

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Modelagem Matemática e Numérica do Processo de Aeração de Grãos

Taynara Lopes¹

Departamento de Engenharia Química, Engenharia de Alimentos, UFRN, Natal, RN

Luiz Radtke²

Departamento de Ciências Exatas e da Terra, UFRN, Natal, RN

Sidarta Araújo³

Departamento de Ciências Exatas e da Terra, UFRN, Natal, RN

Atualmente, no Brasil há uma expressiva produção de grãos, em torno de duzentos milhões de toneladas por ano [2], porém a rede de armazenamento é bastante deficiente. Como principais consequências dessa lacuna estão as constantes e excessivas flutuações dos preços dos produtos agrícolas, diretamente ligadas com a degradação da qualidade do produto armazenado. Com o propósito de alcançar um armazenamento seguro e de qualidade durante todo o período da entressafra (entre as colheitas), diversas técnicas são empregadas, entre elas destaca-se a aeração.

A técnica de aeração de grãos, consiste na passagem forçada, mas com fluxo adequado, de ar através da massa granular, com o objetivo principal de controlar e uniformizar duas variáveis de extrema relevância para um armazenamento seguro e de qualidade, que são a temperatura e umidade.

Neste trabalho, foi desenvolvido um modelo matemático e numérico do processo de aeração de grãos, baseado no modelo proposto por [6], com o objetivo principal de simular o comportamento da temperatura e umidade durante o processo de armazenamento. O modelo matemático em questão, relaciona as propriedades psicométricas do ar com as equações de balanço de massa e energia, utilizadas respectivamente para descrever o comportamento da umidade e da temperatura do meio durante o processo de aeração. Para a resolução numérica das equações diferenciais parciais, foi utilizado o método de diferenças finitas implícito para discretização temporal e o método de elementos finitos para a discretização espacial. A formulação variacional encontrada foi linearizada, pelo método de

¹tathacastro1512@gmail.com

²lcradtke@yahoo.com.br

³sidarta@ccet.ufrn.br

Newton Raphson, obtendo como resultado as seguintes equações:

$$\begin{aligned} & \langle \alpha'(\theta^{k+1,n+1} - \theta^{k,n+1})(U^{k,n+1} - U^{k,n}), v \rangle + \\ & \langle \beta'(\theta^{k+1,n+1} - \theta^{k,n+1})(\theta^{k,n+1} - \theta^{k,n}), v \rangle + \Delta t \langle \gamma \nabla \theta^{k+1,n+1}, v \rangle + \\ & \Delta t \langle \gamma'(\theta^{k+1,n+1} - \theta^{k,n+1}) \nabla \theta^{k,n+1}, v \rangle + \Delta t \langle \sigma \nabla \theta^{k+1,n+1}, \nabla v \rangle - \\ & \Delta t \langle f'_c(\theta^{k+1,n+1} - \theta^{k,n+1}), v \rangle = - \langle \alpha(U^{k,n+1} - U^{k,n}), v \rangle - \\ & \langle \beta(\theta^{k,n+1} - \theta^{k,n}), v \rangle + \Delta t \langle f_c \theta^{k,n+1}, v \rangle \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \langle (U^{k,n+1} - U^{k,n}), v \rangle + \frac{\Delta t}{\mu} \langle f_a \zeta \nabla \theta^{k+1,n+1}, v \rangle - \frac{\Delta t}{\mu} \langle f_u U^{k,n+1}, v \rangle = \\ & \frac{\Delta t}{\mu} \langle f'_u (U^{k+1,n+1} - U^{k,n+1}), v \rangle \end{aligned} \quad (2)$$

onde:

$$\begin{aligned} \alpha &= -\rho_\sigma(1 - \epsilon)h_s, & \beta &= \rho_\sigma(1 - \epsilon)(c_\sigma + c_1U) + \rho_a\epsilon \left[c_a + R \left(c_1 + \frac{\partial h_v}{\partial \theta} \right) \right] \\ \sigma &= K_{eff}, & \gamma &= f_a \left[c_a + R \left(c_1 + \frac{\partial h_v}{\partial \theta} \right) \right] \\ \mu &= \rho_\sigma(1 - \epsilon), & f_c &= \rho_\sigma(1 - \epsilon) \frac{dm}{dt} (Q_R - 0, 6h_v) \\ \zeta &= \frac{\partial R}{\partial \theta}, & f_u &= \frac{dm}{dt} (0, 6 + U) \end{aligned} \quad (3)$$

De posse do modelo matemático discreto, as equações (1) e (2) foram implementadas em linguagem FORTRAN, onde foram realizadas diversas simulações numéricas afim de validar o modelo. Os resultados provenientes das simulações mostraram boa concordância com dados experimentais encontrados na literatura. No que se refere à trabalhos futuros, sugere-se realizar o estudo bidimensional, adicionando ao modelo, as equações que governam a velocidade e pressão no domínio. Bem como, propõe-se analisar a técnica para outras geometrias de armazenamento (armazéns graneleiros por exemplo).

Referências

- [1] Becker, E. B.; Carey, G. F. and Oden, J. T.. *Finite Elements - An Introduction*. New Jersey, 1981.
- [2] Conab, Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 20 de março de 2018.
- [3] Navarro, S. and Noyes, R. T.. *The mechanics and physics of modern grain aeration management*. USA, 2001.
- [4] Radtke, Luiz C., *Simulação da Aeração de Grãos Armazenados Variando as Condições do Ar Ambiente*, Dissertação de Mestrado em Modelagem Matemática, UNIJUÍ, 2009.
- [5] Silva, Juarez S.. *Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas*. Viçosa, 2000.
- [6] Thorpe, G. R.. *Modeling ecosystems in ventilated conical bottomed farm grain silos. Ecological Modelling*. Melbourne, Austrália, 1997.