



COMUNICADO  
TÉCNICO

462

Colombo, PR  
Novembro, 2020

**Embrapa**

## Desempenho de um secador solar na secagem de resíduos da agroindústria de palmito pupunha

Matheus Samponi Tucunduva Arantes  
Edson Alves de Lima

## Desempenho de um secador solar na secagem de resíduos da agroindústria de palmito pupunha

**Matheus Samponi Tucunduva Arantes**, Engenheiro Químico, mestrando em Engenharia de Alimentos na UFPR, Curitiba, PR; **Edson Alves de Lima**, Licenciado em Ciências Agrícolas, doutor em Produção Vegetal, Pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR.

A pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth.) é uma espécie nativa da Amazônia (Kaefer et al., 2013), de importância crescente à agricultura brasileira, devido aos produtos alimentícios obtidos a partir dela, como seus frutos e palmito. Seu cultivo para a obtenção do palmito é muito comum nas regiões Sul e Sudeste do Brasil e a sua utilização se faz vantajosa em relação a outras palmeiras, uma vez que apresenta características como precocidade, perfilhamento e alta produtividade (Bovi, 1998; Monteiro et al., 2002).

Os resíduos da agroindústria de palmito pupunha representam 70% do material colhido no campo, apresentando um teor de umidade médio de 85% e se dividem em três tipos: a parte basal, a bainha interna e a bainha externa (Arantes et al., 2019). Apesar de serem descartados no campo como passivos ambientais, são diversas as possíveis aplicações para estes materiais, como a produção de papéis, a formulação de substratos para produção de fungos, a utilização como fonte de energia ou de nanocelulose (Franco et al., 2019).

Para tanto, faz-se necessária a secagem destes materiais, o que facilita seu armazenamento, devido à redução de massa e volume, e diminui o crescimento microbiano, impedindo a proliferação de microrganismos patogênicos.

Um método de secagem amplamente empregado envolve a utilização de energia solar. São dois tipos de tecnologias empregados para este tipo de secagem: a secagem ao ar livre e o secador solar. Este, em comparação àquele, apresenta inúmeras vantagens, como a maior velocidade de secagem, devido à diferença entre a temperatura interna e externa do secador solar; a menor área requerida para sua instalação, além de oferecer proteção contra chuva, poeira, inseto e pássaros (Poblete et al., 2018).

Devido à melhora que promovem na secagem baseada na energia solar e apesar do investimento inicial requerido, secadores solares são viáveis economicamente na maioria dos países em desenvolvimento (Fudholi et al., 2015), são ambientalmente sustentáveis, devido à menor geração de gás carbônico em comparação com outros tipos de

secagem (Pirasteh et al., 2014; El Hage et al., 2018), e são classificados como secadores ativos ou passivos, em função da presença ou ausência de equipamentos auxiliares para a circulação de ar (Janjai; Bala, 2012).

Outra classificação empregada para secadores solares é referente ao método de transferência de calor proveniente da incidência solar: o secador solar pode ser direto, indireto ou misto. Secadores diretos apresentam uma câmara de secagem com paredes transparentes, por onde a luz solar passa e incide sobre o material; secadores indiretos são compostos por duas câmaras, a de secagem, feita com paredes opacas por onde não há passagem de luz solar, e a câmara onde o ar atmosférico é aquecido devido à incidência de luz solar em placas coletoras de energia, chamada de coletor solar; por fim, os secadores mistos, que são a combinação dos dois tipos apresentados anteriormente (El Hage et al., 2018).

Para materiais que não apresentam componentes fotossensíveis, recomenda-se a utilização de secadores mistos, uma vez que estes apresentam a maior taxa de secagem em comparação aos outros dois (El Hage et al., 2018).

A secagem da bainha externa da pupunha em um secador solar passivo misto foi conduzida na cidade de Colombo, Paraná, a fim de avaliar o desempenho do equipamento.

O secador solar foi instalado na Embrapa Florestas, em Colombo, PR, adaptado a partir do modelo proposto por Embrapa Amazônia Oriental (2008).

No interior da câmara de secagem, três bandejas de secagem foram inseridas, com um espaçamento de 60 cm entre elas.

Resíduos de bainha externa da pupunha in natura foram obtidos de uma agroindústria localizada em Antonina, PR, com geração de resíduos de 3 t/dia.

Cinco hastes selecionadas foram pesadas e submetidas à temperatura de 110 °C, em uma estufa (Fanem 315 SE, Brasil), por 24 horas.

Foram alocados no secador solar, no dia 2 de abril de 2019, 351 kg de material, divididos entre os três andares da câmara de secagem e dispostos de modo a permitir a passagem de ar entre as bainhas.

A secagem foi acompanhada a partir de pesagens regulares de bainhas identificadas, que eram retornadas aos seus respectivos lugares logo após a pesagem. O procedimento foi repetido até massa constante, no dia 10 de maio de 2019, totalizando 38 dias.

Foram acompanhados os dados meteorológicos a partir da base Inmet de dados para a estação de Colombo, PR, e as condições do ar (temperatura e umidade relativa) no interior do secador foram registradas a cada hora, a partir de um aquisitor de dados (Minipa ezTemp-10, Brasil) instalado na câmara de secagem.

Realizou-se, então, a secagem completa das bainhas identificadas em estufa à temperatura de 110 °C e posterior pesagem, para se obter a massa de sólidos secos e calcular a umidade ao longo do período estudado.



**Figura 1.** Secador solar avaliado.

A partir da análise preliminar dos resíduos da agroindústria da pupunha, obteve-se uma umidade inicial de 85% para as bainhas externas. Este valor representa um alto teor de água, o que pode promover e facilitar reações de degradação do material e o crescimento de microrganismos.

Passados 38 dias, o valor da massa do resíduo foi constante, indicando que o equilíbrio entre a umidade relativa do ar e a umidade das amostras foi atingido, obtendo-se uma umidade final de 22% para o resíduo.

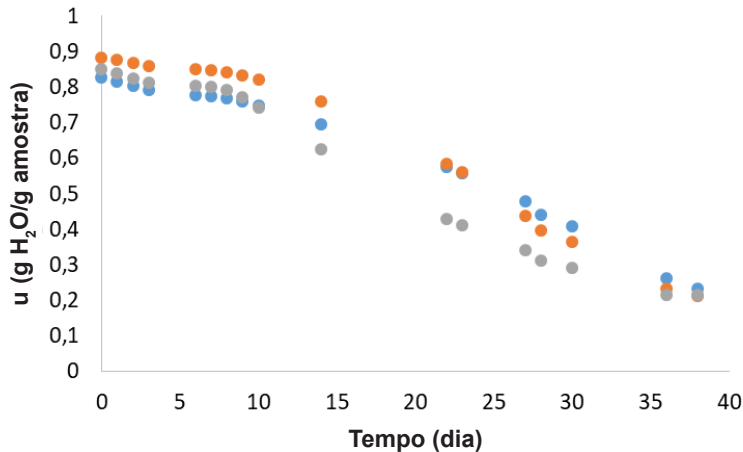
A secagem da bainha externa da pupunha está de acordo com estudos de secagem de materiais lignocelulósicos: Erber et al. (2016) obtiveram umidades pós-secagem de 19,8-22,5% em toras de *Fagus sylvatica* L., na secagem ao ar livre em intervalos de 9-16 meses; Tenorio e Moya (2012) estudaram a

secagem ao ar livre e a secagem solar utilizando serragem de *Gmelina arborea*, cachos vazios de frutas e folhas de abacaxi, obtendo 2,2-13% de umidade final no período de 77-342 horas.

Apesar da semelhança entre os teores finais de umidade, observam-se diferenças entre o tempo de secagem de diferentes materiais, que são decorrentes de fatores tais como o método de secagem empregado, a estrutura, a composição e a granulometria do material estudado e as condições meteorológicas locais.

A Figura 2 apresenta a curva de umidade da bainha externa da pupunha ao longo do tempo de operação, para cada bandeja utilizada na câmara de secagem.

Pode-se observar que a a secagem representada pela curva plotada na cor cinza, referente à bandeja superior,



**Figura 2.** Curva de secagem para cada bandeja, ao longo do tempo (Azul = bandeja inferior; Laranja = bandeja média; Cinza = bandeja superior).

atingiu a umidade de 22% em um menor tempo de operação, uma vez que o material nela disposto estava em contato direto com a luz solar.

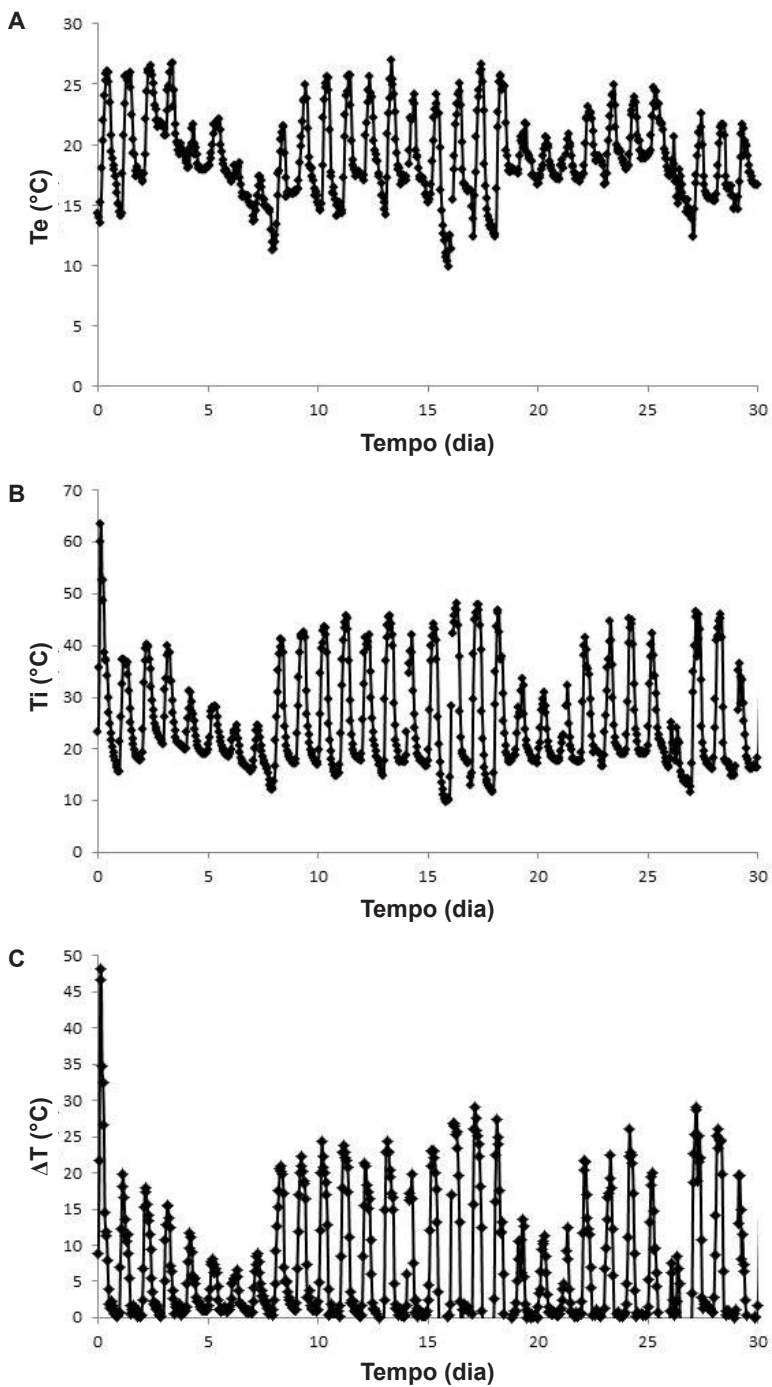
O material disposto nas bandejas inferior e média atingiu a umidade final em tempos semelhantes.

As temperaturas interna e externa do secador solar e a diferença entre elas ( $\Delta T$ ) ao longo do tempo de operação podem ser observadas na Figura 3. A temperatura externa variou entre 9,8 °C e 27 °C, durante o processo de secagem.

O maior pico de diferença foi observado no início do processo, com  $\Delta T = 48,2$  °C, três horas após a alimentação. O mesmo ocorreu para a temperatura interna, cujo valor máximo foi  $T_i = 63,4$  °C ( $t = 3$  h de secagem). Ao longo da secagem, tais valores não foram repetidos,

sendo a diferença de temperatura máxima observada  $\Delta T = 29,1$  °C e a temperatura interna máxima,  $T_i = 48$  °C.

Pode-se atribuir isto ao fato de que, anteriormente ao carregamento, a base do secador solar tinha uma maior exposição à luz solar, uma vez que as bainhas externas do palmito não estavam presentes como uma barreira física entre o sol e a base, de modo que esta recebia uma maior quantidade de energia solar e, conseqüentemente, promovia um aquecimento maior do ar no interior do secador. Ademais, a vaporização da água disponível no resíduo demanda uma grande quantidade de calor, devido à alta entalpia de vaporização da água (variando entre 43,99 kJ/mol e 42,48 kJ/mol, para as temperaturas de 25 °C a 60 °C) (Lide, 2004), que é cedido pelo ar quente do interior do secador.



**Figura 3.** Acompanhamento da Temperatura Externa ( $T_e$ ) (a); Temperatura Interna do secador solar ( $T_i$ ) (b); Diferença  $\Delta T$  (c).



## Conclusão

A secagem da bainha externa da pupunha foi realizada de maneira satisfatória, alcançando-se uma diminuição de sua umidade de 85% para 22%, em 38 dias.

O secador solar apresentou boas condições de operação, com a diferença máxima entre sua temperatura interna e a temperatura externa de 29,1 °C, durante a secagem do material. Esta diferença de temperatura demonstra que a construção de um secador solar para a secagem é vantajosa, em comparação com a secagem ao ar livre.

Faz-se necessária a avaliação de desempenho do secador solar em outras épocas do ano, especialmente durante o verão e o inverno, de modo a identificar as épocas mais e menos propícias para a secagem solar, respectivamente. Ainda, ressalta-se a necessidade de testar a instalação de um exaustor elétrico de ar no topo da chaminé do secador, de modo a se manter uma vazão de ar constante ao longo do dia.

## Referências

- ARANTES, M. S. T.; LIMA, E. A. de; ZANONI, P. R. S.; SÁ, F. P. de. Avaliação de um secador solar para secagem de resíduos de pupunha. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOMASSA, 4., 2019, Pinhais. **Anais**. Curitiba: Grupo FRG, 2019. p. 46-51.
- BOVI, M. L. A. **Palmito pupunha**: informações básicas para o cultivo. Campinas: Instituto Agrônômico, 1998. 50 p. (IAC. Boletim técnico, 173).
- EL HAGE, H.; HEREZ, A.; RAMADAN, M.; BAZZI, H.; KHALED, M. An investigation on solar drying: A review with economic and environmental assessment. **Energy**, v. 157, p. 815-829, 2018.
- ERBER, G.; KANZIAN, C.; STAMPFER, K. Modelling natural drying of European beech (*Fagus sylvatica* L.) logs for energy based on meteorological data. **Scandinavian Journal of Forest Research**, v. 31, n. 3, p. 294-301, 2016.
- FRANCO, T. S.; POTULSKI, D. C.; VIANA, L. C.; FORVILLE, E.; ANDRADE, A. S.; BOLZON DE MUNIZ, G. I. Nanocellulose obtained from residues of peach palm extraction (*Bactris gasipaes*). **Carbohydrate Polymers**, v. 218, p. 8-19, 2019.
- FUDHOLI, A.; SOPIAN, K.; BAKHTYAR, B.; GABBASA, M.; OTHMAN, M. Y.; RUSLAN, M. H. Review of solar drying systems with air based solar collectors in Malaysia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 51, p. 1191-1204, 2015.
- JANJAI, S.; BALA, B. K. Solar drying technology. **Food Engineering Reviews**, v. 4, n. 1, p. 16-54, 2012.
- KAEFER, S.; FOGAÇA, A. O.; STORCK, C. R.; KIRSTEN, V. R. Bolo com farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*): análise da composição centesimal e sensorial. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v. 24, n. 3, p. 347-352, 2013.
- LIDE, D. R. **CRC handbook of chemistry and physics**. 84th ed. CRC Press. 2003-2004.
- MONTEIRO, M. A. M.; STRINGHETA, P. C.; COELHO, D. T.; MONTEIRO, J. B. R. Estudo químico de alimentos formulados à base de palmito *Bactris gasipaes* H.B.K. (pupunha) desidratado. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, v. 22, n. 3, p. 211-215, 2002.

PIRASTEH, G.; SAIDUR, R.; RAHMAN, S. M. A.; RAHIM, N. A. A review on development of solar drying applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 31, p. 133-148, 2014.

POBLETE, R.; CORTES, E.; MACCHIAVELLO, J.; BAKIT, J. Factors influencing solar drying

performance of the red algae *Gracilaria chilensis*. **Renewable Energy**, v. 126, p. 978-986, 2018.

TENORIO, C.; MOYA, R. Evaluation of different approaches for the drying of lignocellulose residues. **Drying Biomass Residues**, v. 7, n. 3, p. 3500-3514, 2012.

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

**Embrapa Florestas**

Estrada da Ribeira, km 111, Guaraituba,  
Caixa Postal 319  
83411-000, Colombo, PR, Brasil  
Fone: (41) 3675-5600  
www.embrapa.br/florestas  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Versão digital (2020)



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA  
BRASIL  
GOVERNO FEDERAL

Comitê Local de Publicações  
da Embrapa Florestas

Presidente

*Patrícia Póvoa de Mattos*

Vice-Presidente

*José Elidney Pinto Júnior*

Secretária-Executiva

*Elisabete Marques Oaida*

Membros

*Annete Bonnet*

*Cristiane Aparecida Fioravante Reis*

*Guilherme Schnell e Schühli*

*Krisle da Silva*

*Marcelo Francia Arco-Verde*

*Marcia Toffani Simão Soares*

*Marilice Cordeiro Garrastazu*

*Valderês Aparecida de Sousa*

Supervisão editorial/Revisão de texto

*José Elidney Pinto Júnior*

Normalização bibliográfica

*Francisca Rasche*

*Elizabeth Denise Roskamp Camara*

Projeto gráfico da coleção

*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Edição eletrônica

*Neide Makiko Furukawa*

Foto capa:

*Edson Alves de Lima*