

PRODUÇÃO DE TIJOLOS PELO PROCESSO DE AUTO-QUEIMA

THE PRODUCTION OF BRICKS BY MEANS OF THE SELF-FIRING PROCESS

**Erica Priscila Davanzo¹, Sidnei Antonio Pianaro², Valmor Vieira³,
Heinrich Obermeier³ (in memorian)**

- ¹ Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, LIMAC - Laboratório Interdisciplinar de Materiais Cerâmicos, Programa de Mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais
- ² Autor para contato: Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, Campus em Uvaranas, LIMAC - Laboratório Interdisciplinar de Materiais Cerâmicos, Departamento de Engenharia de Materiais, Ponta Grossa, PR, Brasil; (42) 220-3057; e-mail: pianaro@uepg.br
- ³ PETROBRAS/SIX - Superintendência da Industrialização do Xisto, rodovia BR 476, Km 143, São Mateus do Sul, PR

Recebido para publicação em 19/02/2004

Aceito para publicação em 29/04/2004

RESUMO

O processo de adição de matérias-primas com alto poder calorífico à massa de cerâmica vermelha consiste numa inovação dentro do cenário nacional, mas já utilizada em outros países, em fornos contínuos para economia de energia durante a queima. Neste trabalho o estudo foi realizado num forno de operação intermitente, sendo produzidos 8.000 tijolos. Os subprodutos da industrialização do xisto, tais como o xisto retornado e os finos de xisto contém, em sua matriz mineral, elementos que os tornam indicados para o emprego em cerâmica vermelha por apresentarem um alto poder calorífico, representando uma elevada economia de combustível durante a queima e excelente qualidade do produto final. Neste trabalho verificou-se que pode ser economizado até 90% de combustível e 50% de argila. Essa economia, aliada às características estruturais do produto final, mostram que a produção de tijolos a partir de subprodutos da industrialização do xisto, é um processo economicamente viável e tecnologicamente eficaz.

Palavras-chave: auto-queima, meio ambiente, cerâmica vermelha

ABSTRACT

The addition of raw materias with high calorific power to the mass of red ceramic products for firing is new in Brazil, but already used in other countries in continuously operating kilns for the redution of firing energy. In this work the study was accomplished in an intermittingly operating kiln having produced 8.000 bricks.

By-products of the Petrobras process, such as retorted shale or fine oil spent shale, have high contents of energy, which can be used as raw materials in the red ceramic industry for saving energy and firing costs. This work confirmed that up to 90% of combustibles and 60% of local clay could be saved. The mineralogical and chemical components of the by-products allow an economical production of bricks of high quality and strength.

Key words: self-firing, environment, red ceramic

1. Introdução

Auto-queima é uma tecnologia que usa a energia contida na matéria-prima para queima de produtos de cerâmica vermelha. Essa tecnologia surgiu há cerca de 120 anos quando Engenheiros Ingleses de minas de carvão verificaram haver entre as camadas intermediárias de carvão, argila e principalmente xisto com alto conteúdo de carbonatos. Eles propuseram o uso de argila com xisto para a produção de tijolos (Obermeier, 1997).

Em tempos de crise como os da primeira e segunda guerras mundiais, quando a disponibilidade de energia ficou muito reduzida, houve necessidade de se pesquisar novos combustíveis. Nessa época algumas fábricas usavam misturas de matérias-primas brutas com carbonatos em sua matriz mineral para baixar o consumo de energia em seus fornos, contudo, a qualidade de seus produtos não era satisfatória (Obermeier, 1997).

A crise do petróleo dos anos setenta obrigou novamente as companhias a levar em consideração a redução do consumo de energia em seu forno, muitas alternativas foram testadas voltadas a adição de subprodutos na matéria-prima ou a utilização de subprodutos como combustível (Davanzo, 1997).

Na PETROBRAS-SIX (São Mateus do Sul/PR) existem várias opções de subprodutos que podem ser empregadas como fonte energética no processo de auto-queima, contudo, três tipos de matérias-primas são as mais adequadas ao processo: finos de xisto, xisto retornado e um produto de filtração denominado torta oleosa. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi o estudo da tecnologia de auto-queima na fabricação de tijolos, utilizando essas matérias-primas como fonte de energia. Todos os testes realizados foram

efetuados no processo de produção da olaria T'JOLO, localizada na região de São Mateus do Sul - PR.

2. Materiais e métodos

Seleção dos subprodutos de xisto

Os subprodutos de xisto para formulação da massa foram selecionados baseando-se no poder calorífico, ponto de ignição e facilidades de mistura à massa da olaria.

Caracterização granulométrica

A caracterização granulométrica das partículas foi realizada utilizando-se o método de peneiramento (Wills, 1988) com o emprego de conjunto de peneiras da série "Tyler" malhas 10, 20, 32, 60, 100 e 250. As matérias-primas foram dispersas em água sob agitação e transferidas para o conjunto de peneiras montado sobre um vibrador de peneiras (VIBROTEC). Após vibração por 30 minutos, a quantidade retida em cada peneira foi seca em estufa por 12 horas a 110 °C e pesada. Os resultados foram tabulados considerando a porcentagem retida em cada abertura da peneira. Foram caracterizados, dessa forma os finos de xisto, a argila local da olaria e a massa resultante da extrusão.

Preparação e conformação da massa

O subproduto selecionado como fonte energética para o processo foi misturado juntamente com argila plástica própria da olaria na proporção de 66% de finos de xisto e 34% de argila. Essa quantidade de xisto foi previamente calculada para fornecer 3.600 kJ/kg de energia para o processo.

O processo de mistura foi realizado na olaria conforme fluxograma apresentado na figura 1.

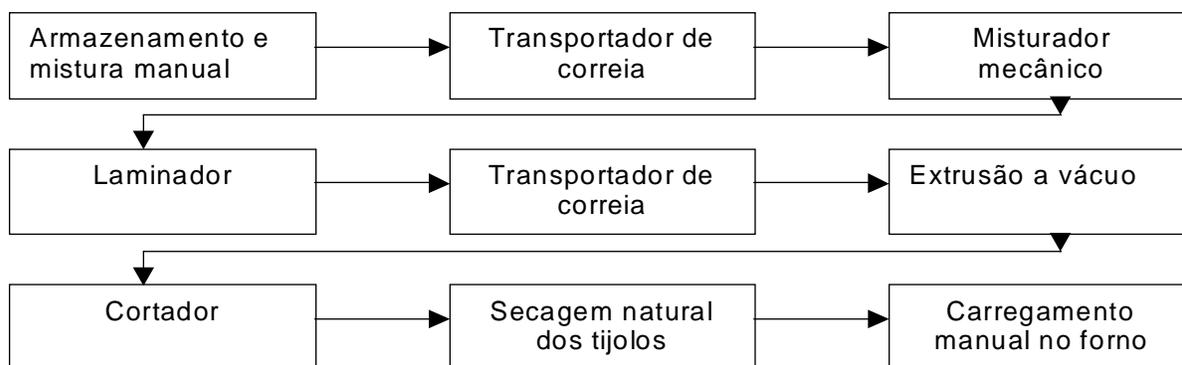


Figura 1 - Fluxograma do processo de fabricação de tijolos.

A argila e o xisto armazenados foram previamente misturados manualmente e transportados para um misturador mecânico para melhorar a homogeneidade da mistura. Após essa operação de mistura, a massa passou por um laminador e pela extrusora a vácuo para conformação dos tijolos quatro e seis furos, os quais foram cortados no tamanho padrão na saída da extrusora. Os tijolos úmidos foram transportados para um secador natural para diminuição do excesso de umidade. O tempo de secagem foi de 30 dias. Após a secagem, os tijolos foram transportados para o forno para a etapa de queima.

Queima dos tijolos

A queima dos tijolos foi realizada num forno periódico industrial com dimensões na área de queima de 8m x 3,5m x 3m (comprimento x largura x altura). O forno é constituído por 6 bocas de queima dispostas na lateral, tal como mostrado na figura 2.

A metodologia empregada para o carregamento do forno foi a seguinte: do piso ao redor das bocas

de queima até altura de 1m foram colocados aproximadamente 7.000 tijolos de quatro furos. Sobre esses tijolos foram colocados 15.450 peças de tijolos de seis furos. Com o objetivo de demonstrar o processo de auto-queima e compará-lo com o processo de queima convencional no mesmo ciclo de queima, o forno foi dividido em duas partes: 2/3 do forno foi carregado com tijolos padrão produzidos pela olaria e 1/3 foi carregado com os tijolos em estudo, de quatro e seis furos.

Para o controle e registro permanente da temperatura durante o processo, foram instalados termopares entre os tijolos nas posições mostradas na figura 2. Dois termopares foram instalados no meio da área de testes do forno, a 1m de altura próximo a entrada, o terceiro termopar foi instalado a 2 m de altura ao lado direito do forno e o quarto termopar foi instalado no local onde foram carregados os produtos convencionais produzidos pela olaria a 1,5 m de altura da entrada, 1,5 m do lado direito e 2,0 da parte traseira do forno.

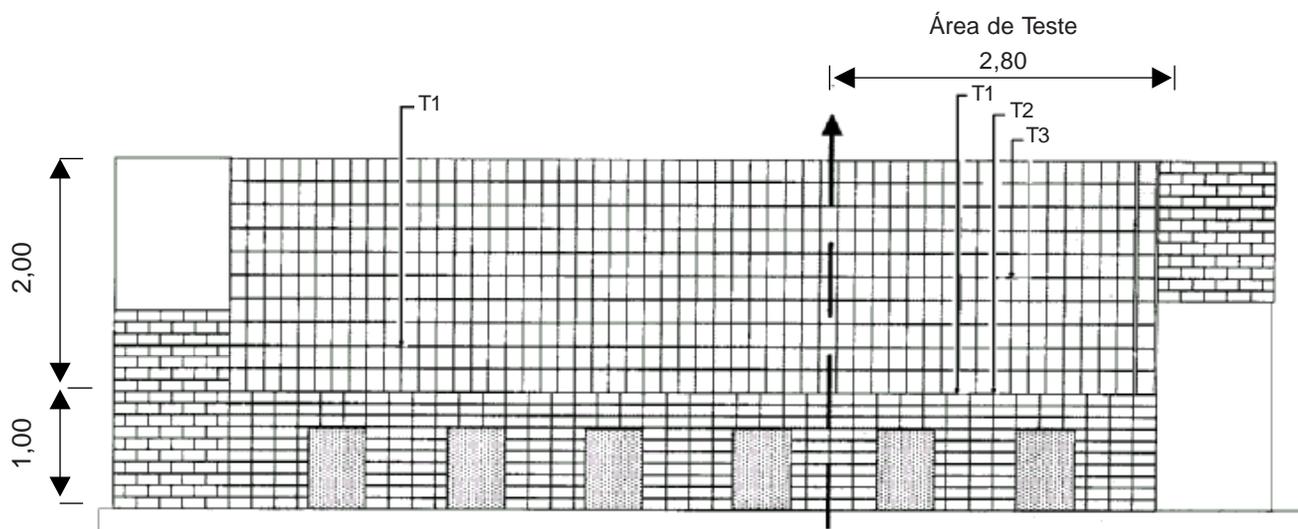


Figura 2 - Ilustração do forno periódico e posicionamento dos termopares.

3. Resultados e discussão

Seleção das matérias-primas

Na tabela 1 são apresentados os valores calcu-

lados referentes a energia contida para cada tipo de matéria-prima e seus respectivos pontos de ignição aproximados.

Tabela 1 - Conteúdo energético das matérias-primas.

Matéria-prima	Energia contida kJ/kg	Ponto de Ignição (°C)
Borra	>12000	220
Finos de xisto	5500	260
Xisto retornado	3500	410

A borra, também denominada torta de filtração é proveniente da filtração do óleo bruto de xisto. Está disponível na forma de aglomerados prensados de baixa resistência mecânica constituídos basicamente de sólidos minerais finamente divididos (passante malha 200 Tyler) impregnados por óleo combustível exibindo baixo teor de enxofre. A produção diária da borra é de 120 toneladas diárias.

O fino de xisto é o xisto cru com granulometria muito fina, abaixo da exigida pelo processo PETROSIX sendo, por este motivo, rejeitado no processo. São produzidos diariamente cerca de 1.500 toneladas de

finos de xisto.

O xisto retornado é o subproduto resultante da pirólise do xisto para a remoção do óleo, gás e água de retortagem. Apresenta coloração negra por carregar consigo parte da matéria orgânica inicial não convertida a produtos por ocasião da retortagem. A produção diária de retornado é de aproximadamente 6.600 toneladas.

A matéria-prima selecionada para servir como fonte energética ao processo foi o fino de xisto. Apesar dela não apresentar o mais alto conteúdo energético, possui um valor intermediário e sua produção diária é

bastante elevada. Uma vantagem adicional é a de que os finos de xisto apresentam granulometria mais fina do que as outras duas, proporcionando ótimo poder de combustão e também boa mistura com a argila padrão da olaria.

Caracterização granulométrica

Na tabela 2 são apresentados os valores médios de tamanhos de partícula dos finos de xisto, da argila padrão local e da mistura dessas duas matérias-primas resultado do processo de extrusão e, na figura 3, é apresentado a representação gráfica dos resultados.

Tabela 2 - Resultados da caracterização granulométrica das matéria-primas.

Matéria-prima	Granulometria média (mm)			
	1,2	0,84	0,5	< 0,5
Finos de xisto	1,92 %	4,20%	13,38%	80,50%
Argila local	15,22%	1,62%	9,68%	73,50%
Produto de extrusão	7,24%	3,17%	11,90%	77,70%

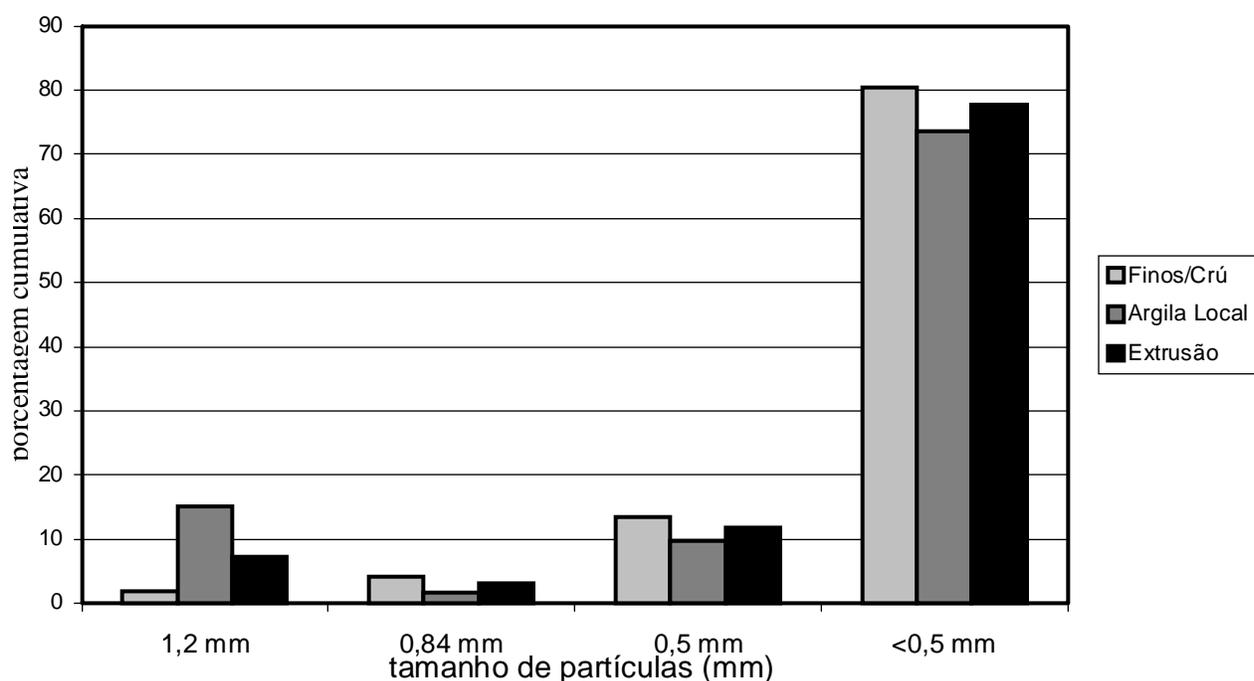


Figura 3 - Distribuição granulométrica das matérias-primas.

Os resultados granulométricos mostram que 80,50% dos finos de xisto estão com granulometria inferior a 0,50 mm. Esta granulometria fina foi bastante favorável ao processo de auto-queima pois assegurou uma rápida desgaseificação do tijolo.

A queima dos tijolos

A figura 4 mostra o registro gráfico dos termopares posicionados de acordo com a figura 2. O registro gráfico foi iniciado um dia após o início da pré-secagem dos tijolos locais.

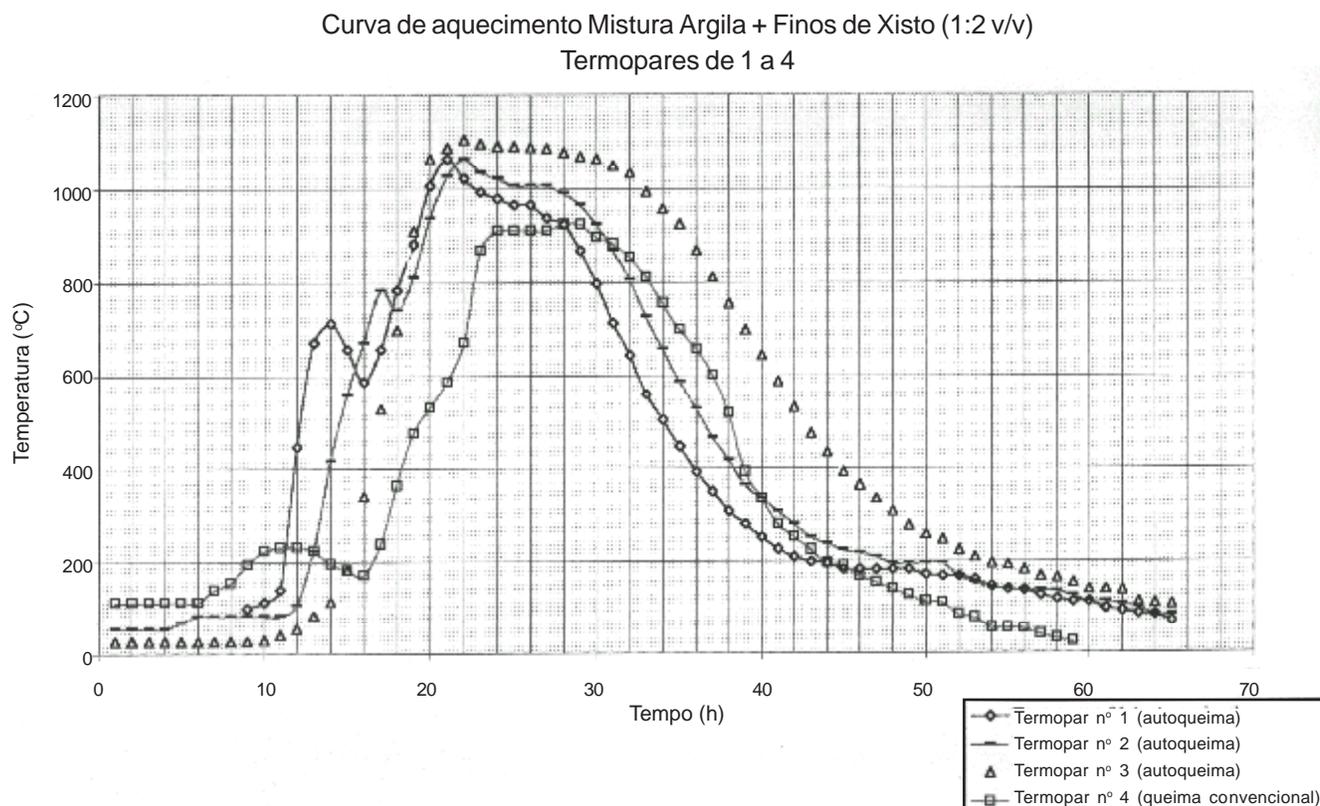


Figura 4 - Registro gráfico das temperaturas no interior do forno.

O termopar nº1 mostra a pré secagem dos produtos testados com aplicação de pouco calor. Os tijolos ao redor da boca de queima alcançaram a temperatura de ignição muito rapidamente, iniciando a queima. Após 6 horas, uma quantidade grande de energia foi transferida aos tijolos ao redor do termopar (termopar nº 1), iniciando a queima e liberando gases. Num período de 3 horas, os tijolos tiveram um aumento da sua temperatura de 120°C para 720°C, resultando numa taxa de aquecimento de 200°C/hora. A falta de energia interrompeu o processo provocando queda de 120°C na temperatura. Entretanto, a energia transferida de um tijolo para o outro, juntamente com a liberação dos gases dos carbonatos inorgânicos, proporcionaram a continuidade da queima de 600°C a 1060°C,

embora a velocidade de aquecimento tenha sido reduzida em 90°C/h.

O termopar nº2 mostra uma curva de aquecimento similar ao do termopar nº 1. A velocidade de aquecimento foi de 136°C até 780°C, interrompida por cerca de 1 hora, prosseguindo até 1060°C.

O termopar nº3 mostra uma perfeita auto-queima. Num período de 6 horas de aquecimento, numa velocidade de 160°C/hora, foi atingida a temperatura de 1070°C, chegando a temperatura máxima de 1100°C após duas horas. O patamar para esta posição do termopar foi de 10 horas e o resfriamento foi muito lento devido ao empilhamento dos tijolos e problemas operacionais. Isto resultou em alguns produtos super-queimados. Ambos termopares nºs 1 e 2 indi-

cam curvas similares, porém sem patamar. A razão disto e de outros problemas observados, deve-se a grande proximidade dos produtos empilhados resultando num espaço insuficiente entre os tijolos, associado ao fechamento da entrada da boca de queima no estágio de máxima temperatura.

O termopar nº 4 indica um processo de queima convencional. O tempo total de aquecimento de 100° a 950°C foi de 18 horas numa razão de 47°C/hora. O tempo de patamar registrado foi de 56 horas. Comparativamente, o processo de auto-queima apresentou uma razão de aquecimento 3,5 vezes superior ao convencional, sem causar problemas com relação a qualidade dos produtos obtidos. A velocidade de resfriamento registrada para o processo convencional foi de 43°C/h até 600°C, 100°C/h de 600° a 400°C e de 22°C/h de 400° a 50°C. A elevada taxa de resfriamento entre 600° a 400°C provocou o aparecimento de finas trincas nos tijolos formulados com matéria-prima local, provocadas pela transformação polimórfica do quartzo a 570°C (Kingery, 1975).

Os tijolos localizados no centro do forno receberam maior quantidade de energia do que os localizados nas laterais, os quais apresentaram retração diferenciada. A principal causa disto está relacionada com o sistema de empilhamento dos tijolos. Os tijolos foram empilhados muito próximos um dos outros, sem espaço adequado para circulação do ar e distribuição homogênea do calor. A superfície escurecida observada em alguns tijolos, causada pela atmosfera redutora, é outro indício da pobre distribuição do fluxo de ar. Portanto, a quantidade de ar deve ser aumentada no sentido de homogeneizar o fluxo de calor de baixo para cima no interior do forno. A melhor e mais homogênea coloração foi observada nos tijolos localizados próximos a parede do forno. Neste local havia espaço suficiente para permitir um maior fluxo de ar.

A tabela 3 apresenta os resultados de densidade e retração linear dos tijolos com composição da olaria e os testados por auto-queima. Os resultados da tabela apresentam o valor médio relativo a 50 peças.

Tabela 3 - Densidade e retração após queima.

	Densidade (g/cm ³)	Retração linear (%)	Absorção de água (%)
Produto original da olaria	1,90	-----	18
Produtos testados: queima normal	1,80	5,9 e 8,3*	18
Produtos testados: superqueima**	2,35	-----	16

* tijolos de 6 furos; ** T = 1025°C

A densidade média dos produtos queimados (4 e 6 furos) da massa da olaria foi de 1,9 g/cm³. Nos tijolos queimados pelo processo de auto-queima, em condições normais, a densidade média foi de 1,80 g/cm³, ficando muito próxima da densidade dos tijolos produzidos convencionalmente pela olaria. Os tijolos super-queimados apresentaram uma densidade média de 2,35 g/cm³.

Devido ao sistema de empilhamento, os tijolos

de 6 furos apresentaram uma retração maior do que os tijolos de 4 furos.

Consumo de lenha

Na tabela 4 são apresentados dados do consumo de lenha para queima convencional em comparação com o consumo de lenha no processo de auto-queima.

Tabela 4 - Consumo de lenha.

	m ³ de lenha
1 Seção do forno (queima convencional)	24
1 Seção do forno (processo auto-queima)	2
Economia da olaria em 1 ano	4.000

No teste de queima, na queima convencional, foram utilizados 12 m³ de lenha para cada seção do forno, contrastando com apenas 1 m³ de lenha utilizada no processo de auto-queima. A lenha utilizada no processo de auto-queima serviu apenas para ignição da matéria-prima, sendo que, após a ignição (260°C), o fogo se propagou sozinho resultado da energia contida na própria massa. Pelo uso do processo de auto-queima a olaria poderá economizar cerca de 4.000 m³ de lenha/ano.

Fazendo-se uma análise geral, tomando como exemplo a região da grande Curitiba onde existem cerca de 125 olarias instaladas e em pleno funcionamento, o consumo de energia é relativo a 600.000 m³ de madeira/ano. Empregando o processo de auto-queima estas fábricas poderão economizar a energia de 500.000 m³ de madeira/ano, já que o processo de auto-queima utilizaria apenas 100.000 m³ de madeira/ano. Considerando o preço médio de R\$ 10,00/m³ de lenha, uma economia de R\$ 5.000.000,00 pode ser obtida com o processo de auto-queima. Além do mais, a fonte de recursos de matérias-primas pode ser extrapolada para mais do que o dobro do tempo atual. A quantidade de argilas na massa pode ser reduzida em até 30% utilizando os finos de xisto da PETROSIX como fonte energética.

4. Conclusões

- O processo de auto-queima utilizando finos de xisto representa uma grande economia de biomassa

renovável e outros combustíveis.

- A adição de 66% de finos de xisto a massa cerâmica proporcionou uma economia de 80% de energia.
- A queima das peças que se localizavam em regiões de baixo fluxo de ar resultaram em produtos superqueimados, sendo necessário melhorar a forma de empilhamento das mesmas no interior do forno.
- As peças queimadas que receberam quantidade suficiente de ar apresentaram valores de densidade de 1,8 g/cm³, muito próximas da densidade das peças produzidas convencionalmente na olaria que foi de 1,9 g/cm³.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq/RHAE, CITPAR, PETROBRAS - SIX/ITS e OLARIA T'JOLO.

REFERÊNCIAS

- DAVANZO, E. P, Relatório de Estágio Supervisionado, Ponta Grossa, PR, Agosto de 1997.
- OBERMEIER, H Anais de Palestras da 3^a Semana de Engenharia de Materiais, Ponta Grossa, PR, Outubro de 1997.
- KINGERY, W. D.; BOWEN, H. K., UHLMANN, D. R. Introduction to Ceramics, 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York, 1975. p. 87- 89.
- WILLS, B. International Series on Materials Science and Technology – Mineral Processing Technology, 4th Edition, Pergamon Press, 1988. p. 166-180.