



# AValiação DA TEMPERATURA DO RESFRIADOR E CORREIA TRANSPORTADORA DO PROCESSO DE SINTERIZAÇÃO DA ARCELORMITTAL TUBARÃO ATRAVÉS DE ANÁLISE TERMOGRÁFICA <sup>1</sup>

Edson Luiz M Harano <sup>2</sup>  
João Bosco Mendes <sup>3</sup>  
Ivan Soela <sup>6</sup>  
Loiane Ramos de Lima <sup>2</sup>  
Ramiro Conceição Nascimento <sup>4</sup>  
Rinaldo Herique Pedrini <sup>2</sup>  
Rodrigo Salera <sup>5</sup>

## Resumo

As exigências para disponibilidade, qualidade e produtividade de plantas de sinterização são continuamente crescentes, e adquiridas com constantes melhorias no controle e otimização do processo. Em 2007, com a expansão da ArcelorMittal Tubarão, a processo de Sinterização foi otimizado para produção de 42t/d/m<sup>2</sup>, neste contexto foram desenvolvidos estudos visando adequar o sistema de resfriamento do Sinter à nova realidade, além de testes industriais com alguns fornecedores de correias resistentes à alta temperatura. Com isso, viu-se a necessidade da implantação do controle da temperatura do Sinter no Resfriador e de uma correia de Sinter por meio de termografia por infravermelho. Este trabalho mostra os resultados obtidos com a implantação do sistema de termografia no Resfriador e na correia transportadora de Sinter (CT-S102).

**Palavras-chave:** Sinter; Qualidade; Termografia.

## EVALUATION OF THE TEMPERATURE OF COOLER AND BELT CONVEYOR OF THE SINTERING PROCESS THROUGH ARCELORMITTAL TUBARÃO TERMOGRAPHIC ANALYSIS

### Abstract

The requirements for availability, quality and productivity of Sinter Plants are continuously increasing, and acquired with constant improvements in control and process optimization. In 2007, with the expansion of ArcelorMittal Tubarão, the Sintering process was optimized to produce 42t/d/m<sup>2</sup> in this context, studies were developed aiming at improving the Sinter cooling system to the new reality, and industrial testing with some suppliers of belt conveyor resistant to high temperature. With that, it was observed the necessity of deployment of the temperature control in Sinter Cooler and a Sinter Conveyor Belt by Infrared thermography. This paper shows the results with the implantation of thermography in the cooler and on the Sinter conveyor belt (CT-S102).

**Key words:** Sinter; Quality; Thermography.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 40º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas e 11º Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 19 a 22 de setembro de 2010, Belo Horizonte, MG.

<sup>2</sup> Especialista de Controle Técnico da Área de Gusa da ArcelorMittal Tubarão

<sup>3</sup> Gerente de Seção da Sinterização da ArcelorMittal Tubarão

<sup>4</sup> Professor do Instituto Federal do Espírito Santo

<sup>5</sup> Especialista de Manutenção da Sinterização da ArcelorMittal Tubarão

<sup>6</sup> Especialista de Manutenção Eletroeletrônica da Sinterização da ArcelorMittal Tubarão

## 1 INTRODUÇÃO

Desde 2004, durante a preparação do escopo do projeto para aumento de produtividade para 42,00 t/d/m<sup>2</sup> iniciaram-se estudos visando adequar o sistema de resfriamento à nova realidade, além de testes industriais com alguns fornecedores de correias resistentes à alta temperatura. Com isso, viu-se a necessidade da implantação do controle da temperatura do sinter no resfriador e de uma correia de sinter por meio de termografia por infravermelho.<sup>(1)</sup>

Este trabalho visa apresentar os resultados obtidos no processo de Sinterização com a instalação do sistema termográfico no Resfriador e na Correia Transportadora de Sinter (CT-S102) e conhecer o comportamento da temperatura do sinter com diferentes condições de processo, para evitar queimas de correias por temperatura alta do sinter, através do acompanhamento do perfil termográfico qualitativo.

A termografia infravermelho<sup>(2)</sup> é uma técnica que permite retratar um perfil térmico de forma gráfica, ou seja, permite a medição de temperatura simultânea à formação de imagens térmicas sem contato físico com o alvo, utilizando para tanto câmeras que detectam ondas de calor de espectros de luz invisível, na faixa infravermelho. As câmeras infravermelho são equipadas com detectores especiais que transformam leituras de campos de temperatura em imagens de vídeo.

A cada temperatura é designada uma cor ou tom de cinza, de tal maneira que em uma cena se podem detectar as diferenças de temperaturas entre os vários componentes. Os sistemas de gravação de tais câmaras são normalmente em fita cassete (VHF) ou sinais digitalizados gravados em disquetes, PC card ou memória interna.<sup>(2)</sup>

O sistema termográfico instalado no resfriador e na TC-S102 é fixo sem contato, ou seja, por infravermelho, que capta a radiação térmica emitida naturalmente, permitindo a formação de imagens térmicas (termogramas) e a medição da temperatura em tempo real.

Existem duas avaliações: qualitativa<sup>(2)</sup> (quando o que interessa é o perfil e não os valores térmicos, para laudos instantâneos) e quantitativa<sup>(2)</sup> (quando pode se determinar o nível de gravidade de um sobreaquecimento). Na Sinterização da ArcelorMittal Tubarão é utilizado a análise qualitativa.

Buscou-se com este trabalho o controle da temperatura do sinter no resfriador e da temperatura da correia transportadora de sinter (CT-S102) através de medições e análise de dados, mantendo a estabilidade operacional da máquina de sinterizar minimizando as perdas por paradas imprevistas para troca de correias transportadoras por queima.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Histórico

A ArcelorMittal Tubarão completará 27 anos de operação em 2010. Nesse período, ela consolidou-se como produtora de aços semi-acabados de alta qualidade na forma de placas e, mais recentemente, de bobinas a quente. Sua localização estratégica no Sudeste brasileiro, a região mais desenvolvida do país, garante vantagem competitiva para as vendas nos principais pólos industriais consumidores do mercado interno e em função da disponibilidade litorânea, a exportação via Porto de Praia Mole.

A melhoria contínua de processos, a utilização de novas tecnologias, a implementação contínua de sistemas de controle e o comprometimento de todos os empregados próprios e de empresas parceiras sempre foram valores estratégicos da ArcelorMittal Tubarão na gestão de qualidade dos processos e produtos.

Como fonte de garantia do atendimento das diretrizes corporativas para a área de Produção de Gusa foi adotada como premissa inicial a necessidade de manutenção da estabilidade operacional das áreas envolvidas e seus respectivos produtos.

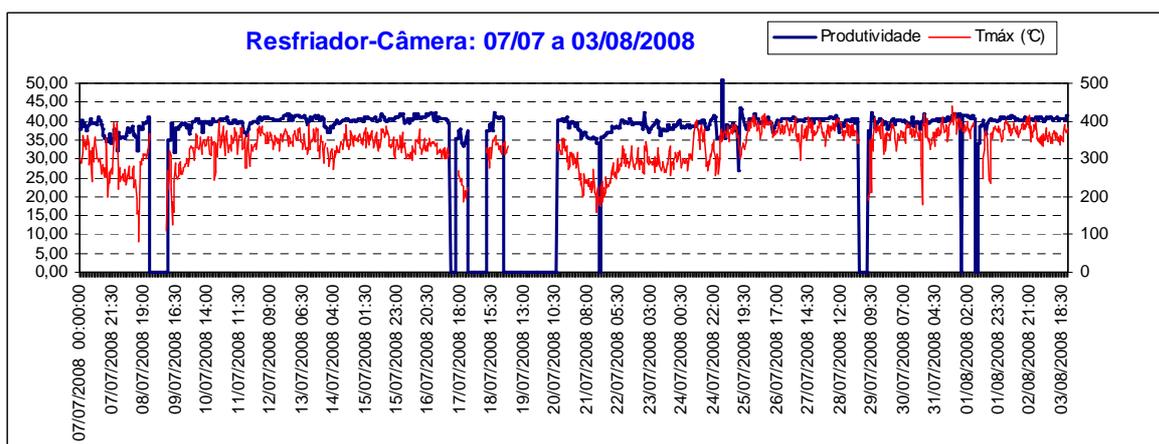
Na Sinterização foi criado um grupo de trabalho para o controle da temperatura do sinter no resfriador e nas correias transportadoras.

Inicialmente, utilizavam-se como ferramentas de monitoramento de temperatura do sinter um termopar no resfriador e um pirômetro na correia transportadora de sinter (CT-S101).

Com o aumento de produtividade foram instaladas duas câmeras termográficas, uma visualizando o resfriador e a outra a CT-S102, que capta a radiação térmica emitida naturalmente, permitindo a formação de imagens térmicas (termogramas) e a medição da temperatura em tempo real, por infravermelho. Os sinais de saída destas câmaras foram ligados a um sistema que exhibe e grava ininterruptamente as imagens geradas e faz soar um alarme sonoro quando há um desvio anormal no perfil térmico da CT-S102 ou no resfriador.

Durante o período de 07/07 a 03/08/2008 foram coletados os dados de temperaturas máximas e médias do Resfriador e da TC-S102 (sistema termográfico), temperatura da TC-S101, temperatura do resfriador no ponto 2, %cal, Base de coque, mix de combustíveis, produtividade, velocidade da máquina de sinter, altura da camada da máquina de sinterizar, % BTP, temperatura do BTP, umidade da mistura, Fuel Rate e informações sobre abertura de água no Resfriador ou na TC-S101.

Neste período a produtividade oscilou entre 34 t/d/m<sup>2</sup> a 42t/d/m<sup>2</sup>, podendo avaliar que quanto maior a produtividade maior é a temperatura no resfriador e na TC-S102. No resfriador a temperatura máxima oscilou de 82°C a 437°C, e na TC-S102 a temperatura oscilou de 98°C a 395°C (Figura 1 e Figura 2).



**Figura 1:** Produtividade e temperatura do sinter no resfriador.

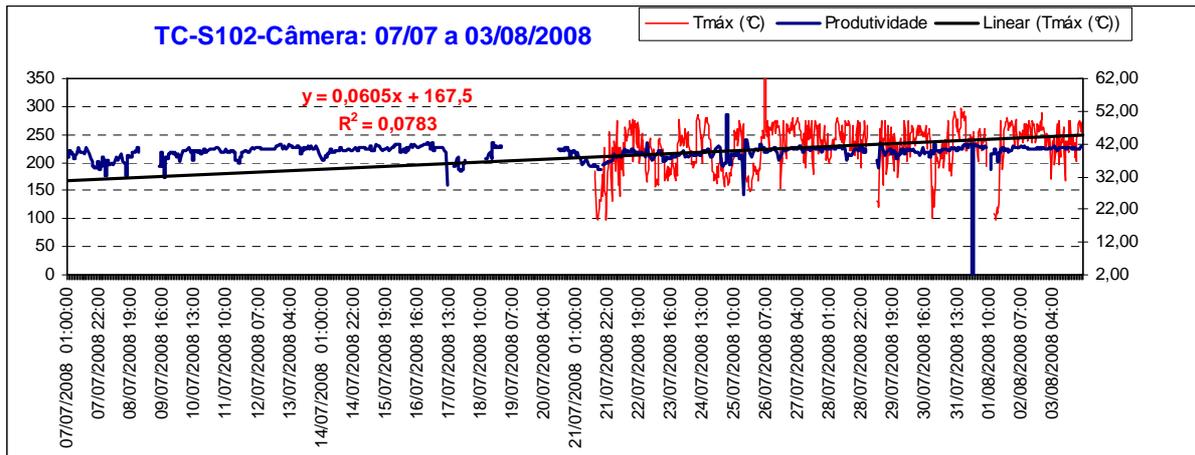


Figura 2: Produtividade e temperatura do sinter na CT-S102.

A Tabela mostra os dados do processo coletados no período de teste do sistema de termografia.

Tabela 1: Dados do processo no período de 07/07 a 03/08/08.

	VMS	BTP	U	Prod	Camada	FR	BC	Cal	TM	SI	>5mm	>50mm
Máximo	2,84	451,3	6,2	42,42	740	53	2,7	2,0	25,6	97	10,10	11,3
Mínimo		39,85	5,8	34,08	717	39	2,55	2,0	17,2	87,70	3,20	0,9
Média	2,69	339,25	5,9	40,22	730	50	2,60	2,0	19,67	91,45	5,63	4,19

## 2.2 Material e Métodos

Após a coleta de dados no período de teste do sistema de termografia foram determinados os parâmetros para determinação do alarme sonoro e reconhecimento dos mesmos.

### 2.2.1 Parâmetros de disparo de alarme

Inicialmente foram definidos os níveis de alarmes da seguinte forma:

Resfriador: >380 (+/- 5°C) por 120 segundos gera um alarme sonoro.

TC-S102: >260 (+/- 5°C) por 10 segundos gera um alarme sonoro.

Inicialmente foram definidos os seguintes parâmetros para o disparo do alarme do sistema fixo de termografia infravermelho na correia TC S102 e resfriador de sinter, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros de disparo de alarme

	Temperatura de referência	Duração mínima	Histerésis
Correia TC S102	260°C	10 segundos	5°C
Resfriador	380°C	120 segundos	5°C

Onde:

- temperatura de referência: valor mínimo que a temperatura deverá atingir para que se ative o alarme;
- duração mínima: tempo mínimo necessário para que o alarme permaneça ativado antes que o sistema dispare um sinal de alarme, ou seja, caso o alarme não permaneça ativado durante este tempo mínimo não haverá disparo do alarme; e

- histerésis: variação em relação à temperatura de referência que o sistema entende como normal e, portanto não há desativação do alarme.

Exemplificando o descrito acima, no caso do resfriador, quando a temperatura máxima atingir 380°C o sistema ativará o alarme. Se a temperatura máxima mantiver acima de 375°C, valor este definido pela histerésis, durante o período de duração mínima o alarme será disparado.

Após alguns dias em operação os parâmetros de disparo do alarme foram avaliados e definiu-se pelo ajuste dos mesmos. Abaixo os valores que atualmente estão sendo utilizados:

**Tabela 3:** Parâmetros de disparo de alarme

	Temperatura de referência	Duração mínima	Histerésis
Correia TC S102	140°C	20 segundos	5°C
Resfriador	380°C	100 segundos	5°C

Na tela da termografia foram criados: as faixas de alarmes, o ponto fixo, a temperatura máxima no Box e a temperatura média no Box, do perfil térmico do resfriador e da TC-S102. O ponto fixo na termografia do Resfriador e na TC-S102 é o ponto de maior temperatura dentro do Box.

### 2.2.2 Sinalização sonora

Ao disparar o alarme, soa um sinal sonoro, ao ouvi-lo o operador poderá reconhecê-lo, através do ícone na barra de controle, conforme mostrado na Figura 3, enquanto não for reconhecido o alarme o sinal sonoro permanecerá.



Quando o ícone de login está:  
 - Azul: há algum usuário logado  
 - Preto: não há nenhum usuário logado

Ícone para reconhecimento do alarme

**Figura 3:** Barra de controle do sistema de termografia.

### 2.2.3 Sinalização visual

Quando ocorre o disparo do alarme do sistema fixo de termografia infravermelho, é exibida na tela uma sinalização visual de que o alarme está disparado. No entanto, esta sinalização visual permanecerá em evidência enquanto o valor da máxima temperatura estiver acima da temperatura de referência. A Figura 4 abaixo ilustra como a sinalização visual do alarme é apresentada na tela, quando ocorre o disparo do alarme, há um preenchimento de vermelho no fundo.

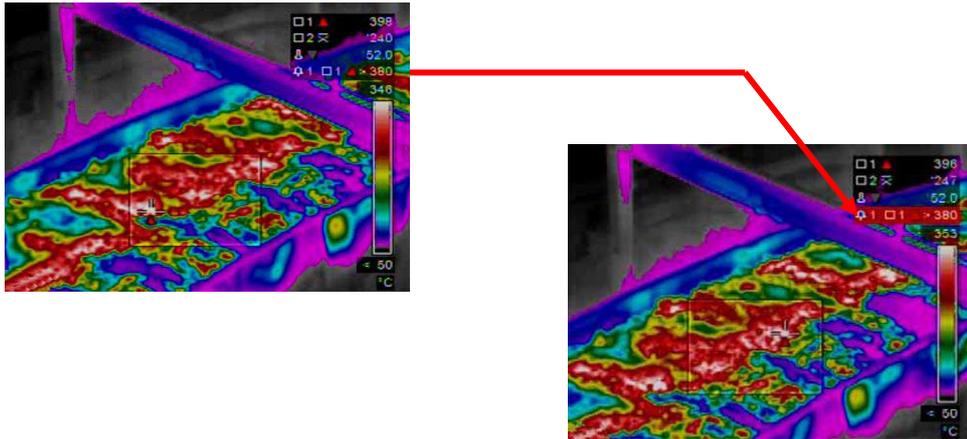


Figura 4: Condição de disparo de alarme.

### 2.2.4 Armazenamento e visualização dos eventos de disparo do alarme

O DVR (gravador de vídeo digital) foi configurado para armazenar apenas as ocorrências de disparo do alarme, ou seja, armazena um vídeo dos 60 segundos que antecedem o disparo do alarme e os 120 segundos subseqüentes ao mesmo. Através do ícone mostrado na figura 5, podemos visualizar imagens gravadas.



Ícone para visualização dos Eventos de disparo do alarme.

Figura 5: Barra de controle do sistema de termografia.

### 2.2.5 Melhorias no sistema fixo de termografia

A partir do *feed back* dos operadores da cabine de controle implementamos algumas mudanças na exibição dos espectros termográficos na tela, conforme ilustrado na Figura 6.

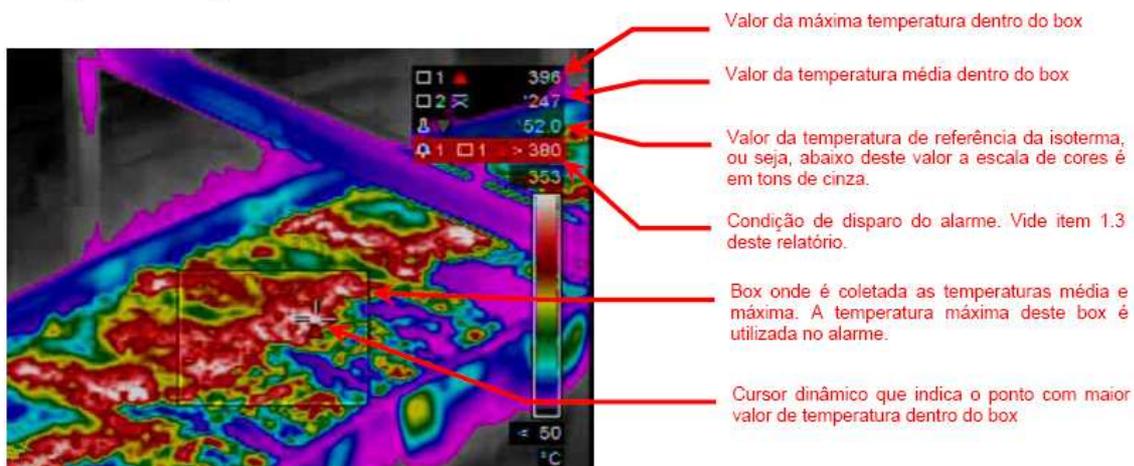


Figura 6: Termografia do Resfriador.

O acesso do operador ao sistema de termografia permite o reconhecimento dos alarmes e visualização dos eventos de alarmes, funções estas importantes aos operadores da cabine.

### 2.2.6 Influência da velocidade do resfriador afetando o disparo de alarme

No período de teste foi constatado que a velocidade do resfriador interfere na resposta de disparo do alarme, provocando a ocorrência de alarmes falsos. Como o sistema fixo de termografia infravermelho da correia TC S102 e do resfriador de sinter não está integrado ao sistema de operação e controle da sinterização, o ajuste dos parâmetros de disparo do alarme é feito manualmente não sendo, portanto, dinâmico como as variações do processo.

Com o objetivo de se minimizar a ocorrência destes alarmes falsos, os ajustes descritos no item 2.2.1 deste relatório já contemplam uma condição de baixa velocidade do resfriador, na qual os alarmes falsos são mais freqüentes.

### 2.2.7 Diagrama macro de interligação do sistema termográfico

A Figura 7 mostra o diagrama de interligação do sistema de termografia, onde as câmeras coletam as imagens e as transmite a um sistema de monitoramento termográfico e este transmite a um gravador de vídeo, onde envia as imagens a uma tela de computador.

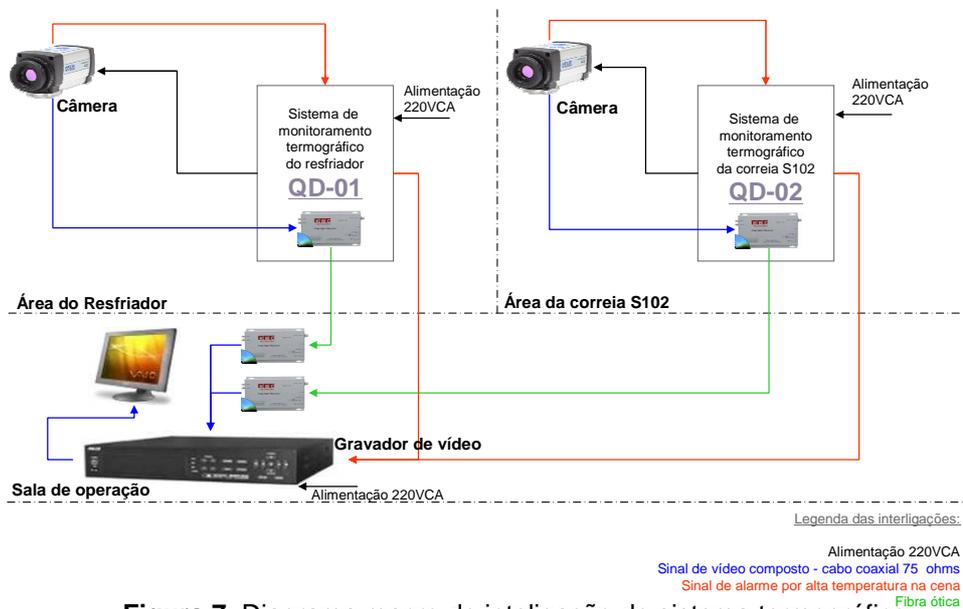


Figura 7: Diagrama macro de interligação do sistema termográfico.

### 2.2.8 Camera do sistema de termografia do resfriador

A Figura 8 mostra a câmera de termografia instalada para a visualização do sinter no resfriador.



Figura 8: Câmera do sistema de termografia do resfriador.

### 2.2.9 Monitor do sistema de termografia

A Figura 9 mostra a tela do monitor do sistema de termografia do resfriador e da CT-S102.

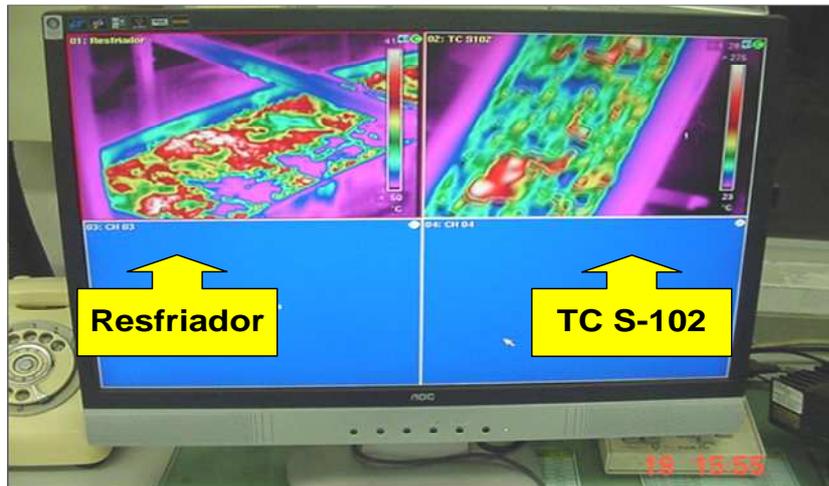


Figura 8: Monitor do sistema termográfico.

### 2.3 RESULTADOS

A otimização do processo adotada e o controle da temperatura do sinter no resfriador e na CT-S102 minimizaram as perdas por trocas de correias transportadoras por queimas e melhor controle na adição de água no resfriador, reduzindo impactos na qualidade do sinter para o Alto Forno.

A Tabela 4 mostra o histórico de paradas para troca da CT-S102.

Tabela 4: Histórico de paradas para troca da CT-S102

Data da instalação	Data de retirada	Desempenho (dias)
08/02/2008	08/04/2008	60
08/04/2008	04/06/2008	57
04/06/2008	18/08/2008	75
18/08/2008	08/10/2008	51
08/10/2008	20/11/2008	43
20/11/2008	16/12/2008	26
16/12/2008	03/02/2009	49
03/02/2009	19/03/2009	44
19/03/2009	07/04/2009	19
07/04/2009	08/05/2009	30
08/05/2009	27/05/2009	19
28/05/2009	09/07/2009	42
10/07/2009	01/09/2009	53
02/09/2009	27/10/2009	55
30/10/2009	18/01/2010	80
19/01/2010	08/03/2010	48
09/03/2010	11/05/2010	63

Pode-se observar em 2010 foram realizadas 3 paradas programadas para troca da CT-S102, muito menor quando comparado com 2009 no mesmo período onde houve 5 paradas.



### 3 CONCLUSÃO

O trabalho realizado visou à análise do perfil termográfico da superfície do resfriador e da TC-S102, através de termogramas e de alarmes, ou seja, objetivou-se uma análise qualitativa dos resultados termográficos.

A análise quantitativa será a continuação deste projeto, visando analisar os dados do termograma por meio de gráficos e até mesmo prevê impactos na temperatura do sinter com alterações de combustíveis, matéria-prima, variáveis de processo, e produtividade, além de correlacionar o tempo de geração de alarmes através da variação de velocidade da máquina de sinter. O sistema de termografia deverá ser interligado ao computador de processo.

Atualmente a análise termográfica somente é possível através da análise qualitativa, não quantitativa.

O principal objetivo de uma próxima fase deste projeto é a integração das informações geradas pelo sistema fixo de termografia infravermelho com o sistema de automação e controle da sinterização. Esta integração permitirá que as informações oriundas do sistema fixo de termografia sejam utilizadas tanto para controle automático dos parâmetros de alarme nas diferentes condições operacionais como no acionamento racional de dispositivos de resfriamento do sinter.

### REFERENCIAS

- 1 FERREIRA, A. M. M.; HARANO, E. L. M.; MENEZES, H.G; OLIVEIRA.H.L.M; MENDES.J.B; ANDRADE.M.W; LARCHER.M.A; PEDRINI.R.H.; "Evolução no controle da qualidade de sinter produzido na CST/ArcelorMittal", LXII Congresso Anual da ABM, Vitória, ES, 2007.
- 2 Pred Service Infrared Thermography. Pred Engenharia. Em meio eletrônico: <http://www.pred.com.br> Acesso em: 29 de jun. 2010.