

MEDIDA DA ÁREA SUPERFICIAL DE FORMAS IRREGULARES

Roque Tamburini Junior* Jayme de Toledo Piza e Almeida Neto*

I. B. B. M. A., UNESP, Botucatu, S. Paulo, Brasil

(Recebido em 13/04/81)

Um grande número de fenômenos tanto físicos e químicos como biológicos necessitam de parâmetros geométricos para a sua exata avaliação. Entre eles, o estudo das operações de processamento de produtos agrícolas, tais como a separação em meios fluídos, o tratamento e o condicionamento térmico, exigem que se tenha um perfeito conhecimento da forma, tamanho, área projetada, área superficial e volume dos referidos produtos.

Em todos os casos o produto a ser estudado tem forma irregular o que torna bastante complexa a avaliação de seus parâmetros geométricos.

Entre esses parâmetros, a área superficial, tem sido objeto de estudo por parte de vários pesquisadores bastando-se citar Hedlin e Collins³, Agrawal et ali¹.

No Brasil, com o desenvolvimento das pesquisas em Engenharia Agrícola começa a surgir a necessidade de se estudar esse problema em seus detalhes.

O presente trabalho tem por objetivo refazer as metodologias propostas por Hedlin e Collins³ e Agrawal et ali¹ adaptando-as e comparando os resultados obtidos pelos dois processos.

No presente trabalho utilizou-se um conjunto de corpos padrões de madeira (Ipê) cujas características de forma se encontram na Tabela I.

Para se testar a metodologia foram usados frutos secos de *Coffea Arabica* (L.) cultivar Mundo Novo com 12% de umidade de *Glycine Max* (L.) cultivar Santa Rosa também com a umidade em torno de 12%.

Tamanho Forma	Pequeno	Médio Pequeno	Médio Grande	Grande
Cilíndrica Diâm.xAlt.	2,5x7	6x9	9x12	12x15
Esférica Diâm.	2,5	6	9	12
Prismática Larg.xProf.xAlt.	2,5x2,5x7	6x6x9	9x9x12	12x12x15

Tabela I - Dimensões em mm dos corpos padrões em Ipê.

As medidas lineares foram feitas com um paquímetro com leitura até 0,1 mm de marca comercial Maub - Polônia.

As pesagens foram feitas em uma balança analítica Mettler modelo H10T.

O verniz usado para imersão das peças foi de marca Sparlak, resina sintética a base de poliuretana.

O pó de cobre, usado para recobrimento foi fornecido pela Moldimix Indústria Comércio Ltda. - Botucatu e tamizado para ficar entre -250 a + 325 mesh.

A sílica usada foi classificada entre - 4 a + 8 mesh.

Para uniformizar a técnica de recobrimento foi construído um misturador constituído de um recipiente de vidro de forma cilíndrica com boca larga de 14,5 x 7,5 cm, o qual é preso através de molas em um sistema de eixo manivela. Tal sistema possibilita o giro do recipiente, de tal maneira que o conteúdo vá da tampa ao fundo e vice-versa.

Para a preservação da identidade de cada corpo foi construída uma caixa de cartolina com repartições numeradas.

Foram utilizados dois métodos distintos para a medida da área superficial:

1º Método: Utilizando-se a metodologia preconizada por Hedlin e Collins³, apenas substituindo o pó de níquel por pó de cobre uma vez que ambos têm densidades próximas e o segundo é mais facilmente encontrado no mercado nacional, fez-se as seguintes operações: (a) Mediu-se todas as peças. (b) Pesou-se todas as peças. (c) Recobriu-se todas as peças mergulhando-as inicialmente no verniz, agitando-se em seguida num recipiente com 300 gramas de sílica para tirar o excesso deste, deixando-se sobre uma peneira por 10 minutos ao ar livre e logo após colocando-se o corpo no recipiente contendo 150 g de pó de cobre o qual foi girado a 20 rpm durante 3 minutos. (d) Finalmente pesou-se novamente as peças já agora recobertas de pó de cobre.

Com os pesos dos corpos de madeira de forma, dimensões, áreas superficiais (S), peso inicial (M1) e peso recoberto (M2) conhecidos, determinou-se a densidade de recobrimento DR havia nesses corpos pela fórmula (1)

$$DR = \frac{M2 - M1}{S} \quad (1)$$

Com o valor de DR e supondo que essa densidade de recobrimento se mantenha nos corpos de forma regular, mediu-se as suas áreas superficiais (SM) através da fórmula (2)

$$SM = \frac{M2 - M1}{DR} \quad (2)$$

2º Método: Supondo que os produtos cujas áreas superficiais que estão sendo pesquisadas tenham a forma aproximada de um elipsoide de três eixos, avaliou-se a área do mesmo, segundo método proposto na literatura⁶.

Nesse método a área superficial SC é avaliada através da fórmula (3) sendo que:

$$\frac{x^2}{a} + \frac{y^2}{b} + \frac{z^2}{c} = 1$$

é a fórmula genérica do elipsóide de semi-eixos a , b e c e centro na origem.

$$SC = 2 \iint_R \left[1 + \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)^2 \right] dA$$

onde R é a região da elipse $\left(\frac{x}{a} \right)^2 + \left(\frac{y}{b} \right)^2 = 1$ e

$dA = dx dy$ é um elemento dessa mesma elipse.

O desenvolvimento dessa integral leva a uma integral de primeira espécie de Gauss-Chebyshev, integral essa tabelada e que pode ser calculada através da somatória.

$$SC = 2 \frac{\pi}{n} \cdot a \cdot b \cdot \sum_{j=1}^n W_j \sum_{k=1}^n [1 - A_b X_j^2 - A_c u_k (1 - X_j^2)]^{0,5}$$

onde $A_b = 1 - c^2/a^2$, $A_c = 1 - c^2/b^2$ (3)

e os valores de X_j , W_j , u_k podem ser encontrados em (5).

Com base na metodologia descrita obteve-se os seguintes resultados:

Tamanho Forma	Pequeno	Médio Pequeno	Médio Grande	Grande
Cilíndrica	0,1440	0,2544	0,2090	0,2069
Esférica	0,1685	0,1462	0,1632	0,1641
Prismática	0,1758	0,1488	0,2069	0,2141

Tabela II - Média das densidades de recobrimento (mg/mm^2) de 10 peças de cada forma e de cada tamanho.

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que:

1. O valor da densidade de recobrimento em torno de $DR = (0,18 \pm 0,01) \text{ mg}/\text{mm}^2$. Valor esse bem próximo dos valores da bibliografia nos experimentos de Hedlin Collins³, considerando-se que as densidades do níquel e do cobre são praticamente iguais.

2. A área superficial do café em côco calculada na suposição de que o mesmo tenha a forma de um elipsóide de 3 eixos constitui uma sub-avaliação dessa superfície.

3. Pelo método do recobrimento temos uma área média do fruto seco em torno de $263,53 \text{ mm}^2$. Supondo-se 1.800 frutos por dm^3 tem-se a 4.743 cm^2 de área superficial.

4. Área média do grão de soja é de $99,28 \text{ mm}^2$. Considerando 3.930 sementes por dm^3 temos uma área superficial de 3.900 cm^2 .

5. Da análise das diferenças nas tabelas IV e V conclui-se que os valores de SC e SM estão mais próximas para a soja do que para o café levando a concluir que a rugosidade da casca do café ao secar é responsável pelo aumento da área superficial medida (SM).

6. Reforçando a conclusão anterior verifica-se que a área média por dm^3 para o café é superior ao da soja o que aparentemente seria um absurdo geometricamente falando pois

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F
Tamanho	3	0,00196	0,00065	0,54390
Forma	2	0,00376	0,00180	0,15644
Resíduo	6	0,00721	0,00120	
Total	11	0,01294		

Médias de Forma

Cilíndrica = 0,203 mg/mm^2

Esférica = 0,160 mg/mm^2

Prismática = 0,184 mg/mm^2

M(Média Geral) = 0,18 mg/mm^2

S(M) = Desvio padrão = 0,01 mg/mm^2

Tabela III - Análise de variância dos dados da tabela II.

D1 mm	D2 mm	D3 mm	M1 mg	M2 mg	V mm^3	DV $\frac{\text{mg}}{\text{mm}^3}$	SC mm^2	SM mm^2	S mm^2
11,8	9,4	8,6	465,3	526,1	499,46	0,93	265,50	332,24	66,74
9,7	7,5	7,1	247,5	285,3	270,45	0,92	176,42	206,56	30,14
11,1	9,0	8,2	371,9	417,7	428,92	0,87	239,64	250,27	10,63
11,0	7,5	7,5	304,9	343,6	323,97	0,94	200,63	211,48	10,85
12,1	9,6	8,2	462,9	519,7	498,73	0,93	266,67	310,38	43,71
11,4	9,2	8,3	403,5	459,3	455,79	0,89	249,78	304,18	54,40
12,5	9,8	8,3	468,7	523,4	532,37	0,88	279,03	298,91	9,88
10,5	7,3	6,9	271,8	305,8	276,92	0,98	180,95	185,79	4,84
9,9	8,4	7,3	271,4	316,1	317,86	0,85	196,30	244,26	47,96
11,4	7,6	7,0	301,0	354,3	317,55	0,95	199,58	291,26	91,68

Tabela IV - Diâmetros (D1, D2, D3), Massa inicial (M1), Massa com recobrimento (M2), Volume (V), Densidade Volumétrica (DV), Superfície calculada SC, Superfície Medida SM, e diferença de avaliação S para o café em côco, seco.

D1 mm	D2 mm	D3 mm	M1 mg	M2 mg	V mm^3	DV $\frac{\text{mg}}{\text{mm}^3}$	SC mm^2	SM mm^2	S mm^2
7,6	7,0	6,1	206,0	226,2	169,91	1,21	128,80	110,38	18,42
7,4	6,9	6,4	210,0	230,0	171,10	1,22	129,03	109,29	19,74
7,3	6,4	6,0	188,2	207,2	146,77	1,28	116,63	103,83	12,80
7,5	6,5	6,0	185,6	204,7	153,15	1,21	120,10	104,37	15,73
6,9	6,3	5,8	162,0	176,6	132,01	1,23	108,61	79,78	28,83
6,7	6,3	5,5	150,9	165,7	121,55	1,24	102,95	80,87	22,08
6,8	6,2	5,5	146,0	162,7	121,41	1,20	102,88	91,26	11,62
8,4	6,7	5,9	208,5	230,7	173,86	1,20	131,71	121,31	10,39
6,9	6,5	5,9	171,8	185,8	138,55	1,24	112,15	76,50	35,65
6,8	6,7	5,8	164,5	185,6	138,36	1,19	112,19	115,30	3,11

Tabela V - Diâmetros (D1, D2, D3), Massa inicial (M1), Massa com recobrimento (M2), Volume (V), Densidade Volumétrica (DV), Superfície calculada SC, Superfície Medida SM, e diferença de avaliação S para a soja.

no caso ideal quanto menor a partícula maior a sua área superficial por unidade de volume.

7. Como conclusão final verifica-se que o presente trabalho evidencia a necessidade de se estudar as particularidades de cada produto cuja área se pretende medir, levando-se

em conta suas características na confecção dos corpos padrões usados no 1º método. Além disso o trabalho evidencia também que o segundo método proposto apesar de sua maior simplicidade de aplicação leva a resultados menos precisos.

AGRADECIMENTOS

De início pretendeu-se desenvolver o presente trabalho em colaboração com o Prof. Dr. Gonzalo Roa M. da Fac. de Engenharia de Alimentos e Engenharia Agrícola da Unicamp. Por vários motivos isso não foi possível. No entanto, aqui ficam os nossos agradecimentos pelas sugestões apresentadas. O pó de cobre e suas especificações foi fornecido pela Moldimix Indústria Comércio Ltda. Botucatu, ficando aqui os nossos agradecimentos à pessoa de seu diretor eng. Arimar Ferreira de Barros.

¹K. K. Agrawal, B. L. Clare & E. W. Schoeder, 1973. Mathematical Models of Peanut Pod Geometry. Transactions of the ASAE, pp. 315-319.

²R. Camargo & A. Q. Telles Jr., 1953. O Café no Brasil (VII), Série Estudos Brasileiros nº 4. Serviço de Informação Agrícola, Ministério da Agricultura, 720 p.

³C. P. Hedlin & S. H. Collins, 1961. Method of Measuring the Surface Area of Granular Material. Canadian Journal of Chemical Engineering, 2:49-50.

⁴N. N. Mohsenin, 1972. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Cap. 3, Physical Characteristics, 51-87. Gordon and Breach Science Publishers - New York.

⁵National Bureau of Standards 1964. Handbook of Mathematical Functions with formulas, graphs, and mathematical tables. Applied Mathematics Series 55, New York, N. Y. pp. 887, 889 and 916, June.

⁶B. N. Ghosh, Physical Properties of Robusta coffee beans. Turrialba, 4(21), 421-424, (1971).

NOTA TÉCNICA

TORNEIRAS DE PTFE PARA USO GERAL EM LABORATÓRIO(*)

J. C. de Andrade e Kenneth E. Collins

*Instituto de Química
Universidade Estadual de Campinas
CP 1170, 13100 Campinas, São Paulo, Brasil*

(Recebido em 26/02/1981)

As torneiras de politetrafluoretileno (PTFE, por ex.: Teflon; Brasiflon) são de grande utilidade em um laboratório químico e possuem basicamente três vantagens sobre as torneiras convencionais de vidro: 1) não precisam de lubrificação, logo podem ser utilizadas com solventes orgânicos ou reagentes inorgânicos corrosivos; 2) podem ser utilizadas sob pressão, com boa vedação, devido a elasticidade do PTFE, e 3) podem ser construídas com um "volume morto" muito pequeno, o que as tornam importantes para a cromatografia líquida de alta eficiência.

É relativamente fácil construir tais torneiras. Para isto basta usar uma peça cilíndrica de PTFE (adquirível no mercado nacional) e um pequeno torno, destes encontrados na maioria das oficinas mecânicas.

Esta nota técnica pretende mostrar detalhadamente, usando um exemplo facilmente modificável, a construção destas torneiras, além de apresentar outras sugestões e indicar possíveis usos para tais peças. Várias configurações de entrada e saída para as torneiras deste tipo serão também sugeridas.

A forma e as dimensões, convenientes para uso geral em cromatografia de baixa pressão (e também outras finalidades), encontram-se indicadas nas Figuras 1 e 2.

A Figura 1 mostra os componentes da torneira (corpo e rotor) e um diagrama em perspectiva da peça montada, enquanto que na Figura 2 indicam-se as dimensões dos seus

componentes (corpo e rotor). Algumas configurações possíveis para as extremidades, encontram-se descritas na Figura 4.

CONSTRUÇÃO DA TORNEIRA

O procedimento na construção do rotor consiste em toronar a barra de PTFE até as dimensões especificadas (ex.: Figura 2.b) e então introduzir o pino do rotor, sob pressão. Idealmente utiliza-se como pino um cilindro de aço inox com 1,5-2,0 mm de diâmetro e cerca de 25 mm de comprimento, mas outras ligas ou metais podem ser também utilizados para este fim. A introdução do pino é feita em um furo existente na cabeça do rotor, o qual deve possuir um diâmetro 0,02 mm menor que o da barra de aço. A seguir o corpo da torneira é construído, segundo a sequência mostrada na Figura 3.

Trabalha-se inicialmente a barra de PTFE até as dimensões pré-estabelecidas, no caso as descritas na Figura 2.a. Um furo lateral de 6,0 mm de diâmetro deve ser feito no cilindro já torneado (Fig. 3.b). Para tal faz-se um furo-guia de 1,5 mm o qual é então posteriormente alargado para 6,0 mm. Com uma broca comum de 7,0 mm alarga-se o furo de 6,0 mm em um dos lados do corpo da peça, segundo as dimensões mostradas nas Figuras 2.a e 3.b. Após isto as extremidades são desbastadas (Fig. 3.c; as dimensões das