

# PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: LAMINADOR CONTINUO DE PERFIS USINA BARRA MANSA VOTORANTIM SIDERURGIA<sup>1</sup>

Luiz Eduardo Machado Decnop<sup>2</sup>  
Rafael Latini França<sup>3</sup>  
Bruno José Carvalho Silva<sup>4</sup>  
Raphael José Simões Antunes<sup>5</sup>

## Resumo

O trabalho consistiu no desenvolvimento e execução de um plano para aumento da eficiência energética e consequente redução nos custos de produção de perfis. Foram levados em conta as características peculiares desta planta como mix muito variado, grandes diferenças entre produtos (1 kg/m a 30 kg/m) acarretando em grandes intervalos entre barras e nível de interrupções ainda elevado. Era preciso reduzir os impactos das cargas fixas que pesavam muito no custo. A metodologia foi identificar dentre os principais elementos em contribuição no consumo de energia elétrica, qual seria a real necessidade de cada insumo quanto a qualidade, quantidade, intensidade e permanência, para realizar estritamente a sua função prevista no processo, em seguida a comparação destes resultados com as soluções de engenharia adotadas no projeto atual dos equipamentos. Ex: os cilindros de laminação precisam girar com a velocidade e torques adequados enquanto a barra estiver passando por eles, girar sem barra não é necessário ao processo, então para que girar? Desta forma foi tido com desperdício todo recursos disponibilizados além das necessidades estritas. Esse ranqueamento orientou o estudo para otimizar o fornecimento de cada recurso levando em conta dificuldade e risco das soluções tecnicamente possíveis, tendo como premissa desenvolver soluções definitivas com automatização plena das funções para assegurar estabilidade segurança e garantia do ganho. Os Resultados foram a redução de 147 kWh/t para 105 kWh/t no LCP (-37%), sendo uma redução de 50% na energia gasta na ETA.

**Palavras-chave:** Eficiência energética; Laminador; Utilidades; ETA.

## ENERGY EFFICIENCY PROJECT: CONTINUOUS ROLLING MILL PROFILES PLANT OF BARRA MANSA VOTORANTIM SIDERURGIA

### Abstract

The work was the development and implementation of a plan to increase energy efficiency and consequent reduction in production costs of profiles. Was taken advantage of the unique features of this plant as very varied mix, large differences among products (1 kg/m to 30 kg/m) resulting in large gaps between bars and high level of interruption, still needing to reduce the impact of fixed loads that weighed a lot in cost. The methodology was to identify among the main elements contributing to the consumption of electricity, what is the real need of each input as the quality, quantity, intensity and permanence, to perform its intended function strictly in the process, then the comparison of these results with the engineering solutions adopted in the current design of the equipment. Ex: the rolling mill rolls must rotate with the appropriate speed and torque while the bar is going through them, without turning bar is not required for the process, then to turn to? Thus was taken to waste all resources available beyond the strict needs. This ranking conducted the study to optimize the delivery of each resource taking into account the difficulty and risk of possible technical solutions, taking as a premise to develop definitive solutions with full automation of security functions to ensure stability and security of gains. Os Results were the reduction of 147 kWh/t to 105 kWh/t in the LCP (-37%), and a 50% reduction in energy expended in the WTP.

**Key words:** Energy efficiency; Rolling mill; WTP.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 32º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 26º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 16 a 19 de agosto de 2011, Salvador, BA.

<sup>2</sup> Eng. Mecânico UFRJ - Consultor de Engenharia (LD Engenharia Ltda).

<sup>3</sup> Eng. Eletrônico PUC MG - Manutenção V.S. (Votorantim Siderurgia).

<sup>4</sup> Eng. Mecânico UNITAU - Manutenção V.S (Votorantim Siderurgia).

<sup>5</sup> Eng. Eletricista CEFED MG - Manutenção V.S (Votorantim Siderurgia).

## 1 INTRODUÇÃO

O projeto nasceu com o objetivo de desenvolver e executar um plano de melhoria da eficiência energética resultando em redução de custo do LCP.

As principais motivações que impulsionaram o trabalho foram:

- Resultado da concorrência:
  - Arcelor Mital Cariacica E.S. – laminador de perfis:
    - 92 kwh/t (média anual)
    - Lamina perfis leves (5,5 kg/m) – menor massa maior consumo
  - LCP Votorantim Barra Mansa
    - 147 kWh/t
    - Laminaperfis médios (8,5 kg/m)
- o grande potencial de ganho: Energia representa uma das principais parcelas do custo adicionado pelo LCP ao produto;
- tornar o LCP benchmark: Migrando da última para a primeira posição no *ranking* de eficiência energética em laminação de perfis; e
- ser esse, um propósito não só econômico, mas alinhado com diretrizes globais de sustentabilidade.

Esse laminador apresenta características particulares em sua forma de operar, pelo fato de produzir uma gama muito variada de produtos com diferenças marcantes em peso linear, acarretando diferentes capacidades produtivas nas diversas etapas de processamento. A consequência imediata deste fato, é que os processos precisam ter as capacidades ajustadas, de modo ao conjunto formar uma série equilibrada de equipamentos com a mesma vazão média. Esse equilíbrio é obtido à custa da criação de intervalos de espera, denominados *gaps*. Durante esses intervalos normalmente os equipamentos permanecem ligados contribuindo para o aumento das cargas fixas.

Outro ponto de muita relevância constatado na primeira análise das necessidades do processo foi que as utilidades normalmente são superdimensionadas e mantidas disponíveis em caráter permanente, raramente modulando com a real necessidade. Como elas não são a parte principal dos processos produtivos, os fornecedores de equipamentos têm optado pela abundância ao dimensionamento preciso. Possivelmente por não ser a eficiência energética um parâmetro de performance usual usados em sua avaliação.

O projeto teve como diretriz rever todos os insumos energéticos empregados quanto a sua necessidade, e em que níveis quantitativos e qualitativos deveriam ser disponibilizados para que o processo produtivo realizasse estritamente as transformações esperadas. As principais diferenças entre fornecido e necessário formaram um ranking de oportunidades, classificadas em função do seu potencial de ganho, complexidade/custo das mudanças e riscos das soluções tecnicamente viáveis em cada novo *modus-operandis* a ser implementado.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia de desenvolvimento do projeto seguiu a ordem:

- 1 Busca de Benchmark: grandes diferenças = potencial de ganho;
- 2 Identificação do Problema: elevado custo de energia elétrica no LCP;
- 3 Observação do processo atual;
- 4 Análise crítica do processo;
- 5 Identificação dos *Gaps*;
- 6 Estudo Preliminar das Mudanças;
- 7 Simulações e Testes para confirmação das hipóteses;
- 8 Ranqueamento das ações;
- 9 Desenvolvimento das soluções definitivas;
- 10 Implementação das mudanças;
- 11 Definir indicadores de performance e acompanhamento;
- 12 Resultados;
- 13 Documentação, divulgação e treinamento;
- 14 Retomar o processo (Fase 2);
- 15 Concluir o projeto, LCP = Benchmark.

### 2.1 Busca de Benchmark: Grandes Diferenças = Potencial de Ganho

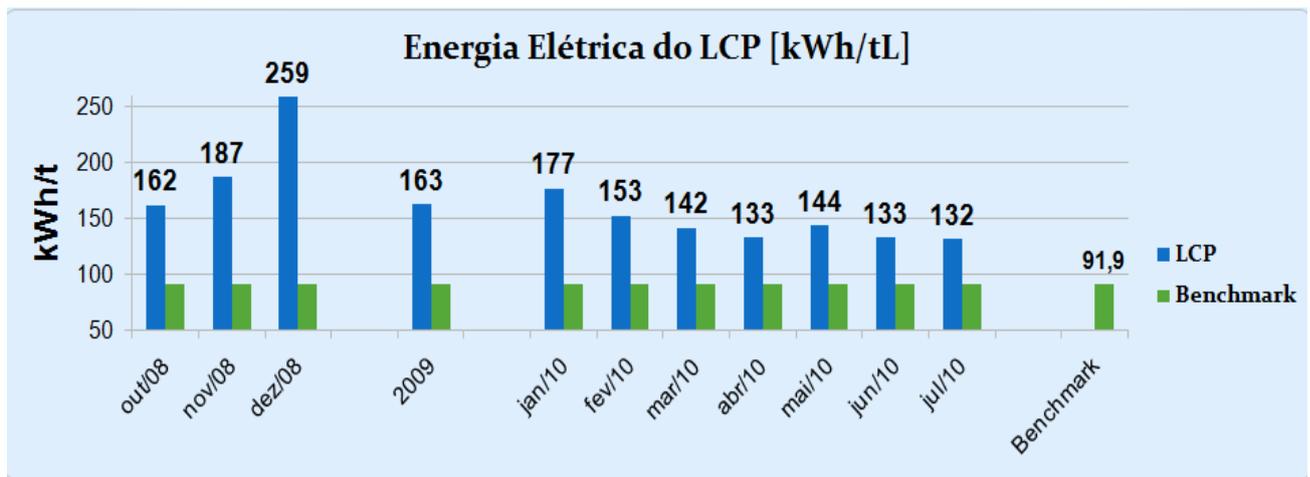


Figura 1. Comparação do consumo de energia do laminador da VS com seu concorrente.

### 2.2 Identificação do Problema: Elevado Custo de Energia Elétrica no LCP

Dentro da estrutura de custeio de produção de barras laminadas a quente a laminação contribui com valores na ordem de R\$ 200,00/t adicionadas ao custo do tarugo de aço para formar o custo final de produção. Deste montante a energia elétrica sozinha, representa mais de 10% do total se caracterizando com um insumo de alta relevância, que aliado à distancia relativa aos principais concorrentes, dão elegibilidade a esse projeto junto ao negócio.

### 2.3 Observação do Processo Atual

- Identificação das contribuições principais no consumo
- Análise das soluções de projeto adotadas

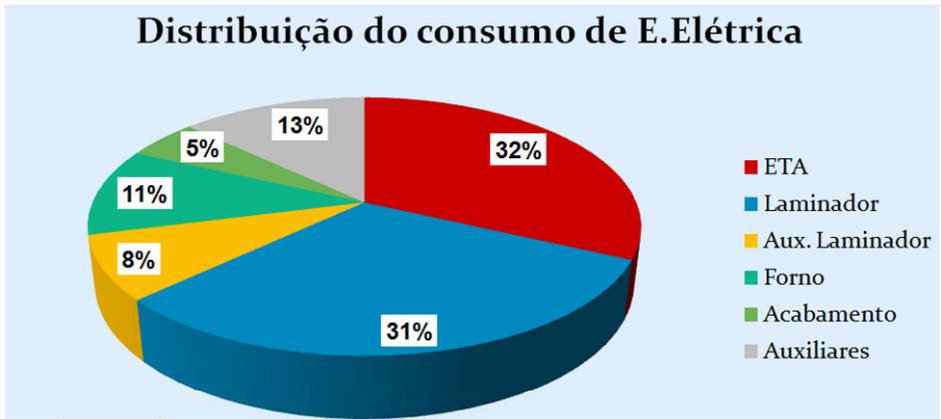


Figura 2. Participação relativa das principais cargas no consumo do LCP.

Data: 04/mar/2010 quinta-feira  
 Ponto: entrada2sg  
 Demanda Máxima (kW): 4.428  
 Hora: 22:15  
 Demanda Média (kW): **2.952kW**  
 Fator de Carga (%): 66,66  
 Consumo Energia do dia(kW.h): 70.845

### Demanda Total da GLP

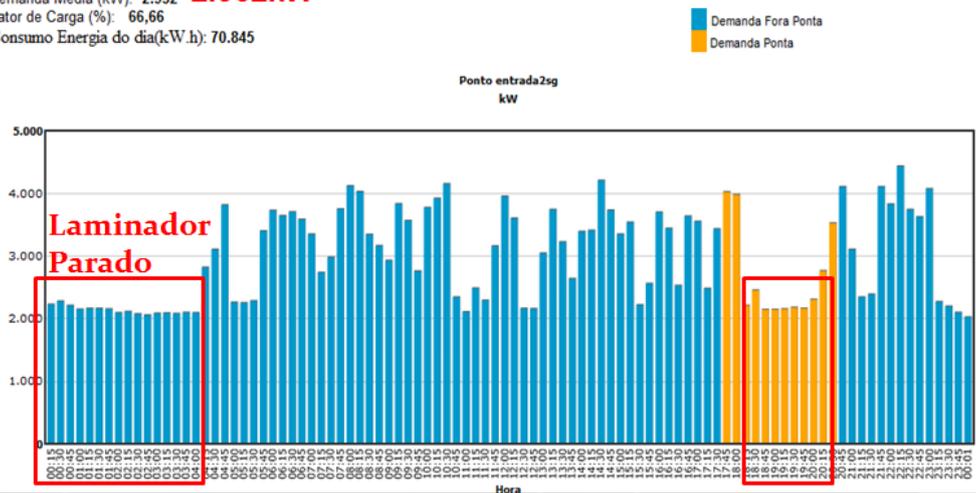


Figura 3. Demanda total de energia em 24 h do LCP – intervalos de 15 min.

Data: 04/mar/2010 quinta-feira  
 Ponto: t11  
 Demanda Máxima (kW): 1.120  
 Hora: 09:45  
 Demanda Média (kW): **1.072kW**  
 Fator de Carga (%): 95,74  
 Consumo Energia do dia(kW.h): 25.736

### Demanda da ETA

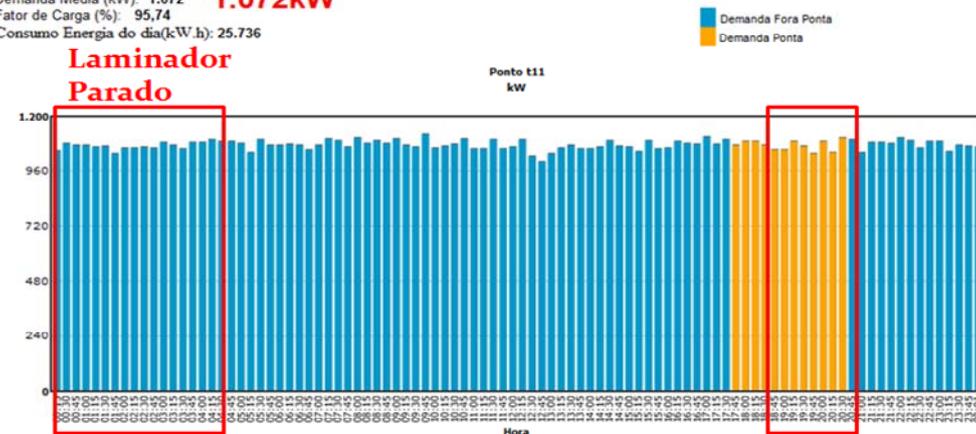


Figura 4. Demanda de energia em 24 h da ETA do LCP – intervalos de 15 min. Notar a independência da ETA com o regime de operação do laminador. Mesmo parado o consumo de energia é constante.

## 2.4 Análise Crítica do Processo

### 2.4.1 Obter a real necessidade de cada insumo

- qualidade;
- quantidade;
- intensidade; e
- permanência.

### 2.4.2 Realizar estritamente a sua função prevista

Ex: os cilindros de laminação precisam girar com a velocidade e torques adequados enquanto o tarugo estiver passando por eles, girar sem barra não é necessário ao processo, então para que girar?

## 2.5 Identificação dos Gaps

Recursos Disponibilizados Vs. Necessidades Estritas = Desperdícios

## 2.6 Estudo Preliminar das Mudanças

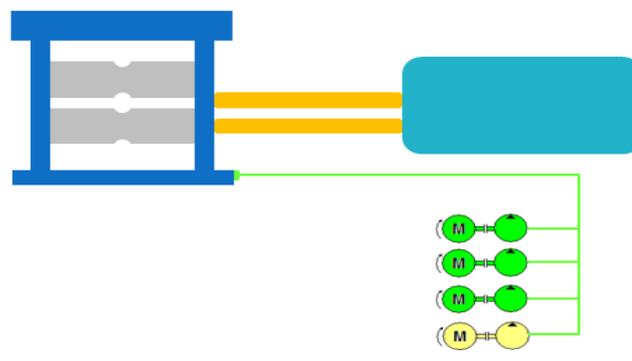
- otimizar o fornecimento de cada recurso;
- desenvolver e avaliar as soluções tecnicamente possíveis; e
- avaliar o nível de dificuldade e risco de implementação.

### 2.6.1 Itens abordados

- *Central hidráulica do laminador*

Finalidade é fornecer potência hidráulica para realizar os movimentos necessários para as trocas de gaiolas de laminação durante os câmbios de produto no laminador. Permanecia ligada 100% do tempo de operação, sendo que os câmbios ocorrem esporadicamente e a duração do movimento é de poucos minutos.

Proposta: Permanentemente desligada. Ligando quando qualquer comando nos postos locais ou central for acionado, voltando a desligar se detectada inatividade por mais de 3 min.

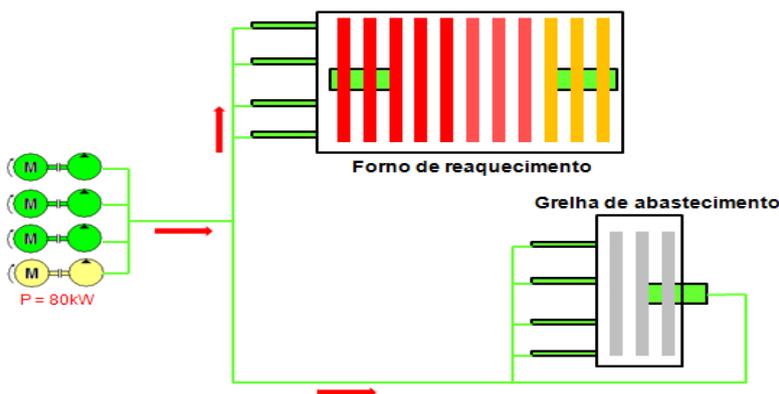


**Figura 5.** Esquema simbólico do acionamento hidráulico do trem de laminação. Com três bombas em operação e uma em *standby*

- **Central hidráulica do forno**

Atualmente ligada de modo permanente, a soleira executa movimentos automáticos de elevação a cada 5min, mesmo se não estiver laminando, segundo informado para homogeneizar aquecimento.

Proposta: Ligada apenas enquanto a laminador estiver operando, passando a desligar-se junto com o desligamento do laminador. Toda vez que for solicitado o movimento automático de soleira, apenas uma das 4 bombas passa a ser acionada para executar esse movimento que não necessita de tempo de ciclo acelerado.

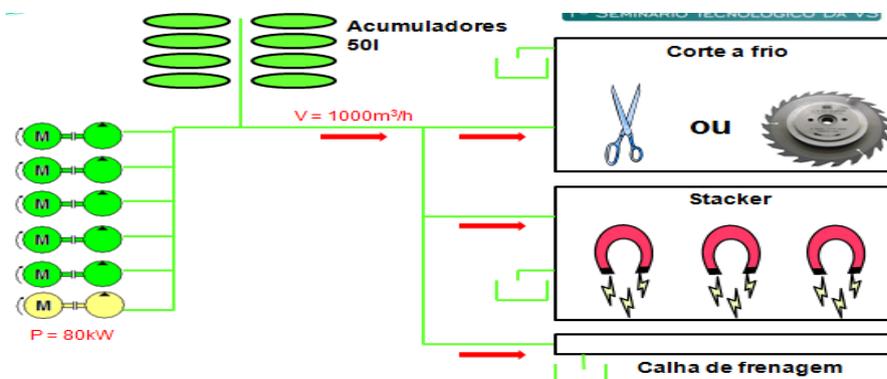


**Figura 6.** Esquema simbólico do acionamento hidráulico do Forno de reaquecimento tarugos. Com três bombas em operação e um em *standby*

- **Central hidráulica da saída**

Atualmente ligada de modo permanente, só desligando em algumas paradas mais longas do laminador por ação voluntária do operador do corte a frio.

Proposta: Ligada apenas enquanto a laminador estiver operando, passando a desligar-se junto com o desligamento do laminador e equipamentos principais da saída. Toda vez que for solicitado o movimento, apenas uma das cinco bombas passa a ser acionada para executar esse movimento, e as demais passam a ser acionadas em função da necessidade de pressão na linha, permanecendo ligadas de modo temporizado toda vez que for detectada inatividade por algum tempo na malha. Pode haver também uma pré-seleção de bombas em função do desligamento de equipamentos principais como serra e *stacker* (chatos e redondos)

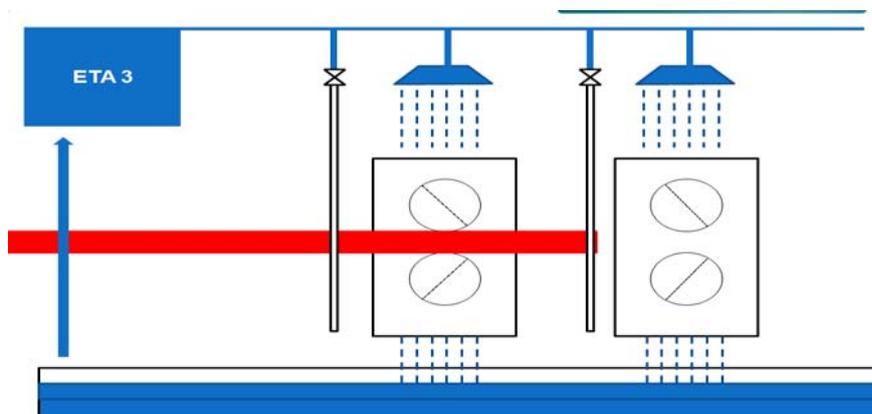


**Figura 7.** Esquema simbólico do acionamento hidráulico da saída de produtos acabados. Com cinco bombas em operação e uma em *standby*

- *Gaiolas*

Atualmente ligadas enquanto há condição de laminar (tempo de utilização). No entanto os *gaps* são muito longos e muitas quedas de ritmo ocorrem ao longo da produção, quando ela permanecem girando sem produzir.

Proposta: Devem parar (não desligar) assim que a cauda da barra sair da gaiola, e voltando a assumir a rotação anterior (corrigida se necessário) ao momento em que iniciou o processo de parada, quando a próxima barra estiver a um instante predeterminado para chegar na posição da referida gaiola. A primeira gaiola deve receber informação do desenformamento como sua referência inicial. Quando o GAP for pequeno, o algoritmo detecta que para atender ao instante predeterminado de antecipação para religamento, o momento de parada fica negativo portanto não pode ser atendido. Neste caso então, não haverá desligamento em cascata



**Figura 8.** Diagrama esquemático: trem de laminação, recebendo água da ETA retorno aberto via canal após refrigerar cilindros. Notar a existência de um *bypass* para cada gaiola que era usado para interromper quando se interrompia o fluxo para a gaiola

- *Descarepador*

Atualmente ligada de modo permanente, só desligando em algumas paradas mais longas do laminador por ação voluntária do operador. Quando a barra não está passando por ele, a água continua sendo bombeada, apenas com desvio para a descarga, o que reduz um pouco o consumo de energia pela redução da pressão de trabalho.

Proposta: Ligado apenas enquanto o laminador estiver operando e passando barra por dentro da câmara de *sprays*, permanecendo desligado por todo o tempo de laminação e GAP.

- *Centrais de lubrificação (desb/inter, acab, SH3)*

Atualmente ligada de modo permanente, só desligando em alguns momentos nas preventivas. Informa-se que as bombas são mantidas em funcionamento para assegurar a temperatura do óleo, usando o bombeamento como fonte de calor.

Proposta: Ligada apenas enquanto o laminador estiver operando, passando a desligar junto com o desligamento do laminador.

- **ETA**

- Água de Contato:

Atualmente ligada de modo permanente a plena carga não se mostrando sensível às variações de ritmo do laminador, só desligando em alguns momentos nas preventivas.

Proposta: Eliminar funcionamento da válvula de by-pass para o canal. Desligar a água toda vez que a gaiola correspondente estiver parada, religando no momento de partida.

- Bombas de recalque : 5 bombas, 1 / 4.

Bombas de recalque (MBC03): Existem cinco bombas, sendo que uma *standby* e quatro funcionando, independente do funcionamento ou não do laminador. O ligamento desligamento e determinado em função do nível do tanque de água fria.

Proposta: Ligar e desligar um determinado número de bombas em função da vazão do laminador e dos níveis dos tanques. Deve haver uma seleção de desligamento, para que não seja a mesma que desligue sempre. Pelo menos uma devera ser mantida ligada para o selo d água do forno.

- Bombas do filtro: 4 bombas 1/3

Bombas do filtro (MBC02): Existem quatro bombas, sendo que uma *stand by* e três funcionando, independente do funcionamento ou não do laminador. O ligamento desligamento e determinado em função do nível do tanque decantador.

Proposta: Ligar e desligar um determinado número de bombas em função da vazão dos filtros e dos níveis dos tanques. Deve haver uma seleção de desligamento, para que não seja a mesma que desligue sempre.

- Bombas do poço de carepa: 4 bombas 1/3

Bombas do poço de carepa (MBC01): Existem quatro bombas, sendo que uma *standby* e três funcionando, independente do funcionamento ou não do laminador. A rotação dos inversores, que operam de forma igual, varia exclusivamente em função do nível do poço.

Proposta: Ligar e desligar um determinado número de bombas em função da vazão de chegada e do nível do poço. Deve haver uma seleção de desligamento, para que não seja a mesma que desligue sempre. Aperfeiçoar em função das curvas das bombas o momento de entrada de cada uma.

- Água de Não Contato

- Bombas de recalque: três bombas, 1 / 2

Bombas de não contato (MBC05): Existem três bombas, sendo que uma *standby* e duas funcionando como uma vazão de 500 m<sup>3</sup>/h. O delta de temperatura de entrada e saída do circuito e cerca de 1,5 graus Celsius. O valor e muito baixo e comprova um excesso de vazão.

Proposta: A variável de controle passar a ser a temperatura de retorno. Deve-se garantir uma vazão mínima para o forno, a fim de evitar depósitos na tubulação.

- Bombas Projeto Demag: três bombas sem uso

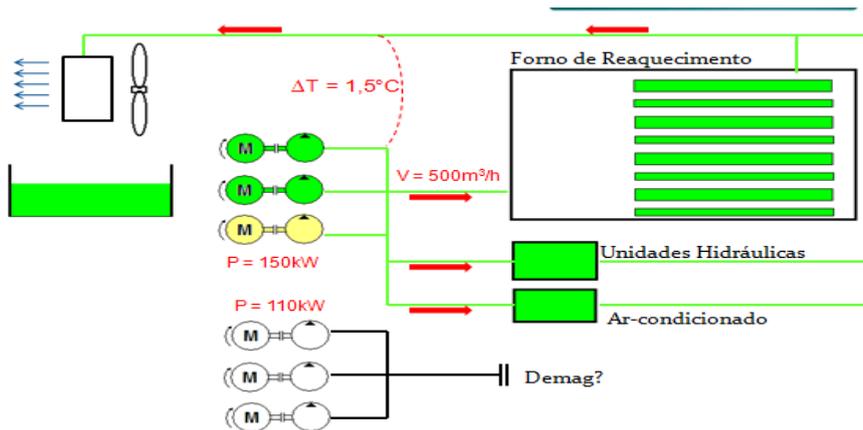


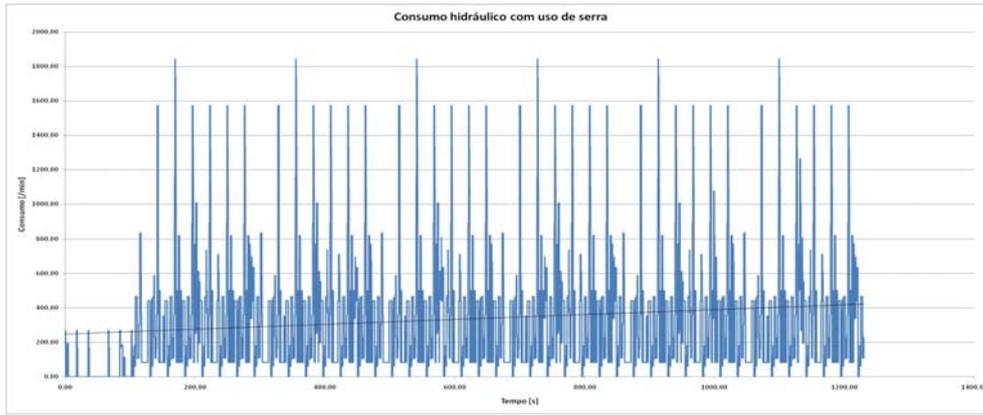
Figura 9. Diagrama esquemático circuito de água de não contato (não contato com a barra em processo: isenta de carepa).

## 2.7 Simulações e Testes para Confirmação das Hipóteses

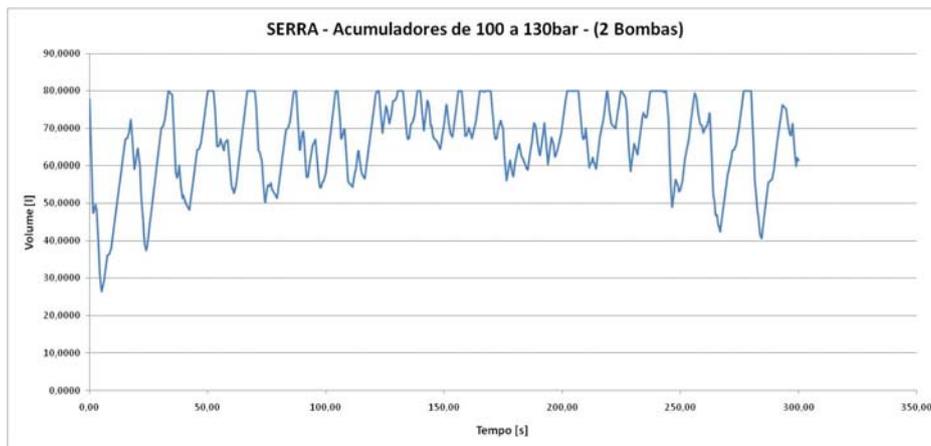
- Desligamento das gaiolas manualmente;
- desligamento das bombas da ETA 3 função das vazões;
- desligamento seqüencial das bombas do acabamento 5->1;
- interrupção de fornecimento de água para o selo do forno 6,5h;
- redução da vazão de água de não contato em 50% : delta 1,5º C;
- bloqueio de todos os *bypass* da água bruta do laminador;
- medição de vazão de ar comp. de limpeza (fotocélulas) e ar-óleo;
- desligamento do Hidráulica do Laminador;
- desligamento da Lubrificação do Laminador junto ao *pre-set*; e
- desligamento do descarepador.

DATA	SGM	LCP	T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	ETA [kWh]
21/8/2010 10:50	22.764	2.022	224	24	12	16	220	164	60	164	1.032	1.032	1.032	1.032
21/8/2010 10:45	66.814	2.040	220	24	16	16	216	164	66	166	1.048	1.048	1.048	1.048
21/8/2010 11:00	60.664	2.022	224	24	12	16	208	164	64	164	1.024	1.024	1.024	1.024
21/8/2010 11:15	23.204	2.044	220	24	12	16	212	160	64	124	1020	1020	1020	<b>Início do Teste</b>
21/8/2010 11:30	47.220	1.992	220	24	12	16	210	156	64	164	980	980	980	980
21/8/2010 11:45	67.044	1.724	240	24	12	16	208	160	60	172	712	712	712	712
21/8/2010 12:00	60.244	1.704	248	24	16	16	208	156	64	160	696	696	696	696
21/8/2010 12:15	61.744	1.624	208	20	12	16	208	156	68	160	672	672	672	672
21/8/2010 12:30	24.824	1.644	204	24	12	16	210	160	68	172	664	664	664	664
21/8/2010 12:45	28.220	1.644	240	20	12	12	164	156	68	164	664	664	664	664
21/8/2010 13:00	63.120	1.214	240	16	12	12	124	156	64	124	632	632	632	632
21/8/2010 13:15	71.160	1.222	244	16	12	12	124	124	68	128	480	480	480	480
21/8/2010 13:30	64.020	1.264	248	8	12	8	124	156	68	124	476	476	476	476
21/8/2010 13:45	62.644	1.264	224	16	12	12	124	150	68	164	476	476	476	476
21/8/2010 14:00	66.200	1.274	244	12	16	8	124	164	68	160	472	472	472	472
21/8/2010 14:15	76.724	1.224	214	12	8	12	124	156	68	160	464	464	464	464
21/8/2010 14:30	66.184	1.224	212	16	16	12	124	164	68	160	464	464	464	464
21/8/2010 14:45	28.280	1.220	220	12	8	8	124	160	68	160	456	456	456	456
21/8/2010 15:00	64.744	1.224	224	12	16	12	124	160	60	124	396	396	396	396
21/8/2010 15:15	72.804	1.224	240	16	12	12	124	120	68	160	312	312	312	312
21/8/2010 15:30	66.814	1.244	224	16	12	8	124	164	64	172	308	308	308	<b>Fim do Teste</b>

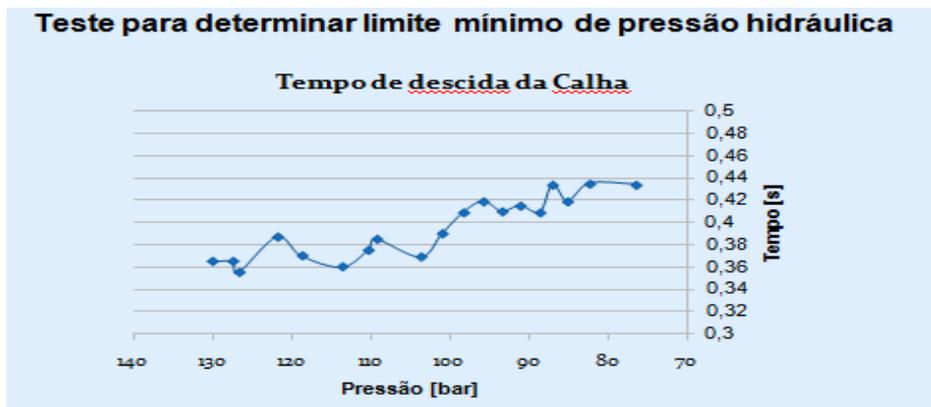
Figura 10. Teste de desligamento manual das bombas da ETA num dia em que o laminador esta fora de operação, sendo que ela permanecia no mesmo regime de operação e conseqüente consumo.



**Figura 11.** Vazão instantânea na hidráulica da saída em função do ciclo de trabalho real dos acionamentos. Notar que a vazão média é muito menor que os picos instantâneos.



**Figura 12.** Variação do volume ocupado nos acumuladores hidráulicos da saída em função do ciclo de trabalho real dos acionamentos. Notar que a existe um nível mínimo que nunca é ultrapassado, garantido uma pressão mínima requerida.



**Figura 13.** Análise do tempo de resposta do acionamento da calha de frenagem em função da redução de pressão hidráulica. Ficou evidenciado que até 100 bar a reposta nos sofria variações significativas, permitindo usar menos as bombas e mais os acumuladores.

### Teste de desligamento das gaiolas nos gaps

Consumo Laminador (gaiolas)					
	kWh	Tarugos	t	kWh/t	Delta
PRÉ	2714	18	37,8	71,8	<b>-18%</b>
PÓS	2470	20	42	58,81	

**Figura 14.** Teste de desligamento das gaiolas de laminação manualmente nos intervalos entre uma barra e outra. Observado uma redução de 18% mesmo os motores sendo reacelerados nas partidas.

### 2.8 Ranqueamento das Ações

- Impacto na eficiência geral;
- critério: Resultado/Recurso para Implementação;
- formação da Fase 1: todas as ações de maior resultado.

### 2.9 Desenvolvimento das Soluções Definitivas

- Automação plena;
- estabilidade;
- segurança; e
- garantia do ganho.

### 2.10 Implementação das Mudanças

- Iniciar com operação assistida;
- avaliar funcionalidade, estabilidade e segurança da solução;
- comprovar efetividade da performance nos ganhos; e
- ajustar parâmetros para maximizar resultados.

### 2.11 Definir Indicadores de Performance e Acompanhamento

A diversidade de produtos produzidos neste laminador, faz com que o consumo de energia empregado varie por dois grandes motivos. O primeiro é a diferença de forma/dimensão e conseqüente diferença entre a energia de deformação plástica necessária. O segundo é que esses diversos produtos possuem capacidades produtivas (t/h) muito diferentes em cada etapa do processo o que leva a uma diferente taxa de diluição das cargas fixas. Tomar o consumo total de um determinado período como indicador de resultado pode acarretar em erros grosseiros apenas pela interpretação incorreta. Desta forma o mix de produtos deve ser levado em conta na ponderação do resultado.

Na Figura 15 observa-se a diferença de energia do trem de laminação função da massa linear.

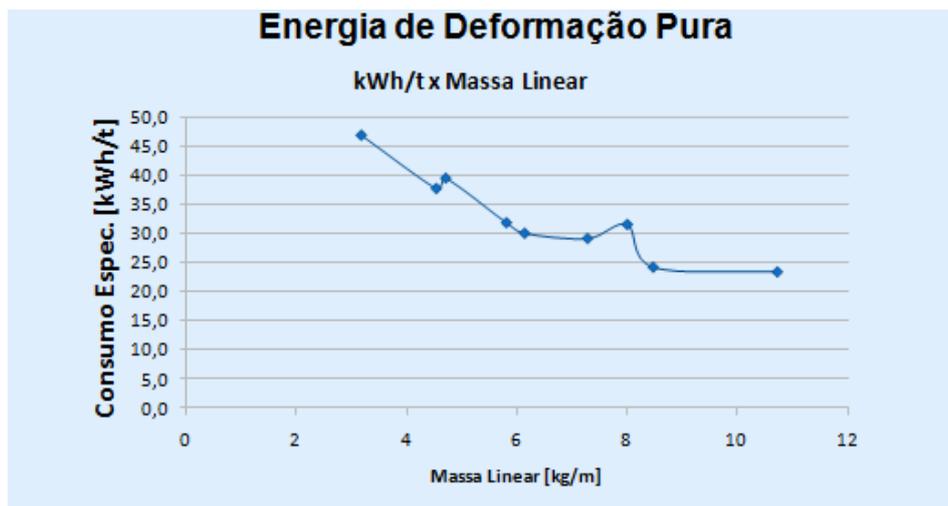


Figura 15. Energia exclusiva para acionar as gaiolas de laminação.

### 3 RESULTADOS

A partir da implementação das ações da fase um do projeto, obteve-se um resultado muito expressivo na redução do consumo de energia elétrica do laminador. Conforme já citado, levando-se em conta o mix de produtos produzidos, foi obtido uma redução de 147 kwh/t para 105 kwh/t no total de energia consumida no Laminador de Perfis (-37%), sendo uma redução de 50% na energia gasta na sua ETA (estação de tratamento de águas). Nas duas figuras abaixo a comparação de desempenho energético do mesmo produto laminado antes e após o projeto implementado.

Votorantim Siderurgia		RESUMO POR PRODUTO - LAMINAÇÃO (GNE)														GL		
LAMINADOR: LCP - LAMINADOR CONTÍNUO DE PERFIS														Data e Hora: 30/11/2010 19:29:10				
PERÍODO: 01/04/2010 à 31/05/2010 23:00:00																		
Produto: K 45 X 3																		
Turno	Tempo (h)		Lamin. (t)	C.Mat. (t/h)	C.Prog. (t/h)	Realizado (t/h)		Util. (%)	Efic. (%)	Ataq. v. Cmb. (%)	Peças Perdidas			Tempo Perdido T. Disp (%)		Gás Exp. (Nm³/tL)	Energia (Kwh/tL)	
	Cal.	Disp.				v. Cmb. a	l. Cmb. b				Qtd	Sl. By	Parada	Cmb. a	P.Prog.			Q.Ra
TURMA A	0,0	0,0	132,409	40,2	20,0	10,9	10,9	65,0	62,0	82,0	1	65,0	34,0	0,0	0,0	24,4	50,9	220,44
TURMA B	3,2	3,2	38,833	40,2	20,0	10,9	10,9	39,0	71,7	98,0	0	28,0	35,0	0,0	0,0	11,2	30,6	207,21
TURMA C	0,0	0,0	132,420	40,2	20,0	10,9	10,9	49,0	65,0	84,0	1	65,0	34,0	2,0	0,0	2,0	69,5	234,50
TURMA A	5,6	5,6	111,400	40,2	20,0	10,9	10,9	72,0	67,0	69,0	1	53,0	27,0	0,0	0,0	23,4	51,74	181,20
TURMA B	5,6	5,6	76,872	40,2	20,0	10,9	10,9	47,7	82,4	78,0	1	38,0	32,0	0,0	0,0	0,0	61,74	218,51
TURMA D	0,0	0,0	126,115	40,2	20,0	10,9	10,9	37,0	68,2	78,0	2	30,0	42,0	0,0	0,0	18,0	69,38	221,37
37,8 37,8 641,08 40,20 20,00 17,11 16,96 67,36 73,66 85,66 6 60,80 41,76 0,00 0,00 16,08 69,7 218,39																		

OBSERVAÇÃO: Tempo que sobrou ou faltou no período e que deve ser levado em conta para o cálculo da eficiência e da utilização ==> 0 minutos.

K 45 X 3 (Abril/Maio)

213,19kWh/tL

Figura 16. Consumo energético produto=cantoneira 45 mm x 3 mm antes do projeto.

Votorantim Siderurgia		RESUMO POR PRODUTO - LAMINAÇÃO (GNE)														GL		
LAMINADOR: LCP - LAMINADOR CONTÍNUO DE PERFIS														Data e Hora: 30/11/2010 19:34:01				
PERÍODO: 30/07/2010 à 31/07/2010 23:00:00																		
Produto: K 45 X 3																		
Turno	Tempo (h)		Lamin. (t)	C.Mat. (t/h)	C.Prog. (t/h)	Realizado (t/h)		Util. (%)	Efic. (%)	Ataq. v. Cmb. (%)	Peças Perdidas			Tempo Perdido T. Disp (%)		Gás Exp. (Nm³/tL)	Energia (Kwh/tL)	
	Cal.	Disp.				v. Cmb. a	l. Cmb. b				Qtd	Sl. By	Parada	Cmb. a	P.Prog.			Q.Ra
TURMA B	0,0	0,0	184,200	40,2	20,0	23,7	23,7	70,4	85,7	118,4	1	61,0	26,4	0,0	0,0	11,0	43,00	137,88
TURMA C	0,4	0,4	105,890	40,2	20,0	21,0	21,0	80,0	94,4	105,1	0	30,0	10,7	0,0	0,0	12,2	37,10	68,91
TURMA D	6,0	6,0	134,320	40,2	20,0	23,7	23,8	71,7	71,0	115,7	1	64,0	15,0	13,0	0,0	20,4	35,94	110,11
18,0 18,0 428,89 40,20 20,00 28,37 23,98 74,47 80,01 118,84 2 102,80 26,70 4,00 0,00 14,88 44,31 116,79																		

OBSERVAÇÃO: Tempo que sobrou ou faltou no período e que deve ser levado em conta para o cálculo da eficiência e da utilização ==> 0 minutos.

K 45 X 3 (Julho)

110,70kWh/tL

Figura 17. Consumo energético produto= cantoneira 45 mm x 3 mm após o projeto.

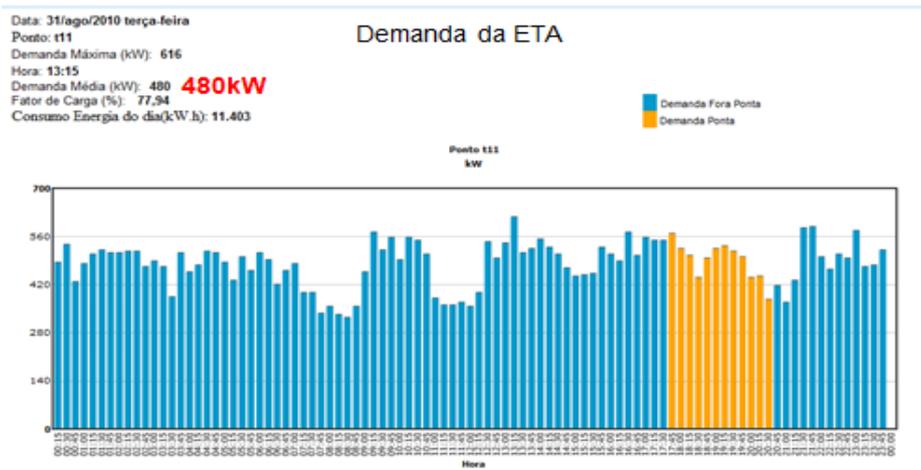


Figura 18. Demanda de energia da ETA projeto implementado em ago/2010.

## 4 CONCLUSÃO

O projeto foi considerado um caso de sucesso na unidade por diversos aspectos. Pelo resultado financeiro, gerando uma redução permanente de R\$1.200.000,00/ano no custo do laminado, praticamente sem investimento, apenas usando mais eficientemente os ativos já existentes. Também por servir de incentivo e despertar projetos semelhantes em varias outras áreas, criando-se um compromisso permanente de melhoria de eficiência energética.

Como lições aprendidas, vale ressaltar:

- importância fundamental de informação, fácil e confiável;
- usar as informações para gerar ações;
- importância de uma automação com recursos e acessível; e
- não acreditar que se fosse bom já estaria feito.

Extensões e outras oportunidades

- compressores de ar da usina;
- laminador de barra Demag;
- Fornos de recozimento (GN);
- Forno do LCP (GN);
- Demais ETA's; e
- Controlador de demanda.

## Agradecimentos

À Votorantim Siderurgia na pessoa do Engº Evandro de Sousa, gerente geral de tecnologia, pela oportunidade de participar do 1º Seminário Tecnológico, quando esse projeto foi premiado com o 1º lugar dentre os trabalhos de todas as empresas que formam a Votorantim Siderurgia. Sendo criado a partir deste evento um fórum permanente de busca de oportunidades de melhoria em eficiência energética na organização.