

## A INFLUÊNCIA DOS EXTRATIVOS DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR NA PRODUÇÃO DE BRIQUETES

### THE INFLUENCE OF EXTRACTIVES OF SUGARCANE BAGASSE IN THE PRODUCTION OF BRIQUETTES

Allan Bianchini<sup>1</sup>; Clóvis W.C.Wanderley<sup>1</sup>; Isis W.de Oliveira<sup>1</sup>; Fábio M. Yamaji<sup>2</sup>; e João L. Barros<sup>3</sup>

**RESUMO** - O presente trabalho tem por objetivo analisar a influência dos extrativos do bagaço de cana-de-açúcar na produção de briquetes (biomassa compactada). Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Processos Industriais, da Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba - SP. A biomassa foi distribuída em três partes. A primeira parte, controle, foi mantida na sua forma in natura. A segunda parte, extração parcial, foi realizada a lavagem do material para retirada dos extrativos solúveis em água fria. Para a terceira parte, extração total, foi realizada a lavagem do material para retirada dos extrativos em água quente. A densidade a granel obtida para cada tratamento foram respectivamente  $210 \text{ Kg m}^{-3}$ ,  $145 \text{ Kg m}^{-3}$  e  $128 \text{ Kg m}^{-3}$  e a resistência à tração por compressão diametral, foram respectivamente 0,04 MPa, 0,36 MPa e 0,48 MPa. A formação dos briquetes é influenciada pelos extrativos solúveis em água pois estes afetam as interações das partículas do bagaço de cana-de-açúcar.

**Palavras-chave:** bagaço de cana-de-açúcar, briquetes, extrativos.

**ABSTRACT** - This paper aims to analyze the influence of extracts of crushed sugar cane in the production of briquettes (compressed biomass). This work was developed at the Laboratory of Industrial Processes, in the Federal University of São Carlos, campus Sorocaba - SP. The biomass was distributed into three parts. The first part, control was maintained in its raw. The second part, partial extraction, the material was washed for the removal of extractives soluble in cold water. For the third part, the material was washed to remove the extractives soluble in hot water. The bulk density obtained for each treatment were respectively  $210 \text{ kg m}^{-3}$ ,  $145 \text{ kg m}^{-3}$  and  $128 \text{ kg m}^{-3}$  and tensile strength by diametrical compression, were respectively 0.04 MPa, 0, 36 MPa and 0.48 MPa. The formation of the briquettes is influenced by water soluble extractives as they affect interactions of the particles of crushed sugar cane.

**Keywords:** sugarcane bagasse, briquettes, extractive.

---

1 Graduando do curso de Engenharia Florestal, UFSCar campus Sorocaba, allan343595@ufscar.br; cloviswcv@hotmail.com; isis.westphal@hotmail.com

2 Professor do departamento de Ciências Ambientais, UFSCar campus Sorocaba, fmyamaji@ufscar.br

3 Mestrando em Ciências dos Materiais, UFSCar campus Sorocaba, lucio@ufscar.br

## **INTRODUÇÃO**

O aumento da demanda de energia no mundo, esgotamento progressivo das reservas mundiais de petróleo e impactos negativos dos combustíveis fósseis sobre o clima são realidades cada vez menos contestadas. Assim, estimular o desenvolvimento e implantação de tecnologias modernas, como por exemplo o processo de briquetagem, que permite a integração entre os setores produtivos e industrial da base florestal e o de produção agrícola, com o aproveitamento de seus resíduos para geração de energia, constituem, para este milênio, alternativas que podem combater as restrições de ordem econômica, técnicas e ambientais que progressivamente vêm limitando a expansão de fontes de energias convencionais.

Há várias décadas, em alguns países da Europa e na América do Norte, a briquetagem tem sido utilizada e consiste em um processo bem desenvolvido e difundido, sendo de expressiva utilização industrial e comercial. A história da briquetagem teve início a partir da escassez de combustível e energia sofrida pela população européia, durante a I Grande Guerra Mundial, evoluindo muito até a atualidade (ALBUQUERQUE, 1997).

A briquetagem é uma forma bastante eficiente para concentrar a energia disponível da biomassa.  $1,00\text{m}^3$  de briquetes contém pelo menos 5 vezes mais energia que  $1,00\text{m}^3$  de resíduos. Isso, levando-se em consideração a densidade a granel e o poder calorífico médio desses materiais. (QUIRINO, 5).

No cenário mundial, com alarmante crescimento dos impactos ao meio ambiente e riscos associados ao suprimento de energia, tem-se percebido uma busca, cada vez maior, por fontes de energias renováveis onde a produção ocorra de forma sustentável a minimizar a geração de resíduos e impactos ambientais. Nessa nova linha, a energia vegetal proveniente da biomassa, isto é, as florestas e, por exemplo, a cana, apresenta-se como opção de energia limpa e renovável.

O bagaço de cana é um subproduto resultante da extração do caldo da cana-de-açúcar em usinas ou destilarias na produção de álcool etílico e açúcar. Pode ser considerado atualmente como principal resíduo agrícola brasileiro, devido à expansão na produção de álcool. A maior parte do bagaço produzido é utilizada na própria usina na geração de vapor para o suprimento de energia de seu parque industrial (LORA, 2004).

Define-se briquetagem como um processo no qual pequenas partículas de material sólido são prensadas para formar blocos de forma definida e de menor tamanho. Através desse processo, subprodutos de beneficiamento agro florestal, agroindustriais e finos de carvão convertem-se em um material de maior valor comercial que é o briquete (ANTUNES, 1982).

O processo de briquetagem apresenta problemas como por exemplo a expansão e redução da resistência mecânica. No entanto, estes estão diretamente relacionados com o material utilizado. Assim, podem ser reduzidos, de acordo com a finalidade pretendida, adequando as características do material.

Diante da necessidade de viabilizar formas alternativas e eficientes de aproveitamento da biomassa (bagaço de cana) excedente das usinas de álcool e açúcar, o presente trabalho tem por objetivo estudar a influência dos extrativos do bagaço de cana-de-açúcar na produção de briquetes.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Confecção dos briquetes**

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Processos Industriais, da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba - SP. Inicialmente mediu-se, na

balança medidora de umidade, o teor de umidade de 1g do bagaço coletado. O valor encontrado foi de 115,84% de umidade. Assim, este material passou por um processo de secagem em estufa a temperatura constante de 102°C a fim de reduzir o teor de umidade do material para próximo à 1%. Em seguida a biomassa passou por moagem no moinho tipo Willey. Após a moagem, o material foi distribuído em três partes, que passaram por tratamentos diferentes: tratamento 1 - controle; tratamento 2 - lavagem em água fria e tratamento 3 - lavagem com água quente. A primeira parte, controle (tratamento 1), foi mantida na sua forma *in natura*. A segunda parte, extração parcial (tratamento 2), foi realizada a lavagem do material para retirada dos extrativos solúveis em água fria, para cada 100g de biomassa utilizava-se três litros de água destilada a 20°C, que permaneceu durante uma hora. Já para a terceira parte, extração total (tratamento 3), foi realizada a lavagem do material para retirada dos extrativos em água quente. Foram utilizados 100g de biomassa para três litros de água destilada, o material foi adicionado a uma chapa aquecedora a 70°C, que permaneceu durante duas horas com agitações de 30 em 30 min (Figura 1)

Após este período de extração os materiais tanto *in natura* como os demais foram novamente levados à estufa. A secagem da matéria prima foi realizada em estufa com temperatura constante a 102 °C, até peso constante. Após medir o teor de umidade de 1g de material de cada tratamento na balança medidora de umidade constatou-se 1,17% de umidade para os três tratamentos. A partir deste percentual foram preparadas amostras de todos os materiais a 12% de umidade. Este preparo constituiu-se em borrifar água até que a massa final da biomassa apresentasse variação positiva de 12%.

Em seguida iniciou-se o processo de briquetagem que foi realizado através de uma prensa hidráulica de 15t e com o auxílio de moldes de 3,5cm de diâmetro e 16cm de altura (Figura 2). Todos os briquetes seguiram a conformação de: massa de 20g, granulometria variável (0,6% a 20 mesh, 26% a 40 mesh, 31,5% a 60 mesh e 41,9% acima de 60 mesh), teor de umidade a 12%, pressão 1247,4 kgf.cm<sup>-2</sup> e tempo de prensagem de 30s. Ressaltando que os briquetes foram prensados sem a utilização de temperatura e aglutinantes. Para cada tratamento foram produzidos dez repetições.



Figura 1 - Extração em água quente (70°C).



Figura 2 - Moldes para confecção dos briquetes.

### **Massa específica a granel**

A massa específica a granel do bagaço de cana-de-açúcar com diferentes concentrações de extrativos foi determinada, utilizando a metodologia prescrita na norma NBR 6922, para carvão vegetal. Foi utilizado um béquer de 2 litros de capacidade e uma balança eletrônica de precisão. A densidade foi calculada dividindo-se o peso da biomassa (Figura 3) pelo volume do béquer.



Figura 3 - Biomassa do bagaço de cana-de-açúcar.

### **Resistência à tração por compressão diametral**

Foi realizado um teste de tração por compressão diametral que buscou avaliar o comportamento mecânico dos briquetes, pela ação de uma carga, através da máquina de testes universal EMIC 300KN. Os briquetes foram ensaiados um dia após sua produção. A carga foi aplicada no sentido transversal ao briquete, perpendicular a compactação. Avaliou-se a força máxima exercida pela máquina até atingir o colapso (Figura 4). O delineamento foi inteiramente casualizado, onde relacionou-se os tratamentos com a força máxima dos ensaios de compressão. O resultado foi comprovado pelo ANOVA - Análise de variância - a um nível de 5% de probabilidade.



Figura 4 - Máquina Universal no momento do ensaio do briquete.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização do bagaço de cana-de-açúcar

A Tabela 1 apresenta a massa específica com os diferentes tratamentos.

Tabela 1 - Massa específica a granel do bagaço de cana-de-açúcar com diferentes tratamentos.

<b>Amostras</b>	<b>Massa específica a granel (kg.m<sup>-3</sup>)</b>
<i>Tratamento 1</i>	209,71
<i>Tratamento 2</i>	144,9
<i>Tratamento 3</i>	128,44

Observa-se que as três amostras de bagaço de cana, analisando a Tabela 1, que passaram por tratamentos diferentes, possuem massa específica diferentes. Isso pode estar associado à quantidade do teor de extrativos na amostra. De acordo com Chrisostomo et. al. (2010) e Vendrasco et. al. (2011), o teor de extrativos pode influenciar na qualidade da amostra. Os autores observaram que o teor de extrativos varia de acordo com os tratamentos executados, deste modo o maior teor de extrativos está diretamente relacionado com a maior densidade. Nos resultados observados pelo experimento, verifica-se que ocorreu uma diferença. Quando comparado com os dados encontrados por Chrisostomo et. al. (2010), a massa específica dos tratamentos foram respectivamente 138,6 kg.m<sup>-3</sup>, 117,4 kg.m<sup>-3</sup> e 86,7 kg.m<sup>-3</sup>.

### Caracterização dos briquetes

Os resultados da média da altura e média do diâmetro dos briquetes de bagaço de cana-de-açúcar para cada tratamento no dia que foram produzidos e um dia após sua produção (minutos antes do ensaio mecânico) com suas respectivas variações percentuais são apresentados, respectivamente, na Tabela 2 e Tabela 3.

Tabela 2 - Variação da altura dos briquetes com diferentes tratamentos após um dia da produção.

<b>Amostras</b>	<b>Altura (mm)</b>	<b>Altura após 1 dia da produção (mm)</b>	<b>Variação da altura</b>
<i>Tratamento 1</i>	21,72	29,74	↑ 36,96%
<i>Tratamento 2</i>	21,32	24,54	↑ 15,09%
<i>Tratamento 3</i>	21,09	23,44	↑ 11,14%

Tabela 3 - Variação do diâmetro dos briquetes com diferentes tratamentos após um dia da produção.

<b>Amostras</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>Diâmetro após 1 dia da produção (mm)</b>	<b>Variação do diâmetro</b>
<i>Tratamento 1</i>	36,51	38,11	↑ 4,38%
<i>Tratamento 2</i>	36,15	36,92	↑ 2,14%
<i>Tratamento 3</i>	36,1	36,74	↑ 1,76%

As Tabelas 2 e 3 mostram que, após a produção, os briquetes tendem a expandir. Isso devido a propriedade higroscópica do material. Também fica evidente que a expansão varia conforme o tratamento. Observando as tabelas é possível constatar que as amostras do tratamento 1 expandiram mais que as amostras do tratamento 3 e estas expandiram menos que as amostras do tratamento 2.

Os resultados da massa específica aparente, da tensão máxima no ensaio de compressão dos briquetes de bagaço de cana-de-açúcar são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Características dos briquetes com diferentes tratamentos

<b>Amostras</b>	<b>Massa específica a granel (kg.m-3)</b>	<b>Tensão Max. Compressão (MPa)</b>
<i>Tratamento 1</i>	209,71	0,04
<i>Tratamento 2</i>	144,90	0,36
<i>Tratamento 3</i>	128,44	0,48

A realização da análise de variância demonstrou que para  $\alpha= 0,05$ , os valores de F calculados, para altura, diâmetro e Tensão foram superiores aos valores de F tabelados, procedendo-se assim a realização do teste Tukey. Os resultados do teste revelaram que os tratamentos diferem entre si para  $\alpha= 0,05$  em relação a altura e também a compressão diametral.

Em relação ao diâmetro, observou-se que o o tratamento 1 difere dos demais tratamentos, embora o tratamento 2 não apresente diferença significativa em relação ao 3. Mesmo assim, na maioria das variáveis analisadas os tratamentos apresentaram diferença entre si.

Tabela 5 - Teste Tukey para altura dos briquetes, com  $\Delta(5\%)= 0,2314$

<b>Amostras</b>	<b>Médias</b>	<b>Classificação</b>
<i>Tratamento 1</i>	29,743	a
<i>Tratamento 2</i>	24,537	b
<i>Tratamento 3</i>	23,438	c

Tabela 6 - Teste Tukey para o diâmetro dos briquetes, com  $\Delta(5\%)= 1,098$

<b>Amostras</b>	<b>Médias</b>	<b>Classificação</b>
<i>Tratamento 1</i>	38,1120	a
<i>Tratamento 2</i>	36,9675	b
<i>Tratamento 3</i>	36,7390	b

Tabela 7: Teste Tukey para compressão diametral dos briquetes, com  $\Delta(5\%)= 0.1569$

<b>Amostras</b>	<b>Médias</b>	<b>Classificação</b>
<i>Tratamento 1</i>	4.765	a
<i>Tratamento 2</i>	33.284	b
<i>Tratamento 3</i>	42.521	c

Verifica-se que o tratamento 3, extração em água quente, foi o material que apresentou menor expansão de altura e diâmetro e maior resistência a compressão diametral. Assim, conclui-se que os extrativos solúveis em água afetam as interações das partículas do bagaço de cana-de-açúcar, o que influenciará a formação dos briquetes. Os valores encontrados pelos autores em relação à tensão máxima por compressão diametral seguem a tendência do observado na tabela 4. Os valores obtidos para os tratamentos 1, 2 e 3 foram: 0,04 MPa, 0,36MPa e 0,48 MPa, respectivamente.

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados, pode-se concluir que o teor de extrativos solúveis em água do bagaço de cana influencia no processo de produção e na qualidade dos briquetes. A retirada dos extrativos solúveis em água resultou em briquetes com maior resistência mecânica.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Pesquisas – CNPq, pelo financiamento dos equipamentos (Projeto Universal – Edital MCP CNPq 015/2007). Ao Professor Doutor Fábio M. Yamaji pela orientação, apoio acadêmico e disponibilidade. Aos técnicos administrativos Isis Cristina de Souza A. Pires e ao João Lúcio de Barros durante a execução do projeto.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. E. C. ; ANDRADE, A. M. Visão histórica e perspectiva futura. **Floresta e Ambiente**. Rio de Janeiro, v. 4, p. 104 – 109, 1997.

ANTUNES, R. C. Briquetagem de carvão vegetal. Produção e Utilização de Carvão Vegetal. Belo Horizonte: CETEC, vol. 1, p. 197-206, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 6922 Carvão vegetal - determinação da massa específica (densidade a granel), Out/1981.

CHRISOSTOMO, W. ; YAMAJI, F. M. ; Vendrasco, L. ; FLORES, W. P. ; COSTA, D. R. .  
Análise da compactação do bagaço de cana de açúcar para a produção de briquetes. In: 5º Congresso Internacional de Bioenergia, 2010, Curitiba. **Anais do 5º Congresso Internacional de Bioenergia.** Curitiba : Remade, 2010.

QUIRINO, W. F. - **Características de briquetes de carvão vegetal a seu comportamento na combustão.** Piracicaba, janeiro, 1991. 80 páginas (Dissertação de Mestrado apresentada à ESALQ/LISP para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais).

LORA, E. E. S.; NASCIMENTO, M. A. R. **Geração Termelétrica: Planejamento, Projeto e Operação** (Volume 2). Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2 vol., 1296 p., 2004