



## MASSA ESPECÍFICA E POROSIDADE DE GRÃOS PELO MÉTODO DE COMPLEMENTAÇÃO DE LÍQUIDOS

---

Claudia Cardoso dos Santos<sup>1</sup>, Carlos Caneppele<sup>2</sup>, Edna Maria Bonfim-Silva<sup>3</sup>, Norman Ruddel Mendez Cordova<sup>1</sup>,

1. Mestranda em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Mato Grosso/ Campus Universitário de Rondonópolis – Brasil, (santosclaudiac@yahoo.com.br).

2. Professor Doutor da Universidade Federal de Mato Grosso/ Campus Universitário de Cuiabá - Brasil.

3. Professora Pós-Doutora da Universidade Federal de Mato Grosso/ Campus Universitário de Rondonópolis - Brasil.

Recebido em: 06/10/2012 – Aprovado em: 15/11/2012 – Publicado em: 30/11/2012

---

### RESUMO

É importante o conhecimento das características físicas de grãos, pois o embasamento nesses conhecimentos é que se realizam projetos de construção e operação de equipamentos de limpeza, secagem, classificação, armazenagem e industrialização de produtos agrícolas. Um dos principais parâmetros envolvidos na resistência ao escoamento de ar é a porosidade da massa de grãos que depende de fatores como distribuição de grãos, presença de impurezas, teor de água, entre outros. Objetivou-se avaliar massa específica e porosidade de grãos submetidos a dois tipos de líquidos. O experimento foi realizado no Laboratório de Solos e Produção Vegetal da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Rondonópolis. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x2, sendo grãos de: arroz, milho e soja, e dois líquidos: água e óleo vegetal, em sete repetições. As variáveis analisadas foram: massa específica e porosidade intergranular. Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de média Tukey até 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico, Sisvar. Houve diferença significativa com efeito isolado para massa específica e porosidade intergranular para as avaliações dos grãos de arroz, soja e milho.

**PALAVRAS-CHAVE:** características físicas, espaço intergranular, grãos.

### INTERGRANULAR POROSITY OF THREE AGRICULTURAL PRODUCTS BY METHOD OF COMPLETION OF LIQUIDS ABSTRACT

It is important to know the physical characteristics of grains. Based upon such knowledge is taking place construction projects and operation of equipment cleaning, drying, sorting, storage and industrialization of agricultural products. One of the key parameters involved in the resistance to air flow is the porosity of the grain mass which depends on factors such as moisture, presence of impurities, the distribution of grain, among others. The objective was to evaluate specific mass and porosity of

grains subjected to two types of liquids. The experiment was conducted in the Laboratory of Soil and Crop Production, Federal University of Mato Grosso, Campus Rondonópolis. The experimental design was completely randomized in a 3x2 factorial, and grains: rice, maize and soybeans, and two liquids: water and vegetable oil in seven repetitions. The variables analyzed were: specific mass and porosity intergranular. The results were submitted to ANOVA and Tukey test average by 5% probability using the statistical program, Sisvar. There were significant differences in effect isolated to specific mass and intergranular porosity for evaluations of grains of rice, soybeans and maize.

**KEYWORDS:** physics characteristic, intergranular space, grains.

## INTRODUÇÃO

Produtos agrícolas como arroz, milho e soja são utilizados em larga escala em todo o mundo em função de seu alto valor alimentício, assim, com a utilização desses produtos em larga escala é crescente a preocupação com seu armazenamento e conservação, e para a manutenção de sua alta qualidade, entre outras recomendações, é necessário a priori que o produto seja colhido sadio e antecipadamente, tendo em vista minimizar as perdas causadas no campo.

Após a colheita, toda a safra deve ser destinada a local de armazenamento, geralmente, quando produzidos em grande escala, os produtos são acondicionados em silos ou armazéns. Para a utilização dessas unidades armazenadoras os produtos agrícolas devem atender a uma margem de segurança quanto à umidade, pois umidade combinada com temperaturas elevadas intensifica o processo deterioração dos grãos armazenados (ALENCAR et al., 2009).

A deterioração de grãos ocorre devido ao elevado teor de água por ocasião da colheita, e entre as técnicas envolvidas na conservação das qualidades desejáveis de produtos de origem vegetal a secagem constitui uma das operações de suma importância (CORREA et al., 2006). Por meio da secagem artificial o excesso de água do grão é removido até limites adequados, minimizando alterações metabólicas e danos pela ação de insetos e fungos (OLIVEIRA et al., 2010).

BORDIGNON (2009) relata que a massa porosa de grãos tem relação intrínseca com a respiração de grãos, devido à utilização do oxigênio presente no espaço intergranular, além de influenciar na condutividade térmica, através da troca de calor entre as massas dos grãos.

Dessa forma, a aplicação do conhecimento das propriedades físicas de grãos como massa específica e porosidade se destinam ao dimensionamento adequado de máquinas utilizadas no processamento, que são importantes na otimização dos processos de secagem e armazenagem, contribuindo para o desenvolvimento de novos projetos e equipamentos utilizados nas operações pós-colheita.

A porosidade intergranular pode ser entendida como a porcentagem do volume total de uma massa de grãos que é ocupada pelo ar, sendo a relação entre o volume de espaços vazios e o volume total da massa de grãos. Assim, a porosidade influencia na pressão de fluxo de ar na passagem pelos grãos, influenciando no dimensionamento dos ventiladores dos sistemas de secagem e na utilização adequada da potência dos motores.

MOHSEIN (1978) cita que a porosidade de uma massa granular pode variar de 30 a 50%, todavia, apesar de toda a evolução nos processos de colheita e pós-colheita, todos os sistemas conhecidos atualmente tiveram suas bases nos mesmos princípios de funcionamento, hoje reflexos dos métodos convencionais que foram aperfeiçoados ganhando uma nova tecnologia.

Nesse contexto, objetivou-se avaliar a massa específica e a porosidade em grãos de arroz, milho e soja utilizando-se água e óleo vegetal como líquidos complementantes pelos métodos laboratoriais convencionais.

## **METODOLOGIA**

O experimento foi realizado no Laboratório de Solos e Produção Vegetal da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Rondonópolis. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, disposto em esquema fatorial 3x2; sendo três espécies vegetais (arroz, milho e soja) e dois líquidos (água e óleo vegetal), os testes foram conduzidos em sete repetições.

Foram selecionados grãos aparentemente uniformes em tamanho, cor e formato, eliminando os danificados e com manchas, homogeneizando ao máximo as amostras para arroz, milho e soja. As amostras foram testadas em níveis de 40 a 45% do volume ocupado pelos grãos, para determinação da massa específica e porosidade intergranular. Considerando temperatura ambiente, densidades para água 1,0 e óleo 0,9 g cm<sup>-3</sup> e teor médio de umidade entre 14%.

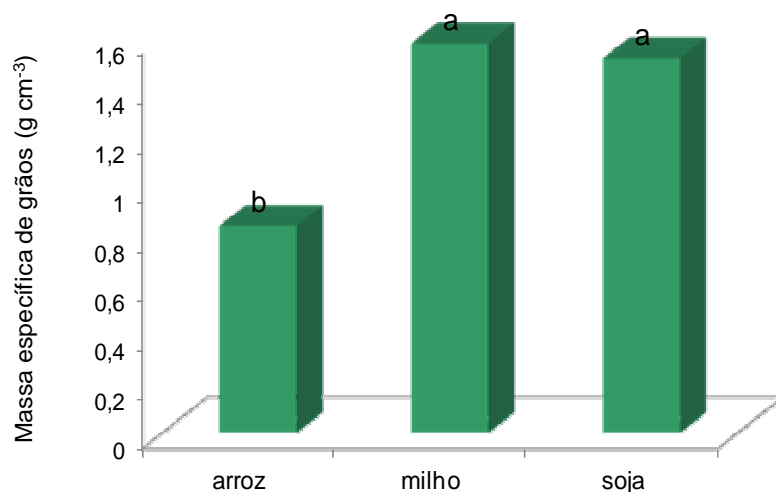
A massa específica dos grãos foi calculada pela razão entre a massa de grãos e o volume, incluindo os espaços granulares. A porosidade intergranular dos três produtos agrícolas foi obtida pela complementação de líquidos, realizando-se o seguinte procedimento: os grãos selecionados foram colocados em uma proveta de volume conhecido (100 ml) até atingir a marca graduada para a complementação da massa de grãos. Em uma segunda proveta, adicionou-se 100 ml de líquido, que posteriormente foi transferido para a proveta com os grãos até atingir o nível da superfície. O volume de líquido restante na segunda proveta foi verificado para a determinação do percentual de porosidade por diferença de volume, dessa forma, foi obtida a porosidade intergranular pelo método direto (COUTO et al., 1999).

O procedimento para a determinação de massa e porosidade em função de líquidos, água e óleo vegetal foi realizado em menor tempo possível, de tal forma que, o líquido ocupasse todo o espaço intergranular disponível, atendendo uma média de cinco segundos cronometrados por amostra, com o intuito de diminuir ao máximo a atividade higroscópica dos grãos e a incorrência de erros.

Os dados foram submetidos à análise estatística por meio do programa Sisvar (FERREIRA, 2008) as médias foram comparadas pelo teste de Tukey até 5% de probabilidade.

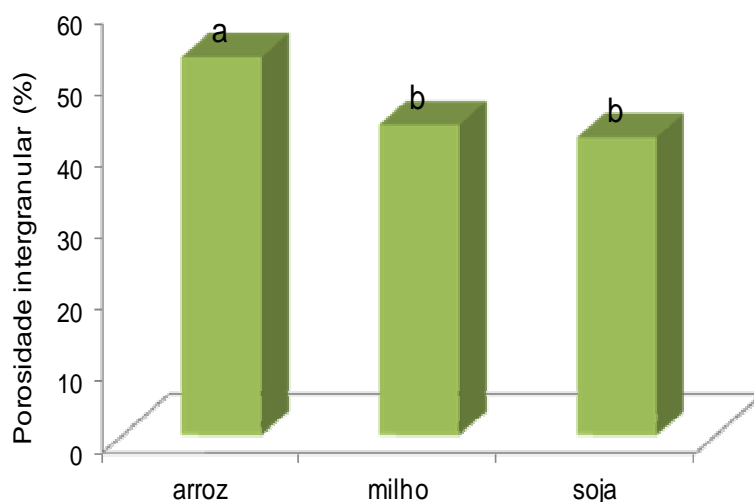
## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise de variância mostrou diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) para os fatores (grãos x líquidos) pelo teste de F a 1% de probabilidade. Não houve efeito de interação dos fatores para massa específica e porosidade intergranular. De acordo com os resultados para massa específica de grãos as médias observadas foram 0,84, 1,58 e 1,52 g cm<sup>-3</sup>, respectivamente para, arroz, milho e soja, sendo que a massa específica dos grãos de milho não difere da massa dos grãos de soja e são superiores a massa específica do arroz (Figura 1).



**FIGURA 1.** Massa específica de grãos determinada em líquidos. Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey até 5% de probabilidade.

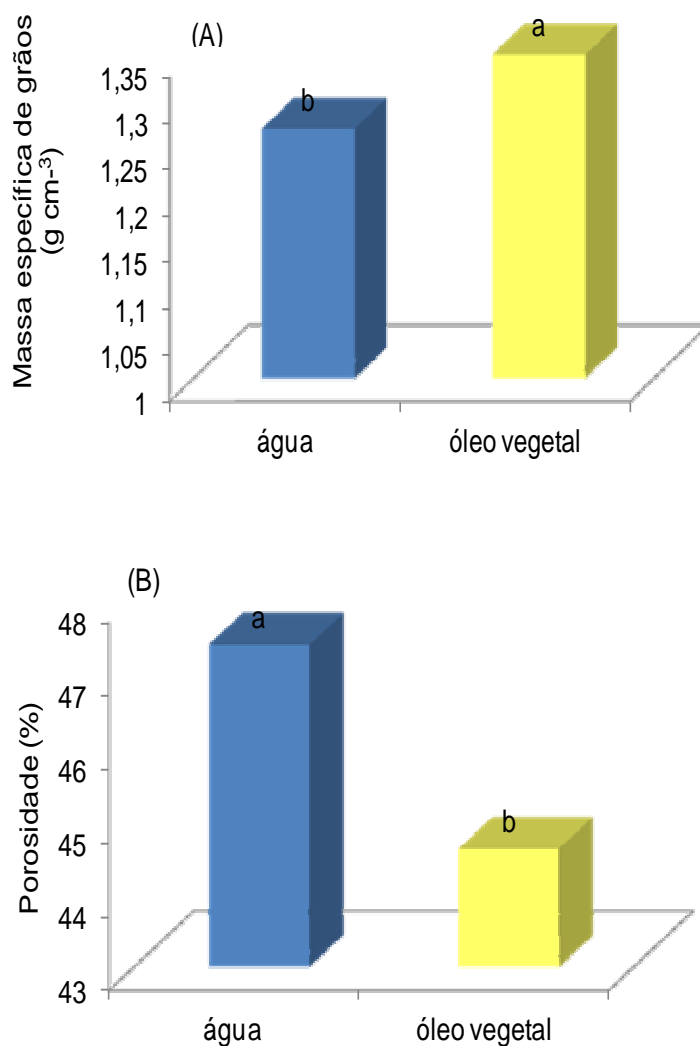
Em relação à variável porosidade o arroz revelou maior porosidade representada por 41,64%, e o percentual de porosidade intergranular do milho não difere do percentual observado para a soja, com valores médios de 52,88 e 43,43%, respectivamente (Figura 2).



**FIGURA 2.** Porosidade intergranular determinada em líquidos. Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto aos líquidos, para massa específica de grãos, o óleo vegetal apresentou média superior à água com 1,35 e 1,27 g cm<sup>-3</sup>, respectivamente (Figura 3A). Para porosidade em grãos de arroz, milho e soja, a água demonstrou maior porosidade (Figura 3B). A diferença de porosidade intergranular

determinada em água e em óleo vegetal pode ser atribuída ao formato e constituição biológica e ao poder higroscópico dos grãos. Tendo em vista a importância higroscópica dos grãos para a determinação da umidade relativa ótima para a manutenção da qualidade e conservação desses grãos quando armazenados, é necessário que a massa de grãos atinja o equilíbrio higroscópico para a obtenção de resultados positivos.



**FIGURA 3.** Líquidos complementantes para determinação de massa específica (A) e porosidade (B) de grãos de arroz, milho e soja. Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey até 5% de probabilidade.

No presente estudo, o arroz apresentou maior porosidade intergranular, quando comparado com a soja e o milho, destacando-se como o produto biológico com maior porosidade, requerente de maiores cuidados quanto ao

sistema de aeração, esse, um dos processos realizados para manutenção da qualidade dos grãos conservando suas integridades físicas.

De modo geral, quando há o aumento da porosidade intergranular, há a diminuição das dimensões dos poros, dificultando o escoamento do ar, isso demonstra que poros maiores resultam em menor porosidade, e poros menores em maior porosidade. WARATTEN et al. (1969) observaram que a porosidade intergranular do produto decresce linearmente com o aumento do teor de água, ao pesquisar a umidade em grãos de arroz. RESENDE et al. (2008) pesquisando sobre a redução do teor de água, verificaram que as propriedades físicas dos grãos são influenciadas, diminuindo a porosidade.

A água foi utilizada para determinar a porosidade em grãos por ROSSI & ROA (1980). A determinação da massa específica e porosidade de grãos pelo método direto por meio de complementação de líquidos utilizando água e óleo vegetal é viável somente para fins comparativos em função do poder higroscópico dos grãos.

### CONCLUSÕES

Os grãos de arroz, milho e soja independe do efeito dos líquidos, porém, quando comparados entre si, o arroz apresenta menor massa específica e maior porosidade em relação ao milho e soja, que não diferiram entre si nas variáveis analisadas. Água e óleo como líquidos complementantes revelam diferenças quanto à determinação da massa específica e porosidade dos grãos.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; FILHO, A. F. L.; PETERNELLI L. A.; COSTA, A. R. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.13, n.5, p.606–613, 2009.

BORDIGNON, B.C.S.; **Relação das condições de armazenamento com a qualidade fisiológica de sementes e composição do óleo extraído de cultivares de soja**. Dissertação (mestrado em agronomia), Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria - RS, 2009.

CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, M. D., D. M.; RESENDE, O.; BOTELHO, F. M., Determinação e modelagem das propriedades físicas e da contração volumétrica do trigo, durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campinas Grande, vol.10 n.3, 2006.

COUTO, S. M., MAGALHÃES, C. A.; QUEIROZ, M. D., BASTOS, T. I.; Massa específica aparente e real e porosidade de grãos de café em função do teor de umidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campinas Grande, v. 3, n. 1, p. 61-68, 1999.

FERREIRA, D. F., SISVAR: um programa para análises e ensino estatístico. **Revista Symposium**, Lavras, v. 3, p. 317-345, 2008.

MOHSEININ, N.N., Physical proprieties of plant and animal materials. New York, **Gordon and Breach Science Publishers**, 1978. 734 p.

OLIVEIRA, L. da C.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C.; MAZUTTI, S.; AOSANI, E.; ROCHA, J. C. da. Efeito da temperatura de secagem na qualidade de grãos de aveia branca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 313-319, mar./abr., 2010.

RESENDE.; O.;CORRÊA.; P.C.; GONELI.; A.L.D.; RIBEIRO.; D.M.; Propriedades físicas do Feijão durante a secagem determinação e modelagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32 n. 1, p. 225/230, 2008.

ROSSI, S. J.; ROA G., **Secagem e armazenamento de produtos agropecuários com uso de energia solar e ar natural**. São Paulo, Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1980.

WARATTEN, F.T.; POOLE W.D.; CHESNESS, J.L.; BAL, S. RAMA, R. V., Physical and thermal properties of rough rice. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, Michigan, v. 12, n. 6, 1969.