

# UM NOVO MODELO PARA O CÁLCULO DO GRADIENTE DE PRESSÃO EM UMA CAMADA DE CANOLA ICIOLA-41<sup>1</sup>

Volmir Pinto dos SANTOS<sup>2</sup>, Guido de Souza DAMASCENO<sup>3</sup>

**RESUMO:** Partindo da equação de Darcy, clássica para a determinação de gradientes de pressão em meios porosos, e de modelos semi-empíricos para a permeabilidade, desenvolveu-se um novo modelo para o cálculo do gradiente de pressão em uma massa de canola, de forma a exigir um mínimo de esforço experimental. Verificou-se que o modelo proposto apresentou resultados próximos aos obtidos pelo modelo empírico de Hunter, e que, o mesmo é comparável, em termos dos parâmetros envolvidos, aos modelos de Ergun e de Fischer, tendo entretanto apresentado resultados melhores para a canola que estes dois.

**PALAVRAS-CHAVE:** Canola, modelos teóricos, gradiente de pressão

**ABSTRACT:** Beginning with classical Darcy's Law, for fluid flow through porous material, and a semi-empirical model for the permeability of a grain bed, a new model was developed for pressure gradient calculation in a column of canola. It presents the advantage of requiring a minimum experimental effort. Results obtained with this model were compared with Hunter's showing a very good agreement. This new model is comparable, in terms of the parameters involved, to those well known of Ergun and of Fischer, it presented, however, better results for the canola than the latter.

**KEYWORDS:** Canola, theoretical model, pressure gradient

**INTRODUÇÃO:** Para o projeto de sistemas de ventilação forçada se faz necessário o conhecimento da resistência que o produto oferece à passagem do ar, bem como, da vazão de ar requerida no processo. Para o cálculo do gradiente de pressão existem modelos empíricos, que exigem a realização de experimentos, e, modelos teóricos que permitem obter as pressões, partindo de propriedades do ar e de alguns parâmetros do produto.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Utilizou-se canola da variedade Iciola-41 com teor de umidade em torno de 0,08 b.s.. Determinou-se a porosidade, o diâmetro médio das sementes. Os gradientes de pressão foram obtidos em uma montagem utilizada por SANTOS (1996), variando-se os fluxos de ar, na faixa de 0,00063 a 0,09214 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup> (0,05 a 8 m<sup>3</sup>.min<sup>-1</sup>.t<sup>-1</sup>). O modelo semi-teórico do gradiente de pressão na camada de grãos,

---

<sup>1</sup>Parte da dissertação de mestrado apresentada pelo primeiro autor à UFV.

<sup>2</sup>M.S. em Engenharia Agrícola, estudante do curso de pós-Graduação em Engenharia Agrícola, nível de Doutorado, Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa-UFV, CEP 36571-000, Viçosa-MG, Fone (031) 899.1926, E-mail vsantos@mail.ufv.br.

<sup>3</sup>PhD, professor Titular do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa-UFV, CEP 36571-000, Viçosa-MG, Fone (031) 899.1927. E-mail gdamasc@mail.ufv.br.

foi desenvolvido a partir da lei de Darcy modificada por Forschheimer (BEJAN, 1984) e da equação da permeabilidade proposta por Carman (RAMESH E MOSHENIN, 1980).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os valores médios da porosidade, do diâmetro médio e da temperatura do ar, obtidas durante o experimento, foram respectivamente, 39,7%, 1,63 mm e 24,5 °C. Obteve-se o seguinte modelo semi-teórico para o cálculo do gradiente de pressão em uma coluna de canola:

$$\nabla P = 180 \frac{\mu}{D^2} \frac{(1 - \varepsilon)^2}{\varepsilon^3} V + 1,093 \frac{\rho(1 - \varepsilon)}{D\varepsilon^{3/2}} V^2$$

Os resultados obtidos com este modelo para a canola são apresentados na Figura 1 juntamente com os dados experimentais e com os dados calculados pelo modelo empírico de HUNTER (1983). Os valores do gradiente de pressão estimados pelo presente modelo são, em média, superiores aos de Hunter em aproximadamente 5%, indicando a viabilidade do novo modelo, apresentando a grande vantagem de não requerer testes experimentais. O modelo, que aqui se propõe, é comparável aos modelos de ERGUN (1952) e de Fischer (MATTHIES e PETERSEN, 1974). A Tabela 1 mostra a soma dos quadrados dos desvios para a comparação desses. Pode-se observar que o modelo proposto foi quem apresentou melhores resultados. A Figura 2 apresenta as curvas do gradiente de pressão para a canola resultantes da aplicação desses modelos. Pode-se observar que, para baixos fluxos de ar, todos os modelos se aproximam dos valores observados. Entretanto, na medida em que se aumenta o fluxo de ar, apenas o novo modelo se aproxima mais dos valores medidos, enquanto que os outros modelos tendem a subestimar os gradientes de pressão. Nota-se que a lei de Darcy se afasta mais rapidamente que os outros dois, Ergun e Fischer, como era de se esperar. O gradiente de pressão calculado pela equação de Darcy é proporcional à velocidade e à viscosidade do ar, considerando assim apenas as forças viscosas (escoamento laminar), ao passo que os modelos de Ergun, Fischer e o proposto levam em consideração as forças inerciais.

**CONCLUSÕES:** Os resultados obtidos pelo modelo proposto neste trabalho, superestimou em média cerca de 5% os gradientes de pressão em relação ao modelo empírico de Hunter. Entretanto, foi o que apresentou menores desvios relativos aos dados experimentais em comparação com a equação de Darcy e com os modelos de Ergun (1952) e de Fischer (MATTHIES e PETERSEN, 1974).

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BEJAN, A. **Convection heat transfer**. Durham: wiley - interscience, 1984. 477p.

ERGUN, S. **Fluid flow through packed columns**. Chem. Engng Progr., New York, v.48, p.89-94, 1952.

HUNTER, A. J. **Pressure difference across an aerated seed bulk for some common duct and store cross-sections**. Journal Agricultural Engineering Research, v.28, n.5, p.437-450, 1983.

MATTHIES, H. J., PETERSEN, H. **New data for calculating the resistance to airflow of stored granular material.** Transaction of the ASAE, St. Joseph, v.17, n.6, p.1144-1149, 1974.

RAMESH, P., MOSHENIM, N. N. **Permeability of porous media as a function of porosity and particle size distribution.** Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.23 , n.3 , p.742-745, 1980.

SANTOS, V. P. DOS. **Resistência ao fluxo de ar em uma coluna de grãos de canola Iciola-41 (*Brassica napus L. var. oleifera*).** Viçosa, MG. 50p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Viçosa, 1996.

**LISTA DE SÍMBOLOS:**  $\nabla p$  : Gradiente de pressão ( $\text{Pa}\cdot\text{m}^{-1}$ );  
 $\mu$  = Viscosidade do fluido ( $\text{Pa}\cdot\text{s}$ );  
 $D$  = Diâmetro equivalente da partícula (m);  
 $\varepsilon$  = Porosidade da massa de grãos (adimensional);  
 $V$  = Fluxo de ar ( $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ ); e  
 $\rho$  = Massa específica do fluido ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ).

TABELA 1. Soma dos Quadrados dos Desvios (SQD) da equação de Darcy e do modelos de Ergun, de Fischer e do proposto com os dados experimentais

MODELO	SQD
Darcy	24230,1
Ergun	39530,0
Fischer	8212,9
Proposto	3029,4

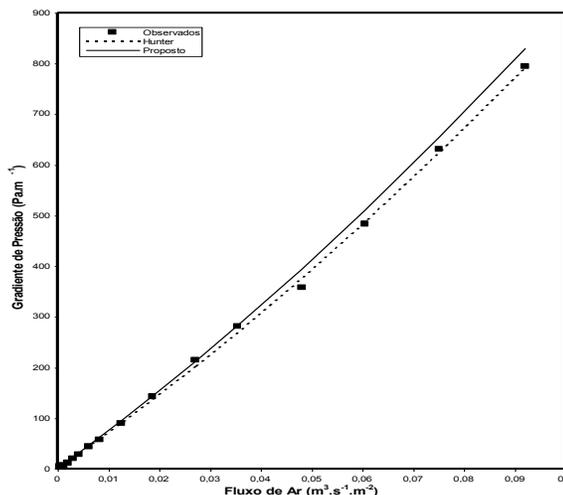


FIGURA 1. Comparação do Modelo Proposto com o modelo de Hunter

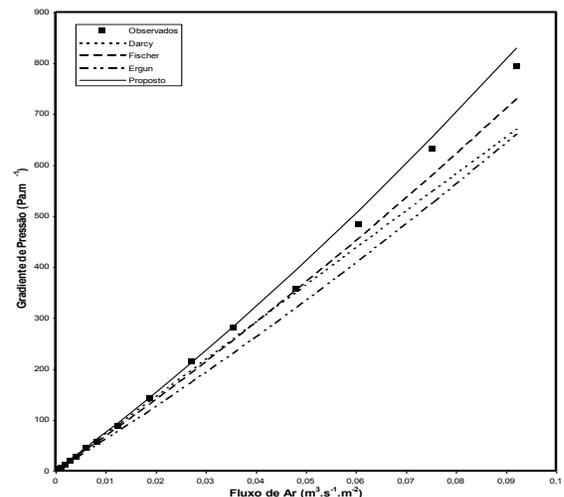


FIGURA 2. Comparação do Modelo Proposto com outros modelos