

# Atividade de água em amêndoas de castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) secas por microondas e convencionalmente

F. A. Silva<sup>1</sup> e A. Marsaioli Jr.<sup>2</sup>

Laboratório de Microondas Aplicada  
Departamento de Engenharia de Alimentos  
FEA/UNICAMP  
13083-970 Campinas, SP

(Recebido: 28 de março de 2003)

**Resumo:** *O presente trabalho teve como objetivo avaliar os níveis de atividade de água presentes em amêndoas de castanha do Brasil secas tanto pelo processo de secagem utilizando energia de microondas, quanto pelo processo convencional, durante um período de seis meses. Os processos de secagem foram desenvolvidos em fornos domésticos adaptados com sistema externo de provisão de ar quente. Testes foram estabelecidos a partir de planejamentos experimentais, utilizando combinações de densidades de potência (W/g), temperaturas e velocidades do ar. As respostas de ambos os processos foram tempo de secagem e atividade de água ( $A_W$ ). Os resultados obtidos dos níveis de atividade de água ao longo dos 180 dias de estocagem da amêndoa seca embalada ficaram abaixo de 0,6, ou seja,  $a_W \leq 0,60$ . Conclui-se, então, que as amêndoas permaneceram estáveis do ponto de vista microbiológico durante todo o tempo de armazenamento.*

**Palavras-chave:** *castanha-do-Brasil; atividade de água; microondas*

**Abstract:** *This work aimed at evaluating the water activity levels showed by Brazil nut kernels dried either by applying microwave energy or dried conventionally, during a six months period. Both drying processes were developed by using adapted domestic ovens coupled to an external hot air provision system. Experimental designs were established for testing samples by using several combinations of microwave power densities (W/g) and air temperatures*

---

<sup>1</sup>flavioas@fea.unicamp.br

<sup>2</sup>tonymars@fea.unicamp.br

and velocities. The responses for both processes were drying time and water activities ( $A_w$ ). Water activity results obtained during the 180 days storage of the kernels were under 0.6, that is,  $a_w \leq 0.60$ . It can be concluded that it was possible to have the Brazil nut kernels microbiologically stable during all the storage period.

Key words: *Brazil nuts; water activity; microwaves*

## 1 Introdução

A castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) faz parte das riquezas da floresta Amazônica, dentre as espécies vegetais nobres e opulentas, tendo sua exploração um papel fundamental na organização sócio-econômica de grandes áreas extrativistas da floresta Amazônica. A amêndoa se constitui em alimento grandemente apreciado não só pelo seu sabor, como também pelas suas qualidades nutritivas, devido à qualidade e quantidade de aminoácidos que apresenta. Diversos estudos mostram que a castanha do Brasil apresenta de 60 a 70% de lipídios e de 15 a 20% de proteína de boa qualidade biológica, além de vitaminas e minerais (CARDARELLI e OLIVEIRA, 2000). Quanto aos minerais, pode ser citada a presença de Ba, Br, Ca, Co, Cs, Mg, Ni, Rb, Sr e Se, sendo este último elemento o de maior destaque entre os outros. Em relação ao teor vitamínico, destacam-se as vitaminas do grupo B, principalmente, B1 e B3, pró-vitamina A e vitamina E (ROGEZ, 1995).

Devido ao desconhecimento da população nacional de seu potencial, tanto nutricional quanto industrial, e ao elevado valor comercial das amêndoas, mais da metade da produção de castanha brasileira destina-se, essencialmente, ao consumo no mercado internacional, onde tem boa aceitação pelo conhecimento que a população possui de seu valor nutritivo e sua utilidade (GLÓRIA e REGITANO-D'ARCE, 2000). A dificuldade maior no beneficiamento da castanha ocorre durante a secagem do produto, pois esta etapa não oferece garantias quanto às condições de armazenamento e transporte destes e, se não forem adequadas, há o risco de se reumedecerem e também de desenvolverem um processo de rancidez. Portanto, as condições de secagem e estocagem devem ser as mais ideais possíveis (SILVA, 2002).

A atividade de água é uma medida muito importante na determinação da estabilidade de certos alimentos processados, pois reflete o grau em que a água está ligada aos componentes do material, não se encontrando disponível para as reações bioquímicas (ex. oxidação lipídica, reações enzimáticas, reações de Maillard etc) e para o crescimento de microorganismos (MOTARJEMI, 1988).

Os diversos microorganismos toleram diferentes atividades de água mínimas. Quando se alcança o limite individual do valor de  $a_w$ , os respectivos microorganismos não podem se desenvolver nesse ambiente. Dentro dos fatores de estabilidade dos produtos, a atividade de água é um dos parâmetros que podem ser medidos facilmente e com precisão (RÔDEL *et alii*, 1990). Segundo LABUZA (1980), o crescimento de bactérias que influem na deterioração cessa em  $a_w$  inferiores a 0,90. A maioria das leveduras não cresce a  $a_w$  abaixo de 0,85 e os fungos em  $a_w$  abaixo de 0,70. Com poucas exceções, é possível afirmar que um alimento será estável, em

relação à deterioração por microorganismos, quando  $a_w$  é inferior a 0,60 e estes são classificados como desidratados. O produto, entretanto, não fica imune a reações químicas e enzimáticas, que prosseguem até  $a_w$  próximo de zero.

## 2 Material e métodos

A matéria-prima utilizada foi a amêndoa da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.) com intervalo de umidade entre 10 e 6 % (b.u.), procedente do Estado do Pará, fornecida pela Exportadora MUTRAN Ltda., sediada em Belém-PA. A fim de se evitar a perda de umidade da amêndoa durante o transporte, esta foi embalada em sacos plásticos laminados com capacidade para 20 kg, os quais foram selados em máquina com aplicação de vácuo e nitrogênio para substituir o ar. Com o fim deste processo, as amêndoas foram despachadas via aérea, chegando num prazo máximo de 24 h. Após a chegada deste material, as amostras foram submetidas aos processos de secagens, sendo um via aplicação de energia de microondas e o outro pelo processo de secagem convencional. A amêndoa foi seca até atingir umidade em torno de 3%. Ao término de cada processo de secagem, porções de 180 g de amêndoas com 3% (b.u.) foram colocadas em sacos transparentes de polietileno de baixa densidade (PEBD), sendo em seguida embaladas em uma máquina seladora a vácuo [Selovac]. A seguir foram armazenadas em condições ambientes por seis meses, procedendo-se às análises destas amostras secas a intervalos regulares durante este período.

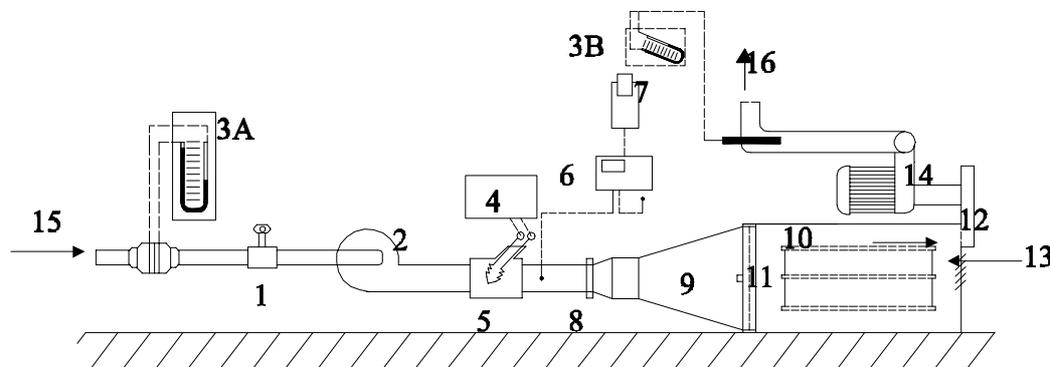


Figura 1. Adaptação de forno de microondas doméstico: (1) válvula; (2) ventilador n° 1; (3) manômetros: A - entrada, B - saída; (4) controlador da temperatura; (5) aquecedor elétrico; (6) indicador de temperatura - 2 canais; (7) registrador de temperatura - 2 canais; (8) conector rápido; (9) difusor de ar; (10) cavidade de microondas; (11) cestos de produto; (12) janela de exaustão; (13) ar de resfriamento do gerador de microondas; (14) ventilador n° 2; (15) entrada de ar e (16) saída de ar.

Com o objetivo de economizar matéria-prima e tempo, e também de obter maiores informações dos parâmetros iniciais para o processo de secagem por microondas, foi feita uma adaptação em um forno doméstico Brastemp, “Double Emission System”, cavidade com volume de 38 litros, modelo BMV38-A, com 900W de potência nominal máxima e ajuste de tempo, para uma operação que permitisse controlar as condições do ar interior e remover a umidade gerada pela secagem. A adaptação do forno está esquematizada na Figura 1.

Para a realização da secagem convencional, foi feita outra adaptação em forno doméstico do tipo elétrico (Layr modelo Onyx Economic 1.75), do qual foi eliminada toda a parte elétrica, aproveitando-se somente sua caixa metálica e acessórios internos. O mesmo sistema de provisão de ar quente utilizado no forno de microondas foi acoplado a este forno para fornecer o ar quente, em fluxo paralelo ao produto. Este equipamento, dotado de duas bandejas de 35 cm × 40 cm cada uma, foi utilizado para a secagem das amêndoas por ar quente com o objetivo de serem confirmados os parâmetros do processo convencional, tal como é praticado pela indústria regional da castanha.

Para a determinação da umidade nas amostras de amêndoa, foi utilizado o método oficial 925.40 - Umidade em Nozes e Produtos de Nozes (AOAC, 1997) . As determinações experimentais da atividade de água ( $a_w$ ) das amostras secas foram realizadas por medida direta pelo instrumento AQUALAB, modelo CX-2, fabricado pela Decagon Devices Inc., EUA. Inicialmente, o equipamento foi calibrado com soluções de sais saturados (NOREÑA, 1996).

Com o intuito de se estudar a influência de algumas variáveis utilizadas nos processos de secagens convencional e por microondas, sobre a resposta (atividade de água) foi usada a técnica de planejamento experimental do tipo Fatorial Completo  $2^2$  com Três Pontos Centrais (BARROS NETO *et al.*, 1996). As análises dos planejamentos experimentais foram realizadas através dos tratamentos estatísticos dos dados obtidos pelo programa *Statistica*, versão 5,0 (Microsoft, 1995).

### 3 Resultados e discussões

As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados obtidos nos ensaios de secagem dos processos utilizados. No processo de secagem a ar quente convencional, a massa inicial da amêndoa foi fixada em 1,2 kg durante todos os ciclos de secagem realizados. Na secagem por microondas e ar quente, a massa inicial da amêndoa foi fixada em 1,7 kg durante os ensaios, mantendo-se neste caso constantes a vazão e velocidade do ar em 2,3 m<sup>3</sup>/min e 0,8 m/s, respectivamente. Os valores de temperaturas do produto expressos nas Tabelas 1 e 2 referem-se ao intervalo de operação em cada ciclo. As densidades de potência (DP, em W/g) na Tabela 2 foram calculadas dividindo-se a potência aplicada em cada ciclo de secagem pela média da massa de amostra durante o ciclo. Observe-se que os valores de  $U_i$  e  $U_f$  são referentes às umidades iniciais e finais das amostras, em base úmida, sendo os valores iniciais dos dois processos diferentes, respectivamente, próximos de 6,5 e 10%, por se tratarem de matérias-

primas recebidas em épocas diferentes. Os processos de secagem foram conduzidos de modo que os valores de  $U_f$  se aproximassem de 3,0 %, em ambos os processos.

Ensaio	$T_{ar}$ (°C)	$V_{ar}$ (m/s)	t (min)	T produto(°C)	$U_i$ (%)	$U_f$ (%)
EC1	55±0,5	1,5	960	52-55	6,58	3,01
EC2	55±0,5	2,5	840	52-55	6,50	3,03
EC3	65±0,5	1,5	600	62-65	6,58	2,99
EC4	65±0,5	2,5	600	62-65	6,50	2,98
EC5	60±0,5	2,0	720	57-60	6,60	3,01
EC6	60±0,5	2,0	720	57-60	6,58	3,00
EC7	60±0,5	2,0	720	57-60	6,56	2,98

Tabela 1- Resultados dos ensaios de secagem a ar quente convencional de amêndoas de castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*). T = Temperatura; V = velocidade;  $U_i$  = umidade inicial e  $U_f$  = umidade final.

Ensaio	Potência (W)	DP (W/g)	$T_{ar}$ (°C)	t (min)	t prod. (°C)	$U_i$ (%)	$U_f$ (%)
EM1	44	0,0268	50±0,5	720	56-76	9,90	3,01
EM2	104	0,0634	50±0,5	480	58-83	9,95	3,04
EM3	44	0,0268	60±0,5	540	57-80	9,86	3,01
EM4	104	0,0634	60±0,5	420	63-87	9,98	3,03
EM5	70	0,0427	55±0,5	540	58-84	9,80	3,00
EM6	70	0,0427	55±0,5	540	57-87	9,83	2,99
EM7	70	0,0427	55±0,5	540	58-87	9,90	3,04

Tabela 2. Resultados dos ensaios de secagem por microondas e ar quente de amêndoas de castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*). DP = densidade de potência; T = temperatura;  $U_i$  = umidade inicial e  $U_f$  = umidade final.

Analisando estatisticamente os resultados de atividade de água (Tabelas 3 e 4), observou-se que, para todos os ensaios, as análises de atividade de água não apresentaram correlação linear significativa com o tempo de armazenamento ao nível de significância de  $p \leq 0,05$  e, conseqüentemente, não apresentaram alteração da atividade de água com o tempo. O teste de Tukey mostrou que em todos os ensaios ocorreu uma pequena oscilação dos valores de atividade de água durante o armazenamento, podendo estes serem considerados como praticamente constantes. Nota-se que todos os valores de atividade de água obtidos nas Tabelas 3 e 4 estão dentro dos limites considerados seguros em relação ao crescimento de microorganismos. Segundo LABUZA (1980), a atividade de água é um parâmetro importante na degradação de alimentos e, em atividades de água inferiores a 0,60, os alimentos podem ser considerados altamente estáveis do ponto de vista microbiológico.

A amêndoa *in natura* utilizada no processo de secagem a ar quente convencional estava inicialmente com atividade de água igual a 0,79, enquanto que a utilizada na

secagem por microondas e ar quente possuía uma atividade de água inicial igual a 0,91.

ATIVIDADE DE ÁGUA ( $a_w$ )							
Tempo (dias)	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7
0	0,526 <sup>b</sup>	0,513 <sup>b</sup>	0,496 <sup>b</sup>	0,505 <sup>b</sup>	0,533 <sup>b</sup>	0,529 <sup>b</sup>	0,518 <sup>b</sup>
60	0,533 <sup>ab</sup>	0,528 <sup>ab</sup>	0,508 <sup>ab</sup>	0,517 <sup>ab</sup>	0,538 <sup>ab</sup>	0,536 <sup>ab</sup>	0,522 <sup>ab</sup>
120	0,550 <sup>ab</sup>	0,544 <sup>ab</sup>	0,530 <sup>a</sup>	0,535 <sup>ab</sup>	0,549 <sup>ab</sup>	0,546 <sup>ab</sup>	0,533 <sup>a</sup>
180	0,580 <sup>a</sup>	0,585 <sup>a</sup>	0,539 <sup>a</sup>	0,568 <sup>a</sup>	0,588 <sup>a</sup>	0,577 <sup>a</sup>	0,555 <sup>a</sup>

Tabela 3. Atividade de água de amêndoas de castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) secas pelo processo a ar quente convencional, estocadas durante 180 dias. Em cada coluna, amostras com a mesmas letras não são significativamente diferentes (5%/ Tukey).

ATIVIDADE DE ÁGUA ( $a_w$ )							
Tempo (dias)	EM1	EM2	EM3	EM4	EM5	EM6	EM7
0	0,529 <sup>b</sup>	0,533 <sup>b</sup>	0,508 <sup>b</sup>	0,515 <sup>b</sup>	0,532 <sup>b</sup>	0,521 <sup>ab</sup>	0,518 <sup>b</sup>
60	0,536 <sup>ab</sup>	0,540 <sup>ab</sup>	0,518 <sup>ab</sup>	0,523 <sup>ab</sup>	0,537 <sup>a</sup>	0,539 <sup>a</sup>	0,527 <sup>ab</sup>
120	0,545 <sup>ab</sup>	0,574 <sup>a</sup>	0,559 <sup>a</sup>	0,527 <sup>ab</sup>	0,547 <sup>a</sup>	0,545 <sup>a</sup>	0,534 <sup>ab</sup>
180	0,581 <sup>a</sup>	0,590 <sup>a</sup>	0,577 <sup>a</sup>	0,569 <sup>a</sup>	0,588 <sup>a</sup>	0,563 <sup>a</sup>	0,572 <sup>a</sup>

Tabela 4. Atividade de água de amêndoas de castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) secas por microondas e ar quente, estocadas durante 180 dias. Em cada coluna amostras com a mesma letra não são significativamente diferentes (5%/Tukey).

As Tabelas 5 e 7 apresentam os modelos utilizados nos planejamentos experimentais feitos durante os processos de secagem, bem como as condições dos tratamentos e a respectiva resposta quanto aos níveis de atividade de água ( $a_w$ ). Já as Tabelas 6 e 8 trazem os valores dos níveis das variáveis utilizadas no planejamento experimental. Os valores de atividade de água analisados nestes planejamentos foram os obtidos quando se completaram 180 dias de armazenamento.

Ensaio	VARIÁVEIS		RESPOSTAS	
	$v_{ar}$ (m/s)	$T_{ar}$ (°C)	tempo (min)	Atividade de água ( $a_w$ )
EC1	-1	-1	960	0,580
EC2	+1	-1	840	0,585
EC3	-1	+1	600	0,539
EC4	+1	+1	600	0,568
EC5	0	0	720	0,588
EC6	0	0	720	0,577
EC7	0	0	720	0,555

Tabela 5. Planejamento fatorial  $2^2$  com triplicata no ponto central para amêndoas secas pelo processo a ar quente convencional e estocadas durante 180 dias.

Nível	-1	0	+1
Velocidade do ar (m/s)	1,5	2,0	2,5
Temperatura do ar ( $^{\circ}$ C)	55	60	65

Tabela 6. Níveis das variáveis utilizadas no planejamento experimental durante a secagem a ar quente convencional, realizada no forno de secagem adaptado.

Ensaio	VARIÁVEIS		RESPOSTA	
	Potência (W)	$T_{ar}$ entrada ( $^{\circ}$ C)	tempo (min)	Atividade de água ( $a_w$ )
EM1	-1	-1	720	0,581
EM2	+1	-1	480	0,590
EM3	-1	+1	540	0,577
EM4	+1	+1	420	0,569
EM5	0,133	0	540	0,588
EM6	0,133	0	540	0,563
EM7	0,133	0	540	0,572

Tabela 7. Planejamento fatorial  $2^2$  com triplicata no ponto central para amêndoas secas por microondas e ar quente e estocadas durante 180 dias.

Nível	-1	0,133	+1
Potência (W)	44	70	104
Temperatura do ar ( $^{\circ}$ C)	50	55	60

Tabela 8. Níveis das variáveis utilizadas no planejamento experimental durante a secagem por microondas e ar quente, no forno de microondas adaptado.

As Tabelas 9 e 10 mostram os efeitos das variáveis utilizadas em cada planejamento, bem como a interação entre elas, sobre o tempo de secagem da amêndoa de castanha do Brasil seca por ar quente convencional e por microondas e ar quente, respectivamente, e armazenadas durante seis meses.

	Coef. regressão	Desvio padrão	t (2)	p	Lim. conf. -95 %	Lim. conf. +95%
Média	737,14	0,00	-	-	-	-
(1) $v_{ar}$ (L)	-60	0,00	-	-	-	-
(2) $T_{ar}$ (L)	-300	0,00	-	-	-	-
1L $\times$ 2L	60	0,00	-	-	-	-

Tabela 9. Análises dos efeitos sobre o tempo de secagem para as amêndoas de castanha do Brasil secas pelo processo de secagem convencional e estocadas durante 180 dias. Coeficiente de correlação  $R = 0,9921$ .

	Coef. regressão	Desvio padrão	t (2)	p	Lim. conf. -95 %	Lim. conf. +95%
Média	545,09	0,00	-	-	-	-
(1) Potência (L)	-178,65	0,00	-	-	-	-
(2) $T_{ar}$ (L)	-120	0,00	-	-	-	-
1L $\times$ 2L	60	0,00	-	-	-	-

Tabela 10. Análises dos efeitos sobre o tempo de secagem para as amêndoas de castanha do Brasil secas por microondas e ar quente e estocadas durante 180 dias. Coeficiente de Correlação R= 0,9975.

Pela Tabela 9, observa-se que as duas variáveis, velocidade do ar e temperatura do ar, não foram estatisticamente significantes, porém, as duas variáveis estudadas neste processo apresentaram um efeito positivo, sendo que a temperatura do ar mostrou-se um pouco mais importante, pois, de acordo com a Tabela 5, o tempo de secagem foi bem menor quando se utilizou uma temperatura igual a 65°C, independente do valor da velocidade do ar, ou seja, o tempo de secagem foi o mesmo para as velocidades 1,5 e 2,5 m/s. Já pela Tabela 10, constatou-se que as duas variáveis, potência e temperatura do ar, também não foram estatisticamente significantes, mas estas variáveis apresentaram um grande efeito, pois, pela Tabela 7, nota-se que, quando se utilizou a potência igual a 104W e a temperatura igual a 60°C, obteve-se um tempo de secagem bem menor.

O valor do desvio padrão em ambas análises (Tabelas 9 e 10) foi zero, já que não houve respostas diferentes nas replicatas do ponto central. Portanto, não há como calcular os valores de  $t$ ,  $p$  e dos limites de confiança.

As Tabelas 11 e 12 apresentam os efeitos das variáveis utilizadas em cada um dos planejamentos, bem como os efeitos das interações entre elas, sobre os níveis de atividade de água das amêndoas secas por processo a ar quente convencional e por microondas e ar quente, armazenadas durante seis meses.

	Coef. regressão	Desvio padrão	t (2)	p	Lim. conf. -95 %	Lim. conf. +95%
Média*	0,570	0,0064	89,80	0,000124	0,54	0,60
(1) $v_{ar}$ (L)	0,017	0,0168	1,01	0,418158	-0,06	0,09
(2) $t_{ar}$ (L)	-0,029	0,0168	-1,73	0,226506	-0,10	0,04
1L $\times$ 2L	0,012	0,0168	0,71	0,549225	-0,06	0,08

\*  $p < 0,05$  (estatisticamente significativo a 95% de confiança)

Tabela 11. Análises dos efeitos sobre a atividade de água para as amêndoas de castanha do Brasil secas por ar quente convencional e estocadas durante 180 dias. Coeficiente de correlação R=0,8215.

	Coef. regressão	Desvio padrão	t (2)	p	Lim. conf -95 %	Lim. conf. +95%
Média*	0,58	0,00	120,25	0,000069	0,56	0,60
(1) Potência (L)	0,00	0,01	0,00	0,996634	-0,05	0,05
(2) $T_{ar}$ (L)	-0,012	0,01	-0,99	0,427614	-0,07	0,04
1L $\times$ 2L	-0,008	0,01	-0,67	0,571186	-0,06	0,05

\*  $p < 0,05$  (estatisticamente significativo a 95% de confiança)

Tabela 12. Análises dos efeitos sobre a atividade de água para as amêndoas de castanha do Brasil secas por microondas e ar quente e estocadas durante 180 dias. Coeficiente de correlação  $R = 0,6218$ .

Na Tabela 11, observa-se que as duas variáveis, velocidade do ar e temperatura do ar, não foram estatisticamente significantes, porém, ambas variáveis trabalhadas apresentaram um efeito positivo, pois, de acordo com a Tabela 5, os valores de atividade de água se mantiveram abaixo de 0,6, o qual pode ser considerado altamente estável do ponto de vista microbiológico. Já na Tabela 12, observa-se que as duas variáveis, potência e temperatura do ar, também não foram estatisticamente significantes, mas apresentaram um ótimo efeito, ou seja, pela Tabela 7, viu-se que os níveis de atividade de água se mantiveram dentro dos mesmos padrões das amêndoas secas convencionalmente.

O valor do desvio padrão apresentado nas duas análises das Tabelas 11 e 12 foram baixos, o que indica que as replicatas no ponto central foram satisfatórias. Os baixos valores do coeficiente de correlação revelaram um comportamento particular do produto, diferente do modelo linear utilizado no tratamento estatístico. Segundo BARROS NETO *et al.*, (1996), se o modelo linear não se adequar para o tratamento, o próximo passo na análise do planejamento experimental é tentar o modelo quadrático, o qual requer pontos axiais, ou seja, pontos abaixo do nível -1 e acima do nível +1, cujos valores seriam de -1,41 e +1,41 no planejamento fatorial  $2^2$ , o que não foi possível devido às condições dos equipamentos utilizados. Observa-se que o planejamento aqui desenvolvido teve como objetivo apenas conhecer e estudar a influência de algumas variáveis utilizadas no processo, sobre a resposta (atividade de água), e não o de se obter um modelo matemático. Os baixos valores do coeficiente de correlação obtidos nessas análises também revelaram um comportamento particular do produto, diferente do modelo linear utilizado no tratamento estatístico.

## 4 Conclusão

Os tempos de secagem obtidos nos processos de secagem a ar quente convencional e por microondas e ar quente foram diferentes, com substancial redução em favor do processo com aplicação de microondas, ou seja, um produto com umidade entre 10 e 3% (b.u.) teve o seu tempo de secagem de 720 minutos, pelo processo a ar quente convencional, reduzido para 380 minutos, com a aplicação de microondas.

Foi possível verificar que as amêndoas de castanha do Brasil permaneceram com os índices de atividade de água abaixo do nível crítico durante todo o tempo de armazenamento, ou seja, níveis inferiores a 0,60, portanto, secando a amêndoa até 3% (b.u.) e mantendo-a embalada a vácuo em sacos transparente de polietileno (PEBD) afirma-se que estas se mantêm estáveis durante 180 dias, independente do processo de secagem utilizado.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO - FAPESP (Processo Nº 00/02610-0) pela Bolsa de Mestrado associada a este trabalho.

## Referências

- AOAC - Nuts and Nut Products. In: *Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemist's*. 16 ed. Gaithersburg: AOAC, 1997, 2 v., cap. 40, p. 40.
- BARROS NETO, B; SCARMINO, I. S.; BRUNS, R. E. *Planejamento e otimização de experimentos*. Campinas: Ed. UNICAMP, 1996.
- CARDARELLI, H. R.; OLIVEIRA, A. J. Conservação do leite de castanha-do-Pará. *Sci. agric.*, v. 57, n. 4, p. 617-622, Dez. 2000.
- GLÓRIA, M. M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Concentrado e isolado protéico de torta de castanha do Pará: obtenção e caracterização química e funcional. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v. 20, n. 2, p. 240-245, Ago 2000.
- LABUZA, T. P. The effect of Water activity on kinetics of Food Deterioration. *Food Technology*, v. 39, n. 4, p. 36-41, 1980.
- MOTARJEMI, Y. *A study of some physical properties of water in foodstuffs*. PhD. Thesis, Department of Food Engineering, Lund University, Lund, Sweden, 1988.
- NOREÑA, C. Z.; HUBINGER, M. D.; MENEGALLI, F. C. Técnicas básicas de Determinação de Atividade de Água: uma Revisão, *Bol. SBCTA*, v. 30, n. 1, p. 91-96, 1996.
- RÔDEL, W.; SCHEJER, R.; WAGNER, H. Nuevo Método para la Determinación de la Actividad Agua en Productos Cárnios, *Fleischwirtschaft*, v. 2, p. 36-41, 1990.
- ROGEZ, H. Primeiro Seminário do Projeto "Estudo pluridisciplinar sobre a valorização de frutas Amazônicas e de seus derivados", VII Castanha do Pará, Belém, Brasil, Janeiro, 1995.
- SILVA, F. A. *Aplicação de microondas no processo de beneficiamento de castanha do Brasil (Bertholletia excelsa)*. Tese de Mestrado apresentada ao Departamento de Engenharia de Alimentos da FEA/UNICAMP. Campinas 2002.