

DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DE BRIQUETES PELO MÉTODO ESTEREOMÉTRICO

Laís Vendrasco*; Fábio M. Yamaji**; Danilo R. da Costa***; Wesley de Paula Flores****
Walbert Chrisostomo*****

* Bolsista PIBIC/CNPq, graduanda do curso de Engenharia Florestal – UFSCar campus Sorocaba. laisvendrasco@gmail.com

** Projeto Universal/CNPq – Professor orientador - UFSCar campus Sorocaba, fmyamaji@ufscar.br

*** Bolsista ProGrad/UFSCar - graduando do curso de Engenharia Florestal – UFSCar campus Sorocaba. da_nilo2003@yahoo.com.br

****Bolsista PIBITI/CNPq, graduando do curso de Engenharia Florestal – UFSCar campus Sorocaba. wesley.depaula@yahoo.com.br.

*****Bolsista CAPES, mestrando em Ciências dos Materiais – UFSCar campus Sorocaba. walbchris@hotmail.com

Resumo

O objetivo deste trabalho foi verificar a estabilidade dimensional dos briquetes, logo após a prensagem e depois do período de acondicionamento em câmara climática. A análise foi feita através da densidade pelo método estereométrico dos briquetes. Para a produção dos briquetes utilizou-se as biomassas da acícula de araucária, acícula de Pinus, serragem de Pinus e bagaço de cana. A densificação das partículas sólidas é um indicador de qualidade dos briquetes e peletes que é utilizado como parâmetro para análise de qualidade. O experimento foi realizado no laboratório de Processos Industriais da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) campus Sorocaba. Como resultado pode-se verificar que a maior densidade observada foi para os briquetes de serragem e acícula de Pinus (0,90 e 0,86 g.cm⁻³), seguido da acícula de araucária (0,82 g.cm⁻³). O briquete de bagaço de cana apresentou a menor densidade (0,66g.cm⁻³).

Abstract

Determination of briquettes density by stereometric method.

The objective of this paper was to verify the dimensional stability of briquettes, after pressing and after the period of conditioning in climatic chamber. The analysis was done by the briquettes density using stereometric method. For the production of briquettes we used the biomass of Araucaria needles, pine needles, pine sawdust and sugarcane bagasse. The densification of the particles is a strong indicator of quality of briquettes and pellets and it is used as a parameter for quality analysis. The experiment was performed at Laboratory of Industrial Processes from University Federal de Sao Carlos (UFSCar) Sorocaba campus. As a result we could found that the highest density was observed for briquettes of sawdust and pine needles (0.90 and 0.86 g.cm⁻³), followed by araucaria needles (0.82 g.cm⁻³). The briquette of sugarcane bagasse showed the smallest density (0.66 g.cm⁻³).

INTRODUÇÃO

A utilização de resíduos sólidos (serragem, galhos, cascas, bagaço de cana, etc.) funciona como uma alternativa energética aos combustíveis sólidos convencionais (lenha e carvão). O modo mais simples de utilizar estes resíduos é através da queima direta, porém este método traz algumas desvantagens. Os resíduos florestais possuem baixa densidade, além disso, o armazenamento e o transporte destes resíduos são de difícil manuseio. A maioria dos resíduos contém elevada umidade, portanto parte da combustão é consumida para secar a própria biomassa, perdendo desta forma parte do poder energético (SILVA & ROCHA, 2007).

A briquetagem é um método eficiente, pois o processo de compactação da biomassa faz com que haja uma maior concentração de energia por unidade de volume e isto provoca uma elevação no poder calorífico (PARIKKA, 2004).

Além disso, devido à forma homogênea dos briquetes o processo de estocagem e transporte é vantajoso, visto que, em decorrência da biomassa estar compactada esta poderá ser transportada numa quantidade superior de poder energético uma vez que o espaço físico foi reduzido. De acordo com Flores et al. (2009), dependendo do tipo de material utilizado no processo produtivo a redução de volume pode ser em torno de 4 a 11 vezes.

Várias normas internacionais descrevem a densificação das partículas sólidas como um indicador de qualidade de briquetes e peletes. A densidade é uma ferramenta utilizada também como parâmetro para análise da qualidade para a elaboração das determinações técnicas (RABIER et. al., 2006). A densificação da matéria prima resulta em briquetes com alta densidade, baixa umidade e forma adequada. Para a determinação da densidade há vários métodos dentre eles o método do deslocamento dos líquidos que é baseado no princípio de Arquimedes no qual o volume do briquete é estimado pelo volume de água deslocado no momento em que a amostra é submergida em líquido, entretanto este método não é conveniente uma vez que os briquetes são materiais higroscópicos e o líquido no qual foi submergido pode ser absorvido, além disso, bolhas de ar podem acumular

na superfície da amostra enquanto submersos devido à tensão superficial. O método estereométrico é baseado na medição das dimensões (diâmetro e altura) de um briquete de forma regular, com o auxílio de um paquímetro digital. Deste modo o volume da amostra é determinado pelo cálculo do volume de um cilindro.

O objetivo do trabalho foi verificar a estabilidade dimensional dos briquetes, logo após a prensagem e depois do período de acondicionamento em câmara climática. A análise foi feita através da densidade pelo método estereométrico dos briquetes. Para a produção dos briquetes utilizou-se as biomassas da acícula de araucária, acícula de pinus, serragem de pinus e bagaço de cana.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Processos Industriais, da Universidade Federal de São Carlos, UFSCar- campus Sorocaba/SP.

Seleção das biomassas

As biomassas utilizadas para o processo de briquetagem foram:

- Acícula de araucária (*Araucaria angustifolia*);
- Acícula de pinus (*Pinus sp.*);
- Serragem de pinus (*Pinus sp.*);
- Bagaço de cana de açúcar (*Saccharum officinarum*);

Confecções dos briquetes

O bagaço da cana passou por um processo de secagem e em seguida foi acondicionado em estufa a 102,0°C até peso constante, a fim de se obter material seco. As biomassas do bagaço de cana, acícula de pinus e acícula de araucária passaram por uma moagem no moinho tipo Willey, antes do processo de produção dos briquetes. Após a moagem, os materiais passaram por um separador de partículas para se obter uma curva de distribuição granulométrica de cada material. As granulometrias utilizadas para a fabricação dos briquetes foram as frações retidas nas peneiras de 20 a 100 mesh (0,841 a 0,149 mm). O teor de umidade das biomassas foi determinado com o auxílio da estufa e de uma balança eletrônica de precisão. A secagem da matéria prima foi realizada em estufa com temperatura constante a 102°C, até peso constante. A partir do material seco (0% de teor de umidade) foram preparadas amostras de todos os materiais a 12% de umidade.

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. Todos os briquetes seguiram a conformação de: massa de 20g, teor de umidade a 12%, pressão 1247,4 kgf.cm⁻² e tempo de prensagem de 30s. Ressaltando que os briquetes foram prensados sem a utilização de temperatura. Para cada matéria prima foram produzidos cinco repetições e após a prensagem com o auxílio de um paquímetro digital verificou-se o diâmetro e altura de cada briquete. Calculando-se então a densidade aparente através do método estereométrico logo após a prensagem.

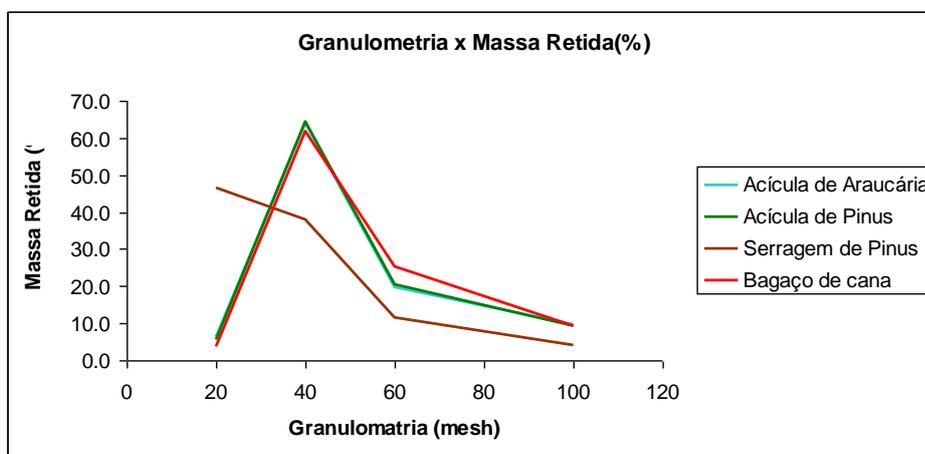
Em seguida os briquetes foram acondicionados em câmara climática, por um período de 45 dias, com controle de temperatura e umidade, onde foi simulada condições ambientais de armazenamento. As condições de armazenamento adotadas foram a 20°C com teor de umidade de 65%, para atingir uma umidade de equilíbrio em torno de 12% e em seguida por um período de 27 dias a 20°C com teor de umidade de 75%, para atingir um equilíbrio do material aproximadamente de 15% (ASTM D4933-99). Após cada etapa de climatização foram medidos o peso, altura e diâmetro dos briquetes, para deste modo realizar uma caracterização dos briquetes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os materiais apresentaram comportamento diferente quando analisados sobre o ponto de vista granulométrico, não há uma homogeneidade entre os materiais, ou seja, cada espécie apresenta um comportamento granulométrico diferente, porém a maior fração ficou retida na peneira de 40 mesh. (Gráfico 1).

Gráfico 1: Análise do comportamento granulométrica das biomassas: acícula de araucária, acícula de pinus, serragem de pinus e bagaço de cana.

Graph 1: Analysis of the behavior of biomass particle size: needle of araucaria, pine needle, pine sawdust and sugarcane bagasse.



Nota-se através do gráfico 1 que a acícula de pinus, acícula de araucária e bagaço de cana apresentaram praticamente a mesma curva de distribuição granulométrica, uma vez que esses materiais passaram pelo moinho. Em seguida realizou-se a prensagem dos materiais, deste modo foi possível obter briquetes de todos os materiais selecionados. Após a briquetagem os materiais foram medidos com o auxílio de um paquímetro digital para a obtenção do diâmetro e altura, em posse destes dados calculou-se a densidade aparente pelo método estereométrico (Tabela 1).

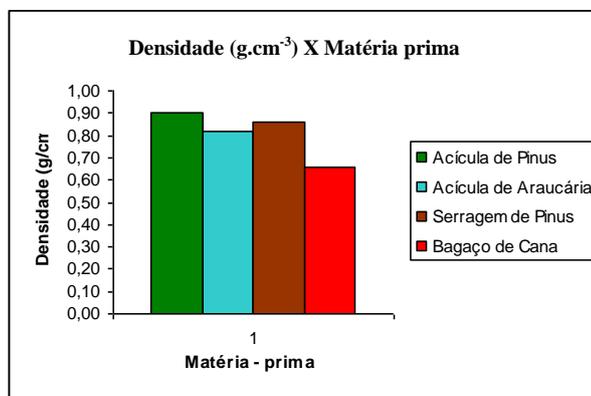
Tabela 1: Análise da densidade dos briquetes pelo método estereométrico logo após a prensagem.

Table 1: Analysis of briquettes density by stereometric method after pressing.

Matéria Prima	Raio (cm)	Altura (cm)	Volume (cm ³)	Massa (g)	Densidade (g.cm ⁻³)
Acícula de Pinus	1.78	2.18	21.74	19.65	0.90
Pinus	1.78	2.28	22.70	19.50	0.86
Acícula de Araucária	1.80	2.39	24.29	19.82	0.82
Cana	1.90	3.64	41.26	19.94	0.66

Figura 1: Densidade dos briquetes pelo método estereométrico logo após prensagem.

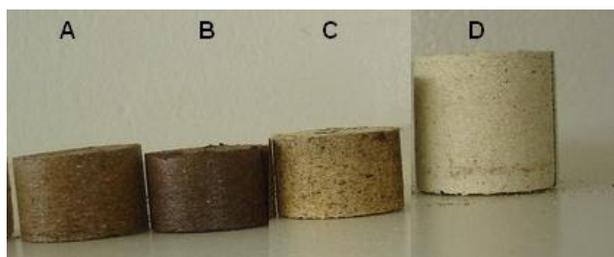
Figure 1: Density of briquette by stereometric method after pressing.



Observa-se na Figura 1 que os briquetes mais densos foram aqueles derivados do *Pinus sp.*, tanto os briquetes de acícula quanto os de serragem. Briquetes com altas densidades possuem melhor acondicionamento no meio ambiente, uma vez que possuem menor volume. Entretanto os briquetes de cana obtiveram a menor densificação ($0,66\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) e também apresentaram uma maior expansão em relação aos demais materiais durante os procedimentos de medição. Essa diferença entre as densidades ocorre devido à composição dos resíduos e a morfologia das fibras que influenciam nas interações das partículas, afetando deste modo a densidade do briquete formado.

Figura 2: Ilustração dos briquetes logo após condicionamento (20°C e T.U.65%).

Figure 2: Illustration of briquettes after acclimatization (20° e T.U 65%).



Sendo: (A) Acícula de Araucária; (B) Acícula de Pinus; (C) Pinus e (D) Bagaço de Cana.

Em seguida, os materiais foram acondicionados na câmara climática a 20°C e teor de umidade de 65% durante 45 dias, estabilizando com uma umidade de equilíbrio de 12% (Figura 2). Após atingirem peso constante foram medidos e pesados novamente e os dados podem ser encontrados na tabela 2.

Tabela 2: Densidade aparente dos briquetes pelo método estereométrico, após aclimatização a 20°C e 65% de umidade.

Table 2: Briquettes apparent density by stereometric method, after acclimatization at 20°C and 65% humidity.

Matéria Prima	Raio (cm)	Altura (cm)	Volume (cm³)	Massa (g)	Densidade (g·cm⁻³)
Acícula de Pinus	1,77	2,17	21,37	19,19	0,90
Pinus	1,78	2,26	22,53	19,20	0,85
Acícula de Araucária	1,79	2,33	23,36	19,13	0,82
Cana	1,91	3,71	42,50	19,41	0,46

A segunda etapa de aclimatização foi a 20°C e teor de umidade de 75% durante 27 dias, estabilizando com uma umidade de equilíbrio de 15%. Após atingirem peso constante foram medidos e pesados novamente e os dados podem ser encontrados na tabela 3. Durante o processo de aclimatização com 75% de umidade os briquetes do bagaço de cana se desintegraram (Figura 3), apresentando deste modo menor resistência a condições ambientais muito úmidas.

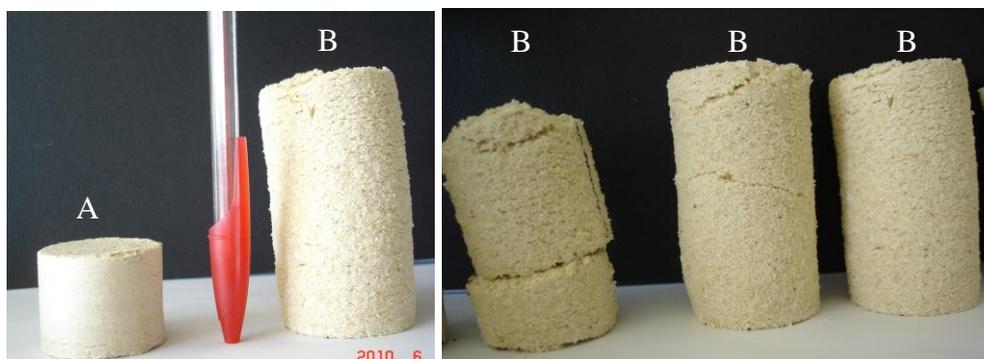
Tabela 3: Densidade aparente dos briquetes pelo método estereométrico, após aclimatização a 20°C e 75% de umidade.

Table 3: Briquettes apparent density by stereometric method, after acclimatization at 20°C and 75% humidity.

Matéria Prima	Raio (cm)	Altura (cm)	Volume (cm³)	Massa (g)	Densidade (g/cm³)
Acícula de Pinus	1,78	2,24	22,40	19,51	0,87
Pinus	1,79	2,34	23,51	19,51	0,83
Acícula de Araucária	1,80	2,41	24,50	19,53	0,80
Cana	1,94	4,40	51,95	20,20	0,39

Figura 3: (A) Briquete de bagaço de cana, após prensagem e (B) Briquete de bagaço de cana após aclimatização a 20° e 75% T.U.

Figure 3: (A) Briquettes sugarcane bagasse, after pressing and (B) briquette of cane bagasse after acclimatization 20°C and 75% T.U.



Pelas análises de densidade apresentadas os resíduos briquetados do bagaço de cana são menos resistentes a acondicionamento, pois apresentam maior higroscopicidade (absorção de água), deste modo seu armazenamento deve ser realizado em condições controladas de temperatura e umidade, para evitar a redução do seu poder calorífico.

Os resíduos briquetados, pela exigência da baixa umidade no processo e pela elevada densidade relativa aparente, são menos higroscópicos e muito mais resistentes ao apodrecimento e a fermentação do que os resíduos em condições naturais. As características de densidades são influenciadas pelo ambiente nos quais são armazenados por isso é importante que estes sejam estocados em ambientes secos e arejados, preferencialmente sobre palletes ou outro tipo de material, isolando-os do chão evitando assim absorção de umidade.

CONCLUSÃO

Com aplicação do método estereométrico foi possível determinar a densidade aparente dos briquetes confeccionados. Nas condições utilizadas para a produção, observou-se que existe uma variação na densidade logo após a prensagem dos briquetes e na densidade após a fase de acondicionamento. Isso demonstra que as condições ambientais e o tipo de material influenciam nas características dos briquetes, ou seja, o tipo de resíduo utilizado como matéria-prima na produção dos briquetes interfere na densidade final do produto.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Pesquisas – CNPq, pelo financiamento dos equipamentos (Projeto Universal – Edital MCP CNPq 015/2007) e também pelas bolsas PIBIC e PIBITI concedidas durante o ano de 2009/2010 e à ProGrad/UFSCar pela bolsa Treinamento concedida.

REFERÊNCIAS

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D4933-99**. Standard Guide for Moisture Conditioning of Wood and Wood-Based Materials¹ (2004).

FLORES, W.P.; YAMAJI, F.M.; VENDRASCO, L.; COSTA, D.R. Redução do volume de biomassa no processo de briquetagem. **Revista da Madeira**, v.121, p.32-34, 2009.

LUCENA, D.A.; MEDEIROS, R.D.de; FONSECA, U.T.; ASSIS, P.S. Aglomeração de moinha de carvão vegetal e sua possível aplicação em alto-forno e geração de energia. **Tecnologia em Metalurgia e Materiais**, São Paulo, v.4, n. 4., p.1-6, 2008.

PARIKKA, M. Global biomass fuel resources. **Biomass and Bioenergy**, v. 27, p. 613-620, 2004.

RABIER, F.; TEMMERMAN, M.; BÖHM, T.; HARTMANN, H.; JESEN, P. D.; RATHBAUER, J.; CARRASCO, J.; FERNÁNDEZ, M. Particle density determination of pellets and briquettes. **Biomass and Bioenergy**, v. 30, p. 954-963, 2006.

SILVA, C.A. da; ROCHA, J.D. **Estudo técnico-econômico da compactação de resíduos**. 2007. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Universidade estadual de Campinas, Campinas, 2007.