

CONSTRUÇÃO DE UM SECADOR SOLAR DE GRÃOS A BAIXO CUSTO

**MANOEL DE SANTANA CAMPOS¹, DOUGLAS ROMEU DA COSTA²,
WELINGTON GONZAGA DO VALE³, JANYELLE DO NASCIMENTO SILVA⁴,
DOMINGOS SILVA BARROS⁵, RODOLFO FERREIRA MOURA⁶**

¹ Eng. Agrícola, Bacharel em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Agrárias Aplicadas, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão – SE, manoelcampos@academico.ufs.br.

² Eng. Agrícola, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, CCAA/UFS, São Cristóvão – SE.

³ Eng. Agrícola, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, CCAA/UFS, São Cristóvão – SE.

⁴ Graduanda em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, CCAA/UFS, São Cristóvão – SE.

⁵ Eng. Agrícola, Bacharel em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, CCAA/UFS, São Cristóvão – SE.

⁶ Eng. Agrícola, Bacharel em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, CCAA/UFS, São Cristóvão – SE.

Apresentado no

LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: O uso de secadores solares, que aproveitam a energia térmica renovável do sol, apresenta benefícios econômicos, ambientais e sociais, especialmente para pequenos produtores. Objetivou-se, neste estudo, construir e testar um secador solar de baixo custo para o pré-processamento de grãos de milho. O método utilizado para o desenvolvimento do secador solar fundamentou-se em um modelo já existente (JPC1) o qual utiliza energia solar como fonte principal para retirar a massa de água dos grãos. Os resultados obtidos indicaram uma redução do teor de água dos grãos de milho ao longo do processo de secagem. Recomenda-se uma maior movimentação do secador em intervalos regulares para garantir uma secagem mais uniforme. A distribuição do ar ao longo do duto central do secador também mostrou influenciar na eficiência da secagem, pois ocorre um gradiente de umidade dentro dos grãos, com a água migrando do centro para as camadas externas. Apesar das variações nas temperaturas e umidades relativas durante o processo, as temperaturas alcançadas foram consideradas adequadas e demonstrou ser uma alternativa sustentável e acessível para pequenos produtores.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura familiar, eficiência, energia renovável.

CONSTRUCTION AND TESTING OF A LOW-COST SOLAR GRAIN DRYER

ABSTRACT: The use of solar dryer, which harness renewable thermal energy from the sun, presents economic, environmental, and social benefits, especially for small-scale producers. The objectives of this study was to construct and test a low-cost solar dryer for the pre-processing of maize grains. The method employed for the development of the solar dryer was based on an existing model (JPC1) that utilizes solar energy as the primary source to remove moisture from the grains. The results obtained indicated a reduction in the moisture content of the maize grains during the drying process. It is recommended to periodically move the dryer to ensure a more uniform drying. The distribution of air along the central duct of the dryer also showed to influence drying efficiency, as there is a moisture gradient within the grains, with water migrating from the center to the outer layers. Despite variations in temperatures and relative humidity during the process, the attained temperatures were deemed suitable, demonstrating it to be a sustainable and accessible alternative for small-scale producers.

KEYWORDS: family farming, efficiency, renewable energy.

INTRODUÇÃO: A secagem é uma prática amplamente utilizada para preservar a qualidade e estabilidade de grãos e sementes durante o armazenamento. Seu objetivo é reduzir o teor de água nos grãos de 60% a 90% para 8% a 10%, interrompendo processos de deterioração biológica, atividades bacterianas, transformações enzimáticas e oxidação. Essa técnica preserva as principais características nutricionais e organolépticas dos grãos, como cor, aroma, sabor e textura, por um período prolongado e facilita o armazenamento (FEIDEN, 2015). Diversos sistemas de secagem estão disponíveis, incluindo secadores mecânicos, elétricos e solares (ARAÚJO et al, 2021). Os secadores solares utilizam diretamente a energia do sol, aproveitando recursos térmicos renováveis e de baixo custo para secar grãos. Além disso, a energia solar é considerada uma fonte limpa, pois não libera poluentes na atmosfera. A adoção de secadores solares em substituição às fontes convencionais de energia na desidratação de frutas em empreendimentos agroindustriais pode trazer benefícios econômicos, ambientais e sociais, permitindo a participação de pequenos produtores no processamento industrial de frutas (SILVA, 2010). Atualmente, o desenvolvimento de equipamentos que utilizam a radiação solar com eficiência e baixo custo tornou-se importante, pois oferece uma alternativa para produtores que não têm acesso a secadores convencionais devido ao alto custo de aquisição e operação (BARBOSA, 2011). O emprego da energia solar como substituto das fontes de energia convencionais na desidratação de frutas em empreendimentos agroindustriais apresenta implicações benéficas tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental, além de fomentar a inclusão social ao permitir uma maior participação de pequenos produtores (SILVA, 2010). A utilização de energia solar como fonte de energia renovável e de baixo custo demonstra-se como uma alternativa promissora para viabilizar o processamento e a secagem eficiente dos grãos, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da agroindústria. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo a construção e testagem de um secador de grãos para o pré-processamento de produtos agrícolas baseado na secagem de grãos com uso de energia solar.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi conduzido nas dependências do Laboratório de Construções Rurais, Energia e Armazenamento de Grãos (CREAG -UFS) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), localizada em São Cristóvão - Sergipe. Algumas matérias-primas em bom estado foram adquiridas em um ferro-velho em Aracaju, Sergipe, e recicladas para a construção de um secador solar. Os testes de secagem de grãos de milho foram realizados em outubro de 2021, utilizando um secador solar de baixo custo projetado para pequenos produtores. A área de teste estava localizada entre o Complexo Laboratorial de Biologia e Engenharia Florestal e a Subestação de Energia da UFS. O milho utilizado no experimento foi do tipo híbrido LG 6036 VT PRO 3', proveniente de uma propriedade em Simão Dias – Sergipe. Antes dos testes, o produto foi limpo para remover impurezas e materiais estranhos. O secador solar utilizado foi construído em uma oficina de serralheria em Aracaju, Sergipe, e consiste em uma estrutura de aço, madeira e vidro, (Figura 1). Foi baseado em um modelo já existente chamado JPC1, que utiliza a energia solar como fonte principal para remover a umidade dos grãos.



FIGURA 1. Vista frontal do secador solar.

Durante a operação, o equipamento foi ajustado de acordo com a orientação solar, (Figura 2). Os testes experimentais ocorreram entre setembro e outubro de 2021, utilizando o milho com um teor inicial de água de 20% b.u. No laboratório CREAG, foram realizados testes de porosidade, onde foram realizadas três etapas de secagem com um total de 114 kg de milho, sendo 100 kg no secador e 14 kg como grupo de controle.

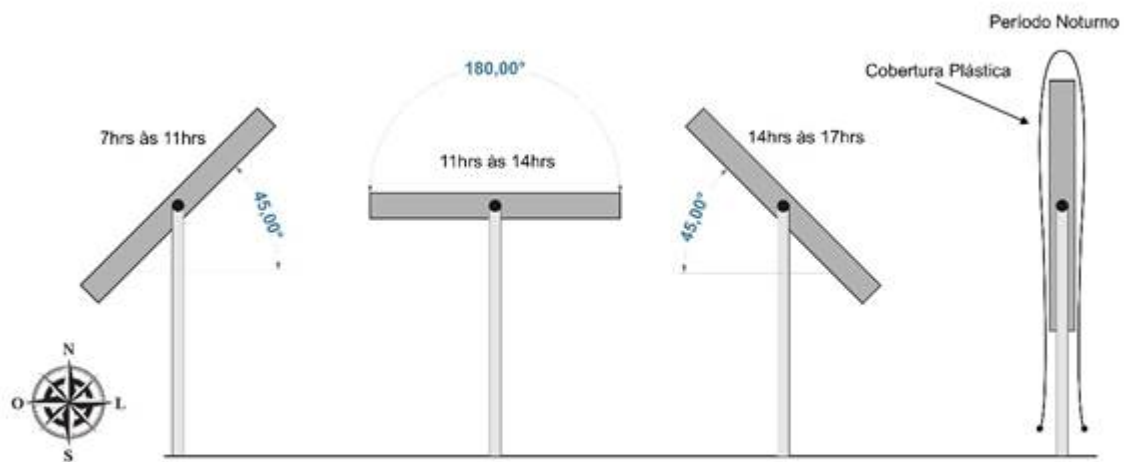


FIGURA 2. Projeto em 3D do secador solar e suas possíveis orientações.

A etapa rotativa do secador solar, os grãos eram revolvidos manualmente três vezes ao dia para melhor homogeneização da secagem do milho. Foram considerados os seguintes horários: das 07h00min às 11h00min, com uma inclinação de 45 graus; das 11h00min às 14h00min, com inclinação de 180 graus; e das 14h00min às 17h00min, com inclinação de 45 graus, de acordo com o movimento solar. A cada etapa, foram realizados testes de porosidade

utilizando um picnômetro e amostras separadas para verificar a perda de umidade em uma estufa a 105 °C. Foram conduzidos testes de umidade por métodos diretos e indiretos, incluindo o uso de estufas, seguindo normas estabelecidas para a pesquisa. Essas diretrizes garantiram a conformidade e a confiabilidade dos resultados obtidos durante o processo experimental. Os testes foram conduzidos no Laboratório de Remediação de Solos do Departamento de Engenharia Agrônômica (DEA) da UFS, utilizando uma balança com precisão de +/- 0,001 g, permitindo a pesagem de amostras com 150 g, subdivididas em 3 partes, cada uma com 50 g, e transferidas para a estufa, onde permaneceram por 24 horas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Nos testes realizados, observou-se que o teor de água do milho diminuiu ao longo do processo, o qual, segundo PUZZI (2000), estava abaixo do percentual recomendado para armazenagem segura e comercialização que seria de 13% de umidade em base úmida (b.u.) (Figura 3).

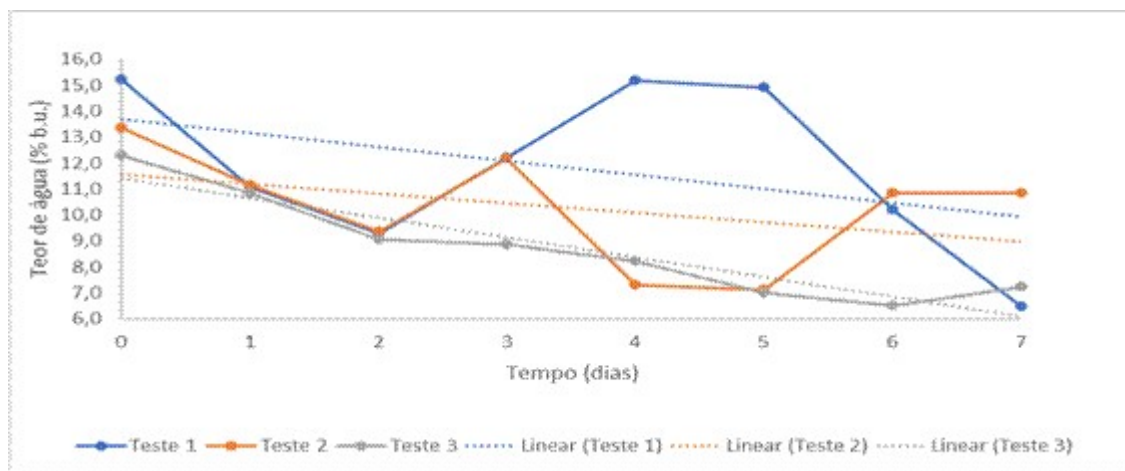


FIGURA 3. Variação no teor de água no milho em função do tempo durante a secagem no secador solar, nos testes 1, 2 e 3.

Notou-se uma desuniformidade no teor de água durante a secagem em períodos subsequentes, indicando a necessidade de mudanças na forma de operação do equipamento. Segundo SOUZA; QUEIROZ e LACERDA FILHO (2002), a diferença entre os resultados simulados e experimentais de secagem podem estar associados à uniformidade de distribuição do ar ao longo do duto central do secador. Portanto, recomenda-se uma maior movimentação do secador em intervalos regulares para obter uma secagem mais uniforme. Durante o processo, ocorre um gradiente de umidade entre o interior e a superfície o grão, e a água começa a se mover do centro para as camadas externas (LIMA et al., 2016). A curva de secagem das testemunhas mostrou oscilação no teor de água ao longo do tempo. Segundo SILVA et al. (2008), com o decorrer da secagem ocorre a diminuição no diâmetro dos poros capilares e, conseqüentemente, a redução de volume do grão, onde é proporcional ao volume da água evaporada onde a água na fase líquida pode permanecer nos gargalos dos poros e migrar, lentamente, por capilaridade, evaporando ou condensando. Os resultados também apresentam dados de temperatura da massa de grãos de 50,4°C a 66,7°C e a umidade relativa ao longo do tempo de 50,7% a 76,1% durante a secagem nos testes realizados (Figura 4). A eficiência do secador solar na secagem dos grãos de milho foi considerada satisfatória, mas foram observadas variações nas temperaturas e umidades relativas durante o processo. Segundo GUISTEM et al. (2002), os graus-dia, a radiação solar global, a insolação e a evaporação são fatores que influenciam a perda de água pelos grãos de milho.

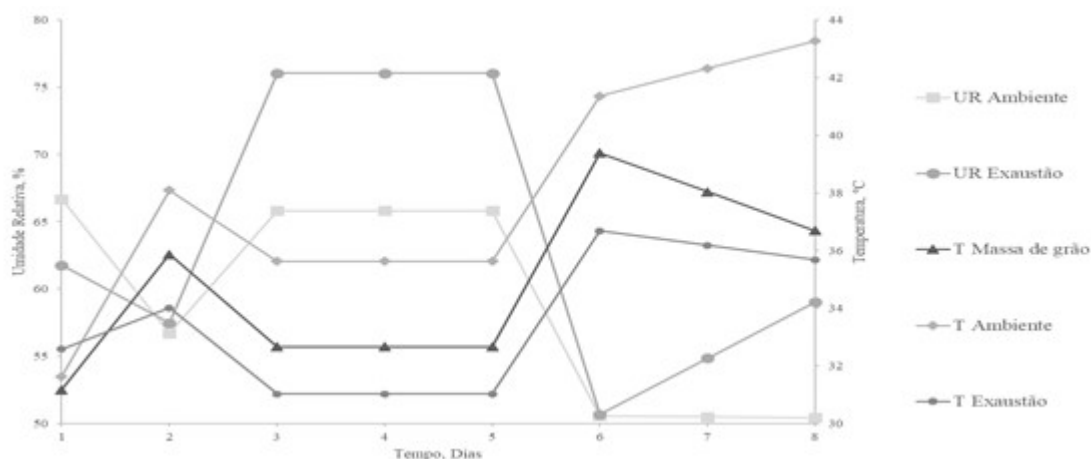


FIGURA 4. Variação de Temperatura e Umidade Relativa no secador solar ao longo dos dias.

O custo total de fabricação do equipamento incluindo materiais e mão-de-obra estão orçados em R\$ 1.202,01 (Tabela 1). Cabe ressaltar que os valores estão sujeitos a variações. Considerando a disponibilidade de materiais e mão-de-obra para a replicação do experimento, pode ser considerado a substituição da estrutura em aço por um material mais barato como a madeira, por exemplo.

TABELA 1. Orçamento para fabricação de um secador solar.

ITEM	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Metalon galvanizado 50 x 30 – CH18	R\$ 25,84	R\$ 155,63
Cantoneira tipo “L” 3 x 4 por 2.50mm	R\$ 10,29	R\$ 53,71
Barra chata 7/8 por 3/16 Arcelor Mitral	R\$ 10,66	R\$ 88,80
Tubo galvanizado de 1.1/4 por 3/16 – CH 16 (42.20)	R\$ 28,77	R\$ 43,16
Chapa perfurada res. F3/16 E.C 7.0 CH 20 200	R\$ 161,11	R\$ 198,84
Barra quadrada 0,5”	R\$ 5,53	R\$ 5,53
Tabua em PINUS 0,13 x 1,00 parafusada	R\$ 12,00	R\$ 60,00
Pintura em esquadria de madeira PINOS com tinta preto fosco automotiva, duas demãos	R\$ 3,25	R\$ 16,25
Pintura em esquadria de aço com tinta preto fosco automotiva	R\$ 3,25	R\$ 25,09
Aplicação de silicone em todo perímetro esquadria para vedação	R\$ 15,00	R\$ 15,00
Rodízio GLE 412 BP	R\$ 35,00	R\$ 140,00
Serviços mão- de-obra de oficina de esquadria – solda.	R\$ 400,00	R\$ 400,00
TOTAL GERAL		R\$ 1.202,01

CONCLUSÃO: Conclui-se que o secador solar demonstrou um desempenho satisfatório na secagem de grãos, resultando em uma redução significativa do teor de água ao longo do tempo. O custo de produção do equipamento foi considerado aceitável, e identificamos potenciais melhorias que podem contribuir para a redução de custos e aumentar a viabilidade de replicação deste estudo.

REFERÊNCIAS:

ARAÚJO, C. V. M.; VARELLA, F. K. D. O. M.; VALE, M. R. B. G. Construção de secador solar no semiárido nordestino utilizando materiais recicláveis. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 12, n. 1, p. 21-30, 2021.

BARBOSA, José Rui Peres. **Estudo da viabilidade de uso de secadores solares fabricados com sucatas de luminárias**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2011.

FEIDEN, A.; GALVANI, F.; CAMPOLIN, A. **Desidratação de Frutas Utilizando Secador Solar**. Embrapa, Corumbá, MS, ISSN 1981-7231, 2015.

LIMA, A. G.B. et al. Intermittent drying: Fundamentals, modeling and applications. In: Delgado, J. M. P. Q.; Barbosa de Lima, A. G. **Drying and energy technologies**. Switzerland: Springer International Publishing Switzerland, 2016.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Campinas. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 666, 2000.

SILVA, I. G. **Desidratação de banana em secador solar: Viabilidade técnica e econômica**: 2010. 108 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - UFAC, Rio Branco, 2010.

SOUZA, C. M. A. de; QUEIROZ, D. M. de; LACERDA FILHO, A. F. de. Simulação do processo de secagem de sementes de milho em camada fixa. **Scientia Agricola**, v. 59, p. 653-660, 2002