

## PROTÓTIPO SECADOR DE SEMENTES PARA O PEQUENO AGRICULTOR UTILIZANDO CONTROLE DAS VARIÁVEIS DE SECAGEM POR ESTIMATIVA E CONTROLE REALIMENTADO DE TEMPERATURA

**TARSO RODRIGUES DE AVILA<sup>1</sup>; ADENAUER CORREA YAMIN<sup>2</sup>; CARLOS  
ALBERTO SILVEIRA DA LUZ<sup>3</sup>; MARCELO LEMOS ROSSI<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – tarso.avila@hotmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – adenauer.yamin@ucpel.edu.br*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas – carlossluz@gmail.com*

<sup>4</sup>*Universidade Federal de Pelotas – marcelo.rossi@ufpel.edu.br*

### 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho é resultado do desenvolvimento de equipamento cujo funcionamento visa contribuir com pequenos agricultores que necessitam conservar sementes pois, segundo estudos na área de tecnologia de produção de sementes de alta qualidade, uma das etapas principais para produção de sementes é a eficiente secagem antes do armazenamento.

Para Bevilaqua (2013) “A manutenção da qualidade das sementes envolve a adoção de tecnologias que evitam que essas percam a qualidade durante a fase de entressafra.” (BEVILAQUA, 2013, p.11) Uma dessas etapas é a secagem das sementes, que deve ser executada antes do armazenamento.

O objetivo principal do trabalho é o desenvolvimento de equipamento que emprega tecnologias ainda não difundidas, em pequena escala, para auxiliar na produção de sementes de alta qualidade fisiológica. A produção em pequena escala é prática comum por pequenos produtores que resistem à imposição comercial para produção de alimentos com variabilidade genética estreita, considerada ameaça para agrobiodiversidade.

O equipamento proposto trata de um sistema que reduz o teor de água das sementes independente das condições meteorológicas existentes no momento da secagem, pois analisa as condições ambientais e trabalha com modelos matemáticos consagrados na área de equilíbrio higroscópico de sementes para estimar variáveis do processo. Além disso, possui sistema de aquisição de dados do processo de secagem e controle realimentados de temperatura. Portanto, o sistema atua no processo de secagem de forma inteligente, respeitando as propriedades do tipo semente a ser seca, para obter sementes com alta qualidade, mesmo em condições impróprias para secagem, como umidade alta e temperatura baixa. Em suma, o presente trabalho se refere à elaboração desse equipamento protótipo e de resultados de ensaios sobre seu desempenho.

### 2. METODOLOGIA

A maioria das sementes fazem parte de uma gama de materiais chamados higroscópicos. Esses materiais têm como propriedade a facilidade de perder ou ganhar água, num processo dinâmico em função da umidade relativa (UR) do meio onde estão inseridos. (SEEDNEWS, 2014)

A umidade de equilíbrio de uma amostra de sementes é em função da umidade relativa do ar, da temperatura e das propriedades das sementes. (SILVA, 2008) Conhecendo a temperatura e umidade relativa do ambiente de secagem, é possível calcular o teor de umidade em que as sementes tendem a ficar depois de determinado tempo sob as condições de secagem. Essa tendência é devido ao equilíbrio higroscópico.

Dentre os diversos modelos utilizados para o cálculo de umidade de equilíbrio de sementes e grãos, escolhemos o modelo proposto por Henderson, descrito pela equação de adsorção de Gibbs. Esse modelo é um dos mais usados na estimativa do teor de umidade de equilíbrio de grãos e sementes. (ALMEIDA, 1999)

Com o aquecimento do ar, a umidade relativa diminui e o ar adquire maior capacidade de secagem. (NUNES, 2016) Conhecendo os princípios de secagem de sementes e de posse dos requisitos de projeto foi possível chegar à concepção teórica do equipamento.

A parte mecânica do secador é em formato cilíndrico, contém duas câmaras, uma chamada de “plenum” e outra de secagem, um trocador de calor (aquecedor elétrico), um eletroventilador, um par de sensores de temperatura, um par de sensores de umidade e uma unidade de controle e potência. Os sensores de temperatura estão dispostos da seguinte forma: um sensor de umidade e um de temperatura dentro da câmara de secagem (sensores internos); um de umidade e um de temperatura na parte de externa do equipamento (sensores externos).

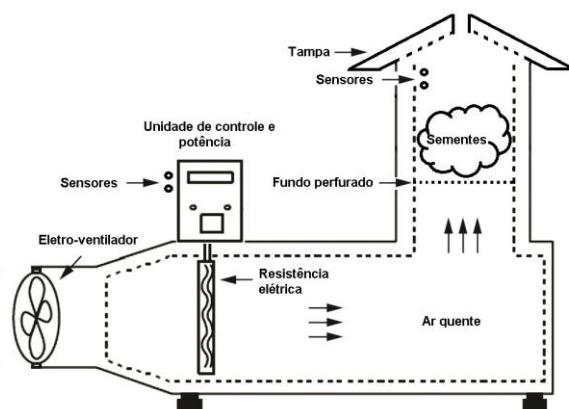


Figura 1 – Secador e componentes. Imagem de secador modificada, fonte: (Fonte: SILVA et al., 2014, p. 1.)

O equipamento possui uma interface homem-máquina, contendo três botões (*enter*, esquerdo, direito) e um *display*, que servem para escolher o tipo da semente que deverá ser seca, iniciar e parar o processo de secagem e visualizar a temperatura interna e *set point* estimado pelo sistema. Neste sistema, existe um microcontrolador e um computador processando um algoritmo distribuído.

O processamento que o sistema distribuído faz para estimar qual seria a umidade relativa do ar após um acréscimo de temperatura no ar ambiente é baseado nas equações de Henderson e fórmula empírica de Tetens para o cálculo de vapor de saturação. Um acréscimo de temperatura por meio do aquecimento do ar ambiente acarreta em novas propriedades do ar, portanto, novos valores de umidade e temperatura.

Na estimativa feita pelo sistema para a escolha do par de temperatura e umidade adequado para a secagem, o menor valor de temperatura acima da temperatura ambiente é priorizado, desde que seja atendido o valor de equilíbrio higroscópico desejado, ou seja, teor de água compreendido entre 11% e 13% de umidade.

O projeto mecânico foi feito com auxílio da ferramenta CAD SolidWorks da Dassault Systemes, onde todas as peças foram desenhadas com medidas reais para posterior montagem. O fundo perfurado da câmara de secagem foi feito com tela de nylon colocado em certa altura para que o volume de quatro litros de sementes possa ser seco dentro da câmara de secagem.

O controle de temperatura utilizado é comumente chamado de ON/OFF e apresenta uma zona de histerese, causado por uma tolerância de temperatura.

O modelo de sonda (sensor de temperatura e umidade) utilizado neste é o dispositivo SHT31DIS, do fabricante Sensirion. Estes dispositivos possuem comunicação digital do tipo I2C e possuem alta precisão e exatidão.

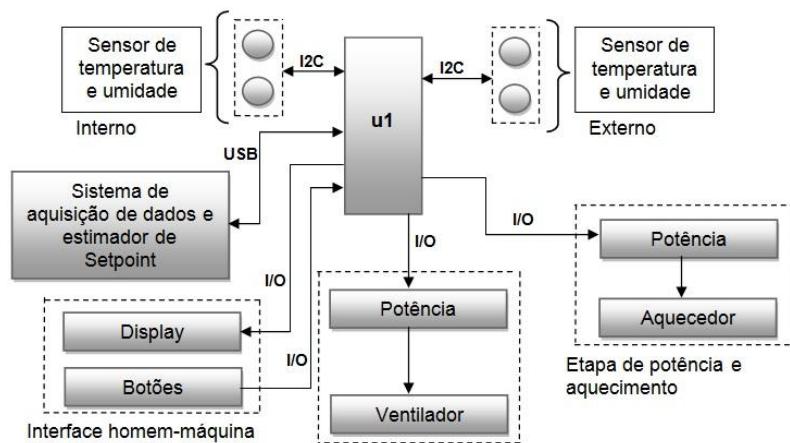


Figura 2 – Estrutura geral do sistema eletrônico. (Fonte: Autoria Própria)

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A parte mecânica e eletroeletrônica ficou igual ao projeto teórico, previsto nas etapas de projeto.



Figura 3 – Imagens protótipo. (Fonte: Elaboração Própria)

O ensaio de secagem foi feito no dia 7/12/2018, começando a secagem 09h40min até as 10h40min, com sementes de feijão com teor de água inicial desconhecido.

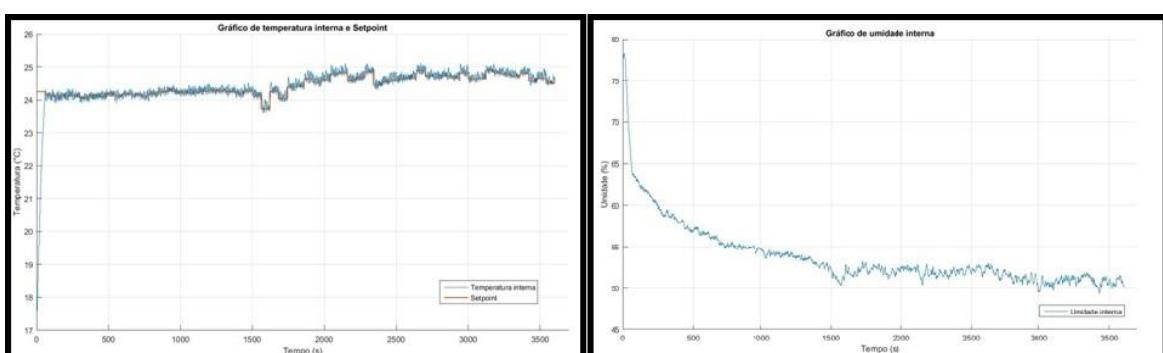


Figura 4 – Gráficos de temperatura e umidade interna. (Fonte: Elaboração Própria)

Com os resultados de umidade e temperatura interna obtidos durante a secagem do feijão preto é possível observar que as sementes estão em um ambiente controlado, com condições possíveis para chegarem ao teor de água desejado, de acordo com as equações do modelo de Henderson. Os valores abaixo de 12% após 1000 segundos de secagem indicam o valor de umidade em que as sementes tendem a ter ao final da secagem.

#### 4. CONCLUSÕES

Com os resultados concluímos que a elaboração do projeto foi satisfatória, pois chegou a um protótipo capaz de executar as funcionalidades previstas em sua concepção inicial e, além do desenvolvimento do equipamento, conseguiu resultados referentes ao seu desempenho.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. A. C.; FONSECA, K. S.; GOUVEIA, J. P. G. **Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas: secagem natural de gergelim e determinação da umidade de equilíbrio.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.3, n.3, p.343-348, 1999 Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.

BEVILAQUA, Gilberto A. Peripolli; ANTUNES, Irajá Ferreira; EBERHARDT, Paulo Eduardo Rocha; EICHHOLZ, Claiton Joel; GREHS, Raul Celso. **Indicações Técnicas para Produção de Sementes de Feijão para a Agricultura Familiar.** Circular Técnica da Embrapa. Pelotas, 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/106269/1/circular141.pdf>. Consulta em: 03/12/2018.

MENEGHELLO, Geri Eduardo. **Qualidade de sementes: umidade e temperatura.** SEEDNEWS, 2014. Disponível em: <https://seednews.com.br/edicoes/artigo/258-qualidade-de-sementes:-umidade-e-temperatura-edicao-novembro-2014>. Consulta em: 12/12/2018.

NUNES, José Luis da Silva. **Tecnologia de Sementes: Secagem, Beneficiamento e Armazenagem.** Agrolink: Portal de Conteúdo Agropecuário, 2016. Disponível em: [https://www.agrolink.com.br/sementes/tecnologia-sementes/secagem--beneficiamento-e-armazenagem\\_361343.html](https://www.agrolink.com.br/sementes/tecnologia-sementes/secagem--beneficiamento-e-armazenagem_361343.html). Consulta em: 03/12/2018.

SILVA, J. S.; BERBERT, P. A.; RUFATO, S.; AFONSO, A. D. L. **Indicadores da Qualidade dos Grãos.** Secagem e Armazenamento de Produtos Agrícolas. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. 560p.

SILVA, L. M. M.; SOUSA, F. C.; SOUSA, E. P.; MATA, M. E. R. M. C.; DUARTE, M. E. M. **Modelos de predição da Cinética de secagem dos grãos de guandu.** Braz. J. Food Technol. vol.17 no.4 Campinas Oct./Dec. 2014. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1981-67232014000400310#aff01](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-67232014000400310#aff01). Consulta em: 10/12/2018.