



FLUIDODINÂMICA E CINÉTICA DE SECAGEM DO POLIHIDROXIBUTIRATO (PHB) EM LEITO FLUIDIZADO PULSADO ROTATIVO



Elisa A S F Boin (elisaboin@gmail.com); Fernanda C de Godoi, MD; Sandra C S Rocha, MD, PhD

DEPARTAMENTO DE FLUIDODINÂMICA E SECAGEM – FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA UNICAMP

Agência Financiadora: CNPq

Palavras-chave: fluidodinâmica – PHB - leito fluidizado pulsado rotativo

Introdução

O polihidroxibutirato (PHB) é um biopolímero da família dos polihidroxialcanoatos (PHAs) e é produzido através da cana de açúcar por meio da bactéria *Bacillus megaterium*. É também um biopolímero não tóxico, insolúvel em água, altamente cristalino com propriedades físicas e químicas semelhantes ao polipropileno (PP). Estão sendo pesquisadas futuras aplicações para o PHB semelhantes ao PP, como sacolas plásticas e filmes, porém com a vantagem de se degradar em água e gás carbônico em um ano. Para que se possa moldar adequadamente o PHB é necessário que sua umidade seja de 0,5%. Após a extração com solvente, o PHB apresenta teor de umidade de 30%. O objetivo deste projeto foi analisar a secagem e fluidodinâmica do PHB em um leito fluidizado pulsado rotativo (LFPR).

Métodos

A análise da fluidodinâmica do PHB foi feita em um leito fluidizado pulsado rotativo, que dispõe de uma placa distribuidora extra em disco rotativo com abertura de 60°, provocando pulsos de gás, visando a obtenção de fluidização estável para materiais coesivos. Os experimentos foram realizados em duplicata com ar a temperatura ambiente para as frequências de rotação de 7, 10 e 13 Hz do disco rotativo. A análise fluidodinâmica foi realizada a partir das curvas de queda de pressão por velocidade de ar decrescente. O material foi caracterizado a partir de duas análises, granulométrica e morfológica, antes e após a secagem em LFPR. A análise morfológica deu-se via um microscópio ótico acoplado a um sistema de aquisição de dados, Sigma Scan Pro®. A partir de imagens fotografadas pelo microscópio calcula-se o diâmetro de Feret, e assim a esfericidade. Foram analisadas 30 partículas de PHB liofilizado, todas medidas 3 vezes cada. Com essas três medidas determinou-se a média e, com as 30 médias obteve-se a média aritmética que corresponde à esfericidade do material. A análise granulométrica foi feita a partir de peneiramento, pelo diâmetro de Sauter. O PHB liofilizado e o PHB úmido foram analisados cada em triplicata, com diferentes partículas, para que não houvesse quebra das mesmas, devido à agitação do sistema de peneiras.

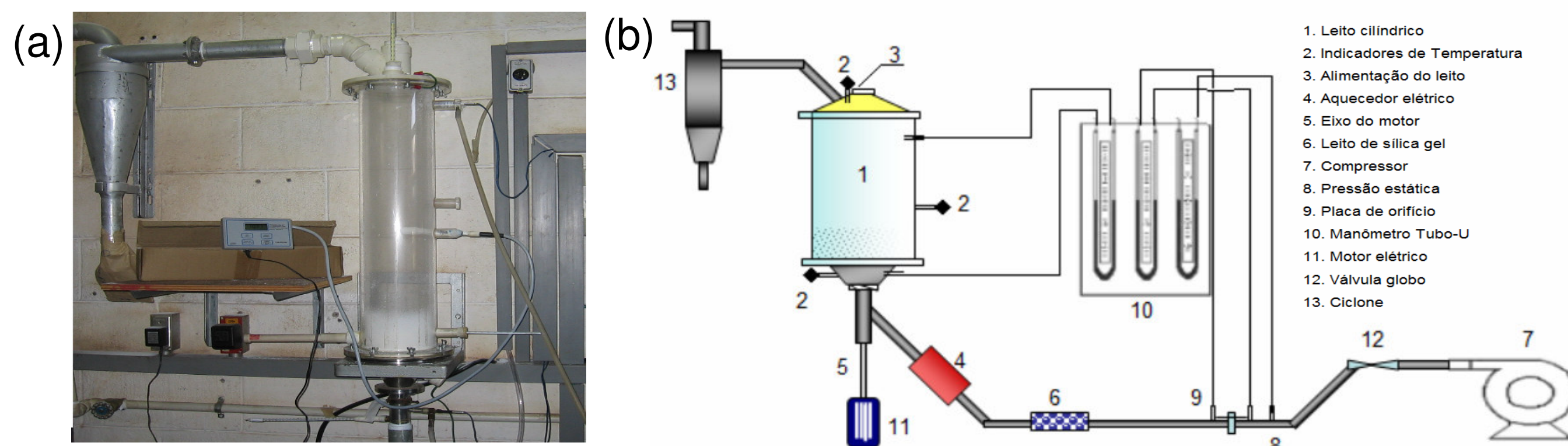


Figura 1. (a) Leito fluidizado pulsado rotativo (foto) (b) LFPR - figura ilustrativa

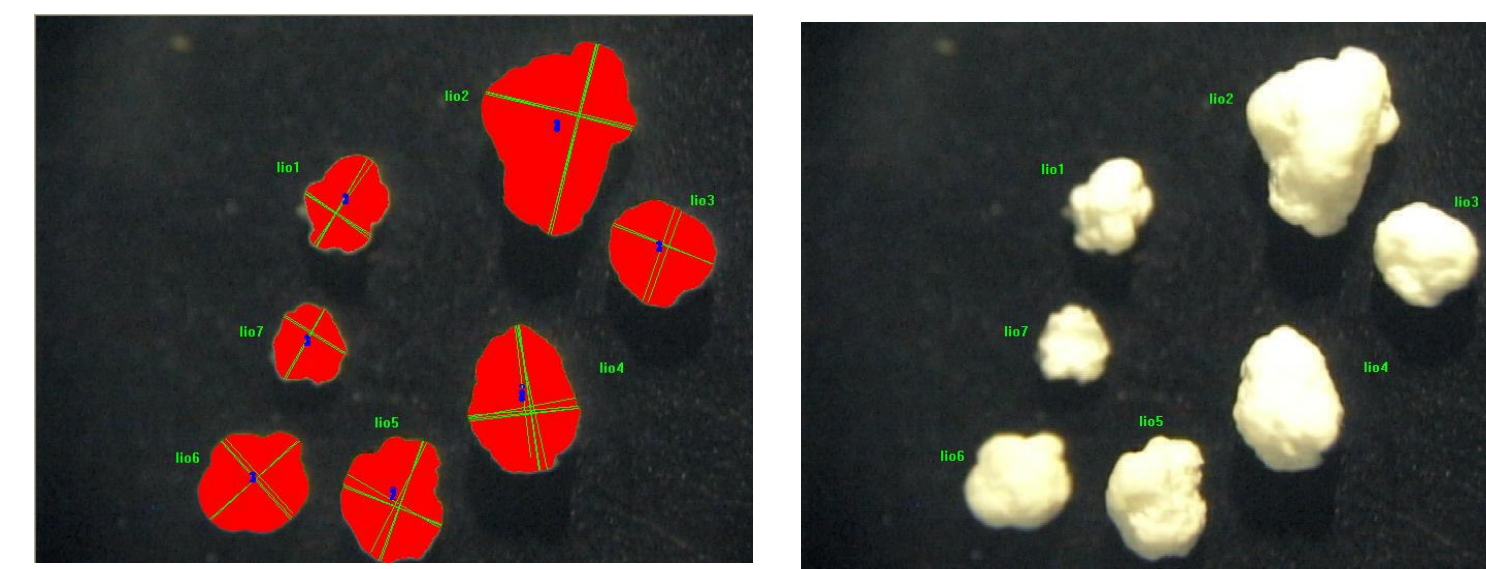


Figura 2. Fotografias das análises morfológicas do PHB (a) partículas fotografadas (b) partículas analisadas pelo Sigma ScanPro®.

Tabela 1. Condições operacionais dos ensaios de secagem.

Ensaio	(°C)	f (Hz)	Var (m/s)
T70F7V-25	70	7	25% < VMV = 0,40
T70F7V+25	70	7	25% > VMV = 0,75
T70F13V-25	70	13	25% < VMV = 0,40
T70F13V+25	70	13	25% > VMV = 0,65
T90F7V-25	90	7	25% < VMV = 0,40
T90F7V+25	90	7	25% > VMV = 0,75
T90F13V-25	90	13	25% < VMV = 0,40
T90F13V+25	90	13	25% > VMV = 0,65
T80F10VMV	80	10	VMV = 0,50
T80F10VMV	80	10	VMV = 0,50
T80F10VMV	80	10	VMV = 0,50

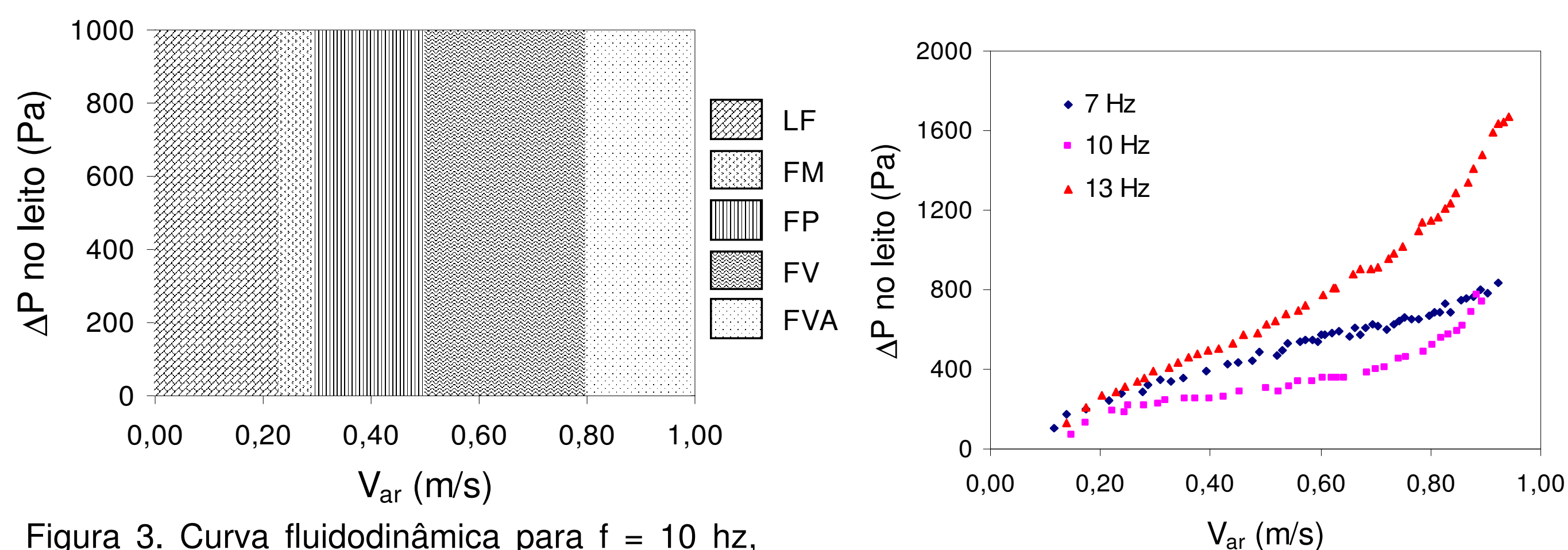


Figura 3. Curva fluidodinâmica para f = 10 Hz, com caracterização de regiões.

Tabela 2. Diâmetro médio de Sauter.

PHB liofilizado	d _s (mm)
T70F7V-25	816 ± 37
T70F7V+25	846
T70F13V-25	876
T70F13V+25	858
T90F7V-25	839
T90F7V+25	891
T90F13V-25	834
T90F13V+25	858
T80F10VMV	946
T80F10VMV	841
T80F10VMV	795

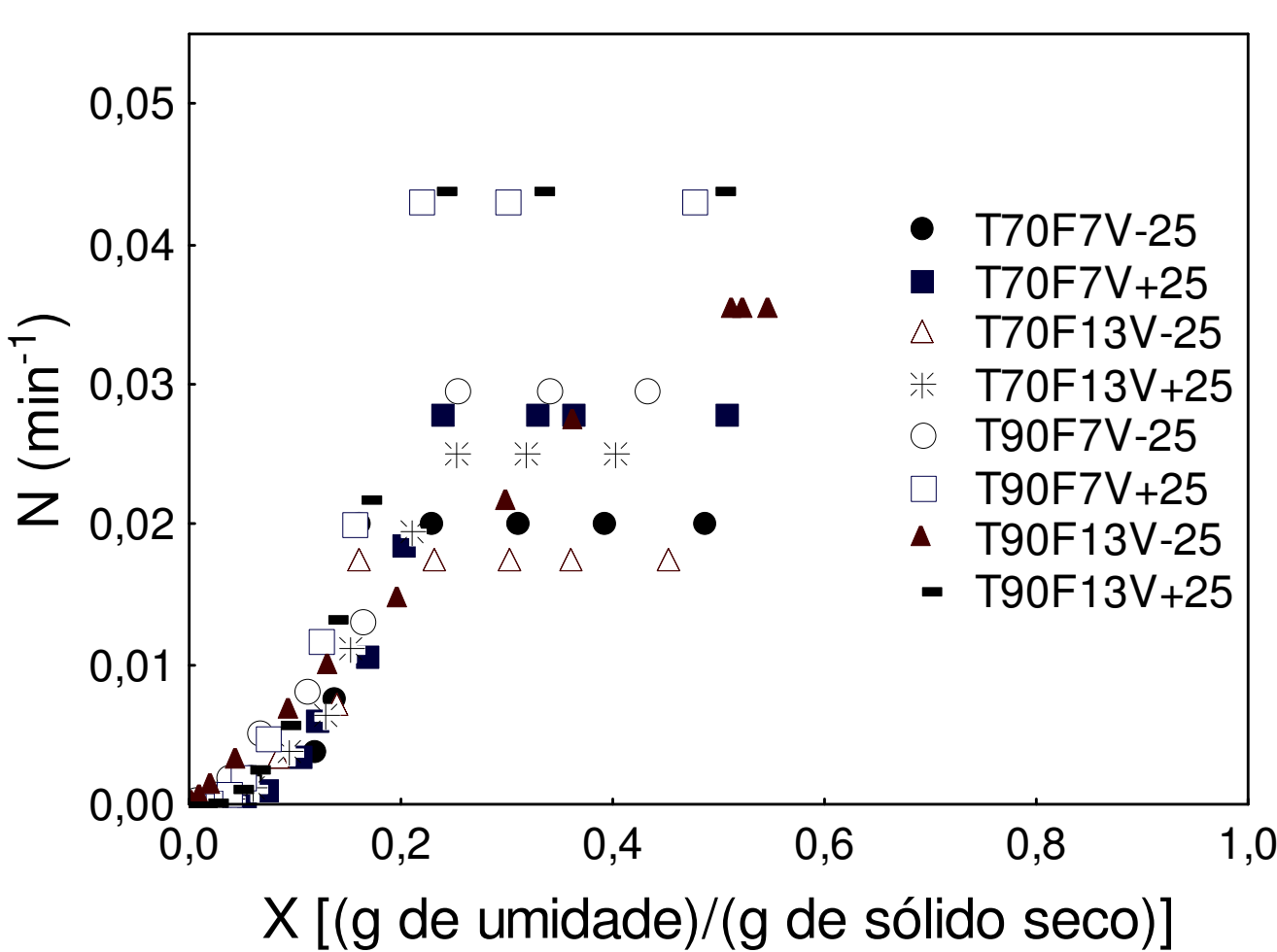


Figura 4. Curva fluidodinâmica do PHB úmido em LFPR à temperatura ambiente e f = 7, 10 e 13 Hz.

Resultados

Resultados

A fluidodinâmica foi caracterizada a partir de observações visuais no decorrer dos experimentos em regiões de fluidização vigorosa com arraste de partículas (FVA), fluidização vigorosa (FV) (característica do material estudado), fluidização pesada (FP), fluidização mínima (FM) e leito fixo (LF). Para as três rotações as regiões caracterizadas ocorreram em semelhantes velocidades. A rotação de 10 Hz apresentou a queda de pressão mais moderada, seguida de 7 Hz e então 13 Hz, que em altas velocidades resultou em queda de pressão de aproximadamente 1600 Pa, enquanto 10 Hz resultou em torno de 800 Pa. A velocidade de mínima fluidização vigorosa pulsada (VMV), que corresponde à velocidade em que ocorre a transição entre os regimes FP e FV, foi determinada por meio de observação visual. A VMV foi para 7 Hz obteve-se uma VMV de 0,6 m/s e para 10 e 13 Hz, de 0,5 m/s.

A distribuição granulométrica revela ampla distribuição granulométrica com a maioria das partículas de diâmetro em torno de 800 μm para o PHB liofilizado e a maioria das partículas secas do leito apresentavam diâmetro em torno de 700 μm. As curvas de distribuição granulométrica para o PHB seco nas diferentes condições de temperatura, velocidade do ar e frequência de pulsação apresentam estreitamento, devido à elutriação de partículas finas e quebras de aglomerados de partículas. Comparando a esfericidade do PHB liofilizado com o seco em diferentes condições de operação pode-se observar que a secagem e as diferentes operações não influenciam na esfericidade do PHB, visto que todos apresentaram esfericidade em torno 0,7 com desvio padrão baixo.

As curvas de secagem do PHB indicaram um período de taxa de secagem constante seguido por um período à taxa de secagem decrescente. Optou-se por estender o tempo de secagem para 2 horas com para se alcançar valores requeridos de umidade final, em torno de 0,5% em base úmida, apesar da taxa de secagem ter atingido valores praticamente nulos a partir de 1 hora de ensaio.

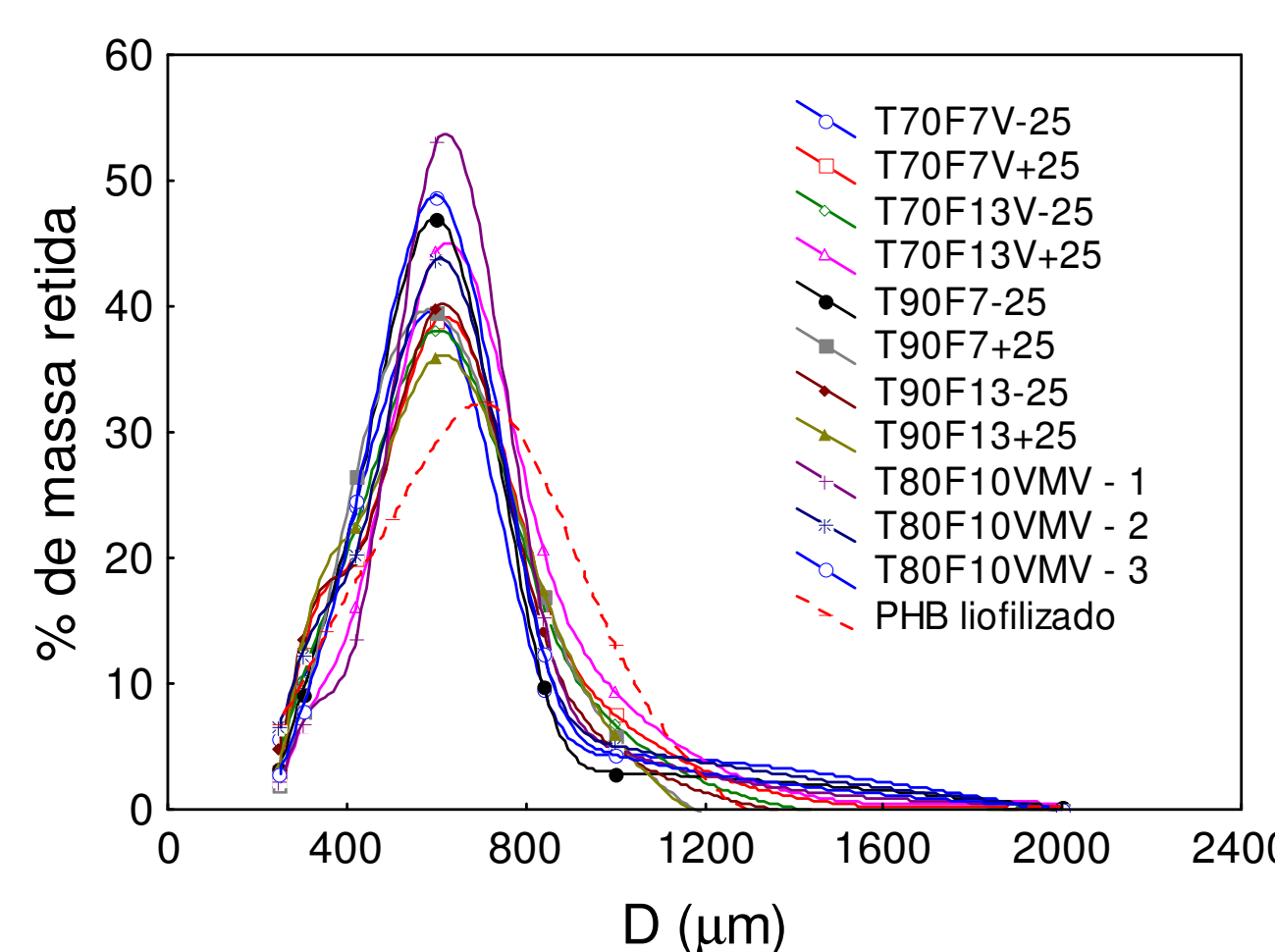


Figura 5. Distribuição granulométrica do material seco em diferentes condições operacionais e liofilizado.

Tabela 3. Análise morfológica do PHB seco e liofilizado.

	Esfericidade	Desvio Padrão
Liofilizado	0,696	0,058
T90F13+25	0,709	0,025
T70F7-25	0,717	0,005
T80F10VMV	0,701	0,025
T90F7-25	0,705	0,023

Conclusões

O PHB liofilizado tem 0,816±0,042 mm de diâmetro de Sauter e PHB seco em torno de 700 μm. O estreitamento da curva granulométrica deu-se pela quebra de aglomerados e elutriação das partículas finas. A esfericidade do PHB liofilizado foi de 0,696±0,058, enquanto do PHB seco foi de 0,701±0,02 mm, mostrando que a secagem não influencia na esfericidade. A massa utilizada nos ensaios de secagem foi de 600 g e a faixa de frequência de rotação do disco é de 7, 10 e 13 Hz.

A fluidodinâmica do PHB em LFPR foi dividida em cinco fases, leito fixo, fluidização mínima, fluidização pesada, fluidização vigorosa e fluidização vigorosa com arraste. A VMV aconteceu entre a fluidização pesada e a fluidização vigorosa, e para as três frequências analisadas a VMV foi semelhante, em torno de 0,5 m/s. A frequência de 10 Hz apresentou condições fluidodinâmicas mais favoráveis, sendo então escolhida como ponto central para os ensaios de secagem.

As curvas de secagem do PHB indicaram um período de taxa de secagem constante seguido por um período à taxa de secagem decrescente.

Referências bibliográficas

- AMBRÓSIO-UGRI, M.C.B., TARANTO O.P. (2007). Drying in the rotating-pulsed fluidized bed. Brazilian J. of Chem. Eng., Volume 24, p. 95-100.
 DJURKOV, T.G., ELENKOV, V.R., Investigation of Sesame drying and roasting in rotation-pulsed fluidized bed apparatus. Thermal Science v. 4. n. 1. p. 75-87, 2000 (In: UGRI, M.C.B.A., Caracterização física e secagem do ácido 2-hidroxibenzóico em leito fluidizado agitado mecanicamente e em leito fluidizado pulsado rotativo. Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
 KUNII, D., LEVENSPIEL, O. Fluidization Engineering. Butterworth - Heinemann, 1991. 2nd Ed, 491p.