

FLUXO DE GRÃOS E PÓ DE CAFÉ EM FUNÇÃO DE TORREFAÇÃO, MOAGEM E ARMAZENAMENTO

GABRIEL H. H. OLIVEIRA¹, PAULO C. CORRÊA², ANA P. L. R. OLIVEIRA³,
CARLITO CALIL JUNIOR⁴, GUILLERMO A. VARGAS-ELÍAS⁵

¹ Eng^o Agrícola e Ambiental, Prof. Doutor, Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Manhuaçu-MG, Fone: (33) 3333-0100, gabriel.oliveira@ifsudestemg.edu.br.

² Eng^o Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG

³ Bacharel em Química, Prof^a Doutora, Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Manhuaçu-MG.

⁴ Eng^o Civil, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, USP, São Carlos, SP.

⁵ Eng^o Agrícola, Doutor, Centro de Investigaciones en Granos y Semillas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

RESUMO: O correto dimensionamento de silos e a escolha do material a ser utilizado na construção requer o conhecimento das propriedades de fluxo. Assim, objetivou-se avaliar e determinar o ângulo de atrito do café com a parede em função de diferentes níveis de torra, granulometria, temperatura e tempo de armazenamento e o material de parede. Foram utilizados grãos de café cru (*Coffea arabica* L.), descascados e secos, sendo torrados em dois níveis: média clara e moderadamente escura. Após a torrefação, os grãos foram moídos em três granulometrias (fina, média e grossa), sendo mantido um lote de grãos inteiros, e armazenados a 10 e 30°C por 6 meses. Torra mais intensa e com menor granulometria leva a maiores valores do ângulo de atrito com a parede, valores na faixa de 8,1 a 23,0°; 18,3 e 30°; 15,0 e 29,1°; 11,2 e 27,8°; respectivamente para o café inteiro, moído fino, médio e grosso. A madeira foi o material de parede que possibilitou maiores valores de ângulo de atrito com a parede, seguida do concreto e do aço.

PALAVRAS-CHAVE: ângulo de atrito com a parede, Jenike, silo

FLOW OF COFFEE BEANS AND COFFEE POWDER AS A FUNCTION OF ROASTING, GRINDING AND STORAGE

ABSTRACT: The correct design of silos and material to be used in construction requires knowledge of the flow properties. Thus, the objective was to evaluate and determine the wall friction angle as a function of different levels of roasting, granulometry, temperature and storage and the wall material. Raw coffee beans (*Coffea arabica* L.), dehulled and dried, were roasted at two levels: medium light and moderately dark. After roasting, the beans were ground in three sizes (fine, medium and coarse), and a batch of whole grains was kept, and stored at 10 and 30°C for 6 months. More intense roasting and lower granulometry leads to higher values of the wall friction angle, values in the range of 8.1 to 23.0°; 18.3 and 30°; 15.0 and 29.1°; 11.2 and 27.8°; respectively for whole, fine, medium and coarse coffee. Wood was the material that enabled higher values of wall friction angle, followed by concrete and steel.

KEYWORDS: wall friction angle, Jenike, silo

INTRODUÇÃO: O manuseio de materiais é um importante fator na operação rotineira das indústrias processadoras de café, podendo afetar consideravelmente a qualidade do produto, influenciando diretamente no custo da operação e no lucro da empresa (ROBBERTS, 2002). Para realizar o transporte e manuseio do café torrado e moído entre o local de produção e o de consumo/exportação de maneira satisfatória, bem como realizar a movimentação do produto dentro da unidade beneficiadora, o conhecimento de algumas propriedades de fluxo do produto são de extrema valia. Especificamente para as estruturas de armazenagem, o conhecimento das propriedades de fluxo do café em contato com determinado material que compõe estas estruturas é importante para o projeto correto delas. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar e determinar o ângulo de atrito interno e o efetivo ângulo de atrito interno do café ao longo do armazenamento, bem como avaliar a influência de diferentes níveis de torra e granulometria sobre essas propriedades.

MATERIAL E MÉTODOS: Foram utilizados frutos de café (*Coffea arabica* L.), bica corrida, secos e descascados. Os grãos foram submetidos a uma triagem para eliminar os grãos deteriorados, danificados e brocados, a fim de se obter uma matéria-prima homogênea e com o mínimo de defeitos. O teor de água médio inicial dos grãos foi de 12,61 % (b.s.), tendo sido determinado pelo método gravimétrico, utilizando uma estufa com circulação forçada de ar a 105 ± 1 °C por 24h. Os grãos de café foram torrados em torrefador de queima direta de gás GLP, com cilindro rotativo a 45 rpm e capacidade de 350 g de café cru. Dois níveis de torra foram obtidos: média clara (MC) e moderadamente escura (ME), cujos números Agtron correspondentes são, respectivamente, SCAA#65 e SCAA#45. Após o processo de torrefação, os grãos foram processados em moinho Mahlkönig, em três granulometrias diferentes: fina (0,59 mm), média (0,84 mm) e grossa (1,19 mm), além de mantido um lote de café inteiro. As amostras foram então colocadas em sacos de polipropileno e mantidas em câmaras tipo B.O.D. em duas temperaturas de armazenamento (10 e 30 °C). Sendo analisadas em cinco tempos de armazenamento (0, 30, 60, 120 e 180 dias). A determinação do ângulo de atrito com a parede (ϕ_w) foi realizada utilizando-se um equipamento de cisalhamento modelo TSG 70/140, construído com base no aparelho de cisalhamento de Jenike. A metodologia empregada foi a proposta por MILANI (1993). Para medir ϕ_w , a base da célula de cisalhamento foi substituída por uma amostra de aço rugoso, madeira e concreto. O experimento foi instalado em um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas o tempo de armazenamento e nas subparcelas um fatorial $2 \times 4 \times 2$ (dois níveis de torrefação, quatro níveis de granulometria e duas temperaturas de armazenamento), em triplicata. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey adotando-se um nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O café torrado inteiro, independentemente do material de parede empregado, apresenta valores inferiores de ϕ_w comparado aos do café torrado e moído (FIGURA 1). Este resultado está associado à rugosidade dos grãos de café inteiro.

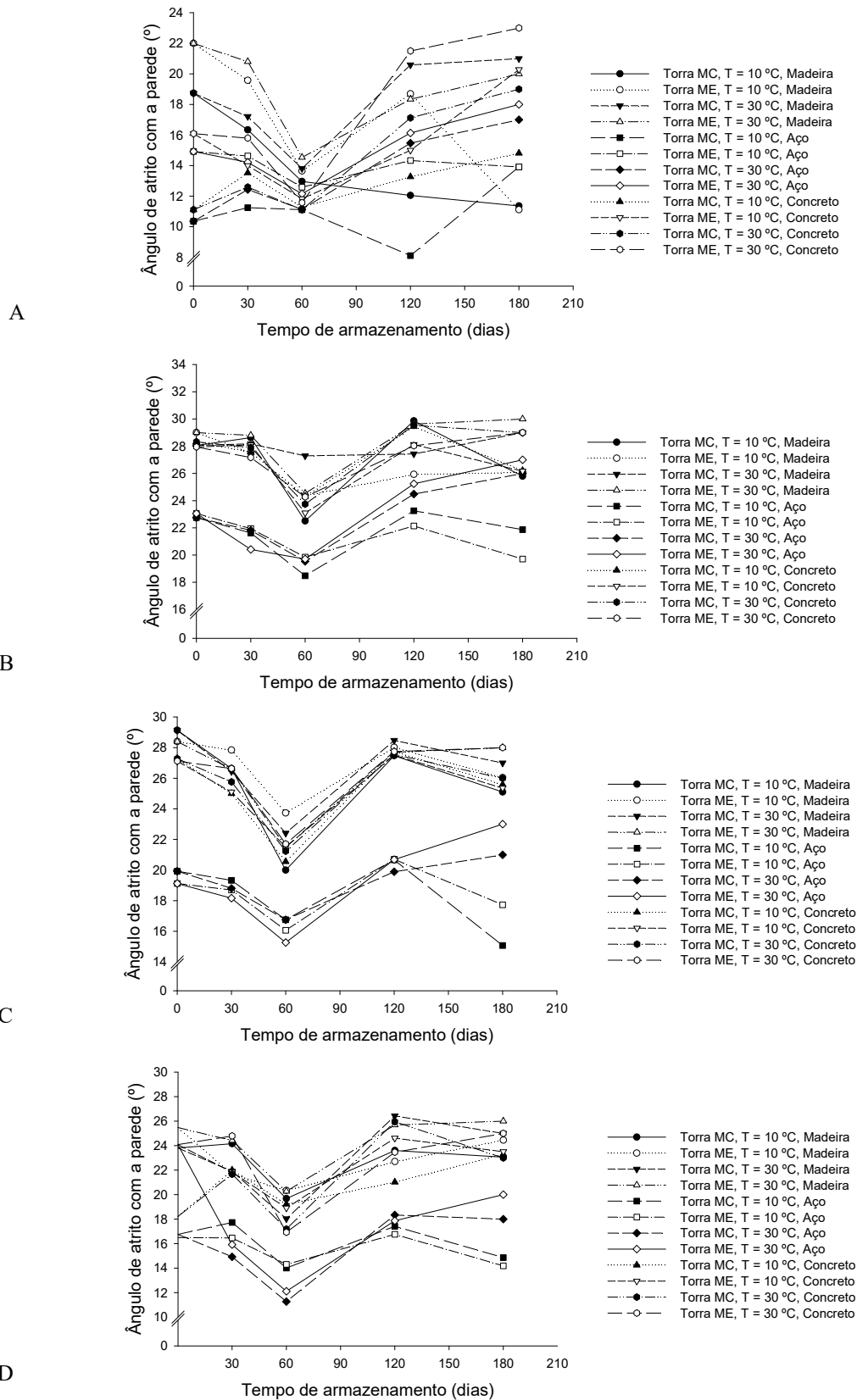


FIGURA 1. Valores observados de ângulo de atrito com o material de parede de *C. arabica* torrado, granulometria inteira (A), fina (B), média (C) e grossa (D), ao longo do armazenamento a 10 e 30 °C.

Estas amostras por terem sido preservadas intactas após a torrefação tem menor rugosidade quando comparada com as amostras moídas, uma vez que a moagem acarreta a quebra do produto em partículas menores de formatos distintos, aumentando a aderência do produto ao material de parede e, finalmente, incrementando ϕ_w . De modo geral, as amostras de café torradas ao nível ME possuem maiores valores de ϕ_w que as amostras torradas ao nível MC. Espera-se que produtos com maiores teores de água (torra MC) apresentem maior dificuldade em escoar, ou seja, tenham maiores valores de ϕ_w . Entretanto, o comportamento inverso foi obtido neste trabalho, possivelmente devido ao aumento da friabilidade das partículas do produto, ou seja, estes se tornam mais susceptíveis de se esfarelarem quando torrados mais intensamente, formando assim partículas menores, que por sua vez incrementam a aderência produto/parede (MEDEIROS & LANNES, 2010). O café armazenado a 30°C apresentou maior ϕ_w durante o armazenamento, pois tem maior teor de água e, portanto, uma maior força de coesão entre as partículas ou componentes individuais que compõem a massa, tendendo a agregar estas partículas e, conseqüentemente, aumentar o ângulo de atrito com a parede. Outro fator é de que um aumento da rugosidade da superfície do produto devido aos maiores teores de água leva a uma maior resistência ao deslizamento de uma partícula da massa de produto contra a outra, aumentando ϕ_w . Os valores de ϕ_w são superiores quando o material de parede analisada é a madeira, seguida do concreto e por fim pelo aço. Essa diferença está relacionada à rugosidade da superfície dos materiais avaliados, sendo 0,64; 3,22 e 3,56 μm para o aço, concreto e madeira, respectivamente (SILVA et al., 2003).

CONCLUSÕES: Com base nos resultados obtidos e nas condições em que foi realizado o experimento, conclui-se que: a) a torra e a granulometria influenciaram nos valores de ângulo de atrito com a parede, em que torras mais intensas e menor granulometria levam a maiores valores desta propriedade; b) a amostra de madeira foi o material que possibilitou maiores valores de ângulo de atrito com a parede, seguida das amostras de concreto e de aço liso.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao CNPq, FAPEMIG e ao IF Sudeste MG, pelo auxílio financeiro por meio de projetos e bolsas.

REFERÊNCIAS:

ROBBERTS, T. C. **Food Plant Engineering Systems**. New York: CRC Press, 2002. 268 p.

MEDEIROS, M. L.; LANNES, S. C. S. Propriedades físicas de substitutos de cacau. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. supl. 1, p. 243-253, 2010.

MILANI, A. P. **Determinação das propriedades de produtos armazenados para projetos de pressões e fluxo em silos**. 1993. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

SILVA, F. S.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RIBEIRO, R. M.; AFONSO JÚNIOR, P. C. Efeito do beneficiamento nas propriedades físicas e mecânicas dos grãos de arroz de distintas variedades. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 33-41, 2003.