

# IMPLANTAÇÃO DO NOVO LAMINADOR DA BELGO PIRACICABA COM METODOLOGIA SEIS SIGMA

## INOVAÇÃO NA IMPLANTAÇÃO DE LAMINADORES

*Fernando A.C.Vieira – Eng. De Processo - 2*  
*Luis Augusto Penteado – Chefe Depart. Eng.Processo - 3*  
*Paulo Roberto Cardozo – Gerente de Laminação - 4*  
*Richard C.Gil – Analista de Processo de Produção Sênior – 5*

### Resumo:

Este trabalho tem como objetivo apresentar à comunidade siderúrgica da área de laminação de longos, a implantação do novo laminador de vergalhões para construção civil da Belgo Piracicaba, onde serão apresentados detalhes da nova instalação, bem como uma nova metodologia para implantação do empreendimento, visando reduzir os tempos de start-up e cold comissioning. É desenvolvida uma abordagem dos diversos pontos que geram o investimento, desde sua montagem até os testes de partida, com temas ligados aos novos requisitos que o alto grau de modernidade tecnológica e complexidade impõe as equipes e aplicação de novas técnicas para gerenciamento de todo o empreendimento, buscando a conciliação de todos estes fatores.

Palavra chave: LAMINADOR, SEIS SIGMA, LONGOS

## INTRODUÇÃO:

Ao longo das décadas o perfil dos investidores e fabricantes de laminadores vem se modificando. De um lado a necessidade de atender a acionistas na ampliação de seus negócios com investimentos rentáveis (redução de tempo entre compra e start-up, pay back, etc.) e de outro como se adaptar as novas tecnologias em evolução dos laminadores de longos, e partir a fábrica em tempo recorde com boa adaptabilidade dos operadores e resultados positivos na área de gestão como energia, performance, paradas. Sendo esta modernização de alta complexidade, aplicou-se o conceito de “GERENCIAMENTO DA INOVAÇÃO”, abrangendo de forma estruturada uma metodologia para montagem, testes a frio e testes a quente destes novos equipamentos.

O Laminador da Belgo Piracicaba tem uma configuração HSD (High Speed Delivery) de última geração, com elevado número de centrais de lubrificação e hidráulica. Esta condição favorece o processamento de material (barras de vergalhão soldadas para construção civil) em altas velocidades de até 35 m/s, utilizando leitos de resfriamento com sistema twin channel, atingindo elevadas produções com baixo consumo de energia.

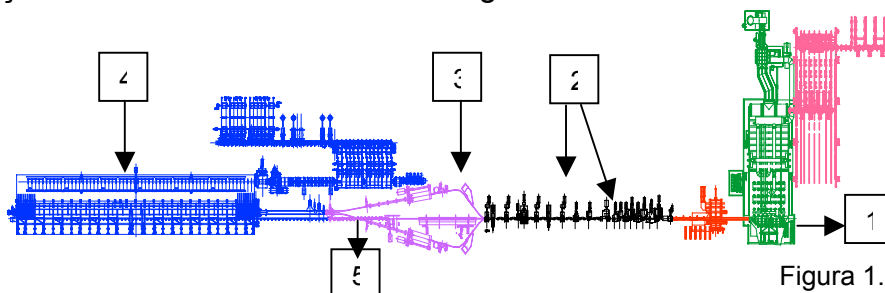


Figura 1.

Lay-out do novo Laminador – Fornecedor Danieli:

1. Forno : 90T/h (Walking Beam) – Danieli Combustion
2. Gaiolas: Housingless e Cantilever – Danieli
3. Blocos: BGV – Danieli
4. Leito de Resfriamento com Twin channel
5. QTB: Quenching treatment bar

- Danieli Automation Architecture – Siemens S7
- Capacidade: 500.000 T/ano
- Produtos: Vergalhões em barras de 6 a 32 mm

Para se obter toda esta performance são necessárias novas tecnologias com complexos sistemas mecânicos, hidráulicos e eletrônicos, este diferencial é um fator complicador para montagens e partidas. Para tanto surge uma inovação com desenvolvimento de metodologia para verificação de todas as etapas do processo desde a concepção, montagem, testes a frio e testes a quente.

Na abordagem dos processos críticos é fundamental conhecer a evolução histórica dos processos em laminadores de longos, pois o alto grau de automação e complexidade, que estas instalações possuem, impõem na análise uma necessidade de conhecimento operacional que leve a correta priorização de trabalhos a serem desenvolvidos na metodologia Seis Sigmas. A correta escolha da parte crítica do processo é fundamental para um plano de ação pré-partida, que pode significar ganhos de até 6 meses no start-up do Laminador.

Abaixo o quadro descreve o diferencial entre a tecnologia moderna e a do passado, que levam à necessidade de adequar o Gerenciamento deste novo

empreendimento aos novos requisitos de modernidade, abaixo o quadro descreve este diferencial.

### Quadro Comparativo

EVOLUÇÃO HISTÓRICA DOS PROCESSOS EM LAMINADORES DE LONGOS		
Processo	Década 70-80	Novo Século
Fornos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustão controlada pelo operador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelos matemáticos para aquecimento</li> </ul>
Laminador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trem aberto</li> <li>• Tesouras contínuas com gaiolas convencionais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laminadores contínuos com gaiolas cantilever e housingless</li> </ul>
Área de acabamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitos com calha de frenagem de até 15m/s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitos maiores com velocidades de até 40m/s (sistema HSD)</li> </ul>
Automação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analógica com reles componentes com baixa confiabilidade</li> <li>• Sistemas analógicos com componentes eletro-eletrônicos com índice de defeitos consideráveis e baixa velocidade de pesquisa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas eletrônicos com PLC's e redes de alta velocidade e alta complexidade e alta velocidade.</li> <li>• Aplicação de modelos matemáticos e supervisórios</li> <li>• Maior velocidade de diagnóstico (softwares e computadores)</li> </ul>
Sistemas de utilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Componentes complexos, sem suporte eletrônico de instrumentação nos dispositivos mecânicos de acionamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instrumentação moderna digitalizada com novos acionamentos mecânicos e utilização de supervisórios</li> </ul>

Tabela 1.

#### METODOLOGIA:

Visando conciliar todos os novos parâmetros de uma laminação moderna e atualizada tecnologicamente aos objetivos de acionistas, uma nova metodologia é aplicada voltada para a "inovação de processos" com a utilização das ferramentas do Seis Sigma.

A partir de novos conceitos de análise, as etapas são descritas na seqüência a seguir:

- Análise de Stakeholders:

Definição com a alta administração dos pontos críticos que circundam o empreendimento, tais como: acionistas, comunidade, governo, funcionários, etc. Nesta fase são projetadas as macro ações a serem implantadas durante a montagem.



Figura 2

- Análise dos processos críticos:**

Definição dos processos de maior impacto aos interesses dos stakeholders é feita através de uma matriz onde se cruza o que os stakeholders demandam do investimento e a influência que cada processo tem neste resultado. Nesta fase a estratificação das importâncias segue uma pontuação que gera uma priorização definida, conforme pontuação abaixo:



Figura 3

STAKEHOLDER	FASE	NECESSIDADE	IMPORTÂNCIA DA NECESSIDADE
VIZINHANÇA	MONTAGEM	Relação harmônica entre as atividades da usina e a vizinhança	3,0
		Não congestionamento de veículos	5,0
	START UP	Relação harmônica entre as atividades da usina e a vizinhança	3,0
		Manutenção da qualidade de vida	4,0
	OPERAÇÃO	Relação harmônica entre as atividades da usina e a vizinhança	3,0
		Não congestionamento de veículos	4,0

Figura 4

ITEM	PROCESS UNIT	ABSOLUTE INFLUENCE	RELATIVE INFLUENCE	ACCUMULATED RELATIVE INFLUENCE	CLASSIFICATION	PROCESS
1	Environment	214.06	4.74	4.74	1.0	ENGINEERING
2	Cold cutting	170.50	3.77	8.51	2.0	ROLLING MILL
3	Electric Arc Furnace	168.99	3.74	12.25	3.0	STEEL MILL
4	Utilities	152.30	3.37	15.62	4.0	ENGINEERING
5	Training and development	143.41	3.17	18.79	5.0	HUMAN RESOURCES
6	Project and planning Engineering	140.86	3.12	21.91	6.0	ENGINEERING
7	Ladle Furnace	134.84	2.98	24.89	7.0	STEEL MILL
8	Safety	125.41	2.77	27.67	8.0	HUMAN RESOURCES
9	Maintenance Planning	120.62	2.67	30.34	9.0	MAINTENANCE
10	Metallic load preparation	118.48	2.62	32.96	10.0	STEEL MILL
11	Alloy preparation	117.20	2.59	35.55	11.0	STEEL MILL
12	Raw material and parts buying	109.82	2.43	37.98	12.0	SUPPLYING DEPARTMENT
13	Equipment assembly (Mechanical, piping and electrical)	105.96	2.34	40.32	13.0	ASSEMBLING
14	Communication	102.66	2.27	42.60	14.0	HUMAN RESOURCES
15	Continuous casting machine	100.69	2.23	44.82	15.0	STEEL MILL
16	Stock liberation	97.40	2.16	46.98	16.0	ROLLING MILL

Figura 5

- Criação de Grupos de Gestão:**

Após a priorização dos processos críticos, são definidos e organizados grupos de pessoas que envolvem as diversas áreas da empresa, onde o fluxo de análise é seguido para cada processo crítico escolhido.

- Detalhes de uma Análise de Processo:**

É apresentado para um processo crítico, como o trem médio do laminador por exemplo, as etapas de análise, tais como: definição de IGOES (entrada, saídas, regras e habilitadores), elaboração da matriz de SWOT (forças, fraquezas, ameaças e oportunidades) daquele processo; aplicação do método de Altschuller onde se elabora, através de uma matriz guia, um plano de ação que garante o

cumprimento das funções do processo e finalmente o redesenho do processo, quando houver necessidade.

A metodologia apontou, para este laminador de longos, os seguintes processos críticos.

**Aquecimento:** A criticidade deste processo caracterizou-se pelo impacto que o aquecimento impõe num laminador que produzirá diversos tipos diferentes de aço para atender ao mercado mundial da construção civil. Este processo também tem uma solução inovadora, onde há uma conexão direta do lingotamento contínuo e aciaria. Nesta etapa, para alcançar a velocidade de decisões que um processo de 6 veios a 150 ton/h e um forno walking beam e um forno pusher (1 lingotamento, 2 laminadores) demandam para a otimização do enformamento a quente, é aplicada a solução de um aerial transfer onde não só variáveis de processo, bem como alto nível de automação necessitam de pontos de treinamento e verificações mais apuradas, aliado a simulações e modelos matemáticos de controle de combustão apropriados.

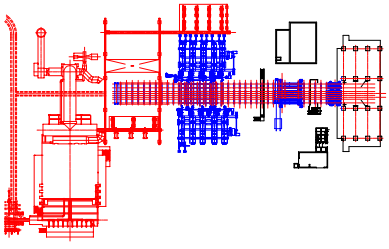
Processo	Razão	Resultado Esperado
<p>Aquecimento</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto índice de complexidade na gestão de tarugos quentes e frios</li> <li>• Conexão direta com o lingotamento contínuo</li> <li>• Necessidade de manutenção do ritmo de laminação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixo consumo de combustível</li> <li>• Aumento de produção pela taxa de aquecimento</li> </ul>

Tabela 2

**Trem médio de laminação:** Neste processo, a criticidade se apresenta por ser uma etapa da cadeia produtiva onde ocorre um maior número de câmbios de gaiola ou canais, por historicamente ser muito vulnerável a sucatas de processo pela aplicação do processo slit e por ali se garantir o peso linear do produto. No projeto do laminador, a tecnologia Housingless horizontal/vertical com guia slitadora motorizada, foi definida por possuir um alto grau de automação, e ao mesmo tempo, simplicidade do processo.

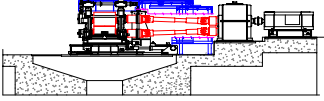
Processo	Razão	Resultado Esperado
<p>Trem médio</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complexidade de câmbios e setup eletrônico</li> <li>• Automação complexa e necessidade de rotinas de controle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixo consumo de energia</li> <li>• Aumento do rendimento metálico</li> </ul>

Tabela 3

**Corte a frio – Embalagem:** No atendimento do requisito embalagem ao cliente de construção civil, conciliar o elevado nível de automação, complexidade de mecanismos de manipulação e contagem de barras e enfeixamento mostrou-se um processo bastante crítico. O diferencial desta área é a grande quantidade de

componentes aliado ao elevado número de ciclos por hora, necessitando de garantia de performance contínua e alto grau de confiabilidade aos requisitos do cliente.

Aspectos de segurança operacional devem ser também abordados de forma importante, pois o elevado nível de automação necessita de capacitação de operadores nas intervenções nesta área.

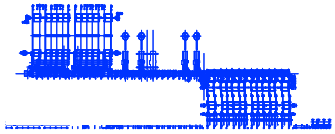
Processo	Razão	Resultado Esperado
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclos / hora muito elevados</li> <li>• Complexidade de mecanismos</li> <li>• Requisitos de embalagem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice de interrupção pequeno</li> <li>• Garantia de requisitos dos clientes da construção civil</li> </ul>

Tabela 4

**Planejamento da manutenção:** Em função do elevado número de equipamentos complexos, onde a experiência de manutenção atual em equipamentos já conhecidos, não atende a esta nova tecnologia, foi necessária uma metodologia de definição para este planejamento de manutenção baseado na definição e estruturação da árvore de equipamentos, análise dos manuais existentes dos mesmos e também visitas a estes equipamentos em funcionamentos em outras usinas.

Desta forma foi possível usar a metodologia de FMEA, onde foi definido todo o plano de inspeção e de troca programada, inclusive o plano de preditiva (análise de vibração, termografia e outros) e de comissionamento do laminador.


Processo	Razão	Resultado Esperado
Manutenção 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevado número de equipamentos complexos com reduzido contingente de manutenção</li> <li>• Necessidade de implementação de diversos controles de inspeção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta velocidade</li> <li>• Custo de manutenção estável</li> <li>• Função dos equipamentos</li> </ul>

Tabela 5

## Testes de partida:

BELGO Grupo Arcelor		COMISSONAMENTO À FRIO - ÁREA FORNO				
		EQUIPAMENTO: Zona 2				
ITEM	O QUE FAZER	COMO	QUEM	N	A	OBS:
<b>TESTES ELÉTRICOS (sem interferência)</b>						
1	Painel 30BB.P051					
1,1	Checar Conexões em Geral do Painel	Componentes Presentes, Conectados e bem Identificados?	DANIELI/ Elétrica			Checar, antes de ligar, se o Painel não está em Curto
1,2	Checar Reaperto dos Componentes	Checar Reaperto dos Componentes por amostragem	DANIELI/ Elétrica			Certificar-se que o Painel está DESENERGIZADO
1,3	Energizar	Energizar o Painel e fazer Medições e Faseamento dos Pontos Principais	DANIELI/ Elétrica			
1,4	Simular Bloqueios e Emergências do Painel	Pressionar Bloqueios e Emergências e o seu respectivo funcionamento	DANIELI/ Elétrica			

Após definições dos processos acima, os mesmos serão trabalhados pela metodologia de “Gerenciamento da Inovação”, conforme apresentado a seguir.

### 1. Definição de Indicadores e metas: aonde se que chegar e em quanto tempo.

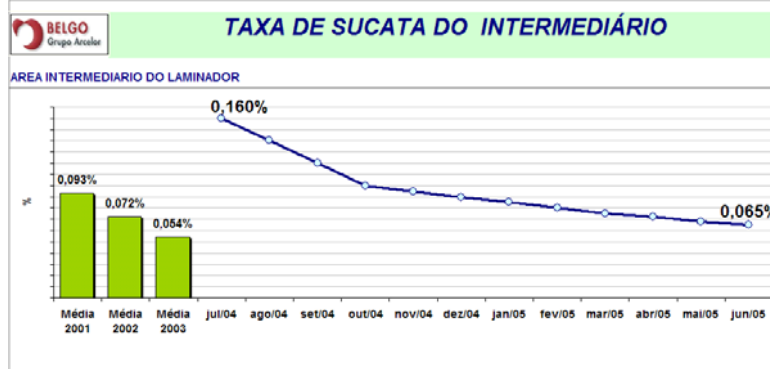


Figura 7

### 2. Análise do Processo “IGOES”

- Inputs – entrada (matéria prima, etc.).
- Guides – Regras e padrões
- Enablers – Habilitadores (recursos, máquinas, etc.)
- Outputs – resultados do processo

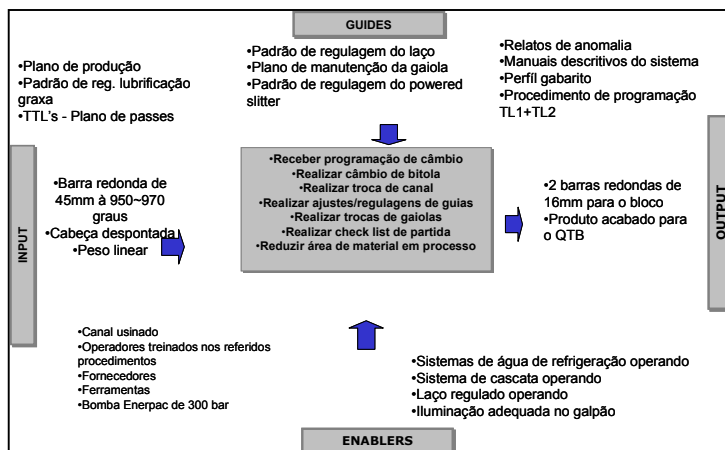


Figura 8

### 3. Fluxograma – mapeamento do processo

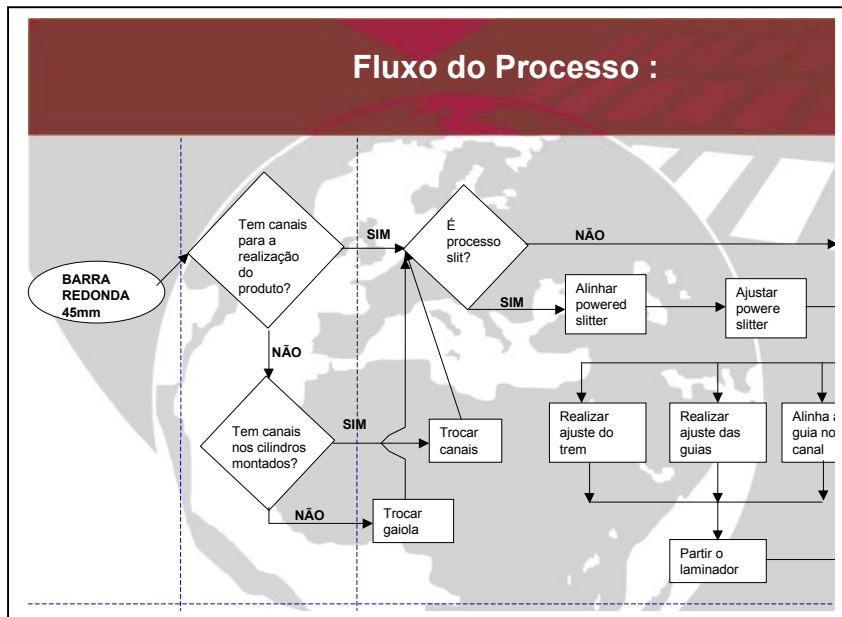


Figura 9

### 4. SWOT – Forças e Fraquezas – Aqui o grupo analisa através de brainstorming os itens que afetam o processo.

- **FORÇAS** – São características interna ao processo, que podem influenciar positivamente no seu desempenho. (Ex: Fabricante com elevado know-how)
- **OPORTUNIDADES** – São ganhos identificados em função das características dos equipamentos ou processo. (Ex: Enfornar a quente)
- **FRAQUEZAS** – São características internas ao processo, que podem influenciar negativamente no seu desempenho. (Ex: Ausência de snap shear)
- **AMEAÇAS** – São riscos identificados em função das características dos equipamentos ou processo. (Ex: Falta de gás, incêndio no subsolo)

<p><b>Strengths (Forças)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Trem horizontal/vertical que não necessita uso de torção em 7 das 8 gaiolas</li> <li>•Será laminado apenas aços de baixo carbono</li> <li>•Gaiola robusta para os esforços que estarão em processo</li> </ul>	<p><b>Weaknesses (Fraquezas)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•O processo slit é muito instável</li> <li>• Dificuldades no controle do laço entre gaiolas 14/15/16</li> <li>•Dificuldade de manter as 2 barras com peso linear semelhante</li> <li>•Não se conhece a lógica de controle dos formadores de laço</li> <li>•Dificuldade na troca de guias das gaiolas verticais</li> </ul>
<p><b>Opportunities (Oportunidades)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•A configuração do intermediário permite a fabricação de barras chatas (novo mercado)</li> </ul>	<p><b>Threats (Ameaças)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Equipamento novo. Não há na Belgo Mineira histórico de fornecimento Daniell</li> <li>•Incapacidade de atender os consumos das gaiolas 15 e 16</li> <li>•Não há gaiolas reservas para todas as posições</li> <li>•Estoque de peças sobressalentes inferior ao sugerido pela Daniell</li> <li>•Primeiro slitting shear projetado/fabricado pela Daniell</li> </ul>

Figura 10



## 5. Identificação de Paradigmas:

São crenças arraigadas que não foram repensadas. Ex: Laminador como prioridade de programação. Estes paradigmas, uma vez mantidos, podem muitas vezes gerar distúrbios no start-up imprevisíveis.

## 6. Matriz de Altshuller:

Desenvolvida pelo cientista russo Genrich Altshuller, é uma matriz que indica os princípios mais promissores para solucionar as contradições de processos. Nas células da matriz são indicados os princípios mais promissores para solucionar o conflito.

PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO						
<i>Função Básica: Garantir a disponibilidade dos equipamentos em perfeita condição de trabalho, com qualidade e menor custo.</i>						
<i>Características a melhorar: 24 - Perda da Informação / 25 - Desperdício de Tempo / 27 - Confiabilidade</i>						
Contra-Função	Resultados Indesejados	Características a Melhorar			Princípios Utilizados	Idéias
		24	25	27		
Falta sistemática padronizada para agir diante do feedback da Engenharia com relação aos serviços executados	24	x	24, 26, 28, 32	10, 28, 23	10, 23, 26	- Criar procedimento para direcionar as informações da Engenharia - Criar sistemática de reuniões para tratar os assuntos relacionados a Engenharia
	27	10, 28	10, 30, 4	x		
Dificuldade p/extratificação dos custos p/equipamento	24	x	24, 26, 28, 32	10, 28, 23	10, 23	- Desenvolver software que trabalhe as informações do SAP, estratificando por Equipamento - Criar acompanhamento das requisições e reservas para que garanta que todas sejam direcionadas para ordens de manutenção
	25	24, 26, 28, 32	x	10, 30, 4		
	27	10, 28	10, 30, 4	x		
	28	x	24, 34, 28, 32	5, 11, 1, 23		
Falta de critério p/priorizar ações das solicitações;	25	24, 26, 28, 32	x	10, 30, 4	10, 23	- Criar sistemática para análise e definição das prioridades, validação das solicitações e feedback para os solicitantes - Ajustar o sistema de acompanhamento (Sopão), para verificar o atendimento das prioridades - Criar sistemática de feedback para os solicitantes das atividades
	27	10, 28	10, 30, 4	x		
	31	10, 21, 29	1, 22	24, 2, 40, 39		

Figura 11

## 7. Plano de Ação:

EM	O QUE?	QUEM	PORQUE	COMO	QUANDO
1	- Reduzir o tempo de vida útil do canal de laminação para evitar propagação do desgaste;	Sérgio	Estabilizar processo	Consensar novos limites de vida de canal	30/4/2004
				Alterar procedimento operacional	15/5/2004
2	- Desenvolver especificação de cilindros com maior resistência ao desgaste (metal duro);	Luís Augusto	Estabilizar processo	Analisar performance atual de cilindros convencionais	30/3/2004
				Analisar performance atual de cilindros encamisados do TL1	30/3/2004
				Desenvolver especificações junto aos fornecedores	15/4/2004
				Propor alterações necessárias	15/4/2004
				Orçar alterações propostas	30/4/2004
				Obter verbas (se necessário)	30/4/2004
				Implantar alterações/sistemas	15/5/2004
Start-up e treinamento	15/5/2004				
3	- Utilizar madeira para "imprimir" perfil da barra em processo e compará-la com perfil-gabarito;	Sérgio	Monitorar processo	Desenvolver o gabarito	15/6/2004
				Desenvolver procedimento de monitoramento dos passes	15/6/2004
4	trabalho de refinamento do PID do co	Cristiano	Otimizar a automação	Desenvolver plano de testes com os referidos sistemas	20/4/2004
				Realizar testes	30/6/2004
				Apresentar relatório consolidado	30/7/2004
				Adequação de procedimento	30/7/2004

Figura 12

## RESULTADOS ESPERADOS:

O resultado esperado desta metodologia é de vencer a curva de aprendizado em seis meses, atingindo a produção nominal e em até um ano, atingir a mesma estabilidade de operação de um laminador de operação consolidada de 5 anos.

- Produção 50.000 T/mês
- Energia Elétrica Inferior a 90 Kwh/t
- Consumo Gás Natural Inferior a 20 Nm<sup>3</sup>/t
- Cobble Rate Inferior a 0,4%
- Rendimento Metálico Superior a 96%

## CONCLUSÃO FINAL:

Espera-se com o novo método de Gerenciamento da Inovação atingir a performance nominal do equipamento em 1 ano de funcionamento. Para tal as equipes de trabalho gastaram em torno de 3000hH apenas no planejamento de como receber e estruturar operacionalmente o laminador, garantindo com isso o a previsibilidade das mais diversas situações operacionais. A previsibilidade possibilita as ações de contramedida para eliminá-las na raiz.

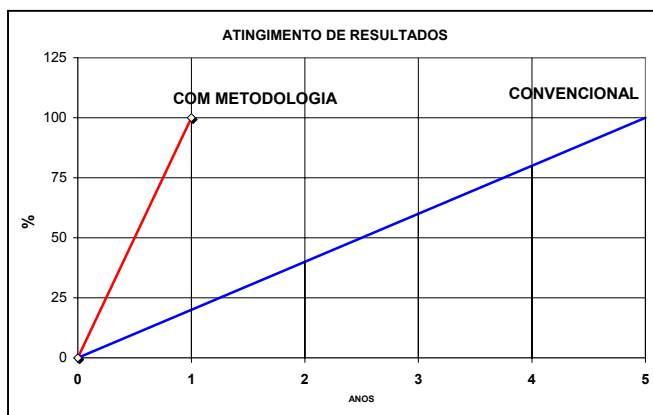


Figura 13

## AGRADECIMENTOS:

- À Equipe da Laminação da Belgo Mineira Piracicaba
- Ao Sr. Carlos A. Oliveira – Inovação da Tecnologia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Falconi, V.C Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia a Dia. Editora DG, 8ª Edição, Minas Gerais 2002.
- Oliveira, C. A Inovação da Tecnologia, do produto e do processo Editora DG, 2ª Edição, Minas Gerais 2003.

#### AGRADECIMENTOS:

À Equipe da Laminação da Belgo Mineira Piracicaba  
Ao Sr. Carlos A. Oliveira – Inovação da Tecnologia.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Falconi, V.C Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia a Dia. Editora DG, 8ª Edição, Minas Gerais 2002.

Oliveira, C. A Inovação da Tecnologia, do produto e do processo Editora DG, 2ª Edição, Minas Gerais 2003.

- Helman, H; Andery, P. R. P. Análise de falhas (aplicação dos métodos de FMEA – FTA). Editora QFCO. 1995.
- Prahalad, C. K.; Hamel, G. A competência básica da Organização. Harward Business School. 1990.