

Eixo Temático ET-09-009 - Energia

ESTUDO DA TERMOFLUIDODINÂMICA DE UM SECADOR SOLAR DE EXPOSIÇÃO DIRETA: MODELAGEM E SIMULAÇÃO

Maria Teresa Cristina Coelho¹; Jailton Garcia Ramos; Joab Costa dos Santos; Fabiana Pimentel Macêdo Farias

Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Unidade Acadêmica de Tecnologia do Desenvolvimento. Av. Luiz Grande, Sumé, Paraíba, Brasil. ¹crisrina.isapb@hotmail.com

RESUMO

A desidratação de frutas e verduras no secador solar é uma tecnologia simples e de baixo custo. Esse processo quando planejado e adaptado às condições de secagem, pode-se obter produtos de boa qualidade, semelhante ao que é produzido em secadores de bandeja que operam com uma fonte de energia não-renovável. Sabe-se que as fontes de energia não-renováveis são elementos poluentes e degenerativos do meio ambiente, daí a grande importância do uso de fontes naturais de energia, como por exemplo a energia solar. Este estudo tem como objetivo analisar numericamente o comportamento da termofluidodinâmica em um secador solar de exposição direta. As soluções numéricas foram obtidas pelo software comercial Ansys CFX. Os resultados numéricos, tais como: campo de temperatura e pressão, linhas de fluxo do ar são apresentados e analisados

Palavras-chave: Energia solar; Simulação; Secador.

1. INTRODUÇÃO

Torna-se cada vez mais importante o Desenvolvimento Sustentável, com a finalidade de garantir a preservação do meio ambiente e o crescimento econômico e social. Há um aumento acelerado na conscientização mundial em relação ao uso dos combustíveis fósseis, não só pelo aumento do preço, mas por se tratar de um combustível que irá se esgotar em poucos anos. Atualmente, em várias partes do mundo há uma busca crescente de processos envolvendo a energia solar, considerada uma energia limpa e renovável, sendo importante ressaltar que a região Nordeste possui as melhores condições para o aproveitamento desse tipo de tecnologia (Cavalcante, 1999; Coutinho, 2013).

Entre os diferentes sistemas de secagem, podem ser citados os secadores mecânicos e o secador solar. Os secadores mecânicos fazem uso da queima da lenha, da queima de combustíveis fósseis ou ainda pelo uso da eletricidade para realizar o aquecimento do gás de secagem. Porém, no secador solar, o gás de secagem é aquecido pela energia do sol, sendo esta ainda hoje a mais utilizada na secagem, principalmente quando se trata de grãos e sementes.

No secador solar de convecção natural e exposição direta, a energia radiante aquece o produto e o ar dentro do sistema, e como o ar aquecido é menos denso, ele tende a subir num processo de convecção natural, saindo pela parte superior do sistema, levando a umidade retirada do produto. De modo que, é recomendado que o produto fique bem acomodado e espalhado de tal forma que não cubra toda a tela suporte, permitindo assim que a radiação solar chegue até a superfície absorvedora.

A Fluidodinâmica Computacional (CFD) é a simulação numérica em mecânica dos fluidos e transferência de calor e massa. Deste modo a área da termofluidodinâmica visa ao desenvolvimento teórico e experimental do estudo do comportamento ativo dos fluidos e dos fenômenos adjuntos de transferência de calor e massa em equipamentos projetados (FARIAS, 2006).

O presente trabalho tem como objetivo analisar numericamente o comportamento da termofluidodinâmica em um secador solar de exposição direta. Proporcionando, assim, um maior conhecimento das correntes gasosas no interior do secador solar de radiação direta, contribuindo assim no entendimento da termofluidodinâmica, com o auxílio do aplicativo comercial ANSYS CFX, que possibilita estudar as condições operacionais, dinâmicas e térmicas deste equipamento, ajudando no desenvolvimento de secadores solares cada vez mais eficientes, para a obtenção de produtos finais com mais qualidade.

2. METODOLOGIA

Neste trabalho foi utilizado um secador solar de exposição direta conforme a Figura 1, e suas dimensões características estão apresentadas na Tabela 1. O secador de exposição direta é constituído de duas prateleiras de tela plástica, com uma entrada na parte inferior e saída na parte superior.

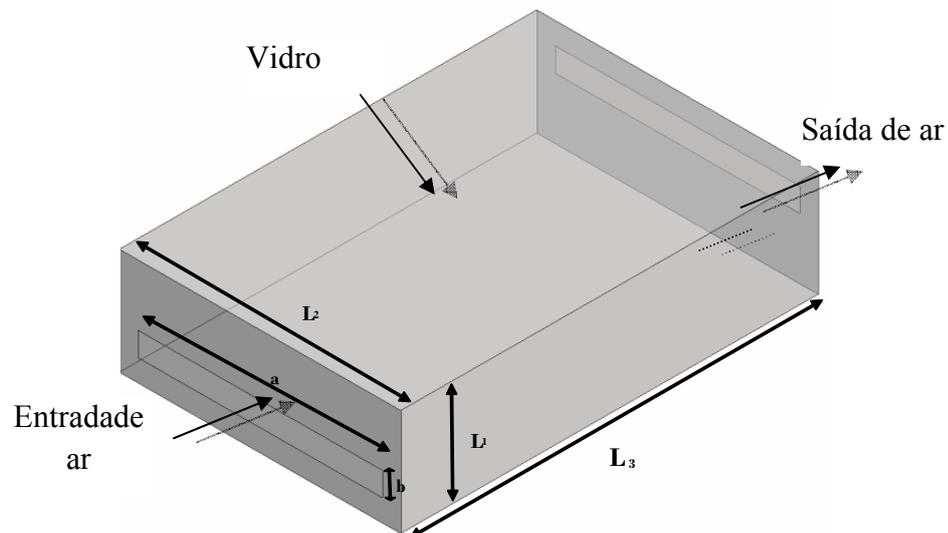


Figura 1 – Representação da geometria do secador solar de exposição direta.

Tabela 1. Dimensões do secador solar.

Dimensões	(cm)
L₁	18,0
L₂	47,2
L₃	70,0
a	41,0
b	4,0

2.1 Modelo matemático

O modelo de escoamento no interior do secador, é baseado nas equações de conservação de massa e de momento linear assumindo ser estacionário, isotérmico (eliminando a necessidade da equação de energia) e que não há reação química. Logo, o modelo matemático que descreve o problema físico:

- Equação de conservação de massa.

$$\nabla \cdot (\rho \vec{U}) = 0 \quad (1)$$

onde ρ é a densidade do fluido e \vec{U} é o vetor velocidade do fluido.

- Equação de conservação de momento linear

$$\nabla \cdot [(\rho \vec{U} \otimes \vec{U})] = -\nabla p + \nabla \cdot \left\{ \mu_{ef} \left[\nabla \vec{U} + (\nabla \vec{U})^T \right] \right\} \quad (2)$$

onde τ é o tensor de cisalhamento, Bc é a força corpo e que pode ser avaliada como sendo: força de empuxo, rotacional, de resistência e de campo magnético. \vec{U}' é a flutuação da velocidade devido à turbulência e $\overline{\rho \vec{U}' \vec{U}'}$ é o tensor de Reynolds.

- Equação de energia

$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{U} h) - \nabla \cdot (k \nabla T) = 0 \quad (3)$$

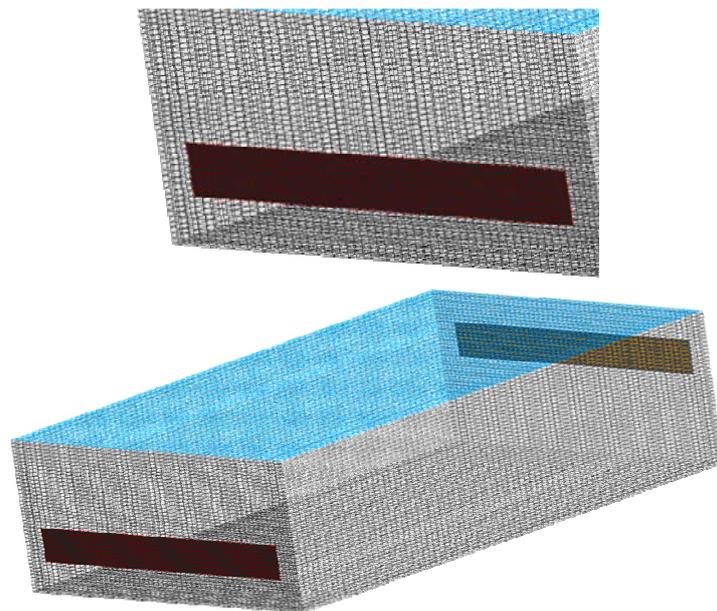
onde T é a temperatura do fluido, k é a condutividade térmica, h é a entalpia como função apenas da temperatura, isto é:

$$\partial h = C_{p_g} \partial T \quad (4)$$

sendo C_{p_g} o calor específico do fluido. Neste caso, o fluido (ar) foi considerado um gás perfeito. Neste trabalho foi usado o modelo de turbulência k - ϵ padrão.

2.2 Malha

Para gerar a malha do secador solar no ICEM-CFD, foi necessário representar a geometria com auxílio da definição de pontos, curvas, superfícies e sólidos, em um espaço tridimensional, descrevendo o seu tamanho e o seu formato em duas etapas principais: a primeira, confecção da geometria do ciclone (técnica de multi-blocos) e a segunda a geração da malha, propriamente dita. Optou-se pelo padrão estruturado de malha no espaço tridimensional que, após diferentes refinamentos visando à não dependência dos resultados numéricos com a mesma, resultou na malha formada por 200.423 volumes de controles, Fig. 2. Na Figura 2(b) está representada a ampliação da região de entrada do secador.



2.3 Condições iniciais e de contorno

Na Tabela 2 encontram-se as propriedades do ar.

Tabela 2. Propriedades do ar.

Propriedades	
Densidade* (kg/m ³)	1,185
Viscosidade dinâmica* (kg/m.s)	1831x10 ⁻⁰⁵
Temperatura (°C)	25
Coefficiente de expansão térmica ** (1/K)	0,003356
Capacidade calorífica (J/kg.K)	1004
Condutividade térmica (W/m.K)**	0,0261
Paredes do hidrociclone	foi adotada a condição de não-delzamento e de fluxo de calor

* Fonte: Incropera (2011); ** CFX12.0

2.4 Condições de contorno

As equações (1) e (2) foram resolvidas numericamente usando a malha da Fig. 2, na qual estão representadas as fronteiras onde foram definidas as condições iniciais e de contorno conforme tabela 2.

Tabela 2. Condições iniciais e de contorno.

Condições de contorno		Valores
Entrada	Temperatura	298 K
	Velocidades	0,5 m/s
Saída	Pressão estática	101,3 kPa
Parede	Não-deslizamento	$u_x = u_y = u_z = 0$
	Condições adiabáticas	$Q=0$
Vidro	Fluxo de calor	200 W/m ²
	Não-deslizamento	$u_x = u_y = u_z = 0$

Todo o trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Fluidodinâmica e Imagem LPFI/DEQ/UFCG e no Laboratório Computacional de Térmica e Fluidos LCTF/DEM/UFCG. A solução do sistema de equações algébricas, originário da discretização das equações diferenciais de movimento e da continuidade, bem como a confecção da malha foi realizada no aplicativo computacional Ansys CFX 12.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o intuito de compreender o comportamento do escoamento no interior do secador solar, a Figura 1 ilustra as linhas de fluxo do ar. Observa-se que o ar tende a se movimentar para a parte inferior do secador. Logo depois tem a tendência de sair pela saída superior, porém observa-se que uma parte do ar retorna ficando um determinado tempo dentro do secador.

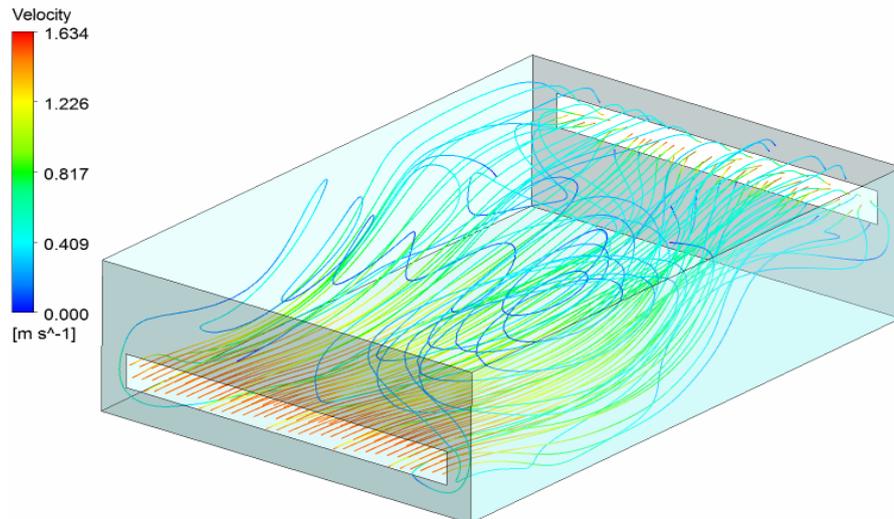


Figura 1. Linhas de fluxo do ar no interior do secador solar.

Na Figura 2, ilustra-se o campo de temperatura para diferentes planos, xy e xz. Observa-se que o ar tem temperatura mais alta nas proximidades do vidro, como esperado.

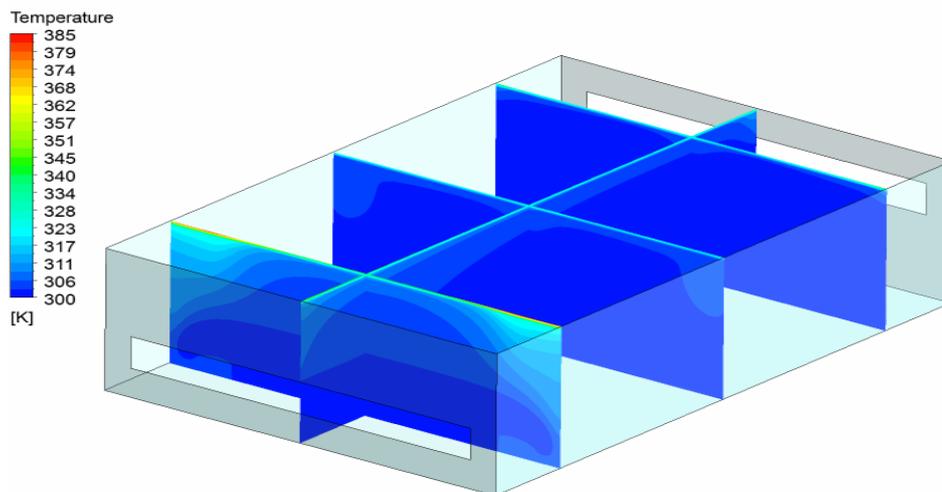


Figura 2. Campo de temperatura em diversos planos xy e xz.

Está ilustrado na Figura 3, o gráfico da temperatura em função da altura para diferentes posições z no secador solar. Este resultado corrobora com as observações feitas anteriormente, quando foi observado que a temperatura é maior nas proximidades da parede.

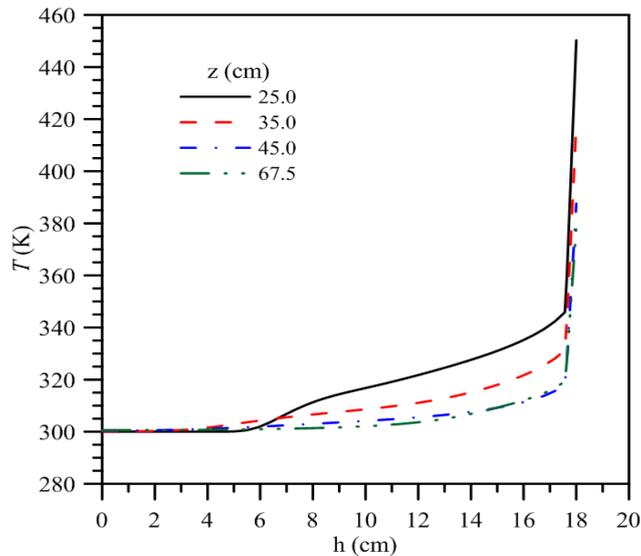


Figura 3. Temperatura em função da altura do secador para diferentes posições no secador solar.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em concordância com os resultados obtidos, temos em geral que:

- Os perfis de velocidade são influenciados pela posição do secador solar, bem como as velocidades de entrada;
- Há um aumento de temperatura do ar no interior do secador solar, especialmente quando este se aproxima das paredes do secador solar;
- O modelo matemático representou de maneira satisfatória o escoamento do ar no interior do secador solar.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, a UFCG, bem como aos Laboratórios de Fluidodinâmica e Imagem (LPFI/DEQ/UFCG) e Computacional de Térmica e Fluidos LCTF/DEM/UFCG, no quais este projeto foi desenvolvido e realizado. Ao CDSA por todo apoio e condições necessárias de deslocamento de Sumé para Campina Grande. A professora Fabiana Pimentel pela orientação e parceria.

REFERÊNCIAS

- CAVALCANTE, E.S.C.; BRITO, R.B.S. Geração Heliotérmica: Uma Nova Opção de Energia Limpa Para o Brasil. Artigo a ser submetido ao VIII Congresso Brasileiro de Energia – CBE, a ser realizado no Rio de Janeiro (RJ), 30 de novembro a 2 de dezembro, 1999.
- COUTINHO, S.A. Estudo Teórico e Experimental de um Dessalinizador Solar para Tratar Água Salobra. Qualificação de Doutorado. Campina Grande, UFCG.
- FARIAS, F.P.M. **Estudo da termofluidodinâmica em secadores ciclônicos**. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos). Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande (2006).