

Viabilidade técnica de secador solar no contexto do semiárido Brasileiro**Technical feasibility of a solar dryer in Brazilian semi-arid context**

Recebimento dos originais: 01/12/2018

Aceitação para publicação: 02/01/2019

David Yuri de Melo Nunes Moraes

Mestrando em Dinâmicas de Desenvolvimento do Semiárido pelo PPGDiDeS/UNIVASF

Instituição: Universidade Federal do Vale do São Francisco

Endereço: Av. Antônio Carlos Magalhães, 510 CEP: 48900-300

E-mail: davidyuri92@gmail.com

Acácio Figueiredo Neto

Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa

Instituição: Universidade Federal do Vale do São Francisco

Endereço: Av. Antônio Carlos Magalhães, 510 CEP: 48900-300

E-mail: acacio.figueiredo@univasf.edu.br

Júlio César Ferreira de Melo Júnior

Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande

Instituição: Universidade Federal do Vale do São Francisco

Endereço: Rod. BR 407 km 12 Lote 543, Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho, s/nº - C1.

CEP: 56300-000

E-mail: julio.melo@univasf.edu.br

Josenara Daiane de Souza Costa

Doutoranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande

Endereço: R. Aprígio Veloso, 882 CEP: 58429-900

E-mail: josenara.costa@gmail.com

Marylia de Sousa Costa

Doutoranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande

Instituição: Universidade Federal de Campina Grande

Endereço: R. Aprígio Veloso, 882 CEP: 58429-900

E-mail: marylia.sousacosta@gmail.com

Carlos Henrique Freitas Alencar

Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal do Vale do São Francisco

Instituição: Universidade Federal do Vale do São Francisco

Endereço: Av. Antônio Carlos Magalhães, 510 CEP: 48900-300

E-mail: alencarcarlos001@gmail.com

RESUMO

Considerando o potencial do Semiárido para o uso de tecnologias de secagem solar e a necessidade de redução de perdas pós-colheita de produtos agrícolas, objetivou-se através deste trabalho estudar a viabilidade técnica de utilização de um secador solar desenvolvido no Vale do Submédio São Francisco e a comparação de parâmetros de secagem com testes realizados em secagem artificial

em estufa. O coletor solar a ar empregado no secador apresentou eficiência média de 45%, o incremento médio na temperatura do ar em relação ao ar ambiente foi de 10°C, e os tempos de secagem foram de 22, 24 e 11 horas para a secagem em secador solar, secagem em estufa à 40° C e secagem em estufa à 50° C, respectivamente. Dessa forma, o secador solar demonstrou-se viável tecnicamente em comparação a resultados obtidos na literatura, sendo oportuno o emprego da tecnologia tanto para a redução de perdas de alimentos como para a oferta de produtos de maior valor agregado.

Palavras-chave: Secagem Solar, Agronegócio, Semiárido

ABSTRACT

Considering the potential of the Brazilian semi-arid region for the use of solar drying technologies and the need to reduce post-harvest losses of agricultural products, the purpose of this work was to study the technical feasibility of using a solar dryer developed in the São Francisco Valley and the comparison of drying parameters with tests performed in artificial oven drying. The solar air heater used in the dryer showed an average efficiency of 45%, the average increase in the air temperature in relation to the ambient air was 10 ° C, and the drying times were 22, 24 and 11 hours for drying in solar drying, oven drying at 40 ° C and oven drying at 50 ° C, respectively. Thus, the solar dryer was technically feasible in comparison to results obtained in the literature, and it is opportune to use the technology both to reduce food losses and to offer products with higher added value.

Key words: Solar Drying, Agribusiness, Semi-arid region

1 INTRODUÇÃO

O Semiárido do Nordeste brasileiro é uma região de notória produção agrícola e, assim como regiões do Brasil, enfrenta grandes níveis de perda pós-colheita (COSTA et al., 2015). Conforme exposto por Fernandes et al. (2016) e Costa et al. (2015), no Brasil, as fases pós-colheita com maior índice de perdas são o manuseio e armazenamento; processamento e acondicionamento e distribuição. Diversas tecnologias têm sido desenvolvidas tendo em vista esses pontos críticos, objetivando-se aumentar a vida útil dos alimentos e seu tempo para comercialização.

A secagem solar é uma alternativa relevante para a redução de perdas pós-colheita. Trata-se de um processo alternativo aos métodos de secagem natural, cujos parâmetros de secagem não são controlados, e ao de secagem artificial, que embora apresente maior eficiência na secagem, possui altos custos de investimento e operação (HAQUE & LANGRISH, 2005; STANGERLIN et al., 2009)

É possível citar as seguintes vantagens com o uso da tecnologia: baixo custo de fabricação, manutenção da qualidade do produto, aumento do tempo de armazenamento e redução do consumo de energia pelo aproveitamento térmico da energia solar (BUX et al., 2001; HAGE et al., 2018). Tudo isto representa um meio simples e eficaz para a redução de perdas pós-colheita.

Diversos trabalhos têm sido conduzidos com o objetivo de demonstrar a viabilidade técnica de tecnologias de secagem solar no Nordeste brasileiro: Almeida et al. (2016) realizou em Natal-RN a secagem de uvas com um secador solar direto de baixo custo, obtendo resultados de umidade final de 8,15% após 4 dias de secagem. Amigo et al. (2018) estudou via modelagem computacional a viabilidade financeira de substituição de método tradicional de secagem das amêndoas do cacau, obtendo um tempo de secagem estimado de 3 dias para o secador solar e 12 dias para o método tradicional em região cacauzeira da Bahia. Nunes (2017), em Campina Grande-PB, utilizando um secador solar indireto, realizou secagem de banana obtendo valores no interior da câmara de secagem acima de 50° C. Nota-se, portanto, o potencial do Nordeste para aplicações desta natureza.

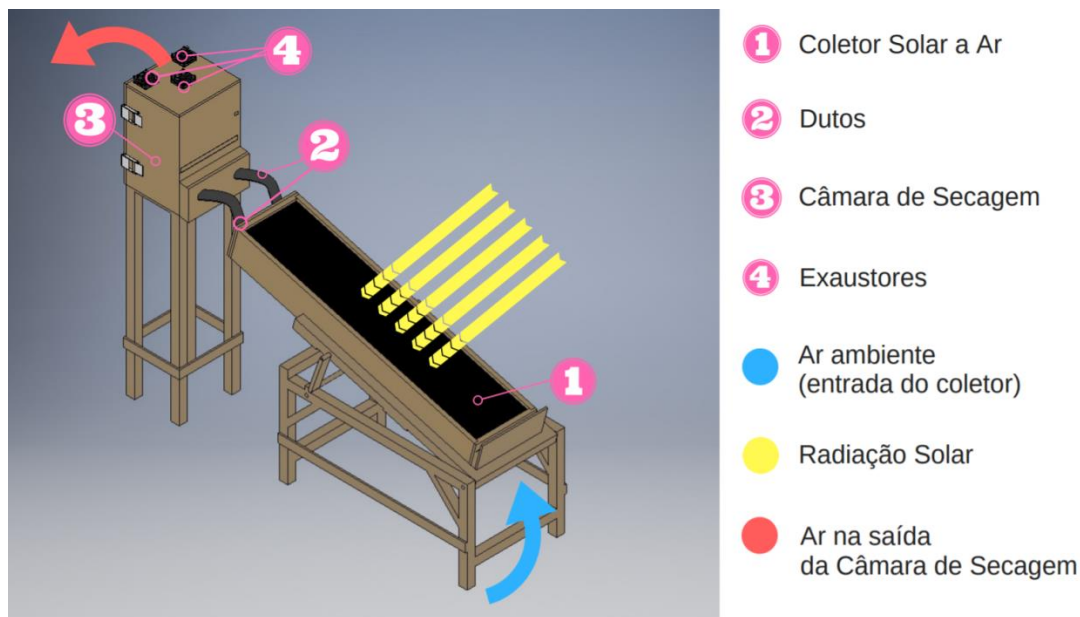
No contexto do Vale do Submédio São Francisco, região situada no Semiárido, a secagem solar emerge como um fator de inovação para a consolidada produção agrícola voltada para a fruticultura. Vários trabalhos tem demonstrado o potencial da região para tecnologias de aproveitamento de energia solar (TIBA et al., 2000; PEREIRA et al., 2006; BARROS et al., 2018). Portanto, a secagem solar pode absorver parte da produção de frutas comercializadas por muitas vezes a baixo preço no mercado interno, reduzindo perdas e ainda gerando um produto de valor agregado, que são as frutas desidratadas.

Assim, na busca por explorar o potencial da região para o emprego de tecnologias de secagem solar, objetiva-se através do presente trabalho analisar a viabilidade técnica de utilização de um secador solar a partir da realização de testes de desempenho no equipamento, com comparação dos parâmetros de desempenho com testes realizados em secagem artificial em estufa.

2 METODOLOGIA

A análise foi feita a partir de um secador solar (Figura 1) projetado e construído na Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Campus Juazeiro, com materiais de baixo custo. O secador foi composto de um coletor solar de madeira e placa absorvedora de alumínio com 0,48 m² de área, além de uma cabine de secagem de 55 L feita de madeira, com exaustores para forçar a convecção de ar no secador solar, produzindo uma vazão mássica de 0,0190 kg/s.

Figura 1 - Projeto do secador solar construído na UNIVASF.



Foram realizados testes de desempenho para avaliar os seguintes parâmetros: elevação média da temperatura ambiente proporcionada pelo secador solar e eficiência térmica média do coletor solar (KRISHNANANTH E KALIDASA MURUGAVEL, 2013).

A eficiência média do coletor solar a ar foi determinada medindo a vazão mássica de ar ‘ \dot{m} ’, as temperaturas ‘ T_i ’ na entrada de ar e ‘ T_o ’ na saída de ar, de modo a obter a energia útil do processo, e dividindo pela irradiância média horária incidente ‘ G_T ’ multiplicada pela área do coletor ‘ A_c ’, de modo a obter a eficiência instantânea ‘ η_i ’ do processo (Equação 1).

$$\eta_i = \frac{\dot{m} \cdot C_p \cdot (T_o - T_i)}{A_c \cdot G_T} \quad (1)$$

Em que ‘ C_p ’ é o calor específico do ar, em $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$. Através do cálculo da eficiência instantânea ‘ η_i ’ em vários intervalos de tempo ao longo de um dia foi determinada a eficiência média do coletor solar a ar.

Os dados de irradiância média horária foram estimados a partir de dados de irradiação global média diária do Laboratório de Meteorologia da UNIVASF (LABMET) com a correlação de Collares-Pereira e Rabl (1979) e posterior ajuste dos dados para uma superfície inclinada na latitude local.

Também foi avaliado o desempenho da máquina em termos de tempo de secagem e massa de água retirada (FINCK-PASTRANA, 2014; SREEKUMAR E RAJARAJESWARI, 2018), utilizando sementes de mamão, um produto agrícola de alto teor de umidade, tendo sido feito um experimento comparativo com uma estufa SOLAB, modelo SL-1021480. A umidade inicial das

sementes de mamão foi determinada pelo método da secagem em estufa 105 °C até massa constante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas na área experimental da UNIVASF, Campus Juazeiro, três baterias de testes de desempenho do secador solar. A primeira bateria de testes entre os dias 31 de agosto e 03 de setembro de 2015, com o objetivo de observar a variação das temperaturas do ambiente, do ar na entrada do coletor, na entrada e na saída da câmara de secagem (Figura 2).

A segunda bateria de testes foi realizada nos dias 11, 12, 18 e 19 de novembro de 2015, período de máxima incidência de radiação solar na região, sendo avaliada a variação das temperaturas do ambiente, do ar na entrada do coletor, na entrada e na saída da câmara de secagem (Figura 3), bem como a radiação solar média diária, para a estimativa da variação horária através de correlação (COLLARES-PEREIRA E RABL, 1979) (Figura 4). Com esses dados foi possível a determinar a eficiência média do coletor solar do secador.

Na terceira bateria de testes, realizados em dezembro de 2015, foi feita a secagem de sementes de mamão (*Caricapapaya L.*), objetivando-se comparar o tempo de secagem de sementes de mamão no secador solar e compará-lo com a secagem na estufa funcionando em duas temperaturas distintas: 40°C e 50°C, valores próximos aos obtidos na câmara do secador solar nas duas primeiras baterias (Figura 5).

Figura 2 - Desempenho termodinâmico médio na 1ª bateria de testes.

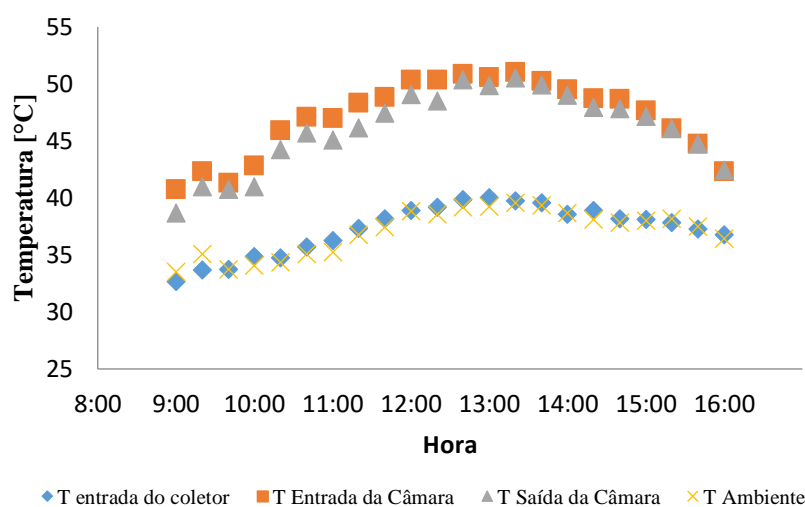


Figura 3 - Desempenho termodinâmico médio na 2ª bateria de testes.

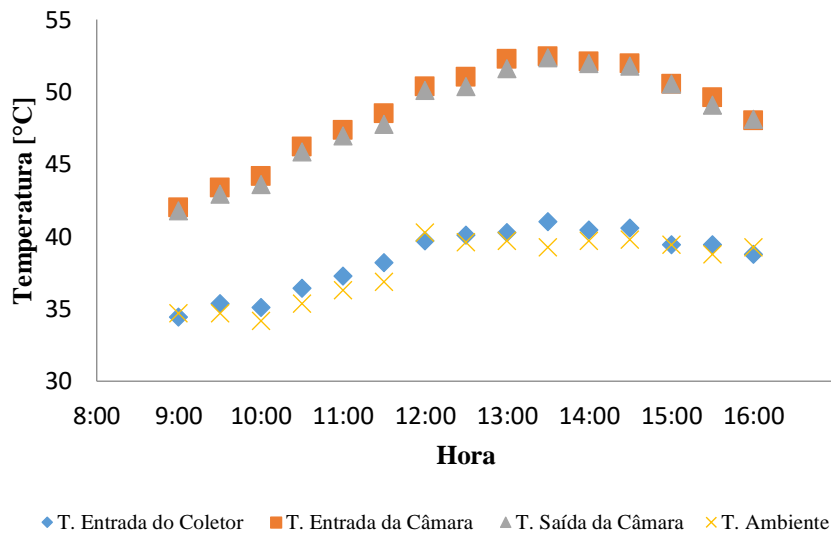


Figura 4-Valores de irradiância média horária obtidos a partir de dados de irradiação global média diária do Laboratório de Meteorologia da UNIVASF (LABMET) com a correlação de Collares-Pereira e Rabl (1979).

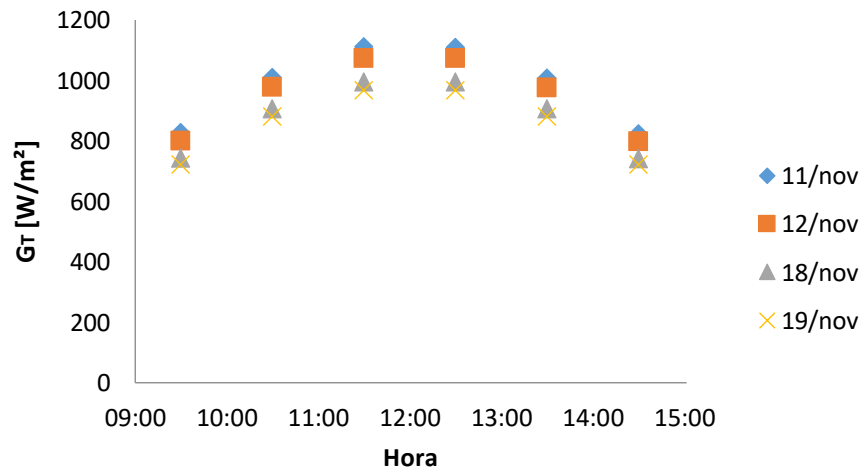
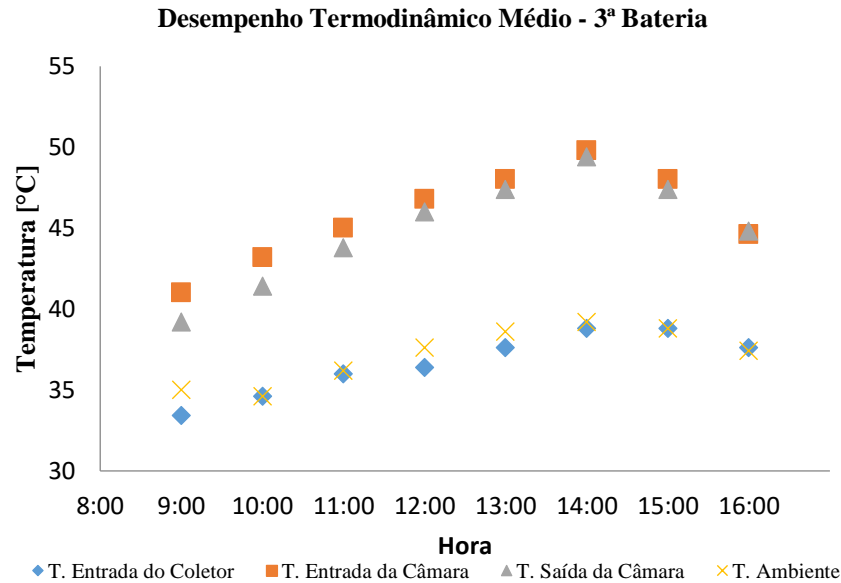


Figura 5 - Desempenho termodinâmico na 3ª bateria de testes.



A Tab. 1 traz os principais resultados dos testes.

Tabela 1 – Principais resultados das 1ª, 2ª e 3ª bateria de testes

Desempenho Termodinâmico			
	1ª bateria	2ª bateria	3ª bateria
T. do ar ambiente média (°C)	37 ± 1	38 ± 1	37 ± 1
T. da entrada do coletor média (°C)	37 ± 1	38 ± 1	37 ± 1
T. da entrada da câmara de sec. média (°C)	46 ± 1	48 ± 1	46 ± 1
T. saída da câmara de sec. média (°C)	45 ± 1	48 ± 1	45 ± 1
Elevação média da temperatura ambiente proporcionada pelo secador solar (°C)	9,8	10,2	9,2
Eficiência média do coletor solar (%)	-	45 %	-
3ª bateria de testes – Comparação com a secagem em estufa			
	Sec. Solar	Estufa (40 °C)	Estufa (50 °C)
T. média da câmara de sec. (°C)	46 ± 1	40 ± 1	50 ± 1
Tempo médio de secagem (h)	22	24	11
Umidade inicial das sementes (%)	83,1 %	83,1 %	83,1 %
Umidade final das sementes (%)	7,7 %	7,4 %	6,9 %

Observa-se que, tanto na primeira como na segunda bateria de testes que o secador opera aproximadamente numa temperatura em média 10°C acima da temperatura ambiente, o que representa um resultado satisfatório, segundo Dina et al. (2014). As temperaturas na câmara de secagem variaram entre 37°C a 52°C na primeira bateria de testes, e de 42°C a 53°C na segunda bateria de testes, que são temperaturas adequadas para secagem de grãos e de frutas. Em relação à eficiência do coletor solar, o valor médio foi de aproximadamente 45%, coerente com valores obtidos por Krishnananth e KalidasaMurugavel (2013).

Na terceira bateria de testes, foram realizados procedimentos de secagem com amostras de sementes de mamão de umidade inicial de 83,08%. Os resultados mostraram que a câmara de secagem atingiu temperaturas médias dentro do previsto (46 °C) e o tempo de secagem atingiu um valor médio de 22 horas, intermediário entre os obtidos em secagem em estufa a 40°C e 50°C, que foram 24 e 11 horas, respectivamente. Foi determinada a eficiência do processo de secagem das sementes em termos da umidade inicial e final das amostras. O secador demonstrou eficiência no processo de secagem, reduzindo de 83,08 % para 7,22% a umidade das sementes de mamão, valores bem próximos da secagem feita em estufa.

Foi possível, através do presente trabalho, demonstrar a viabilidade técnica de utilização de um secador solar para secagem de produtos agrícolas no contexto Semiárido. Essa tecnologia servirá como uma alternativa eficaz para redução de perdas de alimentos, como também, no caso da fruticultura do Vale do São Francisco, para oferta de alimentos de maior valor agregado e maior tempo de comercialização com relação a frutas frescas, o que representa um fator de inovação no desenvolvimento regional.

4 CONCLUSÕES

O teste de viabilidade técnica do secador solar foi eficaz para as condições em que foram realizadas o trabalho.

As temperaturas obtidas na câmara do secador solar, de 37°C a 53°C, eo acréscimo médio de 10°C em relação à temperatura ambiente, demonstraram a eficiência térmica do equipamento e desempenho coerente com o previsto na literatura.

O coletor solar a arempregado no secador apresentou eficiência média de 45% no aproveitamento térmico da energia solar, sendo este um valor satisfatório comparado a secadores solares de sistema indireto.

O tempo de secagem, com 22 horas, e a umidade final obtida para as sementes de mamão, de 7,7%, apresentaram valores satisfatórios quando comparados à secagem artificial, em estufa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. B.; LIMA, M. A. A.; SOUZA, L. G. M. Desenvolvimento de secador solar construído a partir de material reciclável. **HOLOS**, v. 4, p. 197-205, 2016.

AMIGO, F. V., LIMA, G. P., SALES, J. H., & ESTIVAL, K. G.. Viabilidade financeira do secador solar vertical na região cacaueira. **Cadernos de Prospecção**, v. 11, p. 158, 2018.

BARROS, H. F., VILELA, O. de C., SABINO, E. R. C., e BRENNAND, L. J. de P. Obtenção de dados de radiação solar para simulação de central fotovoltaica em petrolina a partir de dados terrestres, irradiação global diária média e estimativas de imagens de satélite. **In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS 2018**. 2018.

BUX, M.; BAUER, K.; MUHLBAUER, W.; CONRAD, T. Solar-assisted drying of timber at industrial scale. **The Southern African Forestry Journal**, South Africa, v.192, n.1, p.73-78,2001.

COLLARES-PEREIRA M.; RABL, A. The average distribution of solar radiation-correlations between diffuse and hemispherical and between daily and hourly insolation values. **Solar Energy**, v. 22, p. 155-164,1979.

COSTA, C. C. da; GUILHOTO, J. J. M.; BURNQUIST, H. L. Impactos Socioeconômicos de Reduções nas Perdas Pós-colheita de Produtos Agrícolas no Brasil. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 53, n. 3, p. 395-408, Set. 2015.

DINA, S. F. et al. Study on effectiveness of continuous solar dryer integrated with desiccant thermal storage for drying cocoa beans. **Case Studies in Thermal Engineering**, v. 5, p. 32-40, Mar. 2015.

FERNANDES, C. C.; MAZZOLA, B. G.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. de M.. Resíduos alimentares e as mudanças climáticas. **Organizações e Sustentabilidade**, Londrina, v. 4, n. 2, p. 116-141, Jul./Dez. 2016.

FINCK-PASTRANA, A. G. Nopal (*Opuntia Lasiantha*) Drying Using an Indirect Solar Dryer. **Energy Procedia**, v. 57, p. 2984-2993, 2014.

HAGE, H. E.; 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.

HAQUE, M.N.; LANGRISH, T.A.G. Assessment of the Actual Performance of an Industrial Solar Kiln for Drying Timber. **Drying Technology: An International Journal**, Philadelphia, v.23, n.7, p.1541-1553, 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo, 2008. v. 1, 1020 p.

KRISHNANANTH, S. S.; K. KALIDASA MURUGAVEL. Experimental study on double pass solar air heater with thermal energy storage. **Journal of King Saud University - Engineering Sciences**, v. 25, p. 135-140, Jul. 2013.

NUNES, A. G.; PELLEGRINO, N. S. L. Tecnologias Sustentáveis: Desenvolvimento de um Secador Solar para Secagem de Frutas. **Revista ESPACIOS**, v. 38, n. 53, p. 9, 2017.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L. de e RÜTHER, R. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos: INPE, 2006.

SREEKUMAR, A.; RAJARAJESWARI, K. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. 377. 2018.

STANGERLIN, D.M.; SANTINI, E.J.; SUSIN, F.; MELO, R.R.; GATTO, D.A.; HASELEIN, C.R. Uso de estufa solar para secagem de madeira serrada. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.19, n.4, p.461-472, 2009.

TIBA, C.; FRAIDENRAICH, N. **Atlas Solarimétrico do Brasil, Banco de dados terrestres**. Ed. **Universitária da UFPE**, Recife, 2000.