

Velocidade terminal dos frutos e sementes de crambe em função do teor de água
Terminal velocity of crambe's fruit and seeds in moisture content function
Velocidad terminal de frutos y semillas de crambe en función del contenido de agua

Recebido: 18/01/2020 | Revisado: 26/01/2020 | Aceito: 18/02/2020 | Publicado: 02/03/2020

Sebastião Rodrigues Cardoso Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3216-841X>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: neto-rv@hotmail.com

Oswaldo Resende

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5089-7846>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: osvresende@yahoo.com.br

Lílian Moreira Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9195-8414>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: lmctpg@yahoo.com.br

Daniel Emanuel Cabral de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3824-994X>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: oliveira.d.e.c@gmail.com

Gabrielly Bernardes Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4879-7672>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: gaby-brodrigues@hotmail.com

Wellytton Darci Quequeto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0658-2692>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: wellytton_quequeto@hotmail.com

Resumo

Durante as etapas de processamento, beneficiamento e armazenamento de produtos agrícolas é comum à utilização de fluidos como meio de transporte e separação de impurezas presentes

na massa de grãos, desse modo, se faz necessário o conhecimento das características aerodinâmicas, principalmente referente a grãos e sementes. Por meio da determinação da velocidade terminal é possível realizar a operação e regulagem de máquinas de limpeza, transporte e secagem. Assim, objetivou-se neste trabalho determinar a velocidade terminal experimental e calculada para frutos e sementes de crambe (cultivar FMS Brilhante), em função de diferentes teores de água. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 9 (frutos e sementes x teores de água - 0,250; 0,220; 0,190; 0,163; 0,136; 0,111; 0,087; 0,064 e 0,042 base seca - b.s.), em quatro repetições. Para a determinação experimental utilizou-se um grama de amostra do produto em um equipamento experimental de coluna de ar composto por um ventilador centrífugo conectado a um tubo de acrílico transparente. O teor de água dos frutos e sementes de crambe afeta os valores da velocidade terminal do produto. A velocidade terminal dos frutos e sementes de crambe diminui com a redução do teor de água do produto. A velocidade terminal calculada é menor que a velocidade terminal experimental.

Palavras-chave: Características aerodinâmicas; *Crambe abyssinica* Hochst; Processamento; Propriedades físicas.

Abstract

During the processing steps and storage of agricultural products is common to use fluids as a means of transport and separation of impurities present in the grain mass, thus, it is necessary to know the aerodynamic characteristics, mainly related to grain and seeds. By determining the terminal velocity it is possible to perform the cleaner, transporter and dryer machine's adjustment and operation and cleaning machines, transport and drying. This study aimed to determine the experimental terminal velocity and calculated for crambe's (FMS Brilhante cultivars) fruit and seed, due to different moistures contents. The experiment was conducted in a completely randomized design in a factorial arrangement 2 x 9 (fruits and seeds x moisture contents 0.250; 0.220; 0.190; 0.163; 0.136; 0.111; 0.087; 0.064 and 0.042 dry basis - d.b.), in four replicates. For the experimental determination utilized a gram of sample product in an experimental equipment of the air column consists of a centrifugal fan connected to a transparent acrylic tube. The moisture content of the fruit and crambe seed affects the values of terminal velocity. The terminal velocity of fruit and crambe seed decreases with the reduction of the product's moisture content. The calculated terminal velocity is less than the experimental one.

Keywords: Aerodynamic characteristics; *Crambe abyssinica* Hochst; Processing; Physical properties.

Resumen

Durante el procesamiento, procesamiento y almacenamiento de productos agrícolas, es común usar fluidos como medio de transporte y separación de impurezas presentes en la masa de grano, por lo tanto, es necesario conocer las características aerodinámicas, principalmente en relación con granos y semillas. Al determinar la velocidad del terminal, es posible realizar la operación y el ajuste de las máquinas de limpieza, transporte y secado. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar la velocidad terminal experimental y calculada para frutos y semillas de crambe (cultivar FMS Brillhante), de acuerdo con diferentes contenidos de agua. El experimento se realizó en completamente aleatorizado factorial 2 x 9 (frutos y semillas x contenido de agua - 0,250; 0,220; 0,190; 0,163; 0,136; 0,111; 0,087; 0,064 y 0,042 base seca - s.a.) en cuatro repeticiones. Para la determinación experimental, se usó un gramo de muestra de producto en un equipo experimental de columna de aire compuesto por un ventilador centrífugo conectado a un tubo acrílico transparente. El contenido de agua del frutos y semillas de crambe afecta los valores de velocidad terminal del producto. La velocidad terminal del frutos y semillas crambe disminuye con la reducción del contenido de agua del producto. La velocidad terminal calculada es menor que la velocidad terminal experimental.

Palabras clave: Características aerodinâmicas; *Crambe abyssinica* Hochst; Procesamiento; Propiedades físicas.

1. Introdução

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma espécie pertencente à família Brassicaceae de origem mediterrânea e vem demonstrando ser uma promissora fonte de óleo vegetal para a produção de biodiesel devido a sua precocidade, cerca de 90 dias de cultivo, tolerância a seca e a geadas, e pelo seu elevado teor de óleo entre 40% a 44% (Souza et al., 2009; Bittencourt, 2010). Além disso, os grãos de crambe são considerados uma boa alternativa para produção de biocombustíveis diante da necessidade de buscar a utilização de uma matéria prima que não comprometa o abastecimento a indústria alimentícia.

Durante as etapas de processamento, beneficiamento e armazenamento de produtos agrícolas são comuns à utilização de fluidos para a realização de transporte e separação de

impurezas da massa de grãos, dentre esses o ar é mais comumente empregado para a determinação das características físicas dos grãos, diante disso necessita-se conhecer as individualidades aerodinâmicas que cada produto apresenta. O conhecimento da velocidade terminal juntamente a outras propriedades físicas representa grande importância nas aplicações em engenharia, tais como métodos de transportes, secagem, limpeza, separação e classificação dos materiais (Markowski et al., 2013).

Estudos realizados por Silva et al. (2003), Razavi et al. (2007), Oliveira et al. (2014) e Smaniotto et al. (2017) demonstraram que os principais fatores que influenciam na velocidade terminal são o estágio de maturação, o teor de água e o tamanho das partículas.

Mohsenin (1986) descreve a velocidade terminal como um fenômeno simples, sendo um objeto em queda livre imerso em uma corrente de ar ascendente. Esse objeto, caso possua densidade inferior à do material, está sujeito à ação de três forças: gravitacional, devido ao empuxo do fluido e resistência ao arraste do material. No momento em que essas grandezas vetoriais se equilibram, o objeto passa a deslocar-se com velocidade constante, denominada velocidade terminal.

Considerando-se a limitação de estudos sobre a velocidade terminal do crambe e a influência do teor de água nesse produto, e tendo em vista a relevância desta propriedade aerodinâmica no dimensionamento e na operação de equipamentos para o seu processamento, objetivou-se determinar a velocidade terminal experimental e calculada para frutos e sementes de crambe, em função de diferentes teores de água.

2. Metodologia

O experimento foi conduzido no município de Rio Verde, Goiás, no período de 25 de setembro de 2015 a 30 de março de 2016. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 9 (frutos e sementes x teores de água - 0,250; 0,220; 0,190; 0,163; 0,136; 0,111; 0,087; 0,064 e 0,042 base seca - b.s.), em quatro repetições com amostras. Os frutos de crambe (cultivar FMS Brilhante) foram selecionados aleatoriamente e obtidos de plantas cultivadas em área experimental durante os meses setembro de 2015 até o mês de dezembro de 2016.

A colheita dos frutos de crambe foi realizada manualmente, passando inicialmente pelo processo de trilhagem manual, e em seguida pelo processo de limpeza manual utilizando peneiras redondas do tipo Steel Mesh para retirada de impurezas. Os frutos foram acondicionados em embalagens plásticas herméticas lacradas e armazenados em câmaras frias

com temperatura controlada de 10 °C e teor de água dos frutos de 0,250 (b.s.).

Para obter os teores de água desejados realizou-se a secagem em estufa com ventilação forçada a temperatura de 35 ± 2 °C e umidade relativa do ar de $31 \pm 5\%$, 20 dias após a colheita. Durante o processo de secagem as bandejas metálicas com 0,5 kg de massa inicial dos frutos, foram pesadas periodicamente a cada 15 minutos até atingirem o ponto final da secagem de 0,220; 0,190; 0,163; 0,136; 0,111; 0,087; 0,064 e 0,042 (b.s.). Após cada pesagem promoveu-se a homogeneização dos frutos de crambe.

A perda de massa dos frutos de crambe devido à secagem foi calculada por meio da fórmula de porcentagem de quebra. A massa de água retirada pela secagem pode ser determinada pela Equação 1:

$$M_{ar} = \left[\frac{(X_i - X_f)}{(100 - X_f)} \right] \cdot M_t \quad (1)$$

em que:

M_{ar} : Massa de água retirada, kg;

X_i : Teor de água inicial do produto, % (b.u.);

X_f : Teor de água final do produto, % (b.u.);

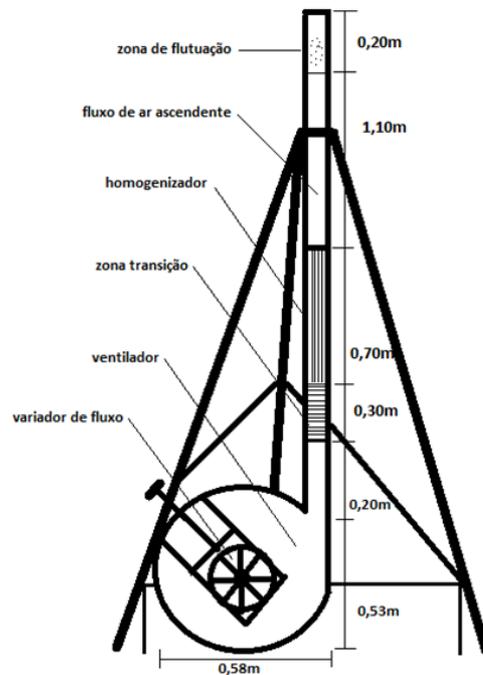
M_t : Massa total, kg.

Após o processo de secagem, determinou-se o teor de água por gravimetria, utilizando-se a estufa a 105 ± 3 °C, durante 24 h (BRASIL, 2009), em três repetições.

Para realizar a velocidade terminal experimental utilizaram-se frutos e sementes de crambe para cada teor de água 0,250; 0,220; 0,190; 0,163; 0,136; 0,111; 0,087; 0,064 e 0,042 (b.s.). Removeu-se o pericarpo (tecido externo que reveste a semente) por meio de atrito manual utilizando uma lupa de mesa para melhor visualização do fruto, após a extração manual do pericarpo, foram selecionadas as sementes que não apresentavam danos mecânicos (trincadas, fissuradas e quebradas) para evitar que houvesse diferença entre as amostras e interferência nos resultados.

Para a determinação experimental da velocidade terminal dos frutos e sementes de crambe utilizou-se um equipamento experimental de coluna de ar (Figura 1) composto por um ventilador centrífugo conectado a um tubo de acrílico transparente, com diâmetro de 0,15 m e 2,30 m de comprimento. A 2,15 m da base do tubo instalou-se uma tela perfurada, para colocação do produto. Acoplou-se um reticulador (homogeneizador do fluxo de ar) para uniformizar a distribuição da velocidade do ar na seção transversal do tubo. O ventilador foi acionado por um motor trifásico de 1,5 cv (1,104 kW) e o controle da vazão do fluxo de ar foi

realizado por meio de um registro.



Fonte: Smaniotto et al. (2017).

Figura 1 - Desenho esquemático do determinador de velocidade terminal.

A velocidade terminal experimental foi determinada em quatro repetições para cada um dos teores de água dos frutos e sementes de crambe, onde em cada repetição foram realizados cinco pontos de leitura. Para isso, foi pesado e espalhado na parte central da tela perfurada 1,0 grama de amostra do produto. Regulou-se o fluxo de ar até o início do processo de flutuação do produto. Para medir a velocidade do ar média utilizou-se um anemômetro digital de pás rotativas modelo AD - 250 posicionado em cinco pontos distintos da saída de ar do tubo, um ponto na parte central e quatro pontos nos centros dos quadrantes.

A velocidade terminal calculada foi determinada utilizando-se a Equação 2, proposta por Hawk et al. (1966):

$$V_t = \left[\frac{2 \cdot W \cdot (\rho_p - \rho_f)}{C \cdot \rho_p \cdot \rho_f \cdot A_p} \right]^{1/2} \quad (2)$$

em que:

V_t : Velocidade terminal, $m \cdot s^{-1}$;

W : Peso das partículas, N;

ρ_p : Massa específica unitária da partícula, $kg \cdot m^{-3}$;

ρ_f : Massa específica do fluido, $kg \cdot m^{-3}$;

C: Coeficiente de arrasto, adimensional;

A_p : Área projetada das partículas, normal ao seu movimento em relação ao fluido, m^2 .

Para o cálculo da área projetada, utilizou-se a Equação 3 de acordo com Soares (1986).

$$A_p = \pi \cdot a \cdot b \quad (3)$$

em que:

a: Semi-eixo maior, m;

b: Semi-eixo médio, m.

As dimensões dos 3 eixos ortogonais dos frutos e sementes de crambe foram obtidas manualmente com o auxílio de uma lupa de mesa para melhor visualização e um paquímetro digital, em 15 frutos e 15 sementes.

A esfericidade (φ) dos frutos e sementes de crambe foi determinada conforme a Equação 4, propostas por Mohsenin (1986).

$$\varphi = \left[\frac{(a \cdot b \cdot c)^{1/3}}{a} \right] \cdot 100 \quad (4)$$

em que:

φ : esfericidade, %;

c: Semi-eixo menor, m.

O coeficiente de arrasto (C) foi determinado por meio da Equação 5, proposta por Pettyjohn e Christiansen (1948).

$$C = 5,31 - 4,88 \cdot \varphi \quad (5)$$

A massa específica unitária, expressa em $kg \cdot m^{-3}$, foi determinada por meio da relação entre a massa de um fruto ou semente de crambe e o volume (V) ocupado pelo mesmo. A obtenção do volume de um fruto ou semente de crambe foi realizada por meio da Equação 6, proposta por Mohsenin (1986).

$$V = \frac{\pi \cdot a \cdot b \cdot c}{6} \quad (6)$$

em que:

V: volume, m^3 .

Para o fator qualitativo, as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey e para o fator quantitativo, os modelos foram selecionados com base na significância da equação, pelo teste F, na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste de “t”, adotando-se o nível de 5% de significância, no coeficiente de determinação.

Resultados e Discussão

As sementes de crambe apresentaram maiores valores em relação aos frutos de crambe para o coeficiente de arrasto e para a massa específica unitária, exceto as sementes com teor de água de 0,064 (b.s.) que apresentaram valores menores em relação aos frutos de crambe para o coeficiente de arrasto (Tabela 1).

Tabela 1 - Dados de esfericidade (ϕ), coeficiente de arrasto (C) e massa específica unitária (ρ_p) dos frutos e sementes de crambe em relação ao teor de água.

Teor de água (b.s.)	ϕ		C		ρ_p	
	%		-		kg m ⁻³	
	CP	SP	CP	SP	CP	SP
0,250	0,9635	0,9412	0,6082	0,7169	603,93	1303,89
0,220	0,9603	0,9473	0,6239	0,6873	589,87	1298,56
0,190	0,9666	0,9472	0,5930	0,6875	576,49	1301,30
0,163	0,9597	0,9553	0,6265	0,6481	563,73	1228,17
0,136	0,9707	0,9468	0,5731	0,6897	551,55	1391,04
0,111	0,9623	0,9457	0,6138	0,6950	539,91	1463,21
0,087	0,9515	0,9508	0,6666	0,6699	528,78	1406,17
0,064	0,9485	0,9550	0,6811	0,6497	518,12	1330,25
0,042	0,9637	0,9261	0,6072	0,7904	507,90	1496,27

CP – com pericarpo – fruto; SP – sem pericarpo – semente.

Em relação a esfericidade observa-se que os frutos apresentam maiores valores comparativamente as sementes, exceto para o teor de água de 0,064 (b.s.) que apresentaram comportamento contrário. Esses maiores valores de esfericidade observados para os frutos de crambe são decorrentes do pericarpo, que atua na proteção das estruturas internas.

O decréscimo do teor de água provocou redução dos valores de massa específica unitária dos frutos de crambe, que variaram entre 603,93 a 507,90 kg m⁻³ para o teor de água de 0,25 a 0,042 (b.s.) (Tabela 1). Esse comportamento corrobora com os resultados obtidos por Gonçalves et al. (2014) para a massa específica unitária dos frutos de crambe entre 643,04 e 521,14 kg m⁻³ para a faixa de teor de água de 0,36 a 0,09 (b.s.); e também por Araujo et al. (2014) estudando frutos de amendoim com valores entre 598 e 544 kg m⁻³, para uma faixa de teor de água de 0,56 a 0,04 (b.s.).

Sugere-se que ao longo do processo de redução do teor de água por meio da secagem, as estruturas externas (pericarpo) tenham se contraído em menor proporção quando comparado aos tecidos internos, resultando na formação de espaços vazios no interior da semente. Dessa forma, pode ocorrer menor redução do volume do produto em relação a maior perda de massa de água contribuindo para a redução destes valores de massa específica (Araujo et al., 2014).

Nota-se que a redução do teor de água não proporcionou uma tendência clara para a massa específica unitária das sementes, coeficiente de arrasto e esfericidade dos frutos e sementes de crambe. Oliveira et al. (2014) e Coradi et al. (2015) avaliando diferentes métodos e temperaturas de secagem para sementes de baru e grãos de girassol, respectivamente, não observaram interferência da secagem nos valores de esfericidade e massa específica unitária dos grãos, corroborando com o resultado encontrado na presente pesquisa. Jesus et al. (2013) avaliando duas cultivares diferentes de feijão, encontrou resultado similar com as sementes de feijão-comum cv. BRS Valente, não apresentando um comportamento claro em relação a redução do teor de água para esfericidade dessas sementes.

Nota-se na Figura 2, que o modelo linear ajustou-se adequadamente aos dados da velocidade terminal experimental, com elevado coeficiente de determinação (R^2), semelhante aos resultados obtidos por Nunes (2009) que trabalhou com sementes de quinoa e Santos et al. (2016) trabalhando com grãos de feijão, em que o modelo linear permitiu prever com satisfação a velocidade terminal. Com a redução do teor de água ocorre a diminuição dos valores da velocidade terminal.

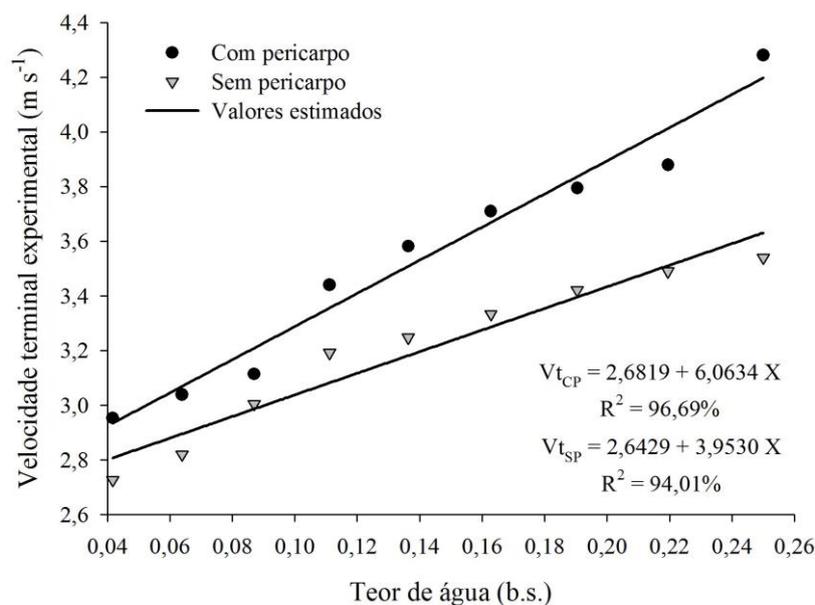


Figura 2 - Velocidade terminal experimental (V_t) dos frutos (CP – com pericarpo) e sementes (SP – sem pericarpo) de crambe em função do teor de água. Parâmetros significativos a 1%.

Para os frutos de crambe o maior valor obtido experimentalmente foi de $4,28 \text{ m s}^{-1}$ para o teor de água de 0,250 (b.s.) e o menor valor obtido foi de $2,95 \text{ m s}^{-1}$ para o teor de água de 0,042 (b.s.). Para as sementes de crambe o maior valor obtido experimentalmente foi de $3,54 \text{ m s}^{-1}$ para o teor de água de 0,250 (b.s.) e o menor valor obtido foi de $2,73 \text{ m s}^{-1}$ para o teor de água de 0,042 (b.s.).

Observa-se a relação direta de proporcionalidade entre o aumento dos valores de velocidade terminal, tanto para os frutos quanto para as sementes, com a elevação do teor de água dos mesmos, pelo sinal positivo do coeficiente de inclinação da reta.

Essa tendência de aumento dos valores da velocidade terminal relacionado com a elevação do teor de água, também foi encontrada por outros autores analisando diversas espécies como, Silva et al. (2003) em sementes de milho e sorgo e Santos et al. (2016) com grãos de feijão.

Nunes (2009) concluiu que o aumento do teor de água promove alterações nas características físicas do produto, principalmente em relação a massa e o volume, quanto maior o teor de água presente no produto, maior será sua resistência ao deslocamento quando o produto é submetido a um fluxo de ar, e conseqüentemente aumenta a velocidade terminal dos produtos.

Para os teores de água maiores que 0,136 (b.s.) observa-se que os valores da velocidade terminal experimental dos frutos com pericarpo foram maiores comparativamente as sementes (Tabela 2), mesmo com a maior massa específica unitária destes para todos os teores de água testados.

Tabela 2 - Média dos valores de velocidade terminal experimental e calculada dos frutos e sementes de crambe em relação ao teor de água

Teor de água (b.s.)	Experimental		Calculada	
	CP	SP	CP	SP
0,25	4,28 a	3,54 b	2,75 b	3,12 a
0,22	3,88 a	3,49 b	2,71 b	3,12 a

0,19	3,79 a	3,42 b	2,68 b	3,12 a
0,163	3,71 a	3,33 b	2,65 b	3,03 a
0,136	3,58 a	3,25 b	2,62 b	3,23 a
0,111	3,44 a	3,19 a	2,60 b	3,31 a
0,087	3,11 a	3,01 a	2,57 b	3,24 a
0,064	3,04 a	2,82 a	2,54 b	3,16 a
0,042	2,95 a	2,73 a	2,52 b	3,35 a

CP – Com Pericarpo – fruto; SP – Sem Pericarpo – semente. Médias seguidas pela mesma letra na linha e para a mesma condição (experimental ou calculada) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Provavelmente, esse comportamento deve-se a superioridade das características dimensionais e de massa dos frutos, quando comparados com as sementes, oferecendo maior resistência ao deslocamento quando imerso em fluxo de ar (Silva et al., 2003).

Na Figura 3 estão apresentados os valores da velocidade terminal calculada e os valores estimados dos frutos e sementes de crambe em função do teor de água. O modelo linear ajustou-se adequadamente aos dados da velocidade terminal calculada apenas para os frutos de crambe, com elevado coeficiente de determinação ($R^2 = 99,98\%$).

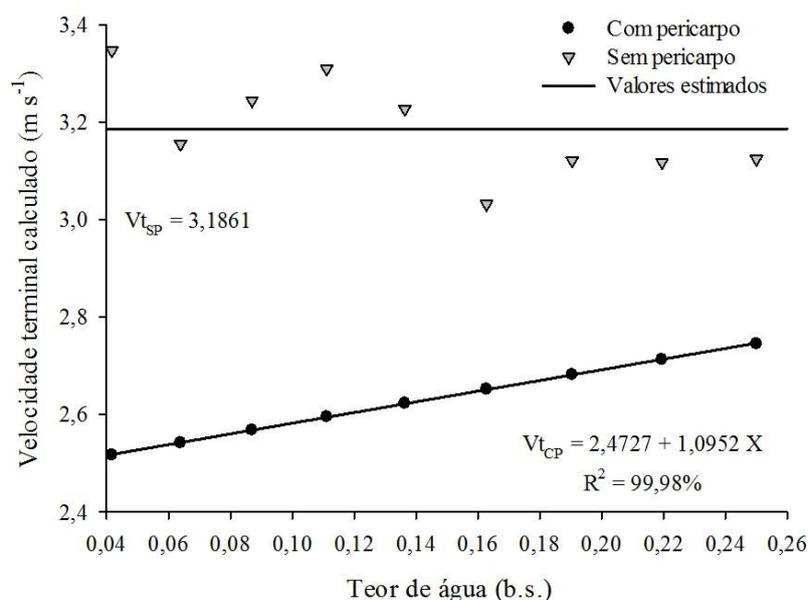


Figura 3 - Velocidade terminal calculada (V_t) dos frutos (CP) e sementes (SP) de crambe em função do teor de água (b.s.). Parâmetros significativos a 1%

Para os frutos o maior valor calculado foi de $2,75 \text{ m s}^{-1}$ para o teor de água de 0,250 (b.s.) e o menor valor obtido foi de $2,52 \text{ m s}^{-1}$ para o teor de água de 0,042 (b.s.) (Figura 2). Para as sementes o maior valor calculado foi de $3,35 \text{ m s}^{-1}$ para o teor de água de 0,042 (b.s.) e o menor valor foi de $3,03 \text{ m s}^{-1}$ para o teor de água de 0,163 (b.s.).

Nota-se que a velocidade terminal calculada foi menor que a velocidade terminal experimental para os frutos de crambe para todos os teores de água. Para as sementes de crambe os teores de água de 0,250; 0,220; 0,190; 0,163; 0,136 (b.s.) apresentaram velocidade terminal calculada menor que a velocidade terminal experimental. Segundo Vasconcelos (1998) isto pode ser explicado pelo fato de que para o cálculo da velocidade terminal calculada os grãos são considerados no formato de esfera, com a utilização de seu diâmetro equivalente, o que implica em rotação dos grãos em torno de si mesmo, com possíveis desvios para a velocidade terminal experimental.

Percebe-se que para as sementes de crambe com teores de água de 0,111; 0,087; 0,064; 0,042 (b.s.) a velocidade terminal calculada foi maior que a velocidade terminal experimental. Vasconcelos (1998) explica que esse comportamento pode ocorrer devido a determinação da velocidade terminal experimental ser realizada com maior quantidade de produto, enquanto que a velocidade terminal teórica é determinada com base nas medidas do grão individualmente.

Observa-se ainda na Figura 3 e Tabela 2 que os valores da velocidade terminal calculada dos frutos de crambe apresentaram-se menores comparativamente as sementes de crambe para todos os teores de água testados.

Conclusões

O teor de água promove alterações da velocidade terminal dos frutos e sementes de crambe, promovendo decréscimo dos valores com a remoção de água.

A velocidade terminal calculada é menor que a velocidade terminal experimental.

Agradecimentos

Ao IF Goiano, CAPES, FAPEG, FINEP e CNPq pelo apoio financeiro indispensável para execução deste trabalho.

Referências

Araujo, W. D., Goneli, A. L. D., Souza, C. M. A. de, Gonçalves, A. A., & Vilhasanti, H. C. B. (2014). Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(3), 279-286.

Bittencourt, E. (2010). Biodiesel: matéria prima – crambe tem alto potencial: oleaginosa pode ser produzida em larga escala e a baixo custo no período da safrinha. *Canal – Jornal da Bioenergia*, 4(46).

Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de defesa Agropecuária. *Regras para análise de sementes*. Brasília, 2009. 395 p.

Coradi, P. C., Helmich, J. C., Fernandes, C. H. P., & Peralta, C. C. (2015). Propriedades físicas de grãos de girassol após a secagem. *Revista de Ciências Agroambientais*, 13(2), 74-77.

Gonçalves, D. N., Resende, O., Costa, L. M., & Prado, M. C. Determination of physical properties of crambe fruits during drying. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 34, n. 5, p. 972-979, 2014.

Hawk, A. L., Brooker, D. B., & Cassidy, J. J. (1966). Aerodynamic characteristics of selected farm grains. *Transactions of the ASAE*, 9(1), 48-51.

Jesus, F. F. de, Souza, R. T. G. de, Silva Teixeira, G. C. da, Teixeira, I. R., & Devilla, I. A. (2013). Propriedades físicas de sementes de feijão em função de teores de água. *Revista Engenharia na Agricultura*, 21(1), 09-18.

Markowski, M., Żuk-Gołaszewska, K., & Kwiatkowski, D. (2013). Influence of variety on selected physical and mechanical properties of wheat. *Industrial Crops and Products*, 47(1), 113-117.

Mohsenin, N. N. (1986). *Physical properties of plant and animal materials*. New York: Gordon and Breach Publishers, 841 p.

Nunes, D. M. C. (2009). *Propriedades físicas, térmicas e aerodinâmicas de grãos de quinoa*

(*Chenopodium quinoa Willd.*). 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Goiás, 2009.

Oliveira, L. C., Costa, E., Cardoso, E. D., Binotti, F. F. da S., Jorge, M. H. A. (2014). Propriedades físicas de sementes de baru em função da secagem. *Revista da Agricultura Neotropical*, 1(1), 92-96.

Oliveira, D. E. C. de, Santos, M. N. S. dos, & Ruffato, S. (2014). Forma e tamanho dos grãos de milho da cultivar p3646 submetidos a diferentes condições de ar de secagem. *Nativa*, 2(3), 162-165.

Pettyjohn, E. S., & Christiansen, E. B. (1948). Effect of particle shape on free-settling rates of isometric particles. *Chemical Engineering Progress*, 44(2), 157-172.

Razavi, S. M. A., Rafe, A., & Akbar, R. (2007). Terminal velocity of pistachio nut and its kernel as affected by moisture content and variety. *African Journal of Agricultural Research*, 2(12), 663-666.

Santos, M. M., Devilla, I. A., Lisboa, C. F., de Carvalho Melo, P., & Antunes, A. M. (2016). Determining and modeling the physical, thermal and aerodynamic properties of Pinto beans with different water contents. *African Journal of Agricultural Research*, 11(46), 4735-4741.

Silva, F. S. da, Corrêa, P. C., Júnior, P. C. A., & Goneli, A. L. D. (2003). Influência do teor de umidade na velocidade terminal de grãos de sorgo e milheto. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 2(3), 143-147.

Smaniotto, T. A. de Souza, Resende, O., Sousa, K. A. de, Campos, R. C., Guimarães, D. N., & Rodrigues, G. B. (2017). Physical properties of sunflower seeds during drying. *Semina: Ciências Agrárias*, 38(1), 157-164.

Soares, J. B. (1986). Curvas de secagem em camada fina e propriedades físicas de soja (*Glycine max L.*). Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.

Souza, A. D. V. de; Fávaro, S. P.; Ítavo, L. C. V.; Roscoe, R. (2009). Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(10), 1328-1335.

Vasconcelos, L. H. (1998). Determinação das propriedades físicas da canola (*Brassica napus*), variedade iciola 41, relacionadas à armazenagem. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Sebastião Rodrigues Cardoso Neto – 16,70%

Oswaldo Resende – 16,66%

Lílian Moreira Costa – 16,66%

Daniel Emanuel Cabral de Oliveira – 16,66%

Gabrielly Bernardes Rodrigues – 16,66%

Wellytton Darci Quequeto – 16,66%