

DESENVOLVIMENTO DE UM SECADOR POR MICROONDAS PARA SECAGEM DE GRÃOS

Ronaldo A. Alves

Mário Eduardo R. M. C. Mata

Universidade Federal da Paraíba

Joabson Nogueira de Carvalho

Centro Federal de Educação e Tecnológica da Paraíba

E-mail: joabson@openline.com.br

Resumo

Este artigo apresenta o protótipo de um secador por microondas automático, para obtenção de curvas de secagens de produtos agrícolas. Este sistema utiliza um forno doméstico, acoplado a uma balança eletrônica a qual está ligada a um computador, para monitorar o peso do produto em função do tempo, e a um medidor de temperatura para monitorar a temperatura instantânea do produto durante o processo.

Palavras-chave: Secador por microondas. Forno doméstico. Balança eletrônica. Medidor de temperatura.

1. Introdução

A secagem de grãos e sementes é um processo termodinâmico, em que ocorre a diminuição do teor de umidade em materiais biológicos, objetivando a conservação da massa do grão para inviabilizar a ação de agentes degenerativos (fungos e bactérias), reduzir a taxa de respiração dos grãos e bloquear a ocorrência de reações enzimáticas dos grãos.

O processo de secagem tem início quando os grãos atingem o ponto de maturação fisiológica, isto é, quando os grãos apresentam condições favoráveis para colheita.

A secagem de produtos agrícolas pode ser realizada de duas formas: natural e artificial. De um lado, na secagem natural, que se utiliza da incidência da irradiação solar para reduzir o teor de umidade do grão. A grande desvantagem deste procedimento está na dependência climática para realização do processo.

Por outro lado, a secagem artificial consiste em aumentar a velocidade do processo de secagem, realizado em equipamentos denominados secadores [1]. Na secagem artificial, podem-se destacar os secadores convencionais e por microondas. Nos secadores convencionais aplica-se o processo no qual o ar é utilizado como meio de transporte de calor e massa, vindo o ar a ceder uma quantidade de calor para os grãos, e reter e transladar uma quantidade de massa de água na forma de vapor. Este processo de aquecimento transfere energia da superfície do grão para seu interior em tempo longo e com lenta penetração [2].

Nos secadores por microondas o aquecimento é devido à interação de campos eletromagnéticos de alta frequência (915 a 2450 MHz) com os grãos, vindo esta interação gerar um calor instantâneo dentro do produto, devido à rotação dipolar.

As Moléculas polares como a água e outras moléculas, são influenciadas pela rápida mudança de polaridade deste campo.

Neste trabalho de pesquisa desenvolve-se um secador de microondas através de modificações num forno doméstico, visando adequá-lo às necessidades do projeto, eliminam-se algumas fontes de erros como: O controle de potência on/off (em que a potência do forno é chaveada no tempo); a interrupção do processo de secagem para pesar o produto; a ocorrência de incineração de amostras, devido a não homogeneização da distribuição do campo

eletromagnético na cavidade do forno e a dificuldade de conhecer a temperatura instantânea do grão durante o processo de secagem.

2. Projeto do Secador

O projeto do secador é composto por três partes: O forno doméstico contendo uma cavidade retangular, onde o produto é processado; uma balança eletrônica acoplada à cavidade do forno e ligada a um computador, para medição automática do peso do produto durante o processo, e dois medidores de temperatura digital para registrarem as temperaturas instantâneas durante a secagem. A configuração básica do secador por microondas é mostrada na Fig. 1, e será descrita a seguir:

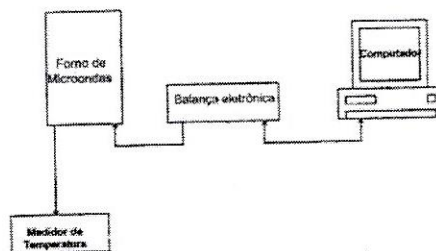


FIGURA 1: Diagrama de blocos do secador

2.1. Forno de Microondas

O forno utilizado no projeto é um forno comercial da marca Brastemp modelo 127 DES, com volume da cavidade de 27 litros, potência útil de 950 W e frequência de operação de 2450 MHz.

O forno original foi modificado por meio da substituição da placa de controle de potência que trabalha no regime on/off, para uma placa de controle contínuo de potência, mostrada na Fig. 2.

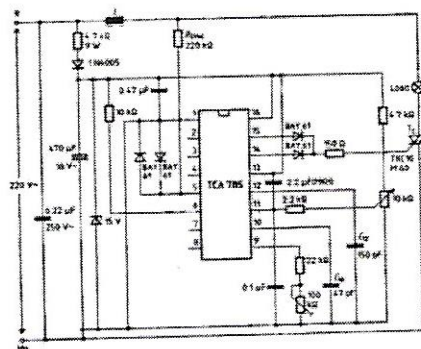


FIGURA 2: Circuito elétrico da placa de controle

Esta placa de controle tem, como princípio de funcionamento, o controle do triac Tc, no qual o ângulo de gatilhamento pode ser ajustado continuamente entre 0° e 180°, usando-se um potenciômetro externo de 100 kΩ.

A variação do ângulo de gatilhamento resulta na variação de tensão aplicada na carga, que é representada pelo primário do transformador de alta tensão, conseqüentemente, esta variação ajusta a tensão do dobrador de tensão da fonte DC de anodo da válvula de ímãs permanentes modelo 2M 167B-M14. Como a potência de saída da válvula depende da tensão de anodo, uma variação na tensão de primário do transformador de alta resulta, conseqüentemente, numa variação de potência

de saída do secador. A estabilidade da potência da válvula após o ajuste de tensão do primário do transformador de alta tensão, depende do circuito de gatilhamento TCA 785 da Siemens. O circuito integrado TCA 785 funciona sincronizado pela rede elétrica de 220 V, garantindo pulsos de gatilhamento estáveis. Para isto, o sinal de sincronização é obtido via uma resistência alta na linha de tensão (V5). O detetor de tensão por zero ao passar pelo zero deteta e transforma-o para o registro de sincronização. O registro de sincronização controla o gerador de rampa, através do capacitor C10 e pelo resistor R9. Se a tensão de rampa V10 excede a tensão de controle V11, o sinal é processado para a lógica. Dependendo da amplitude de tensão de controle V11, o ângulo de gatilhamento pode chavear com um ângulo de fase de 0° até 180°. O pino 6 do circuito integrado TCA 785, é usado para habilitar ou desabilitar os pulsos de gatilhamento. Sendo assim, usa-se esta facilidade para ligar ou desligar a potência do secador, sem precisar desligar todo sistema em uso.

A maior parte dos equipamentos de potência de microondas utiliza um transformador único para a alimentação do filamento da válvula magnetron (aproximadamente 3,15 V) e para a tensão anodo/catodo. O sistema com controle contínuo de potência através de um dimmer, não pode ser utilizado para alimentação de filamento, visto que à influência da variação de tensão na entrada do transformador de filamento resultará em uma variação no secundário do transformador de filamento [3]. Para solucionar esta situação usou-se um transformador de filamento com tensão de 220 V no primário e tensão de secundário de 3,15 V / 11 A.

A potência de saída do magnetron pôde ser monitorada, a partir da corrente de anodo. Com isto, isolou o transformador de alta tensão da carcaça do forno, por meio de suportes de borracha e inseriu-se um miliamperímetro, com fundo de escala de 1 A, entre o transformador e a carcaça do forno. Outra maneira de avaliar a potência do forno é medir a queda de tensão (V) sobre a resistência (R).

Os fornos domésticos não apresentam distribuição uniforme do campo eletromagnético em suas cavidades. Diante da necessidade de utilizar um forno para secagem de grãos que apresentasse um campo o mais uniforme possível, utilizou-se um espalhador metálico circular de alumínio com 8 palhetas.

O espalhador está localizado no centro do topo da cavidade do forno, e acoplado a um eixo de um motor de corrente contínua com velocidade ajustada por um circuito de controle.

No processo de secagem dos grãos, dependendo do teor de umidade do produto, poderá ocorrer a presença de vapor de líquidos na cavidade emitidos pelo produto, o que pode mascarar os resultados de medição de temperatura e peso. Diante deste problema, foi instalado um exaustor, com velocidade controlada por um dimmer na lateral do forno para conduzir o excesso de vapores para o exterior da cavidade.

2.2 Balança Eletrônica

Existe a necessidade de medir o peso do produto dentro da cavidade do forno durante o processo de secagem, visto que o produto perde líquidos da sua massa total durante o processo de aquecimento por microondas. Em decorrência da necessidade de terem-se os valores de peso ao longo do experimento, para se obter as curvas de secagem, utilizou-se uma balança eletrônica de precisão marca Marte, modelo AS 5500C, com carga máxima de 5 Kg, sensibilidade de 0,01/0,1g e com interface serial RS 232C. A balança foi acoplada ao forno, através de um suporte de teflon, que atravessa o centro da base da cavidade para dar suporte ao recipiente, contendo o projeto. O suporte de teflon apresentou menores perdas para o campo eletromagnético o que se pode ver na Fig. 4A.

Como a medição do peso do produto deve ser em tempo real para não interromper o processo de secagem, a balança foi ligada ao computador 486DX100 via porta de comunicação serial de entrada e saída. A aquisição dos dados foram lidos na tela do computador por meio de um software dedicado a esta aplicação. O software desenvolvido em linguagem Delphi, mostrado na Fig. 4B, apresenta os dados de pesos obtidos no tempo, com opção de uso em planilha Excel, da Microsoft.

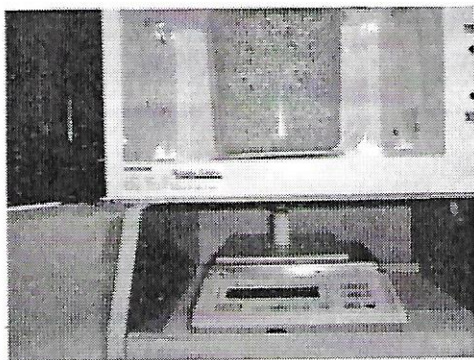


FIGURA 4ª: Balança acoplada

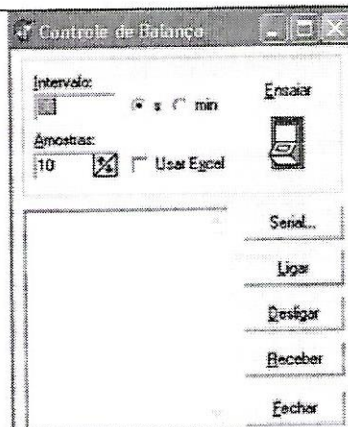


FIGURA 4B: Interface gráfica

2.3 Medidor de Temperatura

Outro parâmetro fundamental para caracterização das curvas de secagem é a temperatura instantânea do produto. Para a obtenção deste parâmetro utilizou-se um medidor de temperatura digital de precisão, modelo N° 91100-40 da Cole-Parme, com 25 posições de memória de leitura, com opção para ler uma ou duas temperaturas simultâneas, além de aceitar vários tipos de sensores termopares do tipo J, K, T e E, com miniconectores. Os sensores termopares usados para o projeto foram do tipo K (U-0850586), com faixa de temperatura de -250° até 404°C, tendo constante de tempo igual a 0,1 segundos e resposta de tempo igual a 0,5 segundos. Nos ensaios de temperatura, utilizaram-se sensores termopares posicionados ortogonalmente ao campo elétrico dentro do produto, minimizando o efeito do campo elétrico. A medição fez-se por amostragem no tempo, interrompendo o processo de secagem. Para isto utilizou-se um dos recursos do circuito integrado TCA 785, localizado na placa de controle de potência, isto é, habilitando-se e desabilitando-se o pino 6, fazendo com que fosse ligado e desligado o gatilhamento do triac.

Para solucionar o problema da interrupção, na medição de temperatura, fez-se necessário o uso de um medidor óptico com sensores a base de fibra óptica, pois a interrupção implica o recomeço do processo de secagem.

3. Montagem Final

O sistema automático de secagem por microondas final apresenta a integração dos equipamentos citados anteriormente seguindo toda uma sistemática de operação, conforme pode ser vista na Fig. 5.

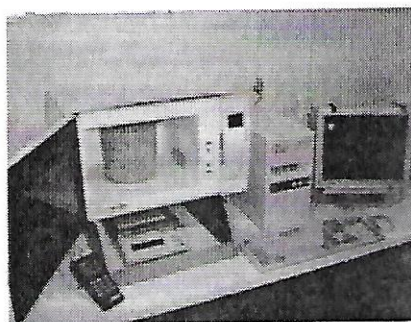


FIGURA 5: Montagem final do secador

Os equipamentos utilizados na montagem final foram:

- a) Forno de microondas Brastemp 27 DES, com modificações no seu circuito elétrico básico,
- b) Balança eletrônica de precisão Marte As 5500C, 500/5000g,
- c) Medidor de temperatura Cole-Parmer com sensor termopar tipo K, 250° até 404°C,
- d) Computador 486DX100.

A seguir são apresentados os procedimentos básicos para o processamento de produtos agrícolas:

- a) Colocação do recipiente de plástico com o produto, em quatro camadas de quatro centímetros de altura, no centro da cavidade do forno,
- b) Ajuste da potência do forno através da corrente de anodo lida no miliamperímetro,
- c) Coleta dos dados de peso no computador, usando-se software dedicado,
- d) Interrupção do processo de secagem para medição de temperatura através de sensores localizados nas camadas do produto,
- e) Análise dos resultados.

4. Resultados Preliminares

Procurando ajustar o protótipo para se obter uma distribuição de campo mais uniforme dentro da cavidade, testes iniciais foram realizados, tomando como produto em estudo o milho, o qual foi distribuído em um recipiente plástico cilíndrico em quatro camadas de 4 cm, separadas por círculos de papel canson, o qual apresenta a propriedade de absorver umidade com maior intensidade, e umedecidos com a solução de cloreto de cobalto, que muda da cor-de-rosa para azul em consequência da perda de umidade.

Os testes consistiram em duas etapas distintas:

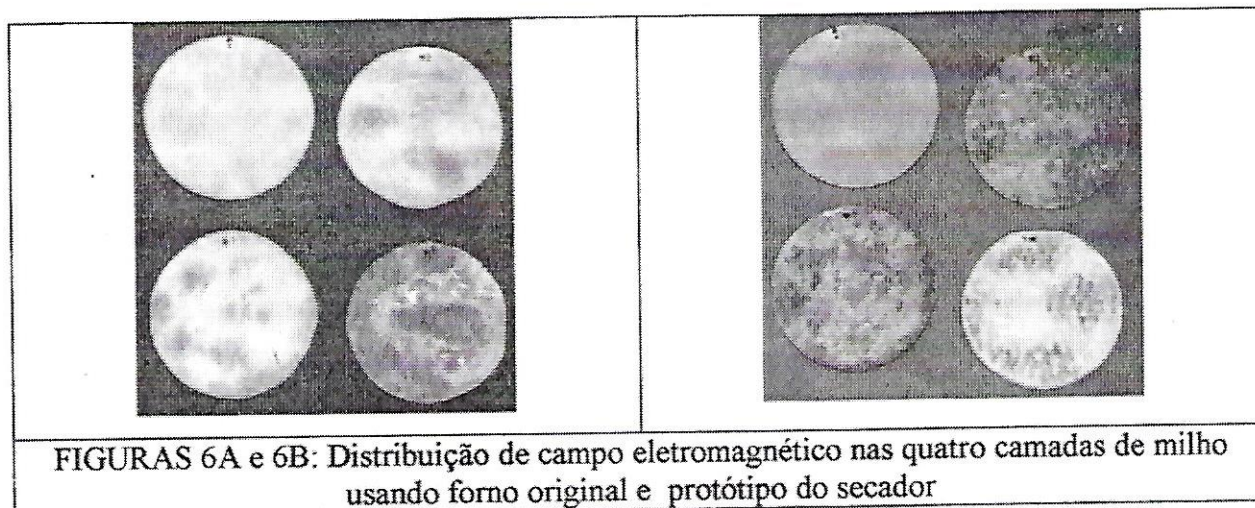
- 1 - Distribuição de campo nas camadas do milho usando-se forno original.
- 2 - Distribuição de campo nas camadas do milho usando-se protótipo do secador.

4.1 Distribuição de Campo nas Camadas do Milho Usando-se Forno Original

Nesta etapa do trabalho, utilizou-se um forno de microondas Brastemp sem alterações no projeto original. Tomou-se um recipiente plástico cilíndrico contendo milho a 25% de base úmida (b.u) distribuído em quatro camadas de 4 cm, separadas por discos de papel canson umedecidos em solução de cloreto de cobalto, e aplicou-se potência de microondas máxima por três minutos de exposição, veja Fig. 6A.

4.2 Distribuição de Campo nas Camadas do Milho Usando-se o Protótipo do Secador

Nesta segunda etapa do teste de distribuição de campo, utilizou-se o forno de microondas Brastemp, o qual passou por várias modificações de seus circuitos, além do mais usou-se o espalhador de campo para uniformizar a distribuição de campo eletromagnético nas camadas do milho. A princípio tomou-se um recipiente plástico cilíndrico contendo milho a 25% b.u, distribuído em quatro camadas de 4 cm, separados por discos de papel canson umedecidos com solução de cloreto de cobalto e, em seguida, aplicou-se potência de microondas máxima por três minutos, veja Fig. 6B.



FIGURAS 6A e 6B: Distribuição de campo eletromagnético nas quatro camadas de milho usando forno original e protótipo do secador

Comparando-se as figuras, pode-se observar que a distribuição de campo eletromagnético é mais uniforme para o caso do protótipo, em virtude da utilização do espalhador de campo eletromagnético.

5. Conclusões

A confecção do protótipo do secador mostrou confiabilidade, e grau de segurança, ficando o nível de densidade de potência abaixo de 1 mW/cm^2 à 5 cm de distância do orifício na base do forno, em que se usa o suporte de teflon, e na porta do secador. Quanto à distribuição de campo eletromagnético nas camadas do produto, as modificações no forno original trouxeram resultados satisfatórios. O protótipo encontra-se em fase final de montagem, podendo ser usado para caracterização de curvas de secagem de produtos agrícolas.

6. Referências Bibliográficas

- SILVA, J. S. *Pré-processamento de produtos agrícolas*. Juiz de Fora-MG: Instituto Maria, 1995, 509 p.
- BUFFER, C. R. *Microwave cooking and processing: engineering fundamentals, for the food scientist*. New York: V.N. Reinhold AVI, 1992, 169 p.
- CARVALHO, J. N. *Desenvolvimento de um protótipo de sistema de hipertermia por microondas*. Campina Grande-PB: UFPB/CCT/DEE/COPELE, 1996, Dissertação de mestrado.