

## Área: Engenharia de Alimentos

# CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPO DE PICNÔMETRO A AR PARA DETERMINAÇÃO DA POROSIDADE DO LEITO DE GRÃOS

**Angelica Deon, Diego Frigo, Mateus Frigo, Renato Dalla Costa, Luiz Carlos Gutkoski\***

*Laboratório de Operações Unitárias, Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade de  
Passo Fundo*

*\*E-mail: gutkoski@upf.br*

## RESUMO

A porosidade é empregada na determinação do espaço intergranular de grãos, sendo os dados utilizados na elaboração de projetos de armazenamento, refletindo no dimensionamento dos ventiladores, nos sistemas de secagem e aeração e na potência dos motores utilizados no processo. A porosidade está relacionada com a esfericidade dos grãos, quanto menor o coeficiente de esfericidade dos grãos, maior a porosidade do meio filtrante fixo. O trabalho objetivou construir protótipo de picnômetro a ar para a determinação da porosidade do leito de grãos. O picnômetro foi construído no laboratório de Operações Unitárias com emprego de tubos de PVC, cilindros de aço, manômetro, compressor de ar, desumidificador de ar, e válvulas de vedação. O protótipo foi testado com esferas de vidro e utilizado grãos de milho, soja e trigo para a determinação da porosidade. Os grãos foram caracterizados fisicamente pela determinação de peso do hectolitro (PH), peso de mil grãos (PMG) e umidade. O protótipo de picnômetro a ar se mostrou eficiente quando comparado com o método pelo emprego de proveta para a determinação de porosidade do leito dos grãos.

**Palavras-chave:** *Triticum aestivum*, dimensionamento, armazenamento, volume de ar.

## 1 INTRODUÇÃO

Uma noção sobre estrutura, composição e propriedades físicas dos grãos deve ser pré-requisito para o estudo sobre a secagem e armazenamento. Para umedecer ou secar o produto, o fluxo de água, em forma de vapor, necessariamente deve passar pelas várias camadas dos diferentes tecidos celulares que formam a sementes. Isto significa que, dependendo da composição química, o produto pode apresentar diferentes características quanto ao equilíbrio higroscópico com o ambiente onde estiver armazenado. Assim, grãos

oleaginosos, como soja, amendoim e girassol, devem apresentar teor de umidade mais baixo do que os grãos amiláceos, como arroz, milho, trigo e sorgo, quando armazenados sob as mesmas condições atmosféricas (SILVA, 2000).

A massa específica granular conhecida como peso do hectolitro (PH) é essencial para comercialização, dimensionamentos de silos, secadores, depósitos e sistemas de transportes, podendo também ser utilizado para determinar teores de umidade e danos causados por insetos e pragas nos grãos armazenados. O tamanho e a forma dos grãos são características específicas de cada produto, que podem ser influenciadas pelo ambiente durante e após o período de sua formação e que influenciam as demais propriedades físicas do produto (ELIAS et al., 2007). Esses dados são utilizados para o dimensionamento do tamanho e da forma dos furos das peneiras em equipamentos destinados à separação e classificação. A massa específica granular e o tamanho e a forma dos grãos influenciam diretamente na determinação da porosidade e são informações de relevada importância para construção de equipamentos como o picnômetro (SILVA, 2000).

A massa porosa é composta por grãos e espaços intergranulares. Em trigo, soja e milho o volume ocupado pelos grãos varia entre 55 e 60%. Já, em arroz com casca e aveia, menos da metade do espaço construído é ocupado pelos grãos. De um modo geral, a porosidade da massa, constituída pela soma dos espaços intergranulares e intragranulares se situa entre 45 e 50% em média (RUFFATO et al., 1999).

A porosidade é determinada pela relação entre o volume ocupado pelo ar existente na massa granular e o volume total ocupado pelos grãos, pode ser determinada através de diferentes métodos, o método empírico utiliza uma proveta para determinar a porosidade intergranular do leito de grãos determinando a quantidade de um líquido imiscível que preenche os espaços deixados pelos grãos na proveta, o método de determinação através do protótipo de picnômetro utiliza apenas ar comprimido como fonte de variação para encontrar a porosidade sendo um método mais barato e eficiente. A determinação de características físicas dos produtos agrícolas tem grande importância para a construção e operação de equipamentos de secagem e armazenamento, bem como para adaptação de equipamentos já existentes, visando obter maior rendimento nas operações de processamento dos grãos (ELIAS et al., 2007). O trabalho objetivou construir protótipo de picnômetro a ar para determinação da porosidade do leito de grãos.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com grãos de milho, soja e trigo. Para a construção do protótipo de picnômetro a ar foi empregado tubos de PVC rígido de 25mm, 2 cilindros de aço de 98mm de diâmetro, 3 válvulas de vedação, 1 manômetro, 2 tê 90 graus com rosca interna, 2 adaptadores com flanges livres, 2 chapas soldáveis no fundo e 2 superiores com parafusos de 8 mm para vedação do cilindro e 2 anéis de vedação de 3 mm para não haver vazamento de ar. Nas Figuras 1 e 2 estão apresentados os desenhos explodido e montado do protótipo de picnômetro a ar.

As análises de impurezas e materiais estranhos foram realizadas pelo emprego de peneiras adequadas para cada grão estudado, conforme a relação:  $I = (mi/mt) * 100$  ( $I$  = Impureza,  $mi$  = massa de impurezas,  $mt$  = massa total da amostra). A umidade foi determinada pelo emprego do aparelho Gehaka, modelo 600, Brasil. O peso de mil grãos (PMG) foi determinado através da contagem de 100 grãos. O PH foi determinado em balança Dalle Molle e expresso em kg/L, segundo instruções do fabricante do equipamento (Balanças Dalle Molle Ltda, Caxias do Sul, RS).

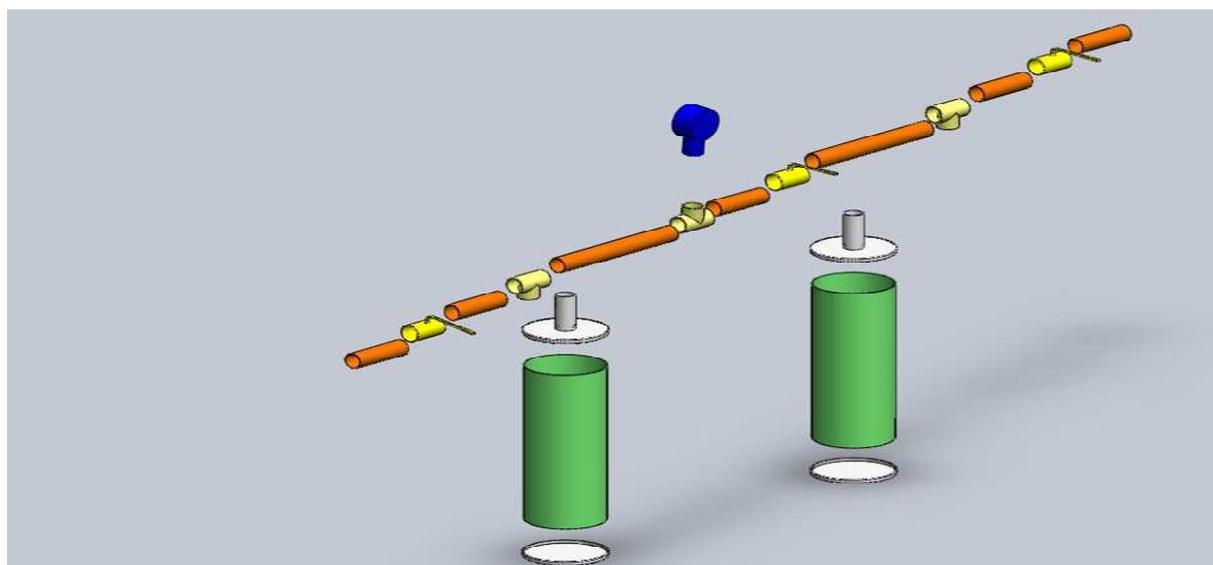


Figura 1. Desenho explodido de protótipo de picnômetro a ar.

Fonte: Ruffato et al., 1999.

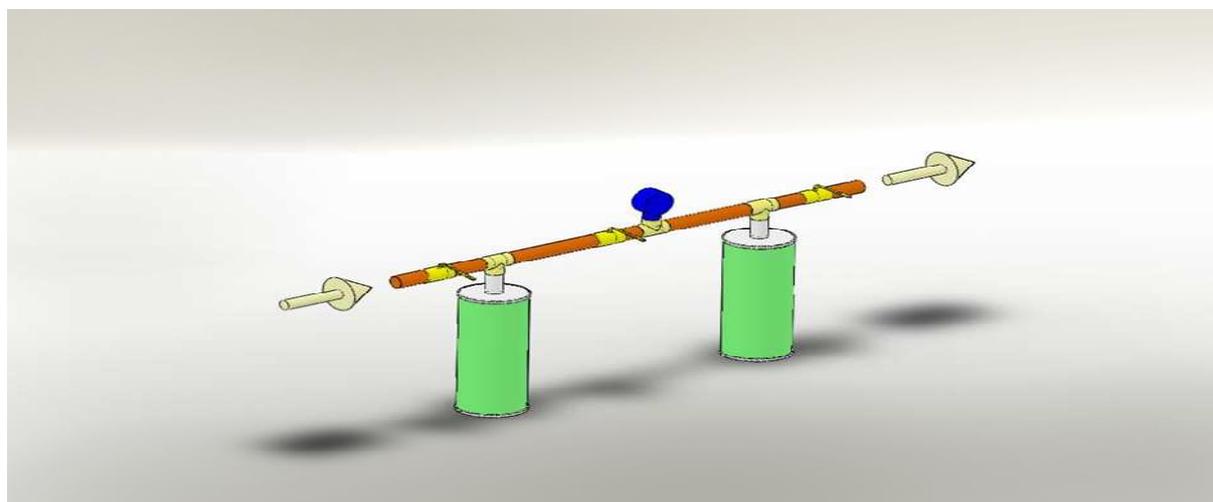


Figura 2. Desenho montado de protótipo de picnômetro a ar.

Fonte: Ruffato et al., 1999.

A porosidade foi determinada através do protótipo de picnômetro a ar, onde foi colocado uma alíquota de grãos na câmara 1, forneceu-se ar a uma determinada pressão, esperou-se que o sistema entrasse em equilíbrio e efetuou-se a leitura da pressão 1, o procedimento foi repetido para comparação e os resultados foram determinados pela equação  $E = (v_2/v_1) = (p_1 - p_2)/p_2 * 100$ . (E = porosidade, V1 = volume 1, V2 = volume 2, P1 = pressão 1, P2 = pressão 2). O trabalho foi realizado em delineamento inteiramente centralizado e as análises realizadas em triplicata. Os valores representam a média dos resultados obtidos  $\pm$  o desvio padrão.

## 2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização Física dos Grãos

A caracterização física dos grãos está apresentada na Tabela 1, sendo importante para fins de comparação os resultados que se obteve pelo emprego de protótipo de picnômetro a ar com outros trabalhos de pesquisa.

O PH é medida tradicional de comercialização de vários países e expressa indiretamente atributos de qualidades de grãos. Na determinação do peso hectolitro, estão

associadas várias características do grão, como a forma, o tamanho, o peso e as características extrínsecas ao material, como a presença de palia, de terra e outras matérias estranhas.

O Peso de Mil Grãos (PMG) é uma medida que apresenta forte controle genético. Grãos de tamanho excessivo não são desejados pela indústria, pois provocam problemas nos equipamentos de limpeza e moagem. Grãos muito pequenos também não são almejados pois podem passar pelas peneiras de limpeza e trazer perdas na produção.

Tabela 1. Média de valores encontrados na avaliação física  $\pm$  desvio padrão.

Grão	Variedade	PMG (g)	PH (kg/ 100L)
Milho	30 R 50	331,32 $\pm$ 0,8	74,98 $\pm$ 0,9
Soja	BRS 258	153,89 $\pm$ 0,9	79,81 $\pm$ 0,8
Trigo	Safira	34,04 $\pm$ 1,1	70,95 $\pm$ 0,7

Valores médio de três determinações  $\pm$  desvio padrão.

O protótipo de picnômetro a ar foi desenvolvido no laboratório de operações unitárias, tendo duração de dois meses de trabalho. Um dos principais problemas encontrados para uma construção correta foi não ter uma vedação completa do aparelho pelo excessivo número de emendas, roscas e peças móveis, forçando a utilização de cola para material plástico em alguns pontos de solda que não estavam com total vedação. O ar comprimido também foi outro ponto questionado pelos professores, pois o compressor de ar mandava alta concentração de água pela tubulação e isso era conhecido que teria interferência direta nos resultados da porosidade do leito dos grãos, visto o problema foi realizada a compra de um desumidificador de ar e óleo, para termos resultados mais precisos. Nas Figuras 3 e 4 está apresentado o protótipo de picnômetro a ar.

A avaliação do volume dos cilindros de compressão do protótipo foi realizada com emprego de esferas de vidro (bolas de gude), com volumes conhecidos ( $3,679 \pm 0,058 \text{ cm}^3$ ) a fim de se obter o volume ocupado pela amostra. O volume total usado na calibração foi de aproximadamente  $654,95 \text{ cm}^3$ . As câmaras 1 e 2 têm cada um volume de aproximadamente  $1187,097 \text{ cm}^3$ . Tendo esses resultados obtidos, foram feitos os testes no protótipo de picnômetro a ar para determinar a porosidade das esferas, para saber se os resultados foram compatíveis com os resultados dos métodos anteriores. Obtivemos 99,05% de precisão nos

resultados obtidos pelo picnômetro em relação aos resultados obtidos pelos outros métodos. Realizada a calibração foram feitas as análises de grãos de milho, soja e trigo. Os valores de porosidade foram apresentados na Tabela 2. Os resultados obtidos podem ter uma tendência de erro maior, devido a retenção de líquido nos grãos, uma leitura pouco precisa, e assim os resultados da porosidade do leito dos grãos encontrados por esse método, apresentaram-se de 1% a 3% inferiores aos resultados do picnômetro a ar. Na Tabela 3 estão apresentados os resultados obtidos pelo método empírico e pelo emprego de protótipo de picnômetro a ar.



Figura 3: Protótipo de picnômetro a ar.



Figura 4: Cilindro de compressão do protótipo.

Tabela 2. Umidade e porosidade de grãos de milho, soja e trigo determinados no picnômetro a ar e dados da literatura  $\pm$ desvio padrão.

Grão	Genótipo	Protótipo		Literatura	
		Umidade (%)	Porosidade (%)	Umidade (%)	Porosidade (%)
Milho	30 R50	11,0	42,3	13,0	40,9 (2)
Soja	BRS 258	6,0	38,3	7,0	36,1 (1)
Trigo	Safira	10,0	43,2	9,8	42,6 (1)

FRANCESCHINI et al., 1996; (2) RUFFATO et al., 1999

Tabela 3. Porosidade de grãos de milho, soja e trigo determinados pelo método de picnômetro a ar e por proveta.

Grão	Genótipo	Porosidade Picnômetro( %)	Porosidade Proveta (%)
Milho	30R50	42,3 $\pm$ 0,3	39,8 $\pm$ 0,9
Soja	BRS 258	38,3 $\pm$ 1,1	37,2 $\pm$ 0,6
Trigo	Safira	43,2 $\pm$ 0,9	41,0 $\pm$ 0,8

### 3 CONCLUSÃO

A eficiência do protótipo de picnômetro a ar em comparação com o método pelo emprego de proveta para a determinação de porosidade do leito dos grãos foi de 99%. A porosidade intergranular de grãos varia com as propriedades físicas sendo interferida por uma série de fatores podendo ser controláveis ou não.

### REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Regras para análises de sementes. Brasília: DNDV/CLAV, 1992. 365p.

ELIAS, M.C., GUERRA, R.A., ELIAS, S.A.A., ANTUNES, P.L. Operações de pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos. In: M.C. Elias. Pós colheita de arroz: secagem, armazenamento e qualidade. Pelotas: Edgraf UFPel, 2007 . 342p

RUFFATO, S.; CORRÊA, P.C.; MARTINS, J.H.; MANTOVANI, B.H.M.; SILVA, J.N. Influencia do processo de secagem sobre a massa específica aparente, massa específica unitária e porosidade de milho. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 3, n. 1, 1999.

SILVA, J.S. Secagem e armazenamento de produtos agrícola. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000. 502p