

REDUÇÃO DO CONSUMO DE GÁS NATURAL NOS FORNOS DE REAQUECIMENTO DE PLACAS DO LTQ#2 DA CSN¹

Alan Granadeiro Torres²
Luciano José Farias Nicodemos³
Ronaldo Reis Silva⁴
Sidney Ferreira da Silva⁵

Resumo

Os fornos de reaquecimento de placas buscam aquecer o metal de tal forma a proporcionar a temperatura ideal do material para a laminação nas cadeiras de desbaste e de acabamento. O principal insumo dos fornos de reaquecimento de placas é o gás natural, onde o seu consumo representa cerca de 40% do custo de transformação da bobina a quente. Os fornos trabalham com diferentes temperaturas de extração e uma gama muito grande de material. O trabalho visa reduzir o consumo de gás natural por tonelada através da criação de um procedimento operacional para a gestão dos fornos durante o período de paradas da linha, através de uma melhor configuração das sequências críticas de laminação, através do monitoramento das condições dos equipamentos mecânicos e através da manutenção da taxa mínima de enforamento a quente de 7%.

Palavras-chave: Redução de consumo; Custo de transformação; Temperatura de processo.

NATURAL GAS COMSUMPTION REDUCTION ON THE REHEATING FURNACES OF THE CSN HOT STRIP MILL 2

Abstract

Slab reheating furnaces seek to heat up the metal so as to provide the ideal temperature for hot rolling on the rougher mill and finishing mill. The main input of the slab reheating furnaces at csn is natural gas, which the consumption is about 40% of the process cost of hot coil. Different types of schedules have different target extraction temperatures, especially because of the varied product mix. The present work aims to reduce natural gas consumption per ton by creating an operational procedure for the management of the furnaces during the mill downtime, providing a better configuration of critical schedule types, improving the monitoring of mechanical equipment and maintaining the target of at least 7% of hot charging.

Key words: Reduction of consumption; Process cost; Process temperature.

¹ *Contribuição técnica ao 50º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 18 a 21 de novembro de 2013, Ouro Preto, MG, Brasil.*

² *Engenheiro de Produção Pleno. Companhia Siderúrgica Nacional. Volta Redonda, MG, Brasil.*

³ *Técnico de Desenvolvimento Especialista. Companhia Siderúrgica Nacional. Volta Redonda, MG, Brasil.*

⁴ *Engenheiro de Produção Sênior. Companhia Siderúrgica Nacional. Volta Redonda, MG, Brasil.*

⁵ *Engenheiro Especialista. Companhia Siderúrgica Nacional. Volta Redonda, MG, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

Para se manterem competitivas no mercado as empresas buscam não só fornecer produtos de qualidade como também otimizar seus processos de forma a reduzir os custos de produção. A CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) na sua excelência busca conciliar seus altos níveis de produção com a garantia de qualidade a baixo custo. A companhia possui um dos mais produtivos laminadores da América Latina, onde sua capacidade de produção é de cerca de 5,1 milhões de toneladas por ano. Para manter essa produtividade o LTQ#2 (laminador de tiras a quente 2) trabalha com quatro fornos de reaquecimento de placas do tipo Walking Beam, dividido em 7 zonas de aquecimento, como representado na figura 1. Os fornos de reaquecimento operam atualmente com gás de coqueria (GCO) e gás natural (GN), onde o GN é a principal fonte de energia.

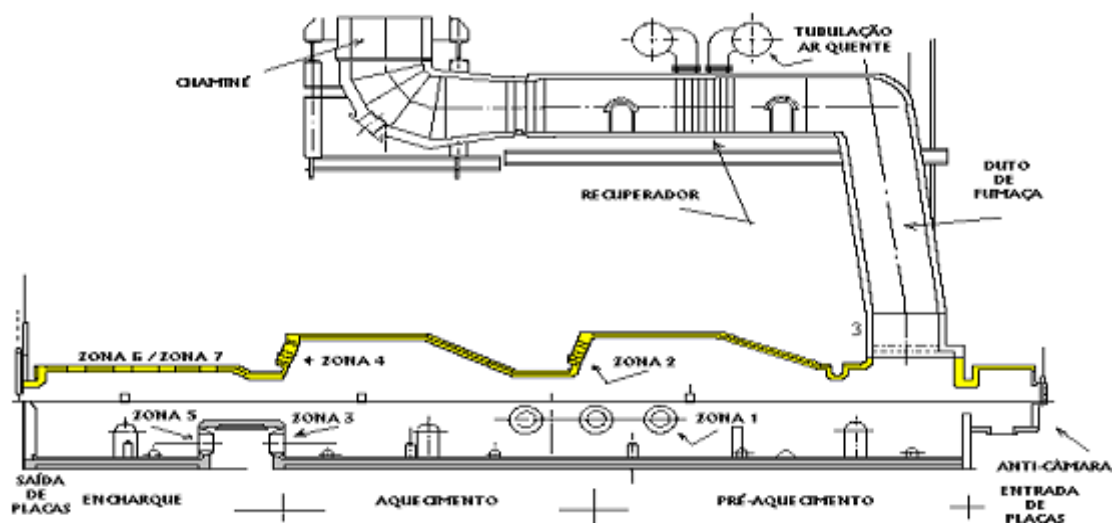


Figura 1. Vista lateral do forno com suas respectivas zonas.⁽¹⁾

O gás natural é o principal insumo dos fornos de reaquecimento de placas, e sua contribuição para o custo de transformação da bobina a quente da CSN é de cerca de 40%. Qualquer melhoria que possa contribuir para a redução do consumo de gás natural representa um ganho expressivo no caixa da empresa, principalmente se essa melhoria ocorrer a baixo investimento.

Hoje trabalha - se no LTQ#2 com diferentes temperaturas de extração e de RDT (*Rougher Delivery Temperature* – Temperatura de saída do laminador de desbaste). Essas temperaturas variam de acordo com a sequência de laminação que é formada a partir do grau, que representa a composição química do material, e da aplicabilidade do produto final. A figura 2 apresenta as temperaturas de extração e de saída do desbaste por sequência de laminação.

As variações de temperaturas impostas aos fornos de reaquecimento de placas contribuem para uma maior instabilidade do processo de aquecimento, que acarreta num consumo desnecessário de gás natural.

Sequências	Temperatura de Extração(°C)	RDT (°C)
G	1140	1050
M	1140	1050
Y	1140	1050
W	1140	1050
E	1140	1050
 		
L	1170	1080
Z	1170	1100
 		
X	1210	1100
G microligado	1210	1100

Figura 2. Temperaturas de processo.

O consumo dos fornos de aquecimento de placas é representado pelo MCal, que relaciona a produção com o gasto energético necessário para atingir a temperatura ideal do material. Sendo assim paradas emergenciais na linha produtiva representam um aumento significativo no índice de MCal.

A manutenção dos componentes mecânicos é primordial para reduzir as paradas emergências da linha que influem diretamente na produção e no consumo de combustíveis proporcionando uma produção econômica, onde o consumo de combustível por tonelada de aço deva ser o menor possível.

Os fornos do LTQ#2 são regidos pelo Sistema de Supervisão e Otimização dos Fornos (SSOF), que tem o objetivo de ajustar os set-points de temperatura das diferentes zonas do forno, visando à redução do consumo, a uniformidade da temperatura e a redução da perda metálica por carepa. O SSOF controla e supervisiona o processo de aquecimento, onde seu controle se inicia na aquisição de dados da placa a ser enfiada e termina no tratamento dos dados após laminada no desbaste. A Figura 3 é uma representação esquemática do funcionamento do sistema.

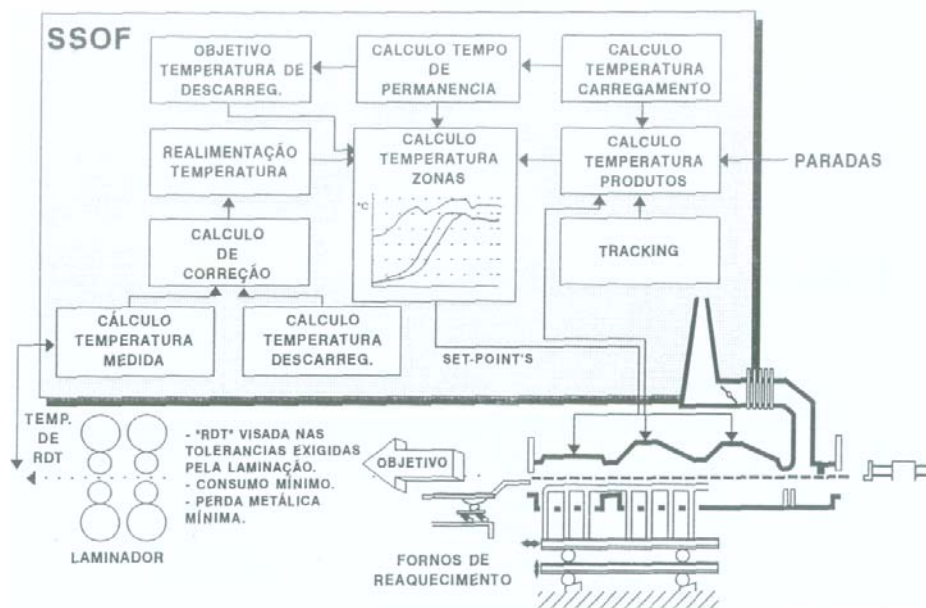


Figura 3. SSOF funcionamento.⁽²⁾

O SSOF trabalha visando a temperatura de saída do desbaste (RDT) e a temperatura de desenformamento adequada para cada tipo de material. A Figura 4 representa o perfil de RDT ao longo da placa, e a Figura 5 apresenta um exemplo das curvas de aquecimento calculadas pelo SSOF, onde cada quadradinho roxo indica o set-point de temperatura visado para o fim de zona.

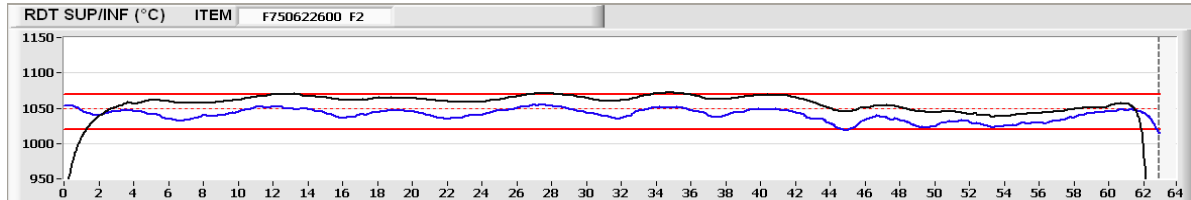


Figura 4. Perfil de RDT

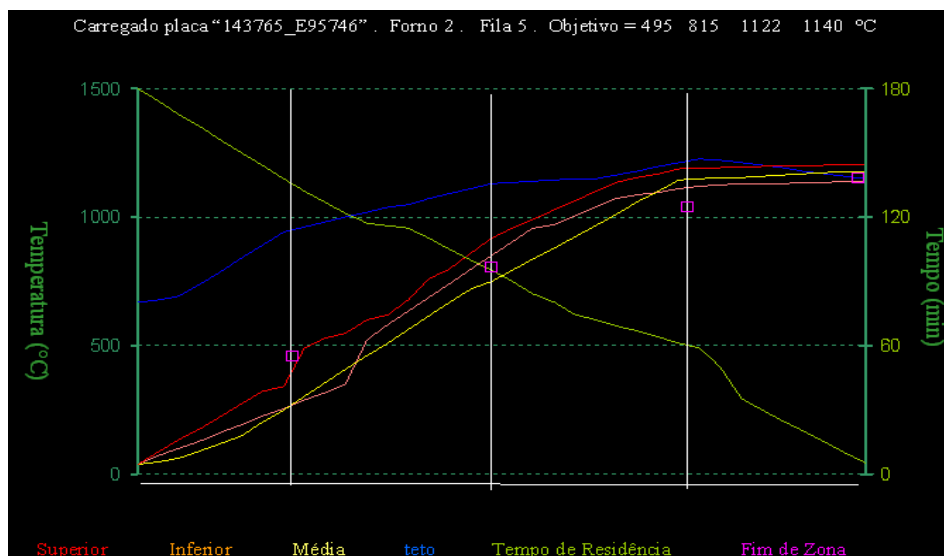


Figura 5. Curvas do SSOF

Outro fator que influencia diretamente no consumo de gás dos fornos é a taxa de enformamento a quente. Segundo Rizzo⁽³⁾ o enformamento a quente apresenta a vantagem de propiciar redução do consumo de combustível nos fornos de reaquecimento, onde o objetivo é aproveitar a energia interna do aço lingotado continuamente, de modo a eliminar parcial ou completamente, a necessidade de reaquecimento no início da laminação.

A CSN pratica o processo de carregamento a quente (*Hot Charge Rolling*), no qual o material é estocado por algum tempo no pátio de placas devido às diferenças de programação de produção entre o lingotamento e a laminação, porém não chega a ser resfriado até temperaturas abaixo de 300°C.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na metodologia seis sigma que segundo Werkema⁽⁴⁾ é uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que tem como objetivo aumentar drasticamente a lucratividade das empresas, por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos.

O método base do trabalho é o DMAIC, composto pelas seguintes fases:

- *Define* (definir): defini-se com precisão o escopo do projeto;
- *Measure* (medir): determina-se a localização ou foco do problema;
- *Analyze* (analisar): determinam-se as causas do problema prioritário;
- *Improve* (melhorar): propõem, avalia e implementa as soluções para o problema prioritário;
- *Control* (controlar): garanti-se que o alcance da meta seja mantido a longo prazo.

2.1 Define

A descrição do problema, a meta e o objetivo do trabalho estão apresentados no Project Charter abaixo.

DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	
Qual o problema? R: Alto consumo de gás natural.	
Onde está ocorrendo o problema? R: Nos fornos de reaquecimento de placas.	
Qual o impacto financeiro do problema para a organização? R: O consumo de GN representa cerca de 40% do custo de transformação da BQ.	
MEDIÇÃO DO PROJETO	
Qual a métrica operacional? R: Consumo de gás natural por tonelada produzida.	
Qual a métrica financeira? R: Queda no preço de produção da BQ.	
Como o ganho anual pode ser mensurável? R: R\$ (produção anual X % do consumo de dam ³ de GN/t reduzido X custo do dam ³ de GN).	
OBJETIVO DO PROJETO	
Reduzir 5% do consumo de dam ³ de GN/t.	
ASSINATURAS	
Dono do Processo: Alan Granadeiro Torres	Patrocinador/ Facilitador do Projeto: Sebastião José Furtado de Azevedo

Figura 6. Project Charter

O diagrama apresentado na Figura 7 defini o principal processo envolvido no trabalho, facilitando a visualização do escopo do mesmo.



Figura 7. SIPOC

O diagrama acima é conhecido como o SIPOC do trabalho onde a denominação resulta das iniciais: fornecedores (*Supplies*), insumos (*Inputs*), processo (*Process*), produtos (*Outputs*) e consumidores (*Customers*).

A matriz de causa e efeito do trabalho está representada na Figura 8 e o pareto da Figura 9 apresenta a influência das entradas de processo no consumo de gás natural de acordo com o atributo de pesos dado pelos especialistas envolvidos no processo.

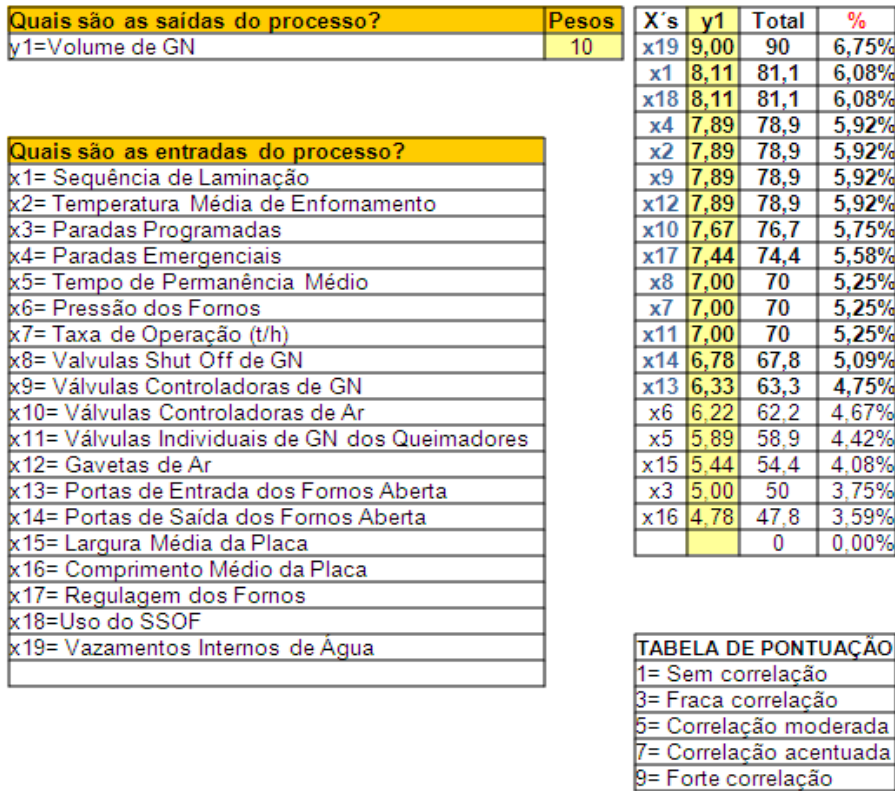


Figura 8. Matriz de causa e efeito com a tabela de pontuação.

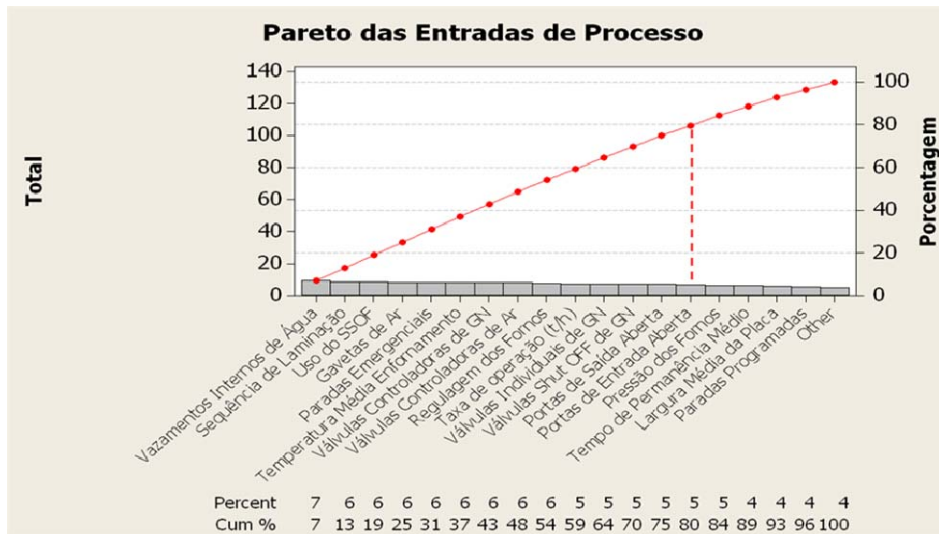


Figura 9. Pareto das entradas de processo.

Com o objetivo de priorizar as falhas das atividades referentes às principais entradas de processo foi montado o FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*) e em seguida o RPN (*Risc Priority Number*), onde foi possível classificar as principais causas das falhas de processo. A pontuação das causas está apresentada na figura 10. As causas priorizadas foram:

- **Causa 1** - Materiais críticos e comuns processados na mesma sequência, elevando o número de sequências com material crítico na semana;
- **Causa 2** - Falta de procedimento operacional para a declaração de parada no SSOF, durante as paradas na linha, gerando consumo desnecessário;

- **Causa 3** - Condições inadequadas dos equipamentos mecânicos (diagnóstico dos equipamentos), dificultando o controle do sistema supervisorio, reduzindo assim, o uso do SSOFF;
- **Causa 4** - Falta de integração entre as unidades responsáveis pela formação das seqüências de laminação, dificultando o enformamento de placas com temperatura ≥ 300 °C.

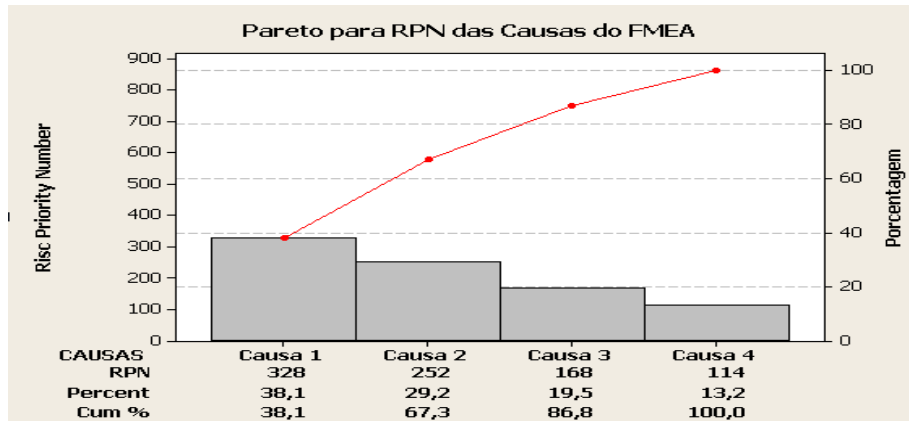


Figura 10. Pareto para RPN das Causas do FMEA.

2.2 Measure

Nessa etapa foi realizado o levantamento do consumo de gás natural por tonelada do mês de setembro de 2011 a junho de 2012 (período anterior as intervenções). Os dados operacionais do uso do SSOFF e do acerto de RDT, também foram coletados. As Figuras 11 e 12 apresentam o gráfico temporal desses índices. Os dados foram coletados do concentrador de banco de dados interno do LTQ#2, denominado DBSLTQ (Database System do Laminador de Tiras a Quente). Os dias cujas paradas de linha foram superiores a 4 horas contínuas foram desconsiderados da análise.

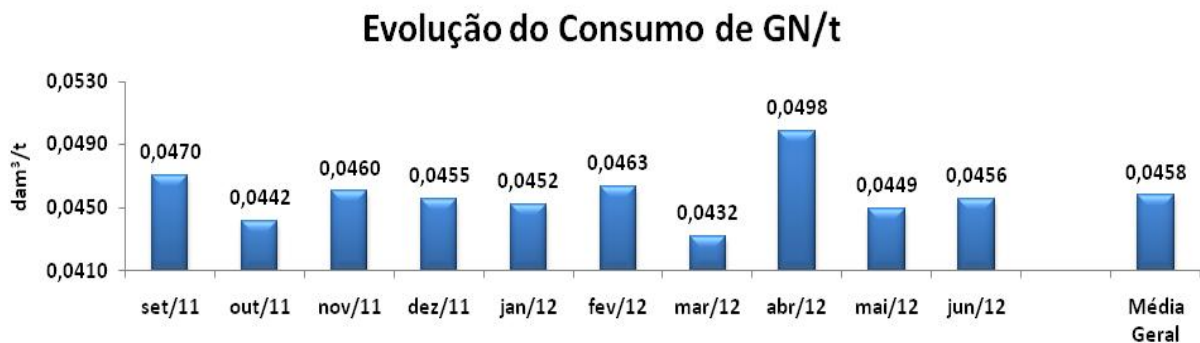


Figura 11. Evolução do consumo de GN/t

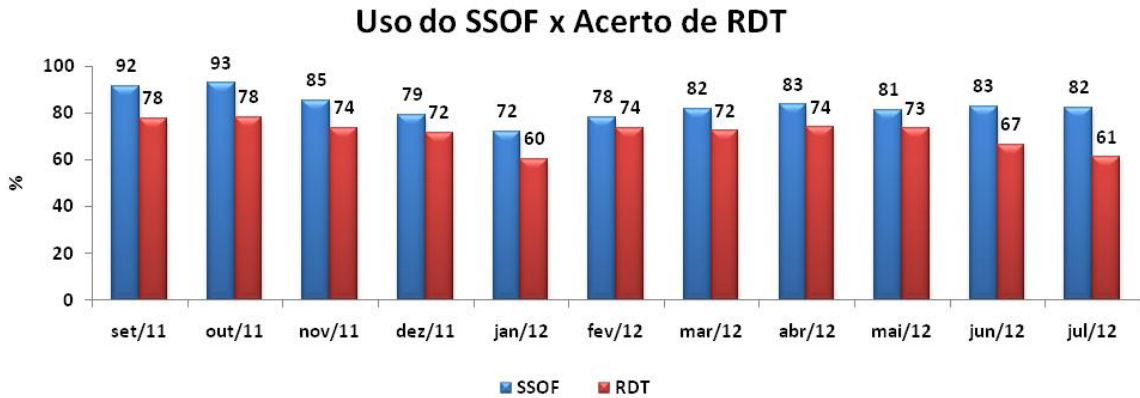


Figura 12. Evolução do acerto de RDT X uso do SSOF.

A série temporal da Figura 13 nos mostra a oscilação do custo por dam^3 de gás natural.



Figura 13. Evolução da oscilação do custo do dam^3 de gás natural.

De acordo com a definição das causas principais e do levantamento do consumo de gás natural, do acerto de RDT e do uso do SSOF foram definidos os seguintes focos principais para o desenvolvimento do trabalho:

- Reduzir o consumo de gás natural durante o processamento de sequências críticas;
- Reduzir o consumo de gás natural durante as paradas de linha;
- Priorizar o uso do sistema supervisor (SSOF).

2.3 Análise

As sequências de laminação L e X, são as que apresentam os materiais mais críticos para o laminador de tiras a quente 2 da CSN. As Figuras 14 e 15 apresentam o consumo de gás natural por tonelada para cada uma delas.

Consumo na Sequência L

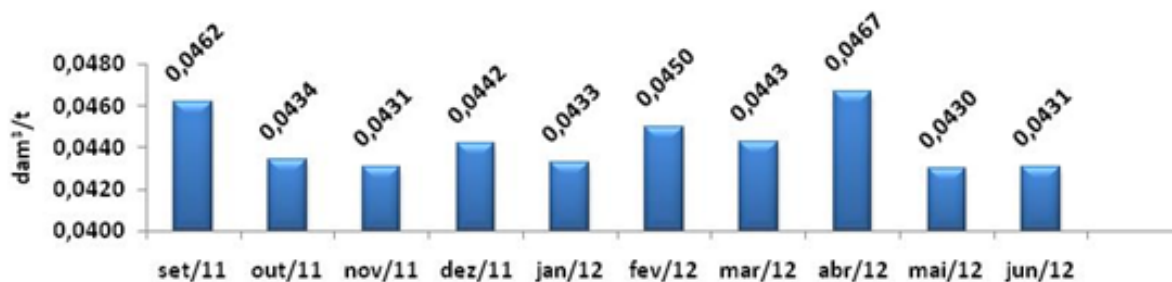


Figura 14. Evolução do consumo de GN/t na sequência L.

Consumo na Sequência X

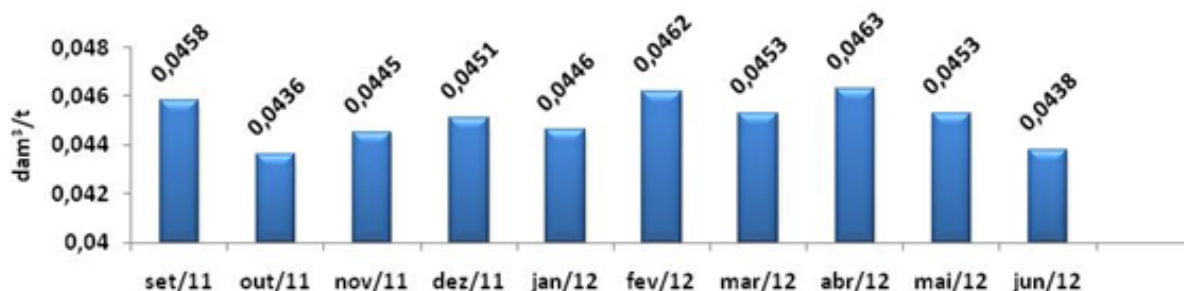


Figura 15. Evolução do consumo de GN/t na sequência X.

O consumo durante as paradas de linha está representado na Figura 16. O gráfico mostra consumo médio por hora de parada.

Consumo por Hora de Parada

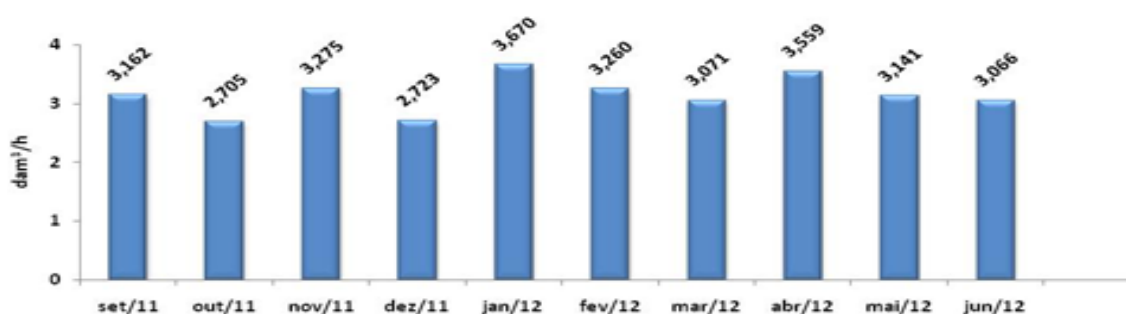


Figura 16. Consumo por hora de parada.

2.4 Improve

As soluções priorizadas a partir dos focos das análises realizadas na fase anterior foram:

- Divisão da sequência L: A sequência L foi dividida em duas. Uma com material TRM 3 e outra com apenas material IF (*Intesticial Free*). Os resultados estão apresentados na Figura 17, mostrando o antes e depois da implantação da divisão.

Consumo na Sequência L

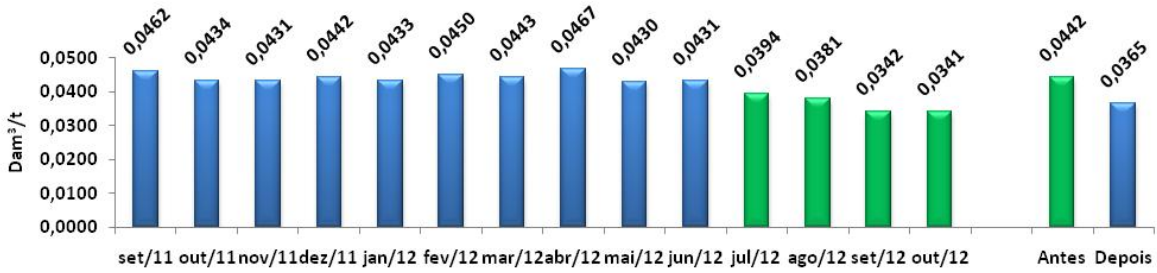


Figura 17. Consumo de GN/t na sequência L.

- Inclusão da sequência G microligado na sequência X: A sequência G microligado foi inserida na sequência X, sendo processada apenas uma vez na semana. A figura 18 apresenta os resultados da modificação, destacando os períodos antes e depois a modificação.

Consumo na Sequência X

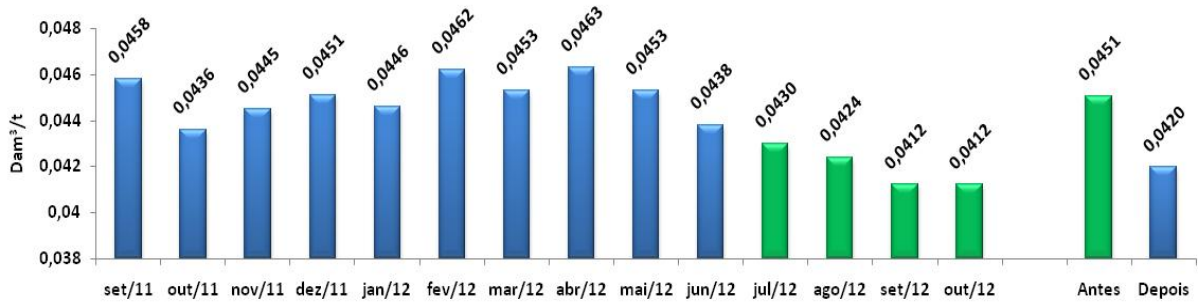


Figura 18. Consumo de GN/t na sequência X.

- Criação de padrão operacional para a declaração de parada no SSOF durante as paradas da linha de laminação: Foi criado um padrão operacional para ser aplicado durante as paradas da linha de laminação, onde é possível no SSOF declarar o tempo da parada fazendo com que o sistema regule as vazões do forno de forma a evitar o consumo desnecessário de combustível. A Figura 19 apresenta o consumo por durante as paradas de linha para o período antes e depois da implantação do padrão.

Consumo por Hora de Parada

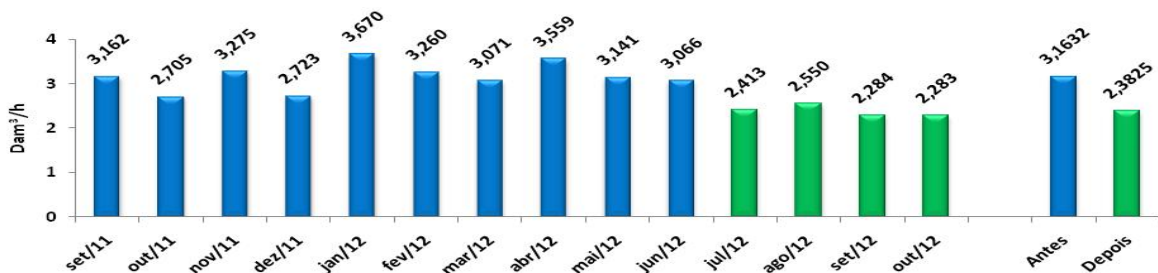


Figura 19. Consumo por hora de parada

- Diagnóstico dos equipamentos mecânicos: Semanalmente é atualizada a planilha do diagnóstico dos equipamentos mecânicos dos fornos. A Figura 20 apresenta a situação das gavetas de ar do forno 1. Na planilha está relatado o tipo de problema, o prazo para a normalização e se o prazo foi atendido ou não.

Forno	Situação	Previsão de Normalização	Atendimento ao Prazo (S/N)	Novo Prazo
1	Gaveta do queimador 1A da zona 1 sem ajuste (100% aberta)	Parada de Forno	OK	RG 2012
1	Gaveta do queimador 1B da zona 1 sem junta de vedação	Parada de Forno	OK	RG 2012
1	Todas as Gavetas da zona 2 sem indicadores de Aberto e Fechado;	Parada de Forno	OK	RG 2012
1	Gaveta do queimador 1 da zona 2 falta trava	Parada de Forno	OK	RG 2012
1	Gaveta do queimador 2 da zona 2 falta trava e haste do ponto sem pega	Parada de Forno	OK	RG 2012
1	Gaveta do queimador 3 da zona 2 falta trava e com agarramento	Parada de Forno	OK	RG 2012
1	Gaveta do queimador 4 da zona 2 falta trava	Parada de Forno	OK	RG 2012
1	Gaveta do queimador 5 da zona 2 falta trava	Parada de Forno	OK	RG 2012
1	Gaveta do queimador 6 da zona 2 falta trava	Parada de Forno	OK	RG 2012
1	Gaveta do queimador 1 da zona 3 sem borboleta para regulagem	Parada de Forno	OK	RG 2012
1	Gaveta do queimador 4 da zona 3 sem borboleta para regulagem	Parada de Forno	OK	RG 2012
1	Gaveta do queimador 5 da zona 3 sem borboleta para regulagem	Parada de Forno	OK	RG 2012

Figura 20. Situação das gavetas de ar do forno 1.

2.5 Control

Os itens a serem monitorados serão o consumo de gás nas sequências X e Z, o consumo de gás durante as paradas de emergência, o acerto de RDT e uso do SSOF, além do consumo global representado pelo MCal mensal.

3 RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os resultados do consumo de GN/t, do MCal, do uso do SSOF e do acerto de RDT, do período antes (Set/11 a Jun/12) e depois (Jul/12 a Out/12) das modificações.

Tabela 1. Resultados

Período	dam ³ /t	MCal	Uso do SSOF	Acerto de RDT
Set/11 a Jun/12	0,0458	388	83%	72%
Jul/12 a Out/12	0,0425	364	90%	82%

Foi obtida uma redução de 7,02% no consumo de GN/t ultrapassando a meta inicial do trabalho de 5% e o custo por tonelada produzida caiu de R\$37,69 para R\$34,98.

4 DISCUSSÃO

A forma de como os materiais a serem laminados estão distribuídos nas sequências de laminação tem alta influência no consumo específico dos fornos conforme previsto pela literatura.

A otimização das sequências L e X contribuiu para a estabilidade dos fornos permitindo que o sistema supervisório trabalhasse durante o processamento dessas sequências sem grandes intervenções do operador. Com o aumento do uso do SSOF o acerto de RDT também foi otimizado.

O diagnóstico dos equipamentos mecânicos permite a avaliação constante da situação física em que se encontram os fornos de reaquecimento, de forma a avaliar o desempenho do sistema supervisório de acordo com o cenário encontrado.

O sistema supervisório visa uma produção econômica, que foi confirmada pela redução do consumo de MCal ao se trabalhar com uma maior utilização do sistema.

O gerenciamento da declaração de paradas no sistema supervisório durante as paradas da linha também contribuiu para a redução do consumo específico dos fornos.

5 CONCLUSÃO

A CSN trabalha com uma gama muito grande de aços e a forma como esses materiais estão divididos nas sequências de laminação influenciam no consumo e na qualidade de aquecimento do material. As sequências de laminação devem ser programadas de forma a proporcionar uma maior estabilidade nos fornos de reaquecimento, onde as sequências críticas devem ser analisadas para uma melhor adequação.

A declaração de parada no sistema supervisório durante as paradas de linha promove uma redução do consumo específico dos fornos já que o mesmo controla a abertura das válvulas de gás e de ar de acordo com a previsão do retorno da linha, evitando gastos desnecessários.

O acompanhamento das condições físicas dos fornos de reaquecimento permite planejar ações operacionais e possíveis investimentos para uma melhor eficiência do equipamento.

Agradecimentos

Registra-se o agradecimento a toda a equipe do LTQ#2 que contribuiu ativamente para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 LIMA, C. L. O. Reaquecimento de placas: processo e tecnologia. Rio de Janeiro, Companhia Siderúrgica Nacional, 2008. [Apostila].
- 2 MOREIRA, A. C.; SANTOS, O. L. L. Redução do consumo de energia térmica nos fornos de aquecimento de placas da linha de tiras a quente nº 2. Rio de Janeiro, Companhia Siderúrgica Nacional, 1995.
- 3 RIZZO, E. M. S. Processos de laminação a quente de produtos planos de aço. São Paulo, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2011. Pág 68.
- 4 WERKEMA, Cristina. Criando a cultura seis sigma. Belo Horizonte, MG: Werkema Ed., 2010. Pág 105
- 5 HEURTEY, Stein. Sistema de supervisão e otimização dos fornos: manual de operação. Rio de Janeiro, Combustol – Bailey, 1994. [Apostila].