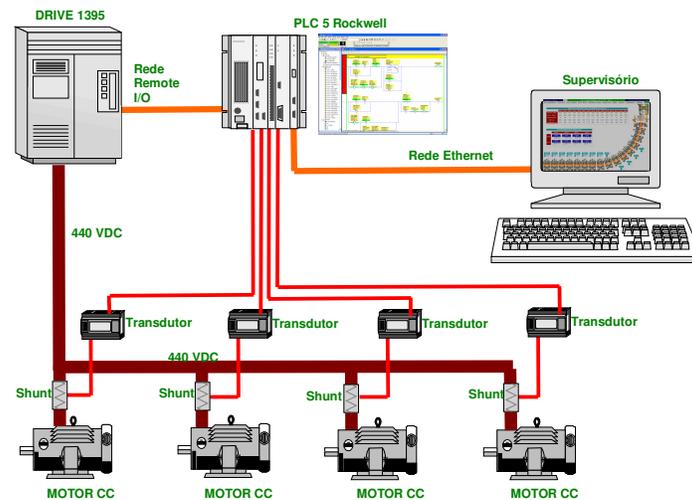


Figura 5. Implantação de Medição de Corrente.

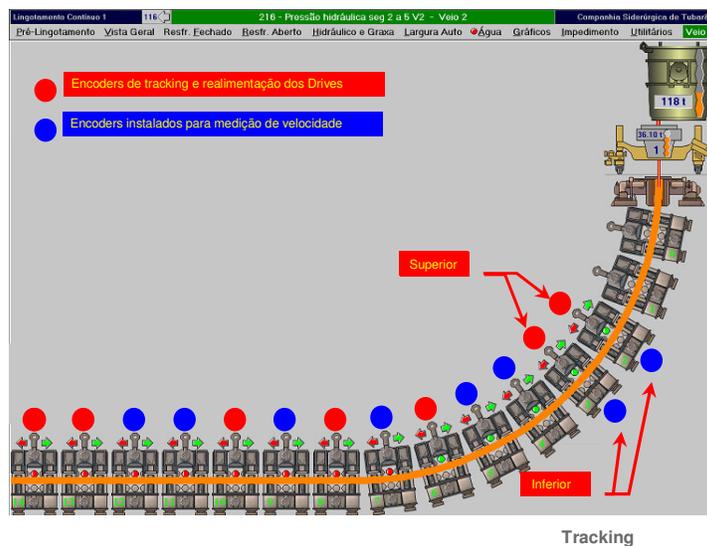


Figura 6. Diagrama de Sistema de Medição de Velocidade.

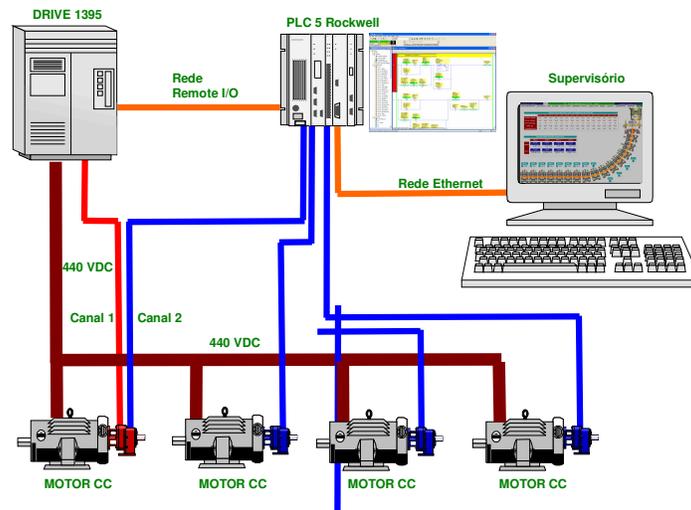


Figura 7. Diagrama de Sistema de Medição de Velocidade.

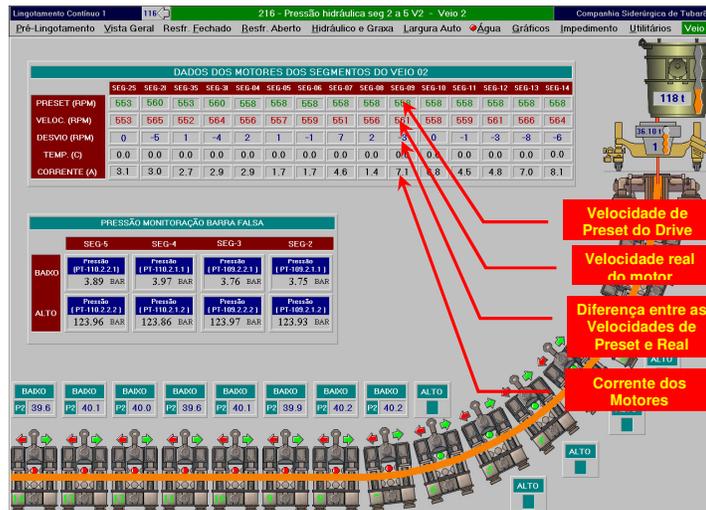


Figura 8. Tela do sistema supervisório com variáveis do sistema.

### 3 RESULTADOS

Após a implementação de todas as etapas definidas, iniciou-se o acompanhamento da performance para validação do novo sistema. Obteve-se uma série de ganhos importantes destacando:

#### 3.1 Redução de Custos

Em função da redução do desgaste prematuro dos rolos motrizes dos segmentos, ocorreu conseqüentemente redução significativa do número de troca de segmentos. Estas trocas causavam paradas de produção levando a perdas, além da manutenção corretiva necessária no próprio segmento em função da necessidade de reparo nos rolos danificados. Pode-se observar na Tabela 2 o custo total médio de troca de cada segmento por desgaste prematuro.

**Tabela 2.** Custo de Troca de Segmento

Custo Médio de Reparo (US\$)	Tempo médio de Troca do Segmento (min)	Custo de Parada de Produção (US\$/min)	Custo Total Médio (US\$)
26.000	240	1.100	290.000

Na tabela 3 temos a economia anual média obtida com a redução da troca de segmentos.

**Tabela 3.** Economia Anual por Troca de Segmentos

Quantidade de Segmentos Trocados			Média de Troca Anual	Custo Total Anual Médio (US\$)
2006	2007	2008		
4	7	1	6	1.740.000

Outra consequência do desgaste nos rolos motrizes era o agarramento de placa no interior da máquina de lingotamento contínuo em função da redução de atrito entre o rolo e a placa fazendo com que não fosse aplicada toda a força necessária para sua extração causando deslizamento do rolo.

Quando ocorriam os agarramentos, era aumentada a pressão hidráulica do rolo motriz sobre a placa visando aumentar o atrito e eliminar o deslizamento. Dependendo do tipo de aço, essa ação era suficiente para evitar o agarramento e ocorria apenas uma perda de produtividade na máquina de lingotamento contínuo. Em outros casos, era necessária a parada total da máquina com aço em seu interior, causando elevadas perdas de produção conforme Tabela 4.

**Tabela 4.** Agarramentos de Placa

Quantidade de Agarramentos de Placas				Redução de Agarramentos com parada de produção	Tempo médio de extração (min)	Custo de Parada de Produção (US\$/min)	Custo Total Anual Médio (US\$)
Sem parada de Produção		Com parada de Produção					
2007	2008	2007	2008				
6	4	4	1	3	120	1.100	396.000

Tendo caracterizado todos os prejuízos mensuráveis diretamente ligados ao desgaste prematuros nos rolos temos, conforme Tabela 5, a redução anual média de custos obtida.

**Tabela 5.** Redução de Custo

Redução Anual Média de troca de 6 segmentos (US\$)	Redução Anual Média Agarramentos de Placa com parada de produção (US\$)	Total de Redução de Custo Anual Média (US\$)
1.740.000	396.000	2.136.000

### 3.2 Melhoria na Qualidade

Outro ganho significativo obtido, mas difícil de ser mensurado em função da enorme quantidade de variáveis de processo envolvidas é o ganho na qualidade do produto, no caso, placa de aço. Podem ser observadas as seguintes melhorias na

qualidade das placas em função da redução da variabilidade da velocidade e dos desgastes prematuros dos rolos motrizes:

- redução de desgastes prematuros e irregulares dos Rolos motrizes;
- redução de abaulamento nas placas;
- redução de trincas internas e superficiais nas placas;
- redução de escafragem de placas;
- redução do índice de descarte de placas; e
- garantia do atendimento dos padrões de qualidade pré-estabelecidos no protocolo técnico junto ao cliente.

Observa-se na Figura 9, a redução no número de placas desclassificadas da MLC#1. A melhoria implementada contribuiu com um percentual (não mensurável) nesta redução.

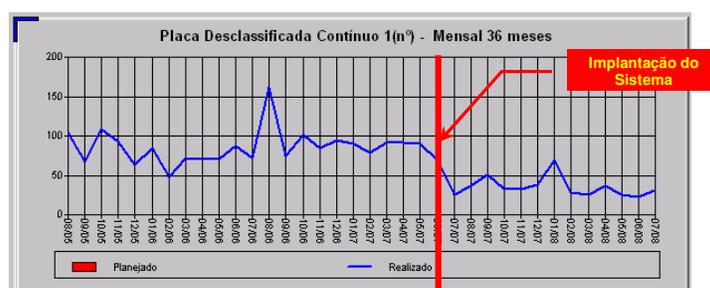


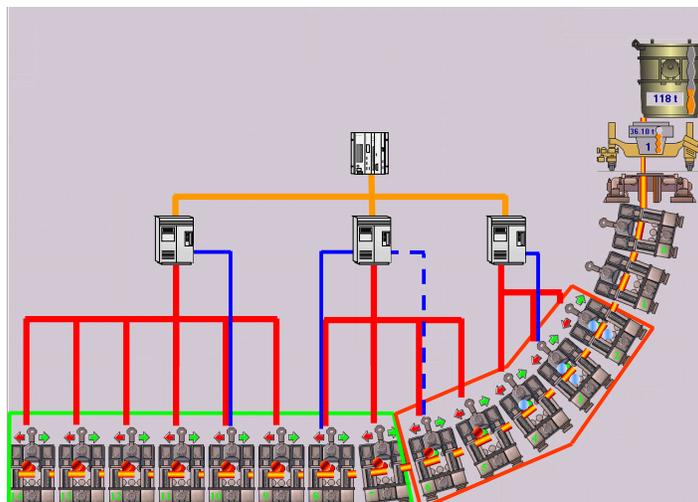
Figura 9. Gráfico do Número de Placas Desclassificadas da MLC#1

### 3.3 Eliminação de Falhas de Projeto

Com o acompanhamento das velocidades foi possível verificar o comportamento do aço dentro da Máquina em todos os estágios do lingotamento. Isto possibilitou diagnosticar uma falha no projeto que resultou em redução significativa dos agarramentos de placas durante o processo aumentando assim a produtividade.

Observou-se através dos gráficos de tendência histórica das variáveis de corrente e velocidade, que durante os agarramentos, a corrente dos motores dos rolos motrizes dos segmentos 7 e 8 não sofriam o mesmo percentual de elevação dos demais motores. Estes motores são alimentados eletricamente pelo grupo 2 que era realimentado pelo encoder do segmento 6. Porém, equivocadamente, a realimentação de velocidade dos motores do grupo 2 era realizada através de encoder localizado no segmento 6, que não participa ativamente da extração, pois não está com pressão hidráulica adequada para tal (Figura 10).

Este fato levava a uma falta de força para extração da placa, visto que a responsabilidade é de toda parte reta da máquina, segmentos 8 a 14.



**Figura 10.** Correção Diagrama de Sistema de Medição de Velocidade

### 3.4 Aumento da Segurança

Durante as inspeções preditivas de corrente dos motores dos segmentos das máquinas de lingotamento, era necessária a medição local utilizando alicate amperímetro. Atividades estas, que apesar de serem executadas com a máxima precaução e proteção, ainda assim colocavam em risco potencial o executante, devido a necessidade de abertura do painel e manuseio de instrumentos com diversos pontos energizados, conforme observa-se na Figura 11.



**Figura 11.** Medição de corrente realizada pelo técnico de inspeção

Para as inspeções preditivas de velocidade eram utilizadas 2 técnicas de medição:

### *Medição da velocidade dos motores com Tacômetro Ótico*

Para a execução da medição era necessária a parada da MLC para instalação de um adesivo refletor no eixo de cada motor, sendo realizada normalmente em paradas programadas. Esta atividade levava em média 2 horas para ser executada.

### *Medição da velocidade dos motores com Medidor Estroboscópico*

Apesar de não haver contato com as partes em movimento do motor, a atividade oferecia risco, devido ao difícil acesso ao equipamento e a dificuldade de se fazer a medição nas partes em movimento. Esta medição tinha possibilidade de ser realizada com a Máquina de Lingotamento Contínuo (MLC) em operação normal (Figura 12).



**Figura 12.** Medição de velocidade executada pelo técnico de inspeção.

Com a implantação das tendências históricas e telas de supervisor contendo as variáveis pertinentes, obteve-se a eliminação da exposição a equipamentos energizados na correção de falhas e/ou medição das correntes nas preditivas; e eliminação de riscos de acidente pessoal na área durante as medições de velocidade dos motores, nas atividades executadas executadas por eletricitistas e Técnicos de inspeção;

### **3.5 Produtividade**

Além dos resultados obtidos com este trabalho citados acima nas áreas de custos, qualidade, projeto, segurança, temos outros ganhos secundários subsesquentes na área da produtividade:

- redução significativa das trocas de segmentos por desgaste prematuro;
- resposta imediata e sem exposição a riscos na atuação corretiva de falhas durante o processo de lingotamento reduzindo o número de paradas de produção por falhas ou rompimentos de pele (breakouts);
- maior previsibilidade para substituição dos rolos motrizes e conseqüentemente aumento da qualidade e produtividade;
- maior disponibilidade da equipe de inspeção elétrica para análise de falhas e apoio ao turno e operação para diagnóstico e previsão de desgaste de equipamentos, melhorando assim a produtividade e qualidade do produto; e
- implantação de inspeção preditiva pelo monitoramento dos gráficos de tendência das velocidades dos motores dos segmentos.

## **4 CONCLUSÃO**

Adotar medidas que contribuam para a qualidade do produto, visando à produtividade e o compromisso de atendimento no prazo e satisfação do cliente, é fator primordial em nossa empresa.

Desta forma, a implantação deste sistema contribuiu de forma significativa para a excelência da qualidade de nosso produto com o aumento na produtividade e segurança para os envolvidos neste processo, fatores estes que destacam e perenizam a imagem de nossa Empresa diante da competitividade do mercado mundial.

### **Agradecimentos**

Equipe de Inspeção Elétrica do Lingotamento Contínuo  
Especialistas de Manutenção do Lingotamento Contínuo  
Operação do Lingotamento Contínuo - IAPP