

SECAGEM EM LEITO DE JORRO DO GRÃO DE SOJA

SOARES, G.*, SANTOS DOS, I., SOUZA DE, L., SANTOS DOS, L., TEIXEIRA, M.,
Universidade Federal do Pampa, Curso de Engenharia Química
E-mail: * giovannisoares.aluno@unipampa.edu.br

RESUMO – O objetivo principal deste trabalho é realizar a análise fluidodinâmica de um leito de jorro, bem como, a caracterização dos grãos de soja, provenientes da região de Bagé. As grandezas das variáveis dispostas foram determinadas experimentalmente e utilizou-se o apoio da literatura para equacionamento e embasamento do comportamento fluidodinâmico do leito.

INTRODUÇÃO

A cultura da soja no Brasil, ocupa mais de 40 milhões de hectares. O sistema de cultivo da soja representa uma monocultura, seguindo tratamentos calendarizados, utilizando grande quantidade de agroquímicos e dependentes de regulação hídrica (BUENO, 2022).

As condições de armazenamento do grão de soja, posterior à colheita, varia de acordo com a maneira em que a soja é armazenada: armazenamento em sacos, em embalagens, empilhamento, sob condições de ambiente controlado. Portanto, esse teor de umidade seguro com que os grãos de soja devem ser armazenados é de 14% e sementes 12,5%. (PESKE, 2006).

A etapa de secagem é considerada uma das operações unitárias mais importantes na indústria, podendo ser aplicada em diversos produtos. Dessa forma, a secagem se tornou indispensável na indústria de alimentos, com o objetivo de: aumentar o tempo de conservação, reduzir peso e volume para armazenamento e transporte, bem como, preservar as características físico-químicas do material. (ALBINI, 2019).

A terminologia Leito de Jorro foi concebida pelo National Research Council of Canada, por Gishler e Mathur em 1954. Foi desenvolvida essa técnica através da secagem de trigo. Dessa maneira foram obtidos resultados mais eficazes que a secagem convencional do trigo, pois foi possível aplicar uma vazão de ar quente muito maior, sem danificar o grão. Além disso, foi perceptível diferenciar da secagem em leito fluidizado, a qual realiza a secagem de partículas menores, enquanto a secagem em leito de jorro promove a melhor secagem de partículas maiores (DUARTE, 2006).

A técnica de Leito de Jorro proporciona um bom contato fluido-partícula, garantindo altos coeficientes convectivos de calor e de massa entre as fases (DUARTE, 2006).

É extremamente necessário conhecer as características das partículas para determinação de inúmeros processos unitários. Dessa forma, para escolha do melhor método de secagem é indispensável a caracterização das partículas para o sucesso no produto final. Na caracterização das partículas, os principais parâmetros e de grande relevância são: umidade, massa específica real, porosidade do leito, esfericidade e diâmetro da partícula.

Portanto, tem-se como principal objetivo é analisar o comportamento fluidodinâmico e a cinética de secagem de soja em um secador tipo leito de jorro cônico-cilíndrico.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho as partículas utilizadas foram grãos de soja, provenientes da região de Bagé, Rio Grande do Sul. Foi efetuada a secagem em Leito de Jorro com o equipamento, projetado pela empresa eco educacional. Disponível no Laboratório 1111 do Curso de Engenharia Química, da Unipampa (Universidade Federal do Pampa), Campus Bagé.

Figura 1 -Equipamento de Leito de Jorro utilizado no experimento.



Fonte: Autores, 2022.

Caracterização da partícula

Em paralelo ao ensaio de secagem foi realizada a caracterização da partícula, através da picnometria líquida, com o auxílio do Picnômetro, coleta de dados e compilação e tratamento de dados foi determinada a massa específica real da partícula. Realizou-se a Paquimetria, utilizando um Paquímetro e posteriormente estimou-se a esfericidade da partícula. Além disso, foi realizado o ensaio de Proveta, no qual foi equacionada a porosidade e com Peneiramento, foi efetuado o valor do diâmetro de Sauter.

Estudo da Fluidodinâmica do Leito

Primeiramente foi efetuado o ensaio do branco. Esse ensaio foi realizado para observar o comportamento de expansão e colapso do

leito. Após pesado 1 kg da amostra de Grão de soja, foi inserida no leito para verificar o comportamento dessas partículas de expansão e colapso.

Conforme Aumenta-se a vazão de ar no painel de controle do leito e verifica-se a variação no manômetro (ΔH) do leito e da placa e a movimentação das partículas. Após verificação da expansão, pode-se observar que logo após o aumento da vazão iniciou-se o jorro. Posteriormente foi feita a diminuição da vazão para observar o colapso no leito e em seguida a morte do leito.

Ensaio de Secagem em Leito de Jorro

Posterior à determinação do branco, procedeu-se experimentalmente com a secagem no Leito de Jorro. Com o aumento da temperatura em 80°C e sua estabilização. Foram retiradas amostras para determinação do teor de água presente na semente num intervalo de 5 minutos, até o experimento atingir um total de 30 minutos, posteriormente efetuou-se a pesagem num intervalo de 10 minutos, até atingir 60 minutos do tempo total de experimento. Após coleta do material, foi realizada a pesagem, numa balança analítica, com o auxílio de dois cadinhos metálicos que estavam depositados no dessecador. As amostras foram pesadas em duplicata, para cada intervalo de tempo. Vale ressaltar que foi coletada uma amostra dos grãos de soja, anterior a secagem (in natura), para poder comparar com os grãos secos. As amostras foram pesadas para determinar a massa dos grãos úmidos. Foram reunidas todas amostras coletadas para posterior armazenamento na estufa a 105°C durante 24 horas, para secagem dos grãos. Posteriormente foram pesados os grãos secos para determinação da massa do mesmo.

Metodologia de Cálculo

Fluidodinâmica do Leito

No ensaio do branco para posterior fluidização coletou-se os dados experimentais: (ΔH) do leito e da placa de orifício. Com os dados de (ΔH) do leito foi determinada a Variação de Pressão do ensaio do branco a partir da equação 1.

$$\Delta P = (\rho_{H_2O} - \rho_{ar}) * g * \Delta H \text{ (Leito de jorro)}$$

A vazão é estimada, a partir da equação (2) de calibração do equipamento, a qual é fornecida pelo próprio fabricante responsável do mesmo.

$$Q = (0,0029 * (\Delta H)) - 0,0026 \quad (2)$$

Posteriormente, foi determinada a velocidade fluido a partir da equação 3.

$$u = \frac{Q}{A} \quad (3)$$

Utilizou-se a área de escoamento transversal do leito, utilizando o diâmetro da entrada de ar.

Posteriormente à realização do ensaio com as amostras de soja, realizou-se o tratamento dos dados coletados. Conforme o ensaio de fluidização realizado no leito. Foi coletado o (ΔH) do leito e da placa de orifício. Através da equação (1) foi determinado o ΔP do Leito. A velocidade do fluido é estimada a partir da equação (3) relacionando com a área de secção transversal.

Secagem das amostras

Após a coleta das amostras e posterior secagem na estufa. Com as massas pesadas procedeu-se com o equacionamento. Logo, para determinação da massa de água, utilizou-se a equação 5.

$$m_{H_2O} = m_{A,S} * m_{A,U} \quad (5)$$

Posteriormente foi determinada a Umidade Livre, através da equação 6.

$$U_{bs} = \frac{m_{H_2O}}{m_{A,S}} \quad (6)$$

Foi equacionado o adimensional do teor de água, para posteriormente ser feita a análise gráfica e eleger qual método de ajuste gráfico melhor se ajusta no gráfico. Dessa forma, utilizou-se a equação 7 para determinação do adimensional.

$$\theta = \frac{x(t) - x_e}{x(t_0) - x_e} \quad (7)$$

No caso a umidade no tempo é substituída pela umidade livre da água. A umidade de equilíbrio representa o limite do conteúdo de umidade para as condições de temperatura e umidade em que a secagem é efetuada. Posterior realizou-se os ajustes matemáticos para estimativa do parâmetro “K” e da Difusividade efetiva. Os ajustes foram equacionados conforme a Figura 2.

Tabela 1 - Equações e modelos matemáticos de ajustes.

| Modelo | Equação |
|-------------------------------------|--|
| Page | $RU = e^{kt^n}$ |
| Henderson e Pabis (Fick – 1961) | $RU = Ae^{kt}$ |
| Henderson e Pabis Modificado (1968) | $RU = (A e^{-kt}) + (B e^{-k_0t}) + (C e^{-k_1t})$ |

Fonte: Autores, 2022.

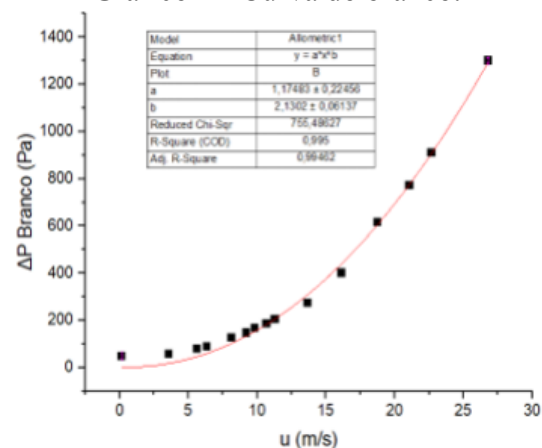
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 2 - Características da partícula.

| Ensaio de Paquimetria | |
|-------------------------------|-------|
| deq médio (cm) | 1,559 |
| ø méd | 0,95 |
| Ensaio de Peneiramento | |
| Dméd Sauter (cm) | 0,646 |
| Ensaio de Picnometria Líquida | |
| ρ real méd (g/cm³) | 0,799 |
| Ensaio de Proveta | |
| Porosidade | 0,386 |

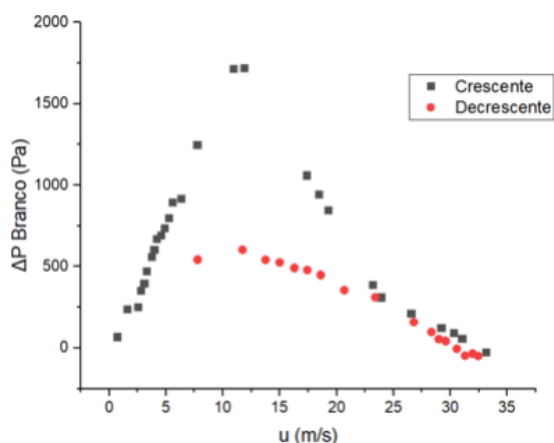
Fonte: Autores, 2022.

Gráfico 1 - Curva do branco.



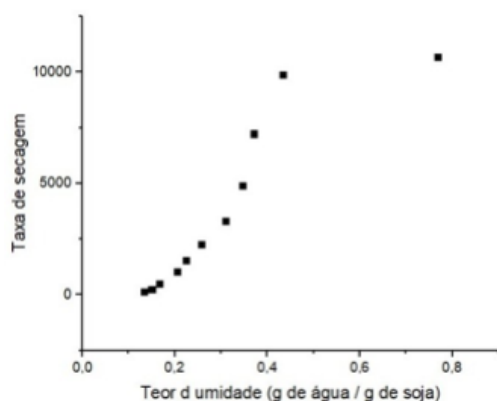
Fonte: Autores, 2022.

Gráfico 2 - Curva fluidodinâmica.



Fonte: Autores, 2022.

Gráfico 3 - Curva da taxa de secagem em função do teor de umidade.



Fonte: Autores, 2022.

Nessa seção é feita a discussão dos resultados obtidos, onde o autor tem a oportunidade de fazer uma análise detalhada. Para efetuar essa análise sugere-se comparação dos resultados com aqueles obtidos por outros autores, valores teóricos calculados por meio de *softwares*, comportamentos padrões ou com a literatura tradicional da área em que o estudo encontra-se inserido.

Em um artigo, a seção de resultados e discussão apresenta uma porcentagem considerável do espaço escrito de todo o trabalho.

CONCLUSÃO

Em função dos resultados obtidos, pode-se concluir que a realização da caracterização das partículas de soja foi possível através do ensaio de paquimetria, pelo qual foram determinados diâmetro equivalente

médio e esfericidade média de 1.5589cm e 0,95 respectivamente. Por picnometria líquida foi determinada a massa específica real média de 0,799g/cm³, o ensaio de peneiramento possibilitou a determinação do diâmetro médio de Sauter de 0,646cm por fim através do ensaio de proveta foi determinada a porosidade de 0,386. Valores condizentes com o da Literatura. Segundo (GUEDES, 2011) a esfericidade é de 0,8771 e a obtida experimentalmente foi de 0,95. Assim como a realização da paquimetria o diâmetro equivalente e de sauter experimental, resultou em, respectivamente, 1,55 cm e 0,64 cm. Segundo (VIEIRA, CABRALA, de PAULA, 1997), o diâmetro encontrado foi de 1,411cm. Assim, o melhor método de caracterização da soja realizado, em relação ao diâmetro da mesma, foi o de paquimetria, a qual mais se aproximou da literatura apresentada.

Através da análise da curva da queda de pressão em função da vazão foi determinada a velocidade de jorro mínima de 32,45 m/s.

NOMENCLATURA

| Sigla | Descrição | Dimensão |
|------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| A | Área | [L ²] |
| dx/dt | Varição de perda de massa pelo tempo | [M.T ⁻¹] |
| $m_{A,U}$ | Massa da amostra Úmida | [M] |
| $m_{A,S}$ | Massa da amostra Seca | [M] |
| m_{H_2O} | Teor de água | [M] |
| u | Velocidade do Fluido | [L.T ⁻¹] |
| Q | Vazão | [L ³ .T ⁻¹] |
| U_{jm} | Umidade Jorro Mínimo | [L.T ⁻¹] |
| x_e | Umidade de Equilíbrio | Adimensiona 1 |
| $x(t)$ | Umidade em função do tempo | Adimensiona 1 |

| | | |
|------------|------------------------------------|----------------------|
| $x(t_0)$ | Umidade em função do tempo inicial | Adimensiona 1 |
| ΔH | Variação de Altura | [L] |
| ρ | Massa Específica | [M.L ⁻³] |
| u | Velocidade do Fluido | [L.T ⁻¹] |

REFERÊNCIAS

ALBINI, Geisa; FREIRE, José. **Tópicos Especiais em Sistemas Particulados**. São Carlos: ALBINI, Geisa; FREIRE, José, 2019.

DUARTE, Claudio Roberto. **Estudo Experimental e de Simulação da Fluidodinâmica e Recobrimento em Leito de Jorro**. Monografia (Pós Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Uberlândia, 2006.

BUENO, Adeney *et al.* **Bioinsumos na Cultura da Soja**. Brasília: Embrapa Soja, 2022.

PESKE, Silmar; FILHO, Orlando; BARROS, Antonio. **Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos**. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária, 2006.

AZEVEDO, Edmundo; ALVES, Maria. **Engenharia de Processos de Separação**. Lisboa: IST Press, 2009.

GUEDES, Adalberto Manoel et al . **Caracterização Física de grãos de soja utilizando-se processamento digital de imagens**. 2011, p. 11, junho 2022.

RIBEIRO, Deise M. et al . **Análise da Variação das propriedades Físicas dos grãos de soja durante o processo de secagem**. 2005, p. 9, Junho 2022.

OLIVEIRA, Carlos Alberto de. **Estudo da secagem em leito de jorro, com condições operacionais intermitentes, de grãos de**

feijão (Phaseolus vulgaris L.), variedade "carioca". Tese (Mestrado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Campinas. Faculdade de Engenharia Química, Campinas, 1999.

ALMEIDA, André Ricardo Felkl. **Análise da Secagem de Pastas em Leito de Jorro**. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, São Carlos, 2009.