

Análise da Conformidade de Blocos Cerâmicos Sinterizados em Fornos Intermitentes e Contínuos no Distrito Federal

Rosa Maria Sposto^{a*}, Elisandra Medeiros^{a*}, Danilo Toledo Ramos^{a*},

Leandro Naya^{a*}, Dirceu Medeiros de Moraes^{b*}

^a*Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília,*

Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70900-000, Brasília - DF, Brasil

^b*Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Roraima, Campus do Paricarana,*

693040-00, Boa Vista - RR, Brasil,

**e-mail: rmsposto@unb.br, dirceu@engcivil.ufrr.br*

Resumo: Este trabalho faz parte de um projeto realizado pela Universidade de Brasília em parceria com a FINEP e o Sinduscon-DF, e tem como objetivo principal a análise da conformidade de blocos cerâmicos queimados em fornos intermitentes e contínuos fornecidos para o Distrito Federal. Foram coletadas amostras de blocos cerâmicos nas quatro principais indústrias fornecedoras do mercado local que possuem diferentes tipos de fornos e realizaram-se alguns ensaios para a avaliação das características geométricas e a resistência à compressão destes blocos. Foi possível observar que as amostras do forno contínuo estão em maior conformidade com a norma de blocos cerâmicos, comparativamente às demais amostras, provenientes dos fornos intermitentes analisados, as quais não atingiram o nível mínimo necessário para estarem dentro dos padrões normativos. Além disto, foi constatada a impossibilidade da conformidade dos blocos queimados no forno intermitente em diferentes partes do forno, no que se refere aos requisitos exigidos no Programa Setorial da Qualidade de Blocos Cerâmicos - PSQ.

Palavras-chave: *bloco cerâmico, qualidade, forno intermitente, forno contínuo.*

1. Introdução e Objetivos

A qualidade dos blocos cerâmicos está intrinsecamente ligada à sua conformidade com relação às normas técnicas da ABNT para blocos¹, que estabelecem requisitos tais como: ausência de defeitos, uniformidade das dimensões e resistência mínima a compressão, dentre outros.

O Programa Setorial da Qualidade de Blocos cerâmicos - PSQ, do Programa Brasileiro da Qualidade e da Produtividade no Habitat - PBQP-H é um incentivo por meio do qual as indústrias cerâmicas podem buscar, além da conformidade de seus produtos às normas, maior visibilidade e competitividade no mercado. No âmbito deste programa, ainda não se tem um índice de conformidade de blocos apurado até o momento. Ainda, poucas indústrias nacionais estão cadastradas e possuem a certificação requerida pelo Sistema Brasileiro de Avaliação de Conformidade - SBAC. São exigidos três níveis para a certificação, segundo o PSQ:

- Nível 1 - Exigência da inscrição do fabricante (identificação), avaliação visual e das características geométricas (dimensional);
- Nível 2 - Exigência do nível 1 mais o índice de absorção e resistência à compressão; e
- Nível 3 - Certificação pelo SBAC.

Apesar do Sindicato das Indústrias Cerâmicas do Estado de Goiás (Sindiccer-GO) estar aderido ao PSQ, ainda não se tem na região nenhuma indústria cadastrada no PSQ.

Este artigo tem como objetivo a análise da conformidade do bloco cerâmico que abastece o mercado do Distrito Federal considerando-se a queima em diferentes tipos de fornos. Foram realizados estudos de casos em quatro indústrias cerâmicas que abastecem grande parte do mercado de Brasília, sendo que uma delas utiliza forno contínuo e as demais, fornos intermitentes para a queima de blocos. O bloco objeto de estudo comparativo deste trabalho é o de furo quadrado

de dimensões 9 x 19 x 19 cm, utilizado para alvenaria de vedação sem funções especiais.

2. Metodologia

A amostragem utilizada neste trabalho é constituída por quatro indústrias cerâmicas, denominadas por IC1, IC2, IC3 e IC4. A IC1 procede à queima do bloco com forno contínuo e é considerada *benchmark* no setor local. As demais indústrias (IC2, IC3 e IC4) realizam a queima com forno intermitente tipo chama invertida, sendo a IC2 e a IC3 as principais fornecedoras do DF. As características principais destas indústrias são apresentadas na Tabela 1.

Para a análise da conformidade dos blocos procedeu-se à verificação das suas características geométricas (medidas das faces) e mecânicas (resistência à compressão). Também foi realizado o monitoramento e a coleta de dados de temperaturas superiores e inferiores do forno intermitente da IC3, comparativamente ao forno contínuo da IC1. Além disto, foram também apresentados valores de resistência à compressão de blocos coletadas das partes superior, intermediária e inferior do forno da IC3, após a queima.

A análise da conformidade dos blocos foi realizada tendo como base os requisitos estabelecidos na norma de blocos¹ e os ensaios foram realizados de acordo com os métodos estabelecidos pela norma de blocos².

Para a análise da conformidade dos blocos foram considerados os seguintes requisitos:

- Características geométricas:
 - Medidas das faces: tendo-se como base as dimensões de 9 x 19 x 19 cm (dimensões efetivas mais utilizadas nos blocos de alvenaria de vedação no DF), correspondentes a Largura L, Altura H e Comprimento C; tolerância da medida individual de 0,5 e da média 0,3 cm.
- Características mecânicas:

- Resistência à compressão: resistência à compressão individual para blocos utilizados com furo na horizontal $\geq 1,5$ MPa.

Em relação ao monitoramento dos fornos para a coleta das temperaturas superior e inferior, foram selecionadas as indústrias IC3 (forno intermitente de chama invertida) e IC1 (forno contínuo).

Para a análise da resistência à compressão de blocos em diferentes pontos do forno intermitente da IC3, foram identificadas três faixas do forno: inferior, intermediária e superior.

3. Resultados e Discussão

3.1. Tipos de fornos

Os fornos para queima de blocos cerâmicos são classificados como intermitentes ou periódicos e contínuos. Os fornos intermitentes são os mais utilizados no Brasil e na região em estudo, em especial o forno tipo chama reversível.

3.1.1. Fornos intermitentes

O uso destes tipos de fornos ainda é muito comum na indústria de cerâmica vermelha brasileira. As suas principais vantagens são: a) necessidade de pouco espaço para instalação em comparação ao forno túnel; b) simplicidade em sua concepção e construção; c) baixo custo e facilidade de operação; d) maior flexibilidade da produção; e e) fácil manutenção e maior adaptação à variação do mercado (como por exemplo, a desativação de alguns fornos devido à menor demanda).

E as principais desvantagens: baixo rendimento térmico devido à grande perda de calor pelos gases de exaustão da chaminé e para aquecimento da estrutura do forno, aquecimento irregular, necessidade de vários operadores e pouca automação.

Os fornos intermitentes mais empregados pelas indústrias cerâmicas são os tipos: caieira ou de campanha; chama reversível; paulistinha e plataforma. Dentre estes, o mais utilizado é o de chama invertida^{3,4}.

3.1.1.1. Forno Intermitente tipo chama reversível

Este forno é muito utilizado por cerâmicas de pequeno e médio porte. Sua estrutura é constituída por uma abóbada fechada e piso de tijolos perfurados de modo a permitir a passagem dos gases de combustão para os dutos de tiragem. Na Figura 1 é apresentada uma vista de um destes fornos, utilizados pela IC3.

3.1.2. Fornos contínuos

Os fornos contínuos são aqueles onde o ciclo de queima é realizado sem interrupção, isto é, enquanto a queima dos blocos cerâmicos de uma vagoneta (carro transportador) chega ao final, outra está sendo iniciada, sem descontinuidade.

Os tipos de fornos contínuos utilizados na indústria de cerâmica vermelha são: forno hoffman de galeria longitudinal, forno hoffman de galeria transversal, forno túnel convencional; forno túnel de queima rápida e forno a rolos. Dentre estes, o mais utilizado é o forno túnel convencional⁵.

3.1.2.1. Forno contínuo tipo túnel convencional

O forno contínuo tipo túnel foi inventado em 1877 e de acordo com a literatura^{5,6,7}, é o equipamento térmico mais utilizado pelas grandes indústrias de cerâmica vermelha por apresentar maior capacidade produtiva e melhor rendimento energético. Como o próprio nome indica, é constituído por um túnel, subdividido em três zonas: zona de preaquecimento (resquente), zona de queima e zona de resfriamento, havendo o aproveitamento de calor de uma zona para outra. Os blocos são colocados sobre vagonetas, que se movem sobre trilhos, ao longo do comprimento do túnel, empurrado por meio de um sistema hidráulico automático.

As principais vantagens dos fornos contínuos, comparado aos intermitentes ou periódicos, são: a) maior produtividade; b) menor consumo de combustível; c) possível controle e aproveitamento dos gases de exaustão; d) uniformidade da cozedura; e) grande economia em mão-de-obra; f) menor manuseio do produto cerâmico; e g) maior facilidade de automação da produção^{5,6}. O forno contínuo tipo túnel é mostrado na Figura 2.

3.2. Tipos de fornos mais utilizados nos Estados de Goiás e no Distrito Federal

Os tipos de fornos utilizados em 90,83% das indústrias cerâmicas do Estado de Goiás e do Distrito Federal são intermitentes ou periódicos, incluindo os fornos paulistinha ou abóbada, chama



Figura 1. Vista do forno intermitente de chama invertida da IC3.



Figura 2. Vista do forno tipo contínuo tipo túnel da IC1; detalhe da vagoneta na saída da zona de resfriamento.

Tabela 1. Dados de número de funcionários, tipo de forno, combustível e produção mensal das indústrias IC1, IC2, IC3 e IC4.

Empresa	Local	Nº funcionários	Tipo forno	Combustível queima	Produção mensal
IC1	GO	38	Contínuo	-Lenha	750.000
IC2	GO	85	Intermitente	-Lenha	1.400.000
IC3	GO	62	Intermitente	-Lenha	1.000.000
IC4	GO	23	Intermitente	-Lenha	600.000

reversível e caieira e em 9,17% são contínuos, incluindo os fornos túnel e Hoffman⁸, conforme apresentado na Figura 3.

3.3. A Conformidade dos blocos para as dimensões efetivas e para a resistência a compressão

Para as dimensões efetivas, apenas as amostras das indústrias IC1 e IC4 apresentaram conformidade com a norma de bloco, que estabelece dimensões de 9 x 19 x 19 cm para blocos sem funções especiais. Observou-se nas indústrias IC2 e IC3, a prática da produção de blocos com dimensões próximas de 10 X 20 X 20 cm. Na Tabela 2 podem ser verificados os valores encontrados para as dimensões das cinco indústrias.

Quanto à resistência à compressão, observou-se que todas as empresas foram reprovadas, já que apresentaram valores individuais de resistência à compressão menores que 1,5 MPa, valor estabelecido na norma¹. Na Tabela 3 são apresentados os valores obtidos para as

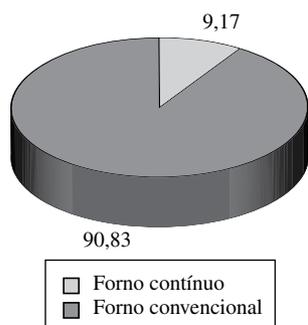


Figura 3. Distribuição percentual dos tipos de fornos utilizados nas indústrias cerâmicas do Estado de Goiás e do Distrito Federal.

Tabela 2. Médias dos valores obtidos para as dimensões de blocos nas IC1, IC2, IC3 e IC4.

Cerâmica	Dimensões médias (mm)		
	Largura	Altura	Comprimento
IC1	90	192	190
IC2	99	193	202
IC3	103	199	202
IC4	89,5	189,9	189,6

Critério aprovação - tolerância média de 5 mm¹.

Tabela 3. Valores de Resistência à Compressão (Rc) dos blocos das empresas IC1, IC2, IC3 e IC4, obtidos por amostragem simples em 13 corpos de prova (CP).

Rc	IC1	IC2	IC3	IC4
CP1	1,6	2,3	1,0	1,8
CP2	1,6	0,5	2,0	1,4
CP3	1,5	0,8	1,3	1,2
CP4	1,5	0,8	1,9	1,9
CP5	1,7	0,6	0,8	1,9
CP6	1,7	1,5	1,1	1,1
CP7	1,5	0,5	2,0	1,3
CP8	1,6	1,6	1,8	1,9
CP9	1,9	1,6	1,6	1,5
CP10	1,3	0,3	1,3	1,5
CP11	1,9	0,4	1,5	1,4
CP12	1,4	0,5	1,6	1,7
CP13	1,7	0,5	1,7	1,8
Rc Média	1,6	0,9	1,5	1,6
Desvio padrão	0,17	0,62	0,39	0,28
Coefficiente variação	10,62	68,05	25,61	17,91%
Nº de blocos com Rci < 1,5 MPa	2	9	5	5

OBS: Rci > 1,5 MPa¹.

amostras das quatro indústrias. Observa-se que os blocos da indústria IC2 apresentaram valores e média muito baixa para a resistência a compressão; em trabalho anterior⁹, já havia sido apresentado um diagnóstico dos principais problemas desta indústria, dentre os quais sazonalidade inadequado; fica um alerta para o risco de alvenarias construídas com estes componentes. Dentre as amostras analisadas, observou-se que a IC1 (queima com forno túnel) foi a que apresentou o menor desvio padrão e coeficiente de variação, indicando uma queima mais uniforme que as demais (IC2, IC3 e IC4).

3.4. Variação de temperaturas de queima em fornos intermitentes e contínuos

Por meio de monitoramento realizado no forno intermitente da indústria IC3, pôde ser observada uma diferença grande de temperatura no seu interior. Na Figura 4 é apresentada uma vista do indicador digital de temperatura do forno indicando a diferença de temperatura na parte superior e na parte inferior do forno (964 e 212 °C, respectivamente).

As curvas de temperaturas apresentadas na Figura 5 indicam a diferença de temperatura das partes superiores e inferiores do forno.

Ainda, foram tomadas outras amostras de blocos da IC3, após esta indústria implantar algumas melhorias no seu processo de produção, visando o alcance da conformidade nas dimensões e na resistência à compressão. Mesmo após algumas melhorias introduzidas, os valores obtidos para a resistência à compressão de blocos em diferentes pontos deste tipo de forno apontam a impossibilidade do alcance da conformidade, conforme pode ser visualizado na Figura 6.

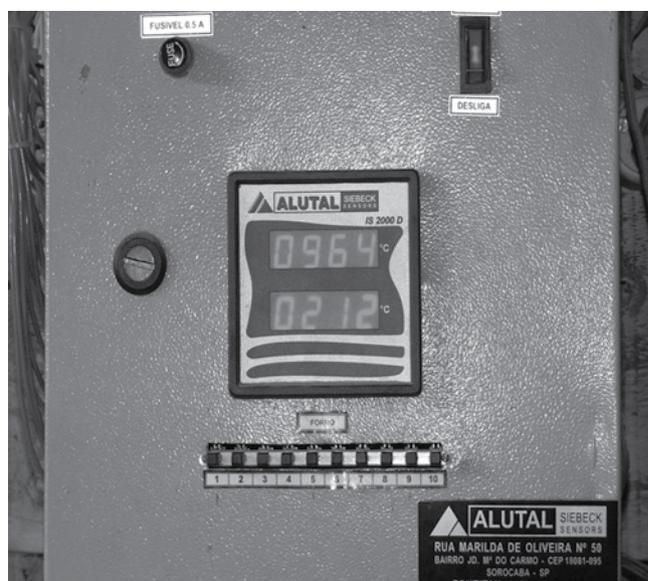


Figura 4. Indicador digital de temperatura do forno intermitente da IC3 registrando as temperaturas de queima na parte superior e inferior do forno.

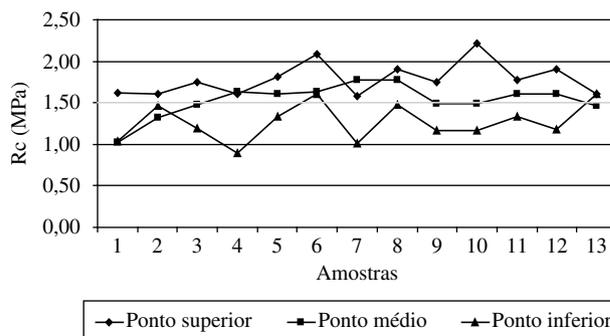


Figura 5. Temperaturas das partes superior e inferior do forno da indústria IC3.

Já no forno contínuo, há maior conformidade dos blocos quanto aos requisitos da norma, devido à maior homogeneidade da temperatura mantida no forno, conforme demonstrado na Figura 7. Apesar disto, observou-se no caso da IC1 a prática de temperaturas de queima abaixo do recomendado para a argila utilizada por esta indústria (argila com predominância de caulinita, que necessita de temperatura mínima de queima de 1200 °C¹⁰).

4. Considerações Finais

Neste trabalho foi possível verificar a não conformidade dos blocos das indústrias analisadas no que se refere à resistência à compressão. É interessante observar que a conformidade dos blocos cerâmicos é impraticável nos fornos intermitentes de chama invertida

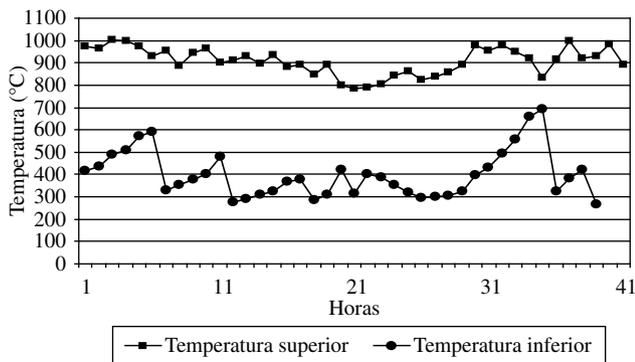


Figura 6. Resistência dos blocos em diferentes pontos do forno intermitente da IC3.

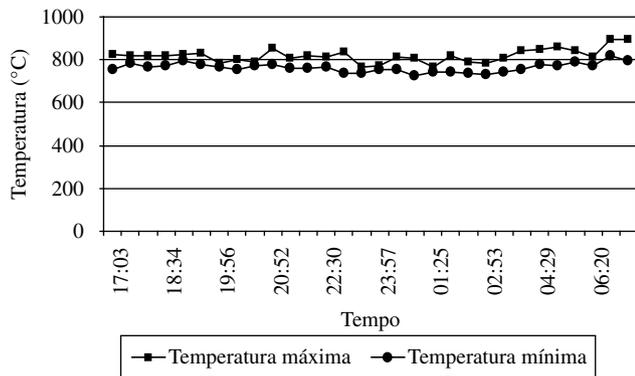


Figura 7. Temperaturas medidas nas partes superior e inferior do forno da indústria IC1.

analisados, já que as temperaturas de queima são diferentes na parte superior e inferior dos fornos.

Algumas destas indústrias vêm participando de um programa de melhoria na produção de blocos, podendo ser citada a IC1, que implantou recentemente um sistema de gestão da qualidade, e a IC3, que apesar do uso do forno intermitente, procedeu à instalação de termopares para controle da temperatura de seus fornos, adequou as sua boquilhas às dimensões padronizadas da norma de blocos.

Observou-se a dificuldade de participação no Programa Setorial da Qualidade de blocos cerâmicos das indústrias que utilizam o forno intermitente, já que este não possibilita o atendimento dos requisitos exigidos para o nível 2 (no que se refere à conformidade na resistência à compressão).

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 15.270: Componentes Cerâmicos, parte 1 Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Especificação. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. NBR 15.270: Componentes Cerâmicos, parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação. Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.
- Henriques JR.; Schwob, M. F.; Ferreira JR, J. A. **Manual de conservação de energia na indústria cerâmica vermelha**. INT/ MCT/ SEBRAE, INT - Instituto Nacional de Tecnologia, R. J., 1993.
- Wittner, E (GTZ); Faria, R.W. (SEBRAE/RJ) (Coords). **Conservação de energia: Estudos setoriais, aspectos econômicos e tecnológicos. Projeto: Conservação de energia nas pequenas e médias indústrias do Estado do Rio de Janeiro: Setor de Cerâmica Vermelha**. Relatório Final. RJ., SEBRAE/RJ, 1997.
- Santos, G. M. **Estudo do comportamento térmico de um forno túnel aplicado à indústria de cerâmica vermelha**. 2001. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFSC, Florianópolis, 2001.
- Tomazetti, R. R. **Análise da produção de cerâmica vermelha da região Central do Estado do Rio Grande do Sul**. Santa Maria. 2003. 190 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – UFSM. 2003.
- Norton, F. H. **Introdução à tecnologia cerâmica**. Tradução de Jeferson Vieira de Souza. v. 1, 1. ed., São Paulo: Edgard Blucher, 1973. 324p.
- Medeiros, E. N. M.; Sposto, R. M. Caracterização das indústrias de cerâmica vermelha no estado de Goiás e no DF para implantação de um sistema integrado de gestão da qualidade e ambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE, 4.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 1.; 2005, Porto Alegre, **Anais...** Porto Alegre: SIBRAGEQ, 2005. CD ROOM.
- Sposto, R. M.; Moraes, D. M de. A qualidade do processo de produção de blocos cerâmicos fornecidos para o Distrito Federal. **Cerâmica Industrial**, São Carlos, v. 12, n. 3, p. 42-46, 2007.
- Moraes, D. M.; Sposto, R. M. Propriedades Tecnológicas e Mineralógicas das Argilas e suas Influências na Qualidade de Blocos Cerâmicos de Vedação que Abastecem o Mercado do Distrito Federal. **Cerâmica Industrial**, São Carlos, v. 11, n. 5, p. 35-38, 2006.