



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E EXTENSÃO
COORDENAÇÃO DE PESQUISA

RELATÓRIO DE ATIVIDADES DO ALUNO

Programa:

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC)

Título do Projeto:

DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL DE UM SECADOR SOLAR
USADO PARA SECAGEM DE BANANA

Aluno:

JÉSSICA DE LIMA CORDEIRO

Orientador:

Professor Dr. Marcelo Bezerra Grilo

Introdução

Nas últimas décadas, o conceito de desenvolvimento sustentável vem se disseminando nos mais diversos meios da sociedade. E aliar o conhecimento científico ao desenvolvimento socioeconômico, respeitando os recursos naturais e privilegiando a eficiência energética é o principal papel do engenheiro na atualidade.

Para Silva (2013), a utilização de energias renováveis ganha cada vez mais prestígio no mundo pós-moderno, em função do surgimento de políticas de substituição das fontes energéticas de origem fóssil por fontes renováveis, principalmente energias solar e eólica.

O Brasil é um país privilegiado por se encontrar numa posição favorável para a disponibilidade de energia solar. Assim, a utilização dessa fonte de energia é de suma importância para o desenvolvimento tecnológico, que, ocorrendo em sintonia com a globalização, possa promover ações locais que atendam parte da população que atua no sistema de produção, conhecido como agricultura familiar.

A escolha do setor frutífero é devido a sua importância no cenário econômico do Nordeste. A banana, cultivada na maioria dos países tropicais, é a fruta mais consumida do mundo, além de exercer papel fundamental na alimentação humana, devido seu elevado valor calorífico, energético e, principalmente, pelo conteúdo vitamínico e mineral que apresenta (Lima, 1999).

Analisando esse setor, observa-se um alto grau de perecimento das frutas, ocasionando prejuízos aos fruticultores. Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo a utilização de novas tecnologias no processo de secagem de alimentos que viabilize a comercialização de um produto com boa qualidade, maior vida útil e, conseqüentemente, geração de renda nas comunidades que utilizam desse meio para sobreviver.

Quantidades consideráveis de frutas produzidas em todo o mundo vão para o lixo devido à, principalmente, inadequadas operações pós-colheita, como armazenamento e transporte. Isso, aliado à quantidade de umidade presente, oferece condições propícias à proliferação de bactérias e fungos, causando a rápida degradação do alimento.

Como alternativa, têm-se a utilização de um secador. O secador é um equipamento usado na redução da umidade presente nos produtos pela ação do calor,

propiciando assim, a conservação e manutenção das propriedades e qualidade destes por mais tempo. Existem vários modelos disponíveis, porém, esses equipamentos geralmente apresentam alto custo, que é incompatível com o poder aquisitivo do pequeno produtor rural. (Grilo, 2007).

A secagem é um dos mais antigos métodos de conservação de alimentos, data da pré-história, quando se usava a energia proveniente do sol para secar os alimentos, e será a fonte de energia utilizada para atingir o objetivo do trabalho.

Objetivos Gerais e Específicos

Desenvolver e analisar, experimentalmente, um sistema de secagem solar a ser utilizado na produção de frutos desidratados. Utilizar a sílica gel para reduzir a umidade relativa do ar de secagem e comparar os resultados com os de um secador solar sem dessecante.

Os objetivos específicos do projeto de pesquisa associados à bolsa PIBIC são:

- Desenvolver um sistema de secagem de frutas, usando apenas energia solar como fonte de energia;
- Realizar testes experimentais em Campina Grande (PB) para observar o desempenho do sistema de secagem;
- Utilizar a sílica gel em um secador solar para observar as vantagens sobre a eficiência do secador decorrentes desta operação;
- Verificar a capacidade de regeneração da sílica gel para reutilização no processo de secagem;
- Comparar os resultados experimentais obtidos em dois secadores com geometrias idênticas, sendo um com dessecante e outro sem.

Materiais e Métodos

A presente pesquisa tem se desenvolvido da seguinte forma:

I. SISTEMA DE SECAGEM

As atividades desenvolvidas nos experimentos foram realizadas no Laboratório Experimental de Máquinas Térmicas (LEMT) da Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica (UAEM) do Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Foram realizadas secagem de banana utilizando dois secadores solares de exposição direta, idênticos. Os secadores possuem área de exposição à radiação solar de $0,3 \text{ m}^2$ e volume interno de aproximadamente 55 litros.

Os experimentos foram realizados nos dias 11 e 12 de agosto de 2020. A cobertura dos secadores é de policarbonato, material elaborado à base de resina, que, possui custo inicial menor em comparação ao vidro e transmissibilidade à radiação solar equivalente. No intuito de possuir boa capacidade de isolamento térmico e proteger contra umidade e cupins, a base dos secadores é de MDF (*Medium Density Fiberboard*), sendo o elemento base a madeira, com espessura de 15mm. Os dois secadores possuem dois cortes laterais retangulares cada, um para a entrada do ar de secagem e o outro para a saída, na qual foi acoplado, em cada secador, um cooler de 6 W e 12 V utilizados para propiciar a exaustão do ar de secagem. As bandejas de secagem são de tela de nylon, material que apresenta boa resistência ao desgaste e à tração. Para efeito comparativo e com o objetivo de otimizar o sistema, foi colocado em um dos secadores (secador 2, à direita) um material dessecante, que é a sílica gel, dentro de uma caixa isopor. A figura 1 ilustra todo o sistema, os dois secadores utilizados para os experimentos, bem como seus componentes.



Fig. 1 – Sistema de secagem: Secadores e componentes. Secador 1 (à esquerda) sem sílica gel, e secador 2 (à direita) com sílica gel.

II. O PRODUTO A SER SECO (BANANA)

O fruto escolhido para os experimentos foi a banana prata (*Musa Spp.*), devido sua importância econômica no estado da Paraíba e no setor agrícola, além do seu alto teor de umidade, considerado um dos fatores que propiciam e favorecem o processo de secagem.

A Figura 2 apresenta a penca de banana prata (*Musa Spp.*) que foi utilizada no experimento.



Fig. 2 – Penca de banana prata.

III. PROCESSO DE PREPARAÇÃO E MEDICAÇÃO DAS MASSAS DE BANANA (*MUSA SPP*)

Para a realização da secagem, as bananas foram descascadas, cortadas no sentido longitudinal e tiveram suas extremidades removidas, ficando com um formato semelhante ao de um semicilindro reto. Ainda, para impedir que adquirissem uma coloração escura após o processo, elas foram tratadas com suco de limão. A Figura 3 ilustra as bananas cortadas conforme dito, antes do experimento.



Fig. 3 – Bananas tratadas antes dos experimentos.

Os experimentos duraram 2 dias, e ao final de cada dia de secagem, as amostras eram colocadas em sacos lacrados no intuito de que não ocorresse a reidratação das mesmas. Esse processo é ilustrado na Figura 4.



Fig. 4 – Armazenamento das amostras após cada dia de experimento.

Fez-se uso de uma estufa do LEMT/UFCG, fabricada pela OdontoBrás modelo EL 1.1 para a obtenção do teor de umidade inicial e final da banana prata (descascada) e a massa seca das amostras. Duas amostras de banana prata foram utilizadas para esse procedimento, sendo pesadas antes e após a secagem, sujeitas a uma temperatura de 100°C por um período de 24 horas. O modelo da estufa é ilustrado na Figura 5.



Fig. 5 – Estufa utilizada para avaliação do teor de umidade e massa seca da banana prata.

Para não sofrer a ação das intempéries durante os experimentos, o sistema foi colocado dentro de uma caixa, conforme Figura. 8.

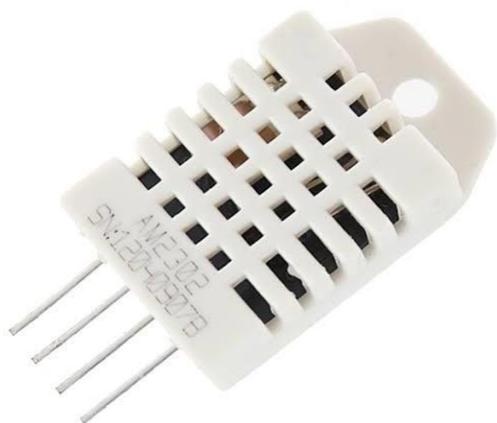


Fig. 7 – sensor de temperatura e umidade.



Fig. 8 – Sistema de aquisição de dados.

Esse sistema foi usado para medir valores de umidade relativa e temperatura no interior dos secadores. Para o ambiente onde estava ocorrendo os experimentos, os valores foram obtidos pela estação meteorológica da UFCG instalada no Laboratório de Eletrônica Industrial e Acionamento de Máquinas (LEIAM/UFCG).

Resultados parciais

A tabela 1 mostra dados iniciais e finais de amostras da banana prata, bem como seu teor de umidade em base úmida.

Tabela 1: Resultados obtidos da secagem na estufa.

	Amostra 1	Amostra 2
massa inicial (g)	23	23
massa final (g)	8,1	7,5
quant. de água (g)	16,1	16,1
<i>X_{bu}</i>	0,70	0,70

Na medição, a banana prata utilizada nos experimentos apresentou, em média, teor de umidade 70% em base úmida, o que faz possível concluir que o valor da massa seca das amostras corresponde a 30% da massa inicial de cada uma delas.

No experimento, a velocidade do ar foi de 1,5 m/s, os secadores foram inclinados para o Sul, e o secador foi posicionado de tal modo que fosse favorável para a obtenção de um produto final de qualidade. Para a cidade de Campina Grande-PB com latitude média local de 7° Sul, recomenda-se inclinação do coletor entre 17° e 22° voltado para o Norte. No presente estudo, foi utilizada uma inclinação de 22°.

Nas Figuras 9 e 10 podem ser observados os valores médios obtidos de temperatura registrados na entrada e saída dos secadores, nos dias 11 e 12.

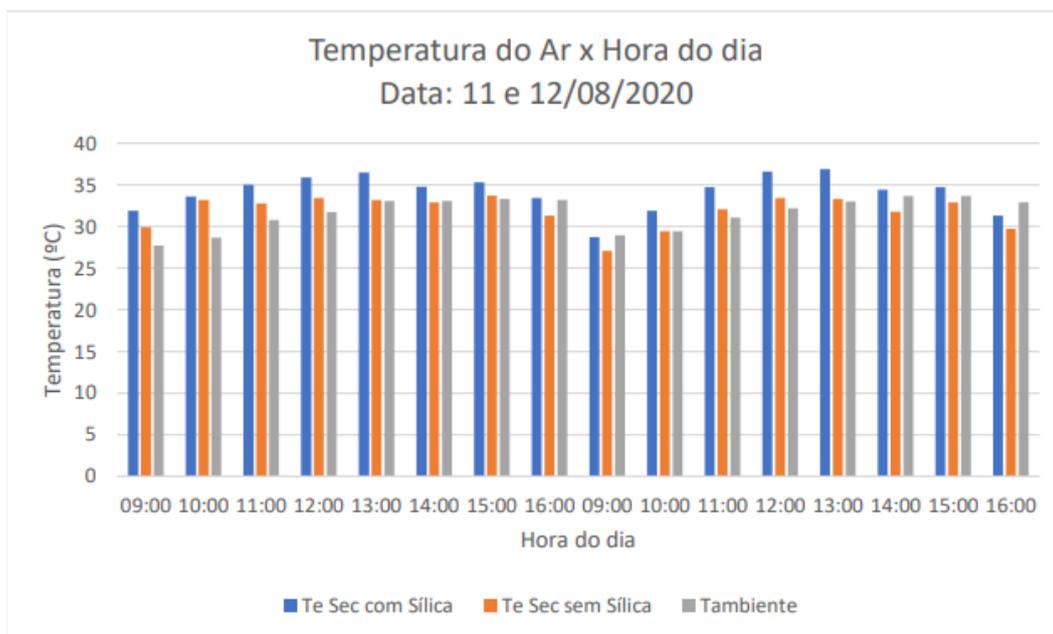


Fig. 9 – Temperatura (°C) x tempo na entrada dos secadores - Primeiro e segundo dias de experimento.

Analisando o gráfico, é possível observar que a temperatura no secador 2 (com sílica gel) é superior à do secador 1 (sem o dessecante). Deve-se, ainda, atentar ao fato da diferença de temperatura entre o ar ambiente e o interior de cada secador, permitindo concluir que esse equipamento, mesmo simples, é capaz de produzir uma diferença de temperatura suficiente para a secagem da banana.

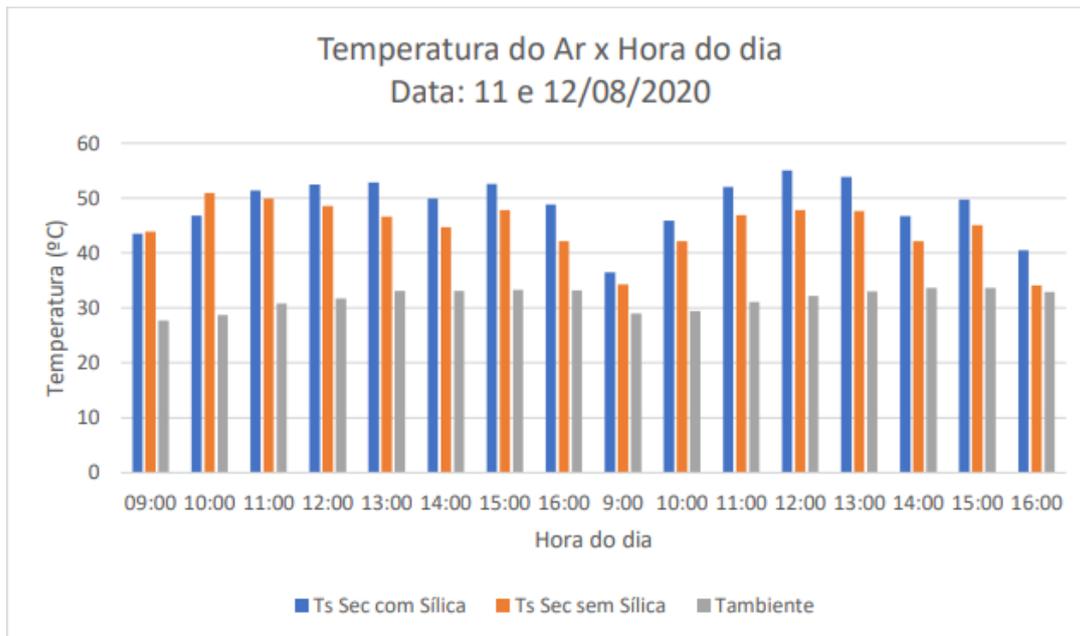


Fig. 10 – Temperatura (°C) x tempo na saída dos secadores – Primeiro e segundo dias de experimento.

Observando as Figuras 9 e 10, percebe-se que na maior parte do tempo, as temperaturas no interior dos secadores se encontravam acima de 40°C, oscilando algumas vezes em torno de 60°C (temperaturas que, nesta faixa, são suficientes para redução da umidade da banana, transformando a banana in natura em banana passa.), exceto às 16:00 h, período em que as últimas medições estavam sendo realizadas. Conforme esperado, o processo de secagem apresentou maior eficiência entre 11:00 h e 13:00 h, isso devido à intermitência existente nos processos que utilizam o sol como fonte de energia, além da intensidade de radiação solar que possui também um comportamento adverso, principalmente em cidades como Campina Grande que tem elevada altitude e um clima típico que propicia a formação intensa de nuvens no início e final do dia.

Muitos dos secadores utilizados comercialmente, ainda utilizam a energia elétrica para alcançar valores elevados de temperatura durante o processo da secagem. Em vista disso, a economia de energia elétrica que é obtida com o uso dos secadores que utilizam como fonte a energia solar, deve ser utilizada para demonstrar a importância e viabilidade técnica do equipamento desenvolvido, destacando ainda a sua fácil operacionalidade.

Nas Figuras 11 e 12, são mostrados os valores médios obtidos da umidade relativa do ar de secagem, na entrada e saída dos secadores, nos dias 11 e 12 de agosto de 2020.

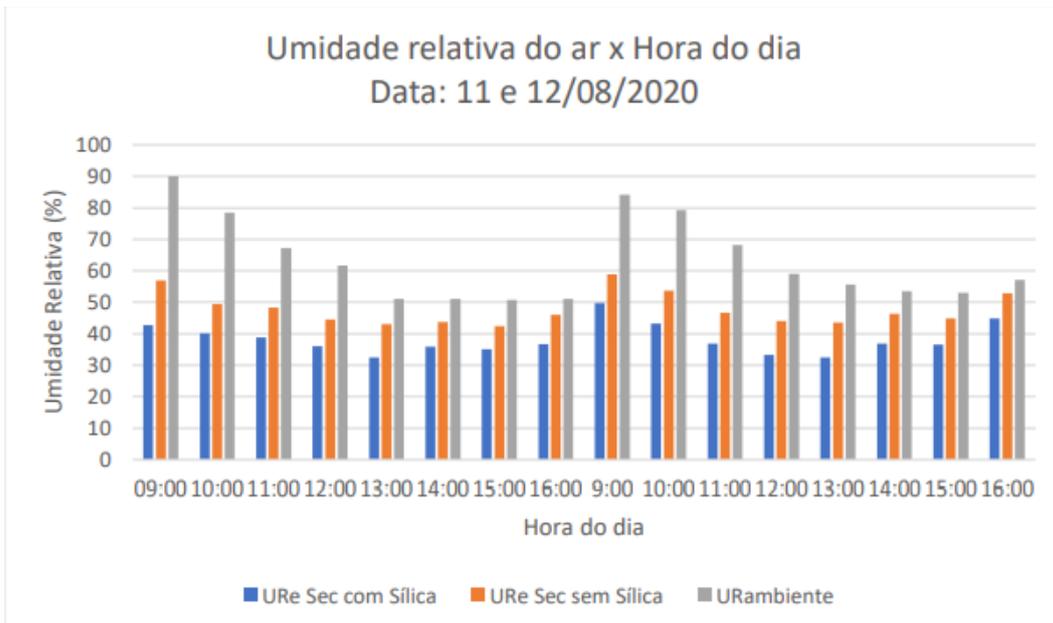


Fig. 11 – Umidade relativa (%) x tempo na entrada dos secadores – Primeiro e segundo dias de experimento.

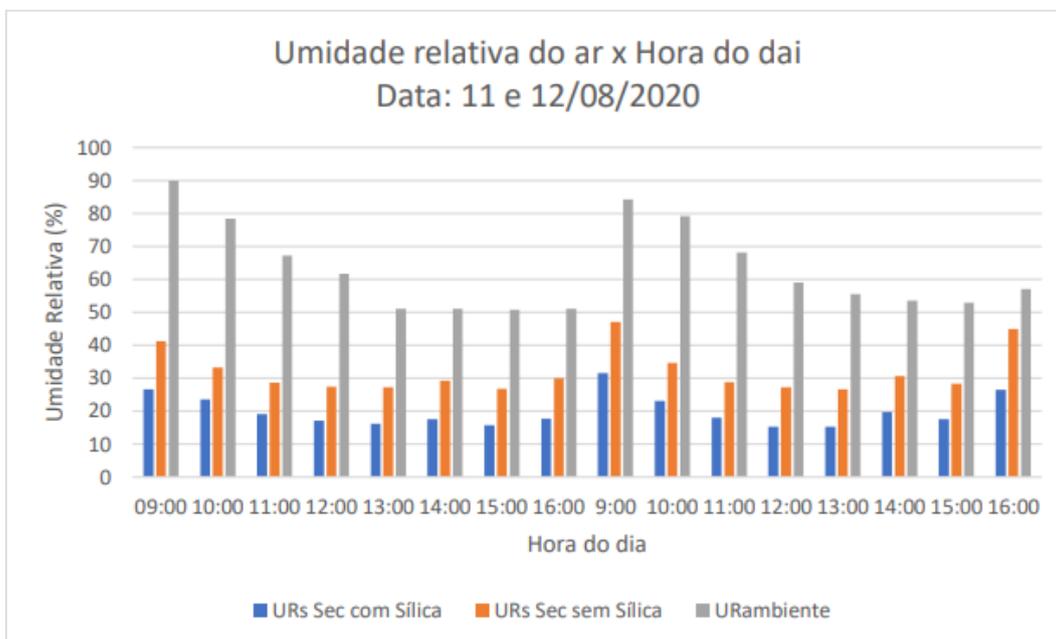


Fig. 12 – Umidade relativa (%) x tempo na saída dos secadores – Primeiro e segundo dias de experimento.

Observando os dois gráficos, pode-se concluir que a umidade relativa do ar de secagem no interior dos secadores sofreu uma queda significativa, e isso reforça o fato de que a cinética de secagem nesse processo está de acordo com o reportado pela literatura. Para o secador 1, sem dessecante, os valores de umidade relativa são obtidos devido o aumento de temperatura ocorrido no seu interior, já no secador 2, além desse

fator, os valores de umidade relativa têm uma queda ainda maior devido a presença da sílica gel.

Utilizando os dados da variação da massa da banana prata *versus* tempo obtidos durante o experimento, foi possível plotar a curva mostrada na Figura 13.

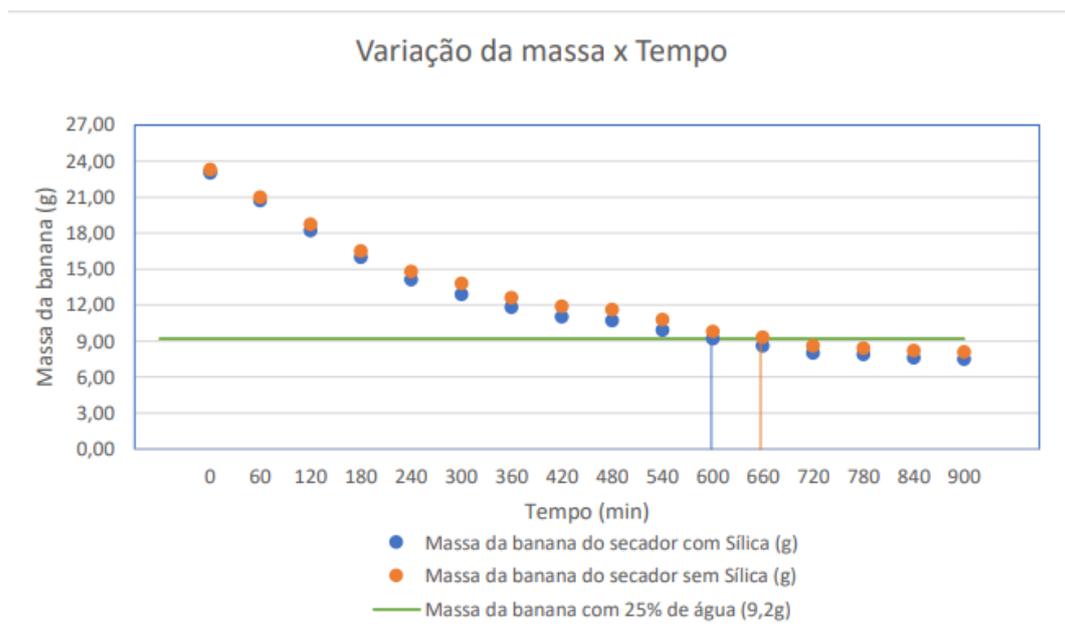


Fig. 13 - Variação da massa x tempo.

No início do experimento, as amostras de banana possuíam mesma massa. Conforme pode ser observado na Figura 13, a variação da massa da banana do secador com sílica atingiu o teor de 25% de água, aproximadamente 60 minutos antes da massa da banana do secador sem sílica. Isso mostra o benefício do uso do dessecante nos sistemas de secagem, principalmente em nossa região, que possui um clima atípico de brejo.

Os valores médios da radiação solar registrados nos 2 dias do experimento são apresentados na Figura 14.

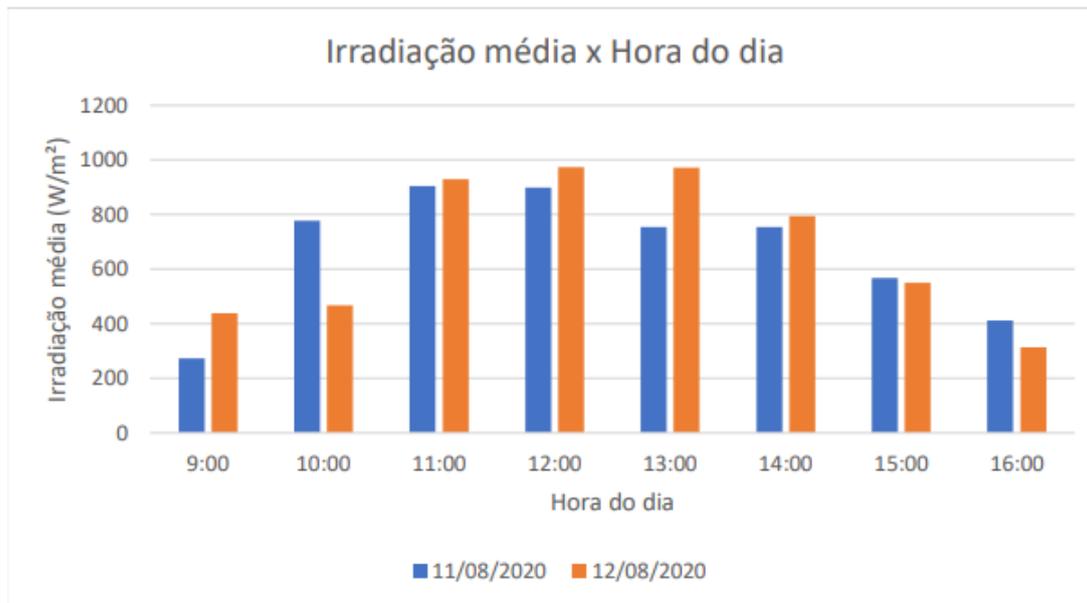


Fig. 14 – Irradiação solar média incidente durante os dois dias de experimento.

Analisando os resultados obtidos e os gráficos de temperatura e umidade relativa do ar de secagem, é possível concluir que:

- A temperatura do ar de secagem no interior no secador com sílica gel sofreu uma variação significativa;
- Para este experimento foi considerado que o teor de umidade inicial da banana em base úmida foi de 70%. No secador com sílica gel, depois de 10 h (dez) horas de secagem, foi obtido o teor de umidade em 25%, valor recomendado para a banana ser considerada banana passa, já no secador sem sílica gel o teor de umidade de 25% foi atingido apenas uma hora depois comparado com o secador com sílica. Portanto, é possível observar o benefício/protagonismo do uso do dessecante na eficiência da secagem.

Conclusões

A utilização do secador solar integrado a uma unidade dessecante, permitiu a realização da secagem da banana mais rápida, se comparada ao secador sem a unidade

dessecante. O equipamento funcionou como esperado produzindo banana passa de bom aspecto físico. A realização de testes experimentais de secagem mostrou que a secagem com a unidade dessecante atingiu o teor de 25% de água na banana em média de 60 a 180 a menos do que comparado ao outro sistema de secagem.

O sistema de medição e aquisição de dados desenvolvido foi capaz de medir os parâmetros propostos de maneira que os valores de velocidade, temperatura e umidade relativa do ar foram essenciais para realização dos cálculos do rendimento térmico do secador solar.

A eficiência mássica para o processo de secagem a partir dos experimentos realizados em ambos os secadores, mostrou que no secador com sílica teve um aumento da eficiência em torno de 3,74%.

Referências

GRILO, Marcelo Bezerra, **Fundamentos da Energia Solar: Conceitos básicos e aplicações**. Campina Grande, PB: Editora da UFCG, 61p. 2007.

GRILO, Marcelo Bezerra; LEITE, Antônio Pralon Ferreira; ANDRADE, Rodrigo Ronelli Duarte; BELO Francisco Antônio; MEUNIER, Francis. Experimental thermodynamic cycles and performance analysis of a solar powered adsorptive icemaker in hot humid climate. **Renewable Energy**, v. 32, p. 697-712, 2007.

LIMA, Antônio Gilson Barbosa de. (1999). **Fenômeno de difusão em sólidos esferoidais prolatos. Estudo de caso: Secagem de banana**, Tese de Doutorado, Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Faculdade de Engenharia Mecânica.

SILVA, Wilton Pereira da; SILVA, Cleide M.D.P. da S. e; GAMA, Fernando J.A; GOMES, Josivanda Palmeira. Mathematical models to describe thin-layer drying and to determine drying rate of whole bananas. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 13 p. 67-74, 2013.