

# INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E VELOCIDADE DE QUEIMA NO PROJETO E NA REGULAGEM DE FORNOS CERÂMICOS QUE QUEIMAM TIJOLOS COMUNS

**T. G. Jahn, V. de P. Nicolau**

Laboratório de Combustão e Engenharia de Sistemas Térmicos.

Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Santa Catarina

88040-900 - Florianópolis - SC - BRASIL.

Palavras-chave: **Cerâmica vermelha, curva de queima, tijolo comum, velocidade de queima.**

## RESUMO

Para uma melhor aplicação do gás natural na cerâmica vermelha tem-se procurado reduzir o desperdício de energia nos fornos, bem como tem-se estudado as possibilidades de aumento de produção através de um aumento da velocidade de movimentação da carga no interior do mesmo. O desperdício de energia é combatido com um melhor isolamento do forno, bem como um maior aproveitamento do calor residual associado à carga queimada. O trabalho visa analisar o processo de queima de massas cerâmicas, definindo suas temperaturas máximas e buscando-se obter a otimização das respectivas curvas de queima. São investigadas também as reações apresentadas por cada tipo de argila.

Os resultados podem ser observados através das características finais que são: resistência mecânica, absorção de água e da cor do produto acabado.

Os ensaios de queima são feitos em um forno elétrico permitindo a execução de uma série de comparações com os produtos queimados nos fornos utilizados na indústria de cerâmica vermelha.

Ensaio com a variação da temperatura de queima, com a variação da velocidade de aquecimento e de resfriamento são realizados, buscando-se a influência destas variações sobre as peças queimadas.

A queima de corpos cerâmicos argilosos é processada normalmente no intervalo de 100° a 1450 °C e as reações que acontecem são funções dos vários componentes, com as proporções dos minerais argilosos com seus inter-relacionamentos, impurezas de minerais não argilosos, materiais orgânicos entre outros presentes na composição de uma massa cerâmica. As reações térmicas que ocorrem durante a queima em termos gerais podem ser classificadas como endotérmicas e exotérmicas. Assim as reações mais facilmente observadas são as seguintes: Liberação da água adsorvida ou água mecânica acontece na seguinte faixa de temperatura, de 100 a 250 °C esta é uma reação endotérmica; reação de desidroxilação ou perda da água de constituição, acontece na faixa de 450 a 700 °C; Como reação exotérmica temos a sinterização propriamente dita e ocorre na faixa de 800 a 1100 °C. Uma reação de difícil observação mas não menos importante é a transformação do quartzo  $\alpha$  em quartzo  $\beta$ , sendo uma reação que ocorre na temperatura de 570°C, esta é uma reação endotérmica no pré-aquecimento e exotérmica no resfriamento.

Na sequência são apresentados os resultados obtidos para os tijolos em diferentes temperaturas de queima e diferentes velocidades de aquecimento e resfriamento.

No experimento o resultado obtido para a queima dos tijolos é apresentado na figura I. No aquecimento a temperatura de maior crescimento é a temperatura da atmosfera do forno, como seria esperado. Em seguida tem-se a temperatura da superfície do tijolo, que apesar do retardo em relação a atmosfera, não apresenta os retardos típicos das transformações da argila, sofreu apenas pequena influência da liberação da água adsorvida como também da inércia

térmica do próprio tijolo. As transformações da argila podem ser observadas na temperatura indicada pelo termopar colocado no interior do canal pequeno do tijolo e também com o termopar colocado no centro da esfera de argila não queimada. A primeira transformação ocorre na faixa de temperatura de 100 a 150°C e refere-se a eliminação da água adsorvida. A segunda transformação ocorre na faixa de 550 a 600 °C e refere-se a desidroxilação ou seja eliminação da água de constituição. Ao atingir o patamar aproximado de 820 °C ocorre uma reação exotérmica na argila durante um intervalo de tempo de 30 minutos, que indica o início do processo de sinterização. O resfriamento é feito com o desligamento do forno e ocorre em um tempo maior do que o aquecimento. No final do resfriamento ocorreu a abertura da porta do forno, acarretando uma queda mais brusca nas temperaturas.

Os picos que ocorrem no patamar superior devem ser ruídos do próprio termopar.

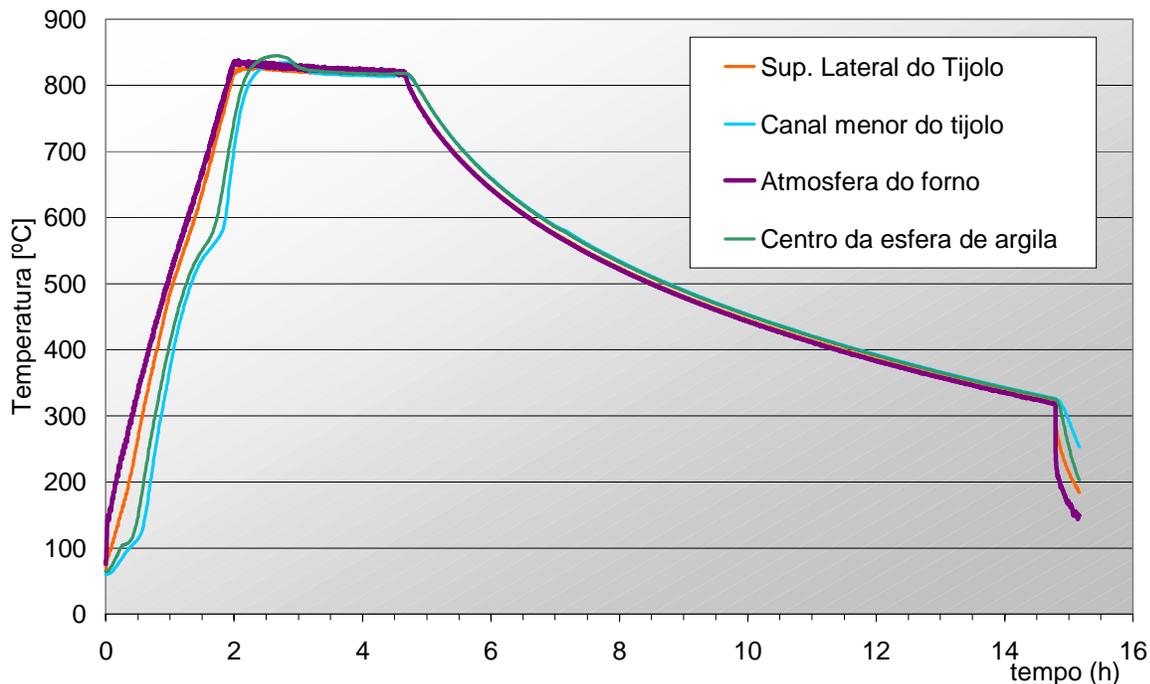


Figura I – Perfis de temperatura para a queima a 800°C.

Os teste de absorção e de resistência tem por finalidade quantificar a massa de água absorvida e a resistência Mecânica do material queimado e é processado segundo a norma NBR 6461.

Os resultados são apresentados na tabela I, indicando os pesos iniciais e finais das amostras, bem como os percentuais de absorção. Analisando estes resultados, pode-se notar que os materiais com maior temperatura de queima apresentaram um menor percentual de absorção de água. Embora exista variação em função da temperatura de queima, a mesma não é a única variável determinante, visto que a absorção variou para uma mesma temperatura com ciclos de queima distintos e mesmo assim em todas as amostras permaneceu muito elevada, mantendo-se em torno de 25%, no limite ou fora da faixa prevista pela norma, entre 8% e 25%. Na tabela I pode ser visto também o resultado dos testes de resistência dos materiais queimados a diferentes temperaturas, e ainda pode-se observar que a resistência ficou abaixo do valor mínimo de 1 MPa previsto pela norma.

Tabela I – Percentuais de absorção das amostras, e teste de resistência mecânica , com as amostras queimadas

Nº	Temp. de queima [°C]	Tempo de Queima [ h ]*	Resistência Mecânica [ Mpa ]	Absorção[%]
1	800	4	0,347	25,7
2	800	3	0,417	26,2
3	900	5	0,708	24,9
4	900	3,5	0,68	25,1
5	950	4,5	0,801	24,6
6	950	3,5	0,75	24,7
7	1000	4,5	0,787	23,3
8	1000	3,5	0,688	23,0

Foi possível observar que o parâmetro tempo de queima, é um fator que influencia na resistência do material.

O presente artigo relata os resultados da queima de tijolos de 6 furos, individualmente em um forno elétrico. Os resultados, restritos ao tipo de argila escolhido, sofre restrições quanto à generalização, mas é significativo como caso estudado. Pode-se observar que apesar das elevadas taxas de aquecimento e queima, com moderadas taxas de resfriamento, não resultaram em danos sérios aos tijolos, como rupturas devido ao choque térmico. Esta era a conclusão buscada nos ensaios, que permite propor uma queima mais rápida em fornos túneis, visando um aumento da produção e uma redução nos custos de queima.

O tipo de argila escolhido não foi o mais adequado, uma vez que as reações de fusão de componentes com o conseqüente fechamento dos poros, com redução da absorção, não foram observadas, pelo fato do material ser bastante arenoso. Vale ressaltar, no entanto, que o ensaio de queima executado pode ser uma ferramenta auxiliar importante, a ser utilizada na verificação dos resultados de queimas de misturas desconhecidas de argilas.

#### **Agradecimentos:**

O autor Tales Gottlieb Jahn é bolsista de Iniciação Científica do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor de Petróleo e Gás Natural- PRH09-ANP/MME/MCT.

#### **Referências:**

- 1 - Programa Brasileiro de Qualidade e de Produtividade do Habitat (PBQP-H), disponível em: [www.pbqp-h.gov.br](http://www.pbqp-h.gov.br), 2001.
- 2 - Facincani, T, Tecnologia Ceramica: i Laterizi, Gruppo Editoriale Faenza, Itália, 2ª ed. 1992
- 3 - T. Edwards, Relationship between Finite Element Analysis and Firing Brick, American Ceramic Society Bulletin, vol. 72, n.9, 1993, pp. 41-43,93.