

# REDUÇÃO DO NÚMERO DE QUEBRAS DE CILINDROS DO LAMINADOR CONTÍNUO DE PERFIS DA VOTORANTIM SIDERURGIA<sup>1</sup>

*Francismar Ribeiro Gomes<sup>2</sup>*  
*Izabelle Lannes Salgueiro Ferreira<sup>3</sup>*

## Resumo

Os cilindros de laminação são responsáveis por deformar e dar forma aos produtos laminados, sendo de várias dimensões e possuindo inúmeras formas, em função do tipo de produto a ser produzido. O presente projeto teve como objetivo, testar novas reduções nos passes de laminação, buscando obter equilíbrio entre os esforços de laminação em cada parte do produto, propor novos formatos de refrigeração para os cilindros e testar novas guias com maior robustez, visando atingir a meta de redução do número de quebras de cilindros em 50% quando comparado com o número de ocorrência no ano de 2011. O trabalho foi desenvolvido e testado nas Instalações da Votorantim Siderurgia, em Barra Mansa.

**Palavras-chave:** Cilindros de laminação; Gaiola acabadora.

## DECREASE THE NUMBER OF BREAKS ROLLING MILL ROLLS IN VOTORANTIM SIDERURGIA

## Abstract

The rolling mill rolls are responsible for deform and shape the rolled products, being of different sizes and possessing numerous forms, depending on the type of product to be produced. This project intend to test new reductions in rolling passes, searching for balance between efforts rolling in every part of the product, proposing new formats for cooling the cylinders and test new tabs with greater strength, the goal this project is decrease the number of breaks cylinder in 50% when compared with last year. The work was developed and tested in the Votorantim Siderurgia in Barra Mansa.

**Keywords:** Rolling mill rolls; Fnal ball rolling.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 68º Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

<sup>2</sup> *Técnico em Mecânica. Técnico de Processos. Votorantim Siderurgia. Barra Mansa, Rio de Janeiro, Brasil.*

<sup>3</sup> *Engenheira Metalurgista – Engenheira de Processo. Votorantim Siderurgia. Barra Mansa, Rio de Janeiro, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

Os primeiros laminadores desenvolvidos no mundo eram formados por gaiolas com três cilindros, estes laminadores, chamados de “trio aberto”, tinham como característica principal a deformação do material em vários passes na mesma gaiola. Com a modernização e o desenvolvimento de laminadores contínuos, com capacidade de atuar em velocidades maiores e com maior quantidade de passes, a quantidade de cilindros em uso tem sido cada vez maior.

Desde a partida do Laminador Contínuo de Perfis (LCP) da Votorantim Siderurgia no ano de 2008, unidade Barra Mansa, observa-se um crescente número de ocorrência de quebras de cilindros, elevando os custos operacionais do laminador.

Na Figura 1 podemos observar o número de ocorrência de quebras por ano, para o período de 2008 a 2011.



**Figura 1.** Histórico das ocorrências de quebras de cilindros de laminação no LCP.

As quebras impactam diretamente no índice de paradas do laminador, consumo de gás natural, consumo de cilindros de laminação, custo de manutenção de gaiolas e previsibilidade de entrega do produto, contribuindo para aumento do custo operacional.

O presente projeto consiste em testar novas reduções nos passes de laminação, buscando obter equilíbrio entre os esforços de laminação em cada parte do produto, propor novos formatos de refrigeração para os cilindros e testar novas guias com maior robustez, visando atingir a meta de redução do número de quebras de cilindros em 50% quando comparado com o número de ocorrência de 2011. O trabalho foi desenvolvido e testado nas Instalações da Votorantim Siderurgia, em Barra Mansa.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O método utilizado para desenvolvimento deste projeto foi o *Six Sigma*, visando alcançar resultado através do auxílio de ferramentas estatísticas, de acordo com a complexidade do problema.

A seguir as ferramentas utilizadas:

- Dados estatísticos e Análise de custo.
- Diagrama de Ishikawa, Matriz causa e efeito, Matriz esforço x Impacto.

- Estatística básica, Análise gráfica dos dados, FEMEA, Análise de Regressão.
- Plano de ação, Brainstorming.

De acordo com o histórico das ocorrências de quebras para o ano de 2011, foi possível identificar que 47% das ocorrências estavam localizadas na Viga U6”.

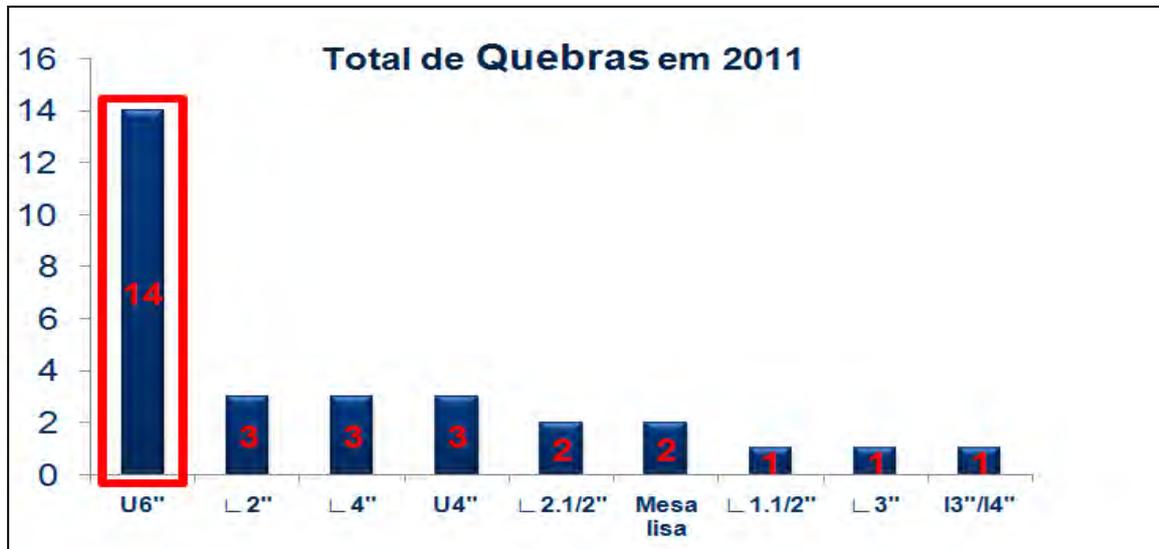


Figura 2. Número de ocorrência de quebras por produto laminado em 2011.

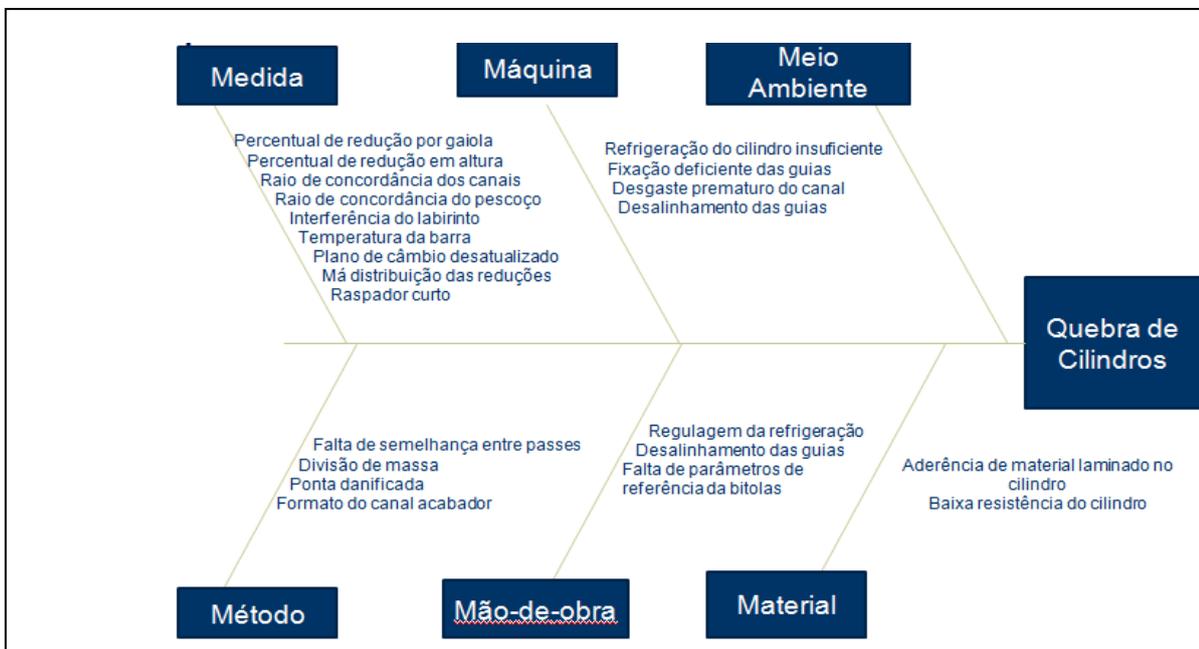
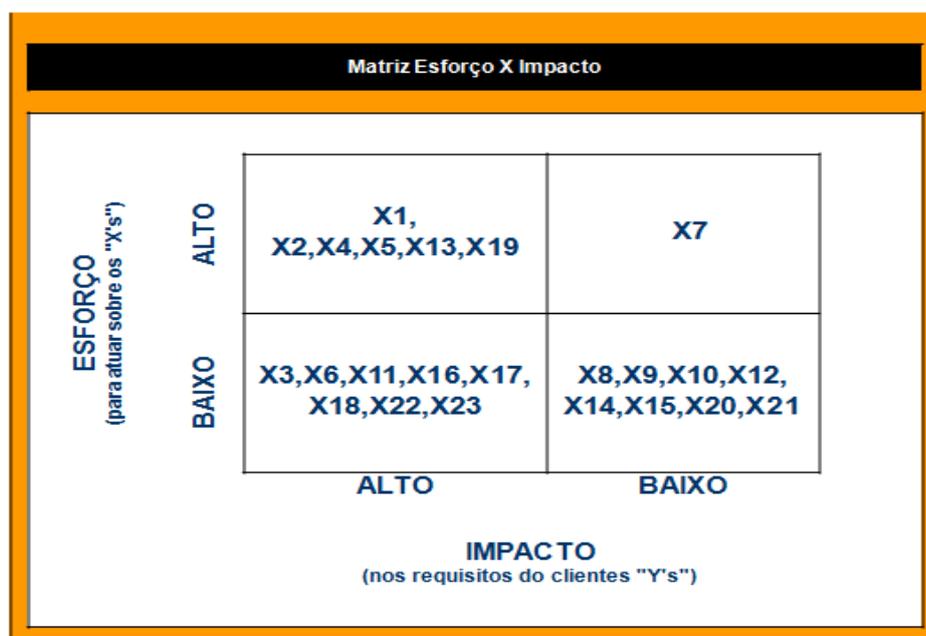


Figura 3. Diagrama de Ishikawa

**Tabela 1.** Matriz Causa & Efeito

| Índice de Importância |   |       |  |
|-----------------------|---|-------|--|
| X's do Processo       |   | TOTAL | Esforço da Eliminação da Variável de Entrada |
| X <sub>1</sub>        | Refrigeração  | 8     | alto   |
| X <sub>2</sub>        | Força de laminação  | 8     | alto   |
| X <sub>3</sub>        | Baixa Temperatura do tarugo   | 5     | baixo  |
| X <sub>4</sub>        | Calibração  | 9     | alto   |
| X <sub>5</sub>        | Material do cilindro  | 8     | alto   |
| X <sub>6</sub>        | Falta de interferência entre cilindro x labirinto                               | 4     | baixo  |
| X <sub>7</sub>        | Velocidade de laminação   | 9     | alto   |
| X <sub>8</sub>        | Alinhamento entre gaiolas   | 6     | baixo  |
| X <sub>9</sub>        | Tração entre gaiolas  | 6     | baixo  |
| X <sub>10</sub>       | Torque  | 4     | baixo  |
| X <sub>11</sub>       | Montagem dos cilindros  | 3     | baixo  |
| X <sub>12</sub>       | Diâmetro mínimo   | 5     | baixo  |
| X <sub>13</sub>       | Defeitos de fabricação do cilindro  | 7     | alto   |
| X <sub>14</sub>       | Usinagem  | 5     | baixo  |
| X <sub>15</sub>       | Manuseio no estoque   | 4     | baixo  |
| X <sub>16</sub>       | Aquecimento do núcleo do cilindro em função da redução da eficiência energética | 5     | baixo  |
| X <sub>17</sub>       | Histórico de envoltórios em interrupções ( ex: sucata )                         | 6     | baixo  |
| X <sub>18</sub>       | Mordida irregular   | 5     | baixo  |
| X <sub>19</sub>       | Guiagem deficiente  | 7     | alto   |
| X <sub>20</sub>       | Cedagem das gaiolas x cilindro rolando  | 6     | baixo  |
| X <sub>21</sub>       | Diferença da espessura entre aba  | 6     | baixo  |
| X <sub>22</sub>       | Raspador curto  | 6     | baixo  |
| X <sub>23</sub>       | Folga axial nas gaiolas de laminação  | 5     | baixo  |



**Figura 4.** Matriz Esforço x Impacto

Com a priorização das variáveis, foi possível realizar plano de ação focando nas ações de maior impacto menor esforço.

## 2.1 Plano de Ação

- Revisar a calibração da U6".
- Usinar os cilindros com a nova calibração de acordo com a figura a seguir, que evidencia através do estudo de elementos finitos as áreas com maior concentração de tensão.
- Avaliar e aprovar a nova revisão da interferência do anel labirinto.
- Revisar desenho do anel labirinto aumentando a interferência segundo PEREIRA e FABOZZI<sup>(1)</sup>
- Revisar plano de câmbio para U6".
- Aquisição de raspador novo.
- Estudo de alargamento para permitir 1º passe caixa (gaiola 1).
- Realizar um estudo da composição química, propriedades mecânicas do material do cilindro. (Ferro Fundido e aço)
- Realizar um levantamento/coletar dados durante a laminação da U6" das variações dos principais parâmetros de laminação.
- Estudo de semelhança entre formas (até o passe 13)
- Redução do esforço axial no passe acabador (gaiola 17).

Ao concluir as ações listadas acima, efetuamos o Teste 1. A seguir os pontos relevantes.

### 2.1.1 Pontos positivos

- Não tivemos ocorrência de quebra na gaiola 17.
- Total de 2.100t laminadas sem ocorrência de quebra.
- Melhor qualidade do material, reduzindo as marcas na lateral do canal.
- O surgimento das marcas de canal não ocorreu tão precocemente, como acontecia anteriormente.
- Os passes intermediários alterados (visando melhorar a ponta) não apresentaram nenhum problema.
- As dimensões do material, que era uma preocupação, não sofreram reduções, como era esperado.

### 2.1.2 Pontos negativos

- Tivemos dificuldade no acerto de qualidade em relação à ondulação, este problema já era esperado e foi corrigido ao trocar a gaiola preparadora, que foi montada com uma calibração alternativa.
- Ocorrência de quebra de cilindros na G12 e G14. (Obs: Não foram estudadas e nem tiveram modificações para que fossem eliminadas no teste 1). Foco era a G17.

### 2.1.3 Teste 2 (Laminação de duas campanha )

- Melhorar a qualidade da ponta em cada passe.
- Estender as revisões dos raios para os passes que apresentam histórico de quebra.
- Estudar as quebras ocorridas na campanha anterior e comparar com o histórico.
- Revisar os passes conforme análise.
- Alterar a luz de todos os passes (revisar desenho)

- Reenviar os desenhos consolidados da U6” e confeccionar gabaritos conforme revisão.
- Adquirir e instalar nova refrigeração em todos os passes.

### 3 RESULTADOS

- Redução de 70% no número de quebras de cilindros comparando 2011 x 2012.
- Melhor qualidade superficial do produto.
- Redução significativa nas trocas de canais.
- Sem ocorrência de quebra nas últimas 4 campanhas de Viga U6” (Período de Maio a Dezembro de 2012).
- Redução do tempo de acerto de bitola.
- Redução do acúmulo de barras na entrada da endireitadeira.
- Eliminação da G4 devido a redistribuição dos esforços, com isto foi possível reduzir o consumo de energia de 73,3 para 70,3 kWh.
- Todas as ações implementadas para eliminar a quebra e melhorar a qualidade estão diretamente ligadas ao tempo de parada.
- Há uma forte tendência do número de quebras chegar a zero (0), como ocorrido nas últimas campanhas. Já que a principal ocorrência havia sido eliminada antes da conclusão de todas as ações.

### 4 DISCUSSÃO

As quebras localizadas nas gaiolas 12, 14 e 17 estão relacionadas às condições de reduções aplicadas nas abas e na alma do produto, a dificuldade de visualização destas quebras possivelmente estava relacionada à maneira como estava sendo estudada. Podemos atribuir o problema a má distribuição dos esforços, não considerados quando juntou numa só forma, um passe com geometrias totalmente distintas.

De acordo com a análise do estudo de elementos finitos enviados pela Villares, foi possível identificar as regiões com maior concentração de tensão, na qual, viabilizou as alterações dos raios de concordâncias dos cilindros.

### 5 CONCLUSÃO

O objetivo inicial do trabalho foi alcançado, eliminando a principal ocorrência de quebra de cilindros para o produto com maior impacto no resultado, com isso superamos a meta definida pelo grupo. É importante destacar que o direcionamento dado ao trabalho abriu novos métodos de verificação dos esforços nos passes de laminação, viabilizando a identificação de causas raízes para os demais produtos do laminador.



Figura 5. Histórico das quebras de cilindros

### Agradecimentos

- Aos supervisores de turno, colaboradores da operação e da oficina de cilindros;
- À Villares.
- Ao Eng. Luis Cláudio Maia Nunes

### BIBLIOGRAFIA

- 1 PEREIRA, L. M. S.; FABOZZI, A. F. Análise do rompimento de pescoços de cilindros nodulares utilizados no laminador de longos da Votorantim – Barra Mansa. Villares Rolls, São Paulo, dez. 2011.