



## FLUXO TÉRMICO NA SECAGEM INTERMITENTE

**PINHO, Marivan da Silva<sup>1</sup>; VILLELA, Francisco Amaral<sup>1</sup>; DODE, Juliana de Souza<sup>1</sup>; BERTONCELLO, Mirela Rosseto<sup>1</sup>; ALMEIDA, Andréia da Silva<sup>1</sup>; AMARAL, Fernanda Plucani<sup>1</sup>; CHIELLE, Daniel Padoin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dept<sup>o</sup> de Fitotecnia Programa de Pós- Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, FAEM/UFPE; <sup>2</sup>Acadêmico de Engenharia Agrícola / Campus Universitário – Caixa Postal 354 – CEP 96010-900. marivanpinho@hotmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

A capacidade de secagem e a qualidade das sementes são muito abordadas no meio científico e são tópicos importantes, porém existe escassez de estudos referentes às perdas energéticas através das paredes dos secadores em virtude da indisponibilidade de informações sobre o consumo energético e a eficiência térmica de diferentes modelos de secadores intermitentes.

Os secadores intermitentes apresentam baixa eficiência térmica porque o ar, após atravessar a massa de sementes, ainda tem capacidade de reter água, pois sua umidade relativa não é muito elevada. Além disso, o calor gerado no combustor proporciona perdas energéticas através das chapas metálicas que envolvem a câmara de secagem causando elevados fluxos por condução, se fazendo assim necessária mais pesquisa para contornar este efeito negativo (Osborne, 1970; Baudet, 2007).

Levando em consideração a necessidade do aumento da taxa de secagem de grandes volumes de sementes colhidas com elevada umidade, é necessário otimizar a eficiência e a eficácia do método intermitente, principalmente nas regiões onde as condições climáticas não são favoráveis à permanência de sementes no campo após o ponto recomendável de colheita.

Além disso, aliada à busca por maior qualidade e volume das sementes produzidas no Estado do Rio Grande do Sul está à necessidade da utilização racional de energia, de modo que a prática da secagem artificial de sementes de soja seja economicamente viável e sustentável do ponto de vista da preservação dos recursos naturais.

Dentro deste contexto torna-se relevante a busca de alternativas que promovam a otimização do desempenho dos secadores através do aumento da velocidade de secagem e maximização da capacidade operacional, permitindo maior número de cargas de secagem por dia com a manutenção da qualidade fisiológica das sementes.

Tais avanços, além de proporcionarem maior rentabilidade aos agricultores pelo maior volume e valor da semente produzida, reduziriam o custo de produção em virtude do menor consumo de energia, o que representa importante benefício econômico, social e ambiental. O presente trabalho tem por objetivo, determinar a dissipação de energia térmica nas paredes do secador e avaliar a eficiência energética do secador para o aquecimento do ar de secagem.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os tratamentos foram às temperaturas da massa de sementes, com quatro níveis (38, 41, 44 e 47°C), distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. Foi utilizado secador intermitente com capacidade de 25 toneladas, com relação de intermitência de (1:3,6) com as sementes de soja submetidas à secagem de 18 para 13% de umidade.

Durante o monitoramento da secagem foram registrados os valores da umidade relativa e temperatura ambiente, sendo este ar ambiente aquecido de maneira controlada através do fluxo que saía da fornalha, permitindo que durante a secagem, a temperatura da massa de sementes ficasse com valores de 38, 41, 44 e 47°C para cada carga de sementes.

Para cada ciclo das sementes no secador, foi verificada a potência térmica necessária para acréscimo de temperatura do ar de secagem em relação ao ar ambiente, utilizando a equação 1.

$$P = (F \cdot A \cdot 960) / V \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo,

P - Potência térmica (kcal/h)

F - Fluxo do ar de secagem (m<sup>3</sup>/s)

A - Acréscimo de temperatura do ar secagem relativamente ao ar ambiente (°C)

960- Valor para ajuste da unidade da potência (kcal/h)

V- Volume específico do ar de secagem (m<sup>3</sup>/kg)

Desta forma foi possível obter as curvas de potencia em função do tempo de secagem para cada condição experimental de temperatura da massa de sementes, possibilitando assim utilizar a integral da potência em relação ao tempo, para obter a energia de aquecimento do ar de secagem em cada nível do fator temperatura. Alguns ajustes foram necessários no acréscimo de temperatura do ar de secagem, devido este ocorrer em dias diferentes, ocasionando variações na temperatura, sendo necessário estabelecer a temperatura ambiental constante para que não induzisse ao erro no consumo energético. A equação 2 foi utilizada para a obtenção da energia requerida para o aquecimento, para cada carga atribuída à secagem, onde possibilitou a verificação do consumo energético de aquecimento do ar.

$$E = \int P \cdot dt \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo,

E – Energia consumida para o aquecimento do ar (kcal)

P – Potência térmica (kcal/h)

A determinação da eficiência energética na secagem foi determinada através da razão entre a energia do combustível consumido durante a secagem e a energia necessária para o aquecimento do ar.

A quantidade de combustível requerida para cada carga de secagem de sementes foi determinada através da diferença entre os volumes inicial e final.

O fluxo de calor por condução foi determinado a cada intervalo de 30min, sendo utilizada a equação 3.

$$Q = (K.A/L).\Delta T \text{ (Equação 3)}$$

Onde,

Q - Fluxo de calor por condução (kcal/h)

K - Coeficiente de condutividade térmica, característico do material do secador (kcal/h.m.°C)- (aço= 39,28 kcal/h.m.°C).

A - Área da seção atravessada perpendicularmente pelo fluxo de calor (m<sup>2</sup>)

$\Delta T$  - Variação de temperatura (°C)

L - Espessura da chapa (m).

Sendo posteriormente realizada a integral do fluxo de calor em relação ao tempo de secagem obtendo-se assim a energia dissipada através das paredes do secador, conforme a equação 4.

$$E = \int Q.\Delta T \text{ (Equação 4)}$$

Sendo,

E – Energia dissipada através das paredes do sacador (kcal)

Q - Fluxo de calor por condução (kcal/h)

Com isso a dissipação de energia foi determinada através da razão entre a integral do fluxo de calor nas paredes e o consumo efetivo de energia.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo que melhor explica o comportamento do consumo efetivo de energia em função da temperatura da massa de sementes é o modelo linear conforme a Figura 1. Observa-se que a taxa de consumo é de 52780 kcal por cada aumento de 1°C na temperatura da massa de sementes o que corresponde a um consumo de 0,003 m<sup>3</sup> de lenha.

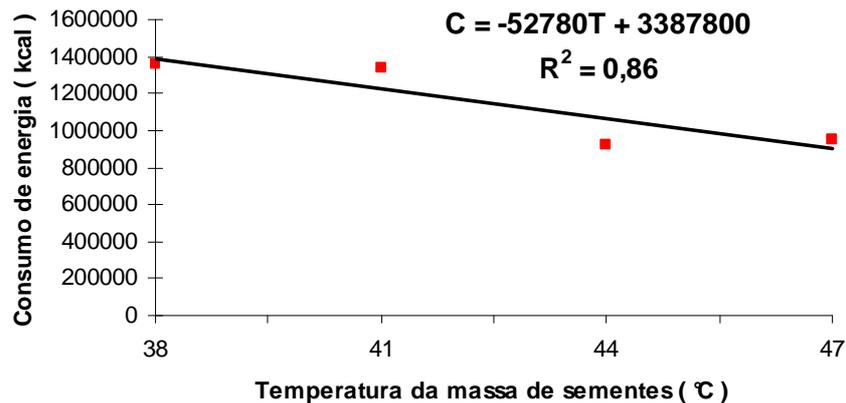
Verifica-se que o percentual de energia dissipada através das paredes do secador em função da temperatura da massa de sementes não foi significativo a 5% de probabilidade, sendo o valor médio da dissipação de 13,25%, ou seja, independente da temperatura da massa no intervalo de 38 a 47°C a dissipação nas paredes será a mesma.

Neste contexto observa-se que a dissipação no secador 13,25% é considerável, sendo oportuno a inserção de novos materiais que reduzem a condutividade de energia térmica, ou aumento da espessura da chapa do secador, pois um aumento de 2 mm para 4 mm resulta redução de 5%.

Em relação à eficiência energética não se observou diferença estatística conforme o aumento da temperatura da massa de sementes, sendo o valor constante de 30,63% o que significa que apenas 30,63% de energia é de fato utilizada para o aquecimento do ar, considerando que 13,25% é dissipada através

das paredes verifica-se que em torno de 57% é dissipada através da tubulação que chega ao secador, da fornalha e eficiência de combustão da lenha.

É relevante maiores estudos direcionados a maior vedação nas paredes dos secadores seja com materiais de menor condutividade térmica, ou de maior espessura para que possa dessa forma minimizar a dissipação energética, conduzindo assim maior economia para o produtor no uso de seus recursos econômicos e uso racional de energia promovendo assim, maior preservação dos recursos naturais.



**Figura 1.** Consumo efetivo de energia em função do intervalo de temperatura da massa de sementes de 38 a 47°C.

#### 4. CONCLUSÕES

O consumo efetivo de energia reduz linearmente com o aumento da temperatura da massa de sementes em secador intermitente.

A energia dissipada através das paredes do secador intermitente corresponde a 13%.

A eficiência energética da energia necessária para o aquecimento do ar é 30,63% em relação ao consumo efetivo de energia.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAVARIANI, C. **Efeito da secagem intermitente sobre a qualidade de semente de soja**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1983. 94p. (Tese Mestrado).

LACERDA, A. L. S.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E.; FILHO, W. V. V. Armazenamento de sementes de soja dessecadas e avaliação da qualidade fisiológica, bioquímica e sanitária. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.25, n.2, p.97-105, 2003.

MILMAN, M. J. **Manejo da relação de intermitência e da temperatura do ar na secagem industrial do arroz**. 2001. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Industrial) Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2001.

MIRANDA, T. R. **Secagem intermitente lenta de sementes de soja**. 1978. 93 f. (Mestrado - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2001).

PINHO, M. da S.; Avaliação na determinação do grau de umidade das sementes de arroz e soja pelo método da estufa. In: XVI congresso de iniciação científica, 2007, Pelotas. XVI CIC. Pelotas.

VILLELA, F.A ; SILVA, W.R. Curvas de secagem de sementes de milho utilizando o método intermitente. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.49, n.1, p.145-153,1992.