



Copyright 2005, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

RESULTADOS OBTIDOS COM O USO DO GÁS NATURAL NA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA.

V. P. Nicolau¹, T. G. Jahn¹, R. F. Hartke¹, A.P. Dadam¹, L. G. de M. Freire²

¹ Laboratório de Combustão e Engenharia de Sistemas Térmicos.

Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Santa Catarina
88040-900 - Florianópolis - SC – BRASIL.

² Gerência de Tecnologia de Desenvolvimento de Mercado - Petrobrás

vicente@lmpt.ufsc.br; tales@cet.ufsc.br; lgfreire.technip@petrobras.com.br

Resumo - O uso do gás natural em fornos construídos para a queima de combustíveis sólidos e óleos pesados na Indústria de Cerâmica Vermelha, ainda gera incertezas entre os ceramistas. Para tentar diminuir estas incertezas, este trabalho relata os resultados obtidos na conversão de dois fornos, um intermitente tipo paulistinha e outro contínuo, tipo túnel; bastante representativos dos fornos atualmente utilizados nas indústrias. Inicialmente foram realizadas monitorações das queimas com os fornos operando com seus combustíveis originais, lenha e óleo BPF, para o forno intermitente e serragem para o contínuo. Uma ferramenta de simulação computacional foi criada para avaliação das trocas térmicas e das perdas, possibilitando a previsão do comportamento dos fornos. Algumas ações corretivas foram implementadas e os fornos foram convertidos. Em seguida novas medições foram realizadas e comparadas com as anteriores.

Palavras-chave: Cerâmica vermelha, fornos, queima, consumo de energia, gás natural.

Abstract – In Brazil the use of natural gas in ceramic kilns, destined to fire clay products, represents a recent application. Some kilns are built to burn solid fuels and fuel-oil in the industry, and conversion to natural gas still generates uncertainties among the ceramists. Trying to reduce these uncertainties, this work shows the results obtained in the conversion of two kilns, an intermittent type, called “paulistinha” and a tunnel kiln, both of them very representative in this section of the industry. Initially measurements were made with the kilns operating with their original fuels, wood and fuel oil, to the intermittent kiln, and firewood to the tunnel kiln. Softwares have been developed to evaluate the heat transfer and the thermal losses, foreseeing the kilns behavior. Some correction actions were taken and the kilns were converted. Then measurements were made again and compared with the previous results. A thermo-economic analysis was done in order to show the advantages and disadvantages of the conversion of the kilns.

Keywords: Clay-product, Kiln, Firing Process, Energy Consumption, Natural Gas.

1. Introdução

O presente trabalho tem por objetivo relatar os resultados de uma análise dos processos térmicos que ocorrem tanto no forno túnel quanto em um forno intermitente (tipo paulistinha), com vistas à proposição de modificações que melhorem o desempenho destes equipamentos, utilizado na indústria de cerâmica vermelha. A melhoria de seu desempenho permitirá uma maior economia de energia, tornando-os mais viáveis para a conversão ao gás natural. O forno túnel pertence à Cerâmica Heinig, situada em Brusque-SC, e queimava serragem, produzindo blocos de vedação. O forno intermitente pertence à Cerâmica Solar, de Forquilha-SC e queima óleo combustível recuperado de navio. O seu produto é o piso extrudado glazurado (lajota 30 x 30 cm). Ao longo do projeto foram feitas várias medições e adaptações nos fornos, com o objetivo de melhorar a qualidade dos produtos obtidos e também de reduzir o consumo energético. Também foram desenvolvidos programas de simulação numérica dos processos de queima, com o objetivo de melhor conhecer os mesmos e de avaliar os efeitos das modificações a serem implementadas.

Para isto a metodologia adotada consistiu em se efetuar um levantamento de dados dos fornos. Mediu-se a distribuição de temperaturas dos gases junto da carga e ao longo da extensão do forno, o consumo de combustível (serragem e óleo BPF) e se fez estimativas das vazões de ar de resfriamento e dos gases de combustão. Estes dados foram utilizados para comparação com os dados obtidos da simulação numérica, como forma de ajustar alguns parâmetros desta simulação.

A simulação térmica permitiu estimar as frações e a destinação final da energia obtida com a queima do combustível, possibilitando a atuação de forma corretiva sobre o forno com o objetivo de reduzir cada parcela onde fosse possível, sobretudo quando se tratava de perdas de calor para o ambiente. A melhoria de desempenho do forno teve como objetivo maior a sua conversão para o gás natural, mas a metodologia também se aplica ao combustível original, uma vez que se pode reduzir os custos de produção ou ainda melhorar o desempenho tanto do forno em si, quanto do secador se este está associado ao forno.

A pesquisa tem como objetivo principal a implementação, bem como a disseminação do uso gás natural como combustível a ser utilizado na cerâmica vermelha. Face ao grande atraso tecnológico do setor, tem-se buscado agregar simultaneamente outros fatores como a melhoria da qualidade dos materiais queimados, no caso tijolos comuns, visando satisfazer as normas do Programa Brasileiro de Qualidade e de Produtividade - Habitat (PBQP-H). Procura-se também implementar um controle sistemático do processo produtivo, da qualidade e dos custos envolvidos, visando um aumento na produtividade e possivelmente a produção de materiais de maior valor agregado. Este último item, juntamente com a redução no consumo, é fundamental para o uso do gás natural nas empresas.

Alguns resultados servem para balizar o consumo de energia, sendo muito comum a expressão de um consumo específico, dado pela razão entre a taxa de energia produzida pelo combustível e a produção de material queimado, geralmente expressa em kcal/kg de produto queimado. Assim, alguns trabalhos podem ser citados, fornecendo valores para esta relação, como o trabalho de Tapia e Vilar (2000), que indicam um consumo de energia entre 426 e 258 Kcal/kg (1780 a 1080 kJ/kg), sendo o último valor relativo a um forno túnel, com temperatura de queima de 750°C. Por sua vez, Facincani (1992), apresenta uma ampla faixa de 300 a 800 kcal/kg (1256 a 3349 kJ/kg), incluindo o consumo de energia para a secagem do material. Esta associação queima-secagem é bastante pertinente, pois se torna interessante aproveitar o calor recuperado do material no processo de resfriamento dentro do forno túnel, evitando-se a necessidade de uma nova fonte de calor para o secador. Dados da equipe de autores do presente artigo (Nicolau et al, 2002), indicam um consumo de 1975 kcal/kg para o consumo de óleo combustível e de 1730 kcal/kg para o consumo de gás natural em um mesmo forno intermitente, que sofreu conversão. Este consumo elevado deve-se à elevada temperatura de queima, 1100 °C, ao tempo de glazura do material e às enormes perdas inerentes ao processo.

2. Características dos Fornos Estudados

O forno túnel estudado apresenta uma produção de 13.000 tijolos/dia, com a circulação de 26 vagonetes/dia no forno, com um total aproximado de 900 toneladas de produtos queimados/ mês. O forno possuía inicialmente um comprimento total de 80 metros, largura de 2,5 metros e altura de 2 metros. O combustível utilizado era a serragem, para a qual foram projetadas e construídas as fornalhas. Como é comum neste tipo de forno, três zonas podem ser identificadas: pré-aquecimento, queima e resfriamento. O comprimento destas zonas, o controle na circulação dos gases, a posição relativa de entrada e saída dos mesmos, a existência de recirculadores e outros detalhes construtivos são muito variáveis de forno para forno, mesmo que provenientes de um mesmo projeto e de um mesmo fabricante.

No caso abordado a zona de pré-aquecimento é relativamente extensa, com comprimento de 57 metros, possuindo paredes laterais duplas, entre as quais estão canais laterais por onde circulam gases de combustão. A razão deste longo comprimento é que o trecho compreendido entre a entrada do forno e o exaustor funciona como um secador incorporado ao forno, onde é retirada a umidade residual ainda presente no material após a secagem.

A zona de queima tem comprimento de 11 metros e paredes laterais simples, porém de maior espessura. Ao longo desta zona estão distribuídas 8 fornalhas, das quais somente 6 encontram-se em operação.

A zona de resfriamento era inicialmente curta, de 12 metros, possuindo paredes laterais idênticas às da zona anterior. Por ser curta, o resfriamento ocorria apenas parcialmente e as perdas térmicas através da energia associada à carga e às vagonetes, quando estas deixavam o forno, eram mais elevadas. Aumentou-se esta zona para 22 metros.

O forno intermitente estudado é conhecido como “paulistinha”. Trata-se de um forno de alvenaria, com espessura de parede de um metro, onde se localizam seis fornalhas regularmente espaçadas. Seu interior possui 6 metros de diâmetro e

sua altura varia de 1,3 metros na extremidade a 2,5 metros no centro, sendo seu teto – também conhecido como abóbada – em forma de calota. Neste tipo de fornos a tiragem dos gases provenientes da combustão é feita no piso através da redução de pressão causada por um exaustor ou uma chaminé. Os gases quentes acumulados na parte superior do forno são succionados, passando pelo interior da carga. Por este motivo, os fornos “paulistinhas” são classificados como de chama invertida.

O ciclo de queima deste forno tem duração média de 80 horas, sendo 32 horas de aquecimento e queima além das 48 horas de resfriamento. O processo de aquecimento é iniciado utilizando lenha como combustível. Após 6 horas passa a se utilizar óleo combustível, o que representa um grande inconveniente para o processo. O uso da lenha é justificado pela difícil queima do óleo a baixas temperaturas. Ao fim do aquecimento, que dura cerca de 24 horas, é feita a glasura do material. Este processo consiste na adição de sal e bórax nas fornalhas que conferirá um aspecto vitrificado às peças. O ciclo de queima também foi conduzido utilizando gás natural como combustível.

3. Simulação numérica

Para uma melhor compreensão do comportamento dos fornos com relação aos processos de trocas térmicas, foi desenvolvido um programa de simulação numérica em linguagem FORTRAN, para cada tipo de forno. Estes programas proporcionam a avaliação das perdas e ganhos das diversas partes constituintes, como também permitem avaliar a curva de temperatura da carga em diversos pontos. Na tabela 1 está apresentada a distribuição da energia térmica gerada pela queima do combustível para o forno intermitente; para a simulação do forno isolado utilizou-se uma camada de isolante sobre a abóbada e também na superfície interna da parede do forno. Com o isolamento pode-se notar um deslocamento da quantidade de energia utilizada no aquecimento da parede lateral para as outras partes do forno e principalmente para o aquecimento da carga (em termos percentuais). Como um forno intermitente trabalha em bateladas, a energia pode ser trabalhada em valores absolutos. Ainda na tabela 1 as perdas na abóbada foram bastante atenuadas, enquanto que as perdas pela chaminé aumentaram, em função do aumento do aquecimento dos gases do forno como um todo. Neste caso comparou-se o forno em operação com a mesma quantidade de combustível sendo queimada, o que resulta em temperaturas mais baixas para o caso do forno não isolado.

Tabela 1: Distribuição da energia térmica em um forno intermitente com gás natural.

Parcela de energia	Forno Isolado		Forno Não Isolado	
	Energia [J]	[%]	Energia [J]	[%]
Aquecimento da Carga	9,83E+11	34	8,21E+11	28
Aquecimento dos Gases do Forno	3,07E+09	0	2,55E+09	0
Aquecimento da Abóbada	2,60E+09	9	1,60E+11	5
Aquecimento da Parede Lateral	2,81E+11	10	5,71E+11	20
Aquecimento do Piso	1,64E+11	6	1,35E+11	5
Aquecimento dos Gases do Piso	1,62E+08	0	1,33E+08	0
Aquecimento dos Gases da Base	3,06E+11	10	2,52E+11	9
Aquecimento da Base	1,83E+08	0	1,51E+08	0
Total para Aquecimento da Carga e do Forno	2,00E+12	69	1,94E+12	67
Radiação na Abóbada	3,62E+09	0	5,86E+10	2
Convecção na Abóbada	1,24E+10	0	1,28E+11	4
Radiação na Superfície Externa da Parede	1,99E+09	0	1,38E+10	0
Convecção na Superfície Externa da Parede	3,52E+09	0	1,98E+10	1
Condução na Superfície Externa da Parede	7,68E+08	0	5,87E+08	0
Condução na Base do Solo	8,37E+09	0	6,98E+09	0
Perdas pela Chaminé	8,86E+11	30	7,46E+11	26
Total de Perdas	9,17E+11	31	9,74E+11	33
Produção de Energia pelo Combustível	2,91E+12	100	2,91E+12	100

Uma distribuição semelhante pode ser obtida para o forno túnel, a qual é demonstrada na tabela 2. Nesta pode-se observar que a energia térmica é representada em termos de fluxo por tratar-se de um forno contínuo, em regime permanente. Na tabela 2 encontram-se duas situações, que se diferenciam pelo isolamento e pelo combustível. A primeira situação demonstra como o forno encontrava-se no início dos trabalhos, queimando serragem e com pouco isolamento. Na segunda situação o forno foi envolvido por uma nova parede de tijolos com uma camada de cinzas de 8cm. Pode-se notar uma redução no consumo total de energia (4,2%). Esta pequena economia ocorreu em função do isolamento e do maior rendimento da queima, ocorrendo uma melhor redistribuição da energia térmica dentro do forno.

Tabela 2: Distribuição da energia térmica para um forno túnel.

Consumo de Energia no Forno	Serragem - não Isolado		Gás Natural - Isolado	
	[kWatts]	[%]	[kWatts]	[%]
Perdas por convecção pelas paredes laterais	107,6	15,6	101,26	15,3
Perdas por radiação pelas paredes laterais	50,8	7,4	45,66	6,9
Perdas por convecção pela abóbada	115,2	16,7	78,63	11,9
Perdas por radiação pela abóbada	66,4	9,6	37,71	5,7
Somatório das paredes e abóbada	340,0	49,3	263,26	39,8
Perdas por condução pelo piso	8,7	1,3	14,18	2,1
Perdas através dos gases das chaminés	83,1	12,1	127,04	19,2
Calor recuperado para o secador	52,8	7,7	41,07	6,2
Energia associada à carga na saída do forno	61,0	8,9	55,62	8,4
Energia das vagonetas na saída do forno	61,3	8,9	62,66	9,5
Energia das reações endotérmicas da carga	81,6	11,9	96,08	14,6
Consumo total de energia	688,5	100	659,9	100

A partir da análise destes resultados é que se pode implementar modificações em um forno, de forma a utilizar a energia térmica de forma mais racional. A ajuda da simulação também é importante no momento de regulagem do forno, uma vez que o programa indica as reações do mesmo antes de qualquer intervenção local, mesmo porque devido a sua grande inércia térmica, qualquer alteração na regulagem de um forno deste tipo requer pelo menos 24 horas para que uma nova posição de regime permanente venha a ser atingida.

4. Alterações nos fornos

No forno túnel optou-se por um isolamento, com o uso de uma camada de cinzas de casca de arroz, contida por uma parede externa, de tijolos aparentes. Para melhor recuperação do calor da carga na seção de resfriamento, o forno de 80m foi alongado em 10m. O consumo específico foi reduzido de 582 kcal/kg para 477 kcal/kg de material queimado, enquanto que a produção foi aumentada em 20%, após a instalação do gás natural.

Face aos baixos valores agregados aos produtos do forno túnel, decidiu-se dar seqüência aos trabalhos na Cerâmica Heinig, através de um novo projeto que contemplou todo o processo produtivo e também a área administrativa da cerâmica. Foi implantado um sistema de custos, um planejamento da produção, bem como as normas para a obtenção da certificação do processo e dos produtos. Um pequeno laboratório foi construído, reunindo equipamentos para ensaio das diversas argilas e misturas, face aos processos de extrusão, secagem e queima. Para os produtos acabados, instalou-se também equipamentos para avaliação da resistência mecânica e para a verificação das características geométricas e de absorção de umidade. Na parte de queima as fornalhas foram modificadas, sendo inseridas na própria parede do forno, com o número de queimadores passando de 6 para 10, aumentando-se a produção em mais 25%. Foram inseridos o sistema de resfriamento rápido, as calhas de areia e novos carros. Na área de secagem foi feita a expansão do secador, o seu monitoramento, bem como mudanças na forma de distribuição interna do fluxo de ar de secagem, proveniente da zona de resfriamento do forno. Um programa de simulação, em linguagem Fortran, também foi desenvolvido, como forma de aprimorar o entendimento do problema e de antever o comportamento do conjunto face às mudanças de regulagens que fossem implantadas.

Como exemplo, na figura 1 tem-se a simulação do comportamento do forno túnel, em relação à variação da quantidade de ar injetada na região de resfriamento. Um aumento desta indica o deslocamento do perfil de temperatura do forno para a direita, ocasionando um aquecimento da zona de pré-aquecimento. Para o estudo deste parâmetro todos os outros permaneceram inalterados, e valores experimentais da temperatura dos gases no interior do túnel do forno, coletados em sua lateral, foram adicionados na figura 1, formando um guia para comparação. Desta forma outros parâmetros podem ser estudados como, por exemplo, o excesso de ar nos queimadores, aumento ou diminuição da tiragem, injeção ou retirada de massa de gases dentro do forno. A produção também pode ser aumentada, demonstrando qual o efeito sobre a curva de queima, com ou sem a alteração do volume de combustível empregado.

No forno intermitente várias queimas foram acompanhadas com o uso de óleo combustível e depois com gás natural. Algumas modificações também foram implementadas, como o isolamento externo da abóbada. Neste caso o consumo específico passou de 2000 kcal/kg para 1748 kcal/kg e houve uma melhoria da qualidade, resultando em um aumento de 13% na arrecadação por forno. Apesar da redução obtida, o consumo continuou bastante elevado, característico deste tipo de forno. Outra dificuldade encontrada foi o grande diferencial de temperatura entre o topo e a base da carga, superior a 300°C no início da queima, sendo reduzido para 50 °C, no final desta fase, após um certo tempo de estabilização. Na figura 2 podem ser vistos os perfis de temperatura medidos e simulados. Devido ao elevado consumo de energia, a dificuldade de controle do processo, o uso de um grande volume de sais para a glasura, bem como a necessidade de início da queima com lenha, este tipo de forno começa a ceder espaço para fornos mais modernos como os fornos túneis. Entretanto estes últimos não permitem o processo de glasura, restando aos fornos intermitentes um papel marginal, na confecção de produtos bastante específicos, quase artesanais.

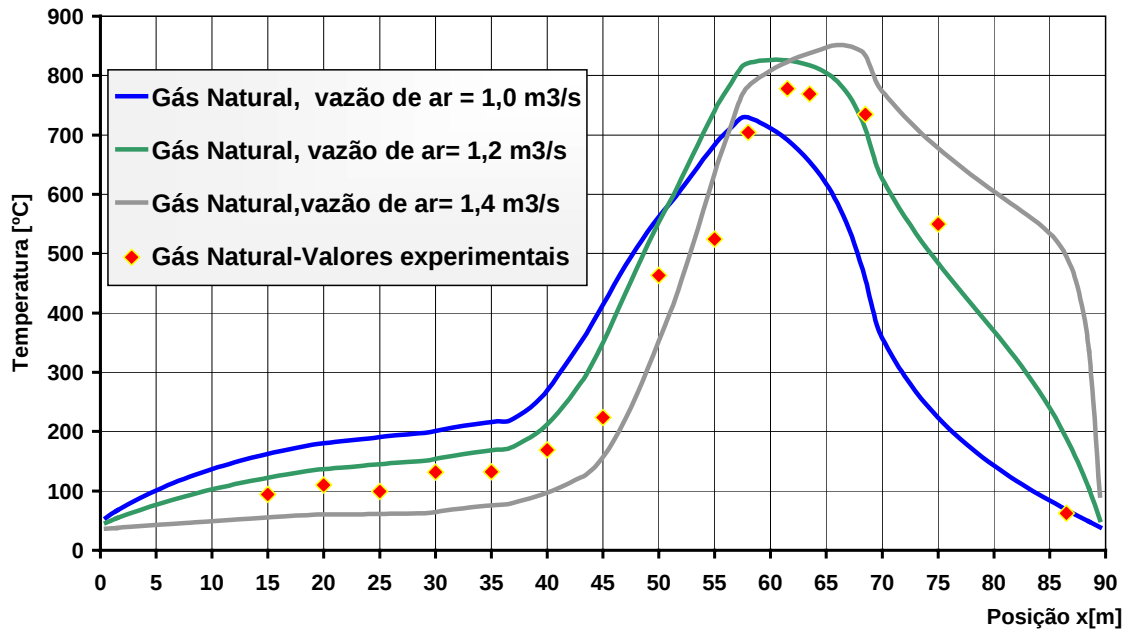


Figura 1: Comparação entre medição e simulação para forno túnel.

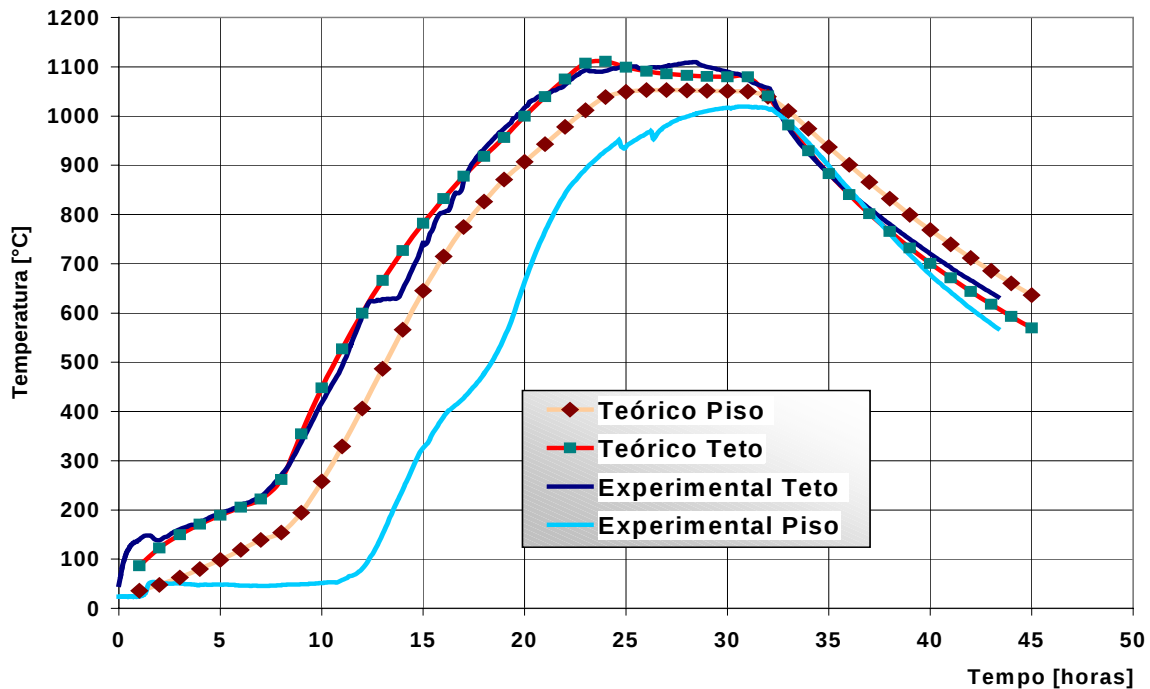


Figura 2: Comparação entre medição e simulação para forno intermitente.

Dentro do mesmo escopo do projeto, um novo forno túnel foi desenvolvido e em fase final de construção, na Cerâmica Forgiarini, em Criciúma-SC, com o objetivo de substituir os fornos intermitentes na produção de pisos extrudados naturais. Como combustível usará a serragem na região de pré-queima e gás natural na região de queima. O uso de dois combustíveis tem como objetivo reduzir os custos do processo, usando uma biomassa para elevar a temperatura do material e o gás natural, para o controle intermediário e final da queima. Trata-se de um forno de porte médio, com possibilidades de aplicação em diversas empresas da região.

Todo o processo de conversão e a construção do novo forno estão sendo acompanhados do desenvolvimento de softwares de simulação, que permitem prever os perfis de temperatura, bem como a destinação de toda a energia originária da queima do combustível, com a avaliação das perdas térmicas nos fornos, as parcelas conduzidas ao secador e ao pré-aquecimento, as parcelas residuais na carga e nas vagonetas, bem como o consumo de energia das reações químicas da carga. Os valores para o novo forno podem ser vistos na tabela 3, seguinte. Neste caso o forno possui apenas 63 m de comprimento, embora apresente um secador com mais 20 metros, que pode também ser visto como parte do forno, pois permite elevar bastante a temperatura dos produtos antes de ingressar no mesmo. Uma estufa também está prevista para a secagem dos produtos oriundos diretamente da extrusão.

Tabela 3: Distribuição da energia térmica para o forno túnel projetado.

Componente	Taxas [kWatts]	%
Vagonetas	0,193	0,02
Carga	23,48	2,89
Secador (gases da combustão)	457,5	56,30
Estufa (resfriamento da carga)	147,0	18,09
Gases da Base	21,53	2,65
Parede Esquerda	71,42	8,79
Parede Direita	71,42	8,79
Parede Superior	13,07	1,61
Condução na Base	2,68	0,33
Reações	4,30	0,53
Total	812,6	100,00
Produção: 25.200 kg de carga queimada/dia		
Consumo específico: 2.786 kJ/kg=666 kcal/kg-massa queimada		

5. Conclusão

Os resultados apresentados mostram a viabilidade técnica de se usar o gás natural em dois tipos de fornos, destinados inicialmente à queima de outros combustíveis. Logicamente pela facilidade de queima e manuseio, este resultado já era esperado. As medições mostram, entretanto, que a viabilidade econômica está ainda um pouco distante. Os fornos intermitentes devido ao seu alto consumo energético, associado às elevadas perdas térmicas, devem sofrer ainda uma série de modificações, para se aproximarem deste horizonte. Os fornos túneis, largamente usados nos países onde o setor de cerâmica vermelha está mais desenvolvido, são os fornos mais recomendados para o uso do gás natural, pelas suas características de funcionamento e pela sua maior economia de energia.

Apesar das dificuldades momentâneas todo o ferramental desenvolvido será de grande utilidade em aplicações subseqüentes, ligadas aos dois tipos de fornos. O setor tende a se modernizar, partindo para uma maior organização e para a qualificação de seus produtos. Um ponto bastante positivo é a implantação do selo de qualidade através do PBQP-H — Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade na Habitação, que representa um incentivo ao setor como um todo.

O trabalho tem mostrado que a simples troca de combustível não soluciona uma série de dificuldades encontradas nas empresas do setor. O processo deve ser acompanhado de diversas medidas, tanto técnicas como administrativas, de forma a melhorar o desempenho dessas empresas, sendo a troca de combustível um importante motivo para iniciar todo o processo. Constata-se também, através dos valores obtidos, um fato de amplo conhecimento: que o forno túnel deve ser recomendado na grande maioria dos casos, frente ao seu menor consumo energético, maior facilidade de controle e qualidade dos produtos obtidos. Também se trata de um agente de organização da produção, no sentido de que imprime um ritmo ao processo e disciplina a movimentação de materiais no interior da fábrica.

6. Agradecimentos

O presente artigo foi realizado com recursos de projetos de pesquisa, aprovados no âmbito da REDEGÁS – Rede de Excelência do Gás Natural, envolvendo as empresas parceiras: Petrobrás S.A., Transportadora do Gasoduto Bolívia-Brasil (TBG) e a Companhia de Gás de Santa Catarina (SCGÁS) e também como recursos da FINEP/MCT. Os autores Tales Gottlieb Jahn e Rafael Fernando Hartke são bolsistas do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor de Petróleo e Gás Natural- PRH09-ANP/MME/MCT.

Os autores agradecem ainda os proprietários e funcionários da Cerâmica Heinig, Brusque-SC, Cerâmica Solar, Forquilha-SC e Cerâmica Forgiarini, Criciúma-SC, onde os trabalhos foram ou estão sendo realizados.

7. Referências

- FACINCANI, T., Tecnologia Cerâmica: i Laterizi, *Gruppo Editoriale Faenza*, Itália, 1992.
- KAWAGUTI, W.M., Estudo do Comportamento Térmico de Fornos Intermitentes Utilizados na Indústria de Cerâmica Vermelha. UFSC, Pós-Graduação em Eng. Mecânica, 2004.
- LEHMKUHL, W.A. Análise Numérica e Experimental de um Secador Contínuo Utilizado na Indústria de Cerâmica Vermelha. UFSC, Pós-Graduação em Eng. Mecânica; 2004.
- NICOLAU, V.P., HARTKE R.F., JAHN, T.G, LEHMKUHL, W. A., Análise Numérica e Experimental de um Forno Intermitente para a Queima de Produtos Cerâmicos, *CONEM 2002*, João Pessoa – PB, artigo CPB0400, 10p, 2002.
- SANTOS, G.M., Estudo do Comportamento Térmico de um Forno Túnel Aplicado à Indústria de Cerâmica Vermelha, Dissertação de Mestrado, UFSC, Florianópolis – SC, Brasil, 104p, 2001.
- TAPIA R.S.E.C. E VILAR, S.C., Manual para a Indústria de Cerâmica Vermelha, Série Uso Eficiente de Energia, Ed. Sebrae, Rio de Janeiro, 2000, 94p.