



PIVIC/CNPq/UFPG-2010

SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO DE POLPA DE MANGA EM LEITO DE JORRO

Juliete Medeiros Silva^{1*}, Priscila Santos Souza², Odelsia L. S. Alsina³, Osvaldo Soares da Silva⁴

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo o estudo da distribuição do tamanho de gotículas durante a secagem de polpa de manga em leito de jorro por atomização. Foi analisado um jato de aspersão de água e em seguida de polpa de manga, no qual observou-se a distribuição de tamanho de gotículas dos dois líquidos. Através de uma câmera fotográfica de alta resolução, Nikon D- 40 foi possível captar o tamanho de gotas durante o processo de atomização. As fotos obtidas foram processadas num software comercial ImageJ v. 1.43. A suspensão utilizada foi polpa de manga espada obtida no mercado central da cidade de Campina Grande - PB. Utilizou-se inicialmente a água como líquido de atomização e em seguida a polpa de manga para comparar o tamanho médio da distribuição de gotículas, na nuvem de aspersão. Observou-se que o diâmetro médio da distribuição de gotículas para a água foi de 160,7 μm e para a polpa de manga foi 250 μm . Verificou-se que a partir da secagem da polpa de manga, foi obtido manga em pó com 21 % de umidade e que durante a secagem houve crescimento de partículas por aglomeração e diâmetro médio do pó foi de 642,3 μm .

Palavras-chave: atomização; tamanho de gotículas; leito de jorro; polpa de manga.

DRYING OF MANGO PULP BY ATOMIZATION IN SPOUTED BED

ABSTRACT

This work aimed to study the size distribution of droplets during mango pulp drying by atomization in a spouted bed. It was considered a jet spray of water and then the mango pulp, in which it was observed the droplets size distribution for both liquids. Through a high-resolution camera, Nikon D-40 it was possible to capture the droplets size during the atomization process. The photos were processed in commercial software ImageJ v. 1.43. The suspension was mango pulp obtained in the central market of Campina Grande – PB city. It was initially used water as a liquid spray and then the mango pulp to compare the average size distribution of droplets in a cloud of spray. It was observed that the average diameter of distribution for water was 160.7 μm and for the mango pulp was 250 μm . The drying of mango pulp produced mango powder with 21% moisture content. Agglomeration of particles was observed during drying producing powder with 642.3 μm mean particle diameter.

Keywords: atomization; droplets size; spouted bed; mango pulp

¹Aluna do Curso de Engenharia Química, Unidade Acadêmica de Engenharia Química, UFPG, Campina Grande, PB, E-mail: juhjuh.ms@hotmail.com *Autora para correspondências.

²Aluna do Curso de Engenharia Química, Unidade Acadêmica de Engenharia Química, UFPG, Campina Grande, PB, E-mail: priscila.s_souza@hotmail.com

³Química, Professora. Doutora, Departamento de Engenharia Química, UFPG, Campina Grande, PB, E-mail: odelsia@deq.ufcg.edu.br

⁴Engenharia de Alimentos, Professor. Doutor, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, UFPG, Pombal, PB, E-mail: osvaldo@ccta.ufcg.edu.br

INTRODUÇÃO

O propósito da atomização é converter a alimentação da suspensão ou extrato em uma nuvem de gotículas finamente dispersas, resultando em um aumento da área superficial específica e conseqüentemente a transferência de calor e massa; aumentando também, a taxa de secagem.

A etapa de atomização de uma suspensão, emulsão ou solução é de grande importância para o desenvolvimento dos processos de recobrimento de partículas, de microencapsulação de ingredientes ativos nas indústrias farmacêuticas, de cosméticos e de alimentos, bem como no processo de secagem por atomização. Em trabalhos recentes, pesquisadores demonstraram a necessidade de um estudo mais consistente sobre as características de atomização dos líquidos aspergidos, principalmente em relação ao tamanho de gotas sobre a influência da pressão de atomização e propriedades físicas do líquido atomizado (RÉ e MESSIAS, 2002; SILVA e ROCHA, 2002; SALEH, 1997). Nesses processos de transformação a nuvem de atomização precisa ser caracterizada quanto ao tamanho de gotas formadas em função da pressão de atomização e quanto à distância do bico atomizador em relação ao leito de partículas.

Tanto no caso da secagem de sólidos dissolvidos em líquidos como na microencapsulação de substâncias ativas, para controle das propriedades dos produtos sólidos é importante entender os fatores que influenciam algumas de suas características físicas e no desempenho do processo. No entanto essa tarefa é dificultada pelo comportamento complexo da formação de sólidos por *spray drying* que ocorre em quatro etapas (MASTERS, 1985): 1) nebulização do líquido em forma de *spray*; 2) mistura do agente de secagem com as gotas formadas; 3) secagem de gotas (evaporação) e 4) separação do produto seco arrastado pela corrente de gás.

Através da análise da nebulização em processo *spray drying* foi detectado que a viscosidade do líquido e as condições operacionais influenciam no tamanho das gotículas geradas na etapa de aspersão, bem como no tamanho das partículas geradas dessas gotículas (produto) (RÉ e MESSIAS, 2002). Essas propriedades podem ser um fator determinante no processo de recobrimento ou secagem em leito de jorro principalmente na distribuição e espalhamento das gotículas sobre a superfície das partículas de inerte, caracterizando um recobrimento uniforme e liso e a facilidade de quebra do filme formado. Os fenômenos que ocorrem durante o processo de recobrimento e secagem em leito de jorro são apresentados em três fases separadas e/ou com interação entre elas: sólida (partículas); líquida (suspensão a ser seca) e gasosa (ar de jorro). Teoricamente estes fenômenos são classificados cronologicamente, mas na maioria das vezes ocorrem de forma consecutiva ou competitiva, como segue (TEUNOU e PONCELET, 2002): (a) movimentação das partículas no leito; (b) aspersão do líquido na forma de gotículas com objetivo de aumentar a probabilidade de contato gotícula-partícula, mas essas gotículas podem secar (transferência de calor) antes da colisão com a partícula (não há recobrimento); (c) espalhamento das gotículas na superfície das partículas seguida pela adesão (transferência de massa); (d) secagem; (e) quebra do filme por atrito e choques entre as partículas de inerte; (f) arraste do pó formado e coleta no ciclone. Nesta etapa há uma forte tendência ao surgimento de aglomerados.

O mecanismo da atomização tem sido estudado por vários pesquisadores, mas permanecem controvérsias, apesar de muitos dados publicados na literatura. Várias teorias predominam apoiadas experimentalmente. Os mecanismos atualmente aceitos, como aplicável para condições de atomização comerciais, são os resultados de trabalho por pioneiros na estabilidade e colapso de sistemas simples de jato líquido.

No Brasil há vários grupos de pesquisas trabalhando com secagem por *spray drying* e recobrimento de partículas e secagem de suspensões em leito de jorro, com investimentos em nível estadual e federal. No entanto, há escassez de estudos sobre os mecanismos envolvidos durante a atomização de líquidos, principalmente em relação à distribuição de tamanhos de gotas na desintegração de um jato líquido. Também há poucas informações na literatura sobre as relações entre as propriedades do material seco e as propriedades e comportamento do líquido (solução, emulsão ou suspensão) a ser atomizado. Assim sendo, essa proposta de trabalho demonstra a importância e a necessidade de estudos experimentais e análise dos parâmetros operacionais durante a atomização de líquidos e da necessidade de um estudo mais aprofundado na região de aspersão durante secagem por atomização de polpa de frutas em leito de jorro.

Tanto no caso da secagem de polpa de frutas como no recobrimento de substâncias ativas, para controle das propriedades dos produtos sólidos, é importante entender os fatores que influenciam algumas de suas características físicas e no desempenho do processo. Assim, pretendeu-se analisar essas propriedades e o comportamento do líquido a ser atomizado, caracterizando a suspensão do fluido de trabalho em relação ao tamanho médio e a distribuição de tamanhos de gotículas na região de aspersão.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção das frutas

A manga espada utilizada para o estudo em questão foi adquirida no mercado central da cidade. As mesmas se encontravam devidamente maduras, facilitando assim a extração de sua polpa.

Local de execução

As secagens e a extração da polpa de manga foram realizadas no laboratório de meios porosos e sistemas particulados da UFCG.

Extração da polpa

A polpa foi obtida por meio da trituração das frutas em processador doméstico, seguida de prensagem em peneiras domésticas de malha fina.

Caracterização da polpa

A polpa adquirida foi devidamente caracterizada para uma posterior secagem. Mediu-se através de um refratômetro a quantidade de sólidos solúveis na amostra assim como o índice de refração da mesma. Analisou-se a quantidade de sólidos em suspensão na polpa de manga por meio de duas amostras da mesma. Elas foram pesadas separadamente e levadas a estufa por 24h, a estufa se encontrava a 105°C. Por meio desse procedimento foi possível calcular a quantidade de água presente em cada amostra.

Decorrido às 24h as amostras foram novamente pesadas. Através dos dados obtidos calculou-se a quantidade de sólidos em suspensão, a fração de base úmida e a fração de base seca de cada amostra de polpa analisada.

Para o cálculo da fração de base úmida foi utilizada a equação: $X_{bu} = (m_{H_2O}/m_i) \times 100$, onde m_{H_2O} = massa de água da amostra; m_i = massa inicial da amostra. Para o cálculo da fração de base seca foi utilizada a equação: $X_{bs} = (X_{bu}/1 - X_{bu})$, onde X_{bu} = fração de base úmida.

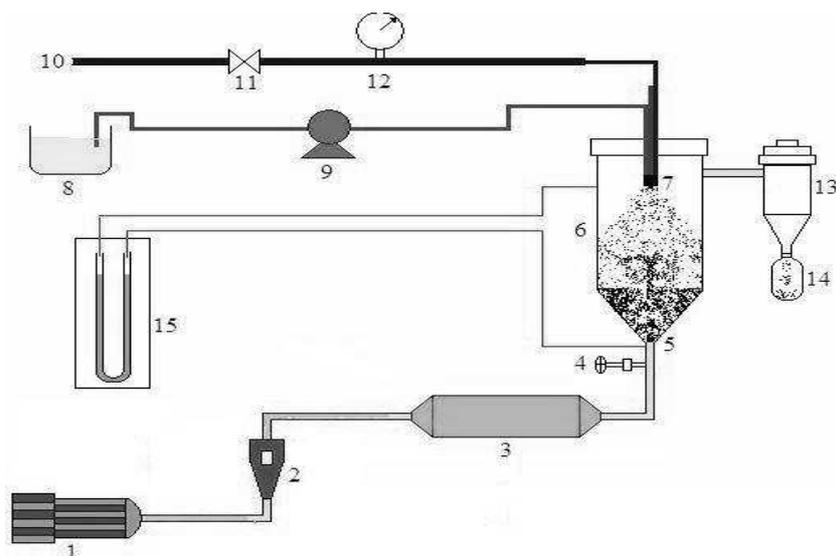
Diluição da polpa

Através da caracterização da polpa de manga observou-se que a mesma apresentava uma quantidade de aproximadamente 18% de sólido em suspensão, em decorrência desse resultado foi realizado uma diluição da mesma. Utilizou-se esse procedimento para melhorar e facilitar a passagem da polpa pelo bico atomizador. Desta forma foi obtida após a diluição uma polpa com 5% de sólido em suspensão.

Caracterização do líquido de aspersão

Toda a caracterização foi desenvolvida no Laboratório de Transferência em Meios Porosos e Sistemas Particulados-LTMPSP da Universidade Federal de Campina Grande. A polpa de manga devidamente caracterizada foi atomizada por meio de um secador em leito de jorro que se encontra representado na Figura 1.

O leito é constituído de uma base cônica de acrílico, com ângulo interno de 60°, acoplada a uma coluna cilíndrica também em acrílico, com diâmetro interno de 15 cm e 44 cm de altura. O ar de secagem era fornecido ao sistema por um compressor (1) e aquecido por um conjunto de resistências (3). A vazão do ar na entrada era medida por um rotâmetro (2) controlada por uma válvula (4). A pressão dentro do leito era medida por um manômetro diferencial em U (15). A suspensão de recobrimento (8) era transportada por uma bomba peristáltica (9) até o bico atomizador de duplo fluido (7) e uma linha de ar comprimido (10) fornecia ar ao bico atomizador, sendo a pressão do ar medida por um manômetro Bourdon (12) e a vazão controlada por uma válvula.



LEGENDA

- | | | |
|---------------------|------------------------------|---------------------------|
| 1. Soprador | 6. Coluna | 11. Válvula |
| 2. Rotâmetro | 7. Atomizador | 12. Manômetro Bourdon |
| 3. Aquecedor | 8. Reservatório da suspensão | 13. Ciclone |
| 4. Válvula | 9. Bomba peristáltica | 14. Coleta de pó |
| 5. Entrada do leito | 10. Linha de ar comprimido | 15. Manômetro diferencial |

Figura 1: Equipamento experimental

Determinação do tamanho de partículas na região de aspersão

Nos ensaios de caracterização da nuvem de aspersão, foi utilizada inicialmente a água como fluido modelo e, posteriormente, a polpa de manga espada como líquidos de atomização. Realizou-se a atomização da água. Em seguida foram capturadas as gotículas da nuvem de aspersão pela câmara de alta resolução. As fotos foram processadas no software de aquisição de imagens, seguidas de cálculos para determinar o diâmetro médio das gotículas aspergidas. O mesmo procedimento foi realizado utilizando a polpa de manga devidamente caracterizada.

A técnica de caracterização da atomização desses fluidos foi feita relacionando-se à distribuição de tamanho de gotas obtidas durante a atomização. Esse estudo foi realizado no Laboratório de Transmissão em Meios Porosos e Sistemas Particulados em parceria com o Laboratório de Fluidodinâmica e Imagem. Para caracterização da nuvem de aspersão utilizou-se uma câmara digital profissional, de alta resolução, para fotografar o tamanho de gotas e a distribuição do tamanho das mesmas na região de aspersão. A câmara digital foi uma alternativa econômica aos métodos de captação de imagens através do Malvern Mastersizer. A câmara Nikon D40 foi adquirida, através de capital do projeto, e é mostrada na Figura 2. A partir dessas imagens utilizou-se um software de aquisição de imagem em parceria com o Laboratório de Fluidodinâmica e Imagem da Universidade Federal de Campina Grande.



Figura 2: Câmera fotográfica digital e lente objetiva Nikon D40

Secagem por atomização de polpa de manga

Para o procedimento da secagem da polpa de manga realizou-se inicialmente uma diluição, já que a mesma encontrava-se a 18% de sólido em suspensão. Obteve-se uma polpa com 12% de sólido em suspensão para uma posterior atomização. Realizou-se um teste para verificar se a partir dessa quantidade de sólido em suspensão seria possível a mesma passar pelo bico atomizador. Pesou-se certa massa de um material inerte formado por poliestireno. A partir desse material foi possível o recobrimento do mesmo por meio do jato de aspersão formado durante a atomização da polpa de manga. Por meio do leito de jorro foi realizada a atomização de uma determinada quantidade de polpa de manga. O jato de aspersão jorrava sobre o material inerte revestindo-o e por meio do ar aquecido que entrava no leito de jorro realizou-se a secagem da polpa obtendo-se certa quantidade de material em pó.

A Figura 3 representa o leito de jorro utilizado no procedimento de secagem da polpa de manga.



Figura 3 – Leito de jorro

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o auxílio de um refratômetro foi possível a medição da quantidade de sólidos solúveis na amostra da polpa de manga, assim como o índice de refração da mesma. Os resultados se encontram na Tabela 1.

Tabela 1- Quantidade de sólidos solúveis e índice de refração da amostra.

Amostra	Sólidos solúveis	Índice de refração
Polpa original	15,2	1,35
Polpa diluída	8,1	1,34

A umidade em base úmida da polpa de manga foi determinada pelo método da estufa a 105°C para realizar esse estudo. Os resultados encontram-se presentes na Tabela 2.

Tabela 2- Resultados obtidos para o processo de caracterização

	M_{forma}	$M_{\text{matéria}}$	$M_{\text{forma+matéria}}$	M_{seca}	$M_{\text{H}_2\text{O}}$
Amostra 1	6,2885g	10,6905g	16,9790g	8,2920g	2,3985g
Amostra 2	6,2139g	10,1299g	16,3438g	8,1064g	2,0235g

Através dos dados obtidos calculou-se a quantidade de sólidos em suspensão, a fração de base úmida e a fração de base seca de cada amostra de polpa analisada. Os resultados se encontram na Tabela 3.

Tabela 3- Valores da caracterização da amostra

	Xbu (%)	Xbs	Sólidos em suspensão (%)
Amostra 1	81,2	1,1972	18,8
Amostra 2	81,3	1,0692	18,7

Foi observado a partir dos resultados obtidos, que a quantidade de sólidos em suspensão da polpa de manga estudada poderia dificultar a passagem da mesma pelo bico atomizador durante o processo de atomização. Por essa razão foi realizado um balanço de massa e calculado a quantidade de água que seria necessário ser adicionada a amostra, para posteriormente ser realizada a diluição da mesma para uma quantidade de 5% de sólidos em suspensão, facilitando desta forma a passagem pelo bico atomizador. Os valores obtidos de encontram na Tabela 4.

Tabela 4- Resultados do balanço de massa

Massa inicial da amostra	Massa final da amostra	Água adicionada
94,51g	295,63g	201,12g

Após a diluição foi realizado um teste para verificar se a amostra realmente se encontrava com 5% de sólidos em suspensão. Utilizaram-se novamente duas amostras da polpa de manga, onde as mesmas foram levadas por 24h a estufa que se encontrava a 105°C. Os dados obtidos se encontram na Tabela 5.

Tabela 5- Resultados obtidos para o processo de caracterização

	M_{forma}	$M_{\text{matéria}}$	$M_{\text{forma+matéria}}$	M_{seca}	$M_{\text{H}_2\text{O}}$
Amostra 1	6,9982g	10,1740g	17,1722g	7,5005g	9,6717g
Amostra 2	6,9303g	10,2257g	17,1560g	7,4386g	9,7174g

Através dos dados obtidos calculou-se a quantidade de sólidos em suspensão, a fração de base úmida e a fração de base seca de cada amostra de polpa analisada. Os resultados se encontram na Tabela 6.

Tabela 6- Valores da caracterização da amostra

	Xbu (%)	Xbs	Sólidos em suspensão (%)
Amostra 1	95,06	19,24	4,94
Amostra 2	95,02	19,08	4,98

Verificou-se a partir da nova caracterização da amostra diluída que a mesma apresentava uma quantidade de aproximadamente 5% de sólidos em solução, tornando possível a passagem pelo bico atomizador durante o processo de atomização.

Determinação do tamanho de partículas na região de aspersão durante a atomização da água

Foi utilizada a água inicialmente como líquido de atomização. A Figura 4 mostra uma fotografia da nuvem de aspersão da suspensão de recobrimento atomizada, obtidas em condições apropriadas de luz e velocidade de captura do obturador da câmera fotográfica.



Figura 4 – Projeção das gotículas de água numa nuvem de aspersão

Na Figura 5 observa-se uma distribuição granulométrica das gotículas na região de aspersão. O histograma de distribuição foi calculado através do software ImageJ na faixa de 0 a 255 μm cujo diâmetro médio foi calculado pela fórmula de Sauter. A distribuição apresentou diâmetro médio de 137,45 μm .

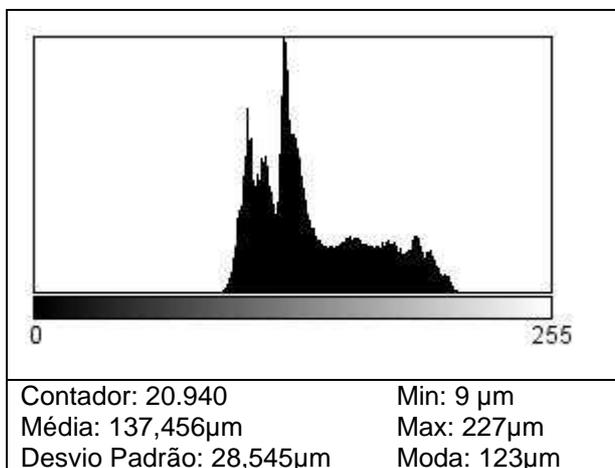


Figura 5 – Histograma da distribuição das gotículas aspergidas no jato de aspersão.

Para obter uma maior informação acerca da distribuição e comportamento na aspersão na atomização de água e suspensão de recobrimento ao longo do jato, foram realizados ensaios fotográficos e posteriormente os resultados desses ensaios foram processados em um programa de análise de imagens Image J, onde foram obtidos histogramas que calcularam características de várias faixas de tamanho em diversas posições axiais de uma mesma imagem. Assim, para cada posição axial, o diâmetro médio das gotículas presentes foi calculado. Estes diâmetros variaram de 147,09 a 169,64 μm . O cálculo do diâmetro de gotículas efetuado pelo software baseia-se no diâmetro médio de Sauter. Alguns desses resultados são mostrados na Figura 6 e 7.

Percebe-se que o formato do histograma mostrado na Figura 5, é mais suave e com intervalo de tamanhos mais largo que os observados quando a fotografia do jato de aspersão foi seccionada em diversas posições axiais. Por outro lado, verifica-se um estreitamento da faixa de tamanhos de partícula com o aumento da distância axial. Por exemplo, no histograma do jato de aspersão completo, a faixa de tamanho variou de 79 a 227 μm . Já para uma posição axial a 2,5 cm da saída do bico, a faixa de tamanhos varia de 112 a 209 μm .

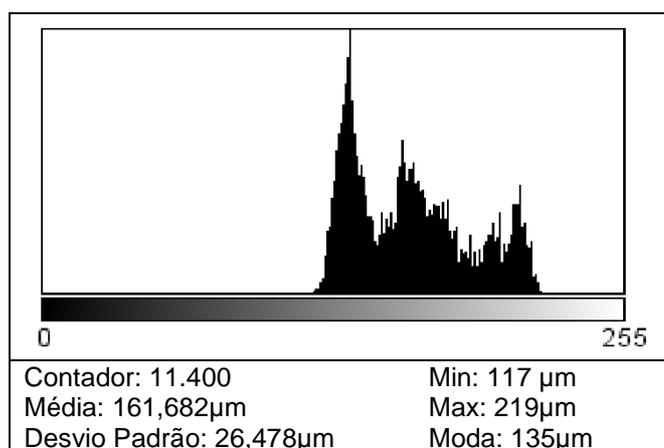


Figura 6 - Histograma da distribuição das gotículas aspergidas na posição axial 1,5cm.

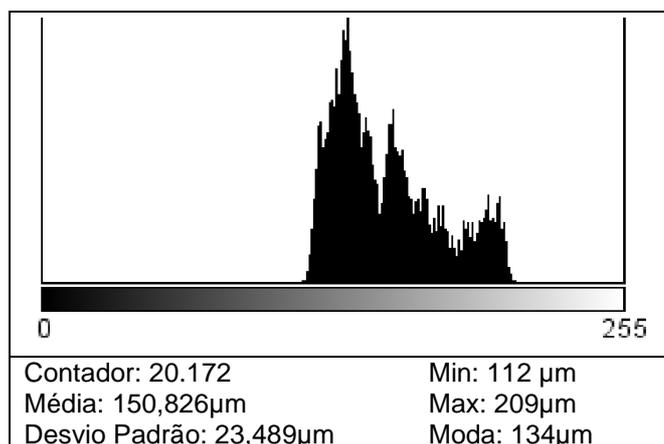


Figura 7 – Histograma da distribuição das gotículas aspergidas na posição axial 2,5cm.

A Tabela 6 mostra o diâmetro médio das gotículas no jato de aspersão em diferentes posições axiais, conforme já verificado nos histogramas das Figuras 6 e 7. O diâmetro médio da distribuição de partículas diminui à medida que o jato de aspersão se afasta do bico atomizador. A diminuição com a altura é um comportamento esperado, devido ao efeito da pressão de atomização, que provoca a quebra das gotas formadas desde o bico atomizador até o término do jato de aspersão. Concomitantemente, ocorre a secagem das gotas ao longo de todo o perfil axial no jato de aspersão, contribuindo dessa forma para a diminuição das mesmas.

Tabela 6 - Diâmetro médio de partículas no jato de aspersão

Posição axial	Medida cm	D _{médio} μm
Z1	0,0	169,64
Z2	0,5	167,44
Z3	1,0	163,14
Z4	1,5	161,68
Z5	2,0	154,26
Z6	2,5	150,83
Z7	3,0	148,07
Z8	3,5	147,09

Secagem por atomização de polpa de manga

Para a secagem da polpa de manga foi realizado um balanço de massa para diminuir o teor de sólidos em suspensão de 18 para 12% para viabilizar a atomização da suspensão. Posteriormente foi realizada a atomização da polpa. Observou-se a partir desta atomização que a distribuição de gotículas do líquido apresentou um diâmetro médio de 250 μm.

A atomização da polpa de manga foi realizada no leito de jorro, onde o jato de aspersão recobriu o material inerte presente no leito e depois. Por meio do ar aquecido que entrava pelo leito realizou-se a secagem da polpa de manga, obtendo-se certa quantidade de material em pó.

As condições utilizadas para a realização do experimento, assim como os dados obtidos se encontram na Tabela 7.

Tabela 7 – Condições para a realização do experimento e resultados obtidos.

T _{ar} (°C)	T _s (°C)	V _{ar} (m/s)	W _s (g/min)	M _{inerte} (g)	Ren (%)
80	64	0,41	10,95	700	50

A Figura 8 mostra o material inerte revestido pela polpa de manga que foi utilizado durante a atomização em leito de jorro.



Figura 8 – Material inerte de poliestireno após secagem de polpa de manga.

A Figura 9 mostra o produto em pó obtido após a secagem da polpa de manga em leito de jorro sobre determinadas condições de temperatura, pressão, vazão e velocidade de ar.



Figura 9 – Produto em pó obtido após a secagem da polpa de manga

Após a secagem da polpa de manga foi obtido certa quantidade de pó com rendimento de 50%. O pó obtido foi recolhido tanto do ciclone como do material inerte, com umidade de 21,82%. Ele apresentava uma aparência caramelizada e verificou-se um aumento no tamanho das partículas devido à coalescência. Através desse material obtido foi feita uma distribuição granulométrica para medir o diâmetro médio das partículas por meio da fórmula de Sauter. A distribuição granulométrica é mostrada no histograma da Figura 10. Essa distribuição apresentou diâmetro médio de 642 μm .

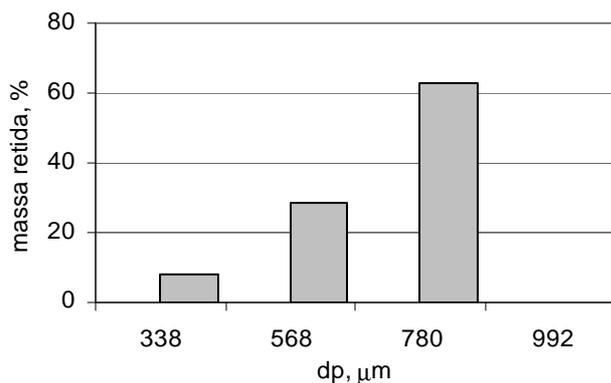


Figura 10 – Distribuição granulométrica do pó obtido

CONCLUSÃO

Os resultados apresentados mostram que é possível a atomização de líquidos com diferentes quantidades de sólidos em suspensão. A partir da caracterização da polpa de manga foi verificado que a mesma possuía aproximadamente 18% de sólidos em suspensão e a mesma foi diluída para 12% de sólido, para viabilizar o processo de atomização.

A construção de um histograma da distribuição granulométrica das gotículas na região de aspersão para a água atomizada, permitiu observar que as mesmas apresentavam um diâmetro médio de 137,45 μm e à medida que se aumenta da distância axial confirmou-se um estreitamento da faixa de tamanhos de partícula.

A dinâmica do leito de jorro com partículas inertes de poliestireno é adequada à secagem de polpa de frutas.

Utilizando-se polpa de manga espada com 12% de sólido em suspensão foi possível realizar a secagem da mesma obtendo-se diâmetro médio de 642 μm . O processo apresentou rendimento de 50%, e o pó obtido apresentou umidade de 21,82%.

SIMBOLOGIA

T_{ar} = Temperatura de entrada de ar

T_s = Temperatura de saída de ar

V_{ar} = Velocidade de ar no leito de jorro

W_s = Vazão da suspensão

M_{inerte} = Massa do material inerte de poliestireno

$M_{pó}$ = Massa do pó obtida após a secagem da polpa de manga

Ren = Rendimento da produção de pó

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Meios Porosos e Sistemas Particulados pela utilização do espaço para a realização das pesquisas do projeto;

A todos os colegas de pesquisa por suas contribuições diretas ou indiretas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MASTERS, K. Spray drying handbook, Fourth edition. Halsted Press, John Wiley & Sons Inc. New York, 1985;

RÉ, M. I. e MESSIAS, L.S. Influência da nebulização no diâmetro médio e na distribuição de diâmetros de partículas produzidas por *spray drying*. Anais do XXX Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, São Carlos, 2002;

SALEH, K. Contribution à l'étude de l'enrobage de particules solides em lit fluidisé. Toulouse: INPT, 1997. Thesis (Ph.D);

SILVA, O.S. e ROCHA, S.C.S. Analysis of the growth and agglomerate formation in the granules coating process. Proceedings of the 13th International Drying Symposium (IDS'2002), China, vol. B, pp. 1069-1078, 2002;

TEUNOU, E. e PONCELET, D. Bath and continuous fluid bed coating – review and state of the art. Journal of Food Engineering, vol. 53, pp. 325-340, 2002;