

ADAPTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURA POR TERMOPARES EM FORNOS TIPO CAIEIRA NA INDÚSTRIA CERÂMICA

Milson Oliveira da Trindade Filho, milson_trindade@hotmail.com¹
Caubi Ferreira de Souza Junior, caubi@cefetrn.br²
José Ubiragi de Lima Mendes, ubiragi@ct.ufrn.br¹

¹ Departamento de Engenharia Mecânica –UFRN- Av. Sen. Salgado Filho – Laboratório de Mecânica dos Fluidos - CEP 59072-970 - Caixa Postal 1524 – Natal - RN

²Instituto Federal Do Rio Grande do Norte

Resumo: Apesar do forno caieira ser um forno arcaico é, no entanto, bastante usado na queima de produtos cerâmicos devido ser um forno barato. Porém, seu rendimento, comparado a outros fornos, está muito aquém. O gasto de lenha e a baixa qualidade dos produtos são muitas vezes consequência da falta de controle das variáveis de queima no processo. O sistema de monitoramento implantado usa como parâmetro de queima a temperatura padrão de queima da argila na qual a fábrica está utilizando para confecção de seus produtos, porém esse sistema é usado em forno intermitentes de chama descendentes fechados, por exemplo os abobodas, já que os mesmos condicionam melhor o calor em suas câmaras durante o período de queima. Já os caieiras, são fornos que não condicionam bem o calor, deixando que a temperatura de queima caia muito rápido. Numa média esses fornos tiram como material conforme e de 1ª, como é denominado nas cerâmicas, em média 20% do material queimado, sendo o restante dividido em material conforme de 2ª, material não conforme chamados de 3ª pelos ceramistas e Refugo cerâmicos Com a implantação do sistema obteve-se até 50% de material de 1ª, 49,8% de 2ª, 0,12% de 3ª e 0% de Refugo.

Palavras-chave: Cerâmica Vermelha, Termopares, Sistema de monitoramento, Forno caieira

1. INTRODUÇÃO

As cerâmicas tradicionais constituem ainda hoje o maior setor de emprego e de aplicações dos materiais cerâmicos, Achar (2006). Porém as faltas de controle de processo nessas indústrias trazem um prejuízo aos empresários desse ramo de atividade bem como impactos ao meio ambiente, Procomp (2005) mostra com estudos de pesquisas realizadas na APL em russas CE, que a falta de controles de processo produtivo também avoluma os montes de resíduos cerâmicos, aumentando muito os custos de processo.

A quantidade de lenha utilizada por milheiro de produto é de 2,2 a 3,2 m³ de lenha (ABREU 2000). De acordo com Nicolau, 2005, a perda de calor em um forno está em torno de 31% e 33%, respectivamente, para fornos isolados e não isolados. Porém foi analisado num dos fornos queimados com o sistema de monitoramento de queima por termopares uma quantidade de 22 m³ de lenha queimando um total de 9 milheiros de telhas o que resulta num rendimento médio de 2,44m³/milheiro, tendo ainda 21 milheiros que foram parcialmente queimados, resultando num aumento desse rendimento médio para 0,73 m³/milheiro diferente de um forno queimado sem o sistema que pode chegar a queimar apenas 2 milheiros levando esse rendimento para 11m³/milheiro ou, juntando com os parcialmente queimados, 0,88m³/milheiro. O melhor resultado obtido com o sistema foi 50% de material conforme ou de 1º como é chamado na fábrica 49,8% de material conforme e de 2º, e 0,12% de Refugo.

Sabendo que no processo de queima existem várias etapas como a saída de água residual entre as temperaturas de 100°C a 120°C, a perda de água estrutural entre 200°C a 500°C, dentre outras transformações até chegar à temperatura de patamar de queima que dependendo de alguns materiais podem chegar a 1000°C.

O calor necessário para o processo de queima é fornecido pelo combustível, só uma parte do calor é utilizado como energia para as transformações de origem química (reações e formações de novos compostos) e físicas (modificações cristalinas, fusões, evaporações, etc.) e praticamente é somente a quantidade útil. O resto constitui uma entidade passiva, perda de calor, do ponto de vista do processo de queima. Diante dessas informações e da caracterização do material que seria queimado foi realizado a adaptação desse sistema para o auxílio ao processo de queima.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A queima desses fornos na quase totalidade das indústrias é feita por meio de um arame posto na parte superior do forno onde cada extremidade é colocada um tijolo para acomodação desse arame na superfície da telha utilizada para tampar o forno, o término da queima é baseada no afastamento desse arame da superfície da telha devido à retração ou altas deformações ocasionadas pela falta de controle da queima, o que diminui o rendimento do forno, qualidade dos produtos, maiores gastos na produção.

Para adaptação desse sistema foram feitas medições no forno de suas dimensões a fim de posicionar o melhor possível os termopares para melhor interpretação de seus gradientes de temperatura. Foi utilizada uma broca de 1,5m de comprimento e 0,05cm e uma furadeira Bosh. Os equipamentos foram comprados a empresa ALUTAL equipamentos de controle para cerâmica, situada em Sorocaba – SP. Para fornos de 6 entradas de lenha, ou bocas de fogo como são chamadas pelos queimadores, utilizou-se 3 termopares de 1,5m na parte inferior e 2 termopares na parte superior do forno como ilustra a fig.(1).

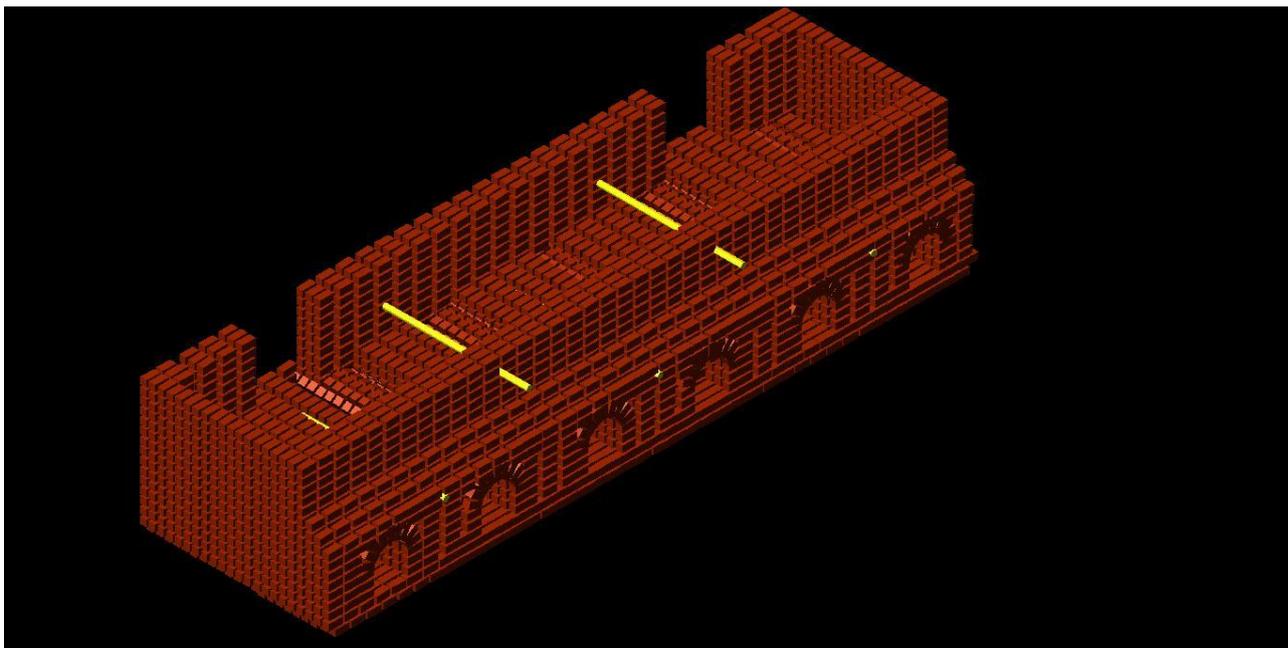


Figura 1. Ilustração em 3D de um forno caieira com termopares superiores e inferiores de amarelo

E para converter os sinais térmicos em sinais digitais foram usados 3 indicadores digitais duplos da ALUTAL sendo posicionado o primeiro na margem esquerda do forno o segundo no meio do forno e o terceiro na margem direita do forno tendo uma completa visualização dos gradientes de temperaturas internos do forno.

Foi realizado ensaios de queima em corpos de prova retangulares medindo 6,0 x 2,0 x 0,5 cm prensado a 200Kgf/cm² para a verificação de uma taxa de aquecimento e temperatura adequada no patamar de queima.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Depois de feita a caracterização do material e definido as temperaturas de queimas como sua taxa de aquecimento quente e patamar, que são 0,6 a 1 °C /min, 150°C no máximo, e 950°C caindo 60°C, respectivamente. Tampas de ferro foram utilizadas como forma de amenizar a dissipação da temperatura para pelas cabines de queima o que resultou, numa das várias queimas realizadas, uma economia de 3x em relação ao não uso dessa prática.

Tabela 1. Curva de queima de um forno

| HORA | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 00:00 | 38 | 31 | 32 | 32 | 34 | 36 |
| 01:00 | 60 | 101 | 45 | 58 | 40 | 37 |
| 02:00 | 100 | 162 | 62 | 79 | 48 | 40 |
| 08:00 | 140 | 110 | 176 | 173 | 100 | 48 |
| 09:30 | 278 | 284 | 298 | 354 | 122 | 74 |
| 10:30 | 350 | 395 | 396 | 438 | 132 | 71 |
| 11:30 | 560 | 529 | 530 | 523 | 170 | 78 |
| 12:30 | 666 | 578 | 548 | 584 | 200 | 90 |
| 13:30 | 763 | 736 | 670 | 698 | 270 | 115 |
| 14:30 | 812 | 829 | 753 | 758 | 322 | 143 |
| 15:30 | 921 | 855 | 777 | 837 | 396 | 209 |
| 16:30 | 942 | 953 | 868 | 907 | 451 | 295 |
| 17:30 | 937 | 901 | 931 | 914 | 511 | 398 |
| 18:30 | 929 | 964 | 982 | 963 | 560 | 417 |
| 19:30 | 948 | 893 | 890 | 895 | 632 | 549 |
| 20:30 | 925 | 927 | 938 | 944 | 708 | 620 |
| 20:52 | 916 | 929 | 981 | 937 | 732 | 658 |

As Temperaturas foram registradas a cada 1 hora por meio manual sendo assim podemos fazer apenas uma análise geral da queima, diferente dos registros automatizados que enviam via software a cada 5 segundos cada temperatura interna do forno.

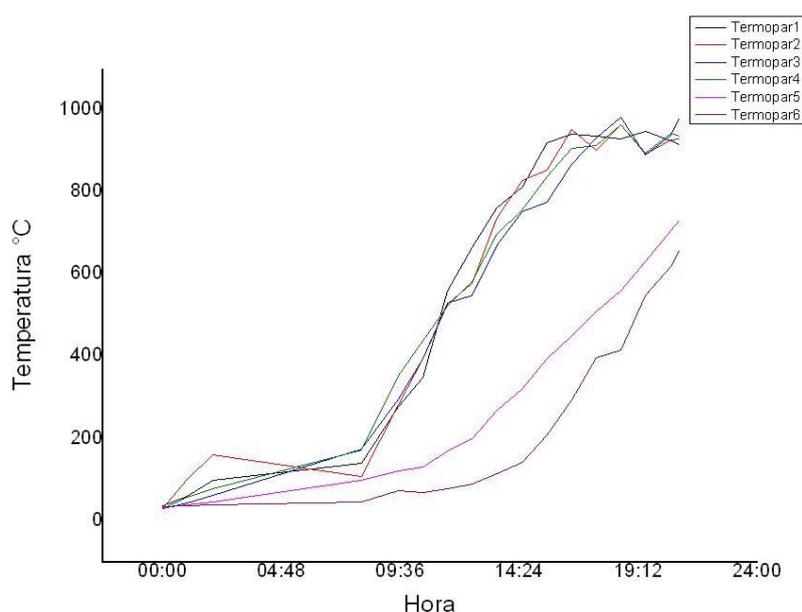


Figura 2. Curva de Queima da Tabela 1.

Podemos verificar com maior facilidade o comportamento do forno se plotarmos um gráfico com os registros da queima, nele temos 4 Termopares que indicam as temperaturas na parte inferior do Forno nos quais são os que se pode interferir aumentando ou diminuindo a taxa de aquecimento e 2 Termopares na Parte superior do Forno no qual se vem pra indicar a finalização da queima e que tem taxa de aquecimento bem menores que dependem da vazão de cada forno, e quantidade de água que foi junto com material pra ser queimado,

Os Fornos são arrumados com 2 lotes de tijolos e 4 lotes de Telhas como mostra a fig.(3) pode-se notar que os 2 termopares da parte superior do forno ao atingirem a temperatura de 100° C exibem um ligeiro aumento em sua taxa de aquecimento isso se deve a saída da água residual do material e início da queima dos lotes 3 e 4, o tempo de queima é proporcional ao percentual de umidade do material, e o processo de secagem nessas industrias ainda se dá por in natura o que leva a uma variação nos tempos de queima de cada forno.



Figura 3. O Lado direito mostra à arrumação dos lotes de telhas no forno, e o lado esquerdo a arrumação dos lotes de tijolos.

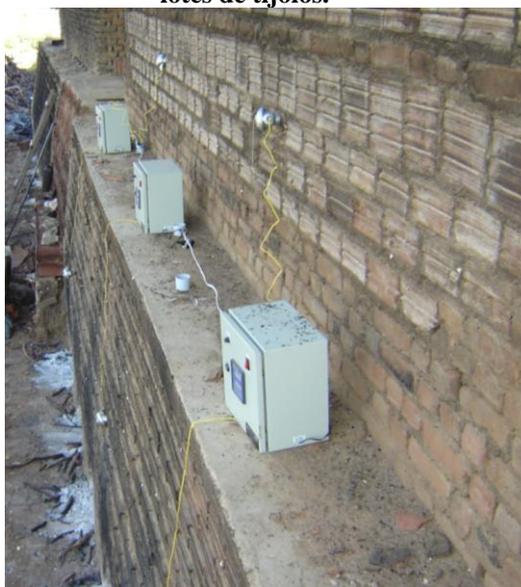


Figura 4. Visualização dos indicadores digitais

4. CONCLUSÃO

Com o uso do sistema obteve-se um resultado satisfatório em todos os fornos, o que levou a uma constância na produção, consequência da caracterização do material e um monitoramento completo dos gradientes de temperaturas internas do forno, um rendimento maior do mesmo, apesar da quantidade de umidade levada junto com o material ser alta,

A utilização de tampas aumenta a eficiência da queima, porém não é aconselhada a utilização delas sem o monitoramento devido à manutenção das altas temperaturas e possíveis problemas de deformação das telhas.

5. REFERENCIAS

Abreu, Y V.; GUERRA, S. M. G. Indústria de Cerâmica no Brasil e o Meio Ambiente. Chile: IV Congresso Nacional de Energia, 2000.

Acchar, W. materiais cerâmicos caracterização e aplicações, Ed, EDUFRRN, Natal, Brasil, 113 pág. 2006.

Pedrassani, Jaime. Coletânea de Tecnologia cerâmica, Cerâmica Estrutural, Ed. Faenza Editrice, 2002

Procompi. Arranjo Produtivo Local Cerâmico de Russas, ações técnicas, Dezembro de 2005.

Nicolau V. P., Jahn T. G., Hartke R. F., Lehmkuhl W. A., Kawaguti, W. Santos, G.M. ANÁLISE ENERGÉTICA DE UM FORNO TÚNEL UTILIZADA EM CERÂMICA