

OTIMIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DOS FORNOS DE REaquecimento DO LTQ#2¹

Alan Granadeiro Torres²
Marcelo Amaral Rodrigues³
Marcelo Martins Damasceno⁴
Marlos Lopes de Oliveira⁵

Resumo

A garantia do processo de laminação a quente está intimamente ligada a temperatura na qual o aço sofrerá o processo de deformação. 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. Desde a implantação dos fornos do LTQ#2 o mix de produção passou por várias modificações. Hoje trabalha-se nos fornos com diferentes temperaturas de extração e uma gama muito grande de material. O presente trabalho busca escolher as curvas de produtividade dos fornos de reaquecimento de forma a se obter um melhor resultado operacional, capaz de garantir a produtividade e a redução do consumo de combustível. O trabalho parte do diagnóstico das condições mecânicas dos fornos, do levantamento das práticas operacionais e da priorização do uso do sistema de supervisão e otimização dos fornos, aliado ao ajuste das curvas de produtividade que regem esse sistema.

Palavras-chave: Curvas de produtividade; Redução de consumo; Temperatura de processo.

OPTIMIZATION OF THE LTQ#2 REHEATING FURNACES PARAMETERS

Abstract

The guarantee of the hot rolling process is closely linked to temperature at which steel will suffer the deformation process. The reheating furnaces of slabs seek to heat up the metal so as to provide the ideal temperature of the material for the rolling chairs in the roughing and finishing. Since the implementation of the furnace of the LTQ#2 the production mix has undergone several modifications. Today it works on the furnaces with different extraction temperatures and a very large range of material. The present study attempts to choose the productivity curves of reheating furnaces in order to achieve better operating results, capable of assure the productivity and the reduction of fuel consumption. The work starts with the diagnosis of the mechanical condition of the furnaces and the survey of operational practices, followed by prioritizing the use of the supervisory system optimization of furnaces, coupled with the adjustment of the productivity curves that govern this system.

Key words: Productivity curves; Reduction fuel; Temperature of process.

¹ Contribuição técnica ao 67^o Congresso ABM - Internacional, 31 de julho a 3 de agosto de 2012, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Engenheiro Metalúrgico. Engenheiro de Produção PL. CSN.

³ Administrador. Graduando em Engenharia de Controle e Automação. Inspetor de Manutenção II. CSN.

⁴ Engenheiro Mecânico. Engenheiro de Manutenção Jr. CSN.

⁵ Engenheiro de Produção. Supervisor Diurno. CSN.

1 INTRODUÇÃO

Num mercado cada vez mais competitivo as exigências por produtos de alto grau de qualidade são constantes e a busca por excelência é fundamental para a permanência da empresa no mercado. A CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) 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 trabalha com quatro fornos de reaquecimento de placas do tipo Walking Beam, dividido em 7 zonas de aquecimento, como representado na Figura 2. Por garantir o abastecimento de todas as linhas de laminados a frio e de revestimento subsequente da Usina Presidente Vargas, o LTQ#2 é considerado o equipamento gargalo do fluxo produtivo e é primordial que o seu ideal funcionamento seja garantido.

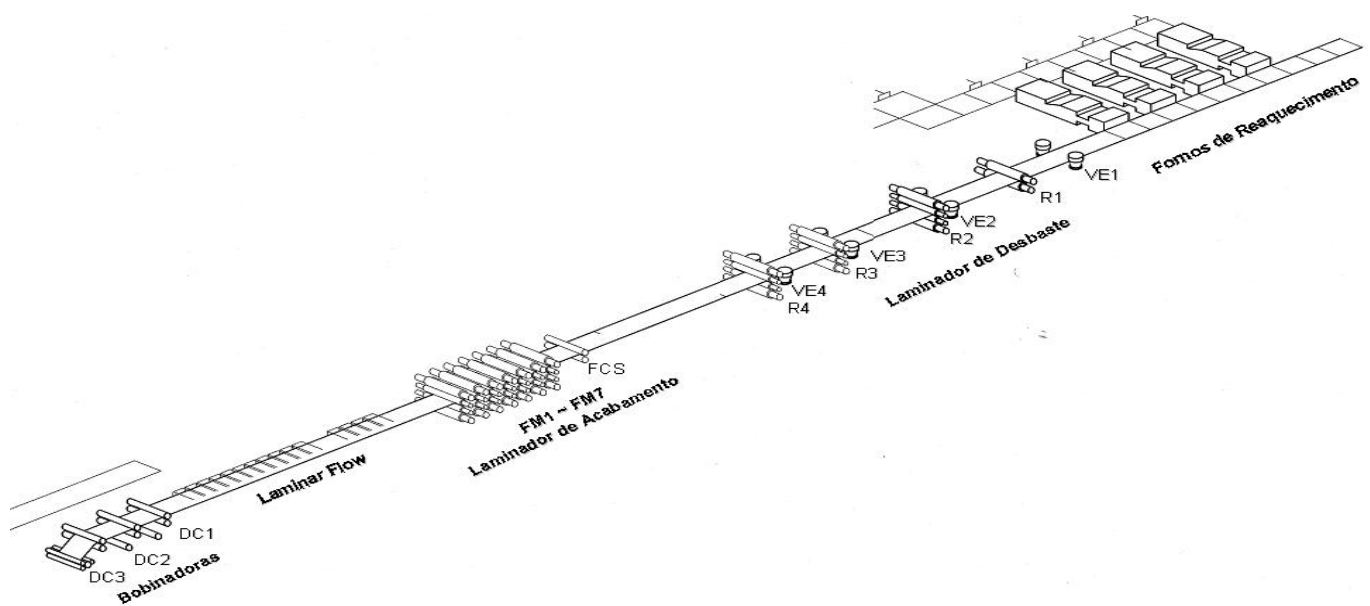


Figura 1. Layout básico do LTQ#2.⁽¹⁾

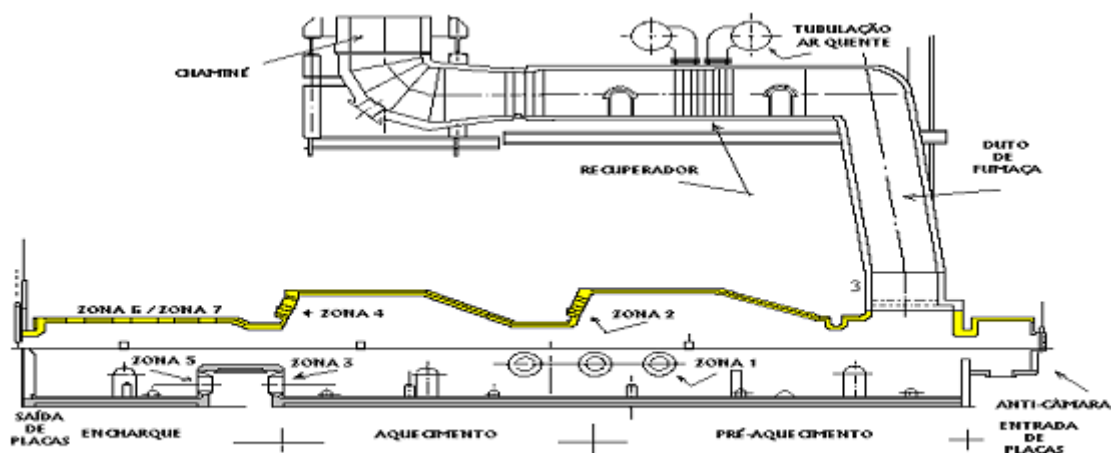


Figura 2. Vista lateral do forno com suas respectivas zonas.⁽¹⁾

No processo de laminação a quente a excelência da qualidade começa com o aquecimento do material a uma temperatura que garanta ao aço uma alta plasticidade, que é necessária tanto no início como no fim do processo de laminação. Sendo assim, os fornos de reaquecimento de placas são de extrema importância para as boas condições do processo de laminação a quente.

O bom funcionamento dos fornos de reaquecimento deve garantir:

- uma temperatura de desenformamento adequada ao processo de laminação, com uma boa uniformidade térmica;
- os níveis de produtividade da linha, evitando-se que os fornos se tornem o gargalo do processo;
- uma boa eficiência térmica do processo, visando o menor consumo de combustível;
- o desenformamento dos materiais de acordo com o ritmo de laminação programado, objetivando uma velocidade uniforme de deslocamento da carga dentro do forno;
- permitir o aquecimento de vários tipos de aços respeitando as distintas condições no processamento de aços baixo carbono e aços altamente ligados.

A manutenção dos componentes mecânicos é primordial para atingir a eficiência do processo de aquecimento de placas e reduzir as paradas emergências da linha que influem diretamente na produção e no consumo de combustíveis. Os componentes como válvulas, gavetas de ar, controladoras, termopares, portas de entrada e de saída, mesas de rolos, extratores e bombas hidráulicas devem apresentar as condições ideais para permitir uma maior eficiência térmica e uma produção econômica, onde o consumo de combustível por tonelada de aço deva ser o menor possível.

De uma forma geral em um forno de reaquecimento o consumo térmico pode ser influenciado por diversos fatores. Os fatores podem ser classificados em dois grupos gerais:

- fatores de equipamento;
- fatores de operação.

A Figura 3 apresenta um diagrama característico de conservação de energia em um forno de reaquecimento contínuo.

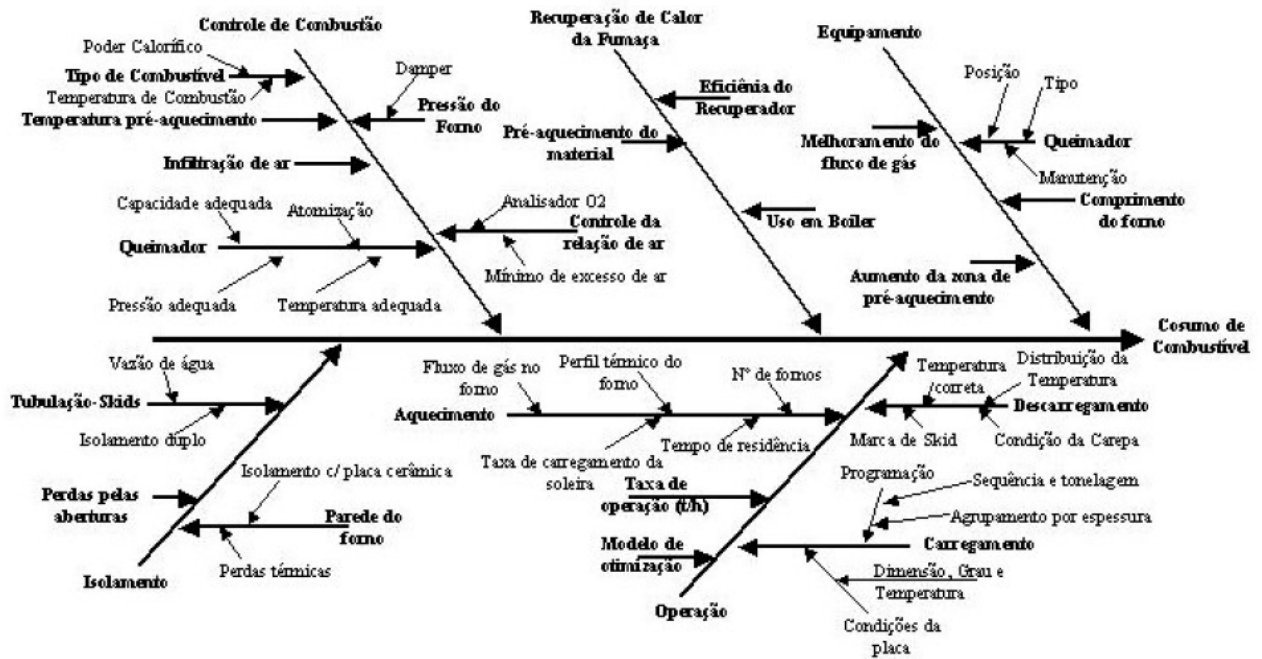


Figura 3. Diagrama de conservação de energia.⁽¹⁾

Os fornos de reaquecimento do LTQ#2 trabalham com gás de coqueria (GCO) e gás natural (GN), onde o GN é a principal fonte de energia. Os fornos são regidos pelo Sistema de Supervisão e Otimização dos Fornos (SSOF), que segundo Heurtey,⁽²⁾ 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 enforcada e termina no tratamento dos dados após laminada no desbaste. A Figura 4 é uma representação esquemática do funcionamento do sistema.

As funções básicas do SSOF são:

- escolher as curvas de aquecimento baseada nas características do produto, reduzindo o consumo de combustível;
- calcular a temperatura de *set-point* a ser usada nas zonas para efetuar o aquecimento ótimo das placas;
- modular a temperatura de descarregamento e a uniformidade da temperatura dependendo das exigências de laminação; e
- considerar os atrasos e, quando, retomada a laminação, descarregar as placas na temperatura desejada, sem sobre aquecimento.

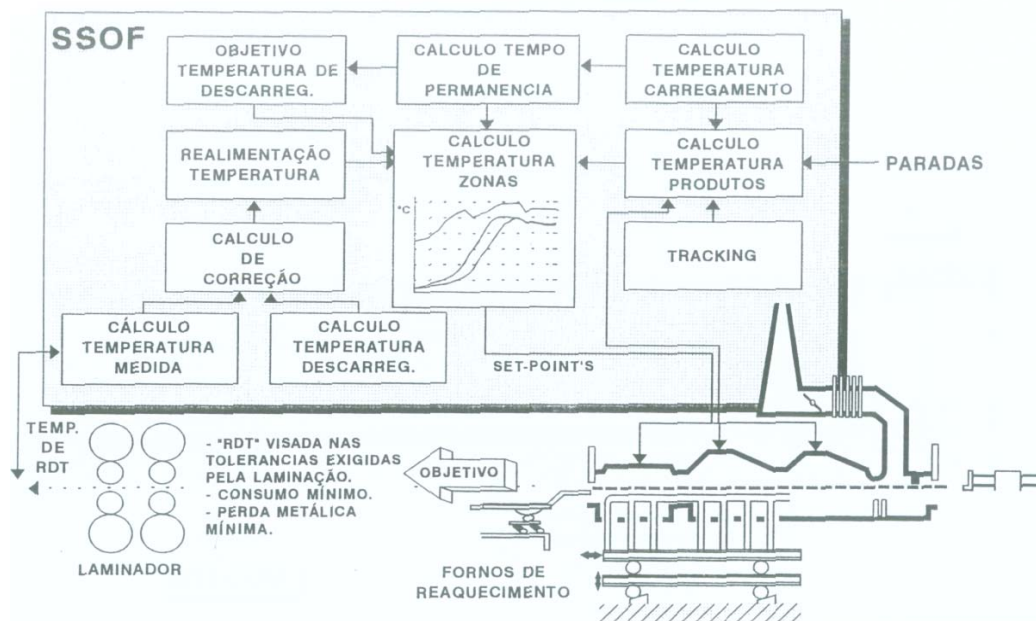


Figura 4. SSOF funcionamento.⁽³⁾

O SSOF trabalha visando a temperatura de saída do desbaste (RDT) e a temperatura de desenformamento adequada para cada tipo de material. A Figura 5 representa o perfil de RDT ao longo da placa, e a Figura 6 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.

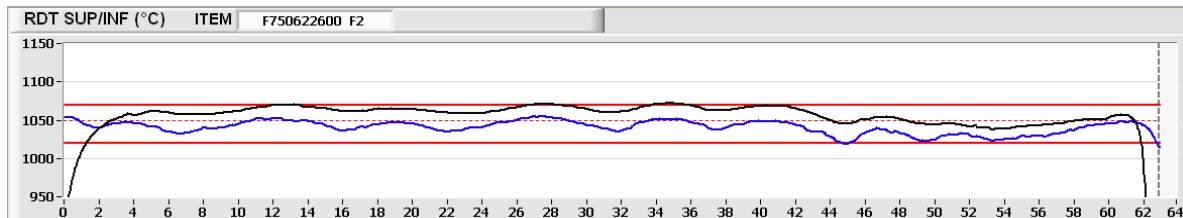


Figura 5. Perfil de RDT.

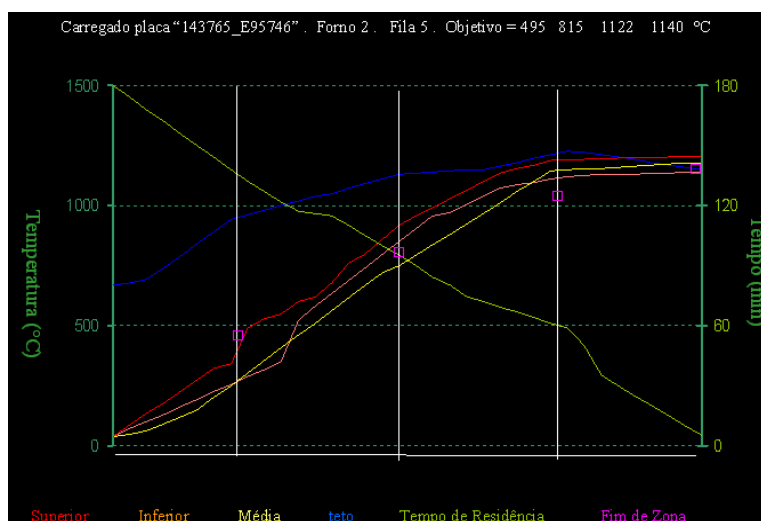


Figura 6. Curvas do SSOF.

De acordo com as características do material enforado é calculado o tempo de permanência da placa dentro do forno, cujo tempo médio para a maioria dos materiais é de 180 minutos. O tempo de permanência ou residência da placa no forno de aquecimento é o parâmetro mais importante para a garantia da qualidade de aquecimento. O não cumprimento deste parâmetro pode acarretar problemas de qualidade ou acidentes de equipamentos no processo seguinte ou aumento no consumo de combustível e na formação de carepa no forno. O cálculo do tempo de permanência da placa é realizado pelo sistema supervisor que leva em consideração todos os fatores de processo para a determinação do tempo de permanência ideal para cada placa.

Os principais fatores que impactam o tempo de permanência da placa são:

- espessura e comprimento da placa;
- especificação do aço;
- nível de uniformidade de temperatura desejado na placa;
- temperatura de carregamento; e
- temperatura de extração.

Outro parâmetro de controle operacional importante é o pitch de desenformamento que segundo Hauck, Carmo e Laia⁽⁴⁾ “é o intervalo de tempo compreendido entre o desenformamento de duas peças consecutivas”. O pitch varia em função do tempo de permanência e largura do semi-produto, para uma mesma instalação.

Normalmente, consideram-se dois pitch's, quais sejam o pitch do forno e o pitch da linha, entendendo-se este último como sendo o intervalo de tempo de contato do laminado com o cilindro de laminação mais o tempo livre sem carga no laminador.

O que define, em última instância, o pitch real do processo é o equipamento que for o gargalo, seja ele forno ou o laminador.

A Figura 7 apresenta um gráfico típico de controle do pitch em função das dimensões das placas e do número de fornos em funcionamento.

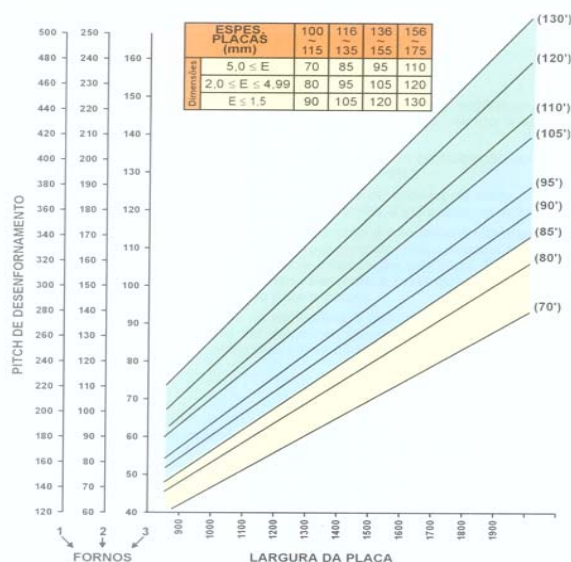


Figura 7. Pitch de desenformamento por largura e número de fornos em operação.⁽⁴⁾

A curva de produtividade dos fornos é outro fator importante da análise operacional, já que a mesma representa a capacidade de aquecimento dos fornos.

Ao se trabalhar com a maior curva de produtividade possível, o forno é suposto no máximo de sua operação, ou seja, as vazões e as temperaturas dos *set-point's* estão nos seus valores máximos. Ao ajustar o forno para uma curva de produtividade mais baixa obtém-se uma redução nos *set-point's* uniformemente, reduzindo da mesma forma todas as temperaturas com exceção da zona de encharque. Existe neste caso um aumento no tempo de permanência do material que pode proporcionar ao mesmo um maior nível de homogeneidade térmica. O ajuste das curvas de produtividade deve levar em conta o número de fornos em operação, o pitch de desenformamento e o mix de produto na qual o processo estar inserido.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi dividido nas seguintes etapas:

- diagnóstico dos equipamentos mecânicos;
- diagnósticos e levantamento de dados das atividades operacionais (uso do SSOF, acerto de RDT, consumo de MCal, e curva de produtividade dos fornos)
- ajuste das curvas para o cenário atual; e
- acompanhamento e levantamento dos dados.

2.1 Diagnóstico dos Equipamentos Mecânicos

Para o diagnóstico dos equipamentos mecânicos foi montada uma folha de verificação para a coleta da situação de cada componente. Esta ferramenta permite a visualização quantitativa pela equipe dos equipamentos avariados de forma clara e objetiva. Juntamente a esta folha de verificação foi realizada uma matriz de priorização para analisar a situação de cada forno independentemente. Segundo Werkema,⁽⁵⁾ a matriz de priorização correlaciona as saídas do processo (medidas associadas aos problemas prioritários e a outros resultados importantes) às entradas e outras variáveis do mesmo". Através da matriz é possível correlacionar os problemas de forma a identificar o pior cenário. Em seguida foram estipulados os prazos para a regularização dos equipamentos.

2.2 Diagnóstico e Levantamento de Dados das Atividades Operacionais

Nessa etapa foi realizado o levantamento dos dados operacionais como o uso do SSOF, acerto de RDT, consumo de MCal e a análise da curva de produtividade dos fornos de forma a identificar a situação operacional dos fornos de reaquecimento. Os dados foram coletados do concentrador de banco de dados interno do LTQ#2, denominado DBSLTQ (Database System do Laminador de Tiras a Quente). Só foram considerados para análise os dados em que a utilização diária da linha de laminados a quente foi maior ou igual 85%.

2.3 Ajuste das Curvas para o Cenário Atual

Para a análise da melhor curva de produtividade dos fornos foram selecionadas as curvas de 250 t/h, 270 t/h e 280 t/h, na qual as mesmas foram deixadas em operação nos períodos descritos na tabela abaixo.

Tabela 1. Período de utilização das curvas de produtividade

Curvas	Início	Fim
250 t/h	02/05/2011	20/06/2011
270 t/h	21/06/2011	21/07/2011
280 t/h	22/07/2011	31/08/2011

2.4 Acompanhamento e Levantamento dos Dados

Nesta última etapa os dados foram coletados do DBSLTQ, seguindo a regra de utilização diária maior ou igual a 85%, para o levantamento de gráficos e tabelas de forma a analisar os resultados encontrados. As informações referentes as condições dos equipamentos mecânicos são atualizadas mensalmente de forma a manter sempre atualizada a situação desses equipamentos para demonstrar o real cenário de cada forno.

3 RESULTADOS

O Quadro 1 apresenta um modelo da folha de verificação utilizada no diagnóstico dos equipamentos mecânicos por área de localização dos fornos.

Quadro 1. Folha de verificação 1.

Item	O Que	TOTAL DE EQUIPAMENTOS			
		GERAL	POR FORNO	TOTAL OK	TOTAL NÃO OK
1	Piso 11000				
1.1	Válvula de exaustão	4	1	3	1
1.2	Válvula do ar de diluição	4	1	3	1
1.3	Válvulas de ar quente	4	1	4	0
1.4	Válvulas do damper	8	2	8	0
2	PISO 7000				
2.1	Controladora de ar	28	7	25	3
2.2	Controladora de GN	28	7	28	0
2.3	Controladora de GCO	28	7	25	3
2.4	Shut off de GN	44	11	37	7
2.5	Shut off de GCO	44	11	36	8
2.6	Shut off de AR	16	4	16	0
2.7	Bulbos de ar de combustão	28	7	28	0
2.8	Transmissores de gás	112	28	112	0

A Tabela 2 apresenta no primeiro período o levantamento da situação operacional em relação ao uso do sistema supervisor, acerto da temperatura de saída do desbaste (RDT) e o consumo de combustível representado pelo MCal, onde a curva de produtividade era de 250 t/h. O segundo e o terceiro período são os resultados do teste com as curvas de 270 t/h e 280 t/h.

Tabela 2. Resultados operacionais

Curvas	Período	Uso do SSOF	Acerto de RDT	MCal
250 t/h	02/05/2011 à 20/06/2011	64%	49%	402
270 t/h	21/06/2011 à 21/07/2011	84%	73%	386
280 t/h	22/07/2011 à 31/08/2011	90%	80%	373

As Figuras 9, 10 e 11 representam o perfil de RDT atingido, para o caso da maior temperatura de extração que é de 1.210°C de acordo com a curva de produtividade selecionada.

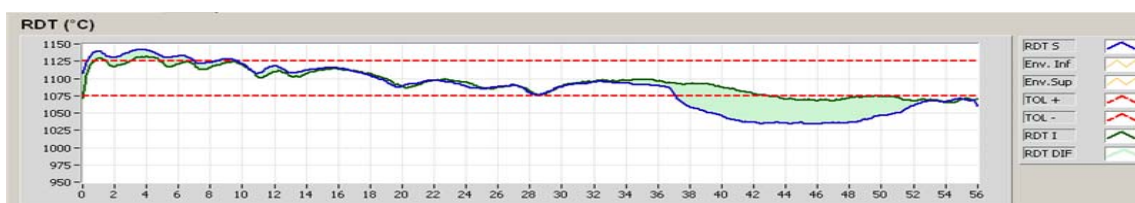


Figura 9. Perfil de RDT para a curva de 250 t/h e temperatura de extração de 1.210°C.

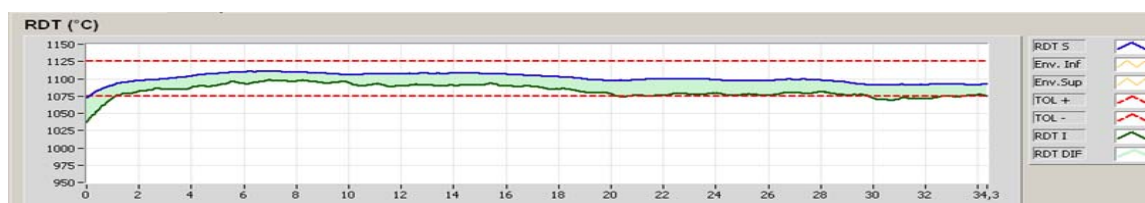


Figura 10. Perfil de RDT para a curva de 270 t/h e temperatura de extração de 1.210°C.

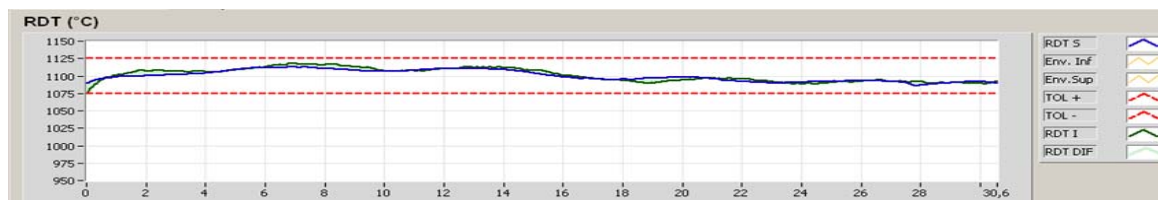


Figura 11. Perfil de RDT para a curva de 280 t/h e temperatura de extração de 1.210°C.

A média de combustível por tonelada para cada período está representada no gráfico da Figura 12.

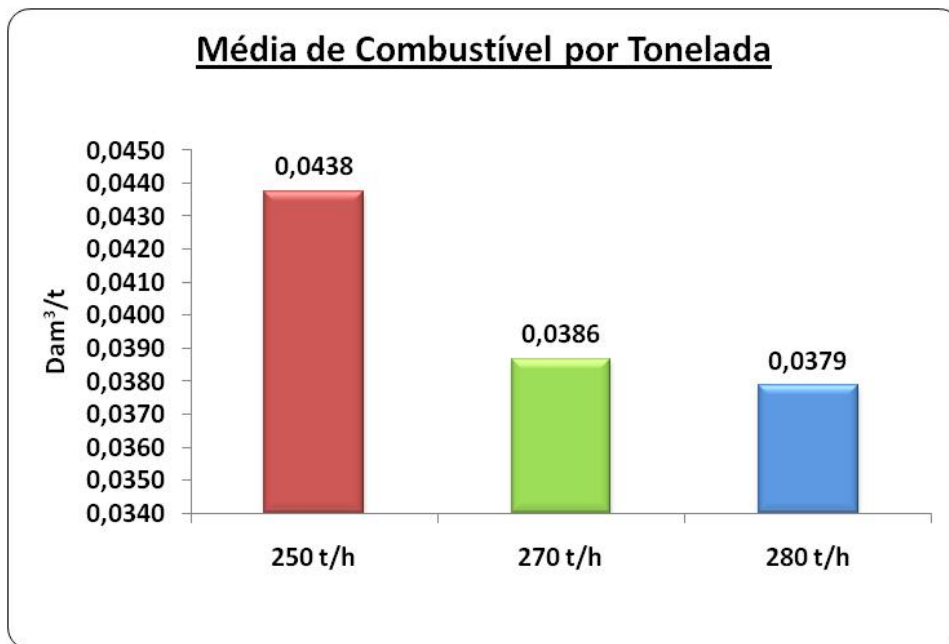


Figura 12. Média de combustível por tonelada.

O custo por tonelada para cada período está representado no gráfico da Figura 13.

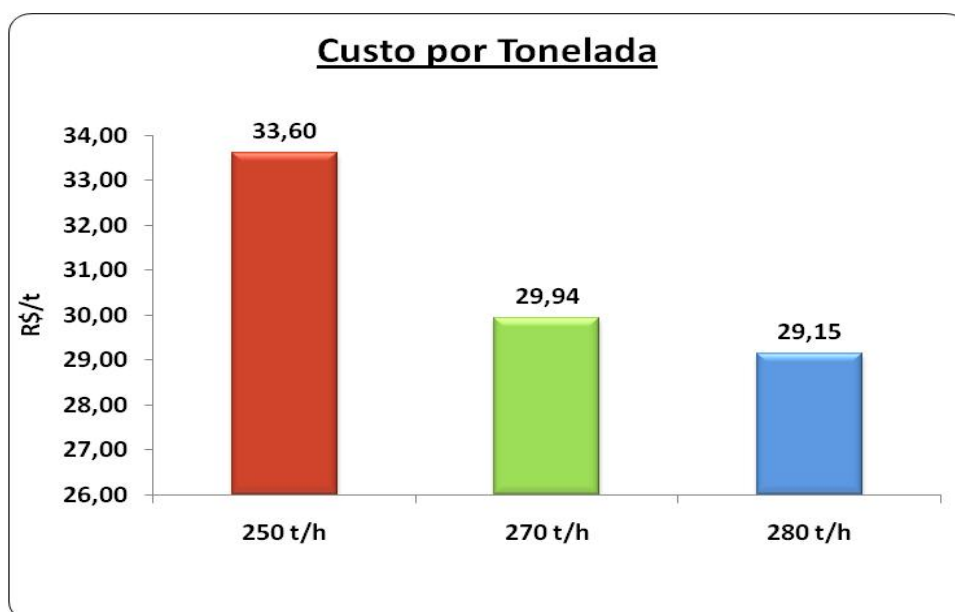


Figura 13. Representação do custo por tonelada.

A Figura 14 mostra qual seria o custo se fosse mantida a curva de 250 t/h para os outros períodos, onde o custo por tonelada foi de R\$ 33,60. O gráfico mostra um comparativo com os resultados obtidos com a mudança.

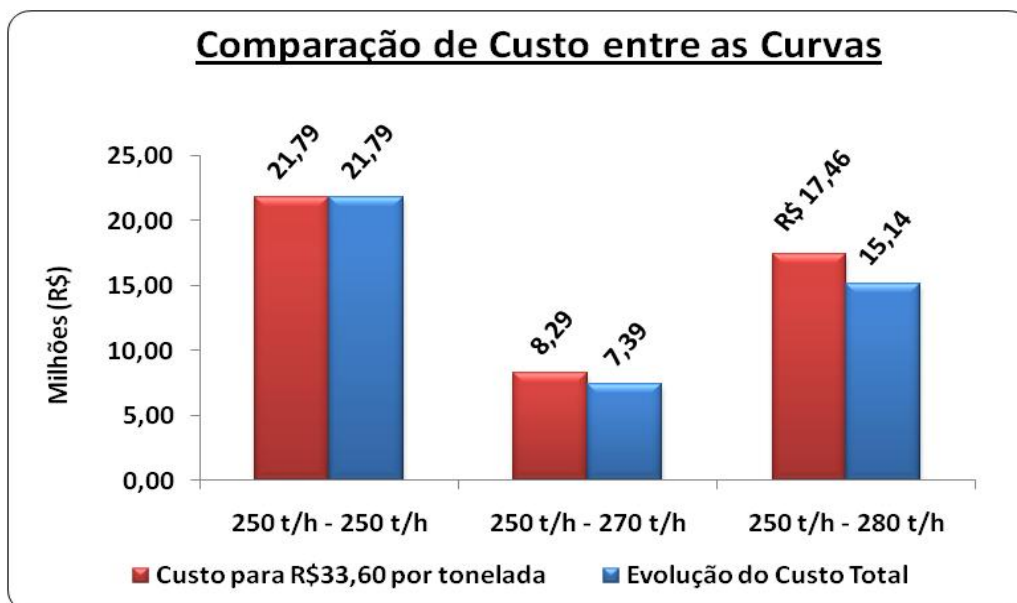


Figura 14. Comparativo dos custos.

4 DISCUSSÃO

As curvas de produtividade têm alta influência na capacidade térmica dos fornos conforme previsto pela literatura.

O diagnóstico dos equipamentos mecânicos nos mostrou a situação física em que se encontram os fornos de reaquecimento. Para a situação encontrada a curva de produtividade que proporcionou um melhor resultado operacional foi a de 280 t/h.

Os fornos ao operar com as curvas de 270 t/h e 280 t/h permitiu que sequências com temperatura de desenformamento maiores do que 1.150°C, fossem processados sem grandes intervenções do operador no SSOF. Com o aumento do uso do SSOF o acerto de RDT também foi otimizado.

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

A utilização da curva de 280 t/h nos permitiu trabalhar com um pitch de laminação mais acelerado, proporcionando uma maior produtividade e conseqüentemente uma redução no consumo de MCal.

5 CONCLUSÃO

A curva de produtividade dos fornos adequada permitiu uma maior utilização do sistema supervisor e um maior acerto de RDT para as suas condições mecânicas atuais, mesmo para materiais com temperatura de desenformamento maior do que 1.150°C. A mudança da curva de produtividade também promoveu uma produção econômica cumprindo o objetivo do sistema supervisor.

A escolha da curva deve sempre levar em conta a situação dos fornos para que seja selecionada a que melhor se adapta ao cenário encontrado.

Agradecimentos

Registra-se o agradecimento a toda a equipe da operação, da inspeção mecânica e da instrumentação dos fornos, que contribuíram 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 HEURTEY, Stein. Sistema de supervisão e otimização dos fornos: manual de operação. Rio de Janeiro, Combustol – Bailey, 1994. [Apostila].
- 3 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.
- 4 HAUCK, G. A.; CARMO, R. A.; LAIA, L. L. Fornos de reaquecimento. São Paulo, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2010. [Apostila].
- 5 WERKEMA, Cristina. Criando a cultura seis sigma. Belo Horizonte, MG: Werkema Ed., 2010. Pag 105