

## AVALIAÇÃO TÉRMICA DE UMA ESTUFA PARA SECAGEM DE TABACO

**MILECH, Fabio Brongar<sup>1</sup>; MACHADO, Miguel Borges<sup>1</sup>; LUZ, Maria Laura Gomes Silva<sup>2</sup>; LUZ, Carlos Alberto Silveira<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Acadêmico de Engenharia Agrícola CENG-UFPEL; <sup>2</sup> Professor CENG-UFPEL

### 1 INTRODUÇÃO

O tabaco é considerado uma cultura de extrema importância para a região Sul do País, tanto social como economicamente, onde os principais fornecedores da matéria-prima provêm da agricultura familiar. Segundo Silveira et al. (2010), o Brasil é o segundo maior produtor mundial de tabaco em folha desde 1993, ocupando de forma absoluta, a condição de maior exportador mundial. A região Sul, incluindo os estados do RS, SC e PR é composta por 720 municípios onde estão envolvidas 184.310 pequenas famílias produtoras.

A produção de tabaco da região Sul do Brasil é fundamentada basicamente por um sistema de integração entre produtores e indústrias (BUAINAINN; SOUZA FILHO, 2009). No Sistema Integrado de Produção do Tabaco (SIPT), o produtor se compromete por meio de contrato a vender toda sua produção para a empresa contratante. A empresa tem como função fornecer a devida assistência técnica aos produtores, realizando o planejamento das safras, fornecimento de sementes certificadas, insumos de qualidade, dimensionamento das estufas de cura, além do levantamento de custos de produção e negociação de preço. A contrapartida do produtor, além da responsabilidade com a produção, também é realizar a secagem e a cura do tabaco, portanto, os custos de construção do secador (estufa) e da lenha utilizada na secagem, são fornecidos pelos produtores rurais.

A variedade de tabaco do tipo Virgínia, diferentemente dos tipos Burley e Comum que são submetidas à cura natural, à sombra ou em galpão (*air cured*), é curada em estufas, com temperatura e umidade controladas (*flue cured*) (BUAINAINN; SOUZA FILHO, 2009; BELING, 2006).

As estufas de cura ou secagem do tabaco são construídas de alvenaria, por tijolos ou blocos pré-moldados de concreto, não apresentando nenhum revestimento interno ou externo, que garanta isolamento térmico, evitando as perdas de calor. Este fato tem proporcionado grande consumo de lenha na fornalha durante a secagem do tabaco.

O isolamento térmico consiste em proteger as superfícies aquecidas, como as paredes e teto de uma estufa, através da aplicação de materiais de baixa condutividade térmica, visando minimizar os fluxos de calor, assim, evitando problemas técnicos (condensação), problemas econômicos (maior aproveitamento de energia calorífica), consequentemente melhorando a eficiência na secagem. Quanto menor a condutividade térmica, menor será a espessura necessária para uma mesma capacidade isolante (KREITH, 1969; KERN, 1990; INCROPERA 1992; MORAN; SHAPIRO, 2002).

De maneira geral, um bom isolante térmico é um material poroso, que aprisiona o ar nas pequenas cavidades do material sólido, evitando sua movimentação e impedindo a convecção, ou seja, as trocas que podem ocorrer, o que dificulta a passagem de calor. Outra característica é sua alta resistência térmica, que pode ser usada na construção de ambientes isolados termicamente. Portanto,

ele estabelece uma barreira à passagem do calor entre dois meios que naturalmente tenderiam rapidamente a igualarem suas temperaturas, como é o caso dos ambientes externos e internos da estufa de tabaco.

Diversos materiais podem ser utilizados para esse fim. No entanto, não existe isolante térmico perfeito, pois todo material de alguma forma, mesmo que em pouca quantidade, conduz algum calor (MORAN e SHAPIRO, 2002).

O uso racional da lenha ou de outro combustível, para a secagem e cura do tabaco, visa à economia através da diminuição de perdas de energia. Também, está de acordo com a premente exigência do IBAMA sobre as indústrias fumageiras do Sul do País, as quais deverão implementar um sistema de rastreabilidade ambiental na sua cadeia produtiva, comprovando que as plantações de tabaco não utilizam áreas de mata nativa no cultivo e secagem de tabaco, através da diminuição da demanda de lenha.

Com o isolamento térmico das estufas o produtor poderá gastar menos combustível e ter uma maior economia no processo de produção.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar as perdas de calor através das paredes e teto de um secador de tabaco, estudando possibilidades com uso de materiais isolantes, de baixo custo, visando a uma economia de combustível, diminuição do tempo de secagem e conseqüente redução dos custos no processo, além de proporcionar ao produtor, maior comodidade devido ao aumento do tempo entre reposições de lenha na fornalha.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados do presente estudo foram coletados em uma estufa de secagem de tabaco, em uma propriedade localizada na Colônia Picada Carlos, 6º Distrito do município de Pelotas.

Foram determinadas as temperaturas no exterior de uma estufa de fabricação pré-moldada em concreto, sem qualquer tipo de revestimento interno ou externo, com dimensões de 13,00 x 3,70 x 2,70m, sendo 2,00m do comprimento total destinados ao ventilador, canalização e fornalha, conforme a Fig. 1.

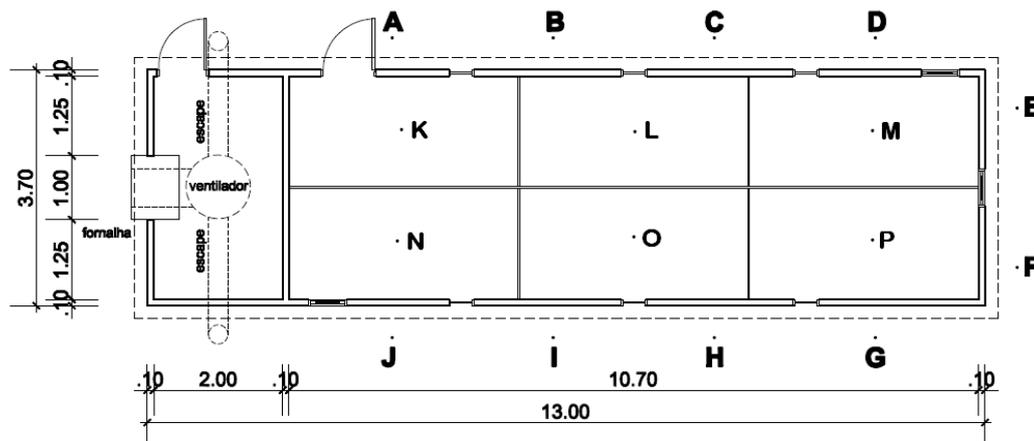


Figura 1 – Planta baixa da estufa de tabaco.

Para a determinação das temperaturas foi utilizado um termômetro digital com mira a LASER, da marca Cason CA380. Foram medidas as temperaturas em dez pontos distintos (quadrantes laterais, de A até J), marcados na Figura 1, apontando o termômetro para as paredes da estufa, distante 0,50m da mesma, e

aproximadamente 3,00m entre medições para conhecer as perdas. Também foram medidas as temperaturas em seis pontos equidistantes no teto (quadrantes superiores, de K até P), considerando as temperaturas das paredes.

Foram pesquisados e testados materiais isolantes de acordo com a relação custo/benefício de seu uso, e se realizaram cálculos de dimensionamento de tratamento de aplicação de isolamento nas superfícies, assim como cálculos econômicos para estabelecer a redução de custos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização de testes preliminares dentre os diferentes isolantes encontrados comumente no mercado, adotou-se como isolante o material Lã de Rocha, considerando a relação entre o seu baixo coeficiente de condutividade térmica (k), suas propriedades físicas e a sua boa relação custo/benefício.

Determinou-se através de cálculos de transferência de calor por condução o Fluxo Térmico (Q) entre as paredes e teto da estufa em questão, considerando os respectivos coeficientes de condutividade térmica (k), espessura (l) e área (A) dos materiais componentes da mesma. A parede foi considerada composta pelos respectivos materiais: tijolo de concreto, isolante e metal para proteção do isolante. Para o cálculo da variação de temperatura ( $\Delta t$ ) entre o interior e exterior do secador, adotou-se uma temperatura média entre os meses de secagem do tabaco e as respectivas variações de temperatura do estágio de secagem, considerando fórmulas diferentes para o cálculo do Q na estufa com isolamento previsto (Equação 1), e sem o isolamento (Equação 2).

Equação 1:

$$Q = \frac{\Delta t}{\frac{l_1}{k_1 * A} + \frac{l_2}{k_2 * A} + \frac{l_3}{k_3 * A}}$$

Equação 2:

$$Q = \frac{k * A * \Delta t}{l}$$

onde:  
Q (fluxo térmico) - kcal/h;  
 $\Delta t$  (variação de temperatura) - °C;  
k (coeficiente de condutividade térmica) - kcal/m<sup>2</sup>h°C;  
l (espessura) - m;  
A (área) - m<sup>2</sup>;

A Tab. 1 mostra a energia térmica (kcal) e a quantidade de lenha (m<sup>3</sup>) economizada nas diversas etapas de secagem em uma estufa com e sem isolamento interno, exemplificando a redução significativa de energia e de combustível utilizado no processo de secagem referente a uma estufada (processo completo de secagem, totalizando seis dias), quando a mesma apresentar o isolante proposto nas paredes e teto.

Tabela 1 – Economia de energia térmica e lenha no processo de secagem.

		Amarelamento	Murchamento	Fixação da cor	Secagem do talo	TOTAL
Q (kcal)	Sem Isolamento	3.675.935	2.377.861	10.163.857	7.430.110	23.647.763
	Com Isolamento	65.610	42.441	192.507	132.616	433175
	Economia	3.610.325	2.335.420	9.971.350	7.297.494	23.214.589
Lenha (m <sup>3</sup> )	Sem Isolamento	1,37	0,88	3,78	2,76	8,79
	Com Isolamento	0,02	0,02	0,07	0,05	0,16
	Economia	1,34	0,87	3,71	2,71	8,63

Observa-se na Tab. 1 que houve uma diferença bastante significativa da energia total gasta quando foi considerado no cálculo o isolante térmico, tendo uma economia de lenha da ordem de 98,17%, passando de um consumo de 8,79m<sup>3</sup> para 0,16m<sup>3</sup> para secar um lote durante seis dias. Com isso, além da economia financeira, também há uma economia de tempo por necessitar de menor reposição de lenha na fornalha, com conseqüente aumento do conforto do produtor.

#### 4 CONCLUSÕES

Analisando os dados gerados por este trabalho, conclui-se que a estufa de secagem do tabaco sem elemento isolante, durante o processo de secagem, perde uma grande quantidade de energia térmica através de suas paredes e do teto.

Com a adoção de um sistema de isolamento interno, foi constatada significativa redução das perdas de energia térmica, bem como uma economia considerável de lenha utilizada no processo de secagem do tabaco.

#### 5 REFERÊNCIAS

- BELING, Romar Rudolfo. **A história de muita gente**: um exemplo de liderança: Afubra 50 anos. Santa Cruz do Sul: Afubra, 2006. 200p.
- SILVEIRA, Daiani da; VENCATO, Ângela; SANTOS, Cleiton; REETZ, Erna Regina; CARVALHO, Cleonice de; CORRÊA, Sílvio; KIST, Brenno Bernardo; POLL, Heloísa; BELLING, Romar Rudolfo. **Anuário brasileiro do tabaco 2010**: renda e sustentabilidade. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2010. 160p.
- BUAINAINN, Antônio Márcio; SOUZA FILHO, Hildo Meirelles de. **Organização e funcionamento do mercado de tabaco no Sul do Brasil**. Campinas: Unicamp, 2009. 240p.
- INCROPERA, Frank P.; WITT, David P.de. **Fundamentos de transferência de calor e massa**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992. 455p.
- KERN, Donald Q. **Process heat transfer**. New York: McGraw-Hill, 1990. 871p.
- KREITH, Frank. **Princípios da transmissão de calor**. São Paulo: Edgard Blücher, 1969. 641p.
- MORAN, Michael J.; SHAPIRO, Howard N. **Princípios de termodinâmica para engenharia**. 4.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 681p.