

REDUÇÃO DAS PERDAS TÉRMICAS NOS FORNOS DE REAQUECIMENTO DA USIMINAS¹

Rogério Antônio do Carmo²
Gilvander Fontes Carvalho³
Alexandre Rodrigues Sirimarco³
Cristovão Nery Giacomini⁴
Antônio Adel dos Santos⁵

Resumo

A eficiência de processos siderúrgicos que envolvam temperaturas elevadas em fornos de reaquecimento, depende do desempenho de refratários frente às reações físico-químicas que ocorrem no ambiente de trabalho. O crescente avanço na tecnologia de revestimento refratário tem favorecido significativamente a melhoria das condições térmicas destes fornos, resultando em uma positiva matriz tecno-econômica. O presente trabalho descreve o levantamento das perdas térmicas pelas paredes dos fornos de reaquecimento de placas da Usiminas planta de Ipatinga-MG, buscando analisar a relação custo/benefício com a redução das perdas de calor pelas paredes, com melhorias na qualidade do revestimento refratário, melhorando o aporte térmico dos fornos para aquecimento das placas e redução do desgaste dos refratários.

Palavras-chave: Refratários; Fornos de reaquecimento; Perdas térmicas; Termografia.

REDUCTION OF THERMAL LOSSES IN USIMINAS'S REHEATING FURNACE

Abstract

The efficiency of steelmaking processes involving high temperatures in reheating furnaces depends on the performance of refractories in the face of physical and chemical reactions that occur in the workplace. Due to the continuous advance in technology, refractory lining has benefited significantly improve the thermal conditions of these furnaces, resulting in a positive techno-economic matrix. This paper describes a survey of the thermal losses through the walls of reheating furnaces of the Ipatinga facilities at Minas Gerais, seeking to analyze the cost/benefit ratio by reducing heat loss through walls, with improvements in the quality of the refractory lining, thermal contribution on slabs heating and decreasing the wear of these materials.

Key words: Refractories; Reheating furnace; Heat loss; Thermography.

¹ Contribuição técnica ao 48º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 24 a 27 de outubro de 2011, Santos, SP.

² Membro-Docente da ABM; Engenheiro Produção, Gerência de Processos de Laminação e Acabamento da Usiminas; Ipatinga, MG

³ Membro da ABM; Engenheiro Metalúrgico, Gerência de Processos de Laminação e Acabamento da Usiminas; Ipatinga, MG.

⁴ Membro da ABM; Analista de TI, Centro de Tecnologia da Usiminas; Ipatinga, MG.

⁵ Membro da ABM, Engenheiro Metalúrgico, Dr. CQE/ASQ, Centro de Tecnologia da Usiminas; Ipatinga, MG.

1 INTRODUÇÃO

O uso racional de fontes energéticas tem despertado a busca de melhorias contínuas para a eficiência dos processos. Apesar da evolução tecnológica, um dos objetivos destas ações de melhoria, nos mecanismos envolvidos como na transferência de calor, pode ser observado também na redução das perdas térmicas, resultando em menor consumo de energia e maior tempo de operação entre manutenções.

2 DESENVOLVIMENTO

O processo de laminação a quente recebe as placas oriundas do lingotamento contínuo da aciaria que necessitam ser aquecidas até uma determinada temperatura de processamento. O controle preciso da temperatura de desenformamento é uns fatores determinantes na qualidade final dos produtos. Na Usiminas planta de Ipatinga, o reaquecimento de placas, é realizada em fornos que controlam a temperatura da atmosfera do forno de maneira automatizada. O controle desse processo visa elevar a temperatura dos produtos semi-acabados, buscando homogeneidade térmica para que o aço torne-se suficientemente plástico, permitindo assim sua deformação até as dimensões desejadas de produto.⁽¹⁾

A laminação a quente da Usina de Ipatinga, possui cinco fornos de reaquecimento, sendo quatro do tipo walking beam e um do tipo pusher. Os fornos, foco deste trabalho, são divididos em três câmaras: pré-aquecimento, aquecimento e encharque. Cada uma dessas câmaras é subdividida em zonas, superior e inferior. Assim, cada forno é constituído por um total de seis zonas, no caso do forno pusher são três zonas composto de zonas de aquecimento e encharque.

Na constituição do revestimento refratário dos fornos de reaquecimento, utiliza-se no teto bloco refratário pré-moldado, tipo igrejinha, com ancoragem metálica em todos os fornos. Na soleira, tijolos refratários e nas paredes laterais, massa refratária com refratário aluminoso.

Os fornos utilizam como combustível o óleo de baixo teor de enxofre e gás misto, composto basicamente de gás de coqueria, gás de alto forno e gás de aciaria. O sistema de controle da temperatura interna dos fornos é realizado através da modulação da vazão de combustível e de ar para cada zona do forno individualmente, ditado pelo sistema de automação. Vale ressaltar que o sistema de controle possui um modelo matemático que calcula a temperatura de desenformamento visada das placas considerando a composição química de cada uma.

A evolução do perfil térmico das placas no forno é determinada com o monitoramento de modelamento matemático, onde o equacionamento considera o fenômeno de transferência de calor do processo de aquecimento objetivando atingir a melhor condição de desenformamento para a temperatura desejada. A avaliação da eficiência de um sistema de aquecimento como em fornos de reaquecimento, é baseada na relação entre a quantidade de calor gerado pela combustão e absorvida pela placa até o término do processo de reaquecimento. O que não foi aproveitado perde-se via no gás queimado, água de refrigeração, portas de entrada e saída do forno e pelas paredes (Figura 1).

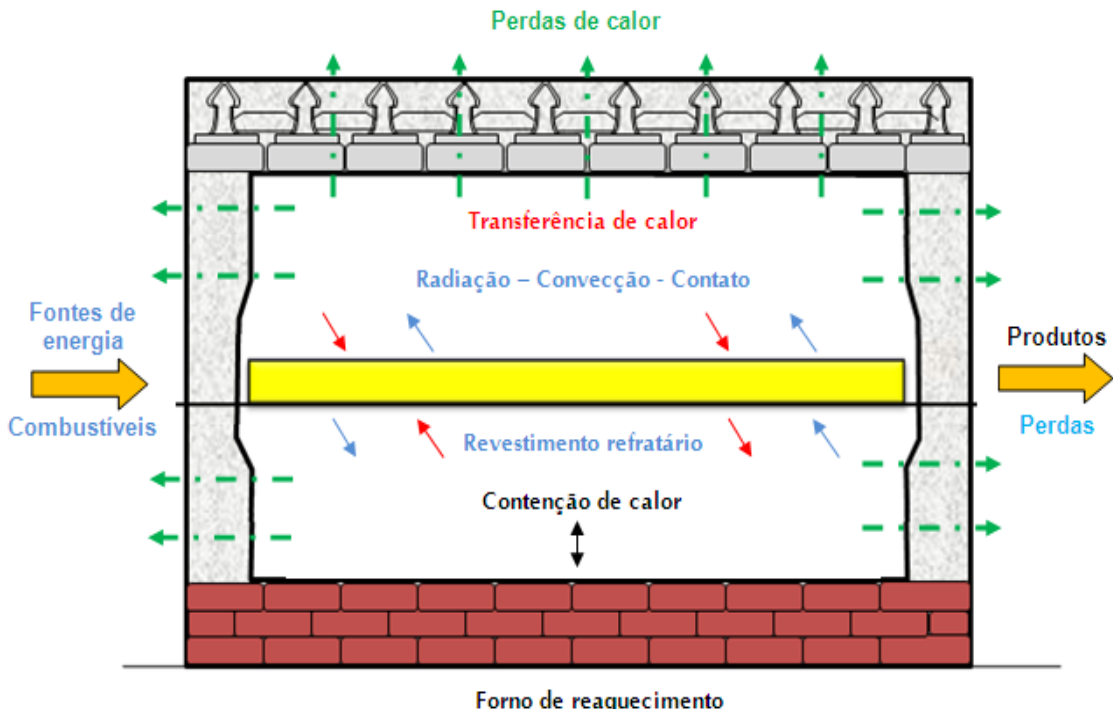


Figura 1. Esquema típico aquecimento em fornos de reaquecimento de placas.

Neste trabalho objetivou-se avaliar o potencial de redução das perdas térmicas pelas das paredes dos fornos de reaquecimento de placas da laminação a quente, onde as temperaturas, na carcaça externa, são comparativamente elevadas em relação aos novos projetos de fornos de reaquecimento. Também neste trabalho, avaliou-se o ganho com a redução de consumo de combustível, em função da diminuição das perdas de calor pelas paredes dos fornos, que poderiam ser menores, considerando a melhoria do revestimento refratário das paredes. A título de ilustração, na Figura 2 estão evidenciados os níveis de temperatura estimada após a substituição do revestimento.

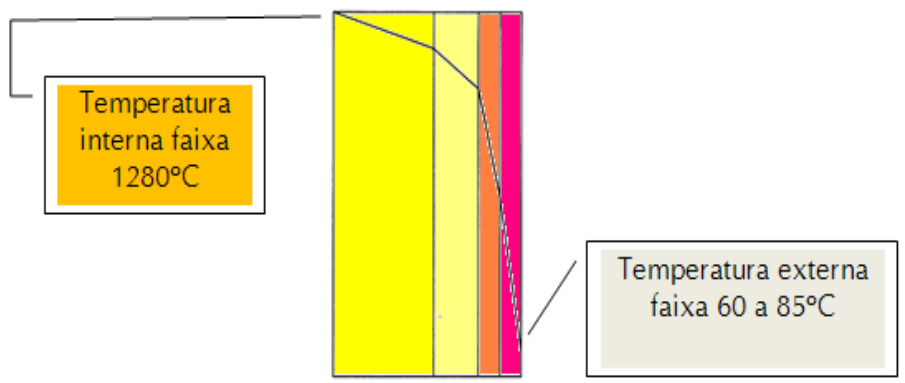


Figura 2. Temperatura estimada da face fria após melhorias do revestimento refratário.

2.1 Método de Aquisição das Temperaturas

O método utilizado para aquisição das temperaturas das paredes dos fornos de reaquecimento foi por termografia infravermelha, através de uma câmara da FLIR, que utiliza um o termovisor modelo P640, sendo o tipo de detector matriz de plano

focal, amplitude espectral 7,5 μm a 13 μm , lente 40 mm para detecção de maior radiação IR (radiação infravermelha), zoom digital de 8x, e alta resolução: 640 x 480 pixels para maior precisão na medição de temperatura, compatível com computador pessoal (Figura 3).



Figura 3. Termovisor modelo P640 utilizado na amostragem de temperatura do forno.

Foi realizada a captura das imagens obtendo as referências térmicas das paredes. Posteriormente estas imagens passaram por um diagnóstico da área mapeada considerando as temperaturas no momento da aquisição, levantando as temperaturas mínimas, médias e máximas. Vale ressaltar que o equipamento possui um detector de alta resolução e sensibilidade. O equipamento conta também com um *software*, que fornece os de temperatura média nas áreas de amostragem e quantificação da energia dissipada.

Antes das medições, foram levantados os projetos civis dos fornos de reaquecimento, para determinar as áreas das regiões mapeadas. Todo processo de medição das temperaturas foi realizado com os fornos em operação normal, considerando inclusive a temperatura do ambiente no local das medições.

O resultado das termografias das superfícies amostradas considerou as temperaturas máximas e mínimas, para referenciar a variação de temperatura nas superfícies, foi utilizada uma escala de cores. Também foi ajustado o valor de emissividade para cada medição em função do material ensaiado. Os cálculos das perdas basearam-se numa formulação simples, que considera as perdas de calor por radiação e por convecção natural a partir das temperaturas de parede e do ambiente observados nas medições.⁽²⁾ Comparando os resultados obtidos com essa formulação com outros métodos envolvendo difusão de calor pelos revestimentos refratários, fornecidos por fornecedores de revestimento, percebe-se uma boa aproximação entre os valores das perdas calculadas por ambos os métodos.⁽³⁾

Nos cálculos de perdas térmicas, foram consideradas as temperaturas médias obtidas nas termografias das paredes nas regiões amostradas, a temperatura do ambiente de amostragem, a temperatura considerada para a parede com a nova configuração de refratários, produção média dos fornos, índice de funcionamento médio e o custo médio de energia dos fornos.

2.2 Esquema de Amostragem das Temperaturas

O levantamento dos projetos civis dos fornos para e o mapeamento térmico, foram determinadas tanto para os fornos do tipo *walking beam* (vigas caminhantes) como para o forno do tipo *pusher* (empurrador). Os esquemas das áreas de amostragem foram montados conforme mostrado nas Figuras 4 e 5 e a representação típica das análises termográficas em um dos pontos são mostradas conforme Figura 6.

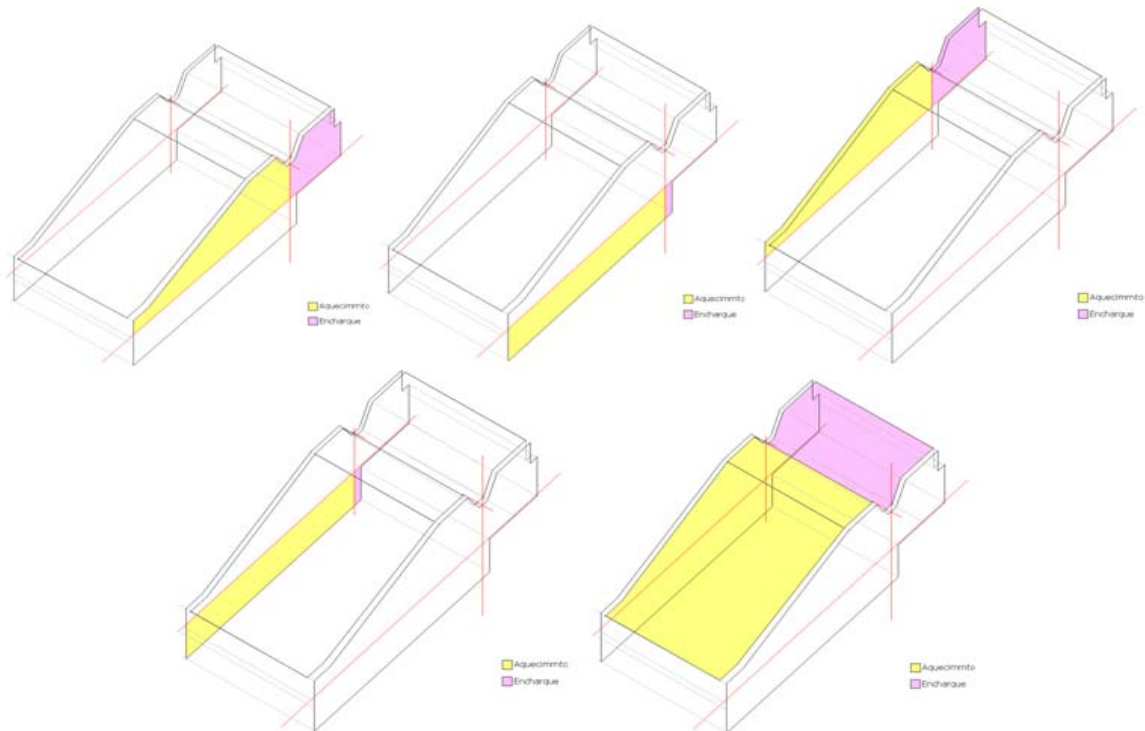


Figura 4. Esquema das áreas de amostragem de temperatura do Forno *Pusher*.

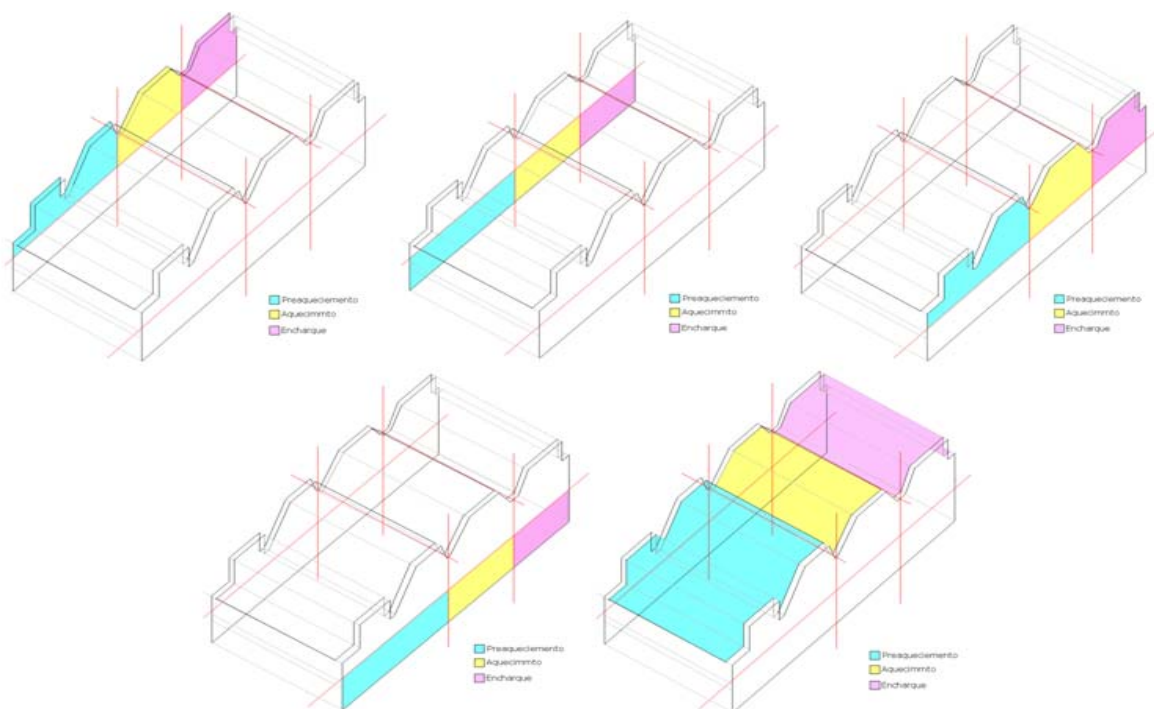


Figura 5. Esquema das áreas de amostragem de temperatura dos Fornos *Walking Beam*.

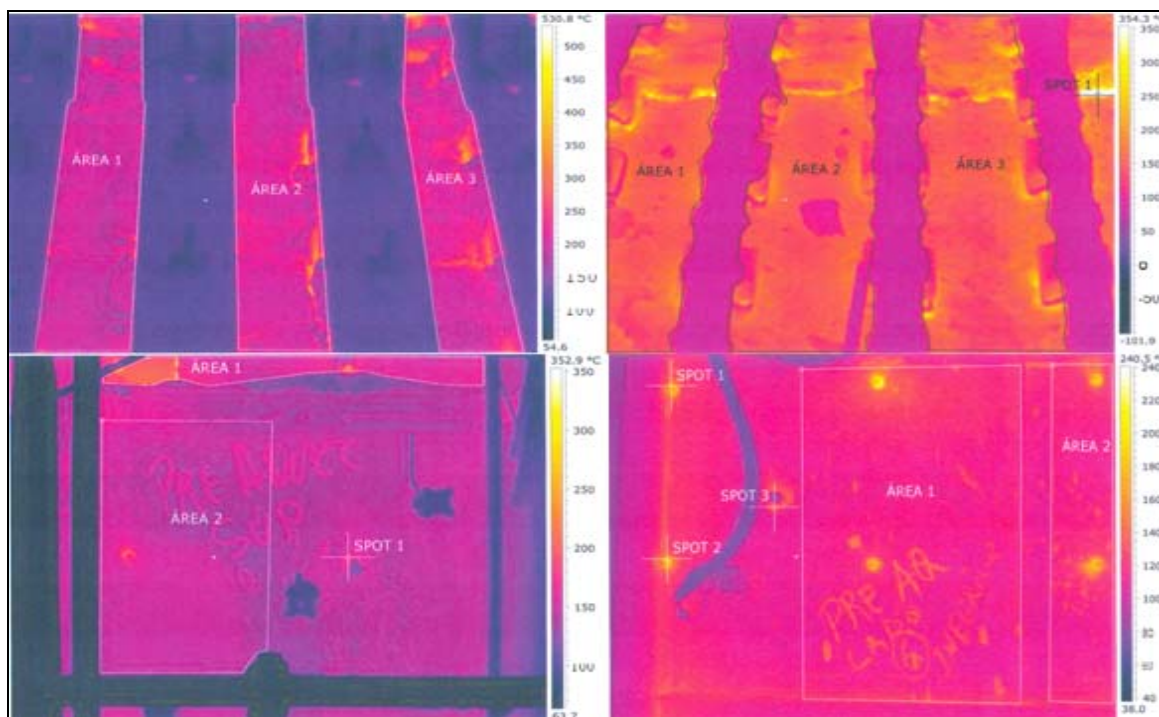


Figura 6. Representação típica das análises termográficas.

2.3 Resultados Obtidos

Com base nas termográficas realizadas nos fornos de reaquecimento, observou-se um potencial de redução das temperaturas médias obtidas em relação às propostas pelos fornecedores de refratário (Tabela 1). Em alguns pontos com temperatura elevada, normalmente localizada próximos dos parafusos de ancoragem do refratário na caraça das paredes laterais, foram desconsiderados para os cálculos das médias. As perdas térmicas se mostraram mais expressivas nas regiões do teto, em todos os fornos. O que explica pela maior área e maior perda pela parte superior dos fornos.

Quando convertido os valores de energia perdidos, resultado da diferença de temperatura média obtida nos fornos com as desejadas de se obter, garantidas pelos fornecedores, após as melhorias propostas no revestimento refratário, em volume de combustível, percebe-se uma economia potencial de aproximadamente 3% no consumo total de combustível nos fornos por tonelada produzida.

Tabela 1. Quadro demonstrativo de temperaturas e ganho de consumo

Local	FORNOS	Temperatura média obtida (°C)	Temperatura média desejada (°C)	Ganho de consumo (%)
CG	Forno 1	171	86	2,76
	Forno 2	160	85	2,56
TQ	Forno 3	135	89	6,08
	Forno 4	150	86	2,60
	Forno 5	125	86	1,01

3 CONCLUSÃO

O mapeamento térmico das paredes do forno de reaquecimento de placas apresentou um potencial de ganho a ser obtido, através da melhoria no revestimento refratário com novas tecnologias. Permitiu, também, rever os valores limites de temperaturas aceitáveis nas diversas regiões para cada equipamento, possibilitando melhorar o controle sobre a campanha do forno, estendendo sua vida útil, conseqüentemente reduzir o número de paradas. Outro benefício verificado foi o potencial de redução de custo de processo de aquecimento dos fornos, com a redução das temperaturas das superfícies externas.

REFERÊNCIAS

- 1 G. A. C. Hauck, R. A. Carmo – Curso de Fornos de Reaquecimento. ABM - Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais - Sede ABM – SP.
- 2 HANDY MANUAL- IRON & STEEL INDUSTRY - Output on a Seminar on Energy Conservation in Iron and Steel Industry, Sponsored by UNIDO and MITI (Japan), Malasya, 1992. 46 p.
- 3 Santos, C. N. Giacomini, J. L. Domingues e M. C. Oliveira. Relatório de Estudo de P&D RAMC3879 – Balanço Térmico do Forno de Tratamento Térmico nº 2 da Linha de Chapas Grossas, Dezembro/2002.