



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola
Área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas

**RELATÓRIO FINAL DO
ESTÁGIO SUPERVISIONADO DA ALUNA:**

Renata Duarte Almeida

**Influência do teor de água sobre as características físicas
de sementes de fava**

Profa. Dra. Maria Elita Martins Duarte
(Orientadora)

Campina Grande, PB
(Julho/2009)

RELATÓRIO FINAL DO ESTÁGIO SUPERVISIONADO DA ALUNA:

Renata Duarte Almeida

Influência do teor de água sobre as características físicas de sementes de fava

Trabalho apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para cumprimento do estágio supervisionado.

CAMPINA GRANDE

Julho/2009



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

RELATÓRIO FINAL DO ESTÁGIO SUPERVISIONADO DA ALUNA:

Renata Duarte Almeida

Influência do teor de água sobre as características físicas de sementes de fava

BANCA EXAMINADORA:

PARECER
(nota)

Maria Elita Martins Duarte

Profa. Dra. Maria Elita Martins Duarte
(Orientadora) UFCG/DEAg

9,4

Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata

Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata
(Examinador) UFCG/DEAg

9,5

Leila de Sousa Nunes

Doutoranda Leila de Sousa Nunes (Mestre em Eng. Agrícola)
(Examinador) UFCG/CCT/Engenharia de Processos

9,3

CAMPINA GRANDE
(Julho/2009)

Influência do teor de água sobre as características físicas de sementes de fava

RESUMO

É possível otimizar a engenharia para empregá-la na produção agrícola e esta otimização se dá através das informações das propriedades físicas que surgem para os novos projetos de máquinas e equipamentos, evitando, assim, desperdícios dos produtos. Diante disto, estudou-se o comportamento das características de grãos de fava (*Phaseolus lunatus* L.) em 5 diferentes teores de água (47, 35, 25, 14, 10 e 6%b.u), determinando-se: Massa; Volume; Massa específica real; Massa específica aparente; Esfericidade; Porosidade e Ângulo de repouso. Concluiu-se que: Existe diminuição das três dimensões dos grãos de fava com a diminuição do teor de água; a regressão linear representa melhor os dados de massa em função do teor de água para sementes de fava; existe tendência de aumento do Volume dos grãos com o aumento do teor de água, e este comportamento é semelhante ao observado para a massa dessas sementes; a massa específica aparente aumenta com o aumento do teor de água enquanto a porosidade apresenta comportamento inverso, sofrendo grande influência da forma da fava; a massa específica real ou unitária não sofreu grandes flutuações com a variação do teor de água, apresentando valores em torno de 1200kg.m^{-3} .

PALAVRAS-CHAVE: beneficiamento, seleção, classificação, processamento.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1Objetivos	2
1.1.1Objetivos específicos	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Características gerais da cultura	4
2.2 Características físicas	4
2.2.1 Teor de água	5
2.2.2 Forma e tamanho	5
2.2.3 Volume	7
2.2.4 Massa específica	8
2.2.5 Circularidade	9
2.2.6 Esfericidade	11
2.2.7 Área superficial	14
2.2.8 Porosidade	15
2.2.9 Ângulo de repouso	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Teor de água	19
3.2 Tamanho	19
3.3 Massa	19
3.4 Volume	20
3.5 Massa específica real	20
3.6 Área projetada	20
3.7 Esfericidade	21
3.8 Circularidade	21
3.9 Porosidade	21
3.10 Ângulo de repouso estático	22
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Tamanho	23
4.2 Massa	26
4.3 Volume	28
4.4 Massa específica aparente e porosidade	30
4.5 Esfericidade	32
4.6 Circularidade, porosidade e ângulo de repouso	32
5- CONCLUSÕES	33
6-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

[Digite texto]

Influência do teor de água sobre as características físicas de sementes de fava

1. INTRODUÇÃO

Entre as principais dificuldades técnicas no beneficiamento de fava ressaltam-se a escassez de sementes melhoradas, os altos custos de produção envolvendo mão-de-obra no plantio, na colheita e pós-colheita, e, principalmente, a carência de equipamentos e máquinas agrícolas adaptadas às necessidades dos produtores nas operações de beneficiamento. Isto implicaria em redução do esforço físico despendido, tornando disponível o tempo de trabalho para outras atividades na propriedade.

Os equipamentos de descascamento, mesmo os de acionamento manual existentes, foram desenvolvidos para feijão, e quando o assunto é seleção e classificação as necessidades são ainda mais evidentes, pois devido às características físicas da fava ser muito diferentes, um simples ajuste não satisfaz. Temos aí, na contramão dos acontecimentos, os problemas que podem estar contribuindo para a falta de incentivo à produção em termos de área plantada. Como beneficiar uma grande quantidade de produtos, em tempo mínimo requerido pelo produto para que não se estrague, sem a ajuda da tecnologia? Estes problemas limitam, ou inibem o crescimento da produção de qualquer produto, é como imaginar a colheita de soja nacional, sem a ajuda da mecanização.

Para o desenvolvimento de equipamentos específicos de uma determinada cultura, é importante reunir o maior número de informações sobre as suas características físicas e a sua relação com fatores que as influenciam, como por exemplo, o teor de água. Estas informações servirão de parâmetros para delimitar as variáveis e o princípio de funcionamento das máquinas de beneficiamento projetadas para colheita, debulha limpeza, seleção ou classificação.

É possível otimizar a engenharia para empregá-la na produção agrícola e esta otimização se dá através das informações das propriedades físicas que surgem para os novos projetos de máquinas e equipamentos, evitando, assim, desperdícios dos produtos.

Dentre estas propriedades, o conhecimento das três dimensões, mutuamente perpendiculares dos grãos de fava; volume; área projetada, área superficial; área critério; massa específica real; massa específica aparente; porosidade; ângulo de repouso e grau de circularidade possui fundamental importância para mecanização, durante e após a colheita, quando o produto está em vias de comercialização, com a finalidade de melhorar as características e de agregar valor econômico, conseqüentemente, reduzir custos com mão de obra e tempo de operação no processamento de pós-colheita.

1.1- Objetivos

Estudar o comportamento das características de grãos de fava (*Phaseolus lunatus* L.) em 5 diferentes teores de água.

1.1.1- Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo deste estudo com grãos de fava (*Phaseolus lunatu* L.), determinou-se:

- a) Teor de água;
- b) Tamanho, verificando-se as medidas das três dimensões mutuamente perpendiculares;
- c) Massa;
- d) Volume;
- e) Massa específica real;
- f) Massa específica aparente;
- g) Esfericidade;
- h) Porosidade;
- i) Ângulo de repouso.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1- Características gerais da cultura

A família Fabaceae, uma das maiores entre as dicotiledôneas, com 643 gêneros, reúne 18.000 espécies distribuídas em todo o mundo, estando concentrada nas regiões tropicais e subtropicais (BROUGHTON et al., 2003). A espécie *Phaseolus lunatus* L., também conhecida como feijão-fava ou feijão-lima, é cultivada na América do Norte, na América do Sul, na Europa, no leste e oeste da África e no sudeste da Ásia (BAUDOIN, 1988).

No Brasil, apesar de cultivada em todos os Estados e de apresentar capacidade de adaptação mais ampla que o feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), o cultivo do feijão-fava ainda tem pouca relevância. Acredita-se que as principais razões para o cultivo relativamente limitado, sejam: a maior tradição de consumo do feijão-comum, o paladar do feijão-fava e o seu tempo de cocção mais longo. A importância econômica e social se deve principalmente à sua rusticidade em regiões semi-áridas do Nordeste brasileiro, o que possibilita prolongar a colheita em período seco (AZEVEDO et al., 2003). Os grãos verdes e secos, as vagens verdes e as folhas do feijão-fava, podem ser consumidos pelo homem; trata-se de uma das principais leguminosas cultivadas na região tropical, que apresenta potencial para o fornecimento de proteína vegetal à população e diminuição da dependência, quase exclusiva, do feijão-comum do grupo carioca (VIEIRA, 1992). De acordo com OLIVEIRA et al. (2004), o feijão-fava é, hoje, uma alternativa de renda e fonte alimentar para a população da região Nordeste do Brasil, que o consome sob a forma de grãos maduros ou verdes. Ainda segundo os mesmos autores, o Estado da Paraíba, onde é cultivado em quase todas as microrregiões, vem-se destacando como um dos maiores produtores nacionais.

A fava (*Phaseolus lunatus* L.), também conhecida como feijão-lima ou feijão-fava, é uma das quatro espécies do gênero *Phaseolus* exploradas comercialmente. A espécie foi domesticada na América do Sul ou Central, ou em ambas, e é subtropical. É uma das principais leguminosas cultivadas na região tropical e apresenta potencial para fornecer proteína vegetal à população, diminuindo a dependência quase exclusiva dos feijões do grupo carioca. Embora sua utilização seja relativamente menor, a fava parece ter uma capacidade de adaptação mais ampla que o

feijão-comum (*P. vulgaris*). Acredita-se que as principais razões para o cultivo relativamente limitado da fava sejam a tradição do consumo de feijão-comum, o paladar da fava e o seu tempo de cocção mais longo, além da falta de variedades adaptadas às condições da região (SANTOS et al., 2002).

Em algumas regiões tem se constatado níveis baixos de produtividade, devido principalmente à falta de um programa de pesquisas sobre nutrição mineral. A grande maioria dos solos brasileiros é ácida de baixa fertilidade e elevada capacidade de retenção de fósforo o que leva à necessidade de aplicação de elevadas doses de fosfatos, contribuindo para o aumento nos custos de produção, e reduzir os recursos naturais não renováveis que originam esses insumos. Para se obter alta produtividade é necessário uma adubação fosfatada, o que tem ocasionado a intensificação da busca de doses mais adequadas para as culturas e que possibilitem maiores retornos econômicos (OLIVEIRA et al., 2004).

2.2 - Características físicas

2.2.1 - Teor de água

O teor de água é uma das características físicas dos produtos que mais influenciam nos processos de beneficiamento.

CAVALCANTI MATA et al. (1986) estudaram o comprimento, a largura, a espessura, a área e o volume das sementes de algaroba, cacau, feijão macassar, feijão mulatinho, mamona e milho, obtendo variações lineares com o aumento do teor de umidade.

JOSHI *et al.* (1993) estudaram algumas propriedades físicas de sementes e grãos de abóbora, como densidade, porosidade, volume, ângulo de repouso, velocidade terminal e coeficiente estático de atrito, em diferentes teores de umidade (4 a 40% b.u.) verificando que todos apresentam modificações.

SUTHAR e DAS (1996) determinaram algumas propriedades físicas e aerodinâmicas de sementes e grãos de melancia em função do teor de umidade.

ARAÚJO (1999) e SILVA *et al.* (1996) estudou o teor de umidade de amendoim para então descascá-lo em máquinas de acionamento manual e mecânica.

2.2.2- Forma e tamanho

A forma e o tamanho de um objeto são características inseparáveis e necessárias para descrevê-lo satisfatoriamente. Para algumas aplicações em que estas características afetam o processo, a solução é uma simples relação bidimensional, como mostra a Equação 1:

$$I = f(sh, s) \quad (1)$$

em que,

I- indicador dos efeitos da forma e tamanho

sh- coeficiente de forma

s- coeficiente de tamanho

THALER (1981) descreveu sobre a importância de considerar as características específicas, como tamanho e dimensão dos produtos para um melhor planejamento dos sistemas de transporte e processamento de materiais.

A influência de teores de umidade no comprimento, largura e espessura de sementes de feijão mulatinho e feijão macassar foi estudada por CAVALCANTI MATA e FERNANDES FILHO (1984) e verificaram que estas dimensões obtiveram crescimento linear com o aumento do teor de umidade.

Estudando a influência do tamanho de sementes de lentilha para o processamento, ERSKINE *et al.* (1991) concluíram que a maior eficiência destas operações ocorre com a fração de pequenas sementes, em torno de 4mm.

SUTHAR e DAS (1996) determinaram as médias de comprimento, largura e espessura de 100 sementes de melancia, com teor de umidade de 7,35% b.s., encontrando 10,60; 6,18 e 2,37mm, respectivamente, e valores correspondentes para 100 grãos, que foi de 8,85; 4,88 e 1,64mm, constatando que cerca de 55% de sementes têm comprimento entre 9,5 e 11,5 mm.

As médias de comprimento, largura e espessura de sementes de cominho foram determinadas em 5,61; 1,77 e 1,55mm, respectivamente (SINGH e GOSWAMI, 1996).

ÇARMAN (1996) estudou sementes de lentilha maduras e secas (6,5% b.s.) e encontrou valores de 6,64 e 2,65 mm para diâmetro e largura, respectivamente.

Os valores de comprimento, largura e espessura de sementes de girassol foram de 9,52; 5,12 e 3,27mm, respectivamente e correspondentes para grãos de girassol, 8,28; 4,09 e 2,43mm. Cerca de 80% da amostra de sementes apresentaram variações de comprimento entre 8 e 10 mm; cerca de 11% apresentaram 10mm, e 8% menos que 8mm (GUPTA e DAS, 1997).

SINGH (1993) determinou as características físicas de vagens e sementes de amendoim JL-24, verificando as maiores frequências (70%) nos comprimento de 28 a 34mm. Para a largura, encontrou os maiores números de vagens (60%) em 12,5 a 14mm. Para espessura da vagem, verificou 60% com 11,5 a 12,5 mm. Para semente, constatou a maior incidência de comprimento em intervalos de 15 a 17mm, e diâmetros de 8 a 9,5mm.

Classes de tamanhos de vagens e sementes foram estudadas por SILVA *et al.* (1996), para amendoim da variedade CNPA BR1, encontrando as maiores frequências de comprimento de vagens em 30 a 50mm, mais de 90% da amostra, para o diâmetro de 11 a 14mm, cerca de 75%.

ARAÚJO *et al.* (1997) determinaram as características físicas de amendoim da variedade BR1, para projetar uma máquina descascadora de amendoim por acionamento mecânico, constatando maior frequência (86%) de comprimento de vagens em 20 a 40mm e maiores percentuais de diâmetros em 11 a 13mm (83%).

VARSHNEY *et al.* (1994) estudaram as características físicas de 5 variedades de amendoim, com diferentes teores de umidade, cujo os valores são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Intervalos de comprimento, largura e espessura encontrados para 5 variedades de amendoim com diferentes teores de umidade

Teor de água (%)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)
5	9,32 - 15,77	6,47 - 7,48	6,45 - 7,42
12	9,59 - 16,02	6,67 - 7,69	6,75 - 7,54
17	10,47 - 17,08	7,79 - 8,50	7,14 - 7,80
22	11,32 - 18,48	8,50 - 9,03	7,39 - 7,93

Fonte: VARSHNEY *et al.* (1994)

2.2.3- Volume

MOHSENIN (1978) descreve um método no qual o volume é determinado pelo deslocamento de água, onde o objeto é pesado no ar, em seguida mergulhado em um recipiente graduado com água. Desta última pesagem é retirado o peso do recipiente mais água, restando o peso da água deslocada, que é usado na Equação 2, para o cálculo do volume. O uso do recipiente graduado permite a verificação da variação de volume, possibilitando fazer uma comparação com o resultado obtido através da medida da massa de água deslocada.

Neste método são feitas 3 pesagens (Figura 1), a primeira (a) é a simples pesagem da semente de fava, a segunda (b) é a pesagem de um recipiente contendo água e a terceira (c) é a pesagem do recipiente com água + grão submerso. Nesta terceira pesagem, o grão é suportado por uma haste, e então, forçado para dentro d'água sem, no entanto, tocar as superfícies do recipiente. A terceira pesagem (c) menos a Segunda (b) é a massa de água deslocada que deve ser usada na Equação 2 para o cálculo do volume.

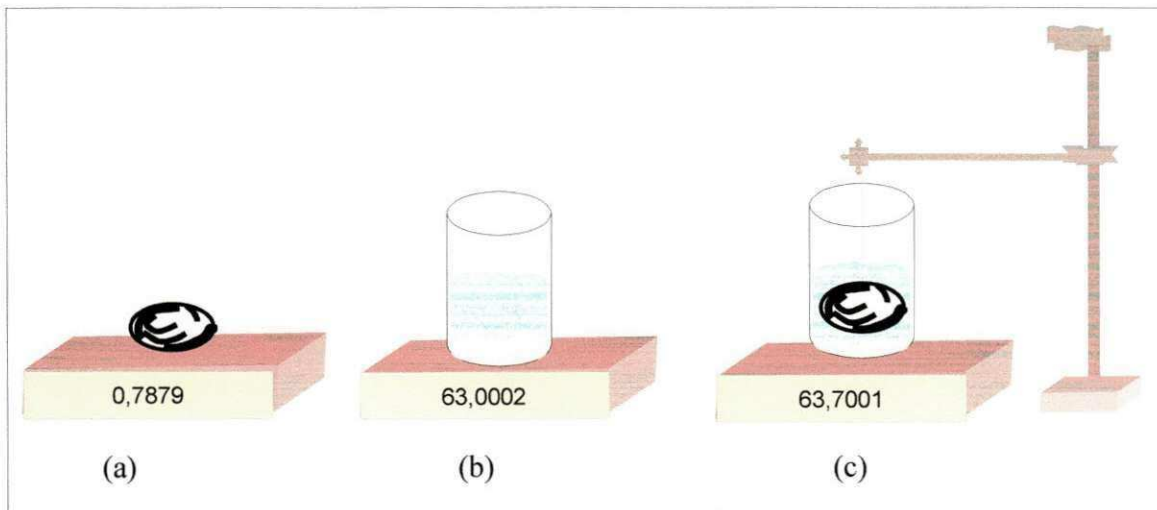


Figura 1 - Método do deslocamento de massa usado para o cálculo do volume e da massa específica de sementes de fava.

$$\text{Volume} = \frac{\text{massa de água deslocada(g)}}{\text{massa específica da água (g.cm}^{-3}\text{)}} \quad (2)$$

ÇARMAN (1996) encontrou valores médios de 49,08 mm³ para o volume de sementes de lentilha com teor de umidade de 6,5% b.s..

2.2.4- Massa específica

A massa específica aparente é definida como a relação existente entre uma certa massa do produto e o volume por ela ocupado, podendo variar conforme o teor de umidade, da percentagem de impurezas e de sementes quebradas (SASSERON, 1980).

O mesmo método utilizado para determinar o volume é usado para determinar a massa específica diretamente pela relação:

$$\rho_{\text{real}} = \frac{\text{massa do grão no ar}}{\text{volume}} \quad (3)$$

JOSHI *et al.* (1993) estudaram a massa específica de sementes de abóbora em dois teores de umidade (4 e 40%) e verificaram um decréscimo de 1.179 para 1.070 kg.m⁻³, e nos grãos um acréscimo de 1.080 para 1.143 kg.m⁻³.

VARSHNEY *et al.* (1994) verificaram um decréscimo de massa específica com o aumento do teor de umidade de 5 para 22% b.s., que foram as seguintes: para as variedades GAUG-1 (715 para 698 kg.m⁻³); para GG-2 (705 para 685 kg.m⁻³); para a variedade GAUG-10 (698 para 669 kg.m⁻³); GG-11 (689 para 664 kg.m⁻³) e para a variedade M-13 (673 para 654 kg.m⁻³).

SUTHAR e DAS (1996) investigaram a massa específica de sementes e grãos de melancia, em teores de umidade de 4 para 40% b.s., encontrando uma variação de 1.148 para 1.004 kg.m⁻³ e de 1.010 para 1.134 kg.m⁻³, respectivamente, (a média de massa por umidade de semente e grãos foi de 0,099 e 0,062g, respectivamente).

A massa específica aumentou de 1.047 para 1.134 kg.m⁻³ com o aumento de umidade de 7 para 22%, em sementes de cominho (SINGH e GOSWAMI, 1996).

ÇARMAN (1996) encontrou para sementes de lentilha, um decréscimo de 1.190 para 935 kg.m⁻³, indicando uma diminuição na massa específica com o aumento do teor de umidade, esta relação linear negativa também foi observada por Tong e Sokhansanj e Fraser *et al.*, citados pelo autor.

Para sementes e grãos de girassol, GUPTA e DAS (1997) verificaram acréscimos de 574 a 682 kg.m⁻³ e 1.050 a 1.250 kg.m⁻³, respectivamente, com o incremento de umidade de 4 para 20% b.s..

2.2.5 - Circularidade

Segundo Curray, citado por CAVALCANTI MATA e FERNANDES FILHO (1984), a circularidade é um fator que nos indica o quão próximo está a área do objeto de um círculo. A fórmula e a representação gráfica para circularidade são a seguir descritas (Figura 2).

Método 1

$$C = \frac{A_p}{A_c} \times 100 \quad (4)$$

em que,

C - circularidade, em percentagem

A_p - área projetada do produto

A_c - área do menor círculo que circunscreve a projeção do produto

Método 2

$$C = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N (r_i / R) \quad (5)$$

em que,

r - raio de curvatura, mostrado na Figura 2.2

R - raio da maior circunferência inscrita na projeção do objeto, em posição de repouso

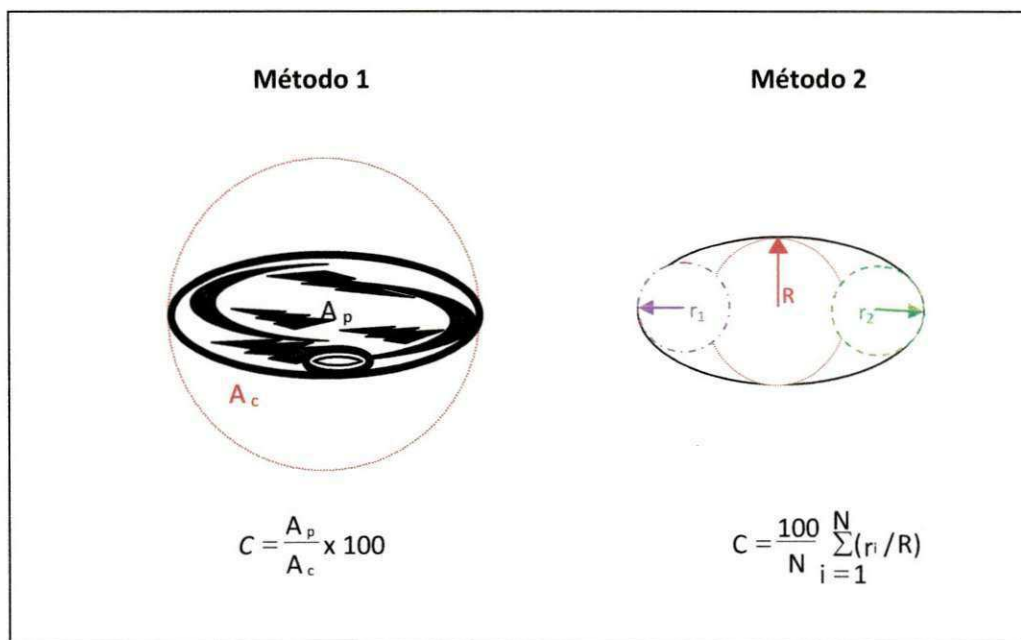


Figura 2. Métodos de determinação da circularidade.

CAVALCANTI MATA e FERNANDES FILHO (1984) estudaram o grau de circularidade do feijão mulatinho e macassar e verificaram que, para a primeira espécie, ocorreu um acréscimo com o aumento do teor de umidade, e a segunda espécie não apresentou alteração com o aumento do teor de umidade.

CAVALCANTI MATA *et al.* (1986) estudaram a circularidade de sementes de algaroba; cacau; feijão macassar; feijão mulatinho; mamona e milho e obtiveram 64; 52,7; 70,3; 66,5; 51,4 e 77,7%, respectivamente.

2.2.6 - Esfericidade

Segundo CURRAY (1951), o conceito de esfericidade pode ser entendido como a proximidade que um material está de uma esfera. Assim o autor descreve três maneiras de determiná-la:

Método 1

$$\varphi = \frac{D_p}{D_c} \times 100 \quad (6)$$

em que,

φ - Esfericidade

D_p - diâmetro da esfera de volume igual ao objeto

D_c - diâmetro da menor circunferência que circunscribe a projeção do objeto.

Método 2

Considerando o objeto como um elipsóide, como pode ser visto na Figura 3, com volume a $V_{elip} = 4\pi r_a r_b r_c / 3$, onde r_a é o maior raio, r_b é o raio médio e r_c o menor raio. Considerando ainda $a = 2r_a, b = 2r_b, c = 2r_c$, tem-se:

$$\varphi = \left(\frac{\text{volume do sólido}}{\text{volume da esfera circunscrita}} \right)^{1/3} = \quad (7)$$

Método 3

Outra proposição de fórmula para a esfericidade, Figura 2.2, é dada por:

$$\varphi = \frac{D_i}{D_c} \times 100 \quad (8)$$

em que,

D_i - diâmetro da maior circunferência inscrita na projeção do objeto

D_c - menor diâmetro que circunscribe o objeto

Trabalhando com três variedades de cerejas TENNES *et al.* (1968) determinaram, entre algumas características físicas, o peso, densidade, diâmetros, volume e esfericidade. A esfericidade foi determinada pela Equação 8.

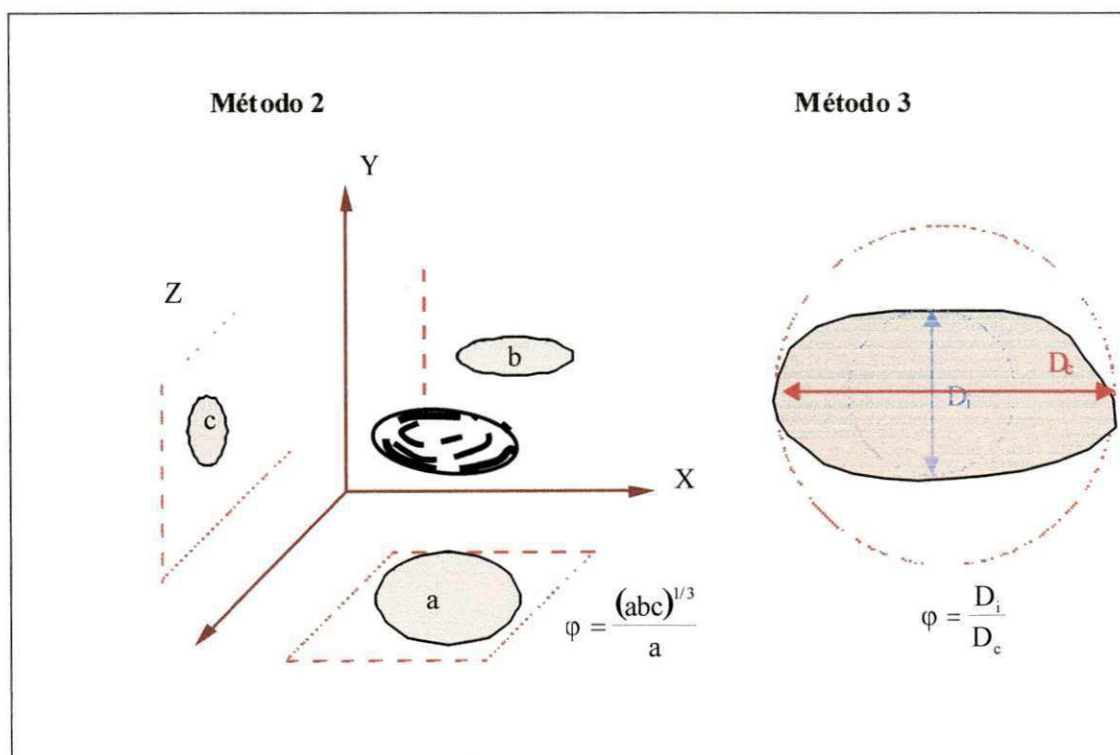


Figura 3- Métodos de determinação da esfericidade.

CAVALCANTI MATA e FERNANDES FILHO (1984) constataram que, tanto para as sementes de feijão macassar como de feijão mulatinho, a esfericidade cresceu com o aumento do teor de umidade.

Estudando o grau de esfericidade médio para sementes de algaroba, cacau, feijão macassar, feijão mulatinho, mamona e milho CAVALCANTI MATA *et al.* (1986) obtiveram os valores de 24; 19,6; 48,4; 27,8; 25,7 e 31,2%, respectivamente.

O diâmetro equivalente médio e a esfericidade para sementes de girassol determinado por GUPTA e DAS (1997), foi de 5,39mm e 57%, respectivamente e para grãos foi de 4,32mm e 53%.

VARSHNEY *et al.* (1994) encontraram valores crescentes de diâmetro equivalente quando aumentou a umidade de 5 para 22% b.s. de amendoim das 5 variedades estudadas; GAUG-1 (7,88 a 9,04mm); GG-2 (8,32 a 9,63mm); GAUG-10 (8,46 a 10,17mm); GG-11 (8,74 a 10,30mm); M-13 (9,0 – 10,72mm). Quanto a esfericidade, verificou-se para a GG-2 e GAUG-1 valores acima de 77%, classificando-as como ovais e a GAUG-10, GG-11 e M-13 com valores abaixo de 61,8%, classificando-as como oblongas.

2.2.7- Área superficial

Nas investigações relatadas sobre transporte de frutas em meios fluidos, o conhecimento da área superficial é um dado essencial no estudo de forças exercidas pelo fluido sobre a partícula e também para entender o comportamento da fruta imersa, o ângulo de repouso e orientação (BRAGA, 1997).

Miller *et al.*, em 1959, (citado por BRAGA, 1997) relata alguns métodos para determinação da área superficial de hastes e folhas como: imprimir a superfície em um papel e medir a área com um planímetro; uso de um projetor fotográfico semelhante ao método usado para grãos por Curray, citado por CAVALCANTI MATA *et al.* (1986); método da interceptação luminosa e o uso de uma célula fotoelétrica para medir a luz interceptada. Constatando que todas estas formas são confiáveis, no entanto Jenkins, citado por BRAGA (1997), comparou os três métodos acima mencionados e encontrou que o do planímetro é o mais seguro e mais rápido, no qual é usado na Equação 9, para cálculo preciso.

$$Ap = L x F x E^2 \quad (9)$$

em que:

- Ap* - área projetada
- L* - leitura do planímetro
- F* - fator de correção do planímetro
- E* - escala de projeção

MOHSENIN (1978) cita um método de determinação da área superficial em que maçãs foram descascadas em finas tiras e a soma das áreas planimetradas, do traçado das tiras, foi considerada como a área superficial das maçãs.

Para sementes de lentilha, TANG e SOKHANSANJ (1993) observaram que o aumento de umidade provocava acréscimo na área projetada de 80,67mm³ para 91,83mm³ e ÇARMAN (1996) verificou acréscimo de 46%, quando se aumentou o teor de umidade de 6,5 para 32,6% b.s..

2.2.8- Porosidade

A porosidade, segundo SASSERON (1980) é definida como a quantidade de espaços vazios, ocupados pelo ar, existente em uma massa de grãos, podendo variar de 30 a 50%, sendo determinada por métodos diretos, volume de líquido acrescentado à massa de grão e por métodos indiretos, como o uso de picnômetro de comparação a ar (Figura 4) o autor ainda afirma que esta característica é influenciada pelo teor de umidade do produto, pela percentagem de quebra e de impurezas contida no lote.

A porosidade, uma das propriedades físicas estudadas em materiais biológicos, tem sua importância no estudo da hidrodinâmica, aerodinâmica e transferência de calor, sendo utilizada na determinação da capacidade estática, dimensionamento de ventiladores, resistência à passagem de ar, entre outras aplicações na Engenharia.

Alguns pesquisadores tem trabalhado utilizando diferentes métodos, THOMPSON e ISAACS (1967) citam Zinc, que determinou a porosidade de grãos através de mercúrio e Loperzen, utilizando o tolueno. ROSSI e ROA (1980) usaram água para determinar a porosidade em grãos.

ALMEIDA *et al.* (1979) estudaram a porosidade de amêndoas de cacau através de um picnômetro de composição a ar, e obtiveram uma relação linear decrescente entre porosidade e teor de umidade.

Estudando a influência do teor de umidade nas propriedades físicas de milho e trigo, CHUNG e CONVERSE (1971) verificaram que a porosidade decresce linearmente com o aumento do teor de umidade. Este comportamento também foi observado por WHATTEN *et al.* citado por MOHSENIN (1978) trabalhando com sementes de arroz de tamanho médio e longo.

CAVALCANTI MATA e FERNANDES FILHO (1984) verificaram a relação entre a porosidade e o teor de umidade de sementes de mamona e sementes de algaroba constatando crescimento linear com o aumento do teor de umidade.

JOSHI *et al.* (1993) investigaram a porosidade para sementes e grãos de abóbora em diferentes teores de umidade, índices de 4 a 40%, constatando uma diminuição de 65,73 para 55,46% e aumento em grãos de 55,46 para 51,53%.

VARSHNEY *et al.* (1994) verificaram um aumento da porosidade de 5 variedades de amendoim (GAUG-1, GG-2, GAUG-10, GG-11 e M-13) quando aumentou o teor de umidade de 5 para 22%.

Um decréscimo linear, com o aumento do teor de umidade, também foi observado por SUTHAR e DAS (1996) nas determinações de porosidade de sementes e grãos de melancia de 58 para 41% e de 50 para 40%, respectivamente.

A porosidade das sementes de lentilha da variedade Firat 87, verificada por ÖGÜT e ÇARMAN (1991) apresentaram um acréscimo de 25 para 31,7%. Para a variedade Sultani, ÇARMAN (1996) observou comportamento similar, obtendo um acréscimo de 28 para 32,5% com o aumento do teor de umidade de 6,5 para 32,6% b.s.

A porosidade de sementes de cominho foi observada por SINGH e GOSWAMI (1996) numa variação de teor de umidade de 7 para 22%, os autores verificaram um aumento de 54 para 64%.

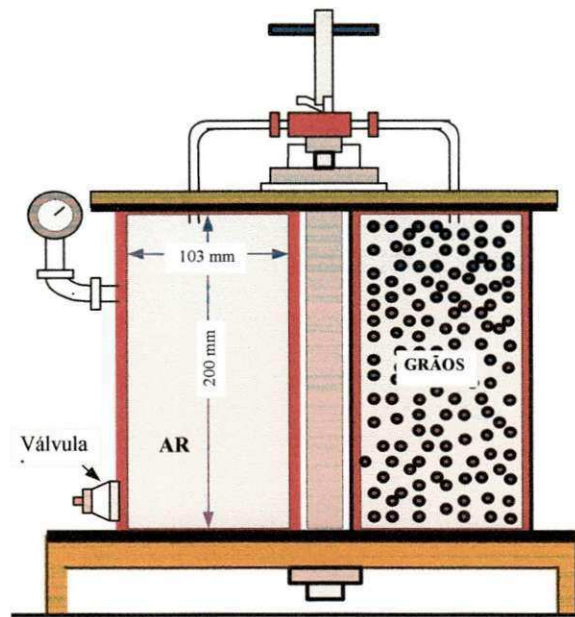


Figura 4 - Picnômetro de comparação a ar desenvolvido pelo Núcleo de Tecnologia em Armazenamento

2.2.9- Ângulo de repouso

Definido como o ângulo máximo do talude formado pelas sementes em relação a horizontal (Figura 5). A determinação deste ângulo é de grande importância para o conhecimento da capacidade estática dos silos, capacidade de correias transportadoras, dimensionamento de moegas, dutos e rampas de descargas (SILVA, 1995).

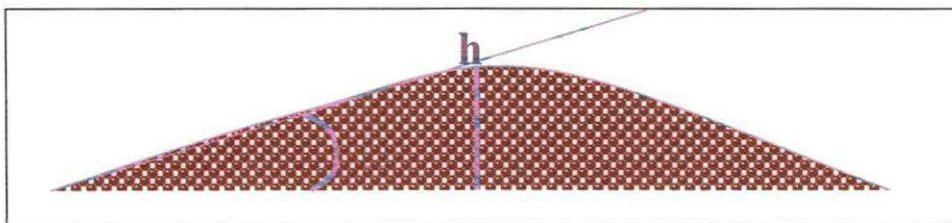


Figura 5- Representação esquemática do ângulo de repouso (SILVA, 1995)

Em estudos feitos com sementes de abóbora JOSHI *et al.* (1993), verificaram um aumento no ângulo de repouso de 30 para 52° quando o teor de umidade foi alterado de 4 para 40%, já para grãos de mesma espécie, verifica-se para mesma variação de umidade, um aumento de 34 para 42°.

SUTHAR e DAS (1996) encontraram um acréscimo linear no ângulo de repouso para sementes e grãos de melancia, para um aumento de umidade de 5 para 22% b.s., com valores de 31 para 43° no primeiro e 28 para 42° para o segundo.

Um aumento no ângulo de repouso de 36,5 para 51,3° em sementes de cominho com variação de umidade de 7 para 22% b.s., foi registrado por SINGH e GOSWAMI (1996).

O ângulo de repouso de sementes de girassol aumentou de 34 para 41° e em grãos de 27 para 38° com incremento de umidade de 4 para 20% (GUPTA e DAS, 1997).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas de Materiais Biológicos e Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da UFCG.

3.1- Teor de água

A determinação do teor de água das sementes de fava foi realizada no início de cada experimento, pelo método oficial de estufa (BRASIL, 1996). As amostras foram inicialmente pesadas em uma balança analítica, com precisão de 0,0001 gramas. Após sua permanência na estufa a 105°C, durante 24 horas, colocou-se em dissecadores durante 30 minutos para serem resfriadas e finalmente pesadas. A percentagem de água expressa em base úmida foi obtida através da Equação (10).

$$Xa = \frac{mi - mf}{mi} \times 100 \quad (10)$$

em que,

Xa - teor de água

mi - peso inicial

mf - peso final

3.2- Tamanho

As amostras de sementes inteiras, 25 unidades de cada teor de água, pegas ao acaso dentro da massa de sementes, foram medidas em cada dimensão principal, **a**, **b** e **c**, utilizando-se um paquímetro Mitutoyo digital, com 0,01mm de precisão.

3.3 - Massa

A pesagem das partículas, de vários tamanhos de grãos e vagens, foi feita em balança analítica com 4 casas decimais, sendo pesados 10 grãos, separadamente, de cada tamanho obtido no descascamento.

3.4 - Volume

O volume foi determinado pelo método da medida de massa de água deslocada, em balança analítica, pelo qual se calculou o volume da água deslocada para 25 grãos, separadamente, de cada amostra de sementes quanto ao teor de água, utilizando a Equação 11 e como mostrado na Figura 1.

$$Volume = \frac{\text{massa de água deslocada}}{\text{massa específica da água}} \quad (11)$$

3.5 - Massa específica real

A massa específica foi obtida pelo método de volume descrito no Item 2.2.3, diretamente pela Equação 12:

$$\rho_{real} = \frac{\text{massa do amendoim no ar}}{\text{volume do amendoim}} \quad (12)$$

3.6- Área projetada

A área projetada de cada grão de fava foi determinada pelo método citado por MOHSENIN (1978), realizando a projeção do objeto em sua posição de repouso, para tal, foi utilizado um retroprojetor, obtendo-se a área (cm²) da projeção, por meio de um planímetro da marca KOIZUNM TYPE KP-27 (Compensating Planimeter) com escala de 1:1000, fazendo a correção pela Equação 13:

$$Ap = LxFxE^2 \quad (13)$$

em que,

Ap- área projetada do objeto na posição de repouso, cm²

L- leitura do planímetro, cm²

F- fator de correção do planímetro

E- escala do desenho

3.7-Esfericidade

A esfericidade foi calculada pela Equação 14:

$$\varphi = \frac{Di}{De} \times 100 \quad (14)$$

em que,

- φ - Esfericidade
- Di - Diâmetro do maior círculo inscrito
- De - Diâmetro do menor círculo circunscrito

OBS.: Valores próximos de 100 indica que a partícula está mais próximo da forma esférica.

3.8- Circularidade

A circularidade foi determinada pela Equação 15:

$$Cr = \frac{Ap}{Ac} \times 100 \quad (15)$$

em que,

- Cr - circularidade
- Ap - área projetada na posição de repouso
- Ac - área do menor círculo que circunscribe o produto na posição de repouso

3.9- Porosidade

Para determinação da porosidade das sementes de fava, utilizou-se o picnômetro de comparação a ar. Esse aparelho é constituído basicamente por 2 cilindros idênticos de volumes conhecidos, intercomunicáveis através de tubulação acoplada em uma placa de vedação dos dois cilindros. Coloca-se sementes em um dos cilindros (n° 2) até seu completo enchimento e com a válvula de intercomunicação fechada, coloca-se a placa de vedação sobre os dois cilindros, pressionando-se através de um mecanismo de prensa para que a vedação seja perfeita. Em

seguida, com o auxílio de um compressor, aplica-se uma pressão P_1 no cilindro número 1 (vazio). Abre-se em seguida a válvula de intercomunicação e faz-se a leitura da pressão P_2 .

Determinou-se, então a porosidade pela expressão:

$$P = \frac{(P_1 - P_2)}{P_2} \times 100 \quad (16)$$

3.10- Ângulo de repouso estático

Foi medido pela geometria do cone formado sobre uma superfície plana, conforme item 22.9, em que o ângulo de repouso é dado pelo ângulo máximo do talude formado pelas sementes em relação a horizontal.

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 -Tamanho

Os resultados obtidos para o tamanho das três principais dimensões de grãos de fava (A, B e C) em direções mutuamente perpendiculares, nos diferentes teores de água (47, 30, 25, 14, 10 e 6% b.u.), para 25 sementes de fava, com respectivas médias e desvio padrão, encontram-se na Tabela 2. Percebe-se por esta tabela que existe diminuição das três dimensões dos grãos de fava com a diminuição do teor de água, no entanto esta diminuição é mais proeminente para maior dimensão A, e pouco evidente na dimensão B e na dimensão C esta diminuição é muito sutil.

Procurou-se ajustar os dados destas três dimensões segundo equações de regressão não linear, visto que este comportamento não era linear e conseguiu-se representar bem os dados dessas três dimensões em função do teor de água, por equações polinomiais de terceiro grau do tipo $y = a + bx + cx^2 + dx^3$, com coeficientes de determinação maiores do que 97%. Estas análises podem ser vistas nas Figuras 6, 7 e 8, para as dimensões A, B e C, respectivamente.

Tabela 2-tamanho das três principais dimensões de grãos de fava (A, B e C) em direções mutuamente perpendiculares, nos diferentes teores de água (47, 30, 25, 14, 10 e 6% b.u.), para 25 sementes de fava, com respectivas médias e desvio padrão.

	Teor de água 47% (b.u.)			Teor de água 30% (b.u.)			Teor de água 25% (b.u.)			Teor de água 14% (b.u.)			Teor de água 10% (b.u.)			Teor de água 6% (b.u.)		
	A (cm)	B (cm)	C (cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)
1	20,52	12,25	5,85	17,15	10,72	5,41	16,37	10,65	6,02	16,08	12,01	6,29	15,34	11,09	6,03	16,37	11,81	6,17
2	20,21	12,27	6,12	16,66	11,79	5,14	16,53	11,08	5,02	18,28	11,30	6,19	15,61	11,31	6,35	14,15	10,37	5,27
3	19,90	13,03	5,67	18,78	11,47	5,24	17,57	11,20	5,36	16,70	10,87	5,57	14,43	10,44	5,88	15,02	9,88	6,40
4	21,90	14,84	7,27	17,35	12,42	4,69	15,82	12,55	6,40	17,69	12,30	5,42	15,34	11,09	6,03	15,52	12,03	6,38
5	22,31	15,44	6,42	17,93	11,36	6,02	16,90	11,63	6,03	15,83	11,66	7,24	16,21	10,31	5,60	14,12	10,40	6,14
6	20,21	12,27	6,12	18,78	12,21	5,85	18,61	10,95	5,43	17,44	12,03	5,86	15,97	10,84	6,05	14,92	10,33	5,28
7	20,29	13,05	7,28	18,31	12,10	5,87	16,07	11,57	6,54	16,70	11,19	5,46	14,43	10,44	5,88	16,31	11,72	6,22
8	21,87	13,28	6,44	17,52	11,68	5,52	16,34	11,00	4,79	16,10	11,03	5,80	15,85	10,74	4,94	15,44	10,65	5,60
9	19,91	12,64	6,67	16,62	11,07	5,20	18,36	11,64	5,07	15,83	11,66	7,24	17,47	12,47	6,84	16,82	9,53	4,82
10	20,12	12,73	6,30	18,78	12,21	5,85	16,80	10,81	5,89	18,10	11,79	6,08	17,72	12,41	6,22	13,80	8,98	4,04
11	21,09	14,25	7,21	18,08	12,24	5,59	16,64	11,08	4,94	16,94	10,53	6,95	14,68	10,58	6,00	15,99	11,38	6,08
12	19,92	12,65	6,30	18,78	12,21	5,85	15,42	9,86	5,41	18,26	12,10	5,54	18,01	12,50	6,44	15,78	10,09	5,49
13	20,12	12,73	6,30	16,35	11,81	5,58	17,57	11,20	5,36	15,58	11,87	6,76	16,40	11,41	5,40	13,13	8,93	5,77
14	19,51	12,68	6,32	18,31	12,10	5,87	16,53	11,08	5,02	16,36	12,03	7,15	15,97	10,28	5,69	13,80	8,98	4,04
15	20,78	12,62	6,21	18,78	12,21	5,85	16,43	12,49	5,86	15,58	11,87	6,76	17,66	11,31	5,45	13,13	8,93	5,77
16	22,75	13,36	7,87	17,89	11,91	5,61	15,79	9,83	6,29	17,55	11,74	5,87	15,47	10,88	6,82	16,84	12,25	6,13
17	21,09	14,25	7,21	17,68	11,44	6,96	15,42	9,86	5,41	16,94	10,53	6,95	16,49	11,62	6,52	16,50	10,68	6,98
18	20,01	12,90	6,39	17,25	11,36	5,69	16,78	11,23	6,25	18,67	11,92	5,95	15,48	10,76	5,92	15,67	11,18	7,06
19	22,37	14,88	6,93	18,08	12,24	5,59	15,82	12,55	6,40	17,34	11,75	6,19	16,39	10,47	5,55	13,80	8,98	4,04
20	20,42	14,59	7,01	17,02	11,19	6,19	15,99	10,31	5,23	17,30	11,97	6,35	15,59	11,84	6,63	13,13	8,93	5,77
21	21,60	13,87	6,89	17,59	11,08	6,03	19,13	12,04	4,67	15,52	12,06	5,56	15,51	10,81	6,10	15,37	10,73	6,29
22	19,07	12,61	6,59	16,73	10,11	4,51	18,12	11,81	6,66	16,16	10,35	6,17	14,68	10,58	6,00	16,60	12,70	7,19
23	20,70	13,18	6,24	17,44	10,04	5,88	15,03	11,16	5,40	17,85	11,13	6,61	17,29	11,21	5,96	14,24	10,71	4,99
24	19,87	14,06	6,00	17,51	12,62	5,54	16,29	10,67	5,79	17,46	10,29	6,67	16,79	11,15	5,80	13,13	8,93	5,77
25	22,37	14,88	6,93	18,78	11,47	5,24	15,03	11,16	5,40	17,82	11,66	6,23	14,43	10,44	5,88	16,53	11,97	6,93
Média	20,756	13,412	6,582	17,766	11,642	5,631	16,614	11,176	5,626	16,963	11,506	6,274	15,968	11,079	5,999	15,044	10,443	5,785
D.Pad.	1,016	0,965	0,529	0,771	0,676	0,488	1,088	0,765	0,580	0,955	0,600	0,576	1,074	0,663	0,445	1,298	1,212	0,898

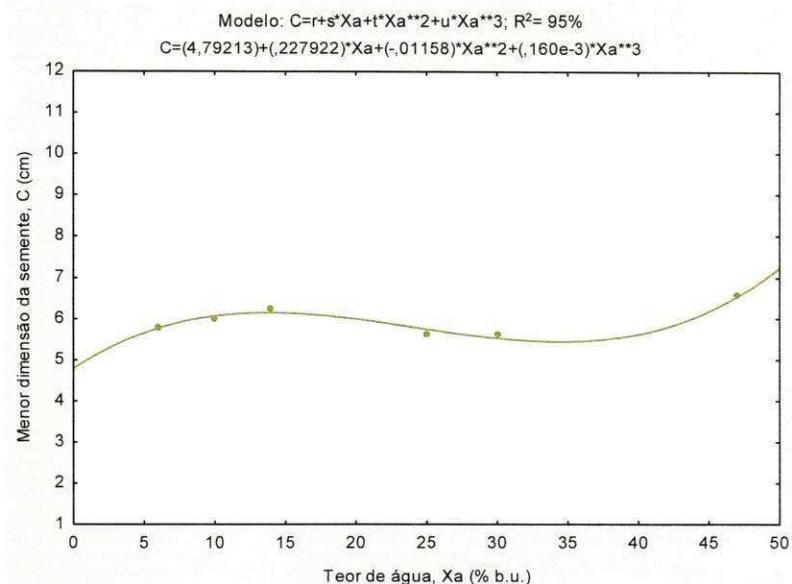


Figura 8 - Regressão de ajuste não linear, realizada segundo equação polinomial de terceiro grau do tipo $y= a+bx+cx^2+dx^3$, para a dimensão C de sementes de fava em função do teor de água.

4.2- Massa

A massa individual, obtida para 25 sementes de fava, em 6 diferentes teores de água (47, 30, 25, 14, 10 e 6% b.u.), com respectivas médias e desvios padrão, encontra-se na Tabela 3. Percebe-se claramente uma tendência de aumento da massa dos grãos com o aumento do teor de água, e este comportamento é aproximadamente linear, pelo menos para a faixa de teor de água estudado, 6 a 47% b.u., os dados se comportam segundo uma equação do tipo $y = a +bx$, com coeficiente de determinação, $R^2= 83\%$. Encontrou-se melhor ajuste com a equação polinomial de segundo grau, no entanto não encontra-se fundamentação para tal comportamento, principalmente nos extremos, ou seja, teores de água menores do 6% e maiores do 47%, portanto, apesar do baixo coeficiente de determinação, a regressão linear representa melhor os dados de massa em função do teor de água para sementes de fava. Este ajuste pode ser visto na Figura 9.

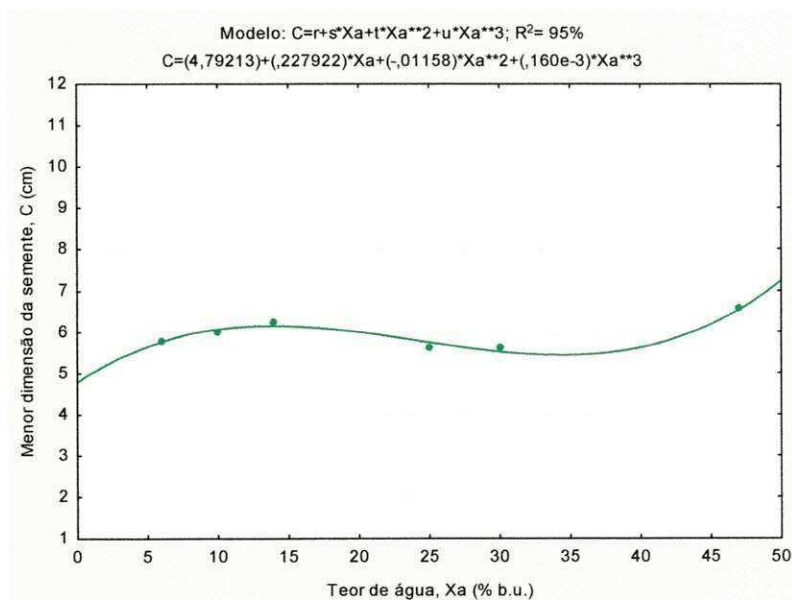


Figura 8 - Regressão de ajuste não linear, realizada segundo equação polinomial de terceiro grau do tipo $y = a + bx + cx^2 + dx^3$, para a dimensão C de sementes de fava em função do teor de água.

4.2- Massa

A massa individual, obtida para 25 sementes de fava, em 6 diferentes teores de água (47, 30, 25, 14, 10 e 6% b.u.), com respectivas médias e desvios padrão, encontra-se na Tabela 3. Percebe-se claramente uma tendência de aumento da massa dos grãos com o aumento do teor de água, e este comportamento é aproximadamente linear, pelo menos para a faixa de teor de água estudado, 6 a 47% b.u., os dados se comportam segundo uma equação do tipo $y = a + bx$, com coeficiente de determinação, $R^2 = 83\%$. Encontrou-se melhor ajuste com a equação polinomial de segundo grau, no entanto não encontra-se fundamentação para tal comportamento, principalmente nos extremos, ou seja, teores de água menores do 6% e maiores do 47%, portanto, apesar do baixo coeficiente de determinação, a regressão linear representa melhor os dados de massa em função do teor de água para sementes de fava. Este ajuste pode ser visto na Figura 9.

Tabela 3 - massa individual, obtida para 25 sementes de fava, em 6 diferentes teores de água (47, 30, 25, 14, 10 e 6% b.u.), com respectivas médias e desvios padrão,

TEORES DE ÁGUA DAS SEMENTES DE FAVA						
	47% (b.u.)	30% (b.u.)	25% (b.u.)	14% (b.u.)	10% (b.u.)	6% (b.u.)
1,0830	0,8080	0,8450	0,7570	0,7350	0,8330	
1,2320	0,9010	0,7080	0,6440	0,7670	0,5880	
1,2800	0,7020	0,9040	0,6690	0,5890	0,6730	
1,4430	0,7890	0,8220	0,8870	0,8780	0,7900	
1,3770	0,9480	1,0710	0,7680	0,6440	0,5930	
1,1430	0,8490	1,0210	0,8670	0,7570	0,5450	
1,4060	0,6410	0,8950	0,8730	0,8430	0,7830	
1,2740	0,7310	0,7760	0,7760	0,5890	0,6240	
1,0710	0,8510	0,8070	0,8520	0,9740	0,5370	
1,0870	0,8690	0,8070	0,8260	0,8900	0,7130	
1,0350	0,9580	0,7170	0,6950	0,8720	0,7270	
1,2070	0,8750	0,6230	0,6980	0,9680	0,6200	
1,0490	1,0190	0,8350	0,8990	0,7130	0,8500	
1,0290	0,8930	0,6800	0,8850	0,6560	0,3950	
1,2320	0,7880	0,7790	0,9420	0,8080	0,9730	
1,6520	0,7590	0,9240	0,7530	0,8310	0,8290	
1,5390	0,8610	1,0180	0,5530	0,8190	0,8800	
1,1410	0,8990	0,7690	0,9150	0,6830	0,8640	
1,0490	0,9060	0,9910	0,6690	0,6980	0,8920	
1,3030	0,8750	0,8440	0,7640	0,8320	0,8940	
1,4170	0,7660	0,8070	0,9240	0,7560	0,6970	
1,0910	0,7380	0,6860	1,0030	0,6270	0,9760	
1,2500	0,8960	0,6940	0,6310	0,8050	0,5230	
1,2450	0,9150	0,9840	0,7830	0,7560	0,5020	
1,5100	0,8910	0,6480	0,7460	0,6150	0,9040	
Média	1,2458	0,8451	0,8262	0,7912	0,7642	0,7282
Desvio Padrão	0,1751	0,0880	0,1249	0,1128	0,1101	0,1620

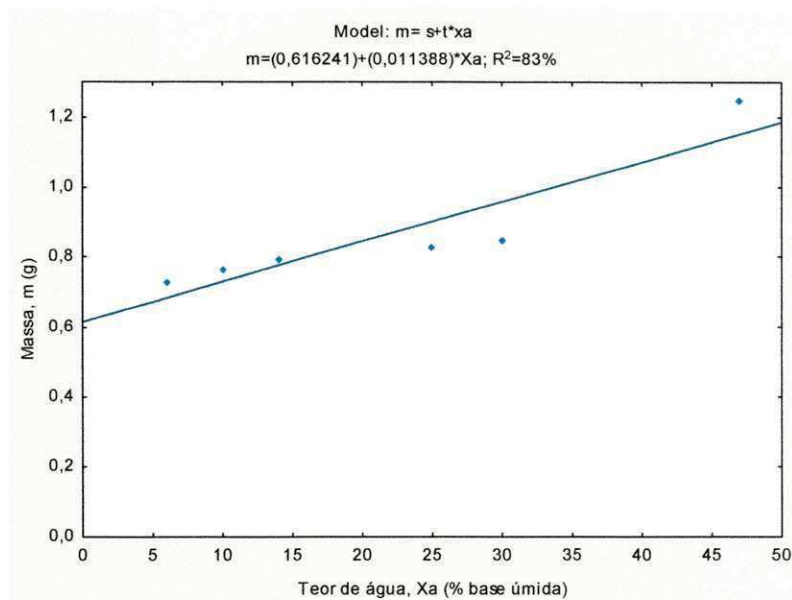


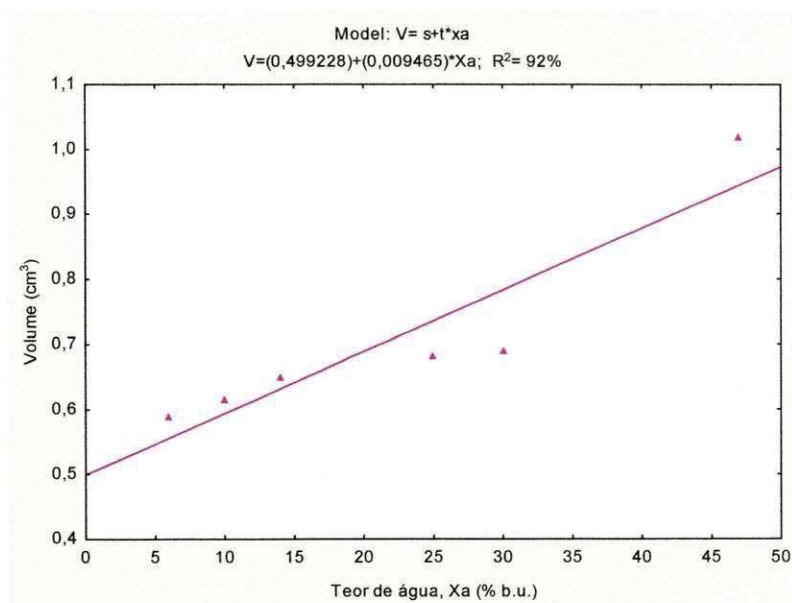
Figura 9 - Regressão de ajuste linear, realizada segundo equação do tipo $y = a + bx$, para representar a massa de sementes de fava em função do teor de água.

4.3 - Volume

O volume individual, obtido para 25 sementes de fava, em 6 diferentes teores de água (47, 30, 25, 14, 10 e 6% b.u.), com respectivas médias e desvios padrão, encontra-se na Tabela 4. Percebe-se claramente uma tendência de aumento do Volume dos grãos com o aumento do teor de água, e este comportamento é semelhante ao observado para a massa dessas sementes, na mesma faixa de teor de água, 6 a 47% b.u. percebe-se que o coeficiente de determinação neste caso foi melhor do que o obtido no ajuste linear da massa em função do teor de água.

Tabela 4 -volume individual, obtido para 25 sementes de fava, em 6 diferentes teores de água (47, 30, 25, 14, 10 e 6% b.u.), com respectivas médias e desvios padrão,

TEORES DE ÁGUA DAS SEMENTES DE FAVA						
	47% (b.u.)	30% (b.u.)	25% (b.u.)	14% (b.u.)	10% (b.u.)	6% (b.u.)
	0,874	0,712	0,6324	0,630	0,573	0,645
	0,986	0,542	0,714	0,549	0,583	0,469
	1,001	0,715	0,5569	0,589	0,466	0,542
	0,650	0,671	0,6743	0,726	0,723	0,658
	1,189	0,965	0,7903	0,663	0,533	0,472
	0,896	0,820	0,6547	0,691	0,621	0,452
	0,985	0,744	0,5258	0,691	0,712	0,618
	1,063	0,626	0,5623	0,646	0,484	0,507
	0,918	0,642	0,7103	0,659	0,791	0,445
	0,867	0,613	0,7235	0,706	0,727	0,536
	0,843	0,573	0,7678	0,501	0,753	0,606
	0,971	0,481	0,6996	0,540	0,805	0,530
	0,866	0,703	0,874	0,720	0,566	0,688
	0,899	0,593	0,7054	0,741	0,525	0,314
	1,047	0,689	0,6772	0,808	0,625	0,850
	1,445	0,818	0,6429	0,620	0,639	0,695
	1,396	0,876	0,6668	0,482	0,666	0,676
	0,974	0,645	0,7399	0,739	0,567	0,671
	0,878	0,820	0,7155	0,571	0,566	0,746
	1,141	0,755	0,7054	0,602	0,665	0,714
	1,161	0,651	0,5887	0,747	0,57	0,563
	0,939	0,626	0,5825	0,842	0,506	0,793
	1,081	0,588	0,7408	0,506	0,651	0,410
	1,050	0,800	0,7037	0,669	0,623	0,380
	1,327	0,570	0,714	0,600	0,475	0,734
Média	1,0179	0,6895	0,6827	0,6495	0,6166	0,5886
Desvio Padrão	0,1823	0,1145	0,0786	0,0946	0,0967	0,1370



4.4 Massa específica aparente e porosidade

Tabela 4 - porosidade, ϵ (%) e massa específica aparente individual, obtidos para 25 sementes de fava, em 6 diferentes teores de água (47, 30, 25, 14, 10 e 6% b.u.), com respectivas médias e desvios padrão,

TEORES DE ÁGUA DAS SEMENTES DE FAVA												
47% (b.u.)		30% (b.u.)		25% (b.u.)		14% (b.u.)		10% (b.u.)		6% (b.u.)		
ϵ (%)	ρ_{apar} (Kg.m ⁻³)	ϵ (%)	ρ_{apar}	ϵ (%)	ρ_{apar} (Kg.m ⁻³)	ϵ (%)	ρ_{apar} (Kg.m ⁻³)	ϵ (%)	ρ_{apar} (Kg.m ⁻³)	ϵ (%)	ρ_{apar} (Kg.m ⁻³)	
48	622,6	49	614,8	50	603,8	39	700,1	39	738,4	31	830,4	
DesvPad	0,1254	1,0123	0,1434	1,0123	0,1554	1,0623	0,2004	1,0153	0,1674	1,003	0,1245	1,0071

Tabela 5 -Massa específica real individual, obtido para 25 sementes de fava, em 6 diferentes teores de água (47, 30, 25, 14, 10 e 6% b.u.), com respectivas médias e desvios padrão,

TEORES DE ÁGUA DAS SEMENTES DE FAVA						
	47% (b.u.)	30% (b.u.)	25% (b.u.)	14% (b.u.)	10% (b.u.)	6% (b.u.)
	1,23913	1,13483	1,33618	1,20159	1,28272	1,29147
	1,2495	1,6624	0,9916	1,1730	1,3156	1,2537
	1,2787	0,9818	1,6233	1,1358	1,2639	1,2417
	2,2200	1,1759	1,2190	1,2218	1,2144	1,2006
	1,1581	0,9824	1,3552	1,1584	1,2083	1,2564
	1,2757	1,0354	1,5595	1,2547	1,2190	1,2058
	1,4274	0,8616	1,7022	1,2634	1,1840	1,2670
	1,1985	1,1677	1,3800	1,2012	1,2169	1,2308
	1,1667	1,3255	1,1361	1,2929	1,2314	1,2067
	1,2537	1,4176	1,1154	1,1700	1,2242	1,3302
	1,2278	1,6719	0,9338	1,3872	1,1580	1,1997
	1,2430	1,8191	0,8905	1,2926	1,2025	1,1698
	1,2113	1,4495	0,9554	1,2486	1,2597	1,2355
	1,1446	1,5059	0,9640	1,1943	1,2495	1,2580
	1,1767	1,1437	1,1503	1,1658	1,2928	1,1447
	1,1433	0,9279	1,4372	1,2145	1,3005	1,1928
	1,1024	0,9829	1,5267	1,1473	1,2297	1,3018
	1,1715	1,3938	1,0393	1,2382	1,2046	1,2876
	1,1948	1,1049	1,3850	1,1716	1,2332	1,1957
	1,1420	1,1589	1,1965	1,2691	1,2511	1,2521
	1,2205	1,1767	1,3708	1,2369	1,3263	1,2380
	1,1619	1,1789	1,1777	1,1912	1,2391	1,2308
	1,1563	1,5238	0,9368	1,2470	1,2366	1,2756
	1,1857	1,1438	1,3983	1,1704	1,2135	1,3211
	1,1379	1,5632	0,9076	1,2433	1,2947	1,2316
Média	1,2435	1,2596	1,2275	1,2196	1,2421	1,2408
Desvio Padrão	0,2139	0,1145	0,0786	0,0946	0,0967	0,1370

A massa específica real de sementes de fava não apresentou grandes variações em relação ao teor de água não apresentou grandes alterações, como era e se esperar visto que esta propriedade é dada pela relação entre a massa unitária do produto pelo seu volume e, com o aumento do teor de água há um aumento no volume, de forma que a massa específica real não apresenta grandes alterações, ou esta alteração não é significativa, observando-se o desvio padrão. Assim, a massa específica unitária, de sementes de fava gira em torno de 1.240 kg.m^{-3} , para fava na faixa de 6 a 47%b.u.

4.5 Esfericidade

TEORES DE ÁGUA DAS SEMENTES DE FAVA						
	47% (b.u.)	30% (b.u.)	25% (b.u.)	14% (b.u.)	10% (b.u.)	6% (b.u.)
Esfericidade	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,69
φ						

4.6 Circularidade, porosidade e ângulo de repouso

A circularidade aumentou de 62 a 71% com o aumento do teor de água de 6% a 47%, enquanto o ângulo de repouso variou de 16 a 26%. A porosidade não apresentou grandes variações com o teor de água, ficando em torno de 36%.

5- CONCLUSÕES

- Existe diminuição das três dimensões dos grãos de fava com a diminuição do teor de água;
- A regressão linear representa melhor os dados de massa em função do teor de água para sementes de fava;
- Existe tendência de aumento do Volume dos grãos com o aumento do teor de água, e este comportamento é semelhante ao observado para a massa dessas sementes;
- A massa específica aparente aumenta com o aumento do teor de água enquanto a porosidade apresenta comportamento inverso, sofrendo grande influência da forma da fava.
- A massa específica real ou unitária não sofreu grandes flutuações com a variação do teor de água, apresentando valores em torno de 1200kg.m^{-3} .
- A circularidade aumentou de 62 a 71% com o aumento do teor de água de 6% a 47%
- A circularidade aumentou de 62 a 71% com o aumento do teor de água de 6% a 47%, enquanto o ângulo de repouso variou de 16 a 26%. A porosidade não apresentou grandes variações com o teor de água, ficando em torno de 36%.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, B. V.; PINHEIRO FILHO, J. B.; HARA, T.; FORTES, M. Determinação da porosidade para cacau em amêndoas. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*, Campina Grande, PB, 1979. *Anais...*, p. 606-612.
- ARAÚJO, M.C. de; SILVA, O.R.R.F. da, OLIVEIRA, N.V. de. Concepção, projeto e otimização de uma máquina para beneficiamento de amendoim. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica*, Bauru, SP. 1997. Anais... CD COBEM
- ARAÚJO, M.C. *Desenvolvimento e avaliação de uma máquina descascadora de amendoim por acionamento mecânico*. Universidade Federal da Paraíba, (Dissertação de mestrado) 76p. Campina Grande, PB, 1999
- BELOKHVOSTIKOV, I. I.; ANTONOV, V.N.; KOVALEVA, T.K. *Comparison of technological efficiency of cleaning sunflower seeds in pneumatic seive separators*. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh zavedenii, Pishchevaya Tekhnologiya, n.1, p.158-160. 1978.
- BENEDETTI, B.C.; JORGE, J.T. Influência da variação do teor de umidade sobre a velocidade terminal de vários grãos. *Revista de Engenharia Agrícola*. 1992, v.12, n. p.102-118
- BIRD, R.B.; STEWART, W.E.; LIGHTFOOD, E.N. *Fenômenos de Transporte*, Espanha, Editoriais Reverté., S.A, 1982.
- BOGACZYNSKI, K. Some aerodynamic properties of selected samples of wheat, rye and barley seeds. *Acta Alimentaria Polonica*. Poznan, Poland, v.1, n.2, p. 165-175, 1975.
- BRAGA, M.E.D. *Estudo experimental dos fundamentos do transporte hidráulico de laranjas*. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas, SP. 1997 (Tese de doutorado).
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (Brasília, DF) *Regras para análise de sementes*. 1992. 365p.
- BURKOV, A. I. e ANDREEV, V. L. A closed-open pneumatic system for grain and seed cleaning machines. *Traktory i Sel'skokhozy Aistvennye Mashiny*. v. ,n.5, p.18-21, 1995.
- ÇARMAN, K. Some physical properties of lentil seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*. v. 63, n.2, p. 87-92, 1996.
- CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. e FERNANDES FILHO, J. G. Determinação da porosidade de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.) e algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC) *Revista Nordestina de Armazenagem*. Campina Grande, PB, v.1,n.1, p.55-64, 1984.
- CAVALCANTI MATA, M.E.R.M.; ARAGÃO, R.F.; SANTANA, E.F. de; SILVA, F.A.S. Estudo da morfologia geométrica em grãos. *Revista Nordestina de Armazenagem*. Campina Grande, PB. V.3, n.1, p.03-30, 1986.

CHUNG, D. S. e CONVERSE, H. H. Effect of moisture content on some physical properties of grains. *Transaction of the ASAE*. St. Joseph, Michigan, v.14, n.4, p.612-614 e 620, 1971.

CLARKE, R. J. Grading green coffee. *Process Biochemistry*. v.7, n.10, p.18-20, 1972.

CURRAY, J.K. Analysis of sphericity and roundness of quartz grains. M.S. Thesis in Mineralogy. The Pennsylvania State, University Park, Pa. 1951.

FIGUEIREDO, D.J.C. de. *Comportamento e estabilidade fenotípica em genótipos de amendoim nos Estados da Paraíba e Pernambuco*. Areia:UFPB, 1992. 54p. Dissertação (Mestrado).

FREITAS, S. M. de; GODOY, I. J. de.; VIEIRA, R.D. Aspectos comparativos da produção e comercialização de amendoim nos países do Mercosul. *Informações Econômicas*, v.25, n.1, p.49-55, 1995.

GOVIER, G.W.; AZIZ, K. The flow of complex. Mixture in pipes, liton Education publishing Inc., New York City, pp. 4-13, 1972

GUPTA, R.K.; DAS, S.K. Physical properties of sunflower seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*. v.66, n.1, p.1-8, 1997.

HALLEE, N. D. Aerodynamic properties of potatoes and associated soil materials. *Transaction of the ASAE*. St. Joseph, Michigan, v.15, n.2, p.303-307, 1972.

HENDERSON, S.M.; PERRY, R.L. *Agricultural process engineering*. Edwards Brothers, inc., Ann Arbor, Michigan, 1952.

HERGERT, G. B. A laboratory classifier for separation of ground products by terminal velocity. *Canadian Institute of Food Science and Tecnology Journal*. Ontario, Ottawa, Canada, v.6, n. 4, p.298-299, 1973.

JOSHI, D. C.; DAS, S.K.; MUKHERJEE, R. K. Physical properties of pumpkin seeds. *Journal of Agricultural Engeering Research*, v.54, n.3, p.219-229, 1993.

KIM, M. H.; PARK, S. J.; NOH, S. H. Study on the physical, mechanical and aerodynamic properties of peanut pods. *Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery*. v.20, n.2, p.141-150, 1995.

LAPPLE, C.E. *Fluid and particle mechanics*. University of Delaware, Newark. 1956.

LEITÃO, A.M. *Algumas propriedades físicas e mecânicas da pimenta-do-reino preta, variedade Kalluvally*. Campinas, 1983. 109p. (Tese de mestrado – FEA/UNICAMP).

McKAY, G.; MURPHY, W.R.; JODIERI – DABBAGHZADDEH, S. Settling characteristics of carrot particles in vertical pipelines. *Journal of Food Process Engineering*. v.15, n.2, p.81-97, 1992.

MILLER, N.; VILLIERS, J.B.M. de.; PEULEN, J.M.J. A process for the dehulling of high oil-content sunflower seeds. *Fette Seifen Anstrichmittel*. Pretoria, South Africa, v.88, n.7, p.28-271, 1986.

MOHSEENIN, N.N. *Physical properties of plant and animal material*. Gorson and Breach Science Publishers. New York, 1978, 2 ed, 742p.

MONTEIRO, M.J.C. Além das aparências. In: *Agroanalysis*. Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, v.18, n.5, p.52, 1998.

MOSSONE, P.G. Separation methods in wheat cleaning. *Tecnica Molitoria*, Itália, v.21, n.24, p.721-726 e 728, 1970.

MUKAI, S. Pneumatic cleaning system. *United States Patent*. 1983.

NEBRA, S.A.; MACEDO, I. de C. Bagasse particles shape and size and their free-settling velocity. *Internacional Sugar Journal*. v.90, n.1077, 1988.

OEZERDEM, B.; TOKSOY, M. Physical properties based on cleaning and drying of secondary crops raised in Turkey. *Journal of Agriculture And Forestry*. Doga, Turkish. v.17, n.2, p.381-388, 1993.

ÖGÜT, H.; ÇARMAN, K. Determination of coefficient of friction on the different surface of small grain crops. *National Symposium on Mechanisation in Agriculture*, Konya, Turkey, 1991, p.471-480.

PREVISÃO E ACOMPANHAMENTO DE SAFRAS, MAARA:CONAB Abril, ano 1998, n.4, p.13-14, 1995.

PRIRKE, P.S.; UMBARKAR, S.P.; KUBDE, A.B.; TAPRE, A.B. Process development for pigeonpea milling at rural level. *New Agriculturist*. v.4, n.1, p. 47-56, 1993.

RAILA, A; BLEIZGYS, R. Aerodynamical characteristics of rape seeds. *Zennes Ukio Inzinerija*, Makslo Darbai, v. , n.28, p.161-170, 1996.

REDDY, P.V.; FARRELL, E.P.; WARD, A.B. Pneumatic conveying of flour mill stocks. *Association of operated millers*. 1984, p.4251-4255. (Bulletin)

ROSSI, S. J. e ROA, G. *Secagem e armazenamento de produtos agropecuários com uso de energia solar e ar natural*. São Paulo, DAG, 1980. 229p.

SADYNAM, M.; GROVER, P.C. Separation behaviour of pulses and masala constituents. *Journal of Research, Punjab Agricultural University*. Punjab, India, v.20, n.1, p.89-94, 1983.

SALES, M.M.S. *Estudo da divergência genética em genótipos de amendoim do banco de germoplasma do CNPA*, Areia, 1995. 56p. (Trabalho de graduação) – Universidade Federal da Paraíba.

SASSERON, J.L. *Características dos grãos armazenados*. Viçosa, MG: CENTREINAR, 1980. 65p.

SHILTON, N.C.; NIRANJAN, K. Fluidization and its application to food processing. *Food Structure*. v.12, n.2, p.199-215, 1993.

SILVA, J.de S. *Pré-processamento de produtos agrícolas*. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. 500p.

SILVA, O.R.R.F. da; VALE, L.V.; SANTOS, R.C. dos; SANTOS, R.F. dos; CARTAXO, W.V.; ALVES, I.; GOMES, O.L. *Descascador manual de amendoim, alternativa para o pequeno produtor*. Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1996. 10p. (Embrapa-CNPA- Comunicado técnico, 49).

SINGH, K.K.; GOSWAMI, T.K. Physical properties of cumin seed. *Journal of Agricultural Engineering Research*. v.64, n.2, p.93-98, 1996.

SLAVOVSKI, M. K; LOMEV, M. G. *Some physical and aerodynamic properties of grape combs, seeds and pomace*. *Vissh Institut po Khranitelna i Vkusova Promyshlennost. Nauchni Trudove*, v.18, n.2, p.269-272, 1971.

STANGER, E. A. Grain-cleaning machinery. *Milling Feed and Fertilizer*. v.160, n.8, p.11-12, 1977.

SUTHAR, R. K.; DAS, S. K. Some physical properties of karingda (*Citrullus lanatus* (Thumb) Mansf) seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*. v.65, n.1, p.15-22, 1996.

TANG, J.; SOKHANSANJ, S. Geometric changes in lentil seeds caused by drying. *Journal of Agricultural Engineering Research* 1993, v.56, p. 313-326

TENNES, B. R.; LEVIN, J. H.; STOUT, B. A. Swett cherry properties usefull in harvesting and handling equipment design. *Transaction of the ASAE*. St. Joseph, Michigan, v.12, n.5, p.710-714, 1969.

THALER, A. *In-plant transport of bulk goods in confectionery factories*. *Kakao und Zucker*. v.33, n.1, p.2-6, 1981.

THOMPSON, R. A.; ISAACS, G. W. Porosity determination of grains and seeds with na air comparision pycnometer. *Transaction of the ASAE*. St. Joseph, Michigan, v.10, n.6, p.693-696, 1967.

TSUCHIYA, M.; KAMIDE, J.; ISHIWATA, K. Study on separation of unhulled and brown rice by winnowing. *Journal of the Society of Agricultural Machinery*. Japan, v.43, n.3, p.433-442, 1981.

TYLER, R.T.; PANCHUK, B.D. Effect of seed maturity on the air classification of field peas. *Cereal Chemistry*. Saskatoon, Saskatchewan, Canada, v.61, n.2, p.192-193, 1984.

VARSHNEY, A K.; NANDASANA, J.N.; SATASIYA, R. M. Physical properties of peanut kernels. *Gujarat Agricultural University Research Journal*. v.20, n.1, p.129-133, 1994.

VAUGHAM, C.E.; GREGG, B.R.; DELOUCHE, J.C. *Beneficiamento e manuseio de sementes*. Ministério da Agricultura. AGIPLAN. Brasília, 1976 (Traduzido por Charles W. Lingerfelt e Francisco Ferraz de Toledo, 195p).

ZHURAVLEVA, M. S *Separation weed seeds from bulk wheat grain after primary cleaning*

ZIEGLER, H. D. Aspects of the layout of cleaning equipment for durum wheat. *Mehl und Brot*. Getreide, v.26, n.10, p.280-284, 1972.

ZUEV, F.G.; ANDREEVA, Z. E.; OSTROMETSKII, V. N. *Pneumatic separator for pneumatic conveyer installations in groat factories*.

OLIVEIRA, A. P. DE.; ALVES, E. U.; ALVES, A. U.; DORNELAS, CARINA S.M.; SILVA, J. A. DA.; PÔRTO, M. L.; ALVES, A. V. Produção de feijão-fava em função do uso de doses de fósforo. *Hortic. bras.*, v. 22, n. 3, jul.-set. 2004.

SANTOS D.; CORLETT, F. M. F.; MENDES, J.E. M. F.;e WANDERLEY JÚNIOR, J. S.A. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1407-1412, out. 2002