

## CUSTO ENERGÉTICO DE SECAGEM DE TRIGO

**CHIELE, Daniel Padoin<sup>1</sup>; STANISCI, Rodrigo Barcelos<sup>2</sup>; PERES, Wolmer Brod<sup>3</sup>;  
LUZ, Maria Laura Gomes Silva<sup>3</sup>; LUZ, Carlos Alberto Silveira<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Acadêmico de Engenharia Agrícola; <sup>2</sup>Engenheiro Agrícola; <sup>3</sup>Professor CENG-UFPEL

### 1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum*, L.) é uma das principais *commodities* comercializadas no mundo, e, segundo a CONAB (2011), no país em 2010/2011, houve uma redução de 11,6% na área cultivada, quando comparada com a área da safra 2009/10. Apesar disso, quanto à produção, a perspectiva é de que atinja em 2010/11, 5.778,7 mil toneladas, superior em 15% ao que foi colhido na safra 2009/10.

As perdas de produto serão menores quanto menos tempo este permanece na lavoura após a maturação fisiológica.

Dentre as operações de processamento de grãos, a secagem é considerada crítica e a de maior consumo energético, responsável por 60% da energia consumida (LACERDA FILHO, 1995).

Segundo a classificação proposta por Silva (2000), um secador de fluxo cruzado é o tipo que utiliza ventilação forçada, a altas temperaturas, cujo fluxo de ar é cruzado, ou seja, tem direção ortogonal ao fluxo de grãos.

Segundo Yong e Dinckens (1975), os custos fixos são aqueles que não variam com a produção, são eles: depreciação, impostos, manutenção, seguros, custos de oportunidade e mão de obra permanente. Os custos variáveis são aqueles que variam de acordo com a quantidade produzida e são: combustíveis, energia elétrica e mão de obra temporária.

Segundo Afonso (2006) a divisão dos custos operacionais de uma unidade armazenadora, pode ser assim considerada: 23% de energia elétrica, 29% de combustível, 7% de mão de obra indireta, 9% de seguros, 18% de manutenção e 14% de mão de obra direta.

Portella e Eichelberger (2002) consideraram a secagem estacionária de trigo a 70°C como adequada em termos de qualidade final do grão, uma vez que a temperatura máxima da massa de grãos foi de 45°C. Eles obtiveram um custo médio total por saco de 60 kg, por ponto percentual (p.p.) de umidade retirada, de R\$ 0,12 (valores referenciais a setembro de 2002, com GLP a R\$ 1,99/kg e kWh a R\$ 0,15), para baixar a umidade do produto de 18% para 13%.

Dentro deste panorama, o objetivo do trabalho foi acompanhar a secagem de trigo e realizar o levantamento dos custos energéticos de secagem, utilizando um secador de coluna com fluxo cruzado, em uma propriedade no norte do estado do Rio Grande do Sul, através de um comparativo entre os resultados medidos a campo, o *software* de simulação fornecido pelo fabricante do secador e o trabalho desenvolvido por Portella e Eichelberger (2002).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trigo utilizado no experimento foi recebido pela UBG úmido e com impurezas, o que exigiu a realização das operações de pré-limpeza, secagem e armazenamento.

O secador utilizado no experimento, classificado como de fluxo cruzado, operou em sistema contínuo no qual o produto úmido entra no secador, se desloca pela torre de secagem, passa pela torre de resfriamento e com uma única passagem por estas é descarregado. Desta maneira, forma-se um fluxo constante de produto passando pelo secador, ocorrendo simultaneamente, grãos úmidos entrando no secador, grãos em pleno processo de secagem e resfriamento e grãos secos saindo do secador.

O acompanhamento ocorreu por 35 horas, conforme os lotes de produto eram recebidos para serem secados no secador de coluna. A unidade operou em média  $10 \text{ h.d}^{-1}$ . O equipamento de secagem foi previamente esvaziado, limpo e regulado.

O índice de impurezas, antes e depois da pré-limpeza, foi de 3% e 1%, respectivamente. Após a pré-limpeza o produto foi enviado para o secador, com capacidade de secagem de trigo de  $25 \text{ t.h}^{-1}$ , que operou com temperatura de secagem de  $70^{\circ}\text{C}$ , temperatura média ambiente de  $20^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa média do ar ambiente de 60%, umidade de entrada do produto de 18%, umidade de saída do produto de 13%. O produto foi resfriado no secador e ficou com uma massa específica de  $800 \text{ kg.m}^{-3}$ .

As temperaturas do ar de secagem, do ar ambiente e a umidade relativa do ar ambiente foram obtidas com uso de um termo-higrômetro, marca Impac, modelo TH02, localizado a 4 m da entrada do ar no secador. As umidades de entrada e de saída do produto no secador foram determinadas por um medidor de umidade Universal, que foi aferido. A temperatura do ar de secagem foi acompanhada através de um sensor térmico PT100, instalado no interior do secador. O tempo de secagem foi determinado por um cronômetro.

O sistema de movimentação do ar possui dois ventiladores centrífugos, um para o ar quente de secagem e outro para o ar frio de resfriamento. O sistema de descarga é com duas eclusas rotativas. O ar é aquecido por uma fornalha de fogo direto queimando lenha.

No cálculo dos custos energéticos de secagem foram incluídos as potências dos motores de todos os equipamentos envolvidos no fluxo dos grãos na UBG, desde a moega de recebimento até o silo de armazenagem.

Para avaliação dos custos de secagem de trigo na UBG foram considerados somente os custos variáveis (YOUNG; DINCKENS, 1975).

Os dados obtidos a partir das medições realizadas foram medidos em cinco repetições e os dados padrões considerados foram: kWh a R\$0,19 e lenha de eucalipto a R\$35,00 por  $\text{m}^3$ .

Para fins de comparação foram utilizados dois parâmetros, baseados no trabalho desenvolvido por Portella e Eichelberger (2002), que quantificaram os parâmetros de secagem artificial de trigo, empregando secadores de leito fixo, cuja fonte de energia era o gás liquefeito de petróleo (GLP) e um *software* de simulação do desempenho de secagem desenvolvido pelo fabricante do secador, utilizado no acompanhamento (FERRARI, 2007).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados da Tabela 1 foram calculados os custos de secagem utilizando energia elétrica e lenha (Figura 1).

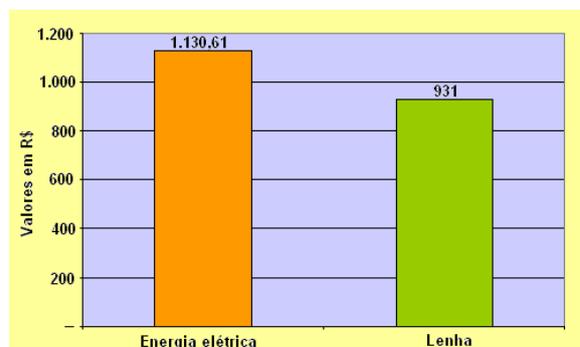
**Tabela 1 – Valores médios de 5 repetições obtidos a partir da medição dos parâmetros durante o período de acompanhamento da secagem de trigo.**

Parâmetro	Medida
Potência elétrica total instalada (cv)	231 (170 kW)
Temperatura média ambiente (°C)	23
Temperatura média do ar de secagem (°C)	71
Umidade relativa média (%)	68
Umidade média de entrada do produto % (b.u.)	20
Umidade média de saída do produto % (b.u.)	12
Total de trigo processado em toneladas	571,59
Total de tempo de secagem em horas	35
Capacidade de secagem calculada (toneladas/hora)	16,3
Total de lenha consumida em 35 horas (m <sup>3</sup> )	26,6
Lenha consumida (m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> )	0,76
Energia (kcal.h <sup>-1</sup> )	991.800
Energia (kcal.kg <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O removida)	668,14

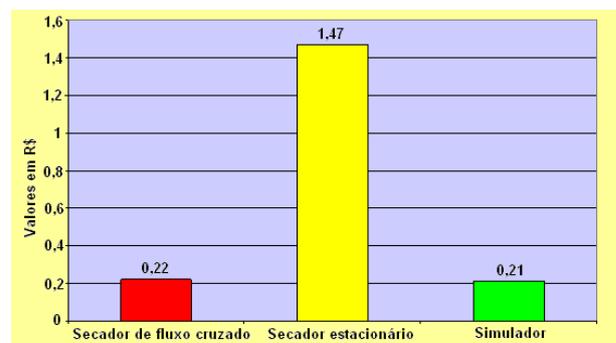
Considerando o custo total de energia gasta no processo da ordem de R\$ 2.061,61, verifica-se que o custo da energia elétrica (R\$1.130,61) representa uma parcela significativa deste valor, representando mais de 50% deste total. Por isso, é importante que todos os equipamentos elétricos sejam adequadamente dimensionados e que as operações sejam planejadas de modo a utilizar a energia elétrica sempre que possível nos períodos do dia em que ela seja mais econômica.

De acordo com a metodologia proposta por Portella e Eichelberger (2002) e utilizando o *software* de Ferrari (2007), considerando os valores de mercado para o GLP (R\$3,00.kg<sup>-1</sup>) e para o kWh (R\$0,19), chega-se ao valor de R\$0,184 por p.p. de umidade retirada. Como o secador de coluna com fluxo cruzado acompanhado retirou em média oito p.p. de umidade, o custo de secagem para o secador de leito fixo seria de aproximadamente R\$1,47 por saco de 60 kg de trigo.

A Figura 2 apresenta um comparativo entre os custos de secagem.



**Figura 1 – Comparativo dos custos de energia elétrica e lenha**



**Figura 2 – Comparativo dos custos em R\$ por saco de trigo seco**

O custo da secagem por saco de 60kg de trigo utilizando lenha foi de R\$0,22 e GLP seria de R\$1,47. Isto mostra que é 6,68 vezes mais econômico utilizar lenha do que GLP na secagem de trigo, utilizando o secador em análise.

Conforme os dados do simulador, o custo de secagem foi de R\$0,21 por saco de 60 kg de trigo, para baixar a umidade do produto de 20% para 12%. Logo, o custo por tonelada secada foi de R\$3,52.

Portanto, pode-se notar que o custo de secagem calculado foi 2,5% maior do que o obtido através da simulação com o *software*. Esta variação entre valores simulado e real pode ser ocasionada em função de o programa executar o cálculo com dados fixos, não levando em conta as variações das condições de temperatura do ar, umidade relativa, umidade de entrada do produto, da umidade de saída do produto e da temperatura de secagem durante o decorrer da operação de secagem.

#### 4 CONCLUSÃO

- Comparando o desempenho do secador durante o acompanhamento com os resultados obtidos através do *software* de simulação do fabricante do equipamento (R\$0,21 por saco de 60 kg de trigo), o custo de secagem na prática (R\$0,22 por saco de 60 kg de trigo), ficou 2,5% acima do simulado;
- O custo de secagem com fornalha a lenha, quando comparado ao custo de secagem com GLP, ficou 568% mais econômico;
- O custo da energia elétrica correspondeu a 54,8% do valor gasto para a secagem no secador de fluxo cruzado.

#### 5 REFERÊNCIAS

AFONSO, A.D.L. Implantação de unidade de armazenamento em propriedades agrícolas. **Grãos Brasil**: Maringá, v.3, p. 29-31, 01 mar. 2004.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 12 fev. 2011.

FERRARI, F. **Programa computacional Process Dryer Simulador 1.0**. Marau, 2007. 1 CD-ROM.

LACERDA FILHO, A.F.; SILVA, J.S.E.; AFONSO, A.D.L. Transportadores de grãos. In: SILVA, J. de S. **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995, v. 1, p.285-319.

PORTELLA, J.A.; EICHELBERGER, L. **Secagem de grãos**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002.

SILVA, R.P.A.; LIMA, C.E.B.; SEVERINO FILHO, C. Ensaio comparativo entre os modelos tradicionais e alternativos de apuração de custos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22, 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2002.

YOUNG, J.H.; DICKENS, J.W. Evaluation of costs for drying grains in batch or crossflow systems. **Transactions of the ASAE**, St. Paul, v.8, n.4, p.734-38, 1975.