

## DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DESIDRATADOR SOLAR DE FRUTAS COM UTILIZAÇÃO DE MATERIAL RECICLADO

Igor Ribeiro Vilela<sup>1</sup>, Luiz Antônio Pimentel Cavalcanti<sup>2</sup>

### 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 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 e uma alternativa às formas tradicionais de gestão de resíduos verificadas na cidade de Paulo Afonso.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desidratação solar, frutos, beneficiamento.

## DEVELOPMENT OF PROTOTYPE FRUIT SOLAR DEHYDRATOR WITH USE OF RECYCLED MATERIAL

### ABSTRACT

The large production of food waste is one of the major obstacles faced by agro-economics in Brazil. Because of that, more and more efforts are being made towards sustainability, including the increased application of renewable energy sources in processes that usually use traditional ones. The construction and study of a fruit dehydrator that uses direct solar energy,

---

<sup>1</sup> Formando em Técnico em Biocombustíveis pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Paulo Afonso. E-mail: igorribeiro\_vilela@hotmail.com

<sup>2</sup> Professor do curso de Biocombustíveis no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Paulo Afonso. Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: luizufpe@yahoo.com.br

consisting of a dehydration chamber and another one of energy collection, happened in order to obtain dry fruit made out of fruits not categorized for *in natura* consumption, avoiding losses in profit and product. Aluminum cans were used to form a highly absorbent surface. A glass cover also makes up the cameras. The coloration of the capture chamber (natural and black) was tested, as well as the efficiency of the prototype without the use of the cans. The external and internal temperatures of the dehydration chamber were observed, so as the variation of the water content present in bananas, through the construction of a dehydration curve. The positive correlation between the temperature verified in the environment and that of the dehydration chamber was observed, being higher when the aluminum cans and the black color were used. The prototype was technologically functional and an alternative to the traditional forms of waste management verified in the city of Paulo Afonso.

**KEY-WORDS:** Solar dehydration, fruit, processing.

## 1. 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 à 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 ofertado ao consumidor (NETO et al., 2016).

Diversas são as causas de perdas da produção de frutos e hortaliças. Entre elas podem ser citados o esmagamento, apodrecimento, senescência e murchamento (CHITARRA e 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 e 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).

Desta forma, o presente trabalho tem 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. Tal estudo é de fundamental importância, visto que reúne em um só aparelho a possibilidade de solução de diversas problemáticas atuais.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. Geração e gestão de resíduos sólidos no Brasil**

Acredita-se que a história dos resíduos sólidos está relacionada ao processo de civilização humana. Sendo assim, os primeiros acúmulos de materiais residuais foram derivados das atividades que tiveram início quando o Homem deixou de ser nômade e passou a ser sedentário. É dito que o primeiro depósito municipal para resíduos foi criado na cidade de Atenas, 400 a.C. O primeiro plástico sintético foi fabricado em 1868, como substituto para a madeira e o metal, sendo produzido de forma comercial no ano seguinte. Logo após, surgiram o papel encerado, a folha de alumínio, o celofane, e novos tipos de plástico (SANTAELLA et al., 2014).

Para utilização em embalagens, os metais ofertam propriedades de proteção física e de barreira, formabilidade, reciclagem, e é muito aceito no mercado por sua versatilidade. Os mais utilizados para este fim são o aço e o alumínio. Este último não é encontrado na natureza em sua forma metálica, mas é o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre. O Brasil destaca-se como o 6º maior produtor mundial de alumínio e o 9º maior consumidor deste material. Apresenta como qualidades ser leve, impermeável à luz, umidade e odores, ser

maleável e resistente. Entretanto, sua degradação na natureza pode demorar de 100 a 500 anos, dando-se assim a importância de sua reciclagem (LANDIM et al., 2016).

Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em 2012 foram gerados no Brasil aproximadamente 63 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos. Destes, 6,2 milhões deixaram de ser coletados e, muito provavelmente, foram destinados de forma imprópria. De acordo com pesquisa da mesma instituição, o sistema de coleta seletiva ainda é uma prática baseada em ações informais ou em projetos voluntários, que não se manifestam de forma expressiva em todo território nacional. Contudo, o Brasil ocupa posição de destaque no cenário mundial com altos índices de reciclagem para: alumínio, papel, plástico e vidro, com destaque para o primeiro, que apresenta taxa de 97,7% de reciclagem (SANTAELLA et al., 2014).

No ano de 2012, o Brasil reciclou 508 mil toneladas. Desse total, 267,1 mil toneladas correspondem a sucatas de latas de alumínio para bebidas. Sua reciclagem propicia além da geração de renda para milhares de pessoas, a economia de milhões de toneladas de bauxita (minério do qual é extraído o alumínio), economizando anualmente uma quantidade de energia equivalente ao abastecimento de uma cidade com mais de 1 milhão de habitantes, contribuindo dessa forma para um meio ambiente mais limpo e sustentável (LANDIM et al., 2016).

De acordo com o artigo 3º da lei Nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010, resíduos sólidos são materiais, substâncias, objetos ou bens descartados resultantes de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, gases contidos em recipientes e líquidos que não podem ser lançados na rede pública de esgoto ou corpos d'água devido a particularidades de sua composição (Brasil, 2010).

Até o ano de 2010, as normas responsáveis pela definição e regulação de tudo relativo a resíduos sólidos no Brasil encontravam-se dispersas entre os mais diversos corpos legais, algumas vezes até mesmo conflitando entre si. Não existia um corpo legal que por si só fosse capaz de regular o relativo a resíduos. Era possível observar a falta de planos claros e explícitos de gestão de resíduos, cabendo então a cada gestor aplicar o que lhe parecia correto. Neste contexto foi criada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que tem por objetivo nortear a gestão de resíduos no território nacional (GODOY, 2013). É interessante notar que dentre os temas observados nos projetos de lei em tramitação na política da década

de 90, observa-se o debate concernente ao conceito do que seria posteriormente denominado de “desenvolvimento sustentável” (MORAIS, 2018).

Espera-se então que, com a implementação da PNRS, ocorram mudanças relativas aos aspectos que envolvam desde a população até aqueles que trabalham como catadores. Estes, por sua vez, carecem de medidas de intervenção social, como políticas de incentivo e apoio que lhes garantam condições dignas e seguras de trabalho (QUEIROZ; GOMES JUNIOR, 2018). A hierarquia de gestão de resíduos sólidos urbanos adotada pelo Brasil é muito similar a aplicada em países desenvolvidos, como os que compõem a União Europeia e os EUA (NASCIMENTO et al., 2015).

Em sua última versão, de agosto de 2012, o Plano Nacional fixou a redução de 22% dos resíduos da fração seca dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e de 19% da fração úmida disponíveis para disposição final em 2015. Segundo diagnóstico, os resíduos no Brasil em 2008 foram categorizados como sendo 31,9% correspondentes a fração seca, 51,4% de matéria orgânica e 16,7% de outros materiais (OLIVEIRA; GALVÃO JUNIOR, 2016).

De acordo com Gouveia (2013), o desenvolvimento econômico, crescimento populacional, os processos de urbanização e a revolução tecnológica vem alterando os estilos de vida e os modos de produção e consumo. Estes, por sua vez, resultam no aumento da produção de resíduos sólidos, tanto no que tange a quantidade como em diversidade. Tal fenômeno é mais expressivo nos grandes centros urbanos. Sabe-se que a quantidade de domicílios em uma cidade é diretamente ligada a quantidade de resíduos gerados. Segundo Oliveira et al. (2018), as residências são as fontes geradoras mais abundantes. Boa parte destes resíduos não possuem destinação sanitária e ambientalmente apropriada, sendo destinados a vazadouros a céu aberto, conhecidos como lixões, mesmo embora esta prática sendo hoje punível com multa para as cidades que não se adequarem às novas legislações de gestão de resíduos.

Uma vez dispostos de forma imprópria, estes materiais podem comprometer a qualidade do solo, das fontes d'água e do ar, por serem fontes de substâncias como compostos orgânicos voláteis, defensivos agrícolas, solventes e metais pesados, entre outros. A decomposição da matéria orgânica resulta no chorume, líquido de cor escura que pode contaminar o solo e as águas superficiais e subterrâneas. Segundo Campos et al. (2015), nos últimos anos tem sido dada uma atenção significativa para o tratamento dos lixiviados em aterros, por saber-se dos prejuízos que estes podem ocasionar no solo.

Também há a possibilidade de formação de gases tóxicos, asfixiantes e explosivos. Estes locais de depósito apresentam as condições propícias para a proliferação de vetores e outros agentes transmissores de enfermidades. Desta forma, os impactos dessa degradação se estendem para além das áreas de disposição final dos resíduos, afetando a vida de toda população. A longo prazo, a disposição dos resíduos sólidos pode contribuir de maneira significativa com os processos de mudanças climáticas. O gás metano (CH<sub>4</sub>), um dos gases responsáveis pelo fenômeno do aquecimento global (GOUVEIA, 2013), é liberado na atmosfera como resultado da decomposição de matéria orgânica.

## **2.2.Os entraves na produção agrícola de frutos no Brasil**

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas no mundo, com produção de 38,86 milhões de toneladas conforme dados de 2012 da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), perdendo apenas para a Índia e China, que produzem, respectivamente, 71,07 e 137,06 milhões de toneladas. Em 2013, o Brasil destacou-se com a produção de 43,6 milhões de toneladas de frutas, com estimativa de 2,2 milhões de hectares sendo utilizados para tal (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2015).

Conforme dados do Instituto Brasileiro de Frutas (IBRAF), o Brasil perde 5,1 milhões de toneladas de frutas por ano, estimando-se uma perda de US\$2,3 bilhões anuais (EMBRAPA, 2017). De acordo com Souza (2007) tal fato chama atenção para a urgente necessidade de se criar e incrementar processos simples e baratos, que ofereçam meios para a conservação destes alimentos extremamente perecíveis. A perda de alimentos ao longo de toda a cadeia produtiva representa perdas significativas de recursos investidos na sua produção, transporte e armazenamento. Recursos como energia, água e insumos agrícolas se tornam cada vez mais escassos e necessitam ser aplicados de forma eficiente e sustentável (ALVES; UENO, 2015).

Segundo Martins e Farias (2002), pesquisas realizadas em redes de comercialização de frutas nos mercados e em centrais de abastecimento de cidades demonstraram que, sobretudo as injúrias físicas e mecânicas, produziram maiores perdas no momento da exposição das frutas que os demais setores (legumes, verduras e tubérculos).

A constante busca pela redução dos prejuízos e entraves que dificultam a sustentabilidade dos processos agrícolas vem estimulando a pesquisa e construção de ferramentas e métodos que visem superar tais obstáculos, aumentando assim tanto a

lucratividade do pequeno, grande ou médio produtor, como a variedade do produto final ofertado ao consumidor (NETO et al. 2016).

Conforme Costa (2008), o surgimento de secadores dimensionados adequadamente para a secagem de frutas fez crescer nos últimos 10 anos o mercado de frutas desidratadas. A comercialização de outras frutas secas além da banana, como a maçã, o mamão, o abacaxi e a manga, mesmo que em menor quantidade, torna evidente o constante desenvolvimento deste segmento. Durante o processo de secagem, não ocorre perda das substâncias nutritivas presentes nas frutas, pois somente a água é evaporada.

A desidratação é um processo que combina transferência de calor e massa em que a disponibilidade de água de um alimento é reduzida, conseqüentemente aumentando o tempo de vida útil do mesmo, combatendo assim sua perecibilidade e desperdício (BARBOSA, 2011). Sendo frutos alimentos altamente perecíveis, a elaboração de produto desidratado (fruto seco) apresenta-se como uma alternativa para o aproveitamento do excedente produzido e comercialização *in natura*, além de permitir ao consumidor um produto comercializado em qualquer período do ano (ALESSI et al., 2013).

A desidratação de alimentos sólidos, como frutas e hortaliças, tem por objetivo a remoção da umidade do sólido por meio da evaporação. De acordo com Sokhansanj e Jayas (2006), tal redução deve acontecer de forma que atinja um ponto onde a concentração de açúcares, ácidos, sais e outros componentes sejam suficientemente elevados para inibir o desenvolvimento de microrganismos. Alimentos com atividade de água entre 0,2 e 0,4 não sofrem reações degradativas e crescimento microbiano.

Segundo a legislação Brasileira, fruta seca é o produto obtido pela perda parcial da água da fruta madura, inteira ou em pedaços, por processos tecnológicos adequados. O produto é designado simplesmente pelo nome da fruta que lhe deu origem, seguida da palavra "seca". A alimentação saudável não é somente uma necessidade, mas nos dias atuais transformou-se em um "estilo de vida", especialmente pela constatação de que traz inegáveis benefícios à saúde, ao bem estar e à qualidade de vida. As frutas desidratadas são ótimas fontes de vitaminas, sais minerais e possuem alto teor calórico. Um bom exemplo dessa riqueza é o damasco seco, que possui duas vezes mais vitamina A e grandes quantidades de potássio e ferro do que a fruta *in natura* (IDEIAS... 2014).

Em todo o mundo, o país que mais recebe irradiação solar é o Brasil. Devido à sua localização próxima à linha do Equador (linha imaginária responsável pela divisão do globo

terrestre em dois hemisférios: Sul e Norte), o país recebe alta incidência de sol durante todo o período do dia, com pouca variação ao decorrer das estações do ano. Conforme dados do Atlas Brasileiro de Energia Solar, o país recebe durante todo o ano, mais de 3 mil horas de brilho do sol, o que corresponde a uma incidência solar diária que pode ir de 4.500 a 6.300 Wh/m<sup>2</sup> (POTENCIAL... 2017).

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 associar tão abundante fornecimento de energia solar às perdas em produto por meio da utilização de desidratação solar de frutas que não seriam aproveitados para o consumo *in natura*.

Conforme Costa (2008), o secador solar é um sistema em que o ar é aquecido pela radiação e escoado, de forma natural ou forçada, por um sistema que tem por objetivo retirar a umidade do material que se deseja secar. Este material pode ser colocado diretamente no coletor, configurando secagem direta, ou em uma câmara quando se tem a secagem indireta.

As crises do petróleo fizeram com que desde a década de 70 fossem estudadas formas alternativas de energia para adoção no país, na busca por segurança no fornecimento de energia e redução da dependência dos combustíveis fósseis (SIMAS; PACCA, 2013). Nos dias atuais, o desenvolvimento de equipamentos que utilizam a radiação solar de forma eficiente e a baixo custo passou a ter muita importância, pois se tornou uma alternativa mais economicamente viável em comparação aos secadores convencionais e seus elevados custos de aquisição e operação, sem contar no forte apelo para a utilização de energias renováveis, que vem ganhando cada vez mais prestígio no mundo desenvolvido devido ao surgimento de políticas de substituição das fontes derivadas do petróleo por fontes renováveis (SILVA, 2013).

O presente artigo tem por objetivo avaliar dados referentes à construção e experimentação do protótipo de um desidratador de frutas que utiliza energia solar direta para aquecer uma câmara de captação e outra de desidratação, melhorando assim o aproveitamento de frutas que são rejeitadas para o consumo *in natura*.

### **3. 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 Nordeste. 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 foram 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 térmico para vedar o sistema.

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.

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 cm x 18cm 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. 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.

A Figura 01 mostra o protótipo desidratador sem e com as modificações realizadas no decorrer da pesquisa.

Figura 01. Protótipo desidratador solar de frutas



Fonte: Os Autores (2018).

#### 4. 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.

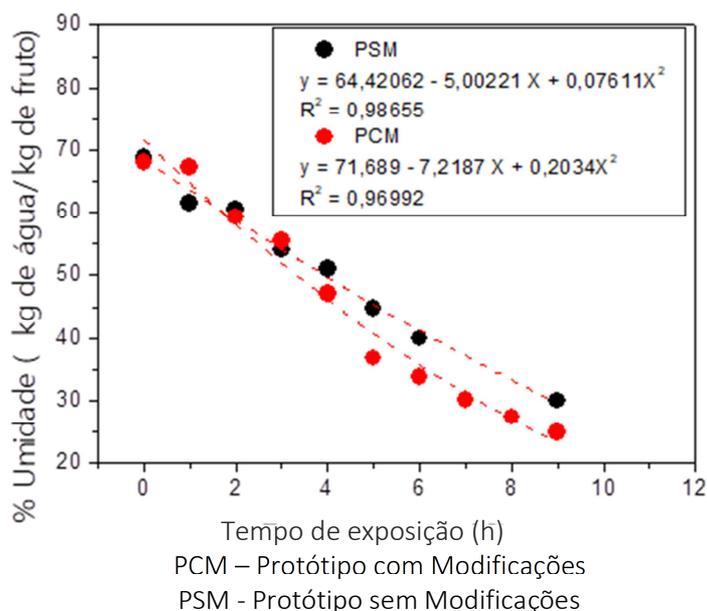
A câmara de desidratação, componente do protótipo que recebeu as amostras durante o experimento, também cumpriu sua função de forma satisfatória ao promover nos dois testes a troca de calor entre o ar aquecido advindo da câmara de captação e os frutos. A água, presente no interior das amostras, foi vaporizada 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.

A Figura 02 apresenta 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 02. Curvas de umidade das amostras na câmara de desidratação



Fonte: Os Autores (2018)

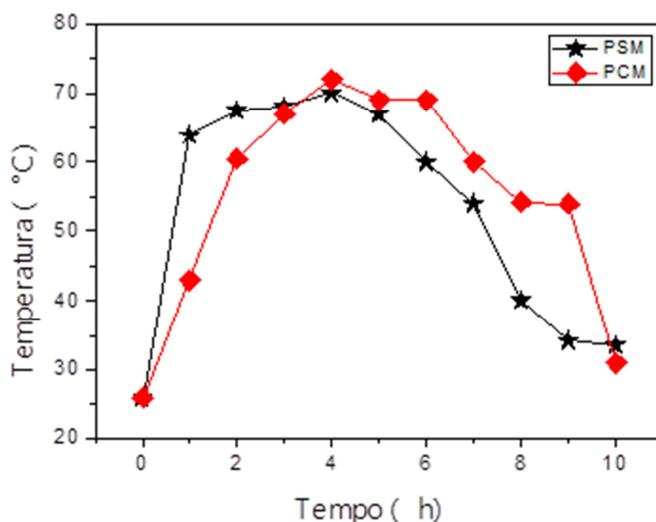
Os valores de umidade relativos à sétima e oitava amostra no Teste A não constam na curva pois, devido à posição em que estas se encontravam dispostas dentro da câmara de desidratação (com o meio voltado para baixo), os resultados alteraram em relação aos demais. Constatou-se então que a melhor posição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

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 CEASAS, escolas, mercados e até mesmo em residências.

As temperaturas do interior da câmara de desidratação no decorrer das horas do experimento podem ser visualizadas na Figura 03. 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.

Figura 03: Curvas de variação da temperatura em relação ao tempo de exposição das amostras



PCM – Protótipo com Modificações  
PSM - Protótipo sem Modificações

Fonte: Os Autores (2018)

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.

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 à 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.

## **5. CONCLUSÕES**

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 preto fosco 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. Como consequência, maior foi a quantidade de água retirada do interior das amostras.

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.

Propõe-se sua utilização, além de por pequenos agricultores como forma de redução de perdas em produto, em instituições que lidam diariamente com a produção de material orgânico que dado o descarte incorreto se caracterizaria como agente poluidor. Exemplos destas são escolas, creches, supermercados, restaurantes, dentre outros.

## REFERÊNCIAS

- ALESSI, Egly Sturion et al. **Processo produtivo de tomate seco obtido por energia solar e convencional a partir de mini-tomates congelados**. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, [s.l.], v. 7, n. 2, p.1049-1061, 9 jul. 2013. Universidade Tecnológica Federal do Parana (UTFPR).
- ALVES, Mariana Gardin; UENO, Mariko. **Identificação de fontes de geração de resíduos sólidos em uma unidade de alimentação e nutrição**. Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science, [s.l.], v. 10, n. 4, p.874-888, 28 out. 2015.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2015: Brazilian Fruit Yearbook**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2015.
- BARBOSA, J. R. P. **Estudo da viabilidade de uso de secadores solares fabricados com sucatas de luminárias**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Natal, 2011.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial [da] União, Brasília, Seção 1, 03 ago. 2010.
- Câmara dos deputados. **Política nacional de resíduos sólidos**. 2. ed. Brasília: Edições Câmara, 2012. 73 p. (Série legislação). Disponível em: <[https://fld.com.br/catadores/pdf/politica\\_residuos\\_solidos.pdf](https://fld.com.br/catadores/pdf/politica_residuos_solidos.pdf)>. Acesso em: 03 fev. 2018.
- CAMPOS, Juacyara Carbonelli et al. **Tratamento de lixiviados de aterros de resíduos sólidos utilizando Processos Fenton e Foto-Fenton Solar**. Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science, [s.l.], v. 10, n. 1, p.107-116, 1 jan. 2015.
- CHITARRA, M I; CHITARRA, A B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Esal/ Faepe, 1990. 293 p.
- COSTA, A.R.S. **Sistema de secagem solar para frutos e modelagem da secagem de banana em um secador de coluna estática**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Natal, 2008.
- EMBRAPA. **Brasil perde 5,1 milhões de toneladas de frutas por ano**. Sociedade Nacional de Agricultura. Disponível em: <<http://sna.agr.br/brasil-perde-51-milhoes-de-toneladas-de-frutas-por-ano/>>. Acesso em: 17 jun.2017
- FIOREZE, R. **Princípios da Secagem de Produtos Biológicos**. João Pessoa: Editora da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, 2004.
- GODOY, Manuel Rolando Berríos. **Dificuldades para aplicar a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil**. Caderno de Geografia, Rio Claro, v. 23, n. 39, p.1-12, 10 fev. 2013.
- GOUVEIA, Nelson. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social**. Ciência & Saúde Coletiva, [s.l.], v. 17, n. 6, p.1503-1510, jun. 2013.
- IDEIAS de negócios: Como montar um negócio de frutas desidratadas. Como montar um negócio de frutas desidratadas. 2014. Disponível em:

<<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-um-negocio-de-frutas-desidratadas,aae9e05452c78410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: 03 mar. 2018.

Kopf, C. **Técnicas do processamento de frutas para a agricultura familiar**. Guarapuava: Departamento de Engenharia de Alimentos/Unicentro, 2008.

LANDIM, Ana Paula Miguel et al. **Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil**. Polímeros, Rio de Janeiro, v. 26, n. , p.82-92, dez. 2016.

MACHADO, Carolina T.; MIRANDA, Fabio S.. **Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão**. Revista Virtual de Química, [s.l.], 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, Daniel Pernambucano de et al. **Análise preliminar do pagamento por serviços ambientais urbanos como instrumento de gestão dos resíduos sólidos**. Recife: Edufrpe, 2018. 488p. Disponível em: <[https://www.dropbox.com/s/41yr6tosu5pv1mz/ebook\\_gestao\\_publica\\_e\\_privada.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/41yr6tosu5pv1mz/ebook_gestao_publica_e_privada.pdf?dl=0)>. Acesso em: 10 abr. 2018.

MORAIS, Karine Tavares. **Projetos de lei temáticos em discussão: análise da tramitação da política nacional de resíduos sólidos**. Recife: Edufrpe, 2018. 488 p. Disponível em:

<[https://www.dropbox.com/s/41yr6tosu5pv1mz/ebook\\_gestao%20publica%20e%20privada.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/41yr6tosu5pv1mz/ebook_gestao%20publica%20e%20privada.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.

NASCIMENTO, Victor Fernandez et al. **Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science, [s.l.], v. 10, n. 4, p.889-902, 28 out. 2015.

NETO et al, **Desidratador de frutas com uso de energia solar direta**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.5, p. 01-11, 2016.

OLIVEIRA, Fernanda Medeiros de et al. **Geração, coleta e destinação dos resíduos sólidos no município de Lagoa de Dentro - PB**. Recife: Edufrpe, 2018. 488 p. Disponível em: <[https://www.dropbox.com/s/41yr6tosu5pv1mz/ebook\\_gestao\\_publica\\_e\\_privada.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/41yr6tosu5pv1mz/ebook_gestao_publica_e_privada.pdf?dl=0)>. Acesso em: 10 abr. 2018.

OLIVEIRA, Thais Brito de; GALVÃO JUNIOR, Alceu de Castro. **Planejamento municipal na gestão dos resíduos sólidos urbanos e na organização da coleta seletiva**. Engenharia Sanitaria e Ambiental, [s.l.], v. 21, n. 1, p.55-64, mar. 2016.

QUEIROZ, Érika Mirelly Santana de; GOMES JUNIOR, Plínio Pereira. **Perfil socioeconômico dos catadores de materiais recicláveis do lixão de Serra Talhada – PE**. Recife: Edufrpe, 2018. 579 p. Disponível em:

<[https://www.dropbox.com/s/hyonelf145oc6zk/ebook\\_impacto\\_%20socioambiental.pdf?dl=0](https://www.dropbox.com/s/hyonelf145oc6zk/ebook_impacto_%20socioambiental.pdf?dl=0)>. Acesso em: 10 abr. 2018

POTENCIAL de energia solar: Quais as melhores regiões brasileiras para captação da luz solar. Disponível em: <<http://borealsolar.com.br/blog/2016/10/26/potencial-de-energia-solar-quais-as-melhores-regioes-brasileiras-para-captacao-da-luz-solar/>>. Acesso em: 03 mar. 2018.

SANTAELLA, Sandra Tédde et al. **Resíduos sólidos e a atual política ambiental brasileira**. Fortaleza: Ufc/labomar/nave, 2014. 232 p. (Coleção Habitat).

SILVA, Tiago Soares da. **Estudo de um secador solar fabricado a partir de sucata de tambor de polietileno**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Natal, 2013.

SIMAS, Moana; PACCA, Sergio. **Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 27, n. 77, p.99-115, fev. 2013.

SOKHANSANJ, S.; JAYAS, D. S. **Drying of foodstuffs**?. Mujumdar, A. S. **Handbook of industrial drying**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, v. 1, p. 589-626, 2006.

SOUZA et al, **Obtenção de tomate seco utilizando um sistema de secagem solar construído com materiais alternativos**. Cusco, 2007. Disponível em: <<http://congreso.pucp.edu.pe/cibim8/pdf/06/06-92.pdf>>. Acesso em 20 ago. 2007.