

**Determinação da granulometria e análise das condições operacionais do peneiramento de painço (*Panicum miliaceum*)****Determination of granulometry and analysis of operational conditions of millet (*Panicum miliaceum*) sifting**

DOI:10.34117/bjdv6n9-005

Recebimento dos originais: 08/08/2020

Aceitação para publicação:01/09/2020

**Carolina Smaniotto Fronza**

Mestranda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Maria  
Instituição: Universidade Federal de Santa Maria – UFSM  
Endereço: Av. Roraima, Cidade Universitária, Camobi - Santa Maria - RS, Brasil  
E-mail: carolsmaniottof@gmail.com

**Dinalva Schein**

Mestranda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Maria  
Instituição: Universidade Federal de Santa Maria – UFSM  
Endereço: Av. Roraima, Cidade Universitária, Camobi - Santa Maria - RS, Brasil  
E-mail: dinalvaschein@hotmail.com

**Gabriela Aline Kroetz Bremm**

Engenheira Química pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Instituição: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI  
Endereço: Av. Universidade das Missões, Universitário - Santo Ângelo - RS, Brasil  
E-mail: gabrielabremm@hotmail.com

**Naiara Jacinta Clerici**

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal da Fronteira Sul  
Instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS  
Endereço: Av. Jacob Reinaldo Haupenthal, São Pedro - Cerro Largo - RS, Brasil  
E-mail: naiaraj.clerici@gmail.com

**Andréia Monique Lermen**

Mestre em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis pela Universidade Federal da Fronteira Sul  
Instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS  
Endereço: Av. Jacob Reinaldo Haupenthal, São Pedro - Cerro Largo - RS, Brasil  
E-mail: lermenma@gmail.com

**Júlia Cristina Diel**

Mestranda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Maria  
Instituição: Universidade Federal de Santa Maria – UFSM  
Endereço: Av. Roraima, Cidade Universitária, Camobi - Santa Maria - RS, Brasil  
E-mail: juliadiel@hotmail.com

**Isaac dos Santos Nunes**

Doutorando em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Maria  
Instituição: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI  
Endereço: Av. Universidade das Missões, Universitário - Santo Ângelo - RS, Brasil  
E-mail: isaac.eq@gmail.com

**Raíssa Engroff Guimarães**

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal da Fronteira Sul  
Instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS  
Endereço: Av. Jacob Reinaldo Haupenthal, São Pedro - Cerro Largo - RS, Brasil  
E-mail: raissa\_guimaraes02@hotmail.com

**RESUMO**

A separação granulométrica visa separar e classificar materiais de acordo com seus diâmetros. Um método em destaque para a realização dessa separação é o peneiramento. No peneiramento, alimenta-se um conjunto de peneiras com uma quantidade de massa predeterminada do material que se deseja separar e classificar. Sob agitação, os particulados tendem a passar ou reter-se nas peneiras conforme seu diâmetro e o diâmetro de abertura das peneiras. Assim, a técnica de peneiramento é muito empregada para realizar a separação e classificação de particulados, além de ser utilizada para construção de modelos de distribuição de materiais. Portanto, o presente estudo objetivou realizar a separação dos grãos de painço em diferentes condições operacionais e determinar um modelo de distribuição granulométrica para as sementes. Avaliando-se o peneiramento, os grãos reteram-se na peneira de 10 *Mesh*, na qual cerca de 90% dos grãos acumulou-se, indicando tamanhos de partícula entre 2 mm e 2,5 mm. Além disso, o modelo que melhor descreveu o ensaio foi o Gates, Gaudin e Schuhmann (GGS), para uma condição operacional de 5 minutos e intensidade de agitação 9.

**Palavras-chave:** *Panicum miliaceum*, granulometria, peneiramento, condições operacionais.

**ABSTRACT**

The granulometric separation aims to separate and classify materials according to their diameters. A prominent method for carrying out the separation is sieving. When sieving, a set of screens is fed with a predetermined amount of mass of the material to be separated and classified. Under agitation, particulates tend to pass or retain in the sieves according to their diameter and the opening diameter of the sieves. Thus, the sieving technique is widely used to perform the separation and classification of particulates, in addition to being used to build material distribution models. Therefore, the present study aimed to carry out the separation of millet grains in different operational conditions and to determine a grain size distribution model for the millet grains. Evaluating the sieving, the grains are retained in the 10 Mesh sieve, in which about 90% of the grains accumulated, indicating particle sizes between 2 mm and 2,5 mm. In addition, the model that best described the test was Gates, Gaudin e Schuhmann (GGS), for an operational condition of 5 minutes and agitation 9.

**Palavras-chave:** *Panicum miliaceum*, granulometry, sifting, operational conditions.

**1 INTRODUÇÃO**

Os processos de separação e classificação granulométrica visam separar materiais de acordo com seus diâmetros (Correia, 2010). Dentre as diversas técnicas de separação de partículas, como a elutriação e câmara de poeira, destaca-se o peneiramento. No peneiramento, um conjunto de peneiras, que variam decrescentemente quanto ao diâmetro de abertura, é alimentado com uma certa massa. Com agitação, a massa irá passar ou reter-se nas peneiras conforme seu tamanho (Cremasco, 2014). Essa técnica pode ser realizada a seco ou a úmido, adicionando-se água, para auxiliar a passagem pelas peneiras quando o material já possui certa umidade ou quando é muito aderente.

A realização do peneiramento é de suma importância dentro das diversas áreas industriais, devido à necessidade de um material mais homogêneo e quando há a necessidade de separar as partículas pelo seu tamanho devido estas serem variáveis de controle de processos consequentes (Correia, 2010). Como formas de melhorar o desempenho de processos industriais, além da evolução e criação de maquinários e também para o cálculo de equipamentos para operacionalização de particulados, faz-se necessário adquirir o conhecimento acerca das características físicas e a distribuição das partículas conforme suas faixas de tamanho, além de separá-las para as etapas de produção, ou até mesmo o produto final (Corrêa et al., 2016). Desse modo, a técnica de peneiramento pode ser empregada para separação e classificação de inúmeros sólidos esféricos e não esféricos como grãos, minérios e alimentos. Por exemplo, o painço (*Panicum miliaceum*), apresentado na Figura 1, é um grão de forma convexa, oval ou elíptica que possui as características de massa específica real ( $\rho_{(P_a)}$ ) de 1,17 g cm<sup>-3</sup>, diâmetro médio de Sauter ( $D_{(P_S)}$ ) de 1,68 mm e esfericidade ( $\phi$ ) 0,83 (Pereira, 2010).

Figura 1. Painço Vermelho (Fonte: as Autoras).



No Brasil, a cultura de painço não é muito difundida entre os agricultores, tanto que, segundo Nascimento (2014), até o ano de 2014 não eram disponibilizadas sementes certificadas no mercado brasileiro, tendo que o próprio agricultor preparar sua semente. Apesar disso, segundo Kalinová (2007), a sua composição nutricional apresenta parâmetros nutritivos iguais ou melhores que outros tipos de cereais, já que os mesmos são constituídos por proteínas de alta qualidade, além de serem ricos em minerais e vitaminas, podendo também ser comparados ao trigo, milho ou arroz quanto à quantidade de calorias que possuem. Desse modo, surge como uma nova oportunidade para exploração por parte da indústria alimentícia. No entanto, a escassez de informações acerca de suas propriedades físicas e de modelos que possam representar características físicas dos grãos, pode se tornar um empecilho à sua utilização.

Nesse sentido, a técnica de peneiramento surge como uma opção para separação e classificação dos grãos de painço e também para a determinação da faixa granulométrica dos grãos, uma vez que o conhecimento sobre as características físicas dos mesmos ainda é parco. Desse modo, objetivou-se realizar o peneiramento dos grãos de painço do tipo vermelho para realizar a separação das sementes, determinar a faixa granulométrica em que as sementes se distribuem e avaliar as condições operacionais do conjunto de peneiras para a separação do painço, tendo como intuito o estudo e a análise da técnica de peneiramento de sólidos particulados para o *Panicum miliaceum*.

## 2 MATERIAL E MÉTODO

Em agitador eletromagnético de peneiras, apresentado na Figura 2, executou-se o peneiramento dos grãos de painço vermelho. Realizaram-se ensaios de agitação em três velocidades (8, 9 e 10 rpm). Para cada velocidade realizou-se o processo em três diferentes tempos (5, 10 e 15 minutos), totalizando nove ensaios de peneiramento.

Figura 2: Agitador eletromagnético de peneiras (Fonte: as Autoras).



Primeiramente, selecionou-se as peneiras utilizadas, sendo as mesmas de 6 a 20 *Mesh*. Em seguida, pesou-se em balança analítica cada uma das cinco peneiras utilizadas e o fundo, registrando-se a massa vazia das mesmas. Após, pesou-se 100 gramas de painço em um béquer e colocou-se os grãos sobre a primeira peneira. Acionou-se o agitador, realizando o peneiramento para cada velocidade no tempo preestabelecido. Passado o tempo de agitação, pesou-se novamente as peneiras e o fundo, registrando-se as massas com o painço, sendo a diferença entre a massa final menos a massa da peneira vazia, a massa retida de grãos, como na Equação 1. Após cada peneiramento, executou-se a limpeza das peneiras para a realização do próximo ensaio.

$$m_r = m_f - m_p \quad (01)$$

sendo  $m_r$  (g) a massa de grãos retida,  $m_f$  (g) a massa final (massa da peneira + massa de grãos retidos) e  $m_p$  (g) a massa da peneira vazia.

Na sequência, fez-se a análise da operação nas diferentes agitações e a faixa granulométrica da melhor análise obtida. Por meio do *software* Excel, determinou-se a equação da distribuição granulométrica e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), para os modelos de distribuição de Rosin, Rammler e Bennet (RRB) e para o modelo de distribuição de Gates, Gaudin e Schuhmann (GGS). Além disso, plotou-se gráfico para o modelo de distribuição que melhor representou o peneiramento dos grãos de painço, utilizando o *software* matemático Origin 6.0.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização prática do experimento, pela Equação 1 calculou-se as massas de painço retidas em cada uma das peneiras, conforme o Quadro 1. As condições operacionais aplicadas são representadas por  $T_5$ ,  $T_{10}$  e  $T_{15}$  que correspondem aos tempos de 5, 10 e 15 minutos, respectivamente, e  $A_8$ ,  $A_9$  e  $A_{10}$ , equivalem às agitações de 8, 9 e 10 rpm.

Quadro 1: Massas de painço retidas nas peneiras (Fonte: as Autoras).

Tempo/Agitação	Massa retida					
	6 Mesh	8 Mesh	10 Mesh	14 Mesh	20 Mesh	Fundo
T <sub>5</sub> /A <sub>8</sub>	0	0,03	93,81	5,45	0,68	0,03
T <sub>10</sub> /A <sub>8</sub>	0	0,05	91,41	7,68	0,83	0,03
T <sub>15</sub> /A <sub>8</sub>	0	0,06	88,29	10,79	0,79	0,07
T <sub>5</sub> /A <sub>9</sub>	0	0,07	92,18	7,15	0,56	0,04
T <sub>10</sub> /A <sub>9</sub>	0	0,05	89,64	9,54	0,73	0,04
T <sub>15</sub> /A <sub>9</sub>	0	0,05	87,88	11,03	0,97	0,07
T <sub>5</sub> /A <sub>10</sub>	0	0,05	92,72	6,72	0,48	0,03
T <sub>10</sub> /A <sub>10</sub>	0	0,03	87,94	11,36	0,63	0,04
T <sub>15</sub> /A <sub>10</sub>	0	0,04	89,87	9,67	0,36	0,06

Observou-se uma maior retenção na peneira com abertura de 10 *Mesh*, independente das condições operacionais utilizadas, tendo-se retenções superiores a 87 gramas para todos os tempos e agitações empregadas. Tal resultado evidencia que grande parte dos grãos possuem diâmetros entre 2 e 2,5 mm, uma vez que o diâmetro de abertura para a peneira superior, 8 *Mesh*, é de 2,5 mm e da peneira que reteve os grãos, 10 *Mesh*, possui diâmetro de abertura de 2 mm. As peneiras de 20 *Mesh* e de fundo concentraram farelos e pedaços de grãos quebrados, justificando as pequenas massas encontradas nas peneiras com diâmetro de abertura menores.

Com os valores de massa retida, encontrou-se os modelos de distribuição granulométrica para cada uma das condições operacionais do peneiramento, tanto para o modelo RRB quanto para o GGS. Os resultados para os modelos GGS, Equação 2, e RRB, Equação 3, são apresentados no Quadro 2 e no Quadro 3, respectivamente.

$$x_i = (D_i/k)^m \quad (02)$$

$$x_i = 1 - \exp\left[-\left(\frac{D_i}{D'}\right)^n\right] \quad (03)$$

sendo  $x_i$  a fração mássica;  $D_i$  (mm) o diâmetro da partícula;  $k$  (mm) o diâmetro de 100% de passante;  $m$  o coeficiente angular da equação linear para GGS;  $D'$  (mm) a exponencial da divisão do coeficiente linear pelo coeficiente angular;  $n$  o coeficiente angular da equação linear para RRB.

Quadro 2: Modelo de distribuição granulométrica GGS (Fonte: as Autoras).

	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>m</b>	<b>K</b>
$T_5/A_8$	0,9957	7,69	2855
$T_{10}/A_8$	0,9932	7,73	2855
$T_{15}/A_8$	0,9987	7,08	2855
$T_5/A_9$	0,9999	7,55	2855
$T_{10}/A_9$	0,9972	7,57	2855
$T_{15}/A_9$	0,9977	7,04	2855
$T_5/A_{10}$	0,9998	7,83	2855
$T_{10}/A_{10}$	0,9960	7,65	2855
$T_{15}/A_{10}$	0,9916	7,38	2855

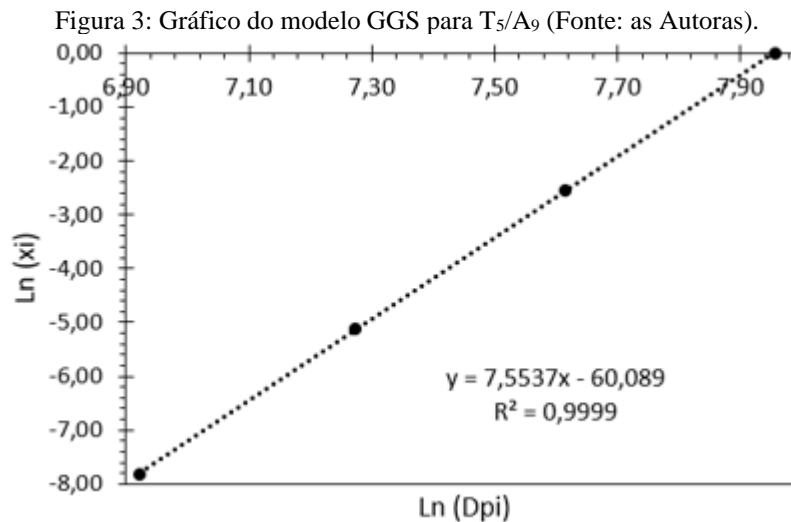
Quadro 3: Modelo de distribuição granulométrica RRB (Fonte: as Autoras).

	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>n</b>	<b>D'</b>
$T_5/A_8$	0,9741	9,5141	2446,514
$T_{10}/A_8$	0,9849	9,5022	2417,554
$T_{15}/A_8$	0,9838	8,8358	2402,715
$T_5/A_9$	0,9795	9,2848	2451,815
$T_{10}/A_9$	0,9877	9,3402	2408,013
$T_{15}/A_9$	0,9855	8,8134	2387,597
$T_5/A_{10}$	0,9807	9,601	2453,141
$T_{10}/A_{10}$	0,9898	9,4844	2389,847
$T_{15}/A_{10}$	0,9713	9,1775	2435,687

Os valores representados por  $R^2$  indicam a linearidade do modelo de distribuição granulométrica. Quanto mais próximos à 1, mais representativo é o modelo e melhor ele se ajusta a amostra. Observa-se que o  $R^2$  para o modelo RRB apresentou-se inferior a 0,9900 para todas as condições operacionais empregadas, portanto, a distribuição granulométrica do painço não pode ser representada pelo modelo de RRB, uma vez que ele não apresenta precisão nos resultados.

Na oposição, os coeficientes de determinação para o modelo de GGS foram em sua totalidade superiores a 0,9910, sinalizando que o modelo GGS é mais correto para representar a distribuição granulométrica dos grãos. Ainda, observa-se que a melhor condição operacional para o peneiramento de painço em relação a distribuição granulométrica das sementes foi em um período

de 5 minutos em intensidade de agitação 9, representado pelo modelo GGS, já que o valor de  $R^2$  foi de 0,9999. Pode-se visualizar o modelo GGS, para  $\frac{T_5}{A_9}$ , na Figura 3, onde encontrou-se a equação da reta com sua linearidade,  $R^2$ .



O gráfico apresentado na Figura 3 representa um excelente ajuste do modelo GGS linearizado. O modelo GGS descreve um comportamento bastante exato de todos os diâmetros de partículas no peneiramento, visto que não apresentam afastamento de pontos em relação à linha de tendência do modelo, com um coeficiente de determinação de 0,9999.

#### 4 CONCLUSÃO

Ao fim da determinação granulométrica e da avaliação das condições de operação, averiguou-se que para todas as condições operacionais, a peneira de 10 Mesh foi a que reteve mais grãos de painço, sendo aproximadamente 90%, possuindo diâmetros entre 2360  $\mu\text{m}$  e 1700  $\mu\text{m}$ . Além disso, o modelo GGS ajusta-se melhor na descrição do peneiramento de painço e, analisando o coeficiente de determinação de todas as condições operacionais, conclui-se que o tempo de cinco minutos e uma agitação de 9, apresentou-se como melhor condição de trabalho, tendo um  $R^2$  de 0,9999.



**REFERÊNCIAS**

CORREIA, J. C. G. Classificação e peneiramento. In: ADÃO, B. L.; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A. Tratamento de minérios. 5. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010, p. 196-238.

CREMASCO, M. A. Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

KALINOVÁ, J. Nutritionally important components of Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.). Food, República Tcheca, v. 1, n.1, p. 91-100, 2007. Disponível em:<<https://bit.ly/2OSMzAn>>. Acesso em: 26 set. 2018.

NASCIMENTO, L. D. Caracterização, análise fluidodinâmica e secagem de sementes de painço em leito de jorro. 2014, 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

PEREIRA, A. V. Caracterização e secagem de sementes de painço. 2010, 92 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.