

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

SECAGEM DE COMPENSADOR CERÂMICO INDUSTRIAL: UMA INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL

Kaio Farias de Moraes, kaiofariasdemoraes@gmail.com¹

Raimundo Nonato Calazans Duarte, raimundo.duarte@ufcg.edu.br¹

Anderson Melchades Vasconcelos Silva, andersonmelch@gmail.com¹

Veralúcia Severina da Silva, veralucia.silva84@yahoo.com.br¹

Morgana de Vasconcellos Araújo, morganamva@gmail.com¹

Antonio Gilson Barbosa de Lima, antonio.gilson@ufcg.edu.br¹

¹Universidade Federal de Campina Grande, R. Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó, Campina Grande – PB, 58429-900

Resumo: A secagem é um processo termodinâmico de transferência de calor e massa, com variações dimensionais. A conformação de uma peça cerâmica compreende a: moldagem, laminação, secagem e queima. Materiais cerâmicos quando expostos a secagem sem controle podem sofrer rachaduras e deformações, reduzindo a sua qualidade pós-secagem. Assim, este trabalho teve como objetivo estudar a secagem de sólidos cerâmicos industriais (compensador). Foram realizados experimentos de secagem nas temperaturas 50 e 90 °C. Resultados cinéticos do aquecimento, perda de massa e variação dimensional do material são apresentados e analisados. Verificou-se que a secagem a baixa temperatura favorece a redução de problemas no material pós-secagem e melhoramento na qualidade final.

Palavras-chave: secagem, compensador, argila, calor, variação dimensional

1. INTRODUÇÃO

Segundo a APEX-BRASIL (2013), o Brasil é o quinto maior exportador de revestimentos cerâmicos do mundo e a indústria brasileira vende seus produtos para 113 países, tendo como destinos principais América do Sul, América Central, América do Norte e Caribe. Em 2012, as exportações brasileiras de revestimentos cerâmicos geraram uma receita de 270 milhões de dólares, totalizando 58,8 milhões de metros quadrados destinados ao mercado externo, cerca de 7% da produção nacional.

Nos últimos anos, a procura pelo produto brasileiro praticamente dobrou em alguns países do continente mesmo enfrentando momentos de turbulência econômica mundial, o setor ceramista brasileiro realizou excelentes negócios no mercado asiático. Nos últimos oito anos, o volume de exportações para países importantes do continente, como Coreia do Sul, Emirados Árabes Unidos e Arábia Saudita, aumentou em mais de 100% (ANFACER, 2014).

Os materiais cerâmicos são compostos por materiais inorgânicos, elementos metálicos e não metálicos e são obtidos, geralmente, após tratamento térmico em temperaturas elevadas. Tais materiais abrangem variedades como vidro, tijolo, pedras, concretos, abrasivos, vernizes e esmaltes para porcelana. Alguns exemplos que podem ser citados variam desde a alumina (Al_2O_3) até os vidros inorgânicos, incluindo produtos da argila até os materiais piezelétricos, sendo estes os mais sofisticados. As características dielétricas, semicondutoras e magnéticas de determinados materiais cerâmicos são de grande valia para dispositivos de circuitos eletrônicos (Dias, 2013).

Do ponto de vista industrial, a operação de secagem é uma das etapas mais delicadas e importantes de toda a cadeia produtiva ceramista. A esta operação encontram-se associadas diversas perdas de massa e variações das dimensões do corpo cerâmico. É comum nesta etapa ocorrerem defeitos de secagem nas peças e que são perceptíveis somente após queima. A ocorrência de gradientes térmicos e de umidade durante o processo de eliminação de água pode ocasionar tensões térmicas e hídricas geradoras de defeitos nos produtos, como deformações e fissuras, podendo vir a inutilizar ou reduzir a qualidade do produto. A umidade é responsável pela plasticidade do material na sua etapa de conformação. Porém, para o restante do processo a umidade é prejudicial, pois a peça após a conformação não pode ser bruscamente aquecida até a temperatura de queima sem correr o risco de partir-se. Isso resulta da umidade contida na peça (Mota Neto, 2008). Assim, a compreensão dos mecanismos envolvidos na secagem permite, por exemplo, uma melhor compreensão dos defeitos e da forma de como evitá-los (Oliveira et al., 2010).

O processo de secagem envolve, simultaneamente, a transferência de calor e de massa com o objetivo de remover grande parte da água presente no material poroso por meio de seu transporte e evaporação em um meio gasoso insaturado que o envolve. Durante a secagem é necessário um fornecimento de calor para evaporar a umidade do material e também deve haver um sorvedor de umidade para remover o vapor d'água, formado a partir da superfície do material a ser seco. Este processo, de fornecimento de calor da fonte quente para o material úmido que promoverá a evaporação da água do material e em seguida a transferência de massa arrastará o vapor formado (Park et al., 2007).

A etapa de secagem tem uma importância relevante no processo de fabricação dos materiais cerâmicos, uma vez que a taxa de secagem rápida provoca variações de maior volume das peças que podem gerar rachaduras e fissuras no material especialmente em peças de grandes dimensões (Lehmkuhl, 2004; Lucena, 2005; Almeida, 2009; Silva, 2009; Silva et al., 2011; Silva et al., 2012; Almeida et al., 2013; Lima, 2014; Almeida et al., 2014; Lima et al., 2015; Silva et al., 2016).

Do exposto, devido à importância, este trabalho tem como objetivo estudar a secagem de compensadores cerâmicos industriais e seu efeito na qualidade do produto pós secagem..

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados na pesquisa foram doados pela indústria Cincera do município de Santa Rita-PB, Brasil, onde utilizam a argila vermelha como matéria prima, para produção de tijolos e telhas.

Os ensaios de caracterização da argila foram realizados no Laboratório de Tecnologia dos Matérias, da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais, da Universidade Federal de Campina Grande, enquanto que os experimentos de secagem foram realizados no Laboratório Experimental de Térmicas e Fluidos, da Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica, da mesma universidade.

2.1. Análise Química e Minerológica da Argila

Inicialmente a argila foi secada em uma estufa de circulação forçada de ar, a uma temperatura de 100 °C num tempo de 24 horas, até ser totalmente desidratada. Em seguida a argila seca foi desintegrada no moinho de martelo, peneirada em malha nº 200 e caracterizada, em termos de composição química e mineralógica, comportamento térmico e diferencial e distribuição de tamanho de partícula.

2.2. Análise Granulométrica da Argila

Para realização da caracterização granulométrica, foi realizado um ensaio por difração a laser de acordo com as instruções operacionais do granulômetro Cilas 1064 LD (2007). A amostra foi passada em peneira ABNT nº 200 e dispersa em 150 ml de água destilada com o defloculante hexametáfosfato de sódio na proporção indicada pela norma ABNT (1984). A preparação da dispersão foi realizada em agitador Hamilton Beach N5000 à velocidade de rotação de 17.000 rpm por 20 min. Em seguida, esta dispersão foi submetida ao repouso por 24 horas; após este período a dispersão foi novamente agitada por 5 min e colocada no equipamento CILAS modelo 1064, em modo úmido, até atingir a concentração ideal que é de 150 unidades de difração/área de incidência.

A análise granulométrica por difração de laser utiliza o método de dispersão de partículas em fase líquida associado com um processo de medida óptica através de difração a laser. Neste método, é combinada a relação proporcional entre a difração do laser e a concentração e tamanho de partículas.

A análise por difração de Raios-X da amostra, na forma seca, foi realizada em equipamento XRD 6000 da Shimadzu. A radiação utilizada foi $K\alpha$ do Cu (cobre) (40 kV/30 mA); a velocidade do goniômetro foi de 2 °/min e passo de 0,02 °.

2.3. Secagem dos Corpos de Prova de Argila (Compensador Industrial)

Na Figura 1 está apresentado o corpo de prova (compensador industrial) usado nos experimentos de secagem e na Figura 2 está apresentado o esquema para o produto comercial.

Os corpos de prova foram secados em diferentes temperaturas e umidades relativas do ar colocados em uma estufa com circulação de ar forçada. Em cada experimento, os corpos de prova foram pesados e suas dimensões e temperatura foram medidas inicialmente. Após isto, foram colocadas na estufa e, em intervalos regulares de 5 minutos, depois de 10 minutos, de 30 minutos, e finalmente em intervalos de 60 minutos, mediu-se sua massa até o peso da amostra apresentasse um valor constante.

Para obter o valor da umidade de equilíbrio a amostra ficou submetida a mesma temperatura do experimento durante um período de 24 horas e para a umidade em base seca a amostra teve que ficar por mais 24 horas dentro da estufa com temperatura de 105 °C. As Tabelas 1 e 2 mostram os dados dos tijolos e as condições de secagem determinadas para o estudo, onde M_0 representa o teor de umidade inicial, M_f é o teor de umidade final, M_e o teor de umidade de equilíbrio, A, L e C representam, respectivamente, a altura, largura e comprimento do tijolo. Os valores de θ_0 e θ_f representam, respectivamente, as temperaturas inicial e final do corpo de prova, “t” diz respeito ao tempo da secagem, e “b.s” significa base seca (kg de água / kg de matéria seca).

Tabela 1. Parâmetros experimentais do ar e tijolo para cada teste de secagem.

Teste	Ar		Tijolo				t (h)
	UR (%)	T (°C)	Mo (b.s)	Me (b.s)	θ_0 (°C)	θ_f (°C)	
1	20,31	50	0,17226	0,00298	28,5	48,1	14,5
2	3,23	90	0,17384	0,00303	27	82,6	10,5

Tabela 2. Parâmetros experimentais do ar e do tijolo cerâmico vazado antes da secagem. (t = 0).

Teste	Ar		Tijolo								
	UR(%)	T(°C)	A (Altura)	L (Largura)	C (Comprimento)	$\overline{Af1}$	$\overline{Lf1}$	$\overline{Af2}$	$\overline{Lf2}$	$\overline{Af3}$	$\overline{Lf3}$
			(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	20,31	50	90,93	112,83	198	16,89	24,91	25,32	24,16	74,05	15,5
2	3,23	100	89,75	108,40	199	17,83	25,23	25,59	24,69	73,69	16,66

Na tabela 2, por exemplo, o código $\overline{Af1}$ representa altura do furo 1 do corpo de prova. (Figura 2)

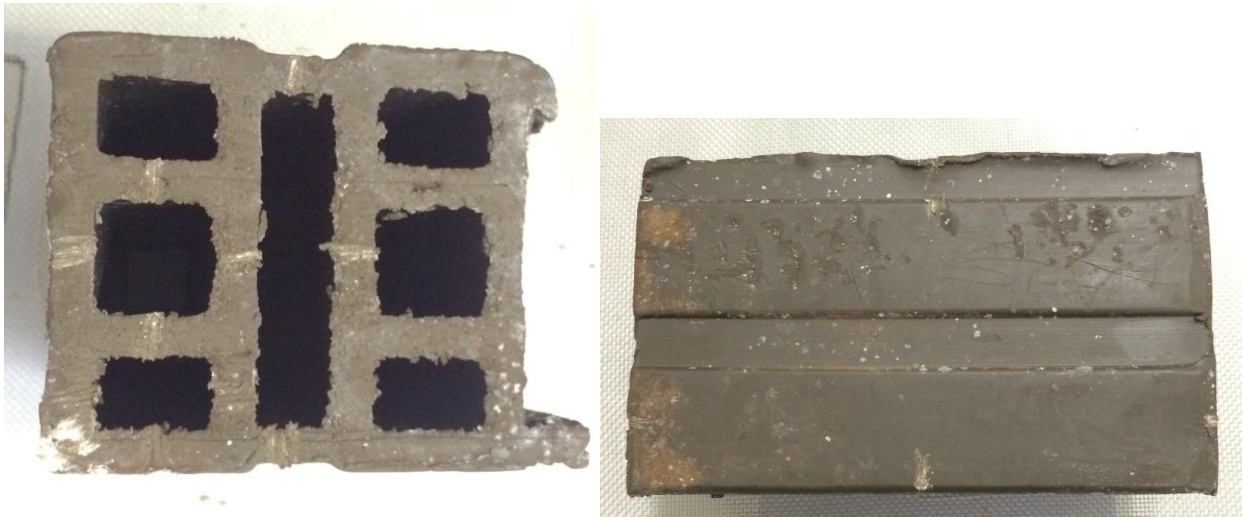


Figura 1. Foto de um compensador cerâmico industrial

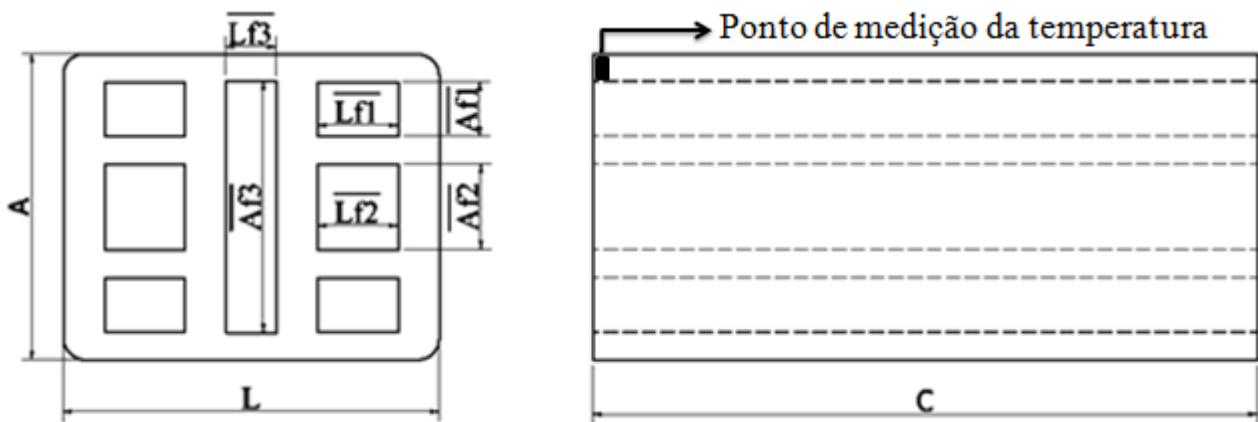


Figura 2. Esquemática do compensador cerâmico industrial.

Devido ao formato geométrico do compensador, e baseando-se na Figura 2, pode-se calcular-se o volume do produto em qualquer instante do processo, como segue:

$$V = \{A_x L - [4(\overline{Af1} \times \overline{Lf1}) + 2(\overline{Af2} \times \overline{Lf2}) + (\overline{Af3} \times \overline{Lf3})]\} X C \quad (1)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização da Argila

Na Tabela 3 está apresentada a composição química da argila utilizada na confecção dos corpos de prova. A Figura 3 ilustra o difratograma da argila usada na confecção dos produtos industriais:

Tabela 3. Composição química da matéria prima, em percentagem.

Substâncias (%)														
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	CaO	TiO ₂	BaO	SO ₃	MnO	P ₂ O ₅	SrO	Rb ₂ O	ZnO	C
57,533	23,426	8,887	3,211	2,653	2,327	1,126	0,338	0,222	0,136	0,070	0,040	0,016	0,014	0,000

Observando o resultado da composição química da argila, pode-se verificar que as substâncias predominantes são a sílica (SiO₂), com 57,533 %, proveniente dos minerais argilosos e da sílica livre, o óxido de alumínio ou alumina (Al₂O₃), com 23,426 %, proveniente dos argilominerais caulinita e mica, e o óxido de ferro (Fe₂O₃), com 8,887 %, o que determina a coloração vermelha na argila após sua queima. Essa coloração característica das argilas vermelhas é determinada pela quantidade de ferro presente na mesma.

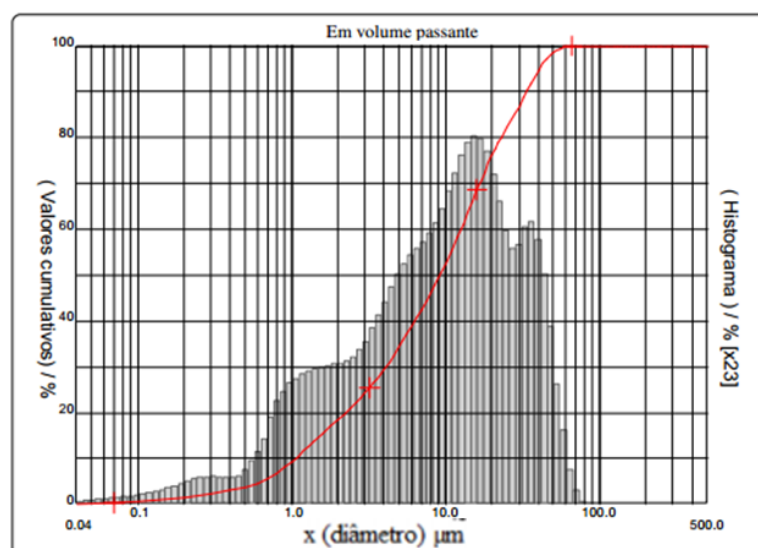


Figura 3. Curva de distribuição do tamanho da partícula de argila

3.2. Cinética de Secagem e Aquecimento

Para analisar os efeitos da cinética de secagem foram feitos experimentos com diferentes temperaturas do ar de secagem, observando a perda do teor de umidade e aquecimento do tijolo em função do tempo. As Figuras 4 e 5 ilustram o perfil de temperatura e teor de umidade, ambos na forma adimensional ao longo do processo de secagem. Verifica-se que a perda de umidade ocorre de forma mais lenta comparada ao seu aquecimento. Pode-se ver que a temperatura do ar de secagem tem uma forte influência na taxa de variação de umidade, ou seja, quanto maior for a temperatura maior será a perda de umidade e menor será o tempo total da secagem até o compensador cerâmico(tijolo) atingir a condição de umidade de equilíbrio. Temperaturas muito elevadas podem ter efeitos negativos na secagem. Como a temperatura na parede do tijolo é maior do que a temperatura no interior deste, pode-se gerar elevadas tensões no interior do tijolo, dando espaço a aparição de trincas, rachaduras e deformações. Esses defeitos, gerados pelos gradientes de umidade e temperatura provocam tensões trativas e compressivas, não aceitáveis, que reduzem drasticamente a qualidade do produto no final do processo. Ainda com relação as Figuras 4 e 5, verifica-se que a taxa de aquecimento do sólido é mais intensa em temperaturas mais elevadas, devido a maior diferença entre as temperaturas iniciais do tijolo e do ar de secagem.

A forma do compensador industrial também influencia na cinética de secagem. Sendo ele vazado, o ar de secagem pode ter uma melhor circulação em seu interior e a migração de água do interior para a superfície será mais rápida.

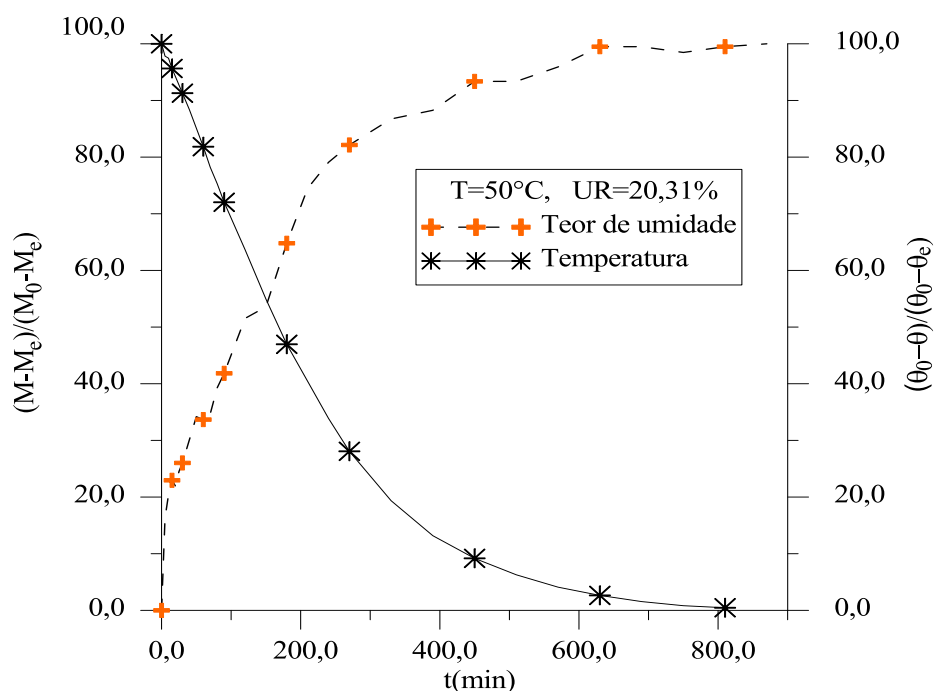


Figura 4. Variação do teor de umidade médio adimensional e da temperatura superficial adimensional no vértice da amostra durante a secagem a 50 °C.

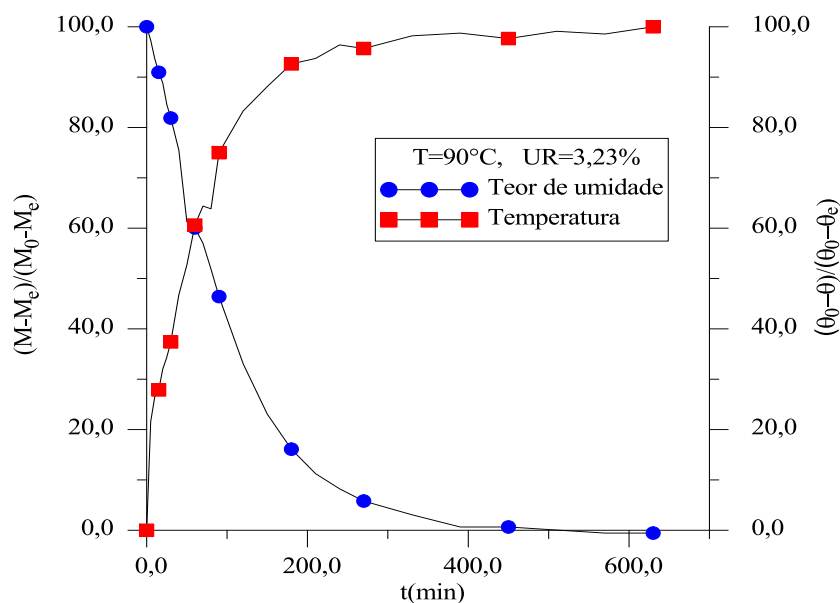


Figura 5. Variação do teor de umidade médio adimensional e da temperatura superficial adimensional no vértice da amostra durante a secagem a 90 °C.

As Figuras 6 e 7 ilustram a retração volumétrica sofrida pelo tijolo em relação ao seu volume inicial, por conta da perda de umidade e o aquecimento no processo de secagem. Pode-se observar a não uniformidade na retração volumétrica, por conta do processo de dilatação e contração no tijolo. Na temperatura de 50 °C, a retração é mais uniforme, e a dilatação é menos brusca, pelo fato da secagem ser mais lenta, diferentemente do que ocorre na de 90 °C. Até os primeiros 100 minutos, a variação volumétrica é muito grande, tendendo ao equilíbrio para tempos posteriores. Esta variação foi de $\approx 16\%$ na secagem a 50 °C ($M_0 = 17,22\%$) e de $\approx 9\%$ na secagem a 90 °C ($M_0 = 17,38\%$). A Tabela 4 resume as dimensões do compensador industrial no final do processo.

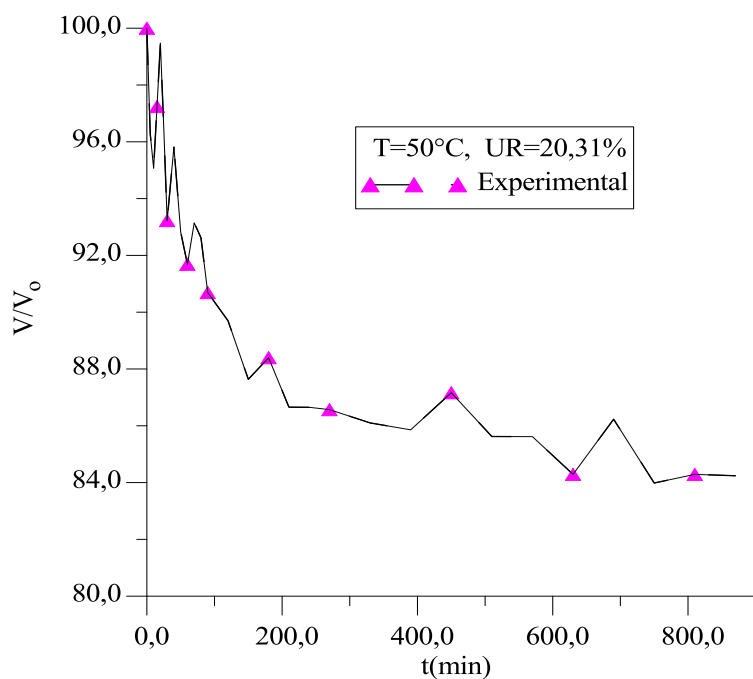


Figura 6. Variação do volume adimensional da amostra durante a secagem à 50 °C.

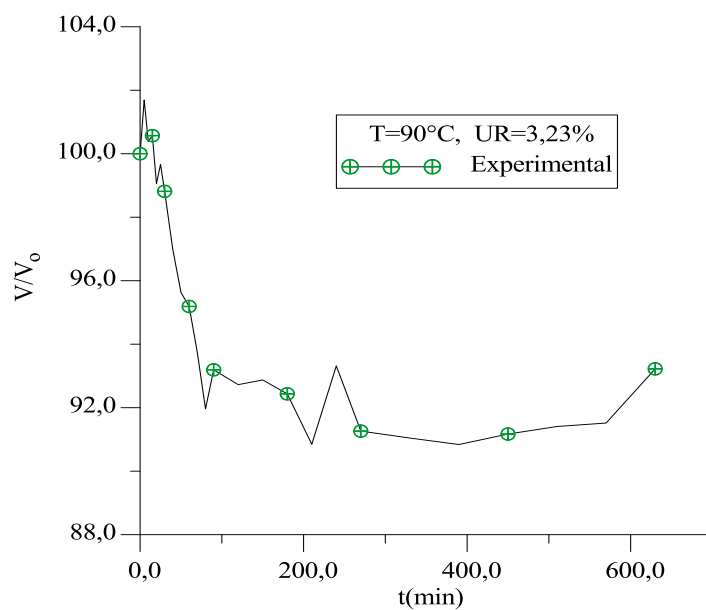


Figura 7. Variação do volume adimensional da amostra durante a secagem à 90 °C.

Tabela 4. Parâmetros experimentais do ar e dimensões dos tijolos cerâmicos após a secagem.

Teste	Ar		Tijolo										t (min)
	UR (%)	T (°C)	A (mm)	L (mm)	C (mm)	$\overline{\text{Af1}}$ (mm)	$\overline{\text{Lf1}}$ (mm)	$\overline{\text{Af2}}$ (mm)	$\overline{\text{Lf2}}$ (mm)	$\overline{\text{Af3}}$ (mm)	$\overline{\text{Lf3}}$ (mm)		
	1	20,31	50	88,62	107,58	187	17,04	23,96	23,57	24,8	72,29	15,18	
2	3,23	90	88,63	111,32	19,1	17,14	24,45	24,22	24,6	71,32	16,59	10,5	

As Figuras 8 e 9 ilustram os tijolos antes e após a secagem na temperatura de 50 e 90°C.

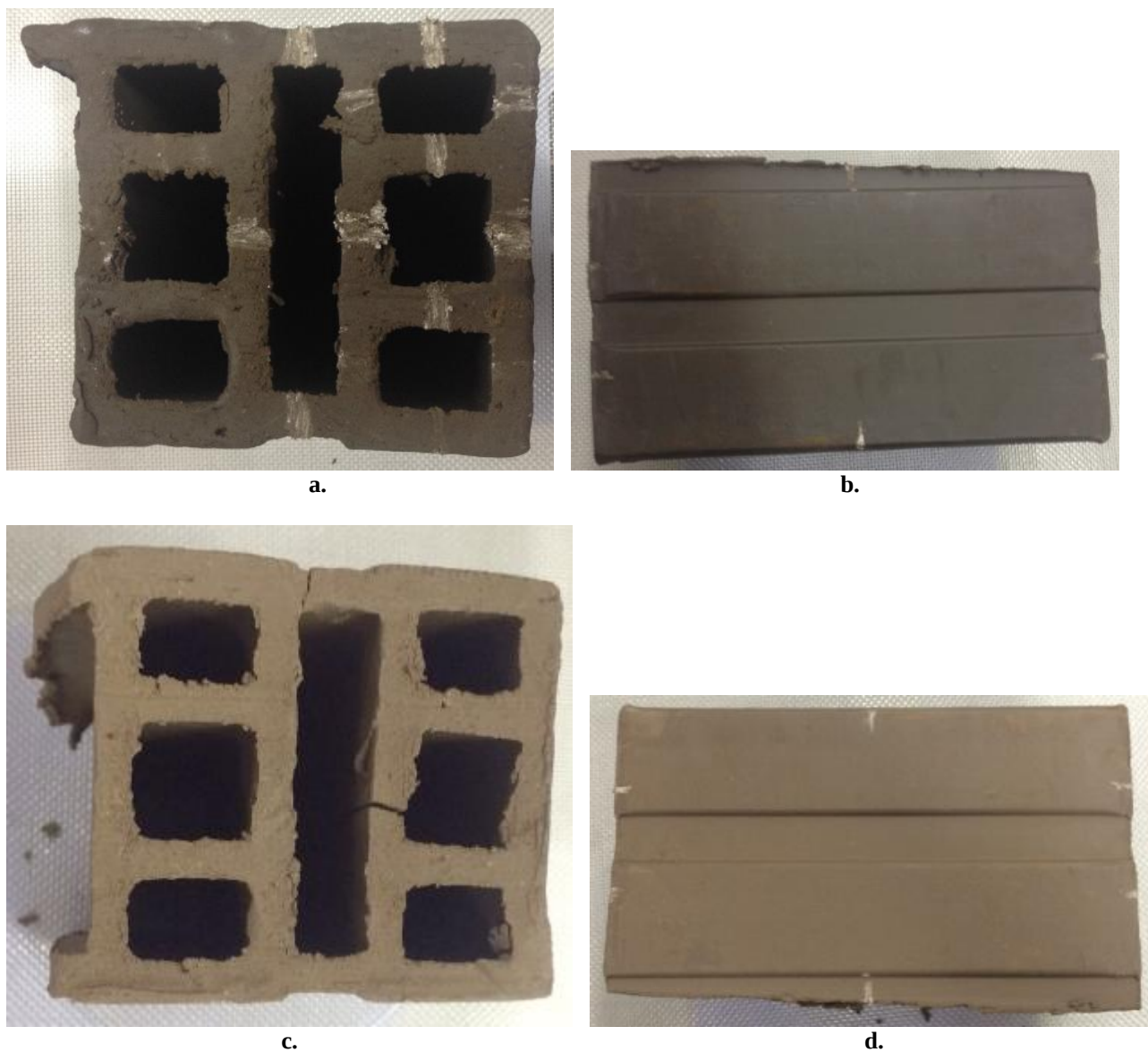


Figura 8. Vista lateral do compensador em a. (vista frontal) e b. (vista lateral) antes da secagem (t = 0 h) e c. (vista frontal) e d. (vista lateral) após a secagem (t = 14,5 h), a T = 50 °C.

Analisando e comparando as Figuras 8 e 9, percebe-se que quando a secagem é feita de forma muito rápida a retirada de água do produto fica sem controle o que pode causar danos estruturais como trincas, deformações, empenamentos e consequentemente uma grande perda do produto. A Figura 9d exemplifica um caso de secagem mais rápida e apresenta trincas (pequenas fissuras causadas por secagem rápida que geralmente, inicia-se nas bordas e propagam-se até o centro da peça, sendo mais aberta na borda).

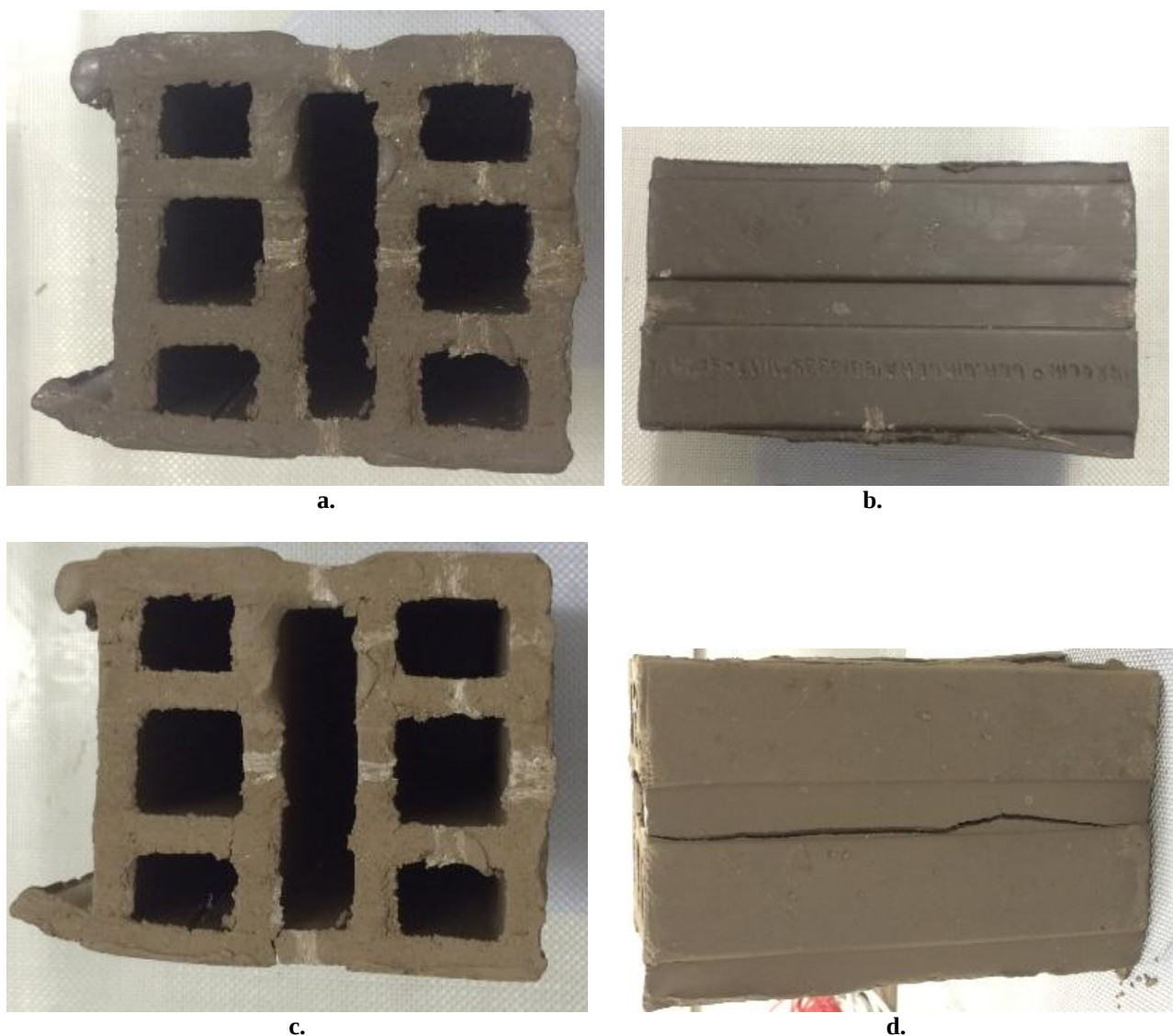


Figura 9. Vista lateral do compensador em a. (vista frontal) e b. (vista lateral) antes da secagem (t = 0 h) e c. (vista frontal) e d. (vista lateral) após a secagem (t = 10,5 h), a T = 90 °C.

4. CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos pode-se concluir que:

- a) Variáveis do ar de secagem como temperatura e umidade relativa afetam diretamente a secagem;
- b) Para altas temperaturas e baixas umidades relativas tem-se um menor tempo de secagem. Isso pode levar a aparição de defeitos como fissuras, trincas ou rachaduras;
- c) Secagem em altas temperaturas geram grandes taxas de retração volumétrica, o que geralmente pode provocar a propagação de trincas, fissuras ou rachaduras, e compromete a qualidade e a capacidade do produto suportar tensões de compressão.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES, FINEP e UFCG pelo suporte financeiro, ao Laboratório de Tecnologia dos Matérias, da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais, da Universidade Federal de Campina Grande, e ao Laboratório Experimental de Térmicas e Fluidos, da Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica, da Universidade Federal de Campina Grande.

6. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

7. BIBLIOGRAFIA

- Almeida, G. S., 2009, “Simulação e Experimentação da Secagem de Cerâmica Vermelha em Sistemas Térmicos Industriais”, Tese (Doutorado em Engenharia de Processos), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil, 211 p.
- Almeida, G. S.; Fernandes, M. A. F. B.; Fernandes, J. N. F.; Neves, G. A.; Lima, W. M. B e Lima, A. G. B., 2014, “Drying of Industrial Ceramic Bricks: An Experimental Investigation in Oven”, Defect and Diffusion Forum, v. 353, pp. 116-120.
- Almeida, G. S., Silva, J. B., Joaquina e Silva, C, Swarnakar, R., Neves, G. A. e Lima, A. G. B., 2013, “Heat and mass transport in an industrial tunnel dryer: modeling and simulation applied to hollow bricks”, Applied Thermal Engineering, v. 55, pp. 78-86.
- ANFACER (Associação Nacional dos fabricantes de cerâmica para revestimentos, louças sanitárias e congêneres) – 2014. Disponível no site: <http://www.anfacer.org.br/> Acesso realizado em 20/02/2014.
- APEX – BRASIL – 2013. Disponível no site: <http://www2.apexbrasil.com.br/atrain-investimentos/noticias/programa-brazil-ceramic-tiles-promove-o-setor-de-ceramica-no-panama-2>. Acesso realizado em: 20/02/2014.
- Dias, L. G., 2013, “Estudo do processo de secagem em estufa e por microondas de compósitos cerâmicos de argila e resíduos de esteatito”, Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) – Universidade Federal de São João del Rei, São João Del rei, 98 p
- Lehmkuhl, W. A., 2004, “Análise Numérica e Experimental de um Secador Contínuo Utilizado na Indústria de Cerâmica Vermelha”, Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 129 p.
- Lima, W. M. P. B., 2014, “Transferência de Calor e Massa em Materiais Cerâmicos com Forma Complexa Via Método da Capacitância Global”, Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) (Departamento de Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB, 23 p.
- Lima, A. G. B.; Silva, J. B.; Almeida, G. S.; Nascimento, J. J. S.; Tavares, F. V. S. e Silva, V. S.; 2015, “Clay Products Convective Drying: Foundations, Modeling and Applications”, In: J. M. P. Q. Delgado; A. G. Barbosa de Lima. (Org.), Drying and Energy Technologies, Series: Advanced Structured Materials, 63 ed. Heidelberg (Germany), Springer-Verlag, v. 63, pp. 43-70.
- Lucena, C. G., 2005, “Transporte de Massa Durante a Secagem de Tijolos Cerâmicos Vazados Via Volumes Finitos”, Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) (Departamento de Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Campina Grande - PB, 69 p.
- Mota Neto, J., 2008, “Controle simultâneo de temperatura e estequiometria aplicado em um secador vertical de revestimentos cerâmicos alimentado com gás natural”, Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 105 p
- Oliveira, B. F.; Silva, M. A. e Freitas, M. S., 2010, “Secagem de materiais cerâmicos. Trabalho da Disciplina de Materiais Cerâmicos”. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes.
- Park, K. J.; Antonio, G. C.; Oliveira, R. A. e Park, K. J. B., 2007, “Conceitos de processo e equipamentos de secagem”. UNICAMP, Campinas - SP.
- Silva, J. B. 2009, “Simulação e Experimentação da Secagem de Tijolos Cerâmicos Vazados”, Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB, 199 p.
- Silva, J. B.; Almeida, G. S.; Neves, G. A.; Lima, W. C. P. B.; Farias Neto, S. R. e Lima, A. G. B., 2012, “Heat and Mass Transfer and Volume Variations during Drying of Industrial Ceramic Bricks: An Experimental Investigation”. Defect and Diffusion Forum, v. 326-328, pp. 267-272.
- Silva, J. B.; Almeida, G. S.; Lima, W. C. P. B.; Neves, G. A. e Lima, A. G. B., 2011, “Heat and Mass Diffusion Including Shrinkage and Hygrothermal Stress during Drying of Holed Ceramics Bricks”. Defect and Diffusion Forum, v. 312-315, pp. 971-976.
- Silva, V. S.; Delgado, J. M. P. O.; Lima, W. M. P. B. e Lima, A. G. B., 2016, “Heat and Mass Transfer in Holed Ceramic Material Using Lumped Model”, Diffusion Foundations, (Aceito para publicação).

DRYING OF INDUSTRIAL CERAMIC BRICK: AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION

Kaio Farias de Moraes, kaiofariasdemoraes@gmail.com¹

Raimundo Nonato Calazans Duarte, raimundo.duarte@ufcg.edu.br¹

Anderson Melchades Vasconcelos Silva, andersonmelch@gmail.com¹

Veralúcia Severina da Silva, veralucia.silva84@yahoo.com.br¹

Morgana de Vasconcellos Araújo, morganamva@gmail.com¹

Antonio Gilson Barbosa de Lima, antonio.gilson@ufcg.edu.br¹

¹ Federal University of Campina Grande (UFCG), Zip Code 58429-900, Campina Grande-PB, Brazil.

Abstract. *Drying is a thermodynamic process of heat and mass transfer including dimensionless variations. The conformation of a ceramic part comprises: casting, rolling, drying and firing. Ceramic materials as exposed to drying without control may suffer cracks and deformations, reducing post-drying quality. Thus, this work aims to study drying of industrial ceramic solid (compensator). Were performed drying experiments at temperatures 50 and 90°C. Kinetic results of heating, mass loss and dimensional variation of the material are presented and analyzed. It was verified that drying at low temperature minimize problems in the material post-drying and increase final quality of the material.*

Keywords: *Drying, compensator, clay, heat, dimensional variations*