

Eixo Temático ET-06-002 - Energia

USO DA ENERGIA SOLAR NA DESIDRATAÇÃO DE FRUTASLuiz Antonio Pimentel Cavalcanti¹, Igor Ribeiro Vilela²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, *Campus* Paulo Afonso, Bahia. E-mail: luiz.cavalcanti@ifba.edu.br; ²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia-IFBA, *Campus* Paulo Afonso, Bahia. E-mail: igorribeiro_vilela@hotmail.com.

RESUMO

Dentre os maiores entraves enfrentados pela agroeconomia no Brasil encontra-se a grande produção de resíduos alimentícios. Além disto, cada vez mais esforços são tomados em prol da sustentabilidade, no que diz respeito inclusive à maior aplicação de fontes renováveis de energia em processos que usualmente utilizam fontes tradicionais. Tendo em vista o beneficiamento de frutas não categorizadas para o consumo *in natura*, evitando perdas em lucro e produto, foi construído e estudado um desidratador de frutas que utiliza energia solar direta, constituído por uma câmara de desidratação e outra de captação de energia. Utilizaram-se latas de alumínio para formação de uma superfície com grande absorvância. Uma cobertura de vidro também compõe as câmaras. Ensaiou-se a coloração da câmara de captação (natural e preta), bem como a eficiência do protótipo sem a utilização das latas. Foram observadas as temperaturas externa e interna da câmara de desidratação, bem como a variação do conteúdo de água presente em bananas, por meio da construção de uma curva de desidratação. Visualizou-se a correlação positiva entre a temperatura verificada no ambiente e a da câmara de desidratação, sendo esta maior quando utilizadas as latas de alumínio e a coloração preta. O protótipo apresentou-se como tecnologicamente funcional.

Palavras-chave: Resíduos sólidos; Frutos; Beneficiamento; Transferência de calor.

INTRODUÇÃO

As mais diversas mudanças pelas quais passou a sociedade acarretaram também na transformação das formas de produção e consumo. As questões ambientais têm recebido posição de destaque nas discussões científicas realizadas nas últimas décadas uma vez que se verificaram ameaças a qualidade de vida no planeta em decorrência das ações humanas. Criaram-se então mecanismos como as políticas de gestão de resíduos sólidos, como uma tentativa de reduzir os prejuízos causados em ambas sociedade e natureza (MELLO et al., 2018).

A constante busca por redução dos prejuízos e entraves que dificultam a sustentabilidade dos processos agrícolas vem estimulando a pesquisa e construção de ferramentas e métodos que visam superar tais obstáculos, aumentando assim tanto a lucratividade do pequeno, grande ou médio produtor, como a variedade do produto final ofertado ao consumidor (WEIRICH NETO et al., 2016).

Diversas são as causas de perdas em produção de frutos e hortaliças. Entre elas podem ser citados o esmagamento, apodrecimento, senescência e murchamento (CHITARRA; CHITARRA, 1990). O desperdício decorrente de diversos fatores, como falta de cuidado na hora da colheita, uso de máquinas e equipamentos desregulados, assim como transporte e armazenamentos inadequados, faz necessária a criação de meios de controle de tais perdas (MARTINS; FARIAS, 2002).

Localizada em região de clima tipo BSh (Koppen) semiárido do Sertão Nordestino, a cidade de Paulo Afonso e regiões circunvizinhas recebem forte incidência de raios solares a

maior parte do ano (NASCIMENTO, 2017). Associado ao fato do desperdício de frutas verificado nas centrais de abastecimento da cidade, percebeu-se a necessidade de articular tão abundante fornecimento de energia solar às perdas em produto. Para tal sugere-se a desidratação solar de frutas que não seriam aproveitados para o consumo in natura.

A energia solar apresenta diversas características que configuram sua utilização como sustentável, a exemplo da não liberação de resíduos na atmosfera, ser renovável e de grande potencial, além de estar disponível largamente em quase todo o Brasil e principalmente no Nordeste (MACHADO; MIRANDA, 2015).

O presente trabalho teve por objetivo apresentar dados relativos à projeção e construção de um desidratador que utiliza energia solar direta para aquecer uma câmara de captação e outra de desidratação, melhorando assim o aproveitamento de frutos que são rejeitados para consumo in natura, e reaproveitando resíduos sólidos abundantemente encontrados na cidade (latas de alumínio) como componentes do protótipo.

OBJETIVO

Construir e Avaliar o desempenho de um protótipo de desidratador que utiliza energia solar para melhorar assim o aproveitamento de frutos que são rejeitados para consumo in natura, e reaproveitando resíduos sólidos abundantemente encontrados na cidade (latas de alumínio) como componentes do protótipo.

METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no Laboratório de Biocombustíveis do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), localizado na longitude 38° 12' 57.0" W e latitude 9° 23' 24.5" S. Conforme Nascimento (2017), a cidade de Paulo Afonso e região, segundo classificação climática de Köpen possui clima tipo BSh, semiárido do Sertão Nordestino. A temperatura média anual é de 25,8 °C, e a umidade relativa do ar situa-se em média entre 58,3% e 78,1%.

A construção do protótipo do desidratador foi planejada de forma que ele fosse um modelo funcional, de baixo custo e eficiente. O desidratador utiliza o princípio de transferência de calor por convecção. Um compartimento em forma de paralelepípedo foi dimensionado em 80 cm x 40 cm x 15 cm, sendo dividido ao meio em um ângulo de 90 graus em relação à base maior, de forma a ser composto por duas câmaras, uma com a função de captar a radiação solar e outra funcionando como a câmara de desidratação.

Esta estrutura foi construída em madeira, com cobertura de fórmica acrílica. As duas câmaras eram ligadas por meio de orifícios que permitiam a passagem de ar entre elas, e ambas as câmaras ainda possuíam um orifício que as conectava ao meio externo, permitindo que o ar entrasse na câmara de captação e fosse aquecido. Em seguida, devido à redução da densidade, o ar passava da câmara de captação para a de desidratação, sendo posteriormente devolvido ao meio externo. Um tampo de vidro que desliza foi anexado à estrutura do desidratador, de forma a facilitar a manutenção e colocação do material a ser desidratado, conferir proteção do ambiente externo, além de permitir a passagem de luz e proporcionar o armazenamento de ar quente dentro das câmaras. Utilizou-se uma espuma de isolamento para vedar o sistema (Figura 1).

Para que o protótipo fosse avaliado realizou-se a desidratação de banana. O processo foi concluído após 9 horas de exposição dos frutos ao sol. As bananas, do tipo prata, foram adquiridas em comércio local e expostas à luz solar após cortadas ao meio no sentido longitudinal e posteriormente reduzidas a tamanhos menores, tendo estes as dimensões de aproximadamente 2,8 cm x 2,8 cm x 1,5 cm. 10 amostras tiveram suas massas submetidas à quantificação com o auxílio de uma balança analítica da marca Bioscale, possuindo todas aproximadamente 9g.



Figura 1. Protótipo desidratador de frutas. Fonte: Os Autores (2018).

Com o objetivo de elaboração de curva de desidratação, realizou-se o procedimento descrito a seguir. Uma amostra não submetida à desidratação solar foi levada a um medidor de umidade da marca Shimadzu, servindo como parâmetro de comparação das demais, sendo denominada de amostra *In natura*. As 9 demais amostras foram dispostas na câmara de desidratação, sendo uma retirada a cada uma hora e levada posteriormente ao medidor de umidade para constatação de seu teor de água. Foram determinadas também a temperatura ambiente, externa ao desidratador, e a temperatura na câmara de desidratação, com o intuito de se construir uma curva de temperatura. Utilizou-se um termômetro digital tipo espeto, com escala -50 a 300°C , da marca Ion. O acompanhamento da massa das frutas após retirada de amostra da câmara de desidratação utilizou a mesma balança analítica citada anteriormente. Ambas as curvas foram elaboradas com o auxílio do software Origin 8.6 versão do estudante.

Após a realização do primeiro experimento, a câmara de captação foi totalmente pintada com tinta spray preto fosco para uso geral da marca Colorgin. Esperou-se 72h para que a tinta secasse totalmente, permitindo assim a continuidade dos testes no protótipo. Latas de alumínio foram tiveram seu fundo e tampa cortados, de forma a constituir folhas com dimensões médias de $9\text{ cm} \times 18\text{ cm}$ que pudessem ser moldadas. As latas foram deformadas de modo a serem acopladas à câmara de desidratação e servir tanto para a captação de calor como de bandeja para receber os frutos a serem desidratados (Figura 1). Feitas as modificações descritas, o procedimento de avaliação descrito anteriormente foi realizado mais uma vez, seguindo os mesmos padrões de dimensões de corte e massa da fruta analisada, e utilizando os mesmos materiais e métodos já citados. Uma segunda curva de desidratação e outra de temperatura foram confeccionadas com o auxílio do software Origin 8.6 versão do estudante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para fins de melhor construção do texto, será considerado o teste do protótipo sem aplicação da tinta preta e utilização das latas de alumínio como Teste A, e o segundo, com tais modificações realizadas, como Teste B. Durante a realização do experimento foi possível analisar e avaliar o funcionamento de cada parte constituinte do protótipo desidratador. A câmara de captação, idealizada como principal componente captador de radiação solar do desidratador, mostrou-se eficiente à medida que conseguiu, na primeira hora do experimento, promover um grande aumento na temperatura interna do desidratador. De 26°C , esta aumentou para 64°C no Teste A, e de 26°C para 43°C no teste B. Foram ultrapassadas as temperaturas ambientes do momento, e as máximas para ambos os testes foram atingidas na quarta hora, correspondentes à 70°C no Teste A e 72°C no Teste B.

A câmara de desidratação, componente do protótipo que recebeu as amostras durante o experimento, também cumpriu sua função de forma satisfatória ao promover nos dois testes a troca de calor entre o ar aquecido advindo da câmara de captação e os frutos. A água, presente no interior das amostras, foi vaporizada e carregada para fora do desidratador pela abertura superior. A abertura inferior foi responsável por possibilitar a entrada de ar frio. Ambos os orifícios promoveram a circulação do ar, permitindo que não houvesse o acúmulo de vapor de água e possível condensação dentro do protótipo, o que ocasionaria uma redução da temperatura interna e retenção de umidade por parte dos frutos. As aberturas entre os compartimentos permitiram que o ar aquecido pudesse escoar de uma câmara para a outra.

A cobertura de vidro transparente ao comprimento de luz visível e opaca ao infravermelho foi responsável por permitir a passagem da radiação solar, manter a temperatura no interior do desidratador maior que a externa, e proteger as amostras do contato com o ambiente.

Foi analisado o conjunto de dados referentes à desidratação das amostras dentro da câmara de desidratação em função do tempo de exposição do fruto dentro do protótipo desidratador nos dois testes. O período total de exposição ao sol foi de 9 horas, sendo ao final do processo constatada porcentagem de umidade de 29,98% no Teste A, contrastando com os 68,82% verificados na amostra In natura. Já no Teste B, foram verificados 24,85% de umidade, divergindo dos 68,01% presentes na amostra In natura (Figura 2) O eixo X corresponde ao tempo de exposição (em horas) das amostras à radiação solar, enquanto o eixo Y diz respeito a porcentagem de umidade (kg de água/kg de fruto) presentes na amostra.

Os valores de umidade relativos à sétima e oitava amostra no Teste A não constam na curva pois, devido à posição em que estas se encontravam dispostas dentro da câmara de desidratação (com o meio voltado para baixo), os resultados alteraram em relação aos demais. Constatou-se então que a melhor posição para a amostra ser disposta dentro da câmara de desidratação é com o seu meio voltado para cima.

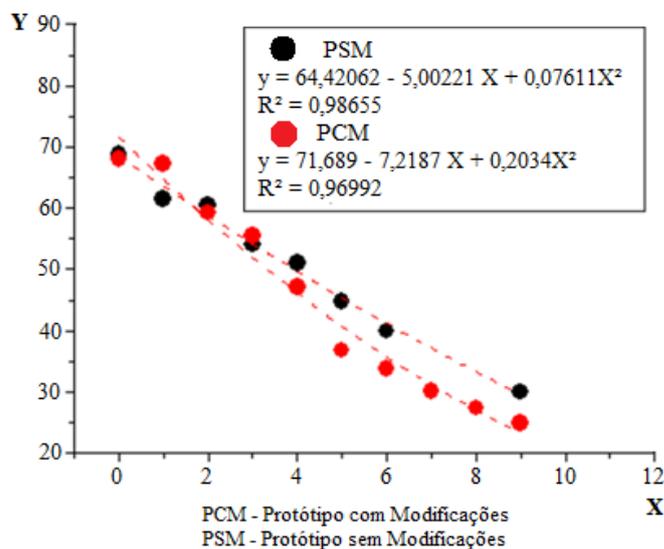


Figura 2. Curvas de umidade das amostras na câmara de desidratação. Fonte: Os Autores (2018).

O bom desempenho do protótipo é então evidenciado, apresentando-se como funcional e eficiente no que diz respeito à redução da umidade no interior dos frutos em ambos os testes. Devido à simples estrutura, com materiais que podem ser facilmente encontrados e resgatados de outras estruturas, como a madeira para a base, as latas de alumínio, e o vidro que é amplamente comercializado, este protótipo pode ser utilizado por pequenos agricultores,

comerciantes de frutos em centrais de abastecimento de cidades, escolas, mercados e até mesmo em residências.

As temperaturas do interior da câmara de desidratação no decorrer das horas do experimento sofreram variações (Figura 3). O eixo X corresponde ao tempo de exposição (em horas) das amostras à radiação solar, enquanto o eixo Y representa as temperaturas verificadas no interior do desidratador no decorrer do experimento. É verificado no Teste A um rápido crescimento na temperatura nas horas iniciais, com posterior queda. Esta é justificada pela ação da nebulosidade no dia, que cresce em proporção inversa à insolação. Entretanto, isto não afetou negativamente a prática, uma vez que, conforme constatado pela análise dos dados e segundo Kopf (2008), as temperaturas iniciais do processo de desidratação devem ser maiores e em torno de 70 °C. Com relação ao Teste B, verificou-se que a temperatura no interior da câmara de desidratação manteve-se elevada por mais tempo, não apresentando a queda brusca verificada no Teste A.

A câmara de desidratação conseguiu no Teste B atingir uma temperatura máxima superior à verificada no Teste A. Isto ocorreu mesmo embora o segundo teste tendo sido realizado em um dia com temperaturas inferiores e maior nebulosidade. A coloração preto fosco da câmara de captação, associada à ação das estruturas de alumínio, possibilitou maior retenção da radiação solar. Esta tinta foi escolhida levando em consideração a maior capacidade de absorção de energia característica da cor preta, e a menor reflexão dos raios solares em decorrência da opacidade da cobertura.

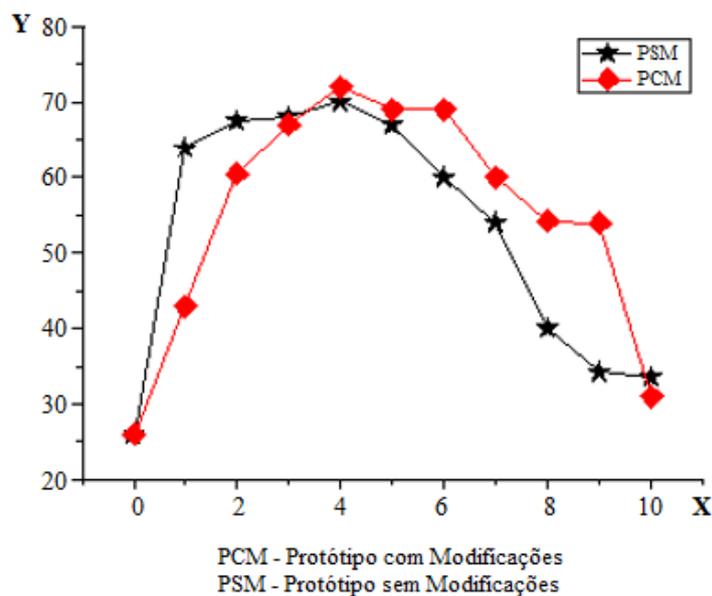


Figura 3. Curvas de variação da temperatura em relação ao tempo de exposição das amostras. Fonte: Os Autores (2018)

Tais adaptações tornaram possível que, mesmo com menor disponibilidade de radiação solar, o desidratador absorvesse maior quantidade de calor e mantivesse sua temperatura elevada por mais tempo. Como consequência dos aprimoramentos realizados, maior porcentagem de umidade foi retirada do interior das amostras. A utilização das latas de alumínio é uma alternativa sustentável, uma vez que associa o reaproveitamento de um material que seria descartado a um processo que visa o beneficiamento de frutos que também seriam rejeitadas. O descarte inadequado de ambos os materiais representaria prejuízos socioeconômicos e ambientais. Sendo assim, é proposta a união da demanda de gestão destes que seriam tidos como resíduos para utilização em um processo eficiente e sustentável.

CONCLUSÃO

A experimentação do protótipo desidratador com uso de energia solar direta se deu de forma eficiente, demonstrando o bom funcionamento de todas as partes que o constituem. A desidratação de bananas demonstrou-se eficaz, sendo validada pelas curvas de desidratação e temperatura construídas. A temperatura máxima alcançada na câmara de desidratação foi de 72 °C, constatando a capacidade do protótipo de armazenar calor proveniente da energia solar.

O estudo comparativo dos dois testes realizados revelou que a pintura da câmara de captação com tinta preta fosca e anexação de estruturas confeccionadas a partir de latas de alumínio influenciaram de maneira positiva no que diz respeito a manutenção de temperatura elevada no interior do protótipo. Esta, por sua vez, se encontrou dentro do indicado na literatura para o processo de desidratação de frutos.

O modelo se apresentou como tecnologicamente funcional, de baixo custo e eficaz na redução da umidade da amostra avaliada. A utilização de frutos que, seriam descartadas durante a cadeia produtiva por pequenas injúrias, no desidratador, fará com que estes mais uma vez possam circular no mercado com aproveitamento satisfatório em relação a seus nutrientes. A associação de latas de alumínio ao processo o torna mais eficiente, e evita o descarte inadequado deste resíduo, uma vez que a cidade de Paulo Afonso não dispõe de serviços de Coleta Seletiva.

REFERÊNCIAS

- CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Esal/ Faepe, 1990.
- MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão. **Rev. Virtual de Quim.**, v. 7, n. 1, p. 126-143, 2015.
- MARTINS, C. R.; FARIAS, R. M. Produção de alimentos x desperdício: tipos, causas e como reduzir perdas na produção agrícola. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 9, n. 1, p. 83-93, 2002
- MELLO, D. P. D. Análise preliminar do pagamento por serviços ambientais urbanos como instrumento de gestão dos resíduos sólidos. In: ENCONTRO PERNAMBUCANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 6., 2018, Recife. Resíduos Sólidos: gestão pública e privada. Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/41yr6tosu5pv1mz/ebook_gestao_publica_e_privada.pdf?dl=0>. Acesso em: 10 abr. 2018.
- NASCIMENTO, F. A. **Sistema Fotovoltaico e de Aquecimento Solar Aplicado a Produção de Biodiesel em Reator Sustentável. Design, Protipagem e Análise**. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Departamento de Engenharia Elétrica, Paulo Afonso, 2017.
- WEIRICH NETO P. H. et al, Desidratador de frutas com uso de energia solar direta. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 5, n. 1. p. 1-11, 2016.