

# COMPARAÇÃO DAS VELOCIDADES TERMINAIS PARA GRÃOS DE FEIJÃO EM SECÇÃO DE COLUNA DE QUEDA CIRCULAR E QUADRADA DE DIFERENTES TAMANHOS

HELEN L. H. T. ZANINI<sup>2</sup>, MARIA E. M. DUARTE<sup>3</sup>, MARIO E. R. M. CAVALCANTI MATA<sup>3</sup>

1 Trabalho 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 feijão com 13,80% 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  $12,75 \pm 0,472$ ;  $8,74 \pm 0,375$ ;  $4,88 \pm 0,199$ ;  $2,64 \pm 0,255$  e  $1,77 \pm 0,313$  m s<sup>-1</sup>, em coluna circular e  $12,99 \pm 0,433$ ;  $10,4 \pm 0,414$ ;  $6,72 \pm 0,248$ ;  $4,91 \pm 0,431$ ; e  $2,09 \pm 0,366$  m s<sup>-1</sup> em coluna quadrada. Concluiu-se que: a) a velocidade terminal em queda livre foi conseguida apenas na coluna de secção quadrada de 60 mm de medida; b) obteve-se maior velocidade terminal com a coluna de secção quadrada; c) os valores obtidos para velocidade terminal apresentam uma dependência do tamanho da secção, diminuindo com a diminuição do tamanho desta.

**PALAVRAS-CHAVE:** velocidade terminal, transporte aerodinâmico, *Phaseolus vulgaris*.

**ABSTRACT:** The objective of this work was to determine the terminal speed of the beans with 13,80% of humidity. This parameter was determined with an equipment of circular section column of fall and square shaped of 60, 50, 40, 30 and 20 mm of measure (diameter and side), measuring it terminal speed with an anemometer, meeting  $12,75 \pm 0,472$ ;  $8,74 \pm 0,375$ ;  $4,88 \pm 0,199$ ;  $2,64 \pm 0,255$  and  $1,77 \pm 0,313$  m s<sup>-1</sup>, in circular column and  $12,99 \pm 0,433$ ;  $10,4 \pm 0,414$ ;  $6,72 \pm 0,248$ ;  $4,91 \pm 0,431$ ; e  $2,09 \pm 0,366$  m s<sup>-1</sup> in square shaped column. It was concluded that: a) the terminal speed in free fall was obtained only in the column of square shaped section of 60 mm of diameter; b) the bigger terminal speed was gotten with the column of square shaped section; c) the values gotten for terminal speed presented a dependence of the size of the section, diminishing with the reduction of the size of this.

**KEYWORDS:** terminal velocity, aerodynamic transport, *Phaseolus vulgaris*.

**INTRODUÇÃO:** O Brasil, embora tenha evoluído nas ultimas décadas essencialmente agrícola para um País com grande ênfase na industrialização, nunca deixou, nesses anos, de desenvolver a sua grande vocação que é de ser um grande produtor e exportador de grãos. Este fato obrigou o País a partir da década de 60, a acompanhar o desenvolvimento tecnológico de modernização da agricultura, ocorrida em todo o mundo, devido à crescente migração da mão de obra do campo para as grandes cidades. Nessa década iniciou-se a modernização da agricultura com operações unitárias simples como o transporte hidráulico do café, onde era possível incluir processos de lavagem dos frutos e separação de impurezas. Com a expansão das fronteiras agrícolas na década de 70 e 80, o Brasil saiu de praticamente um grande produtor de café para um País produtor de grãos, quando houve a expansão da produção de grãos de milho, arroz, feijão e soja, chegando, nessa década, à produção de 70 milhões de toneladas, o que implicou na necessidade de operações mais rápidas de transporte e de avanços nos processos de separação e seleção de materiais. A velocidade terminal de um produto pode ser determinada experimentalmente, colocando os materiais (grãos ou impurezas) para flutuar em uma corrente ascendente de ar. A velocidade necessária para o equilíbrio do material no fluxo de ar constante é igual à da velocidade terminal do produto.

**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 feijão, variedade carioquinha. 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 1 hp. 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 do tamanho e da forma da secção da coluna de queda na velocidade terminal dos grãos, foram feitas análises estatísticas utilizando o Programa Computacional Assistat 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 uma dependência do tamanho da secção, diminuindo com a diminuição do tamanho desta. Observa-se também, que esta diminuição é mais acentuada para a coluna de secção circular do que para a quadrada.

Tabela 1 – Velocidade terminal dos grãos obtidas em colunas de secção circular e também, quadrada com medidas efetivas de 60, 50, 40, 30 e 20 mm.

Forma da coluna	Velocidades obtidas em secções de medidas de 60 a 20 mm				
	60 mm	50 mm	40 mm	30 mm	20 mm
Circular	12,75 ± 0,472	8,74 ± 0,375	4,88 ± 0,199	2,64 ± 0,255	1,77 ± 0,313
Quadrada	12,99 ± 0,433	10,4 ± 0,414	6,72 ± 0,248	4,91 ± 0,431	2,09 ± 0,366

Pela análise de variância da Tabela 2, constata-se que existem 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.

Tabela 2- Análise de variância da velocidade terminal de feijão, em coluna de queda com diferentes formas (F1) e diferentes tamanhos da secção (F2)

Fonte de Variação	G. L.	Análise de Variância		
		S. Q.	Q. M.	F
Forma da coluna (F 1)	1	40,06834	40,06834	306,8222**
Tamanho da secção (F 2)	4	1567,69324	391,92331	3001,1423**
Int. F 1 x F 2	4	17,20200	4,30050	32,9310**
Resíduo	90	11,75322	0,13059	
<b>Total</b>	<b>99</b>	<b>1636,71680</b>		

A Tabela 3 contém os valores médios da velocidade terminal obtidas nas diferentes formas e nos diferentes tamanhos da secção. Percebe-se por esta tabela que existe diferença significativa para a velocidade terminal determinada em colunas de formas diferentes, sendo esses valores maiores com a coluna de queda de secção quadrada. Ainda analisando a mesma tabela, com relação ao tamanho da secção, verificam-se diferenças significativas entre todos os valores de velocidade terminal e que estes valores aumentam com o aumento do tamanho da secção.

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

Forma da secção	Vt (m/s)
Circular	6,156 b
Quadrada	7,422a
Tamanho da secção (mm)	Vt (m/s)
60	12,870 a
50	9,570 b
40	5,800 c
30	3,775 d
20	1,930 e

DMS - Forma da secção = 0,14361 DMS - Tamanho da secção = 0,31837

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

Os valores médios da velocidade terminal para a interação entre a forma da coluna de queda e tamanho de secção estão na Tabela 4. Verifica-se, nessa tabela, que não mais existe dependência da forma da secção quando o tamanho da secção é muito maior do que o diâmetro do grão. Segundo BRAGA (1997), no caso em que há diferença razoável entre diâmetros (*diâmetro* da coluna 4 vezes maior do que o diâmetro da partícula, em se tratando de esfera), não existe interferência das paredes na determinação da velocidade terminal. Analisando-se para o extremo oposto ( $D_C = 20$  mm), verifica-se que também não existe diferença significativa, ou seja, quando existe grande proximidade entre estes dois *diâmetros\**, há uma igual contribuição (interferência) na determinação da velocidade terminal.

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

Forma da secção	Tamanho da secção (mm)				
	60	50	40	30	20
Secção circular	12,7500aA	8,7400bB	4,8800bC	2,6400bD	1,7700aE
Secção quadrada	12,9900aA	10,4000aB	6,7200aC	4,9100aD	2,0900aE

DMS para colunas = 0,3211 DMS para linhas = 0,4502 MG = 6,78900 CV% = 5,32294

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.

**CONCLUSÕES:** Nesta pesquisa experimental na qual foi feita uma análise estatística das velocidades terminais experimentais para grãos de feijão em secção de coluna de queda circular e quadrada de diferentes tamanhos pôde-se concluir que: a) a velocidade terminal em queda livre foi conseguida apenas na coluna de secção quadrada de 60 mm de medida; b) obteve-se maior velocidade terminal com a coluna de secção quadrada; c) os valores obtidos para velocidade terminal apresentam dependência do tamanho da secção, diminuindo com a diminuição do tamanho desta.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

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

BRAGA, M.E.D. Estudo Experimental dos fundamentos do transporte hidráulico de laranjas (Tese de doutorado Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 1997.

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.