ESTUDO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM BLOCOS CERÂMICOS

R.F. COSTA¹, A.D. FERREIRA², J.J.S. NASCIMENTO³, C.L. ARAÚJO⁴, K. N. DOS SANTOS⁵

¹Universidade Federal de Campina Grande, Pós Graduação em Engenharia de Processos

²Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Química

³Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia de Materiais

⁴Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Elétrica

⁵Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia de Petróleo

E-mail para contato: ranierengenharia.costa@gmail.com

RESUMO – No ambiente onde acontece transferência de calor deve-se ter um adequado controle das condições psicrométricas do ar, de modo a evitar danos estruturais irreversíveis. Sendo assim, objetivo dessa pesquisa é estudar através da simulação computacional a transferência de calor em blocos cerâmicos em uma estufa de secagem. Para avaliar o comportamento da temperatura no interior do bloco cerâmico foi empregado o software Ansys Workbench CFX 16. Assim, no estudo são evidenciados e analisados os perfis bidimensionais de temperatura no interior do bloco cerâmico, sendo possível identificar as possíveis regiões em que ocorre riscos de trincas, deformações ou fraturas.

1. INTRODUÇÃO

No ambiente onde acontece transferência de calor e/ou massa deve-se ter um adequado controle das condições psicrométricas do ar, de modo a evitar danos estruturais irreversíveis, contribuindo para perdas de produtos e aumento de custos para as indústrias nacionais e locais e logo diminuindo empregos e renda.

Durante o processo de secagem, elevados gradientes de umidade e temperatura no interior do sólido podem causar defeitos irreversíveis no mesmo, como aparecimento de trincas, deformações e empenamentos. Neste contexto, é essencial conhecer o mecanismo de transferência de calor e os efeitos da secagem em seu controle, uma vez que estes alteram as propriedades físicas e químicas do produto, e tais alterações afetam sensivelmente o processo (DaPaz, 2011). O tijolo é seco em câmaras a temperaturas que oscilam normalmente entre 30 e 70°C, o tempo de secagem é variável e poderá oscilar em torno de 16 horas, conforme a ABC – Associação Brasileira da Cerâmica (2007).

Assim com o desenvolvimento de pesquisas e modelos computacionais para solução de problemas reais, tipo a secagem, é possível obter por simulação, com rapidez e eficácia, condições otimizadas para o processo em estudo, minimizando no caso as perdas do produto. Com isso, a proposta desse trabalho é apresentar uma modelagem matemática tridimensional da transferência de calor em sólidos paralelepípedos, na qual represente fielmente o fenômeno de secagem, permitindo verificar áreas mais favoráveis a tensões

mecânicas e térmicas associadas a possíveis danos estruturais, tais como trincas e deformações utilizando o software Ansys Workebench CFX16 para simulações numéricas.

2. MODELAGEM MATEMÁTICA

O processo de secagem se dá dentro da estufa envolvendo dois mecanismos de transferência de calor, convecção e condução. O primeiro se dá devido a transferência de calor que ocorre entre a superfície do bloco e o movimento do fluido quando eles estão com diferentes temperaturas; o segundo ocorre por meio de um gradiente de temperatura da superfície até o centro do bloco. O modelo foi dividido em dois domínios, um sólido e um fluido, como mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Configuração geométrica do estudo.

Para a transferência de calor no bloco sólido foi considerado que as propriedades termo físicas são constantes, durante todo o processo de difusão; o sólido é homogêneo e isotrópico; a distribuição da temperatura é uniforme no início do processo; o coeficiente de transferência de calor é assumido como constante em todo o processo. A partir dessas considerações, as simulações foram realizadas o software Ansys Workebench CFX na qual foi utilizada a seguinte equação (Equação 1).

$$\frac{\partial (\rho e)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{U} e) = \nabla \cdot (\lambda \nabla T) - p \nabla \cdot \mathbf{U} + \tau : \nabla \mathbf{U} + S_E \quad (1)$$

Foram adotadas as seguintes condições de contorno:

- Seção de entrada: velocidade do ar prescrita de 0,1 m/s a 100 °C
- Seção de saída: 0 atm
- Seção de parede: adiabática e sem rugosidade

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram construídas quatro malhas com quantidades diferentes de números de elementos hexaédricos. A análise de dependência de malha foi realizada, sendo escolhida a de números de nós igual a 18796. A configuração geométrica do bloco está evidenciada na Figura 2.

Figura 2-Malha do bloco

Na Figura 3, verifica-se que os maiores gradientes de temperatura estão localizados nas regiões próximas aos vértices do tijolo, uma vez que estas regiões estão em contato mais intenso com o ar de secagem, com isso as mesmas são mais susceptíveis ao aparecimento de trincas e deformações, que concordam com a afirmação de Cadé et al (2005) e Da Luz (2011).

Figura 3 – Temperatura contida no interior do paralelepípedo sólido em 20 min

Características inerentes à camada limite dificultam a transferência de calor nas outras regiões do tijolo. Com o passar do tempo esta diferença diminui, mas as bordas sempre estão à temperaturas mais elevadas, de acordo com o que apresenta o trabalho de Muregesan et al (2001).

Para evaporação mais rápida, a área próxima as extremidades tende a ter deformações acentuadas. Isso leva a uma possível existência de rachaduras, fissuras e deformações, originadas por gradientes de temperatura que podem alterar a qualidade do material no final do processo. Diante do exposto, essa é a importância do conhecimento do perfil de temperatura dentro do material.

4. CONCLUSÃO

A cerca dos resultados obtidos, concluiu-se que o modelo de simulação de transferência de calor foram capazes de prever o fenômeno de secagem, podendo afirmar que o tijolo seca a partir de suas extremidades para o centro por causa da influência do calor, apresentando riscos de danos estruturais como trincas e deformações nas regiões dos vértices.

5. NOMENCLATURA

ρ = densidade da massa

U = temperatura

6. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CERÂMICA. Processo de Fabricação do tijolo. Disponível em: <http://www.abceram.org.br/>. Acessado em março, 2018.
- CADÉ, M. A; NASCIMENTO, J. J. S.; LIMA, A. G. B. de. Secagem de Tijolos Cerâmicos Vazados: Uma Aproximação por Volumes Finitos. Revista Matéria. Rio de Janeiro, v.10, n.3, p. 443 – 453, 2005.
- DA LUZ, E.W. O estudo da transferência de calor no processo de secagem de tijolos maciços II Congresso Nacional de Educação Matemática. Unijuí- RS, Junho de 2011.
- MUREGESAN, K.; SURESH, H.N.; SEETHARAMU, K.N.; NARAYANA, P.A.A.;SUNDARARAJAN, T. *A theoretical model of brick drying as a conjugate problem*. International Journal of Heat and Mass Transfer, v. 44, p. 4075 – 4086, nov. 2001.