

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE MATERIAL PARTICULADO PROVENIENTE DOS PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO DE ARROZ

Ricardo Scherer Pohndorf<sup>1</sup>; Diego Batista Zeni<sup>2</sup>; Jardel Willian Schimitz<sup>3</sup>; Jorge Tiago Schwanz Göebel<sup>3</sup>; Rafael Junior Foguesatto<sup>3</sup>; Luiz Antonio de Almeida Pinto<sup>4</sup>; Moacir Cardoso Elias<sup>5</sup>

Palavras-chave: GGS, RRB, diâmetro de Sauter.

## INTRODUÇÃO

A redução da geração de resíduos nos processos industriais e agrícolas, principalmente os poluentes, é importantíssima e deve visar seu reaproveitamento, seja no próprio processo produtivo ou como matéria-prima na elaboração de outros materiais. Tem-se cada vez mais investido em pesquisas para a transformação destes, até então considerados apenas resíduos industriais, em subprodutos de interesse comercial ou na própria indústria (DELLA, 2001).

Do processo de beneficiamento do arroz tem-se como primeiro resíduo o material particulado sólido captado por equipamentos de controle de poluição atmosférica, tais como coletores gravitacionais, ciclones e filtro de mangas. Em todo processo de movimentação ou revolvimento dos grãos de arroz, certa quantidade de material particulado entra em suspensão no ar, sendo necessária a sua coleta. Em escala industrial, desde o processo de recepção até a expedição são necessários cuidados quanto à captação do pó, principalmente enquanto não for retirada a casca do grão (VAN DER LAAN, 2010).

Usualmente, o peneiramento visa bitolar adequadamente o material para aumento da eficiência das operações a jusante ou para adequar um produto a especificações. A quantificação da partição do fluxo de alimentação é fortemente dependente da distribuição de probabilidade de passagem de cada classe granulométrica pelas aberturas das telas, a qual é influenciada pelas condições de operação e pela relação entre o tamanho de partícula e o tamanho de abertura efetiva da peneira (LUZ e CARVALHO, 2005).

Objetivou-se, com o trabalho, caracterizar granulometricamente amostras de material particulado proveniente do beneficiamento do arroz, para obter as curvas de distribuição, verificar o modelo que melhor se ajusta aos dados experimentais e determinar o diâmetro médio de Sauter que caracteriza as partículas das operações desse processo.

## MATERIAL E MÉTODOS

A amostra de material particulado de arroz foi colhida em indústria de beneficiamento de arroz no município de Pelotas, RS. O material foi seco em estufa por 4 horas, 100°C. A classificação granulométrica da amostra foi realizada por meio de operação de peneiramento, que separou o sólido granular em frações uniformes. As peneiras utilizadas foram 9, 12, 20, 32, 42, 65, 100, 150, 200, 275, 325, e 400, da série Tyler. Com estas peneiras, o material foi separado em frações com tamanho de partículas entre 1,7mm e 0,038mm.

Terminado o ensaio, as quantidades retidas em cada peneira foram pesadas em balança semi-analítica. Os dados de diâmetro de peneira (equivalente ao diâmetro de partícula) e massa de material retido foram tratados a fim de se obter as curvas de

---

<sup>1</sup> Engenheiro Agrícola. Mestrando em Ciência e Tecnologia Agroindustrial - UFPel. Rua Conde de Porto Alegre, 441. CEP 96.010-290. Pelotas RS. e-mail: ricardoscherer.eng@gmail.com.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrícola. Doutorando em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, RS. e-mail: eng.diegozeni@gmail.com

<sup>3</sup> Acadêmico de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Pelotas, RS.

<sup>4</sup> Professor doutor do Departamento de Química. Universidade Federal do Rio Grande, RS.

<sup>5</sup> Eng. Agrônomo; Dr. Agronomia; Prof. Titular do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel; Universidade Federal de Pelotas, RS. e-mail: eliasmc@ufpel.tche.br.

distribuição, bem como o modelo que melhor se ajusta aos dados e então foi determinado o diâmetro médio de Sauter que caracteriza as partículas das amostras.

A determinação do diâmetro médio das partículas é dada através da Equação 01 desenvolvida por Sauter:

$$D_s = \frac{1}{\int_0^1 \frac{dX}{D}} = \frac{1}{\sum_1^n \frac{\Delta X}{D}} \quad (01)$$

Outro modo de representar a distribuição granulométrica de um sólido é através de modelos matemáticos de distribuição, que procuram se ajustar aos dados de diâmetros de partícula e fração acumulada de passantes, fornecendo dois parâmetros numéricos. Estes modelos podem ser ajustados aos dados dos ensaios de peneira através de análise de regressão não-linear, por métodos computacionais. Os modelos de distribuição utilizados foram Gates–Gaudin–Schuhmann (GGS) e Rosin-Rammler-Bennet (RRB), apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Modelos de distribuição granulométrica

Modelo	Equação
Gates–Gaudin–Schuhmann (GGS)	$X = \left(\frac{D}{K}\right)^m$ (02)
Rosin-Rammler-Bennet (RRB)	$X = 1 - (\exp(-(D/D')^n))$ (03)

Fonte: Frare *et al.* (2000).

Na Tabela 1 e Equação 1, têm-se:

Ds: diâmetro médio de Sauter;

D: diâmetro de partícula;

X: fração cumulativa com diâmetro menor que D;

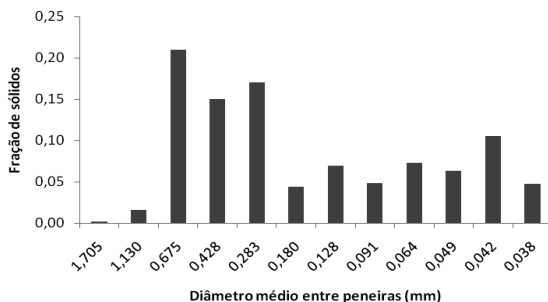
k, m: parâmetros do modelo GGS;

D', n: parâmetros do modelo RRB.

A análise estatística dos dados foi realizada através de regressão, sendo observada a homogeneidade das variâncias e a independência dos erros para validação dos testes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os resultados obtidos pela operação de peneiramento do pó, foi construído o histograma de frequência, apresentados na Figura 1. Observou-se uma distribuição variada de tamanhos de partículas, sendo que a maior fração possui tamanho entre 0,85 e 0,5 mm.



**Figura 1.** Histograma de distribuição

O formato das curvas obtidas encontradas experimentalmente é a que se obtém comumente na literatura em uma análise granulométrica. Como vários pesquisadores verificaram que o formato das curvas de distribuição não diferia muito para uma grande variedade de materiais, foram desenvolvidos modelos matemáticos, que geralmente se ajustam bem aos dados.

Com os dados de fração passante e diâmetro de partícula testou-se os modelos apresentados na Tabela 1, através de uma análise de regressão não-linear (baseada no método dos mínimos quadrados).

Os parâmetros estatísticos estimados para os modelos GGS e RRB encontram-se na Tabela 2.

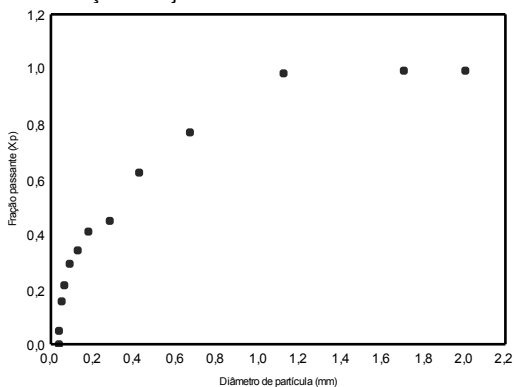
**Tabela 2.** Parâmetros estatísticos estimados para os modelos

	GGS		RRB	
	k	M	D'	n
Valor do parâmetro	1,588	0,440	0,405	0,923
Desvio padrão	0,169	0,040	0,034	0,079
t(10)	9,403	10,914	11,903	11,637
Significância (<0,05)	$3 \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$
R <sup>2</sup>		0,95		0,98

O Diâmetro de Sauter calculado com base nos dados apresentados na Tabela 2, para o material particulado foi 0,133 mm.

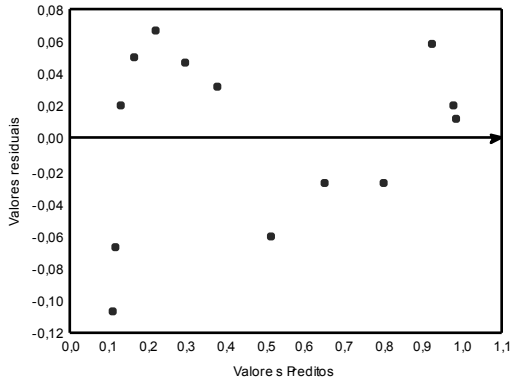
O modelo GGS apresentou menor correlação ao modelo RRB, além tornar-se mais tendenciosa a sua distribuição de resíduos. O modelo RRB foi adequado para demonstrar o comportamento do material.

A Figura 2 mostra a curva de distribuição de tamanhos das partículas do pó do arroz e possibilita a visualização do ajuste dos dados ao modelo RRB.



**Figura 2.** Ajuste de dados ao modelo RRB

A Figura 3 apresenta o gráfico de resíduos pelos valores estimados, sendo possível verificar o ajuste da distribuição ao modelo RRB. Nota-se maior aleatoriedade dos pontos em torno de zero em relação ao modelo GGS, mostrando-se que o modelo RRB é mais adequando a distribuição de material particulado proveniente do arroz, validando-o.



**Figura 3.** Resíduos obtidos pelos valores estimados ao modelo RRB

## CONCLUSÃO

A distribuição granulométrica do material particulado proveniente das operações de beneficiamento do arroz possibilitou comparar modelos que melhor se adequassem ao material, mesmo com faixa de distribuição bastante ampla.

O modelo que mostrou melhor ajuste para a distribuição do material, evidenciado pela aleatoriedade dos pontos no gráfico de resíduos e pelo elevado valor de correlação foi o de Rosin-Rammler-Bennet (RRB).

## AGRADECIMENTOS

A CAPES, CNPq e SCT-RS (Pólos Tecnológicos).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DELLA, V. P, *et al.* Caracterização de cinza de casca de arroz para uso como matéria-prima na fabricação de refratários de sílica. *Química Nova*, v. 24, n. 6, p. 778-782, 2001.
- FRARE L. M.; GIMENES, M. L.; PEREIRA N. C.; MENDES, E. S. Linearização do modelo log-normal para distribuição de tamanho de partículas. *Acta Scientiarum. Technology*, v. 22, n. 5, p. 1235-1239, 2000.
- GEANKOPLIS, C.I. *Transport Processes and Unit Operations*. 3ª edição. Prentice-HALL International, 1993.
- LUZ, J. A. M.; CARVALHO, S. C. Modelamento matemático de peneiramento vibratório (Parte1): dimensionamento clássico. *Revista Escola de Minas*, v. 58, n.1, p.57-60, 2005.
- VAN DER LAAN, L.F.G. Fatores de riscos de acidentes do trabalho em unidades de armazenamento e industrialização de arroz. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Universidade Federal de Pelotas, 2010.