



Área: Ciência de alimentos

DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA E CARACTERIZAÇÃO DE PARTICULAS DE FARINHA DE SOJA

Andressa Franco Denti^{1*}, Julia Lisboa Bernardi¹, Gabriela de Bastos¹, Adriana Marisa Burchardt Schultz¹, Eunice Valduga¹, Juliana Steffens¹

¹ Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), 99709-910, Erechim, RS.

*E-mail: andressa.franco98@hotmail.com

RESUMO – O objetivo foi realizar a análise granulométrica de grãos de soja moídos em moinho de martelo, para obtenção de dados quantitativos, decorrente de caracterização e determinação de modelos matemáticos de distribuição granulométrica. A luminosidade da farinha apresentou um diâmetro de partícula de 0,3220 mm com tonalidade mais clara em relação as demais farinhas, a nuance mais escura ficou para o diâmetro de partícula de 0,5285 mm. Avaliando estatisticamente os dados, todas as amostras diferiram significativamente entre si para os parâmetros de cromaticidade. Em função da saturação, a farinha com diâmetro de partícula de 1,4710 mm apresentou o maior resultado. A análise estatística observou que as amostras do conteúdo de K e Fe, diferiram entre si, já em relação ao conteúdo de Ca, as amostras retidas nas peneiras de 1,4710 mm e 1,0155 mm, não diferiram. Os gráficos de distribuição cumulativa e de frequência mostraram que 27,60% das partículas possuem granulometria de 1,015mm, bem como 32,13% das partículas possuem granulometria de 0,5285 mm, totalizando 59,73% das partículas nessas faixas de granulometria. O modelo GGS é o modelo que mais se adapta ao comportamento de distribuição granulométrica das partículas de soja.

Palavras-chave: Soja, granulometria, peneiramento.

1 INTRODUÇÃO

A soja é uma planta que se originou na Ásia, com maior concentração na China, havendo relatos de seu uso pelo homem a mais de 5 mil anos. Já no período de 2883 a.C. encontram-se dados literários sobre soja, arroz, trigo, cevada e milho. No Brasil, a soja foi introduzida pelos imigrantes japoneses, em 1908. Alguns anos depois, em 1914, foi implantada oficialmente na cidade de Santa Rosa/RS pelo Professor F.C. Craig, da Escola Superior de Agronomia e Veterinária da Universidade Técnica, atualmente ESALQ. Em seguida, iniciou-se a distribuição de sementes para produtores da Região Sul do país, principalmente para o estado do Rio Grande do Sul. (MIRANDA, 2010)

A produção de soja no Brasil é crescente, o que explica a área semeada de aproximadamente 35,822 milhões hectares na safra 2018/19, com uma produção de 123,664 milhões de toneladas e uma produtividade de 3.468 kg/ha. O Rio Grande do Sul destaca-se como segundo maior produtor brasileiro de soja, produzindo 19,187 milhões de toneladas e com 5,778 milhões de hectares cultivados, perdendo apenas para Mato Grosso. (EMBRAPA, 2019)

Junto a elevação da produção, faz-se necessária a implementação de métodos que gerem produtos mais puros e homogêneos. Para que isso ocorra, os processos de aprimoramento e beneficiamento vêm sendo melhorados pela engenharia, por meio de pesquisas físicas dos grãos, bem como novos projetos de equipamentos (SANTANA E BRAGA, 1999).

Vários são os fatores que podem interferir na qualidade das sementes de soja, o campo, a colheita, os métodos de produção e mesmo o tamanho podem influenciar seu comportamento (HOFS, 2003). Hoje em dia, um dos métodos adotados pelos produtores para a classificação dos grãos é por tamanho, após a limpeza. A separação de lotes de sementes por tamanho pode interferir nos componentes agrônômicos de produção e também na precisão da semeadura mecânica (MARCOS FILHO *et al.*, 1986; KRYZANOWSKI *et al.*, 1991).

Para a classificação de grãos, um dos métodos mais utilizados é o peneiramento, facilitando as relações comerciais com o estabelecimento de padrões utilizando-se de um método eficiente. Define-se como peneiramento a separação de materiais granulares por uma superfície perfurada. Pode ser feita para atingir dois objetivos: *i*) separar as partículas do sólido granular homogeneamente e *ii*) chegar a porções com partículas que apresentem tamanhos similares. Para o segundo caso, a opção mais econômica e simples será o peneiramento, utilizando peneiras padronizadas, com malhas precisas, gerando uma série com aberturas que vão diminuindo. Geralmente, as peneiras selecionadas são empilhadas e colocadas sobre um vibrador, onde o material que se deseja separar é introduzido na peneira de cima, que será a de malha mais aberta, e as partículas mais finas, que passam por todas as malhas, são recolhidas em uma panela no final do sistema. No final do tempo previamente determinado, o material retido em cada uma das peneiras é retirado e pesado. Comumente, a distribuição de tamanhos da série de Tyler é utilizada (GAUTO, 2011).



A classificação dos grãos de soja é regulamentada pela Portaria nº 262, de 23 de novembro de 1983. Esse regulamento tem como objetivo definir as características de identidade, qualidade, apresentação, embalagem e as medidas para soja, destinada à comercialização. Por soja, entende-se grãos de qualquer cultivar da leguminosa *Glycine max* (L) Merrill. Essa classificação propõe os limites de tolerância para a qualidade dos grãos, onde ficam determinados padrões máximos de 14% de umidade, 30% de grãos quebrados, 1% de impurezas ou matérias estranhas, 8% de grãos avariados e 10% de grãos esverdeados. Serão desclassificados os grãos que apresentarem mau estado de conservação, aspecto generalizado de mofo e fermentados, Acentuado odor estranho (ácido ou azedo) de qualquer natureza, tornando imprópria e prejudicial a sua utilização normal, Bagas de mamona ou outras sementes venenosas. Os motivos da desclassificação são expostos no certificado de classificação (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2000).

Nesse sentido, o objetivo presente estudo visa a análise granulométrica de grãos de soja moídos em moinho de martelo, para obtenção de dados quantitativos sobre o tamanho, a distribuição e a forma de matérias-primas e/ou produtos, para uma posterior caracterização e determinação de modelos matemáticos de distribuição granulométrica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no laboratório de Bromatologia da Universidade Regional e Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), câmpus Erechim. As amostras de soja foram primeiramente secas em estufa à vácuo (Marconi, M-037) na temperatura de 105°C pelo período de 5 horas, para que a umidade fosse removida. Em seguida, foram moídas em um moinho de facas (Micro moinho tipo Willye; modelo MA048, Piracicaba-SP, Brasil), para a redução de sua granulometria.

2.1 Análise Granulométrica

Para fazer a separação e caracterização das partículas, pesou-se 300 gramas dos grãos de soja moídos, os quais foram introduzidos em um sistema de peneiras (BERTEL) sobrepostas de 16, 20, 32, 35, 42, 60, 80 e 115 mesh. As peneiras foram agitadas manualmente pelo período de 1 minuto. As partículas muito finas, que atravessaram todas as peneiras (fundo), foram descartadas.

Os grânulos retidos em cada peneira foram pesados e armazenados em local seco, para em seguida serem submetidos às análises de caracterização.

A partir das frações retidas em cada peneira, foi possível determinar a porcentagem retida da soja (x_i), bem como a porcentagem que passou (fração cumulativa (X_i)) e obtiveram-se as curvas (histogramas) de distribuição de frequência e acumulada (diferencial e cumulativa).

2.1.1 Determinação do diâmetro médio de partículas

Para a determinação do Diâmetro médio aritmético, Diâmetro médio de Sauter, Diâmetro volumétrico e Diâmetro da área superficial das partículas, realizou-se os cálculos, através do emprego de suas Equações, apresentadas na Tabela 5.

2.1.2 Modelos matemáticos

A partir dos resultados obtidos do diâmetro e das quantidades retidas e que passaram em cada peneira obteve-se os gráficos com modelos Gates-Gaudin-Schukman (GGS) e Rosin-Rammler-Bennet (RRB).

Em relação ao modelo GGS, foi utilizada a Equação 1.

$$X = \left(\frac{D}{K}\right)^m \quad (1)$$

E, para encontrarmos o valor de K (diâmetro máximo das partículas), fez-se o cálculo a partir da Equação 2:

$$K: e^{(-b/m)} \quad (2)$$

Onde = b: coeficiente linear

Ainda, para tornar o modelo GGS aplicável, se fez necessário linearizar, de acordo com a Equação 3:

$$\ln(X) = m * \ln(D) - m * \ln(K) \quad (3)$$

Onde:

X: fração de sólidos que passam (g)

D: diâmetro da partícula (mm)

K: diâmetro máximo das partículas (mm)

m: coeficiente angular da reta (cte)



E para o modelo RRB, utilizou-se a Equação 4.

$$X = 1 - \exp \left[- \left(\frac{d_i}{d'} \right)^n \right] \quad (4)$$

Onde:

X = fração de sólidos que passam (g)

d_i = diâmetro de cada partícula (mm)

d' = diâmetro máximo da partícula (mm)

n = coeficiente angular da reta (cte)

Para a representação gráfica da reta no modelo matemático RRB foram usados os dados relativos à Equação 5.

$$\ln(d_i) \text{ vs. } \ln \left[\left(\frac{\ln 1}{1-X} \right) \right] \quad (5)$$

2.2 Caracterização das partículas

2.2.1 Umidade (U) utilizando o método de secagem por radiação infravermelha

Este tipo de secagem é considerado efetivo e envolve penetração do calor dentro da amostra diminuindo o tempo de secagem em até 1/3 do total. O método consiste na desidratação utilizando uma lâmpada de radiação infravermelha (Marte ID-200) com 250 a 500 watts, cujo filamento desenvolve uma temperatura próxima a 700° C. Para tanto, utilizou-se uma balança com leitura direta do conteúdo de umidade por diferença de peso. Foram adicionadas 3 gramas de amostra na balança, e o tempo de secagem variou dependendo da quantidade de umidade encontrada em cada granulometria. As análises foram feitas em triplicata.

2.2.2 Cinzas e conteúdo de mineral

Inicialmente, os cadinhos de porcelana foram aquecidos em forno mufla (Lavoisier Mod. 400), regulado a 550 °C, durante 20 minutos dessecados e pesados. Em seguida, adicionou-se 3 g de amostra, que foram carbonizadas em chapa de aquecimento (Fisaton Mod. 752 A), para a remoção inicial do conteúdo orgânico. Posteriormente, as amostras foram levadas à mufla durante 6 horas, a 550°C para a calcinação e obtenção das cinzas claras. As amostras esfriaram em um dessecador até a temperatura ambiente para serem pesadas. O teor de cinzas foi obtido com base na Equação 6.

$$\text{Resíduo Mineral Fixo (\%, p/p)} = \frac{(R \times 100)}{(P)} \quad (6)$$

Onde: R = (Peso do cadinho final após incineração) - (Peso do cadinho vazio); P = Peso da amostra (g).

2.2.3 Componentes minerais

No que diz respeito às cinzas presentes no cadinho, as mesmas foram diluídas em HNO₃ 1M e filtradas (papel filtro whatmann quantitativo) em balão volumétrico de 50 mL. Ainda, fez-se sucessivas lavagens do cadinho com o ácido, a fim de completar o volume do balão. Quanto às soluções padrões dos micro e macronutrientes, estas foram diluídas e preparadas com HNO₃ 1 M, nas concentrações recomendadas: K (1 a 250 mg/L), Fe (0,5 a 3 mg/L) e Ca (10 a 50 mg/L).

Os componentes minerais foram determinados por espectrometria de absorção atômica em chama - FAAS (Varian Spectra AA-55), conforme a metodologia descrita por AOAC (1995). Ademais, empregou-se lâmpadas de cátodo de Ca, K e Fe como fonte de radiação. Os elementos foram medidos em condições de operação otimizadas por FAAS em chama ar/acetileno e acetileno/óxido nitroso, com pressão ajustada dos gases, por exemplo, ar = 3 bar e acetileno = 1 bar. As leituras de Ca, K e Fe foram realizadas no FAAS, no modo absorção. Os cálculos dos teores dos minerais nas amostras estão fundamentados em uma curva de calibração (equação da reta) obtida com as soluções padrões.

Para quantificar o Nitrogênio, foram pesadas 1 g de amostra em tubo de kjeldahl e buscou-se realizar o experimento de forma que amostra e os reagentes caíssem no fundo do balão sem tocar nas paredes. Ainda, foram adicionados de 5 à 8 pérolas de vidro, 1 pastilha catalisadora e 12 mL de ácido sulfúrico concentrado. Transferiu-se a digestão chapa elétrica de kjeldahl, até a completa clarificação do material.

Somente após o resfriamento dos tubos, foram adicionados 75 mL de água destilada. Conectou-se o tubo ao sistema de destilação (NT 415 – Nova Técnica – Weberlab). A seguir, acresceu-se 50 mL de hidróxido de sódio à 40 %. Em Erlenmeyer, ainda foram adicionados 25 ml de solução de ácido bórico e conectou-se na saída do destilador. Foi realizada a destilação até se obter 150 mL de líquido.



Efetuuou-se a titulação com solução de ácido clorídrico, até o ponto de viragem (verde - rosa). A Equação 7 foi utilizada para encontrar o teor de nitrogênio da amostra.

$$\text{Nitrogênio (\%)} = \frac{(14,01 \times V \times N)}{(P \times 10)} \quad (7)$$

Onde: V = volume (mL) gasto de HCl a 0,1 N na titulação; N = normalidade da solução padronizada 0,1N; P = peso da amostra (g).

Para quantificar a porcentagem de proteína presente na amostra, empregou-se a Equação 8.

$$\text{Proteína (\%)} = \text{Nitrogênio} * f \quad (8)$$

Onde: f = consiste no fator de conversão de nitrogênio para proteína e que dependerá do alimento, no caso da soja, este equivale à 6,00.

2.2.4 Teores de cor L* a* b*

A determinação da cor baseou-se no sistema CIE Lab, o qual estabelece coordenadas uniformes no espaço tridimensional de cor. Para tanto fez-se a calibração do colorímetro (Minolta CR-400) e efetuou-se a leitura das amostras (aplicando-se, para tanto, 3 leituras): L*, a*, b*.

O C* (Chroma) foi outro parâmetro avaliado, sendo este a relação entre os valores de a* e b*, que apresenta a saturação da cor do objeto, para o cálculo do mesmo utilizou-se a Equação 9.

$$\text{Chroma } C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (9)$$

Para determinar o valor de °Hue, utilizou-se a Equação 10.

$$\text{Hue} = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (10)$$

2.2.5 Densidade

Foi feita a pesagem de 5 a 10 g da amostra. Com o auxílio de uma pisseta, colocou-se água destilada em uma proveta até aproximadamente a metade de sua capacidade total. Ajustou-se o menisco e apontou-se o volume. As amostras foram introduzidas na proveta e fez-se um novo apontamento do volume alcançado, após realizar leves batidas na lateral da proveta para eliminar bolhas de ar que eventualmente tenham ficado retidas na superfície da amostra.

Mediu-se a diferença entre o volume inicial e o volume final, o que fornecerá o volume da amostra. A densidade absoluta da amostra foi calculada pela Equação 11

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (11)$$

Onde: ρ = densidade absoluta; m = massa da amostra; v = volume.

2.3 Análise estatística

A análise dos dados de cor, densidade, minerais e umidade foi feita através da análise estatística de variância ANOVA, Para auxiliar na elaboração e análise estatística dos dados experimentais, foi adotado em todos os casos estudados um nível de confiança de 95% ($p < 0,05$). seguida pelo teste de comparação múltipla de Tukey, usando software validado Statistica® 5.0 (Statsoft Inc., EUA). Os resultados foram expressos através de média \pm desvio padrão (Média \pm DP).



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores de cor objetiva (L*; a*; b*; C* e Hue) das farinhas de soja.

Tabela 1. Análise de cor objetiva das farinhas de soja.

Diâmetro (mm)	L*	a*	b*	C*	Hue
1,4710	71,02 ^b ± 0,05	6,99 ^a ± 0,03	31,66 ^a ± 0,04	32,42 ^a ± 0,04	4,46 ^e ± 0,02
1,0155	63,00 ^e ± 0,01	4,93 ^b ± 0,01	27,31 ^b ± 0,03	27,75 ^b ± 0,03	5,48 ^e ± 0,02
0,6990	64,71 ^e ± 0,04	4,17 ^c ± 0,02	24,17 ^c ± 0,16	24,52 ^c ± 0,16	5,74 ^{de} ± 0,04
0,5285	54,73 ^h ± 0,18	2,89 ^d ± 0,02	21,62 ^e ± 0,06	21,81 ^e ± 0,06	7,43 ^d ± 0,09
0,4470	63,41 ^f ± 0,03	2,58 ^e ± 0,06	22,59 ^d ± 0,03	22,74 ^d ± 0,03	8,71 ^d ± 0,20
0,3220	73,07 ^a ± 0,01	1,29 ^f ± 0,02	21,38 ^f ± 0,01	21,42 ^f ± 0,01	16,59 ^c ± 0,27
0,2135	68,49 ^d ± 0,09	0,29 ^h ± 0,01	18,86 ^e ± 0,01	18,86 ^e ± 0,01	64,36 ^a ± 2,62
0,1540	70,52 ^c ± 0,32	0,42 ^e ± 0,02	18,33 ^h ± 0,04	18,33 ^h ± 0,03	43,68 ^b ± 1,83

NOTA: Médias ± desvio padrão seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05), sendo comparadas entre colunas com teor de proteína e nitrogênio de 22,03 e 3,67% respectivamente.

De acordo com os resultados apresentados (Tabela 1), as farinhas de soja obtidas após peneiramento com diferentes tamanhos de malha apresentaram diferença significativa entre si (p<0,05). Em relação a luminosidade (L*), a farinha de soja retida na peneira de 60 mesh apresentou a tonalidade mais clara, já que quanto mais próximo a 100, mais clara é a amostra, já a nuance mais escura ficou para a farinha retida na peneira de 35 mesh. Quanto ao parâmetro de cromaticidade (a*), que indica a variação entre as cores verde (-) e vermelho (+), observa-se que os valores de a* da Tabela 1, encontram-se na região do vermelho. Para a cromaticidade (b*), que varia entre as cores azul (-) e amarelo (+), os valores encontram-se na região do amarelo. Avaliando estatisticamente os dados, todas as amostras foram diferentes significativamente (p<0,05) tanto para a cromaticidade a* quanto para a b*.

O ângulo Hue define o atributo qualitativo de cor, ou seja, tonalidade avermelhada, amarelada, esverdeada, etc. (PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2013). Seu o valor em graus correspondente ao diagrama tridimensional de cores, em que 0° é vermelho, 90° amarelo, 180° verde e 270° azul (SHEWFELT; THAI; DAVIS, 1988; MCGUIRE, 1992). Os valores de Hue obtidos neste trabalho estão próximos a 0°, assim, as amostras apresentam a tonalidade vermelha, porém as amostras de 60, 80 e 115 mesh, se afastaram do quadrante vermelho, ficando mais próximas do amarelo. O parâmetro C* representa a saturação, sendo relacionada diretamente à concentração do elemento corante, representando um tributo quantitativo para intensidade. Assim, quanto maior o valor para C*, maior será a saturação das cores perceptíveis ao olho humano (SHEWFELT; THAI; DAVIS, 1988; PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2013). Para as amostras avaliadas, a que apresentou maior saturação foi a farinha retida na peneira de 16 mesh. Em relação a análise estatística, todas as amostras foram diferentes significativamente entre si (p<0,05).

A Tabela 2 apresenta os resultados referentes a composição mineral das farinhas de soja obtidas após o peneiramento com diferentes tamanhos de malha.

Tabela 2. Composição mineral das farinhas de soja.

Diâmetro (mm)	K (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Ca (mg/kg)
1,4710	1827,25 ^a ± 0,07	6,02 ^g ± 0,02	182,93 ^d ± 0,04
1,0155	1598,91 ^e ± 0,01	14,80 ^b ± 0,14	183,25 ^d ± 0,21
0,6990	1822,95 ^b ± 0,78	10,65 ^d ± 0,21	202,38 ^b ± 0,04
0,5285	1605,25 ^d ± 0,07	15,86 ^a ± 0,06	209,30 ^a ± 0,14
0,3220	1604,15 ^d ± 0,07	11,08 ^c ± 0,04	161,49 ^f ± 0,02
0,2135	1494,03 ^f ± 0,04	8,24 ^e ± 0,05	174,04 ^e ± 0,05
0,1540	1610,50 ^c ± 0,07	7,05 ^f ± 0,07	190,13 ^c ± 0,04

NOTA: Médias ± desvio seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05), sendo comparadas entre colunas.



A partir da análise estatística dos dados obtidos observou-se que em relação ao conteúdo de K e Fe, todas as amostras diferiram entre si significativamente ($p < 0,05$), já em relação ao conteúdo de Ca, as únicas amostras avaliadas que não diferiram significativamente entre si foram as farinhas retidas nas peneiras de 16 e 20 mesh. Rigo (2015), avaliando o conteúdo de K, Fe e Ca em farinha de soja com casca, obteve um resultado de 21,36 g/kg de K, 1,93 g/kg de Ca e 93,22 g/kg de Fe em suas amostras, valores superiores aos encontrados neste estudo. Uma das possíveis causas para o menor valor de K, Fe e Ca encontrados neste estudo se deve ao fato das produções de soja sofrerem influência de fatores que interferem na qualidade de suas sementes como por exemplo o campo, a colheita, os métodos de produção e até mesmo o tamanho tem influência direta no seu comportamento (SANTANA E BRAGA, 1999).

Tabela 3. Análise de umidade e densidade das farinhas de soja.

Diâmetro (mm)	Densidade (g/mL)	Umidade (%)
1,4710	1,43 ^a ± 0,10	0,90 ^b ± 0,28
1,0155	0,99 ^b ± 0,02	1,40 ^b ± 0,57
0,5285	0,77 ^b ± 0,03	1,25 ^b ± 0,21
0,4470	1,00 ^b ± 0,00	2,75 ^{ab} ± 0,78
0,250	1,50 ^a ± 0,01	3,80 ^a ± 0,28

NOTA: Médias ± desvio seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), sendo comparadas entre colunas.

Com base na Tabela 3 observa-se que a farinha retida na peneira de 16 mesh obteve o menor teor de umidade e a maior densidade. Com relação a análise estatística do teor de umidade, as farinhas retidas nas peneiras de 16, 20, 32 e 35 mesh não diferiram entre si significativamente, mas diferiram em relação a farinha retida na peneira de 60 mesh ($p < 0,05$). Já em relação a densidade, as farinhas retidas nas peneiras de 20, 32 e 35 não diferiram significativamente entre si, mas diferiram em relação as farinhas retidas nas peneiras de 16 e 60 mesh ($p < 0,05$). O teor de umidade afeta diretamente a qualidade do produto. Quanto maior o teor de umidade, maior o risco de contaminação microbológica e menor o tempo de prateleira (BAYER E DA COSTA, 2006).

A Tabela 4 apresenta os resultados do peneiramento da farinha de soja com um sistema de peneiras com diferentes tamanhos de malha e o cálculo dos modelos matemáticos.

Tabela 4. Peneiramento da farinha de soja em sistema de peneiras.

Peneira (Mesh)	Massa Retida (g)	xi (g)	Xi (g)	Di -	Di +	D (mm)	Xi/Di	Xi/Di ³
(-)9(+) 16	0,107	0,0004	0,9996	1,752	1,190	1,4710	0,0003	0,0001
(-)16(+) 20	77,740	0,2760	0,7236	1,190	0,841	1,0155	0,2718	0,2636
(-)20(+) 32	44,635	0,1585	0,5651	0,841	0,557	0,6990	0,2267	0,4640
(-)32(+) 35	90,495	0,3213	0,2438	0,557	0,500	0,5285	0,6080	2,1767
(-)35(+) 42	19,216	0,0682	0,1756	0,500	0,394	0,4470	0,1526	0,7639
(-)42(+) 60	4,835	0,0172	0,1584	0,394	0,250	0,3220	0,0533	0,5142
(-)60(+) 80	22,499	0,0799	0,0785	0,250	0,177	0,2135	0,3742	8,2087
(-)80(+) 115	11,570	0,0411	0,0374	0,177	0,131	0,1540	0,2668	11,2480
(-)115	10,545	0,0374	0,0000	0,131	-	Fundo	Fundo	Fundo
Total	281,642	1,0000	-	-	-	4,8505	1,9536	23,6391

A partir da Tabela 4 observa-se que a peneira de 0,5285 mm (32 mesh) teve a maior quantidade de massa retida em relação as demais peneiras e que a peneira de 1,4710 mm (16 mesh) apresentou o menor rendimento, sendo então retirada das demais análises pois, a massa retida foi insuficiente para as análises posteriores. A partir da Figura 1, pode-se observar que com a diminuição do diâmetro das malhas das peneiras a farinha de soja foi gradativamente reduzindo seu tamanho apresentando um aspecto farináceo com o aumento da umidade devido ao aumento do diâmetro e da sua área superficial, comprovado nos testes de caracterização.

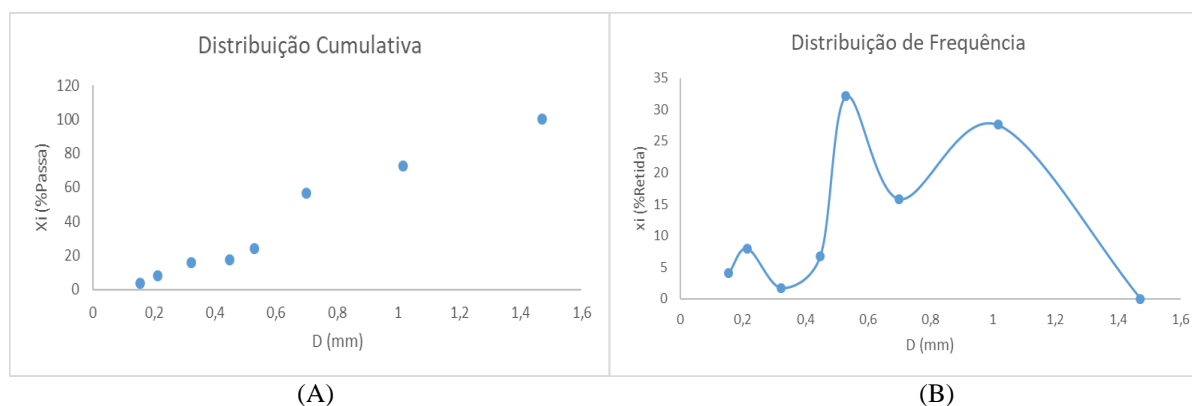


Figura 1: Aspecto visual das frações obtidas após o peneiramento.



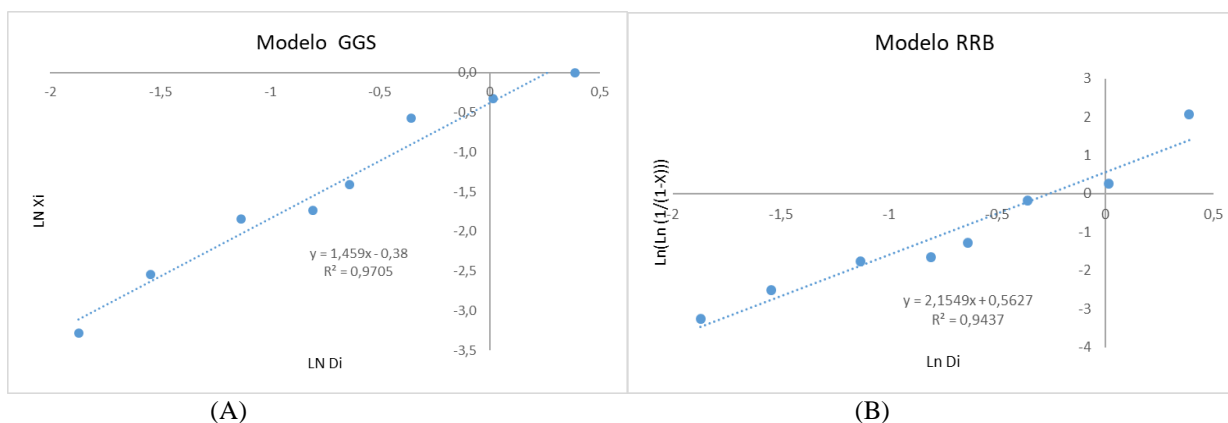
A partir da Tabela 4 foram calculados os modelos matemáticos (Modelo GGS e RRB) os gráficos de distribuição cumulativa e de frequência, o Diâmetro Volumétrico, de Sauter e da Área Superficial. Os resultados estão apresentados nas Figuras 2 e 3 e na Tabela 5.

Figura 2. Distribuição Cumulativa (A) e de Frequência (B)



A partir da Figura 2 pode-se concluir que 27,60% das partículas possuem granulometria de 1,015mm, bem como 32,13% das partículas possuem granulometria de 0,5285 mm, totalizando 59,73% das partículas nessas faixas de granulometria.

Figura 3. Modelos matemáticos GGS (A) e RRB (B).



A partir da Figura 3 (A) e (B) é possível calcular o diâmetro máximo das partículas (K) e fazer a linearização dos modelos. O diâmetro máximo das partículas calculado no modelo GGS é igual a $K = 1,2975$, já para o modelo RRB,



o diâmetro máximo das partículas é igual a $K= 1,2984$. A Tabela 5 apresenta os resultados dos diâmetros Volumétrico, de Sauter e da Área Superficial.

Tabela 5. Diâmetros Volumétrico, de Sauter e da Área Superficial obtidos para a distribuição de partículas.

Diâmetro	Equações	Resultado (mm)
Sauter	$d_{ps} = \frac{1}{\sum\left(\frac{x_i}{D_i}\right)}$	0,5119
Volumétrico	$d_{ps}^3 = \frac{1}{\sum\left(\frac{x_i}{D_i^3}\right)}$	0,3484
Área Superficial	$d_{ps}^2 = \frac{\sum\left(\frac{x_i}{D_i}\right)}{\sum\left(\frac{x_i}{D_i^3}\right)}$	0,2875

Tabela 6. Modelos Matemáticos RRB e GGS.

Modelo	Equação Geral	Equação
GGS	$X = \left(\frac{D}{K}\right)^m$	$X = (D/1,2975)^{1,459}$
RRB	$X = 1 - \exp\left[-\left(\frac{di}{d'}\right)^n\right]$	$X = 1 - \exp(-(\text{di}/1,2984)^{2,1549})$

Pelas equações da reta e os R^2 obtidos, foi possível observar uma maior adaptação do modelo de Gates-Gaudin-Schukman (GGS) ($R^2= 0,9705$) do que o modelo Rosin- Rammner-Bennet (RRB) ($R^2= 0,9437$) para a determinação do diâmetro médio das partículas de soja. Este resultado também é comprovado pelas substituições dos diâmetros médios nos modelos obtidos, apresentando dados mais precisos do X_i (% passa).

4 CONCLUSÃO

A partir desse estudo, conclui-se que em relação a luminosidade a farinha com um diâmetro de partícula de 0,3220 mm apresentou a tonalidade mais clara em relação as demais farinhas, e já a nuance mais escura ficou para a farinha com diâmetro de partícula de 0,5285 mm. Quanto aos parâmetros de cromaticidade, as amostras encontram-se na região do vermelho e amarelo. Avaliando estatisticamente os dados, todas as amostras diferiram significativamente entre si para os parâmetros de cromaticidade. Em relação a tonalidade das amostras (°Hue), apenas 3 amostras (0,3220; 0,2135 mm), se afastaram do quadrante vermelho, ficando mais próximas do amarelo. Em relação a saturação (Chroma), a farinha com diâmetro de partícula de 1,4710 mm apresentou o maior resultado.

Em relação a composição mineral das farinhas de soja, os resultados encontrados foram significativamente menores aos encontrados na literatura. Fato que se deve a produções de soja diferirem devido ao cultivo. Em relação a densidade e a umidade, a farinha retida na peneira de 16 mesh obteve o menor teor de umidade e a maior densidade. Por fim, em relação ao peneiramento, a peneira que reteu a maior quantidade de massa em relação as demais peneiras foi a de 32 mesh, e a que reteu a menor quantidade, sendo retirada das demais análises, foi a de 9 mesh. A partir dos gráficos pode-se concluir que 27,60% das partículas possuem granulometria de 1,015mm, bem como 32,13% das partículas possuem granulometria de 0,5285 mm, totalizando 59,73% das partículas nessas faixas de granulometria.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES - Código Financeiro 001 e Fundação de Amparo



à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul -FAPERGS, Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e a Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI.

6 REFERÊNCIAS

- EMBRAPA. Tecnologia de produção de soja região central do Brasil 2019. Sistema de produção n. 1.
- GAUTO, Marcelo Antunes; ROSA, Gilber Ricardo. **Processos e operações unitárias da indústria química**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011. 418 p.
- HÖFS, A. **Vigor de sementes de arroz e desempenho da cultura**. 2003. 44f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas.
- KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA-NETO, J.B. & COSTA, N.P. Efeito da classificação de semente de soja por tamanho sobre sua qualidade e a precisão de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.13, n.1, p.59-68, 1991.
- MARCOS FILHO, J.; KOMATSU, Y.H.; NOVEMBRE, A.D.L.C.; FRATIN, P.; DEMETRIO, C.G.B. Tamanho da semente e desempenho do girassol: III. Comportamento das plantas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.8, n.2, p.33-43, 1986.
- McGUIRE, R. G.; Reporting of Objective Color Measurements. **HortScience**, v. 27, n. 12), p. 1254- 1255, 1992. Ministério da agricultura, 2000.
- MINOLTA. Precise Color Communication: Color Control from Feeling to Instrumentation. Osaka: MINOLTA Co. Ltda., 1994. 49 p.
- MIRANDA, J.R. de. **História da soja: a trajetória da cultura da soja na história da humanidade. History of soy: the course of the soybeans in the history of mankind**. Komedí, Campinas, p. 107, 2010.
- PATHARE, P.B.; OPARA, U.L.; AL-SAID, F.A. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. **Food Bioprocess Technol.** v. 6, p. 36–60, 2013.
- Santana, M. de F. S.; Braga, M. E. D. Parâmetros aerodinâmicos que influenciam na separação do amendoim. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.1, n.1, p.66-72, 1999.
- SHEWFELT, R. L., THAI, C. M.; DAVIS, J. W. Prediction of changes in color of tomatoes during ripening at different constant temperatures. **J. Food Sci.** 53, p. 1433-1437, 1988.

7 AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste papel.