

## IMPACTO DA UMIDADE DO PALHIÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR ENFARDADO NO CUSTO DE TRANSPORTE

Marcelo Scantamburlo Denadai <sup>1</sup>, Carolina Ruv Lemes Gonçalves Mendes <sup>2</sup>, Osmar de Carvalho Bueno <sup>3</sup>,  
Maura Seiko Tsutsui Esperancini <sup>4</sup>, Marcelo de Almeida Silva <sup>5</sup>, Saulo Philipe Sebastião Guerra <sup>6</sup>

<sup>1</sup> Doutorando em Energia na Agricultura – Engenheiro Agrônomo; msdenadai@fca.unesp.br,

<sup>2</sup> Graduanda – Engenharia Agrônômica; carol\_ruv@agronoma.eng.br,

<sup>3</sup> Professor Doutor – Engenheiro Agrônomo; osmar@fca.unesp.br,

<sup>4</sup> Professora Doutora – Engenheira Agrônoma; maura@fca.unesp.br,

<sup>5</sup> Professor Doutor – Engenheiro Agrônomo; marcelosilva@fca.unesp.br,

<sup>6</sup> Professor Doutor – Engenheiro Florestal; ssguerra@fca.unesp.br

Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/UNESP; R. Dr. José Barbosa de Barros, 1780;  
Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia; www.fca.unesp.br

### RESUMO

O palhiço de cana-de-açúcar é um tipo de biomassa agrícola que tem despertado interesse de empresários e pesquisadores, vem sendo recolhido nos canaviais para incrementar a receita do produtor por meio da queima em caldeiras ou na produção de etanol celulósico. Considerando qualidade deste material para fins energéticos, existem poucas pesquisas consolidadas sobre a umidade neste material. A hipótese que vem sendo trabalhada é que quanto maior o teor de água, menor será o poder calorífico da biomassa, e para transportá-la, maior será o custo. O trabalho foi desenvolvido em área de usina sucroalcooleira que enfarda o palhiço, e mede a umidade em diversos pontos de um fardo após a incidência de chuva. A partir desses resultados foi possível determinar os valores de retenção de água do fardo e estimar o aumento do custo de transporte em função das umidades observadas. O aumento da umidade nos fardos reduz a capacidade de transporte de massa seca pelo caminhão e aumenta o custo por tonelada transportada.

**Palavras Chave:** enfardamento prismático, chuva, biomassa agrícola.

### ABSTRACT

#### IMPACT OF MOISTURE SUGARCANE STRAW BALED IN TRANSPORT COST

The agricultural biomass of sugarcane straw has aroused the interest of many entrepreneurs and researchers, and has been collected in sugarcane fields to increase the producer income through its burning in boilers or cellulosic ethanol production. Considering this biomass moisture, there is a little research about this material. The hypothesis is being worked is the higher content water, lower the biomass calorific value, and carries it, greater the cost. This work was developed in sugarcane mill area who bale straw, and measure moisture in various parts of bale after rain. From these results it was possible to know the water retention values of bale and estimate the increase in transportation costs due to the observed moisture. The moisture bales increase reduces the capacity truck to transport dry matter and increases the cost per tonne transported.

**Keywords:** square baling, rain, agricultural biomass.

### INTRODUÇÃO

Enfardamento é o método mais popular de recolhimento de feno, sendo as mesmas máquinas utilizadas para o enfardamento de palha e outros materiais fibrosos (SRIVASTAVA et al., 1994).

No Brasil, no sistema de colheita de cana-de-açúcar sem queima prévia, o palhiço, isto é, a biomassa residual formada após a colheita da cana-de-açúcar, é deixado no campo e enleirado por meio de ancinho enleirador, sendo compactado em fardos cilíndricos ou prismáticos. Estes fardos são colocados em caminhões através de garras carregadoras e transportados para usina, onde são descarregados com a pá carregadora no pátio (INNOCENTE, 2011).

O palhiço apresenta baixa massa específica e, para diminuir os custos com transporte, sugere-se que seja efetuado um adensamento, onde o volume inicial é reduzido aproximadamente 15 vezes. As tecnologias

disponíveis para o adensamento são as enfardadoras de forragem cilíndricas e prismáticas (MAGALHÃES e BRAUNBECK, 2001).

A aquisição de equipamentos e máquinas para facilitar a utilização dessa biomassa, tal como o uso de enfardadoras, requer investimentos iniciais relativamente elevados, podendo ser mais eficientes economicamente quando utilizados em larga escala (BILANDZIJA et al., 2012). Tornar esses sistemas de aproveitamento energético da biomassa viáveis é complexo, visto que demanda elevado capital iniciais e altos custos operacionais, gerado pela grande necessidade de mão de obra especializada e aquisição de máquinas de alto custo, aumentando o custo de aproveitamento da matéria-prima (CHAVANNE e FRANGI, 2011).

Com o enfardamento, há menor quantidade de biomassa na área, com conseqüente redução do risco de incêndio, e também, agregando valor pela comercialização ou uso da biomassa recolhida (CANTO et al., 2011). De modo geral, as enfardadoras podem compactar palhço de cana-de-açúcar na média de 6,0 a 7,5 tMS h<sup>-1</sup>, com massa específica de 170 kg m<sup>-3</sup> e umidade entre 20 e 35% (BALASTREIRE, 1987). Para Zegada-Lizararu (2012) alta umidade pode causar problemas para o transporte.

Este trabalho é um estudo preliminar e inédito do comportamento da umidade em fardos de palhço de cana-de-açúcar, portanto, não foi possível realizar repetições dos dados até o momento. O trabalho teve como objetivo estimar o aumento do custo com transporte de fardos em função do aumento da sua umidade.

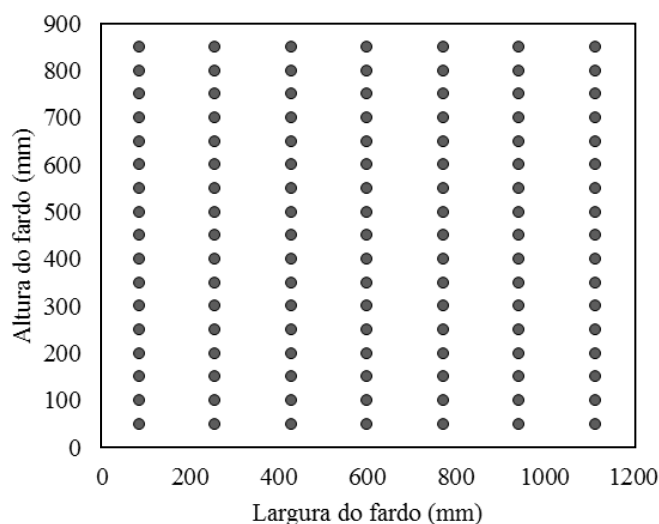
## MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no município de Paulicéia/SP em área de usina sucroalcooleira, e foi operacionalizado pela Faculdade de Ciências Agrônômicas – Campus de Botucatu (FCA/UNESP). Foram coletados dados preliminares em campo, da umidade de fardos de palhço de cana-de-açúcar após a incidência de 15 mm de chuva sobre estes.

O talhão utilizado para ensaio havia sido cultivado com a variedade de cana-de-açúcar SP81-3250, em seu quarto corte mecanizado, 1,5 m de espaçamento entre as linhas de plantio, e produtividade média de colmos de cana-de-açúcar de 75 t ha<sup>-1</sup>. O solo foi definido como um Latossolo Vermelho, e a precipitação anual média da região de 1200 mm ano<sup>-1</sup>.

O palhço presente na área, após a colheita mecanizada da cana-de-açúcar, foi previamente enleirado para posterior enfardamento, por meio de uma enfardadora prismática, produzindo fardos de 220 kg de matéria seca por metro cúbico de densidade. Também, a fim de caracterizar os fardos, o palhço enfardado apresentava 10% de umidade, antes da chuva, e composição média de 89% de palha, 3% de colmos de cana-de-açúcar, 7% de solo, e 1% de ponteiros de cana-de-açúcar.

Após a compactação do palhço em fardos, e sua permanência no campo, ocorreu uma precipitação de 15 mm aumentando a umidade. A umidade foi medida 12 horas após a precipitação, por método indireto com o auxílio de medidor digital de umidade da marca “Farmcomp Agroelectronics” modelo “Preagro 25”, medidor que consiste em uma haste que, ao ser inserida no fardo, mede a condutividade elétrica entre dois pontos.



**Figura 1.** Distribuição dos pontos de amostragem da umidade no fardo.

*Figure 1.* Distribution of moisture sample points in bale.

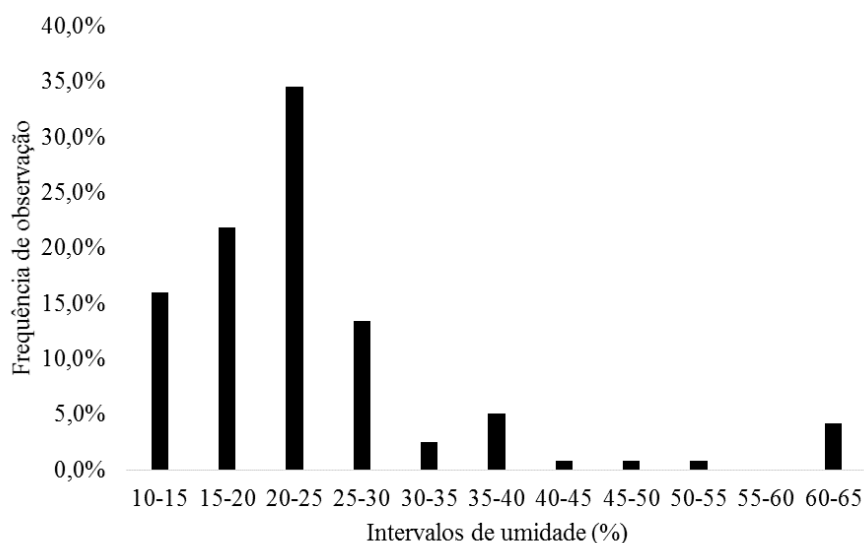
Foram realizadas 119 leituras de umidade na face no fardo, constituída por altura e largura do fardo, isto é, 900 mm x 1200 mm. As medições foram distribuídas em sete pontos na largura do fardo, e 17 no sentido

da altura (Figura 1). A partir desses dados foi possível verificar a distribuição da umidade no perfil do fardo, determinando a faixa de umidade retida no fardo.

A partir da faixa de umidade encontrada, foi construída uma tabela com a distribuição da massa de água e massa seca contida em um conjunto caminhão/carretas denominado rodotrem. Determinando-se um valor de frete para o conjunto caminhão/carretas, foi estimado o aumento do custo por tonelada de matéria seca transportada em função da umidade presente nos fardos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos 119 pontos amostrados foi possível observar que a umidade variou entre 10 e 65% no interior do fardo (Gráfico 1). Os maiores valores de umidade foram observados na parte superior do fardo, onde a chuva incidiu. Pôde-se observar que a parte inferior estava mais seca, visto que não foi atingida pela água da chuva. Uma hipótese é que no curto intervalo de tempo entre a chuva e a medição, não foi possível uma drenagem uniforme no decorrer da altura do fardo. Também, se houvesse maior quantidade de água incidindo sobre o fardo, este poderia apresentar maiores valores de umidade nos pontos mais inferiores.



**Gráfico 1.** Distribuição da umidade no interior de fardo de palhico de cana-de-açúcar.  
*Graphic 1.* Distribution of moisture inside sugarcane straw bale

**Tabela 1.** Aumento do custo com transporte de fardos em função do incremento da umidade.

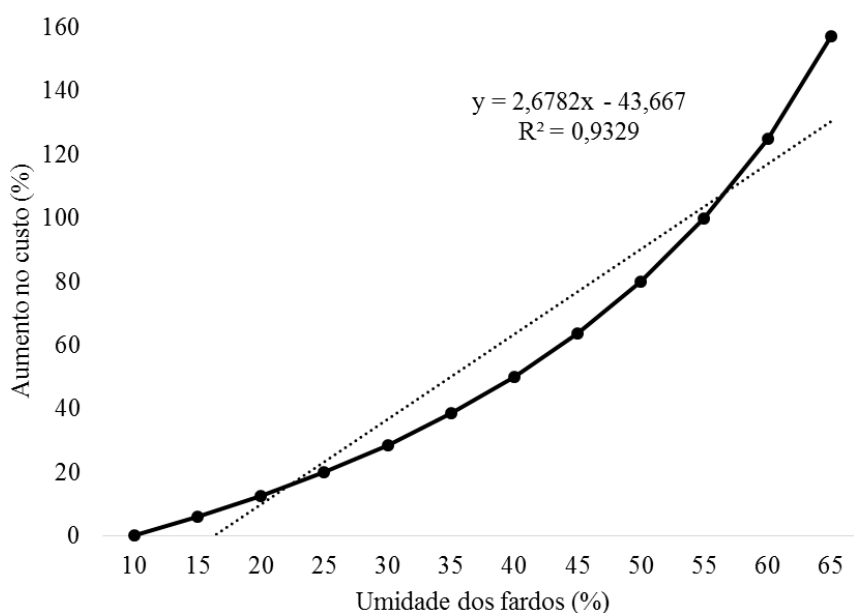
**Table 1.** Increase cost to transport bales due to increase of moisture.

Carga máxima rodotrem (t)	Umidade dos fardos (%)	Massa fardos - palhico (tMS)	Massa fardos - água (t)	Custo do frete (R\$/carga)	Custo (R\$/tMS)	Aumento do custo (%)
74	10	66,6	7,4	300,00	4,50	0,0
74	15	62,9	11,1	300,00	4,77	5,9
74	20	59,2	14,8	300,00	5,07	12,5
74	25	55,5	18,5	300,00	5,41	20,0
74	30	51,8	22,2	300,00	5,79	28,6
74	35	48,1	25,9	300,00	6,24	38,5
74	40	44,4	29,6	300,00	6,76	50,0
74	45	40,7	33,3	300,00	7,37	63,6
74	50	37,0	37,0	300,00	8,11	80,0
74	55	33,3	40,7	300,00	9,01	100,0
74	60	29,6	44,4	300,00	10,14	125,0
74	65	25,9	48,1	300,00	11,58	157,1

O custo por tonelada de matéria seca transportada aumentou com o aumento da umidade dos fardos (Tabela 1). Fixada a carga máxima por conjunto caminhão/carretas em 74 toneladas, quanto maior a quantidade de água nos fardos, menor foi a quantidade de massa seca transportada. Para a indústria, seja para queimar esta biomassa em caldeiras ou produzir etanol celulósico, a água nos fardos não é interessante. Nas caldeiras, o potencial de geração de energia decresce à medida que aumenta o percentual de umidade, em virtude de uma parte da energia ser destinada à evaporar a água contida na biomassa.

No fardo pesquisado, a umidade média dos 119 pontos foi de 25%. Se os conjuntos rodotrem fossem carregados com esses fardos após chuva de 15 mm, o empresário teria um aumento de 20% no custo de transporte por tonelada de matéria seca da biomassa. Considerando o valor máximo de umidade encontrado no fardo, o aumento no custo poderia chegar a 2,6 vezes, quando comparado com fardos de 10% de umidade. O aumento de custo foi calculado a partir de fardos com 10% de umidade, pois, não são encontrados fardos com menor umidade do que esta durante o enfardamento, na literatura e nos ensaios conduzidos por estes autores no decorrer dos últimos quatro anos.

A partir dos dados da Tabela 1, foi elaborado o Gráfico 2 para ilustrar o aumento do custo de transporte em função do aumento da umidade dos fardos.



**Gráfico 2.** Aumento do custo de transporte em função da umidade dos fardos.  
*Graphic 2.* Increase transportation costs due to bales moisture.

## CONCLUSÃO

O aumento da umidade em fardos de palhicho de cana-de-açúcar aumenta o custo da tonelada de massa seca transportada, e reduz a capacidade de carga em matéria seca.

## AGRADECIMENTOS

Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/UNESP  
GranBio

## REFERÊNCIAS

BALASTREIRE, L.A. Gerenciamento de operações agrícolas. In: BALASTREIRE, L. A. Máquinas agrícolas. São Paulo: Editora Manole, cap. 2, p.30-61, 1987.

BILANDZIJA, N.; VOCA, N.; KRICKA, T.; MARTIN, A.; JURISIC, V. Energy potential of fruit tree pruned biomass in Croatia. Spanish Journal of Agricultural Research, v. 10, pág. 292-298, 2012.

**10º CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA  
SÃO PAULO – SP – 15 A 16 DE JULHO DE 2015**

CANTO, J.L.; KLEPAC, J.; RUMMER, B.; SAVOIE, P.; SEIXAS, F. Evaluation of two round bailing systems for harvesting understorey. *Biomass and Bioenergy*, v. 35, pág. 2163-2170, 2011.

CHAVANNE, X.; FRANGI, J. -P. Comparison of the energy efficiency to produce agroethanol between various industries and processes: Synthesis. *Biomass and Bioenergy*, v.35, n.7, p. 2737-2754, 2011.

INNOCENTE, A.F. Cogeração a partir da biomassa residual de cana-de-açúcar – estudo de caso. 2011. 111f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2011.

MAGALHAES, P.S.G.; BRAUNBECK, O.A. Colheita de cana-de-açúcar verde: energia renovável para uma agricultura sustentável. 2001. Available in: <<http://www1.agrobrasil.com.br/agroartigos/artigo9.html>>. [15 February 2008].

SRIVASTAVA, A.K.; GOERING, C.E.; ROHRBACH, R. Hay and Forage Harvesting. In: *Engineering principles of agricultural machines* (Srivastava AK, Goering CE, Rohrbach RP, eds.) Pamela DeVore-Hansen, Michigan (USA), pág. 325-406, 1994.

ZEGADA-LIZARARU, W.; MONTI, A. Are we ready to cultivate sweet sorghum as a bioenergy feedstock? A review on field management practices. *Biomass and Bioenergy*, v.40, 2012.