

COMPARAÇÃO DAS VELOCIDADES TERMINAIS PARA GRÃOS DE MILHO EM SECÇÃO DE COLUNA DE QUEDA CIRCULAR E QUADRADA DE DIFERENTES TAMANHOS¹

HELEN L. H. T. ZANINI², MARIA E. M. DUARTE³, MARIO E. R. M. CAVALCANTI MATA³

¹ Extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor

² Química Industrial, Mestre em Engenharia Agrícola da UFCG Paraíba, Email: helen_lira_@hotmail.com

³ Prof. Dr. do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande

Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 4 de agosto de 2006 – João Pessoa – PB

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi determinar a velocidade terminal do milho “pé-de-boi” com 11,58% de umidade. Esse parâmetro foi determinado com um equipamento de secção de coluna de queda circular e quadrada de 60, 50, 40, 30 e 20 mm de medida efetiva (diâmetro e lado), medindo-se a velocidade terminal com um anemômetro de palheta, encontrando-se valores de $10,42 \pm 0,577$; $7,28 \pm 0,312$; $3,77 \pm 0,226$; $2,19 \pm 0,145$ e $1,29 \pm 0,223$ m s⁻¹, em coluna circular e $10,77 \pm 0,408$; $8,96 \pm 0,417$; $5,8 \pm 0,330$; $4,16 \pm 0,206$; e $1,75 \pm 0,143$ m s⁻¹ em coluna quadrada. Concluiu-se que: a) não se pode afirmar que se tenha obtido velocidade terminal em queda livre para o milho. Ficou evidenciado o efeito de parede, inclusive na coluna de secção quadrada de 60 mm; b) entre todos os tamanhos de colunas testadas, obteve-se maior velocidade terminal com a coluna de secção quadrada; c) o grão de milho, quando submetido a fluxo de ar em colunas cuja relação β (D_p / D_c) $\geq 0,3520$, muda sua orientação, passando a adotar uma posição cuja menor área projetada permanece perpendicular à direção do fluxo.

PALAVRAS-CHAVE: velocidade terminal, transporte aerodinâmico, *Zea mays*.

COMPARISON Of the TERMINALS SPEEDS FOR GRAINS OF MAIZE IN SECTION OF COLUMN OF SQUARE SHAPED CIRCULAR FALL And OF DIFFERENT SIZES¹

ABSTRACT: The objective of this research was to determine the terminal speed of maize grain with 11.58% of moisture. This parameter was determined with an equipment of circular and square section of fall column of 60, 50, 40, 30 and 20 mm measure (diameter and side), measuring it terminal speed with a anemometer, meeting 10.42 ± 0.577 ; 7.28 ± 0.312 ; 3.77 ± 0.226 ; 2.19 ± 0.145 and 1.29 ± 0.223 m s⁻¹, in circular column and 10.77 ± 0.408 ; 8.96 ± 0.417 ; 5.8 ± 0.330 ; 4.16 ± 0.206 ; e 1.75 ± 0.143 m s⁻¹ in square shaped column. Concluded that: a) it cannot affirm that it has gotten terminal speed in free fall for the maize. It was evidenced the wall effect, also in the square shaped section of 60 mm; b) the bigger terminal speed with the column of square shaped section; c) the maize grain, when submitted the air flow in columns whose relation β (D_p / D_c) ≥ 0.3520 , changes its orientation, beginning to adopt a position whose lesser projected area remains perpendicular to the direction of the flow.

KEYWORDS: terminal velocity, aerodynamic transport, *Zea mays*.

INTRODUÇÃO: Embora as primeiras pesquisas com transporte pneumático de grãos, segundo VOGT e WHITE (1948), tenham se iniciado no final da década de 40, só na década de 70 esses equipamentos foram colocados no mercado como uma forma moderna de operação de transporte. Nesse mesmo período foram desenvolvidas máquinas operatrizes de seleção de grãos e sementes, utilizando o princípio da velocidade terminal dos grãos. Para o desenvolvimento dessas máquinas foram necessários exaustivos estudos das propriedades físicas e aerodinâmicas de produtos agrícolas (grãos) e, segundo MOHSENIN (1978), esses estudos tomam como base as equações fundamentais dos fenômenos de transporte, sendo essas equações, adaptadas para formas irregulares com

estabelecimento de novas correlações. Segundo MOHSENIN (1978), estudos aerodinâmicos de grãos agrícolas têm mostrado que esses assumem, a todo instante, orientações aleatórias, giram em torno do eixo vertical e, ainda, que existe tendência de sua maior dimensão movimentar-se na direção do plano horizontal. Esta rotação e inclinação têm sido explicadas como resultado da falta de simetria do grão e, neste caso, a força aerodinâmica que atua no corpo não passa pelo seu centro de gravidade e a sua direção não é paralela à da velocidade do ar.

MATERIAL E MÉTODOS: O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas, do CCT da Universidade Federal de Campina Grande – PB, utilizando-se o milho, variedade “pé-de-boi”. Inicialmente, foi determinado o conteúdo de água pelo método padrão da estufa (BRASIL, 1992). Para determinação da velocidade terminal construiu-se um equipamento composto das seguintes partes: 5 colunas circulares e quadradas de 20, 30, 40, 50 e 60 mm de medida efetiva e 1m de altura; motor (potência de 1hp. 3600 rpm); base de madeira; conjunto de telas para homogeneização do fluxo de ar; tela de suporte para grãos na coluna de medição; multímetro; anemômetro de palhetas digital. Para se efetuar a medida da velocidade terminal, colocava-se o grão individualmente (10 repetições) na tela superior, regulava-se o fluxo de ar através do multímetro até que o grão flutuasse, apresentando apenas movimentos horizontais e assim media-se a velocidade terminal, utilizando-se um anemômetro de palheta. Para verificar os efeitos tamanho e forma da secção da coluna de queda na velocidade terminal dos grãos, foram feitas análises estatísticas utilizando o Programa Computacional Assisat 6.6 beta, segundo o modelo Fatorial 2 (formas da coluna) X 5 (tamanhos da secção) X 10 (repetições) para cada grão, isoladamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Percebe-se pela Tabela 1, que os valores obtidos para velocidade terminal apresentam dependência do tamanho da secção, diminuindo com a diminuição do tamanho desta e esta diminuição é mais acentuada para a coluna de secção circular.

Tabela 1 – Velocidade terminal obtida em colunas de secção circular e quadrada com medida efetiva de 60, 50, 40, 30 e 20mm, respectivamente.

Forma da coluna	Velocidades obtidas nas secções de medidas de 60 a 20 mm				
	60 mm	50 mm	40 mm	30 mm	20 mm
Circular	10,42 ± 0,577	7,28 ± 0,312	3,77 ± 0,226	2,19 ± 0,145	1,29 ± 0,223
Quadrada	10,77 ± 0,408	8,96 ± 0,417	5,8 ± 0,330	4,16 ± 0,206	1,75 ± 0,143

Pela análise de variância (Tabela 2), verificam-se diferenças significativas a 1% de probabilidade para o fator forma da coluna, para o fator tamanho da secção e também para a interação entre esses dois fatores. A Tabela 3 contém os valores médios da velocidade terminal obtidas para milho nas diferentes formas e nos diferentes tamanhos da secção.

Tabela 2- Análise de variância da velocidade terminal no ar de milho, em coluna de queda com diferentes formas (F1) e diferentes tamanhos da secção (F2).

Fonte de Variação	Análise de Variância			
	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Forma da coluna (F 1)	1	42,11960	42,11960	395,4706**
Tamanho da secção (F 2)	4	1089,68103	272,42026	2557,8169**
Int. F 1 x F 2	4	13,67178	3,41795	32,0919**
Resíduo	90	9,58545	0,10650	
Total	99	1155,05786		

Tabela 3- Comparação entre os valores médios da velocidade terminal do milho, para as diferentes formas e diferentes tamanhos da secção.

Forma da secção	Vt (m/s)
Circular	4,990 b
Quadrada	6,288 a
Tamanho da secção (mm)	Vt (m/s)
60	10,595 a
50	8,120 b
40	4,785 c
30	3,175 d
20	1,520 e

DMS - Forma da secção = 0,12969 DMS -Tamanho da secção = 0,28752

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 1% de probabilidade.

Percebe-se por esta tabela que existe diferença significativa para a velocidade terminal quanto à forma da secção; esses valores são maiores quando determinados com a coluna de queda de secção quadrada. Estão apresentados na Tabela 4, os valores médios da velocidade terminal de grãos de milho para a interação entre a forma da coluna de queda e tamanho de secção. Verifica-se que os valores de velocidade terminal dependem do tamanho da secção de queda e da forma, em todos os casos, porém em nenhum dos casos analisados obteve-se, a velocidade terminal em queda livre, ou seja, em todos os casos houve influência das fronteiras em sua determinação. Esperava-se que os valores da velocidade terminal obtidos com a coluna de queda de 20mm (quadrada e circular) fossem significativamente iguais devido a grande proximidade deste ao diâmetro da esfera de igual volume do milho, (D_c – diâmetro da esfera equivalente), mas um fato curioso foi observado durante a realização dos ensaios: o grão de milho deveria adotar a posição de máxima resistência (posição de repouso), ou seja, com a maior área orientada de forma perpendicular à direção do fluxo (Figura 1.a), porém este permanecia com a sua menor projeção normal ao fluxo (Figura 1.b). Esse comportamento faz com que a distância entre o grão e a parede da coluna seja maior.

Tabela 4- Valores médios da velocidade terminal de grãos de milho, para a interação entre a forma da coluna de queda e tamanho da secção.

Forma da coluna de queda	Medida efetiva das colunas de queda (mm)				
	60	50	40	30	20
Secção circular	10,4200bA	7,2800bB	3,7700bC	2,1900bD	1,2900bE
Secção quadrada	10,7700aA	8,9600aB	5,8000aC	4,1600aD	1,7500aE

DMS para colunas = 0,2900 DMS para linhas = 0,4066 MG = 5,63900 CV% = 5,78739

Obs: Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

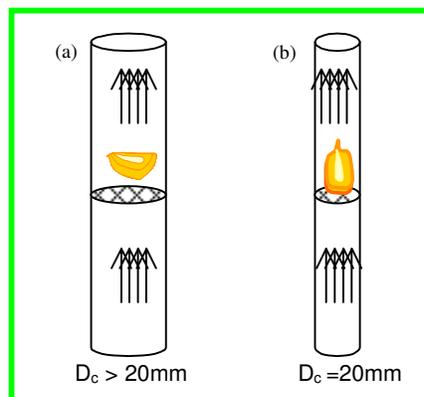


Figura 1 – Posição adotada pelo grão de milho durante a determinação da velocidade terminal: a) em colunas com medidas maiores do que 20 mm e b) em colunas com medida igual a 20 mm.

É importante ressaltar que todas as equações existentes na literatura são para o cálculo da velocidade terminal, em queda livre, de partículas de formas regulares e minúsculas ($D_p < 1\text{mm}$). Alguns autores (PETTYJOHN & CHRISTIANSEN, 1948; MASSARANI, 1986) propuseram correções no cálculo da velocidade terminal de partículas de formas irregulares a partir da correção do coeficiente de arraste (C_D), considerando, nestas correções o fator de forma esfericidade (ϕ), no entanto, nada foi feito ainda, no sentido de estender essas equações para partículas de maiores dimensões. Portanto, ao se fazer comparações de dados experimentais com teóricos deve-se ter o cuidado de analisar as restrições desses modelos bem como da sua aplicabilidade.

CONCLUSÕES: Nesta pesquisa experimental na qual foi feita uma análise estatística das velocidades terminais experimentais para grãos de milho em secção de coluna de queda circular e quadrada de diferentes tamanhos pode-se concluir que: a) não se pode afirmar que se tenha obtido velocidade terminal em queda livre para o milho. Ficou evidenciado o efeito de parede, inclusive para a determinação da velocidade terminal na coluna de secção quadrada de 60 mm; b) entre todos os tamanhos de colunas testadas, obteve-se maior velocidade terminal com a coluna de secção quadrada; c) o grão de milho, quando submetido a fluxo de ar em colunas cuja relação β (D_p / D_C) $\geq 0,3520$, muda sua orientação, passando a adotar uma posição cuja menor área projetada permanece perpendicular à direção do fluxo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (Brasília, DF). *Regras para análises de sementes*. Brasília, 1992. 365p.

MASSARANI, G. *Alguns aspectos da Separação Sólido-Fluido*; Tópicos especiais em sistemas particulados. v.2, cap.1, 1986

MOHSENIN, N.N. *Physical properties of plant and animal materials*. New York, Gordon and Breach Science Publishers, 1978 2 ed Ed. 742 p.

PETTYJOHN, E.S.; CHRISTIANSEN, E.B. *Effect of Particle Shape on Free-Settling Rates of Isometric Particles.*, 1948, 44, 156.

SILVA, F. de A. S.; Azevedo, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.4,n.1,p71-78,2002.

VOGT, E. G.; WHITE, R. R. Friction in the flow of suspension granular solids in gases through pipe. *Industrial and Engineering Chemistry*. v. 40, n. 9, p. 1731-1738, 1948.