

## Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 12 (1)

February 2019

Article link

<http://www.seasinop.com.br/revista/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=632&path%5B%5D=pdf>

Included in DOAJ, AGRIS, Latindex, Journal TOCs, CORE, Discoursio Open Science, Science Gate, GFAR, CIARDRING, Academic Journals Database and NTHRYS Technologies, Portal de Periódicos CAPES.



## Influência do teor de impurezas nas propriedades físicas de milho, soja e arroz em casca

## Influence of impurity contents in physical properties of corn, soybean and rough rice

F. M. Botelho, S. C. C. Botelho, M. C. A. Sobreira

Universidade Federal de Mato Grosso- Campus de Sinop  
Embrapa Agrossilvipastoril

Author for correspondence: [silvia.campos@embrapa.br](mailto:silvia.campos@embrapa.br)

**Resumo:** Objetivou-se com este trabalho determinar experimentalmente o efeito que as impurezas exercem sobre as propriedades físicas de grãos de milho, soja e arroz em casca. Para isso, em amostras de grãos de milho, soja e arroz em casca completamente limpas foram adicionadas quantidades crescentes de impurezas até o teor máximo de 10%. Para cada intervalo de 1% de impurezas na massa de grãos foram determinadas a massa específica aparente, a porosidade, o ângulo de repouso, o teor de água e a diferença total de cor. Concluiu-se que, com exceção da diferença total de cor, o aumento do nível de impurezas na massa de grãos influencia as propriedades físicas dos produtos avaliados.

**Palavras-chaves:** Massa específica aparente, Porosidade, Ângulo de repouso, *Zea mays*, *Glycine max*, *Oriza sativa*.

**Abstract:** This work aimed to experimentally determine physical properties of corn, soybean and rough rice, in function of the impurity contents in the grain mass. In the beginning of the experiment, corn, soybean and rough rice samples were cleaned. Increasing impurity contents were added until reaching 10%. The bulk density, porosity, angle of repose, moisture content and color of the grains were determined for each 1% range of impurity in grain mass. It was concluded that, except for the total color difference, the increase of impurity contents in the grain mass influences the products physical properties.

**Keywords:** bulk density, porosity, angle of repose, *Zea mays*, *Glycine max*, *Oriza sativa*.

### Introdução

A caracterização física de produtos agrícolas, como grãos e sementes em particular, é um processo que está relacionado direta ou indiretamente à determinação de índices que possibilitem avaliar a sua cor, forma, tamanho e massa (ou relações entre esses), além de sua capacidade mecânica, térmica e reológica.

Estudar e avaliar as propriedades físicas de grãos e sementes e dos fatores que as influenciam é importante pois, além de base para a avaliação qualitativa, possibilitam avaliar as condições de secagem, aquecimento e resfriamento desses produtos. Ademais, o dimensionamento e aperfeiçoamento de equipamentos (RIBEIRO et al., 2002), a otimização de processos industriais e estudos aerodinâmicos (SILVA; 2008; RESENDE et al., 2008) estão estreitamente atrelados ao conhecimento desses índices.

O fator que mais influencia as propriedades físicas de grãos e sementes, e, portanto, o mais

estudado é o teor de água (ARAÚJO et al. 2014; BOTELHO et al., 2016; KHAN et al., 2017; SANTOS et al., 2016). Entretanto, outros fatores como a temperatura de secagem (BOTELHO et al., 2015; CORADI et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2010), condições de armazenamento (CORADI et al.; 2015) e a presença de impurezas (CORREA, et al.; 2001) também são fatores importantes. Uma variação nas propriedades físicas devido à variação desses índices, provavelmente acarretará mudanças qualitativas na massa de grãos.

Apesar de corriqueiramente ser tratado pelo termo “impurezas” todo o material retirado de uma massa de grãos durante a etapa de limpeza, no pré-processamento, este material, na verdade, é denominado “material estranho e impurezas”. São consideradas impurezas somente os materiais oriundos da própria da planta de onde foi colhido o grão (folhas e pedaços de caule, por exemplo). Já as matérias estranhas são todo tipo de material

presente na massa de grãos que não seja grão ou impureza, como, areia, torrões ou pedra. Um dos efeitos mais adversos da presença de impurezas na massa de grãos é o aumento da pressão estática requerida para movimentação de ar, o que aumenta a potência requerida pelo conjunto motor-ventilador.

A presença de impurezas é bastante variável na massa de grãos de acordo com a etapa considerada. Logo após a colheita a presença de impurezas na massa de grãos é normalmente elevada e seu quantitativo em relação à massa de grãos é bastante dependente da espécie, do ponto de colheita e da tecnologia empregada. Após o processamento, que consiste nas etapas de limpeza e secagem, o produto deve conter, no máximo, 1% de impurezas, visto ser este o limite permitido para a comercialização. Além disso, é prática comum em algumas unidades armazenadoras retirar praticamente toda a impureza após a limpeza, visando evitar os problemas associados à sua presença na massa de grãos.

Assim, objetivou-se avaliar a influência da presença de impurezas nas propriedades físicas (massa específica aparente, massa específica unitária, porosidade, ângulo de repouso, teor de água e cor) da massa de grãos de milho, soja e arroz em casca.

## Métodos

Foram utilizados grãos pré-processados de milho, arroz em casca e soja coletados de unidades armazenadoras localizadas no município de Sinop (MT).

Inicialmente os produtos adquiridos foram completamente limpos e retiraram-se todos os grãos avariados e toda a impureza, ou seja, foram utilizados apenas grãos inteiros e sadios. Após o processo de limpeza, foram adicionadas porções de impurezas que correspondiam a aumentos proporcionais de 1% no teor de impureza da massa de grãos até o teor final de 10%. Foram utilizadas impurezas retiradas das máquinas de limpeza das mesmas unidades armazenadoras onde os grãos foram adquiridos, sem separação ou classificação da impureza obtida, por tamanho ou tipo, por exemplo.

A partir da obtenção das amostras com diferentes teores de impurezas, as seguintes propriedades físicas dos grãos foram determinadas e avaliadas: teor de água, massa específica aparente, porosidade, diferença total de cor e ângulo de repouso.

O teor de água dos grãos foi determinado pelo método gravimétrico, utilizando-se uma estufa com circulação forçada de ar à  $105 \pm 1^\circ\text{C}$  por 24 h (BRASIL, 2009). Para cada teor de impurezas e cada produto foram feitas três repetições.

A determinação da massa específica aparente foi feita baseada no método da acomodação natural. Foi utilizado um recipiente com volume conhecido de 1 L, em que a relação entre o diâmetro e a altura é igual a um. Para garantir que os grãos se acomodassem

naturalmente e que houvesse uma descarga uniforme e constante dos grãos sobre o cilindro foi usado um funil preso a um suporte metálico. Para a medição da massa dos grãos contidos no recipiente, assim como as demais determinações de massa realizadas neste trabalho, foi usada uma balança com resolução de 0,01 g. Para cada produto e para cada teor de impurezas foram feitas cinco repetições.

A porosidade da massa de grãos foi determinada indiretamente de acordo com os resultados obtidos com a Equação (1) sugerida por (MOHSENIN, 1986), em função da massa específica unitária e massa específica aparente.

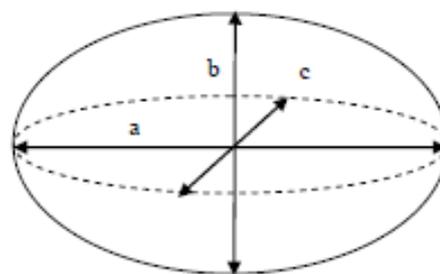
$$\varepsilon = 100 \left[ 1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_u} \right] \quad (1)$$

Em que:  $\varepsilon$  é a porosidade, adimensional;  $\rho_{ap}$  é a massa específica aparente do grão,  $\text{kg m}^{-3}$ ; e  $\rho_u$  é a massa específica unitária,  $\text{kg m}^{-3}$ .

A determinação da massa específica unitária dos grãos de milho e soja foi feita por meio do método da diferença de volume utilizando óleo vegetal em uma bureta graduada, com uma resolução de 0,01 mL. Neste método, é colocado um volume conhecido de óleo vegetal na bureta. Em seguida, adiciona-se uma certa quantidade de grãos, que tiveram suas massas previamente medidas e determina-se o volume destes grãos pela diferença de volume do óleo que foi deslocado. Foram feitas cinco repetições para cada produto.

A massa específica unitária do arroz foi determinada atribuindo a esse produto a forma geométrica de um esferoide escaleno, possibilitando assim obter o volume dos grãos por meio da determinação de suas dimensões características. Isso foi necessário pois nem todos os grãos de arroz imergiam no óleo vegetal.

Um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm foi utilizado para a obtenção das dimensões características principais dos grãos de arroz, como apresentado na Figura 1.



**Figura 1.** Representação esquemática de um esferoide, em que: “a” é a maior, “b” é a intermediária, e “c” é a menor dimensão características do sólido.

Após medidas as dimensões características, o volume dos grãos ( $V_g$ ) foi determinado por meio da Equação (2).

$$V_g = \frac{\pi}{6} [a b c] \quad (2)$$

Em que:  $V_g$  é o volume,  $m^3$ ; “a”, “b” e “c” são a maior, a intermediária e a menor dimensão característica do grão, m.

A massa específica unitária do arroz em casca ( $\rho_u$ ) foi então determinada pela Equação (3).

$$\rho_u = \left[ \frac{m_g}{V_g} \right] = \left[ \frac{6}{\pi} \frac{m_g}{(abc)} \right] \quad (3)$$

Para a determinação da cor dos grãos foi utilizado um colorímetro tristímulo com leitura direta da reflexão das coordenadas  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (tons entre vermelho e verde) e  $b^*$  (tons entre amarelo e azul), empregando a escala Hunter-Lab e utilizando o iluminante 10° D60. Para cada produto e para cada teor de impurezas foram feitas cinco repetições.

Por meio das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  medidas foi calculada a diferença total de cor (De) entre a massa de grãos isenta de impureza (0 %) e aquela em que foi feita adição de impurezas. A diferença total de cor foi determinada de acordo com a Equação (4).

$$De = \left[ (L^* - L_o^*)^2 + (a^* - a_o^*)^2 + (b^* - b_o^*)^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

Em que: De é a diferença total de cor, adimensional;  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  são as coordenadas de cor de um padrão para comparação, adimensionais.

O ângulo de repouso foi medido utilizando-se um dispositivo feito de fibra de média densidade (MDF), com capacidade para, aproximadamente 20 L de produto e com uma das laterais feita de vidro para que seja possível visualizar o produto. O dispositivo possuía um alçapão, que quando aberto, possibilitava o escoamento do produto, a formação e a medida do seu talude. Foram realizadas cinco repetições para cada teor de impurezas e para cada produto.

Os dados das propriedades físicas dos grãos de soja, arroz em casca e milho em função do teor de impurezas foram submetidos à análise de variância seguido de regressão linear com estimadores avaliados pelo teste “t” com 5% de probabilidade.

## Resultados e discussão

Na Figura 2 estão apresentados os valores observados e estimados da massa específica aparente dos grãos de milho (2A), soja (2B) e arroz em casca (2C) em função do teor de impureza.

Notou-se que, para todos os produtos analisados, a massa específica aparente se mostrou dependente da quantidade de impurezas na massa de grãos.

Observou-se, no entanto, que a dependência entre essas variáveis não foi a mesma para todos os produtos, uma vez que a massa específica aparente do milho aumentou com o aumento do teor de impurezas na massa de grãos e a da soja e do arroz em casca reduziu linearmente.

Essa diferença na variação da massa específica aparente apresentada para esses produtos pode ser explicada pela característica da

impureza utilizada neste trabalho. As impurezas do milho possuíam em sua maioria material fino (menores que o grão inteiro) e relevante percentual de grãos quebrados, ou seja, material que possui massa específica unitária semelhante à do grão inteiro. Desta forma, ao serem inseridas, as impurezas ocupavam os espaços intergranulares na massa de grãos aumentando assim a massa específica aparente. Para os grãos de soja e arroz em casca as impurezas eram mais variadas, principalmente em tamanho, contendo fragmentos maiores e menores que os grãos. Neste caso, as impurezas maiores que os grãos alteraram o arranjo entre os grãos favorecendo o aumento dos espaços intergranulares e fazendo com que a massa específica aparente diminuísse de acordo com o aumento da quantidade de impurezas na massa de grãos.

Tendência semelhante ao da massa específica aparente do milho foi encontrado por Corrêa et al. (2001) para grãos de feijão, utilizando impurezas finas (menores que o grão). Entretanto quando foi utilizada para o mesmo produto impurezas grossas (maiores que os grãos) a massa específica aparente do feijão diminuiu, assim como para a soja e o arroz em casca.

Na Figura 3 estão apresentados os dados observados e estimados da porosidade dos grãos de milho (3A), soja (3B) e arroz em casca (3C) em função de diferentes teores de impureza.

Assim como para a massa específica aparente, a porosidade dos produtos analisados também apresentou dependência com a variação do teor de impurezas. Entretanto, notou-se que a porosidade variou de maneira inversa à massa específica aparente quando se aumentou a quantidade de impurezas na massa de grãos, ou seja, houve aumento da porosidade da massa de grãos de arroz em casca e da soja e redução da porosidade da massa de grãos de milho.

A porosidade avalia o percentual de espaços vazios em relação ao volume total ocupado por uma massa de grãos. Desta forma, como as impurezas do milho eram predominantemente menores que os grãos, elas ocuparam os espaços intergranulares, diminuindo a porosidade da massa de grãos. De forma contrária, no caso do arroz em casca e da soja, a presença de maior quantidade de impurezas maiores que os grãos, alteram o arranjo natural de um grão com outro, favorecendo o aumento da porosidade da massa de grãos.

A porosidade intergranular é uma propriedade que sofre influência de vários fatores como forma e tamanho do produto, desuniformidade do produto, percentual de grãos danificados, teor de água, teor de impurezas (MATA & DUARTE, 2002) e o tamanho da impureza (CORRÊA et al., 2001).

Notou-se que para o milho os valores da porosidade decresceram de 41,02 para 39,81%, para os grãos de soja houve aumento de 40,71 para 43,31% e para os grãos de arroz em casca de 50,27 para 51,33%, para uma variação de 0 a 10% no teor de impurezas.

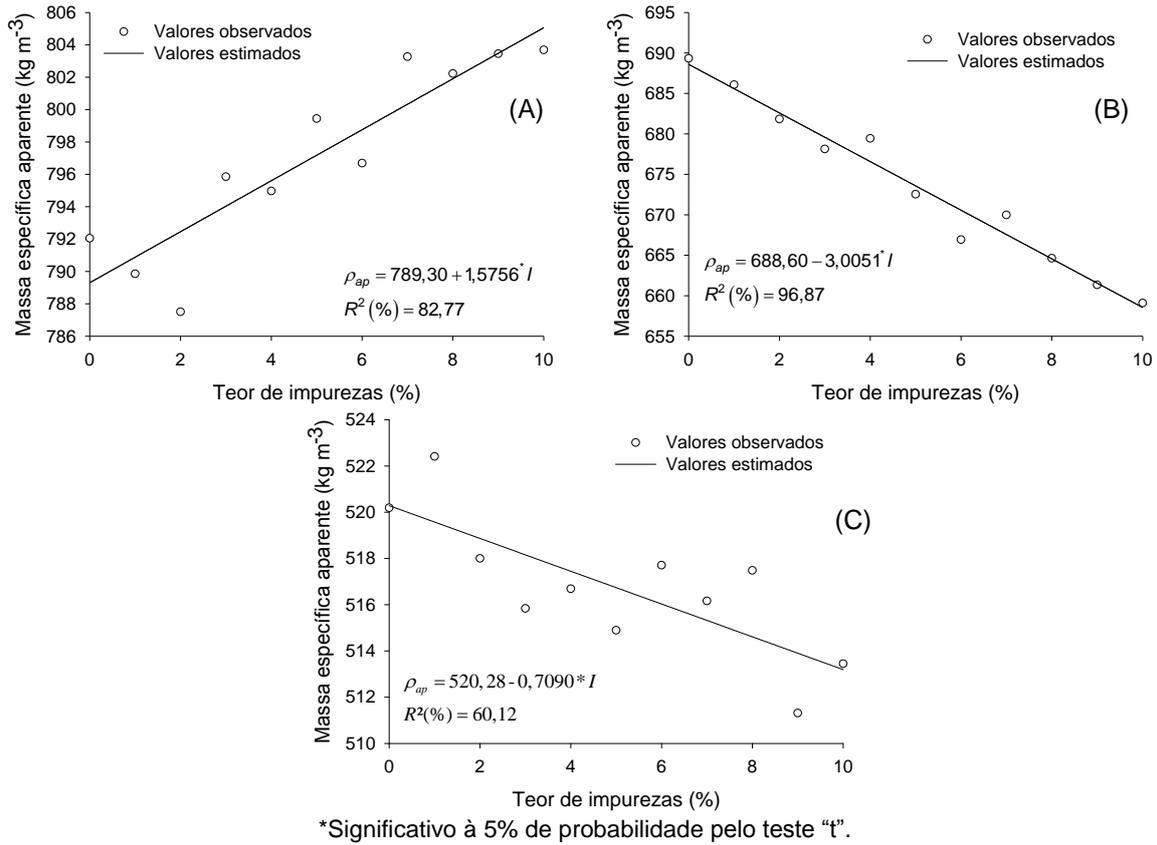
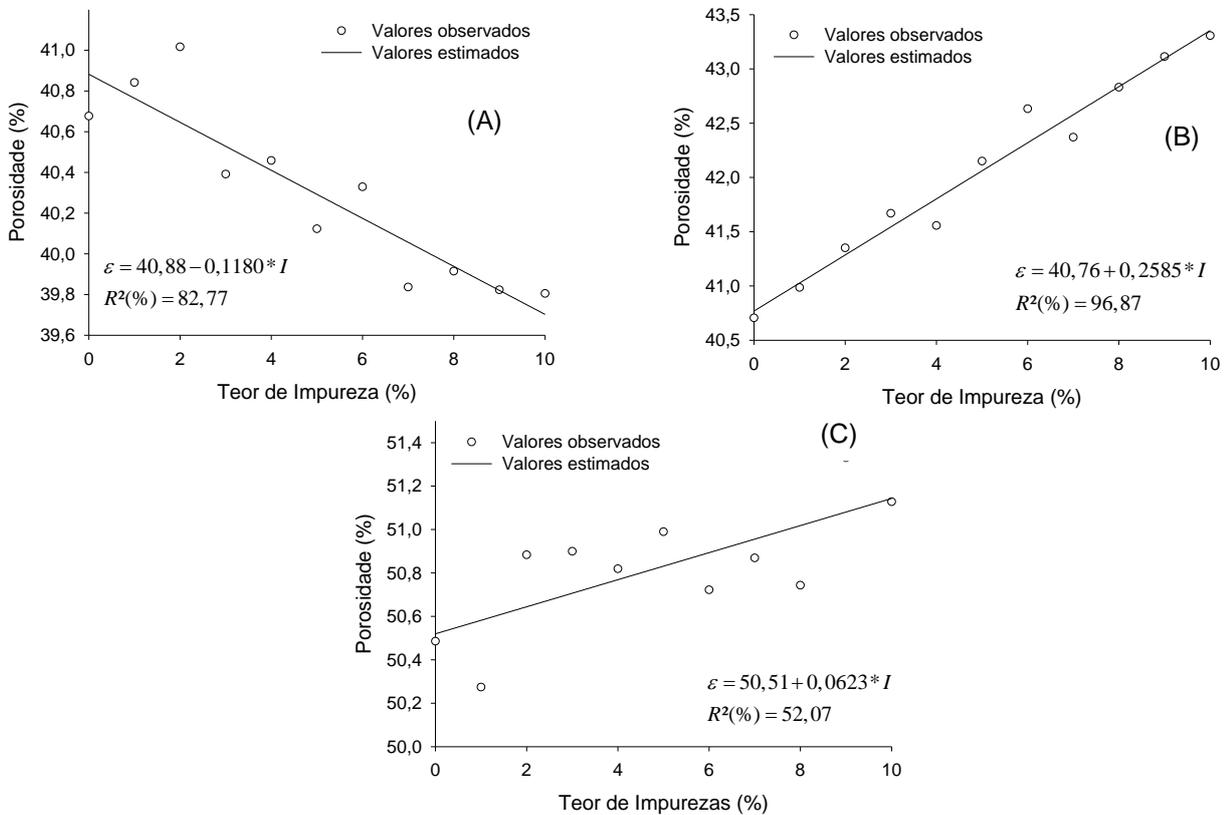
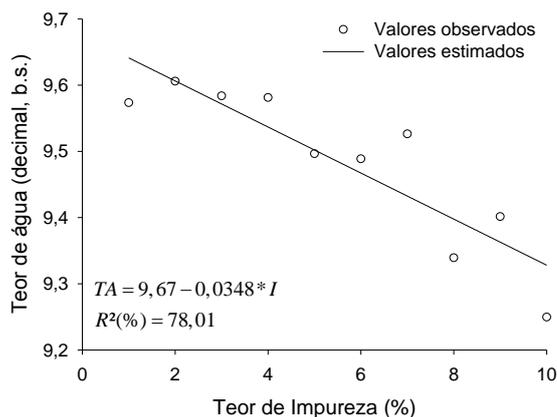


Figura 2. Valores observados e estimados da massa específica aparente do milho (A), soja (B) e arroz em casca (C) para diferentes teores de impurezas.



Significativo à 5% de probabilidade pelo teste "t".

Figura 3. Valores observados e estimados da porosidade do milho (A), soja (B) e arroz em casca (C) para diferentes teores de impurezas.



Significativo à 5% de probabilidade pelo teste "t".

**Figura 4.** Valores observados e estimados do teor de água do milho (A), soja (B) e arroz em casca (C) para diferentes teores de impurezas.

Valores elevados de porosidade é sempre desejável na massa de grãos, visto ser necessária para a movimentação de ar, conforme constataram Figueiredo Neto et al. (2012) avaliando o fluxo de ar em amendoins na vagem. Todavia, o fato de se notar que o aumento da quantidade de impurezas aumentou a porosidade da massa de grãos de soja e do arroz em casca, que poderia parecer um fator positivo, deve ser visto com cautela. Isto porque, a presença de impurezas na massa de grãos é altamente indesejável pelos problemas associados à sua presença, principalmente, quando o grão está armazenado. Normalmente, onde se concentram as impurezas na massa de grãos ocorrem problemas com insetos, desenvolvimento fúngico, aparecimento de bolsões de calor, dentre outros. A principal fonte de contaminação por micotoxinas associadas aos grãos são as impurezas e/ou matérias estranhas presente na massa de grãos permitidas na legislação brasileira até o limite de 1% (SILVA, 2008).

O teor de água não mostrou dependência em relação ao teor de impurezas para o milho e o arroz em casca, observando-se o teor de água médio de 10,58 e 10,74%, respectivamente. Para a soja os valores do teor de água reduziram proporcionalmente à medida que se aumentou o teor de impurezas da massa de grãos (Figura 4). O aumento do teor de impureza de 0 para 10% fez com que o teor de água dos grãos de soja passasse de 9,57 a 9,25%. Isso, possivelmente ocorreu pelo fato de que as impurezas adicionadas à massa de grãos de milho e arroz em casca apresentavam teor de água semelhante ao dos grãos, diferentemente da soja que provavelmente foram adicionadas impurezas com teor de água menor que o do produto. O ângulo de repouso mostrou dependência em relação ao teor de impurezas para os produtos avaliados (Figura 5). As magnitudes do ângulo de repouso do milho (5A) e da soja (5B) aumentaram,

enquanto que as do arroz em casca (5C) diminuíram com o aumento do teor de impurezas. Essa dependência entre as variáveis analisadas provavelmente ocorreu porque a impureza alterou a fluidez da massa de grãos dos produtos quando essa foi submetida ao escoamento.

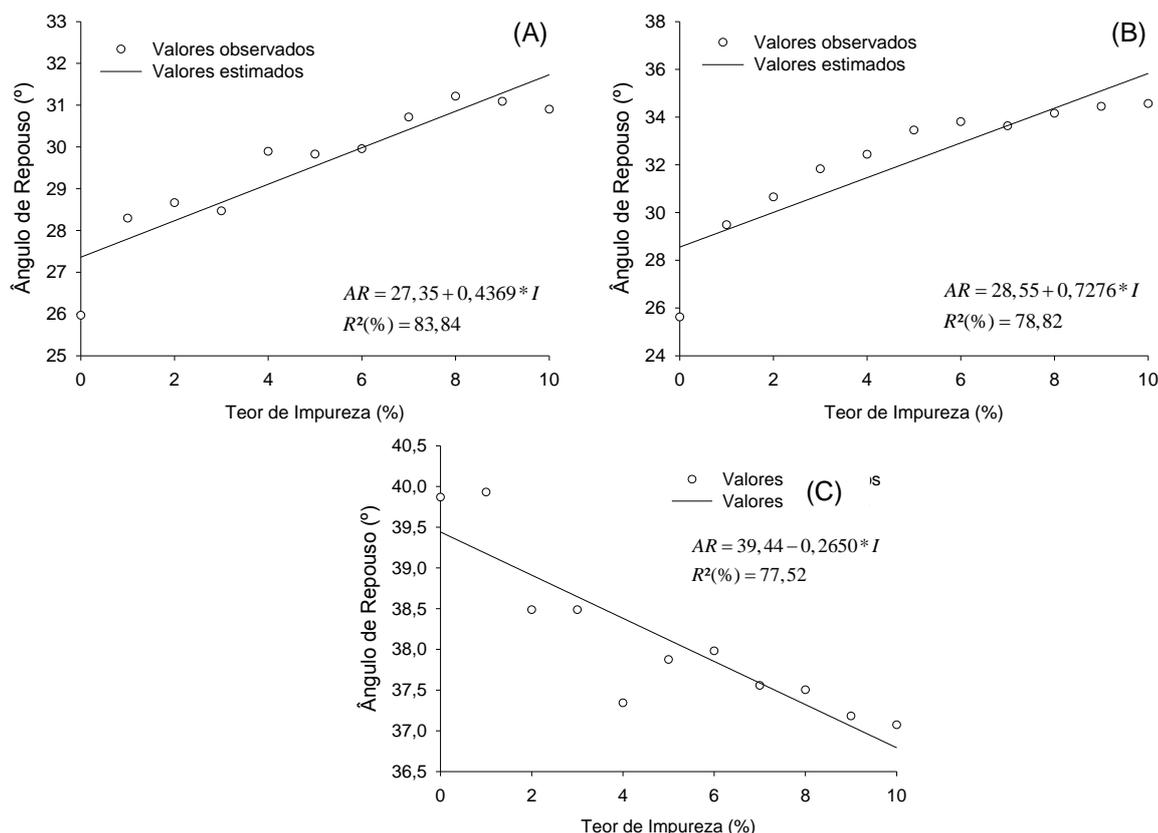
De modo geral, pode-se dizer que a presença de impurezas alterou o talude formado pela massa de grãos e que esta alteração está relacionada ao tamanho da partícula. Aparentemente, partículas menores de impurezas provocam aumento proporcional do ângulo de repouso e vice-versa.

Para o milho a variação do ângulo de repouso foi de 25,96 para 31,21° e para a soja de 25,62 para 34,56°. Já para o arroz em casca houve redução do ângulo de repouso de 39,87 para 37,07° para a faixa de teor de impureza de 0 a 10%.

A diferença total de cor da massa de grãos não foi afetada pela quantidade de impureza. A diferença total de cor é um índice que permite comparar a cor de um produto qualquer com um padrão. Como neste caso o padrão de comparação foi sempre a amostra dos produtos sem impureza é conclusivo que as impurezas usadas neste experimento apresentavam cor consideravelmente semelhante à cor da massa de grãos completamente limpas.

Apesar da quantidade de impurezas não proporcionar mudança na cor das amostras de milho, soja e arroz em casca avaliados, esta propriedade pode sofrer influência de outros fatores, como: temperatura de secagem (BOTELHO et al., 2015) e teor de água (ALENCAR et al., 2009).

A diferença total de cor média observada foi de 2,57 para o milho, 3,82 para a soja e 1,81 para o arroz em casca.



Significativo à 5% de probabilidade pelo teste "t".

**Figura 5.** Valores observados e estimados do ângulo de repouso do milho (A), soja (B) e arroz em casca (C) para diferentes teores de impurezas.

### Conclusões

Pelos resultados obtidos, pode-se concluir que à exceção da diferença total de cor, a presença de impurezas na massa de grãos influencia as propriedades físicas da massa de grãos de milho, soja e arroz em casca.

### Referências

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

ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTE, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 18, n. 3, p. 278-286, 2014.

BOTELHO, F. M.; CORRÊA, P. C.; BOTELHO, S. C. C.; ELÍAS, G. A. V.; ALMEIDA, M. D. S. D.; OLIVEIRA, G. H. H. Propriedades físicas de frutos de café robusta durante a secagem: determinação e modelagem. *Coffee Science*, Lavras, v. 11, n. 1, p. 65 - 75, 2016.

BOTELHO, F. M.; GRANELA, S. J.; BOTELHO, S. C. C.; GARCIA, T. R. Influência da temperatura de

secagem sobre as propriedades físicas dos grãos de soja. *Engenharia na Agricultura, Viçosa*, v. 23, n. 2, p. 212-219, 2015.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. *Regras para Análises de Sementes*. Brasília, p. 399, 2009.

CORADI, P. C.; HELMICH, J. C.; FERNANDES, C. H. P.; PERALTA, C. C. Propriedades físicas de grãos de girassol após secagem. *Revista de Ciências Agroambientais, Alta Floresta*, v.13, n. 2, p.74-77, 2015.

CORADI, P. C.; MILANE, L. V.; CAMILO, L. J.; PRADO, R. L. F.; FERNANDES, T. C. Qualidade de grãos de soja armazenados em baixas temperaturas. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, v. 9, n. 3, p. 197-208, 2015.

CORRÊA, P. C.; GUIMARÃES, W. T.; AFONSO JÚNIOR, P. C. Efeito do nível e do tamanho de impurezas nas propriedades físicas da massa granular de feijão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, n. 1, p 97-100, 2001.

FIGUEIREDO NETO, A.; DANTAS, B. F.; SILVA, J. C.; OLIVER, N. C.; SILVA, M. F. Resistência ao fluxo de ar das vagens de amendoim com diferentes percentuais de impurezas. *Nucleus*, v. 9, n. 1, 2012.

KHAN, K.; MOSES, S. C.; KUMAR, A.; KUMAR, D.; UPADHYAY, A. Physical properties of pigeon pea grains at different moisture content. *International Journal of Pure and Applied. Biosciense*, v. 5, n. 2, p. 556-562, 2017.

MATA, M.; DUARTE, M. E. M. Porosidade intergranular de produtos agrícolas. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 79-93, 2002.

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

RIBEIRO, V. S.; SOBRAL, M. C.; ALMEIDA, M. M.; SILVA, G. F. Propriedades físicas de produtos agrícolas. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.4, n.1, p. 1-6, 2002.

SANTOS, M. M.; DEVILLA, I. A.; LISBOA, C. F.; MELO, P. C.; ANTUNES, A. M. Determining and modeling the physical, thermal and aerodynamic properties of Pinto beans with diferente water contentes. *African Journal of Food Research*, v. 11 n. 46, p. 4735 - 4741, 2017.

SILVA, J. S.; BERBERT, P. A.; AFONSO, A. D. L.; RUFATO, S. Estrutura, composição e propriedades dos grãos. In: SILVA, J. S. (Ed.) *Secagem e armazenagem de produtos agrícolas*. 2ª Ed. Editora Aprenda Fácil, p. 63-104. 2008.