

OBTENÇÃO DE CAFÉ SOLÚVEL PELA SECAGEM DO EXTRATO POR REFRACTANCE WINDOW

E. I. B. PARISOTTO¹, A. DURIGON¹, M. F. ZOTARELLI; J. B. LAURINDO¹ e B. A. M. CARCIOFI¹

¹ Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos

E-mail para contato: angelisedurigon@gmail.com

RESUMO – O *refractance window* (RW) é um método de secagem para obtenção de pós e pode ser uma alternativa a atomização e a liofilização na produção do café solúvel. O objetivo do trabalho foi estudar o processo de secagem por RW para a obtenção de café solúvel. Foram avaliadas as temperaturas da água de 65 e 85 °C e espessura do extrato de 0,5 mm. A termografia de infravermelho foi utilizada para avaliar a variação temporal da temperatura do café, além disso, foi aferida a umidade durante o processo. O pó foi caracterizado quanto à atividade de água, tempo de dispersão, cor, massa específica real e microscopia eletrônica de varredura. Esses parâmetros foram utilizados na comparação ao pó de café atomizado e liofilizado. Os tempos de secagem do extrato de café foram de 5 e 12 minutos, para as temperaturas de 85 e 65 °C, respectivamente (umidade final inferior a 0,07 g g⁻¹). Os pós obtidos pelos diferentes processos apresentaram diferenças significativas na massa específica. O tempo de dispersão dos pós produzidos por RW foi aproximadamente 4 vezes inferior aos tempos dos pós liofilizado e comercial. Os resultados indicam que o processo por RW é uma alternativa viável para produção de café solúvel.

1. INTRODUÇÃO

O café é um dos produtos mais tradicionais da agricultura brasileira sendo de grande importância para a economia nacional desde o século XVII (ABIC, 2012) e uma das bebidas mais consumidas no mundo. Os países com maior produção do café são o Brasil, Vietnã, Colômbia, Indonésia e Índia. O Brasil foi responsável por cerca de um terço da produção mundial e por 32,16% da exportação no ano de 2011 (ABIC, 2012). O café solúvel é obtido através da extração aquosa dos sólidos solúveis do grão do café torrado e moído. A extração ocorre pela percolação da água a cerca de 150 °C nos grãos quebrados, onde são extraídos os sólidos solúveis (Café Iguazu, 2013). O extrato é concentrado por evaporação ou sublimação até cerca de 40% de sólidos solúveis e submetido à secagem (Esteves, 2006). Os processos de secagem mais utilizados para a produção do café solúvel são a secagem por atomização e a liofilização. Porém, o café produzido por aspersão perde muitos compostos voláteis que influenciam no sabor e aroma final do mesmo e, dependendo das condições de processo, pode apresentar baixo rendimento. Por outro lado, na secagem por liofilização o tempo de processo é elevado e o custo de produção é superior (Mumenthaler e Leuenberger, 1991).

Alternativamente aos processos citados, existe o processo de secagem em *refractance window* (RW), que pode produzir de alimentos em pó, grânulos ou filmes em curtos tempos e de qualidade superior (Nindo e Tang, 2007). Neste processo, o produto a ser seco é espalhado sobre um filme de poliéster, que deve estar em contato na sua face inferior com água quente, a qual fornece a energia térmica necessária para a secagem. Esse filme é parcialmente transparente à radiação infravermelha e, deste modo, os três mecanismos de transferência de calor (condução, convecção e radiação) estão envolvidos nessa secagem (Nindo e Tang, 2007; Kudra e Mujumdar, 2009). A secagem por RW é utilizada principalmente para frutas e hortaliças, pois retém os compostos naturais e gera produtos com qualidade comparável aos processos tradicionais de secagem, como a liofilização (Nindo e Tang, 2007). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade da produção e as propriedades físico-químicas do pó de café solúvel obtido pelo processo de secagem por RW.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O extrato concentrado de café da espécie conilon (*Coffea canephora*) e amostras liofilizadas a partir deste mesmo extrato foram cedidos pela empresa Café Iguazu (Cornélio Procópio, PR, Brasil). O teor de sólidos solúveis do extrato foi de 68 °Brix determinado em refratômetro óptico manual (Greens Ferry Glass, REF 107, USA) com umidade de 0,6817 g água.g-1 sólidos secos determinado pelo método AOAC 979.12. O extrato de café concentrado foi recebido, fracionado em recipientes plásticos e mantidos congelados. Amostra de café solúvel comercial da mesma empresa, obtida por atomização, foi adquirida em estabelecimento comercial da cidade de Florianópolis-SC.

Uma escala piloto do Refractance Window (RW) operando em batelada foi utilizada para a secagem do extrato de café. O equipamento possui uma área de secagem de aproximadamente 0,30 m², consistindo de um reservatório retangular (0,8 m x 0,4 m x 0,05 m) com água quente circulante em seu interior, proveniente de um banho termostático (DIST, modelo Di 921, Brasil). Sobre o reservatório há fixado o filme de poliéster (Mylar, DuPont, USA) de 0,25 mm de espessura, cobrindo a área de 0,8 m x 0,4 m. A face inferior do filme é mantida integralmente em contato com a água quente que circula no reservatório, enquanto a face superior serve de suporte para o produto a ser seco. Além disso, foi acoplado ao RW um sistema de movimentação automatizado e um espalhador com controle micrométrico do vão para o escoamento, promovido por gravidade (tipo doctor blade). A espessura de espalhamento do extrato foi de 0,5 mm sobre um filme de mylar (espessura de 0,025 mm), que foi colocado sobre o RW. Foram testadas duas temperaturas da água circulante, 65 e 85 °C. As amostras do café seco por RW foram armazenadas em recipiente de vidro, lacradas com parafilm e armazenadas em dessecador a 20 °C. A temperatura da água quente circulante sob o filme foi monitorada a cada 10 s através de termopares tipo T (IOPE, modelo A-TX-TF-R-30AWG, Brasil) conectados a um sistema de aquisição de dados (Agilent, modelo 34970A, Malásia).

A umidade do produto foi determinada pelo método gravimétrico em estufa à vácuo a 70°C (A.O.A.C. 979.12, 2005) ao longo do processo de secagem e expressa como a evolução temporal da umidade do extrato de café em base seca. A taxa de secagem foi obtida pela derivada da umidade (dX) em base seca pelo tempo (dt) (Equação 1).

$$\text{Taxa de secagem} = \frac{dX}{dt} \quad (1)$$

A temperatura do extrato de café foi determinada durante o processo de secagem utilizando câmera termográfica (Flir, modelo T360, Suécia) e as imagens foram analisadas pelo software FLIR QuickReport 1.2 SP2. Para a captura das imagens, a câmera foi posicionada à distância fixa de 50 cm da superfície do filme espalhado. A emissividade (ϵ) usada para o extrato de café foi de 0.97, a qual foi determinada com auxílio de um termômetro de infravermelho (TESTO, modelo 845, Alemanha) conforme o método proposto por Albatici *et al.* (2013). A umidade relativa do ar e a temperatura ambiente foram medidas com um instrumento de medição de temperatura e umidade relativa (Testo, modelo 610, Alemanha). A umidade relativa se manteve em $57,9 \pm 5,6\%$ e a temperatura ambiente de $24,8 \pm 0,6$ °C.

A atividade de água do pó de café foi determinada a 25 °C em higrômetro digital (Decagon Devices, Aqualab, USA), calibrado com cloreto de lítio. As análises foram realizadas em triplicata.

O tempo necessário para a completa submersão em água das partículas secas de café, denominado tempo de dispersão, foi determinado com auxílio de um aparato experimental construído conforme Dacanal e Menegalli (2009) e Hoge Kamp e Schubert (2003). A análise consiste no tempo necessário para que 1g da amostra seja submergida em 80 mL de água.

A massa específica real das amostras de pós de café foi determinada em picnômetro de gás hélio (Micromeritics, modelo Accu Pyc II 1340, Ucrânia), em triplicata.

A cor das amostras de pós de café foi expressa através dos parâmetros de luminosidade L^* e cromaticidade a^* e b^* , determinados em colorímetro (MiniScan EZ 4500L, HunterLab, USA). A escala utilizada foi a CIELAB. A calibração do colorímetro foi realizada utilizando um filme de PVC transparente para recobrir o equipamento. As amostras de pó de café foram colocadas em placas de petri e sobre uma superfície branca. As leituras foram realizadas com o mesmo filme de PVC para que não ocorresse o contato das amostras com o leitor do equipamento. Cinco leituras foram realizadas do pó de café.

Os pós de café foram previamente liofilizados (Liotope L101, Liobras, Brasil) para a retirada da umidade residual e as amostras foram recobertas com uma fina camada de ouro. As imagens foram obtidas utilizando microscópio eletrônico de varredura (JEOL JSM 6390LV, Japão) com voltagem de 10 kV.

A análise estatística dos dados foi realizada com auxílio do software Statistica (StatSoft, 7.0). Os dados foram avaliados pela análise de variância (one-way, ANOVA) e pelo teste de Tukey com um nível de significância de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da umidade das amostras do extrato de café em função do tempo para o processo de secagem por RW, com temperatura da água circulante de 65 e 85 °C estão apresentados na Figura 1.

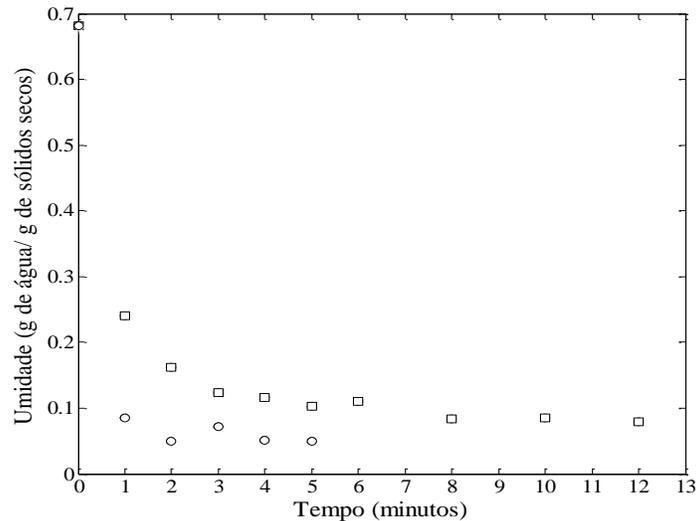


Figura 1. Evolução temporal da umidade em base seca do extrato de café seco por RW com temperatura da água circulante de (□) 65°C e (○) 85°C.

Os pós de café obtidos por RW foram considerados secos quando apresentaram umidade, em base seca, inferior a 0,07 g g⁻¹. Conforme esperado, o menor tempo de secagem (5 minutos) foi encontrado quando utilizada a maior temperatura da água circulante de 85 °C. Enquanto que, com temperaturas da água circulante de 65 °C o tempo de secagem foi de 12 minutos. Assim sendo, um aumento de 20°C na temperatura da água circulante promoveu uma redução maior que 50% no tempo de processo. As taxas iniciais de secagem foram elevadas, sendo 0,44 e 0,59 g g⁻¹ min⁻¹ para a secagem com temperatura da água circulante de 65 e 85 °C, respectivamente. Porém, após o primeiro minuto pode-se observar que as taxas de secagem reduziram rapidamente a valores inferiores a 0,07 e 0,03 g g⁻¹ min⁻¹. A fina camada de extrato não oferece resistência à saída da água, dessa forma, a evaporação da água ocorre rapidamente e a taxa de secagem é elevada, dependendo principalmente da temperatura da fonte quente.

Na Figura 2 encontra-se representada as imagens termográficas capturadas durante a secagem do extrato de café com a temperatura da água circulante a 85 °C. Nesta figura observam-se pequenos gradientes de temperatura na superfície do filme, limitados a 1,5 °C, indicando que a espessura do extrato foi uniforme e que a secagem foi homogênea. Diferenças na espessura do filme podem comprometer a reprodutibilidade do processo e a qualidade do produto final, uma vez que a secagem ocorre de forma mais lenta em regiões de maior espessura e pode apresentar maior umidade no produto final, ou então, em regiões de menor espessura pode ocorrer maior exposição da amostra à temperatura elevada. Após 30 segundos de processo a temperatura do produto atingiu 75 °C e, nas imagens seguintes, pode-se observar que as temperaturas foram mantidas constantes (78-79 °C), indicando um possível período de secagem a uma taxa constante. Ao final do processo, observa-se que o extrato atingiu temperaturas superiores a 81 °C.

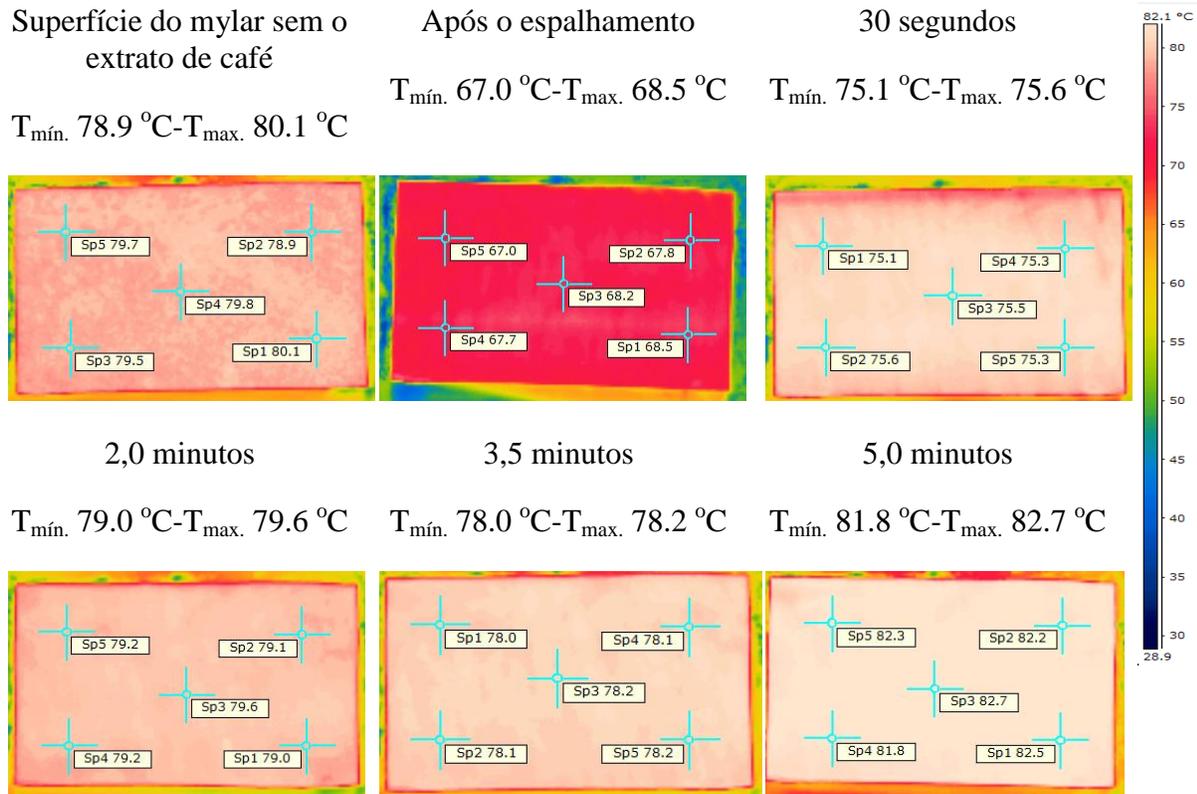


Figura 2 - Termografia de infravermelho durante a secagem por RW do extrato de café com temperatura de água circulante de 85 °C.

Na Figura 3 são apresentadas as micrografias eletrônicas de varredura das amostras estudadas. Nota-se que os pós obtidos da secagem por RW (Fig. 3a e 3b) possuem superfície lisa, formato irregular e sem poros, além da espessura uniforme, a qual é resultado de um espalhamento controlado. As amostras obtidas por liofilização (Fig. 3c) apresentaram partículas menores com superfície e formato irregular. Já as amostras obtidas por atomização (Fig. 3d) são esféricas, rugosas e possuem poros em suas partículas.

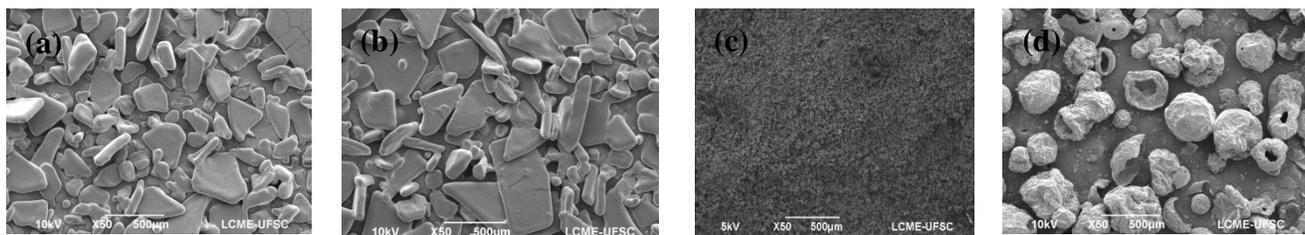


Figura 3 - Imagens obtidas por MEV dos pós de café secos por: (a) RW com água a 65 °C e (b) RW com água a 85 °C, (c) liofilização e (d) atomização.

Na Tabela 1 estão apresentadas as umidades, a atividade de água, a massa específica real, o tempo de dispersão e os parâmetros L^* , a^* e b^* de cor dos pós de café obtidos nas diferentes condições de secagem por RW e para as amostras de pó liofilizado e atomizado. A umidade final em base seca do pó de café obtido por RW, em ambas as condições estudadas, foram inferiores a 0,07 g g⁻¹. Enquanto, o pó liofilizado e o pó atomizado apresentaram a umidades de 0,018 e 0,026 g g⁻¹, respectivamente. A umidade elevada do pó resultante da secagem por RW ocorre devido ao não controle da umidade relativa (UR) do ar de secagem, sendo este o ponto de equilíbrio da secagem na escala piloto. A UR do ar nos experimentos de secagem foi em média de 60 %. A atividade de água dos pós de café obtidos por RW foi inferior a 0,440, em ambas as condições estudadas. Enquanto a atividade de água para o extrato liofilizado foi de 0,176 e para o atomizado foi de 0,353. Os valores de atividade de água para os pós de café obtidos por RW nas diferentes temperaturas não apresentaram diferença significativa entre si, porém foram diferentes das amostras comercial e liofilizada. A atividade de água de alimentos em pó deve ser inferior a 0,6 para dificultar ou impedir o crescimento dos micro-organismos e as reações físico-químicas responsáveis pela sua deterioração (Rahman, 1995).

Tabela 1- Conteúdo de água, atividade de água, massa específica real, tempo de dispersão e parâmetros (L^* , a^* e b^*) de cor do pó de café obtido em RW, do pó liofilizado e do pó atomizado.

Parâmetro	RW – 65 °C	RW – 85 °C	Liofilizado	Atomizado
Umidade (g água g s.s. ⁻¹)	0,071±0,000 ^a	0,061±0,000 ^a	0,018±0,001 ^b	0,026±0,012 ^b
Atividade de água	0,435±0,005 ^a	0,419±0,018 ^a	0,176±0,015 ^c	0,353±0,012 ^b
Tempo de dispersão (s)	7,62±0,18 ^b	8,50±0,22 ^b	303,09±5,36 ^a	321,37±25,01 ^a
Massa específica real (g cm ⁻³)	1,536±0,000 ^a	1,515±0,000 ^b	1,480±0,001 ^c	1,204±0,001 ^d
L^*	39,99±3,99 ^b	37,61±3,73 ^b	47,90±1,77 ^a	42,72±2,67 ^{ab}
a^*	2,328±0,35 ^c	2,454±0,33 ^c	12,09±0,81 ^a	8,53±0,82 ^b
b^*	1,980±0,31 ^c	2,352±0,26 ^c	27,50±1,70 ^a	10,72±1,20 ^b

a-d Médias na mesma linha com letras diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

O tempo de dispersão para os pós de café obtidos em RW não foi diferente significativamente e foram de 7,62 e 8,50 s para as respectivas temperaturas de 65 e 85 °C da água circulante. As amostras liofilizada e comercial apresentaram tempos de dispersão significativamente maiores, acima de 5

minutos, para as duas amostras. Essas diferenças podem estar relacionadas com a formação de grumos quando a amostra entra em contato com a água, pela diferença no tamanho das partículas e também devido a menor densidade apresentada por essas amostras (Dacanal, 2005). O espaço intersticial apresentado por partículas grandes e de formato irregular, como as partículas obtidas no RW (Figura 3a e 3b), favorece a dispersão, enquanto que partículas pequenas e menos densas, como as do pó liofilizado e do pó atomizado (Figura 3c e 3d) geram menos interstícios, o que reduz a penetração de água (Vissotto *et al.*, 2006). Além disso, segundo Hoge Kamp e Schubert (2003) partículas pequenas do pó, antes de serem dispersas, tendem a formar uma camada viscosa, ou seja, o líquido que penetra no sólido dissolvendo a parede do material forma uma solução viscosa que reduz a tensão interfacial enfraquecendo a força capilar. As amostras obtidas por RW apresentaram massa específica real superior a $1,5 \text{ g cm}^{-3}$, para ambas as condições estudadas. Enquanto as amostras de café liofilizada e atomizada apresentaram massa específica real igual a $1,480$ e $1,204 \text{ g cm}^{-3}$, respectivamente.

Os pós de café obtidos em RW não apresentaram diferença significativa entre si para os parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) avaliados (Tabela 1), indicando que não houve influência da temperatura de secagem na cor dos pós obtidos por RW. Além disso, pode-se observar que não há diferença significativa entre os pós produzidos por RW e a amostra de café atomizada quanto à luminosidade (L^*). Porém, possuem diferença com a amostra liofilizada, uma vez que esta apresenta tonalidade mais escura. Os cafés resultantes da secagem por RW apresentaram cor vermelho (a^*) menos intensa e tonalidade menos amarela (b^*) que as outras amostras. A amostra liofilizada apresentou maior intensidade de vermelho (a^*) e de amarelo (b^*) que o pó atomizado. A diferença na coloração dos pós foi visual e pode ser observada na Figura 4.

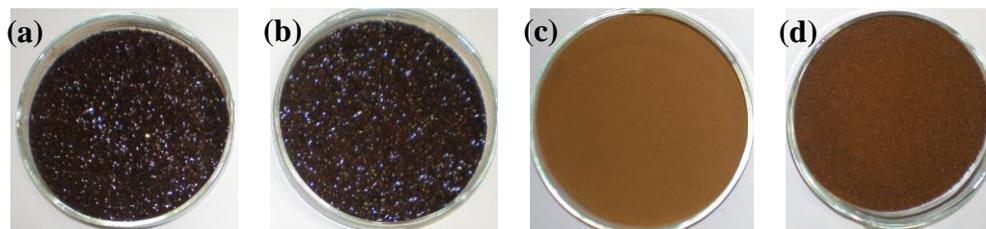


Figura 4 - Fotografia dos pós de café secos por: (a) RW com água a $65 \text{ }^\circ\text{C}$ e (b) RW com água a $85 \text{ }^\circ\text{C}$, (c) liofilização e (d) atomização.

4. CONCLUSÃO

A obtenção de café solúvel através da secagem por RW apresenta um produto com características diferentes do encontrado comercialmente, podendo ser caracterizado como um novo produto. A temperatura da água circulante influencia no tempo de secagem do extrato, ou seja, o tempo de secagem do extrato de café é reduzido com a elevação da temperatura da água circulante. O tempo de dispersão do pó produzido em RW, em ambas as condições de processo, é aproximadamente quatro vezes inferior aos tempos do pó liofilizado e comercial. Além disso, os pós obtidos em RW são mais escuros do que o pó liofilizado e o pó atomizado. Os resultados

indicam que o processo de secagem por RW é uma alternativa viável para produção de café solúvel. Entretanto, é interessante que estudos complementares sejam realizados para caracterizar esse produto em relação a outras propriedades físicas e de estabilidade desse produto durante o armazenamento.

5. REFERÊNCIAS

- ABIC – Associação Brasileira da Indústria de Café. Disponível em: <http://www.abic.com.br>. Acesso em setembro de 2013.
- ALBATICI, R.; PASSERINI, F.; TONELLI, A. M.; GIALANELLA, S. Assessment of the thermal emissivity value of building materials using an infrared thermovision technique emissometer. *Energ. Buildings*, v. 66, p. 33-40, 2013.
- A.O.A.C. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists. 18. ed. Maryland, 2005. 1094 p.
- CAFÉ IGUAÇU. Disponível em: http://www.iguacu.com.br/empr_processo_Producao.asp. Acesso em: dezembro de 2012.
- DACANAL, G. C.; MENEGALLI, F. C. Experimental study and optimization of the agglomeration of acerola powder in a conical fluid bed. *Powder technol.*, v. 188, p. 187-194, 2009.
- ESTEVES, B. N.; Influência do processo de secagem por pulverização mecânica (*spray dryer*) no tamanho de partícula e densidade aparente do café solúvel. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2006.
- HOGKAMP, S.; SCHUBERT, H. Rehydration of food powders. *Food Sci.Technol.*, v. 9, p. 223-235, 2003.
- KUDRA, T.; MUJUMDAR, A. S. *Advanced Drying Technologies*. Editora: CRC Press, 2009.
- MUMENTHALER M.; LEUENBERGER H., Atmospheric spray-freeze drying: a suitable alternative in freeze-drying technology. Department of Pharmaceutical Technology, School of Pharmacy, University of Basel, Switzerland, 1991.
- NINDO, C. I.; TANG, J. Refractance Window Dehydration Technology: A Novel Contact Drying Method. *Dry. Technol.*, v. 25, p. 37-48, 2007.
- RAHMAN, S. *Food Properties Handbook*. New York. Editora: CRC Press, 1995
- VISSOTTO, F. Z.; MONTENEGRO, F. M.; SANTOS, J. M. OLIVEIRA, S. J. R. Avaliação da influência dos processos de lecitinização e de aglomeração nas propriedades físicas de achocolatado em pó. *Ciênc. Tec. Ali.*, v. 26, n. 3, p. 666-671, 2006.