

INFLUÊNCIA DA UMIDADE E DO PERCENTUAL DE GRÃOS QUEBRADOS E INTEIROS NO ÂNGULO DE REPOUSO DE SOJA

POHNDORF, Ricardo Scherer¹; KLEIN, Bruna¹; NASCIMENTO, Bruno Caetano¹; RUTZ, Daniel¹; FOGUESATTO, Rafael Junior¹; ELIAS, Moacir Cardoso²

¹ Universidade Federal de Pelotas - ricardoscherer.eng@gmail.com

² UFPel-FAEM-DCTA - eliasmc@uol.com.br – www.labgraos.com.br

1. INTRODUÇÃO

Os materiais biológicos apresentam características físicas variadas que são empregadas no desenvolvimento de máquinas e equipamentos, entretanto, torna-se necessário considerar a desuniformidade de tais materiais em relação a outros confeccionados pela indústria química, mecânica e ou elétrica. As características físicas dos produtos agrícolas são consideradas de importância para os estudos envolvendo transferência de calor e massa e movimentação do ar em produtos granulares. Outras aplicações significativas do conhecimento das características dimensionais de frutos e sementes estão associadas à elaboração de projetos de unidades de beneficiamento e ao dimensionamento de equipamentos de secagem, separação, armazenagem e classificação (WEBER, 1995).

Pesquisas têm sido realizadas para avaliação das principais propriedades físicas dos produtos agrícolas, demonstrando a sua aplicação prática em projetos de máquinas e estruturas. Recentes descobertas científicas têm melhorado a manipulação e o processamento dos materiais biológicos, com a utilização de processos mecânicos, térmicos, elétricos, óticos, dentre outros, mas pouco é conhecido sobre as características físicas dos produtos (AMIN et al., 2004).

A soja (*Glycine max* L.) é uma leguminosa rica em proteínas, cultivada como alimento, tanto para humanos quanto para animais. A soja, pertencente à família Fabaceae (Leguminosae), é originária da China e do Japão. Os maiores produtores mundiais são Estados Unidos, Brasil, Argentina, China e Índia. O grão de soja possui formato geométrico de um esferóide (KASHANINEJAD et al., 2008).

O ângulo de repouso (θ), ou ângulo de talude natural, pode ser medido pelo amontoado de produto granular ou pulverulento formado pelo seu basculamento sobre uma superfície plana. Desta forma, o ângulo formado pela superfície livre com o plano horizontal é o ângulo de repouso do produto. Para que o ângulo de repouso esteja em equilíbrio, é necessário que o produto situado na superfície encontre-se em equilíbrio estático. Segundo Gomes (2001), o ângulo de repouso diferencia-se do ângulo de atrito interno em função das pressões impostas. O aumento das pressões de confinamento irá tornar a massa de grãos mais densa com menor índice de vazios, aumentando assim, o ângulo de atrito interno, sendo este normalmente maior que o ângulo de repouso. Já Gaylord & Gaylord (1984) mencionam que trabalhando com produtos granulares, o ângulo de repouso equivale ao ângulo de atrito interno.

Determinar o ângulo de repouso é de suma importância, pois ele afeta a capacidade estática de um silo e a descarga nos silos e armazéns graneleiros de fundo chato, além de influenciar no dimensionamento dos equipamentos transportadores de grãos. Quanto maior é o ângulo de repouso, maior será a capacidade de armazenamento dos silos e das correias transportadoras. Por

outro lado, quanto menor o ângulo de repouso do produto, maior será o fluxo de escoamento do mesmo (PUZZI, 2000).

Ângulo de talude ou de repouso é aquele formado entre a superfície da massa de grãos e o plano horizontal, quando descarregados numa superfície plana. Alguns grãos tendem a ocupar a maior área possível, formando ângulo de talude horizontal pequeno, e outros não. Isto se deve a propriedades intrínsecas dos grãos, a fatores ambientais e de manejo na etapa de produção, na lavoura, bem como de operações de pós-colheita. Formato, dimensões, tegumento, integridade física; integridade biológica, integridade sanitária; impurezas, matérias estranhas e umidade (a água confere adesividade à superfície) são fatores que fazem variar o ângulo de talude dos grãos. Os menores ângulos de talude ocorrem em grãos esféricos, grandes, lisos, sadios, íntegros, limpos e secos (ELIAS, 2008).

O conhecimento do ângulo de talude dos grãos é importante para a determinação da capacidade estática dos silos, da capacidade de correias transportadoras e do dimensionamento de moegas, canaletas e rampas de descarga de grãos. Também porque grãos que formam ângulo de talude pequeno exercem maior pressão sobre as paredes quando armazenados a granel.

O objetivo neste trabalho foi avaliar efeitos da umidade e da integridade física sobre o ângulo de repouso de grãos de soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A determinação do ângulo de repouso dos grãos de soja foi realizada no laboratório de Pós-colheita do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, na Universidade Federal de Pelotas.

Para a realização do trabalho foram utilizados grãos de soja oriundos da empresa Puro Grão Ind. e Com. de Arroz e Soja Ltda., localizada no município de Pelotas, RS, Brasil. O produto foi separado por duas peneiras, sendo a amostra de grãos inteiros retida na peneira de furos redondos com diâmetro 6 mm e a amostra de grãos quebrados sendo a fração passante na peneira de furos ovalados (6mm de comprimento e 3mm de largura). Cada grupo foi homogeneizado e seco em secador experimental de leito fixo com ventilação forçada de ar à temperatura de $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. No processo de secagem foram obtidos os seguintes teores de umidade: 15%; 10% e 5%. Para o experimento foram utilizados percentuais de misturas de grãos quebrados em relação aos inteiros de 0, 5, 10, 25, 50, 100%. Para a determinação do ângulo de talude, as amostras contendo quatro quilos foram descarregadas com fluxo contínuo, determinado pelo equipamento, e o ângulo de repouso foi medido experimentalmente com transferidor. As análises foram realizadas em triplicata. A comparação de médias foi realizada através do teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando análise de variância (ANOVA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 estão representados os dados estatísticos encontrados na leitura. Assim podem-se observar as variações significativas do ângulo de repouso relacionadas ao teor de água dos grãos e as quantidades de grãos quebrados e inteiros da massa de grãos.

Tabela 1. Ângulo de repouso da soja para diferentes graus de umidade e percentuais de grãos quebrados e inteiros.

Umidade (%)	Grãos quebrados (%)					
	0	5	10	25	50	100
5	C27,17a	C27,50b	C27,37b	C28,40b	B31,13b	A34,50b
10	D26,57a	D26,67b	CD27,23b	CD29,13b	B30,90b	A35,23b
15	D28,20a	DC29,67a	DC29,50a	B31,17a	B32,17a	A37,13a

Letras maiúsculas iguais na mesma linha e letras minúsculas iguais nas mesmas colunas não diferem estatisticamente ($p \geq 0,05$).

O ângulo de talude aumenta com o aumento da porcentagem de grãos quebrados, para todas as umidades estudadas, sendo essa observação mais evidente aos 50% e 100% de grãos quebrados, onde a 100% de grãos quebrados foi verificado o maior valor de ângulo de talude.

O ângulo de talude aumenta com o aumento da umidade, essa tendência se inicia a partir da presença de 5% de grãos quebrados e os maiores resultados a 15% de umidade.

O aumento do ângulo de repouso com o incremento do teor de água deve-se, possivelmente, ao fato de que os produtos com maior grau de umidade apresentam maior força de coesão entre as partículas, tendendo a agregar estas e, conseqüentemente, aumentar o atrito interno (SILVA et al., 2006).

O ângulo de repouso interfere no preenchimento do volume de um silo. Assim, quanto menor o ângulo de repouso maior será o volume de grãos de soja que poderão ser armazenados em um silo, com acomodação natural do produto. Ao realizar o processo de aeração de um silo, é de suma importância o nivelamento superior da massa de grãos evitando caminhos preferenciais na passagem do ar, e conseqüentemente obtém-se uma aeração mais homogênea e eficaz (SILVA, 2000).

Trabalhando com café, Magalhães et al. (2000) verificaram aumento do ângulo de talude com o aumento de umidade, atribuindo o comportamento ao fato de na superfície do produto o que poderia causar um aumento de adesão e, como conseqüência, um aumento na fricção.

A capacidade de carga numa unidade a granel é diretamente proporcional ao ângulo do talude dos grãos com que é carregada. Dessa forma, a prática de espalhar os grãos diminui o ângulo do talude, diminuindo também o volume do cone, e por conseqüência diminui o volume útil do silo, embora em muitas vezes seja uma prática necessária para uniformizar a distribuição do ar na aeração.

4. CONCLUSÕES

Aumentos nos percentuais de umidade e de quebrados provocam aumentos no ângulo de repouso numa massa grãos de soja.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMIN, M.N.; OSSAIN, M.A.; ROY, K.C. Effects of moisture content on some physical properties of lentil seeds. **Journal of Food Engineering**, London, v. 65, p. 83-87, 2004.

ELIAS, M. C. **Manejo tecnológico da secagem e do armazenamento de grãos**. 1. ed. Pelotas: Editora Cópias Santa Cruz, 2008. v. 1. 368 p.

GAYLORD, E.H.; GAYLORD, C.N. **Design of stell bins for storage of bulk solids**. New Jersey: Prentici-Hall, 1984. 359p.

GOMES, F.C. **Estruturas de armazenamento – Avanços tecnológicos na construção**. Lavras, UFLA. 70p. 2001.

KASHANINEJAD, M.; AHMADI, M.; DARAEI, A.; CHABRA, D. Handling and frictional characteristics of soybean as a function of moisture content and variety. **Powder Technology**, v.188, p. 1-8, 2008.

MAGALHÃES, A.C.; COUTO, S.M.; QUEIROZ, D.M.; ANDRADE, E.T. Dimensões principais, massa e volume unitários, esfericidade e ângulo de repouso de frutos de café. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.2, n.2, p.39-56, 2000

PUZZI, D. Abastecimento e armazenamento de grãos. Campinas : ICEA, 2000. 604p.

SILVA, F.S.; CORRÊA, P.C.; JUNIOR, C.C.; GOMES, F.C. Ângulo de repouso, atrito interno e efetivo dos grãos de café com pergaminho. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.8, n.1, p.17-23, 2006.

SILVA, J.S. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. Viçosa, Aprenda fácil, 2000, 502p.

WEBER, E. A. **Armazenagem agrícola**. Porto Alegre: Gráfica e Editora la Salle, 1995. 395p.

AGRADECIMENTOS

A CNPq, MCT (FINEP), SCT-RS (FAPERGS e PÓLOS TECNOLÓGICOS) e Programa Estruturante de Agroenergia do Rio Grande do Sul.