

## Secador piloto com sistema automatizado de controle de processo: estudo de secagem de casca de pitaya

### Pilot dryer with an automated control system process: study of the drying of pitaya peel

#### RESUMO

Alimentos seguros, nutritivos e saborosos são muito importantes para a evolução da humanidade, por isso, métodos como o congelamento, o enlatamento, o assamento e a secagem, foram desenvolvidas para a conservação de alimentos. A secagem é uma alternativa de conservação interessante, no entanto, o seu sucesso depende do controle de alguns parâmetros de processo, como a temperatura e velocidade do ar de secagem. Um secador de baixo custo foi construído, e para automatizar esse processo de forma a disponibilizar este sistema para pequenos produtores, elaborou-se um sistema automatizado por um microcontrolador utilizando o arduino, que tem como principal função controlar sensores e atuadores em um sistema que regula a temperatura e a monitora, salvando-a em um cartão SD. Este sistema permite baixar o custo do processo permitindo que produtores rurais tenham disponível um meio barato e eficiente de realizar o processo de secagem e, conseqüentemente, a conservação de alimentos. Para testar o sistema desenvolvido, realizou-se a secagem de casca de pitaya no secador e analisou-se tanto o produto quanto as curvas de secagem. A eficiência do processo de secagem no secador foi comparável ao da estufa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desidratação de alimentos. Automação. Curvas de secagem.

#### ABSTRACT

Safe, nutritious and tasty foods are very important for the evolution of humanity, therefore methods, such as freezing, canning, baking and drying were developed for food conservation. Drying is an interesting process for conservation, however its success depends on the control of some process parameters, such as temperature and air velocity. A low cost dryer was constructed and to automate this process, in order to make the system available to small producers, a system automated by a microcontroller using arduin, which its main function is to control the sensors and actuators in a monitored system that regulates the temperature, saving it on a card. SD. With this system there is a reduction in costs and an efficient drying process with a consequent food conservation. To test the system, dragon fruit peel were dried and both, product and drying curves were analysed. The efficiency of the dryer was comparable to the commercial dryer.

**KEYWORDS:** Food Dehydration. Automation. Drying curves.

Gustavo de Oliveira Martins  
[gumartins2001@gmail.com](mailto:gumartins2001@gmail.com)  
Instituto Federal do Paraná  
Londrina, Paraná, Brasil

Lyssa Setsuko Sakanaka  
[lyssa@utfpr.edu.br](mailto:lyssa@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Londrina, Paraná, Brasil

Mateus Vinicius de Paiva  
[mateusviniciuspaiva@outlook.com](mailto:mateusviniciuspaiva@outlook.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Londrina, Paraná, Brasil

Leonardo Galice Chies  
[leonardogchies@gmail.com](mailto:leonardogchies@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Londrina, Paraná, Brasil

João Gabriel Franchini Câmara.  
[franchini211@gmail.com](mailto:franchini211@gmail.com)  
Instituto Federal do Paraná - Londrina, Paraná, Brasil

Janksyn Bertozzi  
[janksynbertozzi@utfpr.edu.br](mailto:janksynbertozzi@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Londrina, Paraná, Brasil

Romualdo Rubens de Freitas  
[romualdo.freitas@ufpr.edu.br](mailto:romualdo.freitas@ufpr.edu.br)  
Instituto Federal do Paraná  
Londrina, Paraná, Brasil

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autorial:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

Gutierre (2008) afirma que o processo de automação aumenta a produtividade do trabalho, melhora o atendimento das necessidades básicas da população e melhora a qualidade do produto uniformizando a produção e eliminando possíveis perdas.

Diante de diferentes formas de automação, circuitos eletrônicos constituídos de sensores e atuadores coordenados por um microcontrolador, que pode ser programado para responder aos eventos físicos, como temperatura, por exemplo, relacionados aos sensores e o consequente comando dos atuadores, trazem inúmeros benefícios aos processos repetitivos.

Aliar um processo de conservação com um sistema que o automatize é vantajoso uma vez que o trabalho resulta diretamente na melhora da qualidade de vida, minimizando a fome, desperdício e oferta de produtos.

No projeto anterior, foi construído um secador utilizando-se materiais recicláveis e novos e para fazer o controle dos parâmetros necessários para realizar uma secagem adequada, foi desenvolvida um sistema de automação utilizando-se um microcontrolador Arduino mega, que é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre. Para aquecer o ar foram necessárias quatro resistências e um fluxo constante de ar de 1,6 km/h; e com esses dados foi possível realizar o cálculo da calorimetria e pelo balanço de energia, possibilitando descobrir a potência das resistências. Para ligar ou desligar essas resistências foram utilizados dois módulos relés com duas fases cada um, permitindo assim controlar a temperatura no sistema. Para fazer um mapeamento do comportamento da temperatura em dez pontos do secador 10 (dez) sensores de temperatura modelo DS18B20 foram utilizados. Para apresentar para o usuário as informações do sistema uma tela de LCD (Liquid Crystal Display) juntamente com um módulo de SD e um RTC (Real Time Clock) informam a hora do sistema e sua temperatura salvando-a assim em um cartão SD. Um Buzzer, que é um indicador sonoro, foi implantado para que, caso houvesse uma variação brusca na temperatura, o mesmo fosse acionado avisando assim o responsável pela secagem de um possível erro. Todos esses componentes estão inseridos no sistema desenvolvido por Martin et al. (2018).

O objetivo do projeto foi melhorar o sistema de controle do processo de secagem criado anteriormente, e realizar um teste de secagem prático com a casca de pitaya, avaliando-se o comportamento do processo de secagem. Comparou-se a secagem no secador com o obtido na estufa comercial meio da análise das curvas de secagem e da determinação de atividade de água e umidade do produto seco.

## MATERIAIS E MÉTODOS

**Otimização do sistema de controle do processo.** Para operar o sistema de controle do processo de secagem, foi desenvolvido em linguagem C no Ambiente de Desenvolvimento Integrado (do inglês IDE - Integrated Development Environment) do próprio Arduino. De acordo com Martins (2011), a escrita de um código “limpo” agiliza o processo de desenvolvimento.

**Ensaio de secagem.** Uma vez que o protótipo do circuito ficou pronto, realizou-se o teste de secagem de casca de pitaya pelo método da estufa e do secador para validação do secador. Foi utilizado uma estufa de laboratório com convecção forçada (Nova Ética) e o secador de baixo custo. Primeiramente a casca de pitaya foi lavada com água corrente. Em seguida, as cascas foram centrifugadas para retirar excesso de água da higienização. Pesou-se então a casca de pitaya (triplicata) as quais foram levadas à estufa e ao secador. Em todo o processo de secagem, as bandejas foram pesadas em intervalos de 15 min. e tendo a posição alterada, tanto no secador quanto na estufa, até atingir peso constante. Após a secagem, as amostras foram armazenadas para posteriores análises.

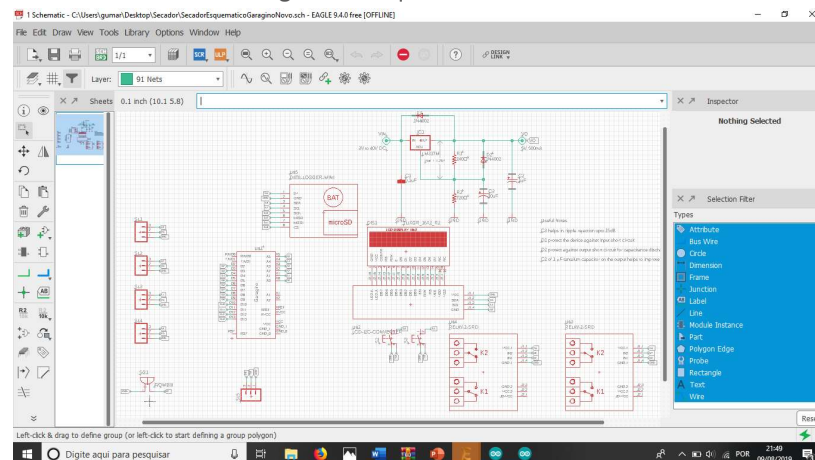
**Determinação do teor de umidade.** Pesou-se uma quantidade de amostra em cadinhos (triplicata) e colocou-se os cadinhos com as amostras dentro de uma estufa a 105°C durante 24 horas. Foram resfriadas em um dessecador e pesou-se novamente. O cálculo do teor de umidade foi calculado a partir da equação 1.

$$\%umidade = 100 - \frac{(Pesocadinhoapósestufa - Pesocadinhovazio) * 100}{Pesodaamostra} \quad (1)$$

**Determinação da atividade de água.** Para obter a atividade de água, utilizou-se o equipamento AquaLab Series 4TE (Decagon), em triplicata, a 25 °C.

**Desenvolvimento da plataforma nova.** Para melhorar o sistema foi levantada a possível confecção de uma placa de circuito impresso, que, segundo Melo, Rios e Gutierrez (2001), trata-se de um componente básico e fundamental para a indústria eletrônica, que é formado por uma placa em que são dispostas guias de cobre, sendo a placa um isolante (dielétrico), e para interligar os vários componentes e suas respectivas funções, utiliza-se das guias de cobre. E para isso foram realizados estudos de como realizar as confecções. O Eagle, software para modelagem de circuitos eletrônicos e criação de placas de circuito impresso (PCI), foi empregado no modelo esquemático (Figura 1), cujo principal objetivo é criar uma ligação indexada para cada pino dos componentes, ou seja, realizar uma ponte que conecta os componentes (AUTODESK, 2019).

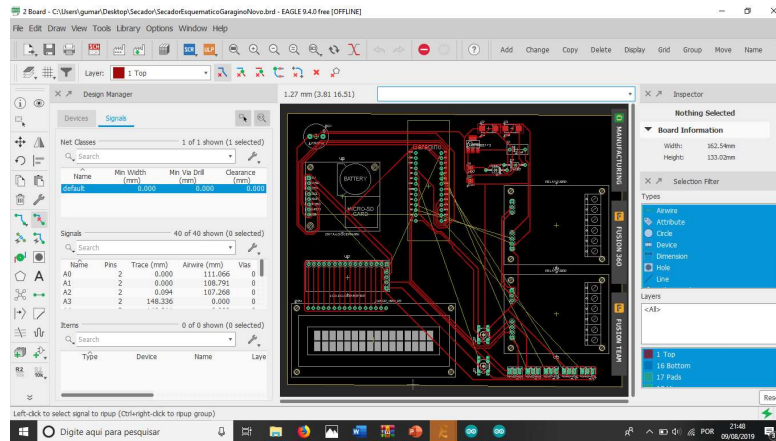
Figura 1 – Esquema do circuito.



Fonte: Autoria Própria (2019)

Para a segunda etapa é importante a utilização de conhecimentos das ferramentas de software e de eletrônica básica, pois é nessa etapa que são realizadas as definições da placa, como por exemplo tamanho, cor e furos, dentre outras, conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Placa de Circuito.



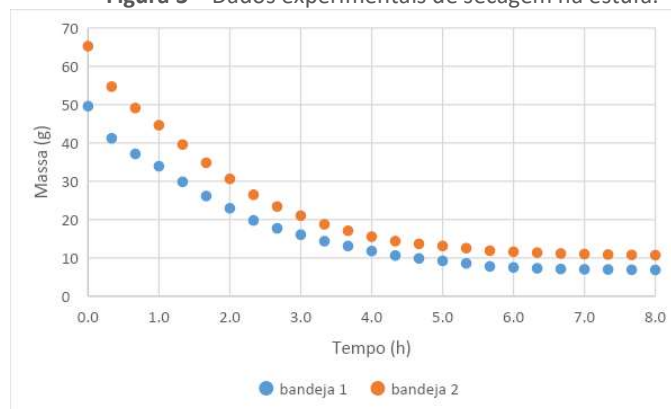
Fonte: Autoria Própria (2019)

Durante o projeto verificou-se que a placa poderia ser usinada em uma CNC (Controle Numérico Computadorizado) ou criada com o método térmico. A usinagem tem como principal vantagem a sua precisão e rapidez, já o método térmico consiste na utilização de uma placa de fenolite, que é um material isolante formado por celulose, coberto de uma camada de cobre.

## RESULTADOS

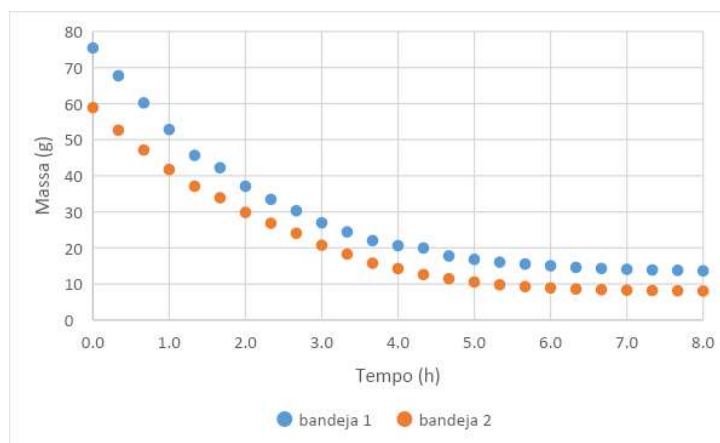
O dado de massa mostra o decaimento da umidade da casca de pitaya, evidenciando um alto teor de umidade inicial. Nas Figuras 3 e 4, mostra-se o valor da massa (em gramas) em função do tempo (em horas) de secagem na temperatura de 50°C para estufa e secador, respectivamente. O ciclo de secagem tanto na estufa quanto no secador teve duração de 8 h.

Figura 3 – Dados experimentais de secagem na estufa.



Fonte: Autoria Própria (2019)

Figura 4 – Dados experimentais da secagem no secador.



Fonte: Autoria Própria (2019)

A análise das Figuras 3 e 4, permite observar um comportamento semelhante de decaimento. Um ponto a se destacar é que a posição de cada bandeja, nos dois equipamentos, influencia diretamente na secagem. Dessa forma, as bandejas foram rotacionadas durante toda secagem, a fim de se obter uma homogeneidade entre as curvas de decaimento.

As cascas foram analisadas quanto ao teor de atividade de água, apresentando valores médios de 0,40, para a casca de pitaya seca em estufa a 50°C, e 0,43, para a casca de pitaya seca no secador, na mesma temperatura de secagem. O valor da atividade de água é importante para relacionar o alimento com o crescimento de microrganismos e deterioração do produto. Com uma atividade de água abaixo de 0,6 tem-se pequeno ou nenhum crescimento de microrganismos. Dessa forma, como a atividade de água tanto na estufa quanto no secador foi menor que 0,5, vê-se que a eficiência da secagem foi satisfatória em relação à inibição de crescimento microbiano, tendo assim um aumento de vida útil do alimento em relação ao alimento em natura.

Após o sistema finalizado e testes de secagem feitos, observou-se a necessidade de compactar o sistema e deixá-lo mais profissional com a confecção de uma placa de circuito impresso.

Ao finalizar os estudos realizados referente às placas de circuito, foi viabilizado seu processo e também finalizado a sua confecção lógica, deixando para futuros estudos a realização da parte física.

## CONCLUSÃO

Foi possível desenvolver um sistema diretamente integrado com resistências, relês, sensores e o microcontrolador a baixo custo para um secador didático de pequena produção com eficiência de secagem comparável a de uma estufa de laboratório.

Foi possível também realizar testes do sistema, e viabilizar a confecção de uma placa de circuito impresso, uma vez que a mesma já tenha sido modelada e estudada.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa PIBIC de Ensino Médio, por toda estrutura da UTFPR e seus docentes altamente qualificados, e pelas oportunidades oferecidas pelo Instituto Federal do Paraná.

## REFERÊNCIAS

MARTINS, Robert C. Código Limpo: Habilidades Práticas do Agile Software. Rio de Janeiro: Alta Books, 2011.

GUTIERRE, Regina Maria Vinhais; PAN, Simon Shi Koo. Complexo eletrônico: automação do controle industrial. Rio de Janeiro, 2008.

MELO, Paulo Roberto de Sousa; RIOS, Evaristo Carlos Duarte; GUTIERREZ, Regina Maria Vinhais. PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO: MERCADO ATUAL E PERSPECTIVAS. Bndes, Rio de Janeiro, 2001.

AUTODESK. Eagle PCB Design Software. Disponível em: <<https://www.autodesk.com/products/eagle/overview>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

MARTINS, Gustavo de Oliveira et al. Sistema automatizado de controle de velocidade de ar e controle de temperatura. Londrina, nov. 2018.