

## DESEMPENHO DE UMA SECADORA ADAPTADA PARA SECAGEM DE MACROALGAS

ALBERTO K. NAGAOKA<sup>1</sup>, ROBERT H. G. SANTOS<sup>2</sup>, LEILA HAYASHI<sup>3</sup>, GILBERTO J. P. O. ANDRADE<sup>4</sup>,  
ANDRÉ L. T. NOVAES<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agrícola, Prof. Adjunto, Depto. de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, UFSC, Florianópolis – SC, Fone: (48)37215440, alberto.nagaoka@ufsc.br

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia de Aquicultura, Depto. de Aquicultura, CCA/UFSC, Florianópolis - SC.

<sup>3</sup>Bióloga, Prof<sup>ª</sup>. Doutora, Depto. de Aquicultura, CCA/UFSC, Florianópolis - SC

<sup>4</sup>Engenheiro de Produção e Sistemas, Prof. Doutor, Depto. de Aquicultura, CCA/UFSC, Florianópolis - SC

<sup>5</sup>Engo. Agrônomo, Doutorando em Engenharia de Aquicultura, Depto. de Aquicultura, CCA/UFSC, Florianópolis - SC

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

**RESUMO:** Uma das dificuldades no processo de pós-colheita da macroalga é a sua secagem (natural ou artificial), pois deve ser homogênea. Para o processamento industrial da macroalga é necessário teor de umidade em torno de 30%, acima desta umidade podem deteriorar-se. Para prever a taxa de secagem existem várias teorias e fórmulas empíricas como: Teoria difusional; Teoria capilar; Teoria de Luikov; Teoria de Philip & de Vries; Teoria de Krisher – Berger & Pei; Teoria da condensação – evaporação. As duas primeiras teorias são básicas e fundamentam as outras teorias. Este trabalho teve como principal objetivo adaptar uma secadora artificial para macroalga e avaliar seu desempenho. A adaptação e os testes da secadora foram realizados no Laboratório de Instrumentação Agrícola, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, e as macroalgas utilizadas foram da espécie *Codium sp.*. Os dados do experimento foram analisados considerando-se o delineamento experimental em blocos, no esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tempos (0; 1; 2; 3 e 4 h) e nas subparcelas as posições verticais (15; 30 e 45 cm), com 4 repetições. Os resultados demonstraram possibilidades de redução de umidade até 30% em 2,5 h, com potência nominal de 1400 W.

**PALAVRAS-CHAVE:** algas marinhas, secador, teor de água

**TITLE:** Performance of dryer adapted to dry macroalgae

**ABSTRACT:** One of the difficulties in the process of post-harvest seaweed is the drying (natural or artificial), it must be homogeneous. For industrial processing of macroalgae is required moisture content around 30%, above this moisture may deteriorate. To predict the drying rate there are several theories and empirical formulas such as: Diffusion theory; Capillary theory; Theory of Luikov; Theory Philip & de Vries; Theory Krisher - Berger & Pei; Theory of condensation - evaporation. The first two theories are basic and underlie the other theories. This study aimed to adapt an artificial dryer for macroalgae and evaluate their performance. The adaptation and testing of the dryer were performed at the Laboratory of Agricultural Instrumentation, belonging to the Center of Agrarian Sciences, Federal University of Santa Catarina, and species of macroalgae were used *Codium sp.* The experimental data were analyzed considering the experimental block design in split plots, where the parcels times (0, 1, 2, 3 and 4 h) and the plots the vertical positions (15, 30 and 45 cm) with 4 replications. The results showed potential for reducing moisture up to 30% in 2.5 h with rated power of 1,400 W.

**KEYWORDS:** Dryer machine, seaweed, water content.

**INTRODUÇÃO:** Um dos maiores entraves da indústria de algas marinhas encontra-se no processo de secagem, que pode ser natural ou artificial. A natural é simplesmente a retirada da água pelo processo

físico de evaporação da macroalga exposta ao sol e vento ou na sombra. Este método não envolve altos custos, mas pode demorar até 5 dias (BIAGI et al., 1992; CAVALCANTE, 2003; FARIA et al., 2013). Na secagem artificial, a macroalga úmida é submetida a uma fonte de energia térmica, que aquece e promove uma corrente de ar quente, como agente de secagem, retirando os vapores de água, tornando-se dispendiosa devido às energias térmica e mecânica, necessárias para aquecer e movimentar o ar (BIAGI et al., 1992; CAVALCANTE, 2003). O processo de secagem de um corpo sólido começa com o transporte de água do interior para a superfície onde ocorre a evaporação e consequentemente a remoção parcial do líquido da matéria sólida. Os mecanismos desse transporte mais importantes são: difusão líquida, difusão de vapor e fluxo de líquido e de vapor (PARK et al. 2001 e CARMO, 2004). Os modelos de secagem baseados na teoria de difusão de líquido têm sido preferidos por muitos pesquisadores na área de secagem de alimentos e grãos, embora tenha algumas suposições a serem consideradas (AFONSO JÚNIOR e CORRÊA, 1999). Para macroalgas, segundo GABRIEL et al. (2010) a temperatura de 60°C apresenta bons resultados e os parâmetros da carragenana obtidos permanecem dentro da faixa aceita pelas indústrias. O teor de umidade deve ser homogêneo e em torno de 30%, pois caso algum fragmento apodreça pode comprometer toda a colheita (ACCIOLY, 2003). Este trabalho teve como principal objetivo adaptar uma secadora de roupas doméstica para secagem de macroalgas, avaliar seu desempenho operacional e o consumo de energia, e futuramente apoiar no dimensionamento de uma secadora específica para macroalgas.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O presente trabalho foi implantado e conduzido no Laboratório de Instrumentação, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), município de Florianópolis, SC. Para a secagem das macroalgas foi utilizada secadora de roupas da marca Enxuta, modelo Master, capacidade de secagem de 4 kg de roupas centrifugadas, potência nominal 1290W/1400W, tensão de 220V, corrente nominal de 11/6,5 A, dimensões do saco de secagem (49cmx53cmx60cm), com adaptações internas para colocação das amostras. Foi utilizado também macroalgas da espécie *Codium sp.*, concedidas pelo Laboratório de Cultivo de Algas, localizado na Barra da Lagoa, também pertencente ao Centro de Ciência Agrárias (CCA). Para obter a umidade inicial da alga, foram secadas 5 amostras de 50g em estufa durante 24 h a temperatura de 105°C. Após a secagem em estufa obteve-se o peso da matéria seca e a porcentagem de água inicial nas amostras. Para pesagem da macroalga úmida, durante e após a secagem, utilizou-se balança da marca Shimadzu, modelo BL3200S, capacidade 3.200 g, precisão 0,01g. A temperatura de secagem e do ambiente foram mensuradas por termômetro digital da marca Inconterm, modelo 7666.02.0.00, com precisão  $\pm 1$  C°. As macroalgas foram apoiadas em telas plásticas de 0,27mm de espessura, sobre três prateleiras metálicas, espaçadas em 15cm verticalmente. A secadora foi calibrada e após averiguação da estabilização da temperatura do fluxo vertical, as amostras de macroalgas foram colocadas na secadora e monitorada durante quatro horas. Todas as amostras foram pesadas e as temperaturas do fluxo medidas a cada hora de exposição no interior do saco de secagem. Utilizou-se quatro repetições em cada prateleira, estabelecendo três posições verticais dentro do saco de secagem. Foi estabelecido peso de 50g para cada unidade de macroalgas, cortados em pedaços de 3 e 5 cm de comprimento, utilizando tesoura de aço para corte de papel. Para secagem de macroalgas inteiras, utilizou-se hastes metálicas presas aos varais da secadora, seguindo o mesmo procedimento de pesagem e medição de temperaturas, realizado nas macroalgas com talos cortados, para avaliar sua secagem. Os dados do experimento foram analisados considerando-se o delineamento experimental em blocos, no esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tempos (T0 = 0 h; T1 = 1h; T2 = 2h; T3 = 3h e T4 = 4h), na subparcelas as posições (P1 = 15 cm; P2 = 30 cm e P3 = 45 cm), com 4 repetições. Os resultados do experimento foram interpretados estatisticamente, por meio da análise de variância, adotando-se o nível de significância de 5% e pelo teste de comparação de médias de Tukey.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Tabela 1 encontra-se os resultados da análise de variância e do teste de médias para as variáveis tempo e posição de secagem das algas recortadas. Verifica-se que houve perda de umidade de 45,89% em 1 hora de secagem. Entre 1 e 2 horas, houve uma redução de 5,75% de umidade, embora não se tenha observado diferença estatística. Entre 2 e 3 horas de secagem a redução de umidade foi de 34,8%. Entre 3 e 4 horas de secagem ocorreu redução de 5,36% de umidade, sem diferença estatística. No total ocorreram 91,4% de perda total de umidade. Não houve

diferença do teor de umidade entre as amostras das prateleiras em diferentes posições verticais, mostrando que a secagem foi homogênea dentro do secador.

TABELA 1. Síntese dos valores de análise de variância e do teste de médias para as variáveis de tempo e posição (prateleira), para algas recortadas.

Tempo (h)	Umidade (%)
0	93,5 A
1	47,61 B
2	41,86 B
3	7,06C
4	1,70C
C.V. (%)	14,17
Posição	Umidade (%)
1	37,26 A
2	38,51 A
3	39,27 A
C.V. (%)	12,94
Tempo	Umidade (%)
	554,89 **
Posição	Umidade (%)
	0,84 NS
Tempo x Posição	Umidade (%)
	0,19 NS

NS: não significativo ( $P > 0,05$ ); \*: significativo ( $P < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $P < 0,01$ ); C.V.: coeficiente de variação.

Na Figura 1 observa-se que o comportamento da temperatura interna da secadora teve maior amplitude na primeira hora, momento que foi perdido maior teor de umidade das macroalgas. Após a primeira hora houve uma estabilização da temperatura, seguido por um ligeiro aumento até a quarta hora, intervalo em que quase toda umidade já havia sido retirada. O teor de umidade da macroalga baixou para 30% em um tempo bem reduzido (2,5 h), comparado à secagem natural que necessita de 1,5 a 5 dias, enquanto que FARIA et al. (2013) obteve o mesmo resultado em 2,8 h com temperatura de 60 °C. Considerando que a potência do secador é de 1.400W, para secagem de 2,5 h serão gastos 3,5 kWh. Para obter o custo de energia elétrica é necessário considerar ainda a massa de macroalgas a ser colocada no secador, o que é o objetivo da próxima etapa deste projeto que encontra-se em andamento.

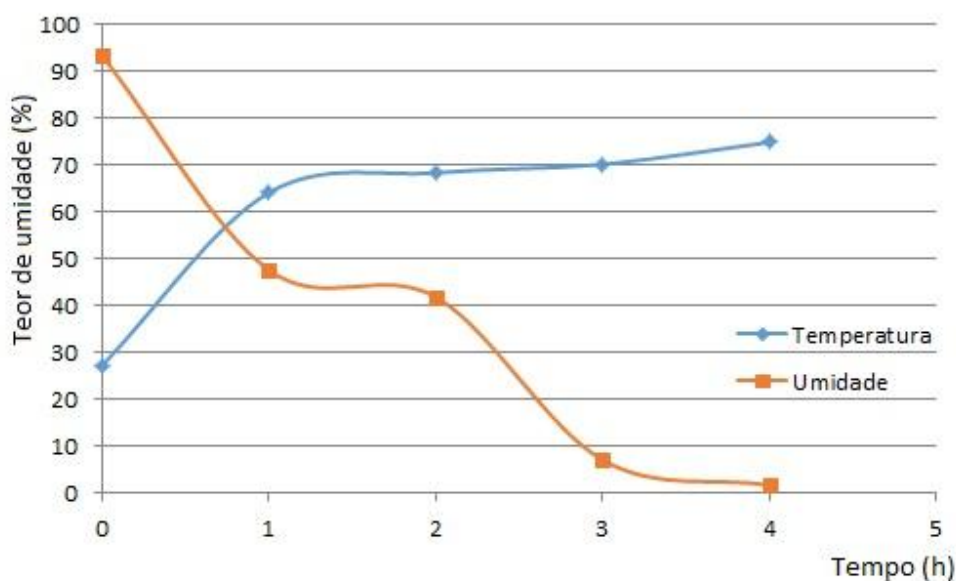


Figura 1: Curvas do teor de umidade das macroalgas e temperatura interna do secador em função do tempo de secagem.

Comparando a secagem das macroalgas inteiras e cortadas, percebe-se na Tabela 2 que as macroalgas recortadas tiveram perda de umidade maior devido à maior superfície de contato com o ar quente de secagem. As macroalgas inteiras estavam penduradas em hastes metálicas, os talos internos da penca estariam menos expostos a corrente de ar aquecido, resultando em menor perda de umidade. Quando o processo de secagem for artificial em que o tempo de secagem é reduzido, recomenda-se cortar ou picar as macroalgas (que é o caso deste trabalho), pois o risco de deterioração é mínimo.

TABELA 2. Síntese dos valores de análise de variância e do teste de médias para as variáveis de posição e tempo para algas recortadas e inteiras.

FATOR Tempo (h)	Umidade (%)	
	Recortado	Inteira
0	93,5	91,96
4	1,70	8,04

**CONCLUSÕES:** Os resultados demonstraram possibilidades de redução de umidade até 30% em apenas 2,5 h, enquanto que a secagem natural levaria de 1,5 a 5 dias. Recomenda-se picar ou recortar as macroalgas para reduzir o tempo de secagem. A utilização da secadora de roupas para secagem de macroalgas mostrou-se promissor e para obter a energia necessária para secagem de macroalgas é necessário considerar a massa de material a ser colocada no secador. Os dados obtidos até o momento será de grande importância para o desenvolvimento de um secador apropriado para macroalgas.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Laboratório de Cultivo de Algas – LCA que possibilitaram a realização deste trabalho.

#### REFERÊNCIAS:

- ACCIOLY; Miguel da Costa. *Manual produção de algas BLMP*. [S.I], 2003. Disponível em: <[http://www.portaldamaricultura.com.br/downloads/doc\\_details/6-manual-produção-de-algas-blmp](http://www.portaldamaricultura.com.br/downloads/doc_details/6-manual-produção-de-algas-blmp)> Acesso em: 08 jan. 2014.
- AFONSO JÚNIOR, P. C., CORRÊA, P. C. Comparação de modelos matemáticos para descrição da cinética de secagem em camada fina de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.3, p.349-353, 1999.
- BIAGI, J. D.; VALENTINI, S. R. T.; QUEIROZ, D. M. Secagem de produtos agrícolas. In: CORTEZ, L. B.; MAGALHÃES, P. S. G. *Introdução à engenharia agrícola*. Campinas, UNICAMP, Série Manuais, 1992.
- CARMO, J. E. F. *Fenômenos de difusão transiente em sólidos esferoidais oblatos. Estudo de caso: Secagem de lentilhas*. 2004. 163 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2004.
- CAVALCANTE, Josilene de Assis. *Análise experimental da cinética de secagem da alga marinha Sargassum sp.* 2003. 191 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003. Disponível em: <<http://cutter.unicamp.br/document/?code=vtls000290003&fd=y>>. Acesso em: 11 jan. 2014.
- FARIA, G. S. M., HAYASHI, L., MONTEIRO, A. R. Effect of drying temperature on carrageenan yield and quality of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) cultivated in Brazil. **Springer Science+Business Media Dordrecht**. JAppl Phycol 8:431–437. 2013.
- PARK, K. J., YADO, M. K., BROD, F. P. R. Estudo de secagem de pêscoço de batata (*pyrus* sp.) em fatias. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** Campinas, vol.21 n°3. 2001, 13p.