

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA  
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

CARLOS ANTONIO CARDOSO GOMES

OTIMIZAÇÃO EM UMA LINHA DE INSPEÇÃO DE BOBINAS DE AÇO  
LAMINADO A FRIO

SANTOS/SP  
2013

CARLOS ANTONIO CARDOSO GOMES

OTIMIZAÇÃO EM UMA LINHA DE INSPEÇÃO DE BOBINAS DE AÇO  
LAMINADO A FRIO

Dissertação apresentada à Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de mestre no Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, sob orientação de: Prof.Dr. Marcos Tadeu Tavares Pacheco, e Prof. Willy Ank de Morais

SANTOS/SP  
2013

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

\_\_\_\_\_  
Assinatura

Santos \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

Gomes, Carlos Antonio Cardoso

Otimização em uma linha de inspeção de bobinas de aço laminado a frio / Carlos Antonio Cardoso Gomes - 2013  
38 p.

Orientador: Prof.Dr. Marcos Tadeu Tavares Pacheco

Coorientador: Prof. Willy Ank de Moraes

Dissertação (Mestrado) – Universidade Santa Cecília,  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica,  
Santos, SP, 2013.

1. Aço. 2. Laminação a frio. 3. Linha de inspeção. 4. Carro elevador. 5. Bobina.  
I. Pacheco, Marcos Tadeu Tavares II. Moraes, Willy Ank de III. Otimização em uma  
linha de inspeção de bobinas de aço laminado a frio.

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA

OTIMIZAÇÃO EM UMA LINHA DE INSPEÇÃO DE BOBINAS DE AÇO  
LAMINADO A FRIO

CARLOS ANTONIO CARDOSO GOMES

Dissertação julgada adequada para obtenção do título de mestre em Engenharia Mecânica, defendida e aprovada em 06/04/2013 pela Banca Examinadora.

---

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Karina Tamião de Campos Roseno  
Universidade Santa Cecília

---

---

Prof<sup>o</sup>. Willy Ank de Moraes  
Universidade Santa Cecília

---

---

Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Marcos Tadeu Tavares Pacheco, PhD  
Universidade Santa Cecília

---

---

Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Carlos José Lima  
Unicastelo

\_ **O orientador declara que a Dissertação tem a aprovação** para digitalização (02 cópia CD), a fim de serem entregues na Secretaria para o início do processo de pedido de diploma, o prazo máximo de **30 dias** a contar da defesa.

\_ **O orientador declara que a Dissertação tem a aprovação condicionada às reformulações solicitadas pela Banca Examinadora** no prazo máximo de **90 dias** a contar da defesa, tendo o aluno, obrigatoriamente, que apresentar a dissertação com as reformulações aprovadas até \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_. O aluno tem, a partir desta data-limite, o prazo máximo de **30 dias** para a entrega de 02 cópias em CD da dissertação, a serem entregues na Secretaria para o início do processo de pedido de diploma.

---

Assinatura do Orientador

Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

*Dedico este trabalho à minha família, pelo incentivo.*

## AGRADECIMENTO

À Deus, criador de tudo.

Ao amigo e Prof. Dr. Marcos Tadeu T. Pacheco, pela orientação da dissertação, sempre disposto a ajudar com ideias e sugestões significativas para a conclusão deste trabalho.

Ao amigo e Prof. Willy Ank de Moraes, pela co-orientação da dissertação, contribuindo com seu amplo conhecimento e experiência na área de Siderurgia.

Ao amigo e Prof. Aldo João Alberto, por não medir esforços para transferir seus conhecimentos nas horas que precisei.

Ao amigo e Prof. José Carlos Lopes, que contribuiu com dicas e experiências de sua vida profissional.

Aos colegas de trabalho do setor de engenharia da IAP S/A, que sempre me incentivaram profissionalmente.

À minha família, pai, mãe e irmãos, por terem me encorajado para a conclusão deste trabalho.

A todos os docentes do programa de pós-graduação, que de alguma maneira contribuiu para a conclusão deste trabalho.

A todos os colegas da empresa, e principalmente o nosso líder que contribuíram para a conclusão deste trabalho.

A todos que de alguma maneira, contribuíram para que este trabalho pudesse ser concluído.

*A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído.*

*(Confúcio)*

## RESUMO

Com a globalização, aumento da competitividade, qualidade com menor custo, e as exigências do mercado, uma usina siderúrgica visou aumentar sua produção mantendo a qualidade dos produtos. O processo de fabricação de uma bobina de aço inicia-se no laminador de tiras a quente, onde a chapa transforma-se em uma bobina, e pode ser comercializada para fins de estrutura soldável, rodas, tubos, botijões, assoalho para automóveis e demais componentes. Porém, para utilizar na confecção de geladeiras, fogões, automóveis, a bobina continua no processo de laminação a frio. Na laminação a frio a bobina segue pela linha de decapagem onde realiza-se a retirada da carepa de óxido de ferro, depois para o laminador de tiras a frio onde sofre uma redução na espessura e em seguida vai para os fornos de recozimento para aumentar a elasticidade do material. O processo continua através do laminador de encruamento, para aumentar o ponto de escoamento do material, e por fim segue para a linha de inspeção, que tem por finalidade: inspecionar, medir, cortar, e pesar o material de acordo com a especificação exigida. O presente trabalho visou propor a otimização da linha de inspeção, aumentando a produtividade, e reduzindo o risco de acidentes. Realizou-se, portanto o levantamento dos relatórios diários de produção dos últimos 2 anos. E identificaram-se os equipamentos que geravam mais paradas durante o processo. Entre os equipamentos destacaram-se os rolos propulsores e o carro elevador de bobinas. Foram realizadas as melhorias propostas nestes dois equipamentos críticos, sendo que a principal foi no carro elevador de bobinas, porque além de gerar as paradas na linha, ele também expunha o operador a risco de acidentes. As modificações nos equipamentos foram realizadas num período de 10 meses, após essa fase, a linha foi novamente monitorada e observou-se através dos relatórios de produção que reduziu-se o número de paradas de emergência. Com este trabalho foi possível obter um aumento da eficiência da linha, aumentando a produtividade da empresa, e reduzindo o risco de acidentes.

**Palavra-chave:** Aço. Laminação a frio. Linha de inspeção. Carro elevador. Bobina.

## **Abstract**

With globalization, increased competition, quality at lower cost, and the market demands, a steel mill aimed to increase production while maintaining the quality of products. The process for manufacturing a steel coil starts at the hot strip mill where the plate turns in a coil and can be sold for the purpose of welded structure, wheels, tubes, bottles, and other automotive floor components. However, to be used in the manufacture of refrigerators, stoves, cars, the coil keeps in the process of cold rolling. In cold rolling the coil follows in the pickling line where is carried out where the mill scale iron oxide is removed, then it goes to the cold strip mill where its thickness is reduced and then goes to the annealing furnace to increase the elasticity of the material. The process continues through the hardening laminator to increase the yield point of the material, and finally goes to the inspection line, that is to: inspecting, measuring, cutting, and weighing the material in accordance with the required specification. This study aims to propose the optimization of inspection line, increasing productivity, and reducing the risk of accidents. Through the survey of daily production reports of the last two years, we identified the equipment that generated more stops during the process. Among the equipment, car rolls thrusters and lift coils were highlighted. In both devices, improvements were made as proposed in these two critical equipment and the main was in the car lift coils, because in addition to generating the stops on the line, it also exposed the operator to the risk of accidents. The equipment modifications were made over a period of 10 months, after this phase, the line was again monitored and observed through the production reports that reduced the number of emergency stops. Due to this work, it was possible to obtain an increase in line efficiency, increasing the company's productivity, and reducing the risk of accidents. This is the hardening laminator.

Keyword: Steel Cold Rolling. Inspection line. Car lift. Coil.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	- Carro elevador retirando bobina do mandril da enroladeira	13
Figura 2.1	- Fluxo de processo da laminação de tiras a frio .....	16
Figura 2.2	- Diagrama da curva de tração.....	18
Figura 2.3	- Efeito do encruamento.....	18
Figura 2.4	- Fluxo da linha de inspeção .....	19
Figura 2.5	- Quebra de colamento.....	20
Figura 2.6	- Esteira para transporte de bobinas de entrada.....	23
Figura 2.7	- Carro elevador de bobinas .....	23
Figura 2.8	- Mandril da desenroladeira .....	23
Figura 2.9	- Rolos propulsores .....	23
Figura 2.10	- Mesa móvel.....	23
Figura 2.11	- Oleadeira .....	23
Figura 2.12	- Sistema de busca bordas.....	23
Figura 2.13	- Correia tensora.....	23
Figura 2.14	- Mandril da enroladeira .....	23
Figura 2.15	- Ponte rolante.....	23
Figura 3.1	- Fixação dos tubos de proteção para os rolos .....	25
Figura 3.2	- Tabela de tubo de aço norma ANSI B.36.10 e B.36.19 .....	25
Figura 4.1	- Dispositivo para proteção dos rolos e direcionar a tira.....	27
Figura 4.2	- Redução das paradas na linha após a proteção dos rolos..	29
Figura 4.3	- Conjunto do carro elevador de bobina .....	30
Figura 4.4	- Dispositivo com as placas no carro elevador .....	30
Figura 4.5	- Carro elevador após as modificações, retirando o miolo	32
Figura 4.6	- Redução das paradas na linha após modificação no carro	33

## SUMÁRIO

<b>1 - Introdução</b> .....	12
1.1 - O processo da linha de inspeção .....	12
1.2 - Objetivos .....	14
<b>2 - Revisão bibliográfica</b> .....	15
2.1 - O processo de uma Usina Siderúrgica .....	15
2.2 - O processo de laminação de Tiras a frio .....	16
<b>3 - Materiais e métodos</b> .....	24
3.1 - Materiais e métodos para os rolos propulsores .....	24
3.2 - Materiais e métodos para o carro elevador de bobinas .....	26
<b>4 - Resultados e discussões</b> .....	27
4.1 - Resultados e discussões para os rolos propulsores .....	27
4.2 - Resultados e discussões para o carro elevador .....	29
<b>5 - Conclusões e sugestões</b> .....	34
5.1 - Conclusões .....	34
5.2 - Sugestões .....	34
<b>6 - Referências bibliográficas</b> .....	35

## **1 - INTRODUÇÃO**

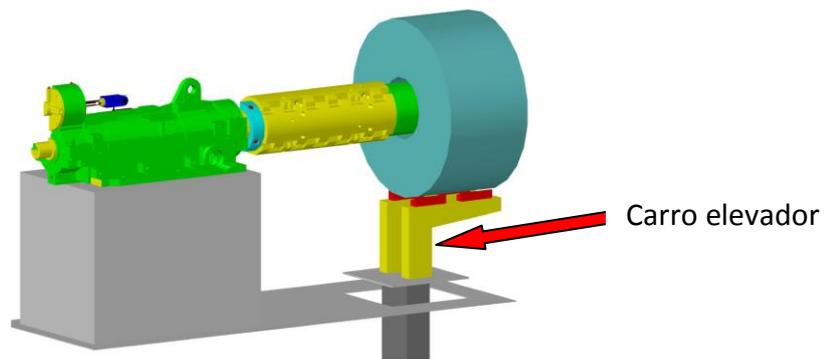
### **1.1 - O processo da linha de inspeção**

Durante o processo na linha de inspeção ocorre algumas paradas de emergência. Desde a implantação da linha há alguns equipamentos críticos que são os responsáveis pelas paradas de emergência, interferindo no resultado da produção final, além de expor o operador em risco de acidentes.

São vários equipamentos ao longo da linha que são responsáveis pelas paradas, entre eles destacam-se os rolos propulsores, e o carro elevador de bobinas.

Os rolos propulsores são cilindros confeccionados com aço carbono e revestido com poliuretanos e tem por finalidade tracionar e direcionar a tira. Porém ao desenrolar a bobina para iniciar o processo, a ponta da tira muitas vezes antes de passar entre os rolos, atinge o revestimento do rolo vindo a danificá-lo. Essa situação ocorre porque o início da tira vem com a ponta fora da posição de alinhamento entre os rolos, devido ficar enrolada em forma de bobina (CORNELIO, 2013).

O carro elevador de bobinas de saída, equipamento para retirar a bobina do mandril da enroladeira, tem limitação na altura. Porém quando necessita retirar o miolo da bobina no mandril, não há altura suficiente para o carro elevador atingir o miolo devido tal limitação. O carro elevador trabalha executando movimentos horizontal e vertical. No movimento horizontal, ele movimenta-se acionado por um cilindro hidráulico e faz o percurso sobre um trilho retirando a bobina do mandril da enroladeira e transportando-a para a esteira transportadora de bobinas de saída. No movimento vertical, ele age exatamente como um elevador. Porém é acionado por um cilindro hidráulico onde faz o percurso dentro de guias revestidas com chapas de bronze garantindo sua rigidez e firmeza para executar este movimento de retirada da bobina do mandril da enroladeira (figura 1.1).



**Figura 1.1 - Carro elevador retirando bobina do mandril da enroladeira**

Para a retirada dos miolos da bobina, a situação é a mesma, porém o carro elevador não consegue executar a retirada do miolo da bobina no mandril da enroladeira, devido a limitação na altura. Há então a necessidade da intervenção do operador. Geralmente para executar essa tarefa, o operador da linha pede auxílio para um outro colaborador para agilizar o processo.

Para a retirada do miolo da bobina no mandril da enroladeira, o operador utiliza tarugos e calços de madeiras, caibros e vigas para servirem de apoios entre o miolo da bobina e o carro elevador.

Esse procedimento além de gerar uma perda de produção, devido a parada da linha, também gera uma condição insegura para o operador auxiliar. Essa é a pior situação de risco de acidentes para o operador auxiliar, porque ele tem um contato direto com o equipamento em operação, e a sua comunicação com o operador do painel de comando ocorre somente por sinais, devido a distância e o excesso de ruídos podendo a qualquer momento ser atingido pelo equipamento, ou pela tira. O processo de retirada do miolo inicia-se com o operador auxiliar aproximando-se do carro elevador para posicionar os calços de madeira sobre o carro elevador, enquanto o outro operador fica no painel de comando aguardando o sinal do operador auxiliar.

Depois de posicionar os calços de madeira, o operador auxiliar sinaliza para o operador do painel de comando para executar a operação. Em seguida o operador do painel de comando começa movimentar o carro elevador lentamente para que o miolo posicione-se sobre os calços (ROYO, 2013).

Após essa etapa, é possível retirar o miolo da enroladeira.

O carro elevador transporta o miolo até a esteira de saída, e em seguida o operador auxiliar retira os calços de madeira do carro elevador. Porém se não der certo, repete-se a operação até obter o resultado final que é a retirada do miolo da bobina.

Somente depois de realizada esta etapa, o carro elevador retorna para a posição de trabalho, abaixo da enroladeira, e a tira movimenta-se até o mandril da enroladeira e reinicia-se o processo.

## **1.2 - OBJETIVOS**

Este trabalho visa propor a otimização na linha de inspeção de bobinas de aço laminado a frio, através de um estudo de caso para verificar os equipamentos críticos e aumentar a produtividade deste setor da empresa reduzindo o risco de acidentes. Foram implantadas alternativas para melhorar o processo da linha entre os equipamentos críticos, rolos propulsores e o carro elevador. Para os rolos propulsores foi projetado um sistema para direcionar a tira, evitando o dano do revestimento do rolo. E para o carro elevador foi implementado um sistema para retirada dos miolos de bobina de aço laminado a frio, agilizando o processo sem a presença do operador auxiliar.

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 - O processo de uma Usina Siderúrgica

O processo em uma usina siderúrgica inicia-se com o carvão mineral. A mistura de carvões é homogeneizada em misturadores e enviadas por correias transportadoras até os silos de estocagem das coquerias. Dos silos, a mistura é retirada através das máquinas enforadoras até os fornos das baterias de coque.

Nas baterias de coque ocorre a destilação da mistura de carvões, obtendo-se o coque como produto principal, utilizado como combustível redutor nos altos-fornos. No processo de coqueificação do carvão são gerados o gás de coqueria e outros subprodutos, que são beneficiados nas plantas de produtos carboquímicos.

O minério de ferro fino, matéria prima básica do processo siderúrgico, juntamente com os fundentes são estocados em pátios primários. O manuseio é feito por correias transportadoras e máquinas móveis. Dos pátios primários, estas matérias primas são removidas, passam por um processo de homogeneização e são estocadas nos pátios secundários. O processo de homogeneização consiste basicamente na dosagem das diversas matérias-primas, em proporções definidas, de modo a se obter a característica física e química desejada. O processo de sinterização consiste em aglomerar os finos de minério de ferro, fundentes e resíduos de geração interna. O resultado é um produto denominado sinter, de característica química adequada, física e metalúrgica, consumido nos altos-fornos.

A redução e a fusão da carga metálica ocorrem no alto-forno, gerando o ferro gusa líquido, que segue para a aciaria em carros torpedos (PANJKOVIC; WU 2013). Na aciaria ocorre a produção do aço via lingotamento contínuo de placas para as mais diversas aplicações (CLARK, 2013). As placas seguem para as laminações. Na laminação de chapas grossas, de acordo com a capacidade da linha o processo pode transformar as placas em chapas com dimensões de acabamento de 6,00 a 100,00mm de espessura, 900 a 3900mm de largura e comprimento de 2.400 a 25.000mm, com ou sem tratamento térmico e ensaios de ultra-som. (BRANDNER, 2013).

Na laminação de tiras a quente, de acordo com a capacidade da linha, as placas transformam-se em bobinas com dimensões de acabamento de 1,80 a 12,70mm de espessura, e 715 a 1.870mm de largura (WANG, 2012). As bobinas

são destinadas aos mercados internos e externos, com aplicabilidade diversas: estrutura soldável, rodas, tubos, longarinas, botijões. São também utilizadas para relaminação a frio, para aplicação nas indústrias automobilísticas e de linha branca.

## 2.2 - O processo de laminação de tiras a frio

O processo na laminação de tiras a frio, inicia-se pela decapagem das bobinas, depois vai para o laminador de tiras a frio, para os fornos de recozimento em caixa, para o laminador de encruamento e por fim a linha de inspeção, conforme esquematizado na figura 2.1.

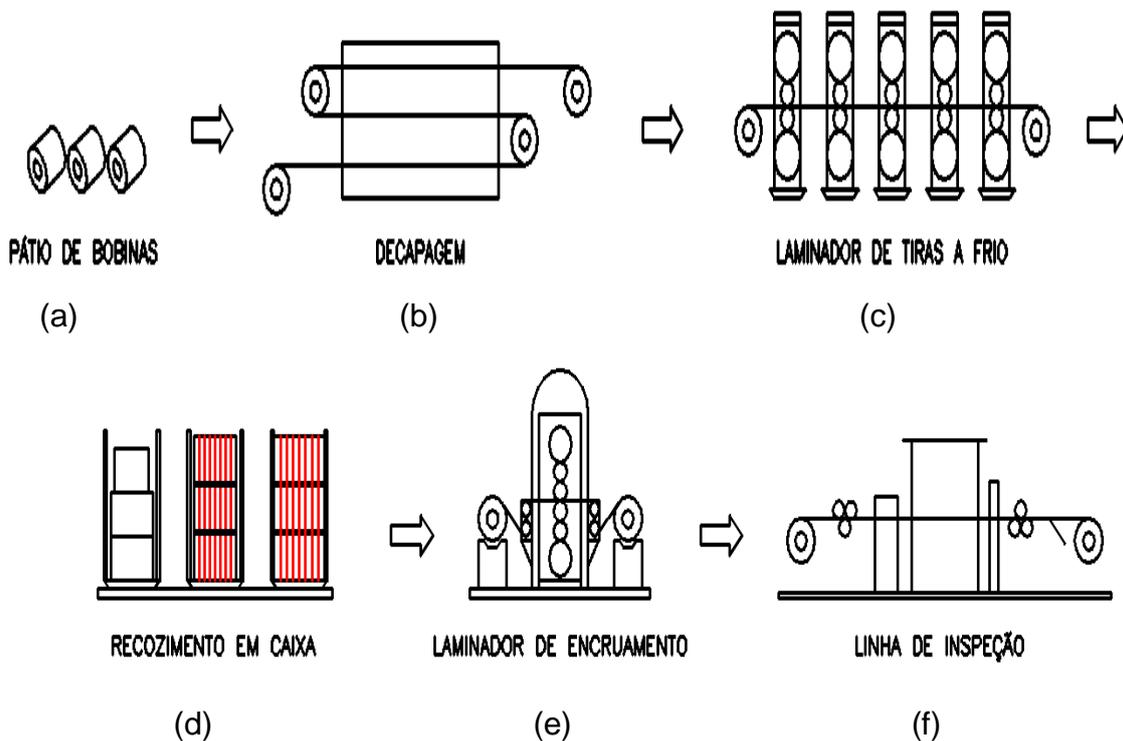


Figura 2.1 - Fluxo de processo da laminação de tiras a frio

### a-) Pátio de bobinas

Após o processo de laminação a quente as bobinas são armazenadas e estocadas para resfriamento no pátio de bobinas, depois são comercializadas ou segue para o processo na laminação a frio começando pela linha de decapagem.

### **b-) Linha de decapagem**

Na linha de decapagem ocorre o processo químico para remoção da carepa, ou camada de oxidação, acumulada na superfície do ferro ou aço, resultante da operação de aquecimento. É necessário remover esta carepa antes de qualquer processo posterior. O método universalmente adotado é a decapagem em ácido diluído. O processo geral para decapar é submergir o material em um banho de ácido até que haja a remoção da carepa, depois ele é retirado e banhado com uma solução neutralizadora para que sejam removidos quaisquer traços daquele ácido.

A remoção destes óxidos é feita pela ação da solução de ácidos inorgânicos como meio decapante. Comumente os ácidos utilizados são: HCL (ácido clorídrico), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ácido sulfúrico), e H<sub>2</sub>NO<sub>3</sub> (ácido nítrico).

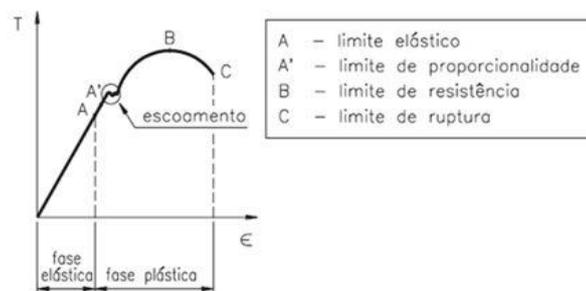
### **c-) Laminador de tiras a frio**

No laminador de tiras a frio, ocorre o processo de transformação mecânica de metais ou ligas realizado por deformação plástica entre cilindros que giram à mesma velocidade periférica, mas em sentidos contrários. A peça inicial para o processamento, neste caso, é um produto semi-acabado (chapa), previamente laminada a quente. Como a temperatura de trabalho (temperatura ambiente) situa-se abaixo da temperatura de recristalização, o material da peça apresenta uma maior resistência à deformação não permitindo dessa forma, intensidades elevadas de redução de seção transversal. O laminador recebe a tira laminada a quente relativamente fina, com uma espessura de 1,8 a 2,0mm e após o processo de laminação a tira deve ficar com 0,22 a 0,28mm. No laminador, a bobina decapada é processada e através de forças de compressão e tração a espessura da tira é reduzida em um passe único em cada cadeira até chegar a espessura final e limpeza da chapa. Neste processo, obtêm-se a espessura final, a planicidade e rugosidade ideal para o processo de recozimento. Na última cadeira a refrigeração é feita através de detergente. Além dessa função o detergente faz a limpeza de superfície. (OVERHAGEN, 2013).

### **d-) Fornos de recozimento**

Na operação de recozimento, as bobinas de aço são colocadas dentro de fornos com um sistema de controle atmosférico para impedir a oxidação e melhorar a limpidez superficial. Nestes fornos as bobinas são submetidas a um tratamento

térmico de recozimento. Após esta fase, o material fica muito dúctil e passa a apresentar um patamar de escoamento, conforme percebido a partir de uma curva tensão-deformação similar à esquematizada na figura 2.2. O comportamento plástico do material apresenta instável nesta situação, de forma que não é recomendável trabalhar com o mesmo. A curva de tração exemplificada na figura 2.2 mostra a evolução da tensão em função da deformação, durante um ensaio de tração. Observa-se o patamar de escoamento plástico descontínuo que existe logo após o limite elástico. Se um corpo de prova dessa chapa for submetido a deformação por flexão até o limite elástico a deformação permanecerá regular, mas desde que um ponto da superfície tenha atingido o limite elástico esse ponto vai se deformar plasticamente e, por causa da anomalia da curva de tração, a deformação irá se concentrar neste mesmo ponto. Isso acontece até o momento em que, a tensão aumenta nessa zona, uma nova deformação local se produzirá em um ponto vizinho. Vê-se então que, por causa da presença da anomalia na curva de tração, a deformação não será uniforme, mas se localizará em certas regiões. (IWATA, 2013).



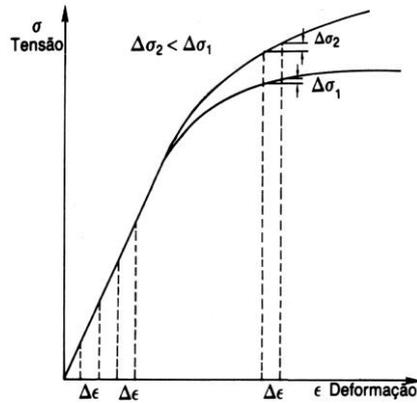
**Figura 2.2 - Diagrama da curva de tração**

Fonte: CALLISTER, Jr., W.D. Materials Science and Engineering.

7<sup>o</sup> ed. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2007.

### **e-) Laminador de encruamento**

O laminador de encruamento é equipado com desenroladeira com mandril expansível no lado da entrada e uma enroladeira no lado da saída. A tira passa na entrada e na saída em rolos tensores. Nada há de particular na operação a não ser a dificuldade de fazer exatamente o passe desejado. A laminação de encruamento tem por fim, melhorar o aspecto da superfície que devido ao recozimento tornou-se fôscas, tornando-a bem plana e brilhante; e aumentar o limite de deformação permanente conforme a figura 2.3. (HORSKY, 2013) .



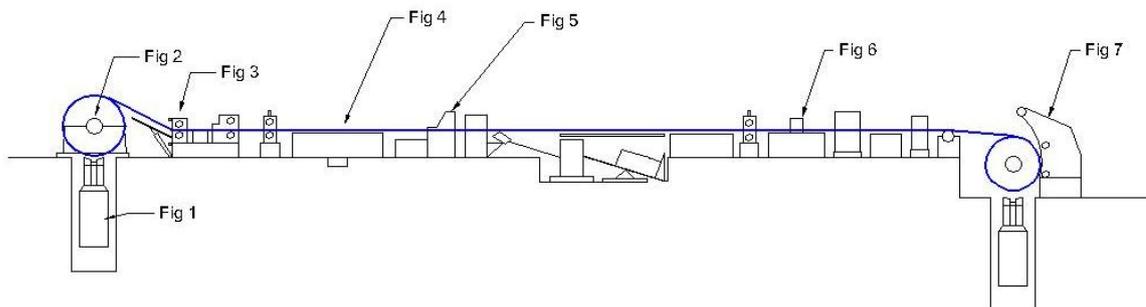
**Figura 2.3 – Efeito do encruamento de um material metálico sobre a curva tensão vs deformação**

Fonte: CALLISTER, Jr., W.D. Materials Science and Engineering.

7<sup>ª</sup> ed. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2007.

#### f-) Linha de inspeção

Antes de enviar a bobina de aço para o cliente, é necessário que ela seja inspecionada. Na linha de inspeção final (figura 2.4), a bobina de aço é inspecionada, pesada, embalada e enviada para o setor de embarque (LEE, 2004).



**Figura 2.4 - Fluxo da linha de inspeção**

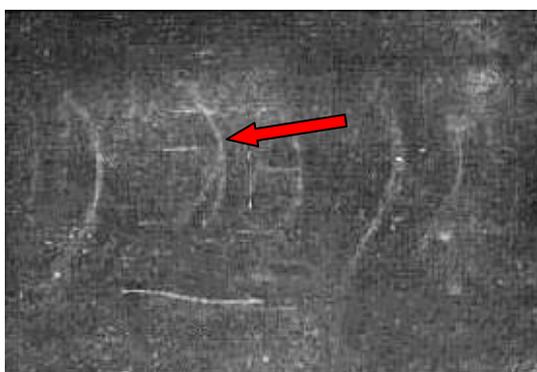
Fig 1- Carro elevador de bobinas; Fig 2- Mandril da desenroladeira; Fig 3- Rolos propulsores;  
Fig 4- Mesa móvel; Fig 5- Oleadeira; Fig 6- Sistema de busca bordas; Fig 7- Correia tensora;

A linha de inspeção de bobinas de aço laminado a frio, tem a característica de desenrolar e enrolar a bobina, para que seja realizada a inspeção no material antes do corte e da pesagem (GORLOVA, 2012).

Ela tem como principal objetivo o controle da qualidade no processo de fabricação. Na linha a tira é aparada, cortada, pesada, inspecionada contra os possíveis defeitos de laminação, enviada para o setor de embalagem, e em seguida para o pátio de estocagem e embarque (NORTHERN, 2013).

Esse processo de inspeção é realizado em todas as bobinas visualmente por inspetores qualificados para detectar quaisquer tipos de defeitos e anormalidades na tira durante a passagem pela linha de inspeção.

Entre os defeitos encontrados os mais comuns são: Casca de laranja, recozimento azul, ferrugem chuva recozimento, risco decapagem, marca d'água, e quebra de colamento (figura 2.5).



**Figura 2.5 – Quebra de colamento**

Também são realizadas as medições de largura e espessura do material, e quando solicitado pelo cliente, o material recebe uma proteção com óleo mineral. Quando o material não atende as normas de fabricação ou é reprovado por algum defeito de fabricação ele é desviado para outras aplicações (PEINTINGER, 2013).

A linha é composta pelos seguintes equipamentos:

- Esteira transportadora de bobina de entrada/saída :

A esteira transportadora de entrada (figura 2.6) recebe a bobina que é conduzida por uma ponte rolante, e transporta-a até o carro elevador de entrada. Na saída, o carro elevador transporta a bobina até a esteira, em seguida a ponte rolante leva-a para a área de embalagem.

- Carro elevador de bobinas de entrada/saída :

O carro elevador de bobinas (figura 2.7), de entrada tem por finalidade retirar a bobina da esteira de entrada e levá-la até o mandril da desenroladeira. Na saída sua finalidade é retirar a bobina, e o miolo da bobina do mandril da enroladeira, e levá-la até a esteira transportadora de bobina de saída (HILINSKI, 2006).

- Mandril da desenroladeira :

De acordo com Ataíde (2011) o mandril da desenroladeira é um equipamento que foi projetado de uma maneira que contrai e expande (figura 2.8). Ele contrai-se na hora em que recebe a bobina, e logo que a mesma está posicionada se expande para prendê-la, de forma que mesmo ela entrando no processo de desenrolar, não escorregue e nem se solte do mesmo.

- Rolos propulsores :

Os rolos propulsores são cilindros confeccionados com aço carbono, são revestidos com poliuretano (figura 2.9), tem por finalidade tracionar e guiar a tira. Devido ter contato direto com o material, precisam estar sempre limpos e ajustados para trabalhar em sincronismo, para não causar marcas ou defeitos no material (HOFHERR C, 2013).

- Mesa móvel :

A mesa móvel é uma estrutura com o formato de uma placa retangular, (figura 2.10) acionada por cilindros pneumáticos e revestida com placas de celeron, a fim de proteger e evitar imperfeições nas tiras. Tem por finalidade servir de apoio para a passagem da tira na ausência da oleadeira.

- Oleadeira:

A Oleadeira é um equipamento com um tanque acoplado para armazenamento de óleo, e com um sistema de bicos *sprays* para pulverizar o óleo sobre a tira de aço durante a passagem da mesma pelo equipamento (figura 2.11). Porém esse equipamento tem uma especificidade, ou seja, ele percorre sobre um trilho acoplado a linha, e somente é utilizado quando o material necessita de uma proteção de óleo.

- Busca bordas :

O busca bordas é um conjunto de instrumentos com um processador de sinal, um servo atuador com um sensor de leitura, que tem a finalidade de manter o alinhamento da tira durante o processo até o mandril da enroladeira na figura 2.12 (ATAÍDE, 2011).

Porém para a tira atingir o mandril da enroladeira, ela precisa do auxílio da correia tensora.

- Correia tensora :

A correia tensora é uma estrutura confeccionada com rolos, cilindros e uma correia (figura 2.13), que tem por finalidade conduzir a tira a posicionar-se no mandril da enroladeira.

- Mandril da enroladeira :

O mandril da enroladeira trabalha semelhante ao mandril da desenroladeira, porém enrolando a tira (figura 2.14). Após enrolar a tira, a mesma se transforma em uma bobina para ser comercializada(OSAKI, 2012).

- Setor de embarque :

Assim que a bobina fica pronta e é aprovada pela inspeção final, a mesma é transportada da esteira de bobinas de saída pela ponte rolante (figura 2.15), que transfere para o setor de embalagem e em seguida para o setor de estocagem e embarque, para ser enviada para o cliente.



**Figura 2.6 - Esteira para transporte de bobinas**



**Figura 2.7 - Carro elevador de bobinas**



**Figura 2.8 - Mandril da desenroladeira**



**Figura 2.9 - Rolos propulsores**



**Figura 2.10 - Mesa móvel**



**Figura 2.11 - Oleadeira**



**Figura 2.12 - Sistema de busca bordas**



**Figura 2.13 - Correia tensora**



**Figura 2.14 - Mandril da enroladeira**



**Figura 2.15 - Ponte rolante**

### 3 - MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 - Materiais e métodos para os rolos propulsores

Utilizou-se para realizar essa pesquisa os relatórios diários de produção. Após a verificação das informações, foi elaborado um sistema de monitoramento das paradas na linha de inspeção, conforme descrito abaixo:

- a-) Levantamento dos relatórios diários de produção da linha de inspeção dos últimos 24 meses;
- b-) Avaliação das informações contidas nos relatórios para identificar os tipos de paradas;
- c-) Identificação dos equipamentos que geravam mais paradas na linha durante o processo.

Foi verificado que os equipamentos críticos eram os rolos propulsores e o carro elevador. Os rolos por serem revestidos com poliuretanos, sofrem cortes com a ponta da tira, quando a mesma inicia o desbobinamento. Quando atingido, dependendo do corte o rolo fica impróprio para o uso, devido causar um defeito no material, ou seja o rolo estampa o material com a marca do entalho realizado pela tira, que é reprovado pela inspeção de qualidade. Portanto para continuar o processo tem que substituir o rolo.

A substituição do rolo gera uma parada na linha, e uma perda na produtividade.

Para os rolos, foi elaborado um estudo para instalação de uma sistema a fim de guiar a tira de aço entre eles e ao mesmo tempo protegê-los, a idéia inicial foi utilizar tubos de 2.1/2" de aço carbono ANSI B.36.10 grau B Série 80 (figura 3.2), devido seu formato, permitindo a instalação de uma chapa no local com um ângulo para guiar a tira de aço durante o processo.

Antes da instalação foi feito uma verificação no local e foi observado que não era viável soldar os tubos junto a estrutura de sustentação dos rolos porque não seria possível ajustar a chapa de proteção para direcionar a tira entre os rolos.

Logo foi elaborado um estudo para verificar uma solução prática para aquela situação, sem interferir com os rolos.

A proposta foi parafusar os tubos na estrutura de sustentação dos rolos (figura 3.1).



Figura 3.1 - Fixação dos tubos de proteção para os rolos

Figura 3.2 - Tabela de Tubos de aço de acordo com as normas ANSI (*American National Standard Institute*) B.36.10 e B.36.19

Diâmetro nominal (pol)	Designação de espessura.	Espessura de parede (mm)	Diâmetro interno (mm)	Área da seção livre (cm <sup>2</sup> )	Área da seção de metal (cm <sup>2</sup> )	Superfície externa (m <sup>2</sup> /m)	Peso aproximado (kg/m)		Momento de inércia (cm <sup>4</sup> )	Momento resistente (cm <sup>3</sup> )	Raio de giração (cm)
							Tubo vazio (Nota 5)	Conteúdo de água			
Diâmetro externo (mm)	(v. Nota 2)	(v. Nota 3)									
¼	10S	1,65	10,4	0,85	0,62	0,043	0,49	0,085	0,116	0,169	0,430
--	Std. 40, 40S	2,23	9,2	0,67	0,81		0,62	0,067	0,138	0,202	0,413
	XS, 80, 80S	3,02	7,7	0,46	1,01		0,79	0,046	0,157	0,229	0,393
13,7											
1/8	10S	1,65	13,8	1,50	0,81	0,054	0,63	0,150	0,236	0,285	0,551
--	Std. 40, 40S	2,31	12,5	1,23	1,08		0,84	0,123	0,304	0,354	0,531
	XS, 80, 80S	3,20	10,7	0,91	1,40		1,10	0,090	0,359	0,419	0,506
17,1											
½	Std. 40, 40S	2,77	15,8	1,96	1,61	0,071	0,42	0,20	0,71	0,67	0,66
--	XS, 80, 80S	3,73	13,8	1,51	2,06		1,62	0,15	0,84	0,78	0,64
	160	4,75	11,8	1,10	2,47		1,94	0,11	0,92	0,86	0,61
21	XXS	7,47	6,4	0,32	3,52		2,55	0,03	1,01	0,95	0,56
3/4	Std. 40, 40S	2,87	20,9	3,44	2,15	0,083	1,68	0,34	1,54	1,16	0,85
--	XS, 80, 80S	3,91	18,8	2,79	2,80		2,19	0,28	1,86	1,40	0,82
	160	5,54	15,6	1,91	3,68		2,88	0,19	2,19	1,65	0,77
27	XXS	7,82	11,0	0,95	4,63		3,63	0,10	2,41	1,81	0,72
1	Std. 40, 40S	3,37	26,6	5,57	3,19	0,105	2,50	0,56	2,64	2,18	1,07
--	XS, 80, 80S	4,55	24,3	4,64	4,12		3,23	0,46	4,40	2,63	1,03
	160	6,35	20,7	3,37	5,39		4,23	0,34	5,21	3,12	0,98
33	XXS	9,09	15,2	1,82	6,94		5,44	0,18	5,85	3,50	0,92
1¼	Std. 40, 40S	3,56	35	9,65	4,32	0,132	3,38	0,96	8,11	3,85	1,37
--	XS, 80, 80S	4,85	32,5	8,28	5,68		4,46	0,83	10,06	4,77	1,33
	160	6,35	29,4	6,82	7,14		5,60	0,68	11,82	5,61	1,29
42	XXS	9,70	22,7	4,07	9,90		7,76	0,41	14,19	6,74	1,20
1½	Std. 40, 40S	3,68	40,8	13,1	5,15	0,151	4,04	1,31	12,90	5,34	1,58
--	XS, 80, 80S	5,08	38,1	11,4	6,89		5,40	1,14	16,27	6,75	1,54
	160	7,14	33,9	9,07	9,22		7,23	0,91	20,10	8,33	1,48
48	XXS	10,16	27,9	6,13	12,2		9,53	0,61	23,64	9,80	1,39
2	Std. 40, 40S	3,91	52,5	21,7	6,93	0,196	5,44	2,17	27,72	9,20	2,00
--	XS, 80, 80S	5,54	49,2	19,0	9,53		7,47	1,90	36,13	11,98	1,95
	160	8,71	42,9	14,4	14,1		11,08	1,44	48,41	16,05	1,85
60	XXS	11,07	38,2	11,4	17,1		13,44	1,14	54,61	18,10	1,79
2½	Std. 40, 40S	5,16	62,7	30,9	11,0	0,235	8,62	3,09	63,68	17,44	2,41
--	XS, 80, 80S	7,01	59,0	27,3	14,5		11,40	2,73	80,12	21,95	2,35
	160	9,52	54,0	22,9	19,0		14,89	2,29	97,94	26,83	2,27
73	XXS	14,0	44,9	15,9	26,0		20,39	1,59	119,5	32,75	2,14
3	10S	3,05	82,8	53,9	8,22	0,282	6,44	5,39	75,84	17,06	3,04
--	Std. 40, 40S	5,48	77,9	47,7	14,4		11,28	4,77	125,70	28,26	2,96
	XS, 80, 80S	7,62	73,6	42,6	19,5		15,25	4,26	162,33	36,48	2,89
	160	11,1	66,7	34,9	27,2		21,31	3,49	209,36	47,14	2,78
89	XXS	15,2	58,4	26,8	35,3		27,65	2,68	249,32	56,22	2,66

Fonte: TELLES, Pedro C. Silva, Tabelas e gráficos para projetos de tubulações

### **3.2- Materiais e métodos para o carro elevador de bobinas**

Para o carro elevador de saída realizou-se um acompanhamento diário para verificar os motivos das paradas neste equipamento. Era um problema que já fazia parte do processo. Desde o início de operação da linha, era comum a retirada do miolo com calços de madeira. Então a linha gerava algumas paradas durante esse processo que era “normal” para os operadores e não chamava a atenção dos administradores porque não era necessário a intervenção da manutenção no local para liberar o equipamento. Diferente dos rolos e de outros equipamentos, que quando atingidos, ou danificados era necessário efetuar uma parada para a troca ou reparo com a presença da manutenção no local, que logo após liberava o equipamento.

O problema do carro elevador não era visto como um obstáculo no processo, por isso foi mais difícil para detectá-lo. No relatório as paradas eram relatadas como sendo no mandril da enroladeira, sendo que na realidade o motivo era o carro elevador.

Com o acompanhamento diário foi possível verificar quão crítico era o equipamento. Já não havia dúvidas que as paradas eram geradas devido a limitação do carro elevador, e o procedimento adotado para a retirada dos miolos que estava expondo o operador a risco de acidentes. Portanto, deve-se obter uma solução para resolver a situação sem causar uma grande parada na linha de inspeção. Pois de acordo com o planejamento de produção, é permitido somente 12 horas de parada na linha por mês para fazer a manutenção preventiva.

Foi realizado um projeto com a presença de um dispositivo na parte superior do carro, e observou-se que era possível a instalação do mesmo para a melhoria do funcionamento do carro elevador de bobinas sem prejudicar as características originais durante o processo de retirada dos miolos.

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 - Resultados e discussões para os rolos propulsores

Como se pode observar na (figura 4.1) nota-se a posição dos rolos propulsores com o sistema de proteção instalado, com o tubo e a chapa de aço carbono. O sistema além de proteger os rolos, serve para guiar a tira entre os mesmos, evitando os danos efetuados pela tira durante o processo. Na (figura 3.1) é mostrada uma fotografia dos rolos propulsores, onde podem ser vistos a direita na parte inferior da figura, a instalação do tubo e a chapa de aço para proteção dos rolos. Este sistema possibilita uma regulagem para o ajuste da altura e da inclinação de maneira que não interfira no processo durante a passagem da tira. ( CORNÉLIO, 2013).

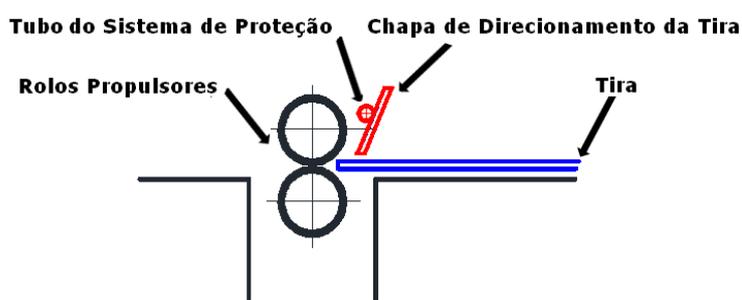


Figura 4.1 - Dispositivo para proteção dos rolos e direcionar a tira

No primeiro ano de acompanhamento e avaliação dos relatórios das paradas da linha, observou-se um tempo médio total de paradas devido as obstruções no revestimento dos rolos de 13,5h por mês. No segundo ano, após a primeira implantação serem efetuadas, observou uma queda para 8,5h por mês. Quando todas as alterações foram concluídas o tempo médio observado de paradas caiu para 2,3h por mês (figura 4.2).

Obteve-se assim uma redução de mais de 80% no tempo de parada da linha, consequentemente aumentando a eficiência e a produtividade de todo o sistema. Em função dessas otimizações, alterou-se o plano de troca dos rolos, possibilitando um aumento do período entre a troca dos mesmos. Também houve redução no envio dos rolos para efetuar os revestimentos. Possibilitando dessa maneira um

aumento de eficiência da linha e redução de gastos com o revestimento dos rolos sobressalentes.

Os rolos propulsores, um dos equipamentos responsáveis pela grande quantidade de paradas causadas por sua troca, devido aos defeitos gerados no processo, dentre eles os cortes realizados pela tira, agora não apresentam os defeitos gerados pelo contato da tira com os mesmos, devido o bloqueio através dos aventais instalados. As paradas atualmente geradas pelos rolos são para troca dos mesmos pelo desgaste natural devido o processo. O desenvolvimento do sistema possibilitou um maior intervalo entre a troca dos rolos. Também houve redução no envio dos cilindros para efetuar revestimentos. Possibilitando dessa maneira um aumento de eficiência da linha e redução de gastos com revestimento dos rolos sobressalentes.

Uma das dificuldades durante a instalação dessa melhoria na linha de inspeção foi o exíguo espaço entre os equipamentos. Porque era necessário manter o espaço para efetuar a troca dos rolos, conforme o plano de troca preventivo realizado pela manutenção.

A solução adotada nesse trabalho foi a proteção com tubo de aço carbono acoplado a uma chapa de aço, e foi instalado com parafusos antes dos rolos (figura 3.1), sem interferir no projeto original da linha. As alterações foram realizadas durante a parada preventiva mensal, para manutenção da linha.

Com a implantação das alterações propostas nesse trabalho observou uma economia de 60 horas anuais no primeiro ano e 134 horas no segundo ano, indicando uma economia de quase 6 dias completos de operação que a linha ficaria inoperante. Em termos percentuais podemos colocar uma otimização no sistema de 37% no primeiro ano e 83 % no segundo ano em termos de paradas de emergência. Com a modificação da instalação da proteção dos rolos, foi verificado que a tira foi guiada para passar entre os rolos, não vindo mais a atingir o revestimento dos mesmos. Foi elaborado um novo plano de monitoramento, e após os levantamentos realizados nos relatórios diários de produção, constatou-se que não havia mais paradas para troca dos rolos por danos gerados pela ponta da tira.

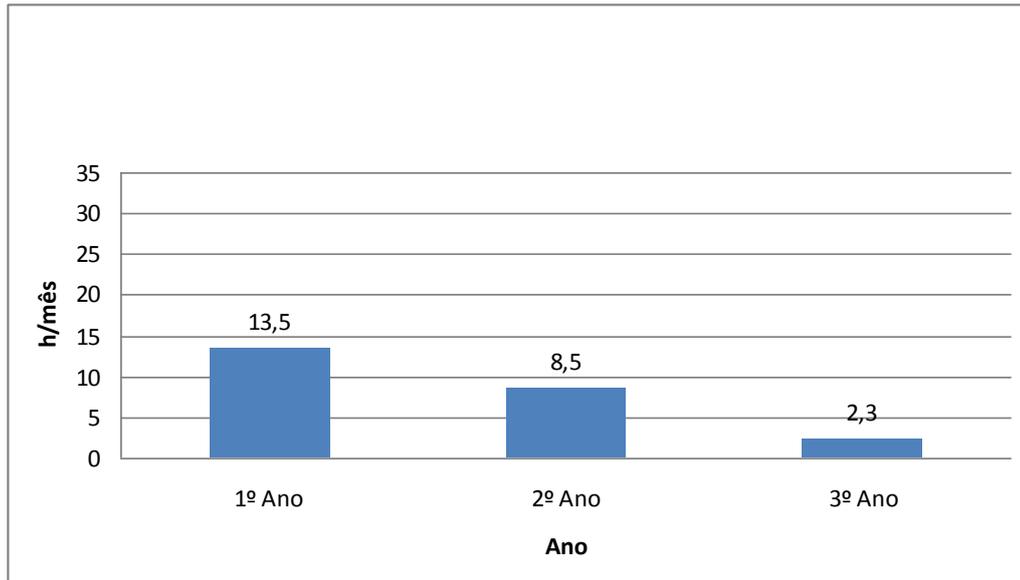


Fig.4.2 - Redução das paradas na linha após a proteção dos rolos

#### 4.2- Resultados e discussões para o carro elevador de bobinas

Foi utilizada uma alternativa para solucionar o problema sem prejudicar a produção. Após uma análise mais detalhada identificou-se que era possível fazer um dispositivo com tarugo metálico para ser adaptado no carro elevador de bobinas (Foi observado que a base existente tinha espessura suficiente para a fixação do tarugo metálico). Esse tarugo seria um prolongamento da base do carro no sentido vertical permitindo uma alteração significativa na altura do carro sem comprometer a estrutura existente e seria possível remover o miolo da bobina sem a necessidade dos calços de madeira.

Também o dispositivo foi elaborado com uma furação para adaptação das placas de poliuretanos, conforme o projeto original, para evitar o contato direto da bobina no mesmo durante a retirada da bobina (figura 4.3).

A melhoria no equipamento foi realizada após verificação e estudo do projeto original do carro elevador de bobinas. Foi elaborado um novo projeto que possibilitasse uma alteração do carro sem modificar sua estrutura.

Após aprovação deste projeto foi realizada a modificação no carro elevador de bobinas durante uma parada preventiva na linha de inspeção. Foram instalados na parte superior do carro elevador de bobinas, dispositivos em formas de tarugos de aço com furação para instalação das placas de poliuretanos mantendo-se as características originais (figura 4.3).

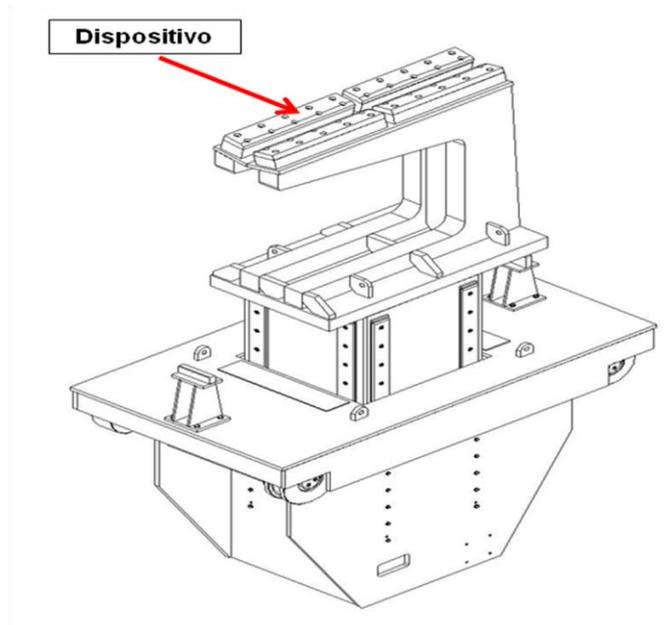


Figura 4.3 - Conjunto do carro elevador de bobinas

Verificou-se que seria possível após aquela adaptação manusear o carro para retirada dos miolos das bobinas sem a necessidade de calços de madeira e não seria mais necessária a presença do operador auxiliar (figura 4.4).

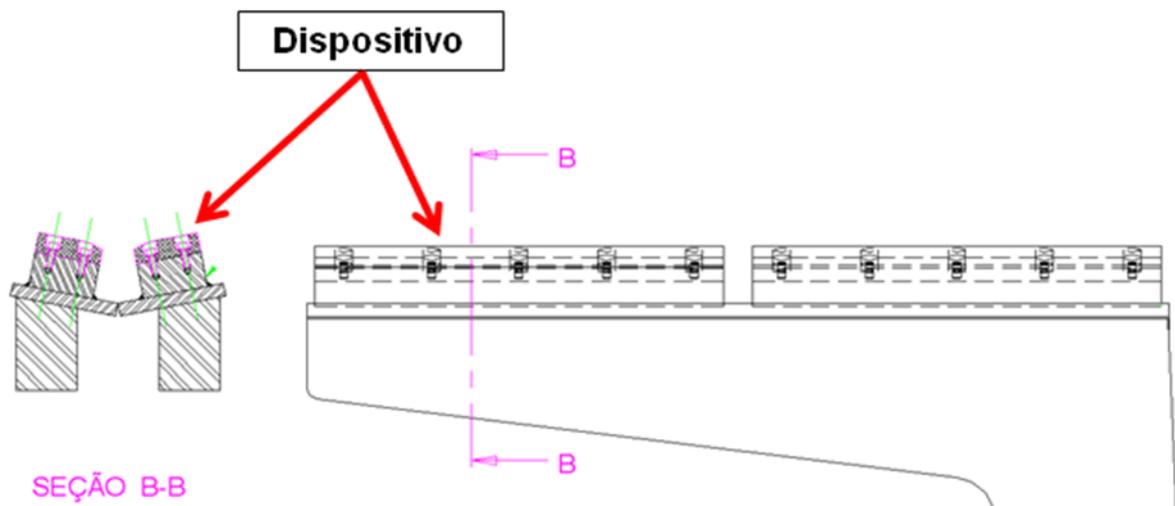


Figura 4.4 - Dispositivo com as placas no carro elevador

Após o projeto ter sido aprovado pelo departamento de engenharia foi solicitado para que o departamento de usinagem confeccionasse o dispositivo para uma possível montagem no carro elevador de bobinas.

Porém por ser tratar de uma nova situação, para o processo foi verificado a necessidade de manter o mesmo ângulo de inclinação do carro existente para receber a bobina.

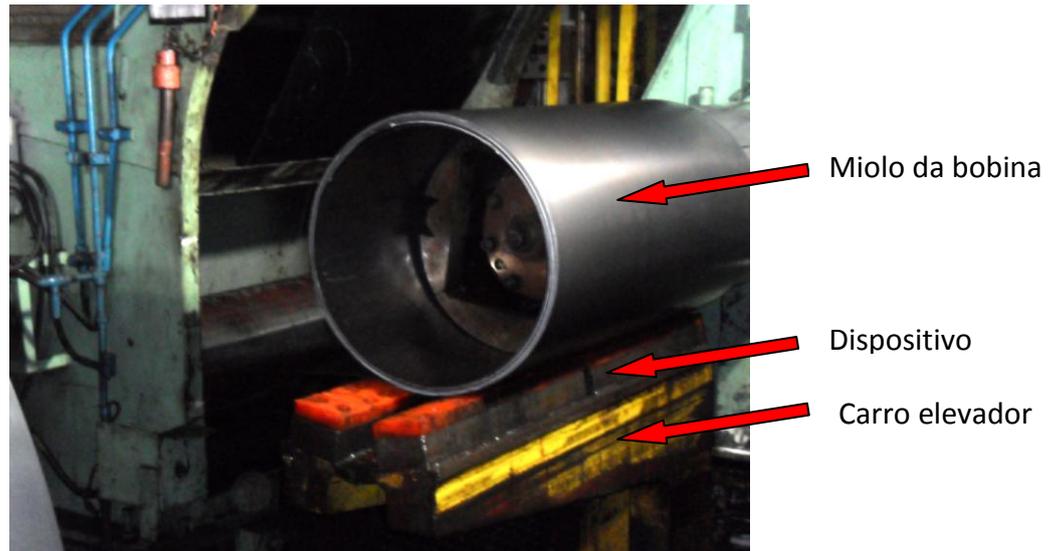
Na parada da Linha para preventiva mensal (parada de 12 horas para realização dos serviços de manutenção e prevenção nos equipamentos). Foi aberto uma ordem de serviço para a equipe de manutenção executar a montagem do dispositivo conforme o projeto.

Por ser tratar de uma “base sobre a outra base” foi necessário efetuar solda no dispositivo para manter as características do projeto original. Foi utilizado eletrodo E7018 conforme norma ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) AWS (*American Welding Society*) (MODENESI, 2006). Após a liberação da linha, foi possível efetuar a primeira operação com o carro elevador para retirar o miolo da bobina, o dispositivo funcionou sem a necessidade dos calços de madeira, e sem a presença do operador auxiliar (figura 4.5).

O operador da linha executou os comandos do carro elevador de bobinas de aço para retirada do miolo, como se executa para a retirada de bobina de aço.

O miolo saiu sem nenhuma interferência, e não foi necessária a presença do operador auxiliar (figura 4.5). Também, observou-se que na retirada da bobina de aço, não houve nenhum obstáculo entre o carro elevador de bobinas e o mandril da enroladeira. Em seguida realizou-se um novo monitoramento dos relatórios das paradas, e foi realizada uma comparação entre antes e depois das intervenções, e observou-se que houve uma grande melhoria na linha tratando-se de paradas de emergências, referente ao carro elevador conforme abaixo:

- a) No primeiro ano de avaliação dos relatórios, as paradas totais da linha devido ao carro elevador foram de 68 horas mensais.
- b) No segundo ano de avaliação dos relatórios, as paradas totais da linha devido ao carro elevador foram de 71 horas mensais.
- c) Após a instalação das alterações descritas neste trabalho, as paradas totais da linha devido ao carro elevador foram minimizadas.



**Figura 4.5 - Carro elevador após as modificações, retirando o miolo**

A solução da instalação do dispositivo para o carro elevador de bobinas colaborou para o aumento da produtividade, porque não seriam necessárias as paradas para instalação de calços de madeira durante a retirada dos miolos.

Também com essa melhoria foi possível retirar o homem do risco de acidentes, o operador não precisa mais ter contato com o equipamento.

Outro fator preponderante foi a eliminação de calços de madeira, que geralmente eram descartados no meio ambiente.

Foi possível acompanhar uma evolução na eficiência da linha e o aumento da produtividade.

Foi observado que o dispositivo no carro elevador de bobinas causou uma melhora de imediato no sistema. Algumas tarefas rotineiras no processo já não eram executadas. (BALTUCH, 2013)

Iniciou-se um novo acompanhamento dos relatórios de paradas de emergência, e foi possível uma nova avaliação da linha comparando os resultados com os resultados anteriores.

Foi evidenciado que a diminuição de paradas de emergência ocorreu após algumas melhorias realizadas nos equipamentos mais crítico da linha.

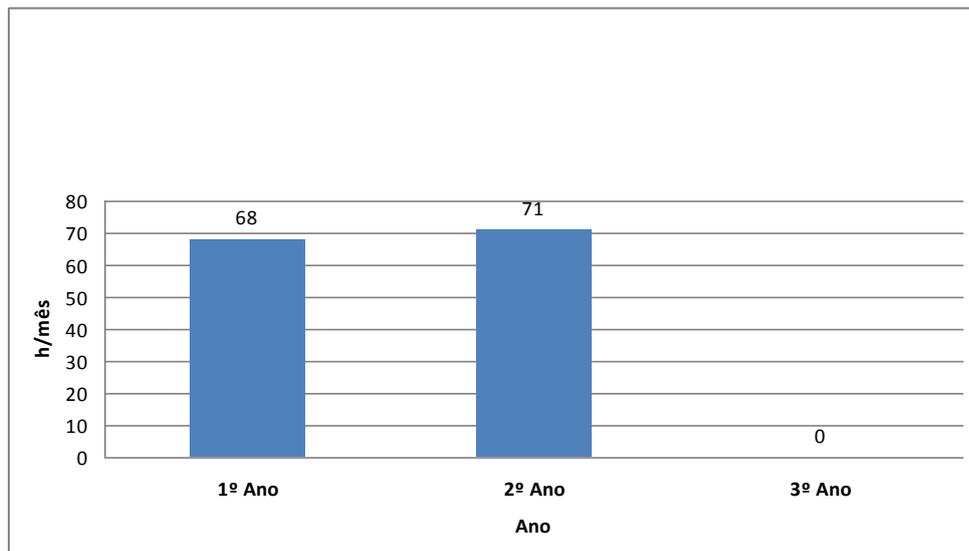
Verificou-se que os equipamentos que outrora eram responsáveis pelas paradas de emergência, agora não são mais.

Com os estudos e implantação descrita nesse trabalho, observou-se que não havia mais a necessidade de paradas da linha para a retirada dos miolos das bobinas. Porém a maior dificuldade para realizar esta modificação foi efetuar a mudança do projeto original, uma vez que o equipamento operava há muitos anos. Outro fator foi a modificação no equipamento em uma parada preventiva mensal para a manutenção da linha. O tempo máximo para a realização do serviço não podia ultrapassar doze horas. Logo foi preciso acompanhar cada item do cronograma para que o serviço fosse realizado numa sequência que não ultrapassasse o tempo de parada da linha para a manutenção preventiva.

Depois que a linha foi liberada, o carro alcançou o miolo da bobina, e realizou o processo de retirada do mesmo sem a necessidade do contato do operador auxiliar, evitando assim possíveis riscos de acidente do trabalho.

Ao verificar os relatórios de paradas de emergência da linha, foi comparado o tempo das paradas que eram geradas pelo o carro elevador, e foi observado que o carro não estava gerando paradas para a retirada dos miolos das bobinas, conforme constava nos relatórios anteriores.

A média de paradas era de aproximadamente 69,5 horas por mês, atualmente não há registros de paradas (figura 4.6). Porque no novo sistema o carro faz a retirada dos miolos sem a necessidade do operador instalar os calços de tarugos de madeiras, que geravam as paradas da linha. Isto indica uma economia de aproximadamente 3 dias completos de operação que a linha ficaria inoperante ao mês.



**Figura 4.6 - Redução das paradas na linha após modificação no carro**

## **5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES:**

### **5.1- Conclusões**

Conclui-se deste trabalho que as modificações efetuadas na linha de inspeção de bobinas de aço laminado a frio, especificamente no carro elevador e nos rolos propulsores apresentaram os seguintes resultados satisfatórios:

- a- O aumento da eficiência da linha e redução dos gastos com rolos sobressalentes;
- b- O aumento da produtividade, devido não ser mais necessário as paradas para instalação de calços de madeira durante a retirada dos miolos de bobinas de aço;
- c- Benfeitoria para o meio ambiente, porque tornou-se desnecessário a utilização de calços de madeira, que geralmente eram descartados;
- d- A redução do risco de acidentes, pois o operador não precisa ter contato direto com o equipamento.

### **5.2- Sugestões**

As sugestões para os equipamentos avaliados neste trabalho são:

- a-) Instalação de sensores de aproximação no carro elevador para não avançar além do necessário durante o processo de retirada de bobinas do mandril da enroladeira;
- b-) Armazenar os sobressalentes críticos próximo a linha de inspeção para facilitar a substituição durante as paradas de emergência.

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AIZAWA, H *et all.* **Automatic Surface Inspection Systems for Cold Strip.** Tetsu to Hagane-Journal of the Iron and Steel Institute of Japan, vol.79, 7, 833-840,1993.

ARAÚJO, L. A. **Manual de Siderurgia.**3º volume Editora Discubra – Distribuidora Cultural Brasileira pagina 355,1980.

ATAIDE, A.C *et all.* **Development of a methodology for measuring the friction between the strip and coiler mandrel of Sendzimir mill.** REM - Revista Escola de Minas, vol. 64, 3, 335-339, 2011.

BALTUCH, S.; BALTUCH, E. **Modern approaches and CFD modeling of hot process building air induction optimization.** 2013.

BRANDNER, A. M.; NYLEN, T. **The production of customer-tailored ICDP rolls by using alloying and graphite control strategies.** 2013.

CALLISTER Jr., W.D. **Materials Science and Engineering.** 7º ed. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2007.

CHAUVIN, Didier. **Completion of designing and manufacturin of the coil support structure of W7-X,** Fusion Engineering and Design. 2011, 640-644.

CHEONG, S. W.; HILINSKI, E. J.; ROLLETT, A. D. **Effect of temper rolling on texture formation in a low loss cold-rolled magnetic lamination steel.** Metallurgical and Materials Transactions A-Physical Metallurgy and Materials Science , 1311-1319, 2003.

CLARK, M. **Quality production of ultra-thick plates.** 2013.

CORNELIO, G. *et all* (in Portuguese). **HSM campaign increasing at ArcelorMittal Tubarão.** 2013.

FERRAZ, M. J. de. **Laminação dos aços.** Associação Brasileira de Metais, 1- 49, 1979.

GABOARDI, P. *et al.* **New roll grinding technologies for 20-high cluster mills.** 2013.

GORLOVA, A. A.; RODINKOV, S. V.; AKSENOV, VV. **Equipment Complex for the production of cold-rolled strip and sheet made of precision alloys.** Metallurgist vol.55, 11-12, 841-847, 2012.

HILINSKI, E. J. **Recent developments in semiprocessed cold rolled magnetic lamination steel.** Journal of Magnetism Materials vol. 304, 2, 172-177, 2006.

HISHITANI K. *et al.* **Internal friction of TiNi alloys produced by a lamination process.** Journal of alloys and compounds, 159-164, 2002.

HOFER, J.; MAIERHOFER, A.; STABAUER, A. **Significant optimization potential.** 2012.

HOFHERR, C.; SCHAMING, E. **Quickly and efficiently identify roll heating and cooling problems.** 2013.

HORSKY, J.; RAUDENSKY, M. **Luks Thermal load and fatigue of rolls in hot rolling.** 2013.

HURD, G. *et al.* **Process control and automation systems advancements for reheat furnaces.** 2013.

IWATA, K.; KARUBE, K.; TANAKA, S. **Development of new combustion control system based on fuel gas humidity at continuous annealing line.** 2013.

JURKOW, D.; GOLONKA, L. **Novel cold chemical lamination bonding technique- A simple LTCC thermistor-based flow sensor.** Journal of the European Ceramic Society 1971-1976, 2009.

KAISER, R. *et al.* **Innovation spectrum of IRLE rolls.** 2013.

LEE, J.; PARK, C.; KIM, S. **Surface inspection system using the real-time image processing.** New Technologies for automation of metallurgical industry, 207-211, 2004.

MARIUS, A. *et all.* **New methods and analysis functioning techniques for cooling bed tool of the profile laminators.** *Metalurgia International* vol.13, 5, 48-53, 2008.

MENDES, L. *et all* (in Portuguese). **Tools for hot coils quality control in ArcelorMittal Tubarão.** 2013.

MODENESI, J. P.; Marques, P. V. **Processos de soldagem.** 2006.

NORTHERN, R. **Advances in roll scanning technology a new method for eddy current defect detection.** 2013.

OVERHAGEN, C.; MAUK, P. **Cold rolling of metal foils by means of ceramic work rolls.** 2013.

OZAKI, K. *et all.* **Nonlinear receding horizon control of thickness and tension in a tandem cold mill with a variable rolling speed.** 2012.

Panjkovic, V.; Gloss, R. **Fast dynamic heat and mass balance model of walking beam reheat furnace with two dimensional slab temperature profile.** 2013.

PEINTINGER, H. **Rolling quality under your control! how 2 million coils fit into your iPad.** 2013.

REIP, I. *et all.* **Impact of non-polygonal ferrite microstructures on technological properties of CSP processed low-carbon micro-alloyed steels.** 2013.

REISINGER, J. *et all.* **Complete edge testing of rolled material with improved inspection technique.** 2002.

ROYO, G.; WOJTKOWSKI, T.; OSGOOD, P. (in Portuguese). **Morgoil bearing technological upgrades in tandem cold mills.** 2013.

SAMANTA, S.; BEAUMONT, J.; SCHMIDT, B. **Production of high quality thick construction plate from ingots and thick slabs.** 2013.

SANTOS, R.; *et all* (in Portuguese). **Cold rolled materials recrystallization rate increasing.** 2013.

STENDERA, J.; BONSALL, S. **Testing of high emissivity coatings for reheat furnace application.** 2013.

SU, S. H. *et al.* **Production Technology for Quality cold rolled Sheets by BOF-CSP-C Route.** Journal of Iron and Steel Research, vol.16, 152-158, 2009.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. **Tabelas e gráficos para projetos de tubulações.** 2012.

TREVIÑO, T. *et al.* (in Portuguese). **Development of a new alloy for work rolls for roughing stands and rear stands of hot strip mills.** 2013.

WALMAG, G. *et al.* **Development of new materials based on on-site and laboratory evaluation methods for understanding work roll surface degradation.** 2013.

WANG, X. *et al.* **Development and application of roll contour configuration in temper rolling mill for hot rolled thin gauge steel strip.** 2012.

WU, Y. *et al.* **Plastic refractory for reheating furnace in China.** 2013.

Yu, B. Q. *et al.* **Compensation Model for Shape Measuring of Cold Strip Rolling.** Journal of iron and steel research international, vol.17, 6, 21-26, 2010.