

# AUMENTO DE EFICIÊNCIA ATRAVÉS DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM NOVO SISTEMA AUTOMATIC SLOW DOWN (ASD) PARA REDUÇÃO DE DESCARTE<sup>1</sup>

Gustavo de Alvarenga Brandão<sup>2</sup>  
Ronilson Majustê<sup>3</sup>

## Resumo

Projeto executado com o intuito de reduzir as sobras de material nos laminadores e consequentemente aumentando a eficiência no processo através da implementação de um sistema inovador de parada automática no final da laminação com precisão. Foram utilizadas ferramentas estatísticas através do software MiniTab e de análise e simulação através do iba Analyzer para se desenvolver um sistema robusto e conseguir a redução do erro médio da coroa do material descartado de 6,09 mm para -0,71 mm com desvio padrão anterior de 8,55 mm para 3,05 mm, o que possibilitou a redução de material descartado e proporcionou uma melhoria imediata na eficiência do Can Body Stock em 1%, e ganho de 1,5% no Can End Stock.

**Palavras-chave:** Eficiência; Descarte; ASD; Automação.

## INCREASE EFFICIENCY THROUGH THE IMPLEMENTATION OF A NEW AUTOMATIC SLOW DOWN SYSTEM (ASD) FOR REDUCING PUP COIL

## Abstract

Project implemented with the aim of reducing the material waste in the mill, and consequently increase process efficiency by implementing an innovative system of automatic stop at the end of lamination with precision. Statistical tools were used through the Minitab software and analysis and simulation through the iba Analyzer to develop a robust and able to reduce the average error in the crown of material discarded from 6.09 mm to -0.71 mm with a standard deviation above of 8.55 mm to 3.05 mm, which allowed the reduction of waste material and provided an immediate improvement in the efficiency of Can Body Stock at 1% and 1.5% gain in Can End Stock.

**Key words:** Efficiency; Discard; ASD; Automation.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 49º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 22 a 25 de outubro de 2012, Vila Velha, ES, Brasil.

<sup>2</sup> Engenheiro de Automação na Novelis do Brasil LTDA.

<sup>3</sup> Engenheiro de Automação na Novelis do Brasil LTDA.

## 1 INTRODUÇÃO

ASD é a abreviação para *Automatic SlowDown*. Este bloco de controle, conforme descrito em Connors<sup>(1)</sup> e Herbert et al.,<sup>(2)</sup> é responsável por iniciar a desaceleração automática do laminador no momento ótimo, de maneira que a quantidade de material restante no mandril do desenrolador esteja em um determinado valor de diâmetro especificado anteriormente.

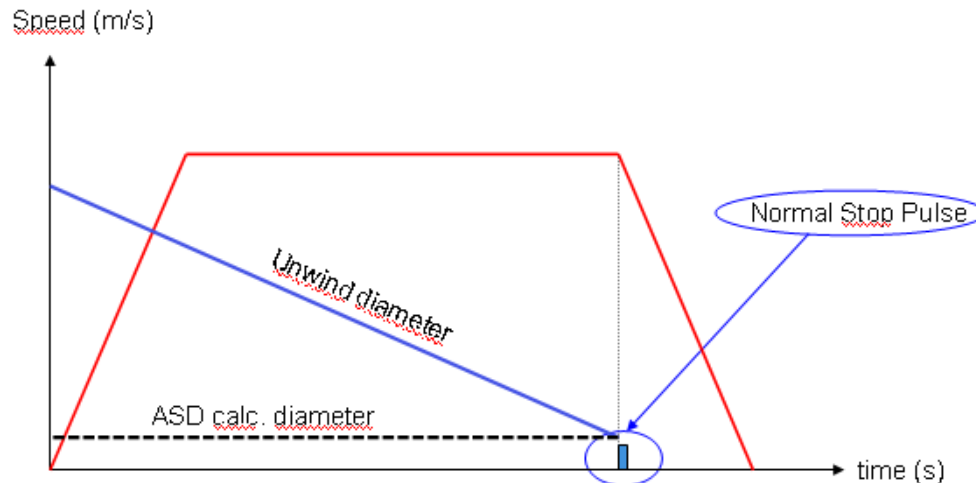


Figura 1. Representação ASD.

O gráfico acima ilustra esta situação: à medida que o diâmetro da bobina de entrada diminui-se, ao ponto de ser menor ou igual ao diâmetro ASD calculado, é gerado um pulso, fazendo com que a máquina entre em processo de parada. O objetivo deste trabalho é garantir uma medição precisa do valor do diâmetro da bobina de entrada, além do valor ASD exato para efetuar o comando de parada do laminador.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Ferramentas de Trabalho

#### 2.1.1 iba Analyzer®



Figura 2. Logotipo IBA.<sup>(3)</sup>

O iba Analyzer® é uma das ferramentas mais poderosas para análise de dados<sup>(3)</sup> e simulações utilizando sinais reais coletados dos IO's do sistema PLC. Os arquivos de dados são gerados pelo ibaPDA onde os dados reais da máquina são coletados em intervalos de 10ms e são gerenciados pelo ibaAnalyzer através de uma interface gráfica que permite uma seleção de canais dos sinais rapidamente com apenas um clique duplo ou arrastar o sinal. Ele permite atribuir vários sinais separados ou colocados juntos em uma escala comum. Com ibaAnalyzer você pode fazer zoom em um gráfico até que você possa apreciar cada ponto de amostragem. Quando

uma grande quantidade de sinais é visualizada, de maneira que é possível atribuir cores para uma melhor compreensão dos gráficos. É possível também combinar sinais analógicos e digitais no mesmo gráfico para descobrir facilmente os problemas do processo em análise. Além disso, ibaAnalyzer oferece uma variedade de funções matemáticas, lógicas e estatísticas que podem ser utilizados para simulações e análises mais avançadas. Operações como integral, derivada, trigonométricas funções, filtros de frequência, transformadas de Fourier, e muito mais. Por exemplo, se um sinal de velocidade de uma máquina é disponível, é possível aplicar o seu derivado de saber a aceleração. No caso de se analisar linhas elétricas, fórmulas matemáticas podem ser aplicadas para obter os valores de RMS dos sinais ou para avaliar fatores de potência.

## 2.1.2 MiniTab®



Figura 3. Logotipo MiniTab.<sup>(4)</sup>

Minitab® é um software que fornece ferramentas estatísticas<sup>(4)</sup> necessárias para análise de dados. É o software mais utilizado para implementação do sistema Six Sigma.

O Minitab® é simples de usar, enquanto oferece profundidade e uma vasta gama de ferramentas e orientações necessárias para análises estatísticas. Além da facilidade de uso o Minitab® permite usar fontes de dados externas e gerenciar facilmente planilhas. É fácil criar gráficos claros e específicos para cada tipo de aplicação, graças à interface intuitiva que lhe permite editar imagens diretamente. Minitab® inclui uma gama completa de procedimentos estatísticos utilizados na estimação de parâmetros e testes de hipóteses para uma ou duas amostras. Esses procedimentos constituem a base para uma pesquisa avançada. Entre eles estão as estatísticas descritivas e gráficos, os intervalos de confiança e testes de hipóteses, análise de variância e correlação etc.

## 2.2 Medição do Diâmetro

Existem métodos de medição de diâmetro para linhas de processamento, sendo o trabalho de Gilbert,<sup>(5)</sup> o comparativo demonstrando as vantagens e desvantagens de cada método existem. Outra abordagem para medição de diâmetro em tempo real é requerida por Fludzinski,<sup>(6)</sup> onde a corrente de armadura de um motor CC utilizando em enrolador e/ou desenrolador é proporcional ao diâmetro  $D$  da bobina por ele acionada de maneira que se mantém a relação fluxo de campo/diâmetro.

### 2.2.1 Método de medição antigo

Um dos mais importantes itens e pré-requisito para o projeto é conhecer o valor preciso, e em tempo real, do diâmetro da bobina na entrada do laminador,<sup>(2)</sup> ou seja, no mandril desenrolador. Nosso laminador já possui um sistema para esta finalidade

baseado na medição através de sensor laser de distância <sup>(5)</sup>. Este sensor montado em frente à bobina mede a distancia entre o sensor e a parede externa da bobina, e através deste valor o diâmetro é calculado. Na Figura 4 representa-se este esquema de medição.

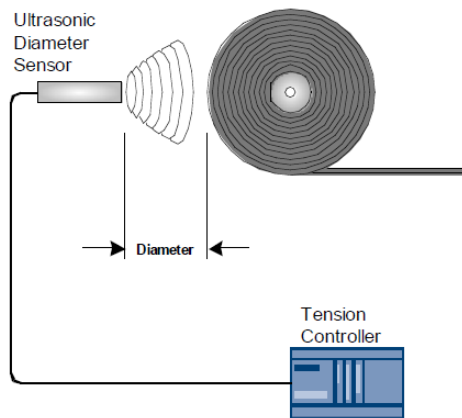


Figura 4. Medição direta de Diâmetro através de sensor laser.<sup>(3)</sup>

Este tipo de medição não é muito confiável, pois qualquer desalinhamento no sensor o sistema apresenta erro de medição, comprometendo todo sistema, além de ser muito difícil sua calibração devido o sensor não medir o diâmetro diretamente e sim distancia, havendo a necessidade de conversão via software. Como era muito difícil atingir a precisão necessária, o sistema ASD instalado anteriormente não era utilizado pelos operadores da máquina, uma vez que havia risco da maquina não parar no momento ideal fazendo com que a ponta final passasse direto pela cadeira do laminador gerando quebras nos equipamentos instalados na cadeira além do risco relacionado à segurança. Como o operador parava a maquina manualmente havia muito desperdício de material, pois o operador quase sempre parava antes, gerando um aumento do *pup coil* (material descartado).

### 2.2.2 Novo método de medição

Para garantir uma leitura confiável sem a utilização de sensores laser, decidimos calcular o diâmetro através da relação entre as velocidades angulares do desenrolador e rolo defletor, que fica localizado logo a frente do mandril, conforme a Figura 5.

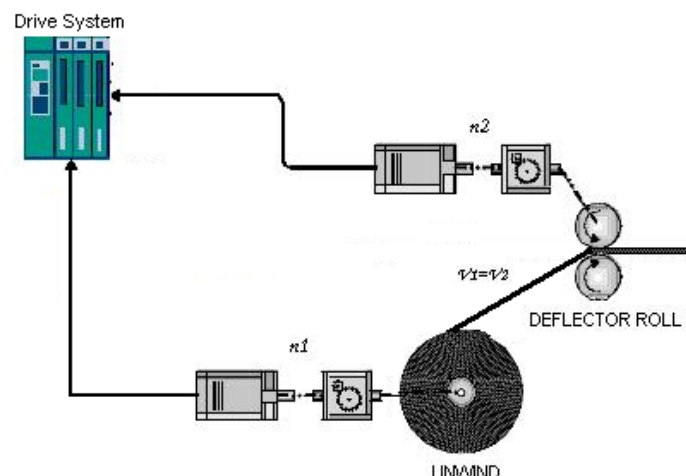


Figura 5. Medição de Diâmetro através da relação das rotações do Rolo Defletor e Desenrolador.<sup>(5)</sup>

Para calcular o diâmetro utilizamos os seguintes algoritmos.

$$V = \omega.r = 2\pi.n.r = \pi.n.D$$

$$V_1 = V_2 \Rightarrow \pi.n_1.D_1 = \pi.n_2.d_2$$

$$D_1 = \frac{n_2.d_2}{n_1}$$

Onde:

V1 = velocidade linear do Desenrolador

V2 = velocidade linear do Rolo Defletor

n1 = Velocidade angular do Desenrolador

n2 = velocidade angular do Rolo Defletor

D1 = diâmetro da bobina no Desenrolador

d2 = diâmetro do Rolo Defletor

Para que este cálculo seja valido é necessário que o material esteja tracionado e a linha rodando a fim de garantir velocidade diferente de zero e garantir que a velocidade linear do desenrolador e rolo defletor sejam iguais. Antes de implementar essa solução foi necessária a simulação através do *iba Analyzer* para comparar com o valor obtido pelo laser, uma vez que tínhamos o receio de que um possível escorregamento da chapa no rolo defletor poderia causar um erro no calculo do diâmetro. Conseguiu-se detectar através de simulações de diversas bobinas que o diâmetro se comportava muito semelhante ao laser, porém com maior precisão e estabilidade conforme Figura 6.

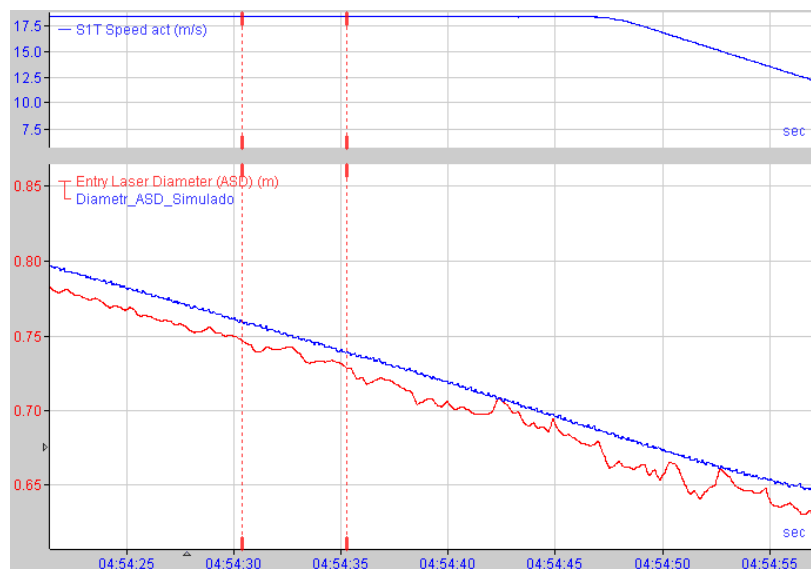


Figura 6. Sinal do sensor laser em comparação com o diâmetro simulado.

### 2.3 Medição do Diâmetro ASD (diâmetro ideal para Comando “Parar”).

De acordo com Kuru, Köklükaya e Kuru,<sup>(7)</sup> para efetuar o cálculo do momento ideal de liberar o comando de parada do laminador foi considerado o comprimento de chapa percorrido no laminador durante a desaceleração, isto é, até que a velocidade atinja o valor 0 m/s. Para computar esta distância foi aplicada a equação de Torricelli:



$$V_f^2 = V_i^2 + 2a\Delta S$$

$$\Delta S = \frac{V_i^2}{2a}$$

Após descobrir o comprimento durante o período de desaceleração, é necessário realizar o cálculo do comprimento do material de uma bobina que de acordo com Chao e Chih<sup>(8)</sup> utiliza-se a equação abaixo:

$$CoilLength = \frac{\pi \times (De^2 - Di^2)}{4 \times thickness} (m)$$

Onde:

De = Diâmetro externo

Di = Diâmetro interno

No caso do diâmetro interno o valor seria o diâmetro da espula mais duas vezes a coroa target, e o diâmetro externo seria o valor de diâmetro ideal para parada do laminador. Reagrupando às equações acima, chega-se então na equação final que foi utilizada:

$$DiamASD = \sqrt{\frac{CompASD \times 4 \times EspEn}{\pi} + (DiamEsp + 2 \times CoroaTgt)^2} (m)$$

Onde:

DiamASD = Diâmetro ideal para gerar comando parar laminador

CompASD = Comprimento de material a percorrer no laminador durante a desaceleração calculada anteriormente pela equação de Torricelli

EspEn = Espessura de entrada

DiamEsp = Diâmetro da espula

CoroaTgt = Valor desejado de coroa após parada do laminador

Algumas pequenas melhorias foram implantadas no intuito de melhorar o sistema como descritas abaixo:

- compensação do material remanescente no laminador que enrolado novamente após a máquina parar;
- identificação do tipo de espula pelo operador de entrada, uma vez que elas possuem diâmetros diferentes.
- otimização da rampa de desaceleração em dois steps para garantir uma parada mais rápida, além de gerar uma maior sensação de segurança para o operador; e
- separação dos targets de coroa para os diversos tipos de material.

Outra importante consideração é que o antigo sistema ainda permanece ativo, funcionando em paralelo com o atual e foi criada uma supervisão do diâmetro calculado através da comparação com o diâmetro calculado pelo drive desenrolador, e caso a diferença se torne maior que 100 mm o sistema automaticamente executa um chaveamento para o sistema antigo e uma sirene é ativada no púlpito de entrada para alertar a operação que algo anormal está acontecendo.

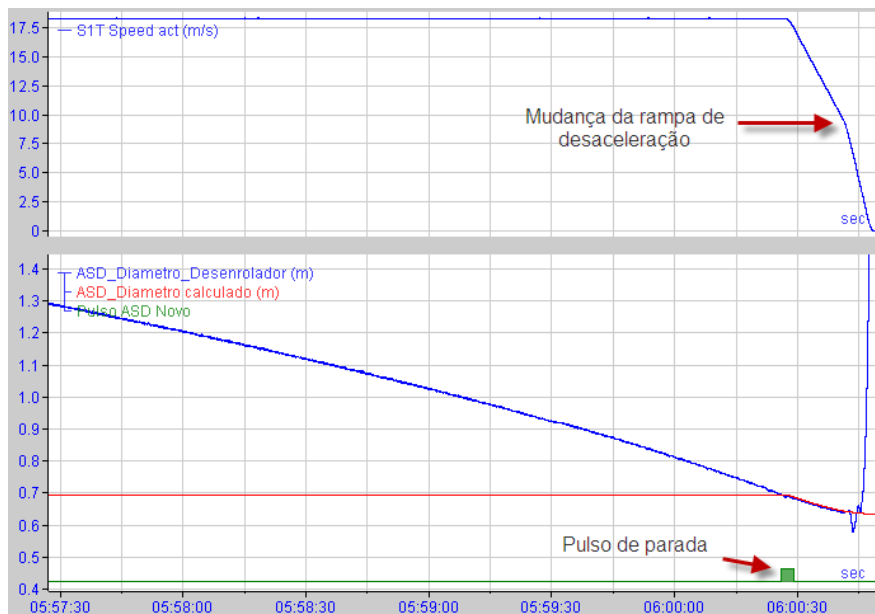


Figura 7. ASD atuando no final da bobina, gerando comando para parar laminador.

### 3 RESULTADOS

Observam-se no gráfico da Figura 8 os valores medidos antes da implementação do novo sistema ASD. Eles representam o erro médio em relação ao target.

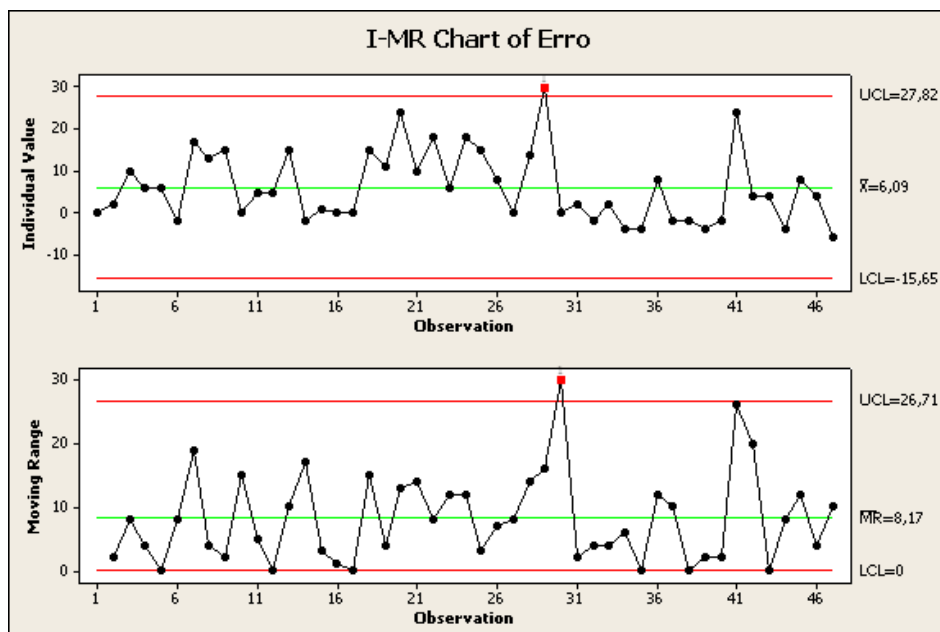


Figura 8. Erro médio de coroa de material em milímetros em relação ao target.

Verifica-se que a média do erro era de 6,09 mm de coroa. Após a implementação do novo sistema ASD pode-se verificar no próximo gráfico uma melhora acentuada em comparação com o sistema antigo. Note que há três estágios que representa o antes, o momento logo após a implementação do novo sistema, porém sem as melhorias como a compensação do material remanescente no laminador e otimização da rampa de desaceleração, e após a implementação final do novo sistema ASD.

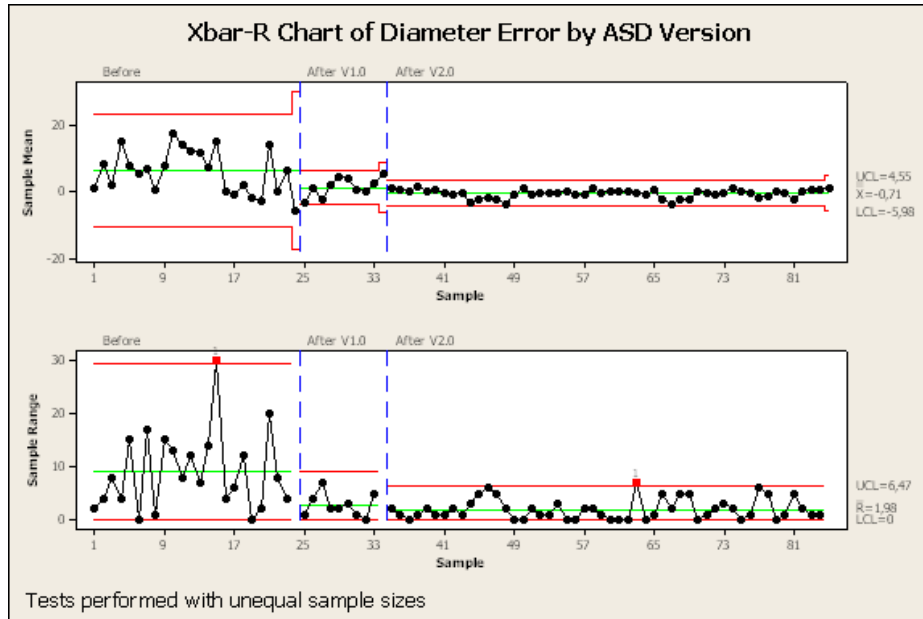


Figura 9. Erro médio de coroa em milímetros antes da implementação, após melhorias e final.

Observa-se uma melhora significativa na precisão do sistema, reduzindo o erro médio para 0,71 mm de coroa de material remanescente.

Após esta melhora expressiva do sistema nota-se nos gráficos abaixo o incremento da eficiência na produção de CBS e CES devido à redução de desperdício de material, sem contar os benefícios intangíveis como à confiança do operador em deixar o sistema parar automaticamente.

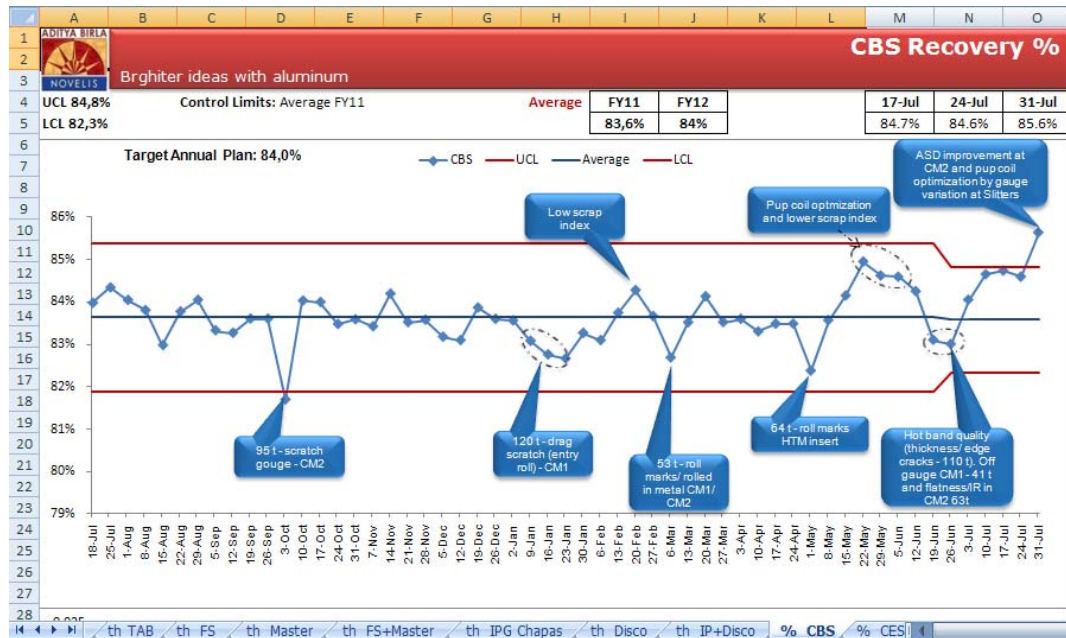


Figura 10. Aumento na eficiência do processo de CBS em cerca de 1%.



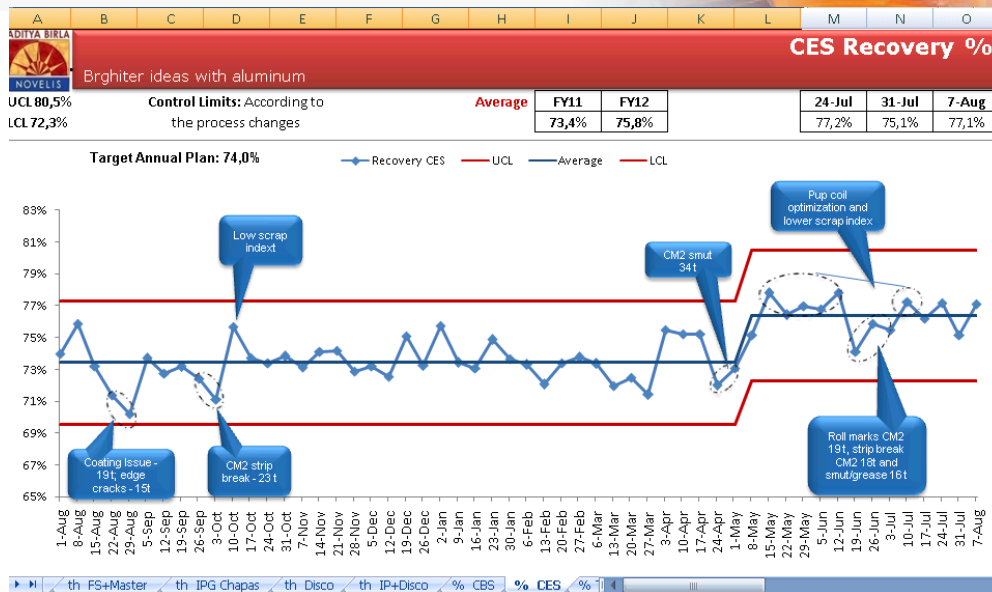


Figura 11. Aumento na eficiência do processo de CES em cerca de 2%.

## 4 CONCLUSÃO

A solução para leitura real do diâmetro baseado em calculo se mostrou muito precisa e eficiente em nosso sistema em relação à utilização de sensores, porém o fato da possibilidade de ocorrência de um deslizamento no rolo deflector, cujo valor de rotação influi diretamente no valor calculado, nos leva a crer que a solução mais robusta é a utilização de um sistema híbrido tendo o sistema baseado em calculo como principal e prioritário e o sistema baseado em sensor funcionando em paralelo, como um sistema redundante, além de um sistema de supervisão para chaveamento de sistemas caso detecte algum escorregamento crítico.

## Agradecimentos

Agradeço a Deus e todos da Novelis que colaboraram para que este trabalho obtivesse sucesso, em especial aos operadores do Laminador a frio 2 que pacientemente colaboraram nas medições e testes do novo sistema.

## REFERÊNCIAS

- CONNORS, J.J. Electrical Hardware for Automation Machinery of Recent Cold Mills. IEEE TRANSACTION ON INDUSTRY APPLICATIONS, V. IA-9, NO. 2, April/March 1973.
- HERBERT, R.B.; HOROWITZ, H.A.; BARRETT, D. F. Analog automatic slowdown system. US PATENT 3979080 – N.Y. SEPT. 7, 1976.
- IBA AG. Measurement and Automation Systems. Disponível em: <http://www.iba-ag.com>
- MINITAB. software para estatísticas. Disponível em: <http://www.minitab.com>
- GILBERT, WILLIAM B.. Methods of Diameter Determination for Center Driven Unwinds & Rewinds. Siemens - <http://www.industry.usa.siemens.com>.
- FLUDZINSKI, J. M. Coil diameter tracking system and tension regulation system using such tracking system. US PATENT 4448366 - WILLAIMSVILLE, N.Y. may 15, 1984.
- KURU, E.; KÖKLÜKAYA, E.; KURU, L. A Mathematical Application In Continuous Metals Processing Lines.
- CHAO, HUANG WEI; CHIH, HSINGWU. A Simulator of Winding Machine Controller using LabView Environment. 2004 8th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision Kunming, China, 6-9th December 2004.