

# **CARACTERIZAÇÃO, ESTIMATIVA E POTENCIAL DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PARA USO COMO COMBUSTÍVEL NA INDÚSTRIA CERÂMICA NO DISTRITO FEDERAL E NO ESTADO DE GOIÁS<sup>1</sup>**

*Characterization, Estimate and Potential Use of Wood Industry Waste as Fuel in the Federal District and State of Goiás*

Rosa Maria Sposto<sup>2</sup>, Danilo Toledo Ramos<sup>3</sup> e Leandro Cezar Almeida Naya<sup>4</sup>

**Resumo:** Grandes quantidades de resíduos se perdem nos processos industriais de transformação da madeira. Existem indústrias com potencial de absorver esses resíduos como combustíveis em seus processos, como olarias, padarias, dentre outras. Apesar disso, há o predomínio do uso da lenha nativa como combustível em diversas dessas indústrias no Brasil, causando impacto ambiental devido à sua exploração. Dados sobre as características desses resíduos e estimativas de sua quantidade como combustível são fundamentais para análise do seu potencial nas indústrias mencionadas. Os objetivos deste trabalho foram a caracterização e a quantificação do resíduo da indústria da madeira, além da análise preliminar do seu potencial para combustível para a indústria cerâmica do Estado de Goiás e do Distrito Federal. Como resultados apresenta subsídios para outros trabalhos futuros com foco no aumento da diversificação da matriz energética brasileira por meio do aproveitamento de resíduos da biomassa. Este trabalho é parte de uma das metas de um projeto que está sendo realizado junto a FINEP, denominado por estudo do uso do pó de serra para a queima de blocos cerâmicos no Estado de Goiás e no Distrito Federal.

**Palavras-chave:** Resíduo da indústria da madeira, caracterização do pó de serra, quantificação do pó de serra e pó de serra para indústria cerâmica.

**Abstract:** Large amounts of wood residues are lost in the wood industrial processes. Although some industries have the potential of using these residues as fuels in brick factories, bakeries, etc., most industries use native firewood, causing a serious environmental impact. Data on the characteristics of these residues and estimate of its amount as fuel are fundamental to analyze their use potential. The objective of this work is to characterize and estimate the amount of the residues produced by the wood industry with potential to be used as fuel in the state of Goiás and Distrito Federal. Preliminary analyses of the potential of these residues for the ceramic industry are also described. The results obtained will contribute to further studies focusing on the diversification of the Brazilian energetic chain through the use of biomass residue. This study is part of one of the objectives of the project "Use of wood residues for ceramic block burning in GO and DF", being currently financed by FINEP.

**Keywords:** Wood industry residue, sawdust characterization, sawdust quantification and sawdust for the ceramics industry.

---

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 24.7.2007 e aceito em 17.8.2007.

<sup>2</sup> Prof. Dr., Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília, <msposto@unb.br>.

<sup>3,4</sup> Estudantes do curso de Engenharia Civil da Universidade de Brasília.

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Resíduos da indústria da madeira

O processo de conversão de toras em madeira serrada envolve a geração de um grande volume de resíduos, podendo chegar, segundo Vidal et al. (1997), a 65%.

Tonini e Lopes (2006) afirmam que a utilização de equipamentos e técnicas inadequadas pode afetar consideravelmente o rendimento em madeira serrada e que cada equipamento possui características próprias de concepção e uso que devem ser conhecidas e interferem na produção, na produtividade e no rendimento volumétrico.

A exploração da madeira e da lenha nativa gera conseqüências graves ao meio ambiente, como erosão, alterações climáticas e desertificação. Qualquer medida tomada no sentido de diminuí-la é importante para a sociedade. Por outro lado, tem-se no Brasil uma grande quantidade de resíduos de biomassa, sendo o estudo de seu aproveitamento importante para o equilíbrio ambiental, já que o seu descarte traz problemas ao meio ambiente. O consumo de energia de biomassa no Brasil é igual a 24,3%, sendo 12,3% referente a produtos de cana e 12,0%, à lenha (BEN, 2001).

A região em estudo, que corresponde ao Estado de Goiás e ao Distrito Federal, não possui indústria primária de processamento de madeira em toras, característica esta da Região Norte do Brasil, mas sim indústria secundária de processamento para fabricação de componentes da construção civil e móveis. Mesmo sendo secundária, esta indústria gera resíduos passíveis de serem utilizados na indústria cerâmica, havendo necessidade de um estudo de suas características, quantidade e potencial.

Outra justificativa para o presente estudo é apresentada por Sposto et al. (2005), que afirmam que um dos problemas enfrentados na indústria cerâmica da região aqui avaliada é a exploração da lenha nativa para queima de

blocos. Os autores comentam que nos últimos anos tem ocorrido a diminuição do número dessas indústrias, devido à escassez desse combustível: havia 395 indústrias cadastradas no Sindicato da Indústria Cerâmica em 2003, e em 2004, apenas 214. Muitas dessas indústrias buscam hoje novas fontes de energia para que possam prosseguir com seus negócios, e dentre estas novas fontes destacam-se os resíduos da indústria da madeira da região.

### 1.2 Aproveitamento energético dos resíduos

A biomassa pode ser considerada uma das fontes de energia renovável com maior perspectiva de uso futuro, além de apresentar benefícios sociais (REIS e CUNHA, 2006).

No entanto, segundo Russomano (1987), há a necessidade de cuidados na aplicação de biomassa para soluções energéticas. Existem problemas a considerar, como a extração da lenha de florestas nativas pelo corte de árvores não-planejado ou incontrolado, com o perigo do desmatamento desenfreado, a destruição do solo pela erosão, a extinção de espécies etc. No caso das florestas plantadas, ocorre a disputa dos escassos recursos entre a produção energética e a de alimentos, como: ocupação da terra, disponibilidade de equipamentos e de créditos de financiamento.

O bagaço e outros resíduos agrícolas, além da lenha, são utilizados em muitos países, particularmente nos Estados Unidos, onde mais de 8 mil MW de eletricidade são gerados a partir de biomassa (GOLDEMBERG e VILLANUEVA, 2003).

## 2 OBJETIVOS DO TRABALHO

– Caracterização dos resíduos madeireiros do Distrito Federal e do Estado de Goiás, utilizados na indústria cerâmica.

– Estimativa da geração de resíduos da madeira na região com potencial para uso na indústria cerâmica.

– Potencial dos resíduos da madeira para uso na indústria cerâmica local.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização dos resíduos madeireiros utilizados nas indústrias cerâmicas do Distrito Federal-DF e do Estado de Goiás-GO

Para caracterização dos resíduos procedeu-se à sua coleta em indústrias cerâmicas previamente selecionadas no Estado de Goiás e no Distrito Federal, que já o utilizam em substituição à lenha nativa na queima de blocos cerâmicos. Foram realizados ensaios das principais propriedades desses resíduos, visando a sua caracterização, em um total de três amostras para cada ensaio.

Para determinação do teor de umidade, teor de cinzas, teor de material volátil e cinza volante utilizou-se a norma da ABNT NBR 8112 (1986) para carvão vegetal. A massa específica aparente foi determinada com base na ABNT NBR – 7251 (1982). Para análise granulométrica procedeu-se conforme a ABNT NBR 7217 (1987), com peneiras de aberturas das malhas de: 12,5, 9,5, 6,3, 4,8, 2,4, 1,2, 0,6, 0,3, 0,15 e 0,075 mm. E para o poder calorífico foi utilizada a Norma ABNT NBR 8633 (1984) para carvão vegetal, considerando o material com a fração inferior da peneira, ABNT nº 70.

#### 3.2 Estimativa da quantidade dos resíduos gerados

Foram visitadas 15 indústrias de madeira no Distrito Federal e no Estado de Goiás, com o objetivo de levantar dados sobre a origem da madeira, os tipos de máquinas empregadas e o tipo de resíduo gerado em função da máquina utilizada. Para o levantamento do volume de resíduo da indústria da madeira gerado nas regiões em estudo, realizou-se uma pesquisa por meio da Listel (2004), em que foram selecionadas apenas as indústrias de madeira

serrada fabricantes, sendo aquelas destinadas à revenda retiradas do universo amostral considerado.

#### 3.3 Potencial do uso dos resíduos da indústria da madeira para a indústria cerâmica

Para análise do potencial dos resíduos da indústria da madeira para a indústria cerâmica local, foi feita a comparação do volume total de resíduos gerados e da produção mensal de blocos, considerando-se o consumo necessário de resíduos para sua queima.

### 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

#### 4.1 Caracterização dos resíduos madeireiros utilizados em indústrias do Estado de Goiás e do Distrito Federal

##### 4.1.1 Origem da madeira










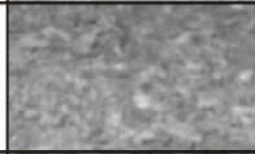






Quanto à origem da madeira, observou-se que esta provém, na maioria das vezes, do Estado do Pará, Rondônia, Amazonas, Maranhão e Mato Grosso, com predominância do Pará. As principais espécies são: angelim-vermelho, amescla, ipê, jequitibá, mogno-do-sul, marfim, cumaru, caixeta, marupá, castanheira, cedro, maçaranduba, peroba-rosa e pinus. Os principais produtos fabricados são: vergas, caibros e ripas para coberturas, portas, portais, assoalhos, rodapés, forro, vigotas, caibros, escadas etc.

##### 4.1.2 Resíduos em função das máquinas utilizadas

O tipo e a quantidade de resíduos variam, dentre outros fatores, em função da máquina utilizada na fabricação dos componentes citados anteriormente. No Quadro 1 estão os principais tipos de máquinas e resíduos gerados

**Quadro 1** – Vista das principais máquinas e resíduos gerados na indústria da madeira no Estado de Goiás e no Distrito Federal

**Table 1** – Main wood industry machinery and residues generated in the state of Goiás and FD

Tipo de Máquina	Foto da Máquina	Resíduo Gerado
Lixadeira		
Serra-Fita		
Circular		
Desentopadeira		
Desengrosso		
Plana		
Tupia		
Furadeira		

observados na região estudada. Consta-se que a lixadeira, a serra circular e a serra-fita apresentam resíduos de menor granulometria que a desentopadeira, o desengrosso, a plaina, a tupa e a furadeira.

#### 4.1.3 Principais propriedades dos resíduos para utilização na queima de blocos cerâmicos

##### *Teor de umidade*

Os valores médios encontrados para o teor de umidade do resíduo são iguais a 15,36 e 15,88%, referentes, respectivamente, às indústrias cerâmicas do Estado de Goiás e do Distrito Federal, conforme apresentado na Figura 1.

##### *Teor de cinzas*

Os valores médios encontrados para o teor de cinzas dos resíduos são iguais a 2,14 e 5,22%, referentes, respectivamente, às indústrias cerâmicas do Estado de Goiás e do Distrito Federal, conforme apresentado na Figura 2.

##### *Teor de matérias voláteis*

Os valores médios encontrados para o teor de materiais voláteis são iguais a 77,47 e 76,33%, respectivamente para o Estado de

Goiás e Distrito Federal, conforme apresentado na Figura 3.

##### *Teor de carbono fixo*

Os valores médios encontrados para teor de carbono fixo são iguais a 20,40 e 18,45%, respectivamente para o Estado de Goiás e o Distrito Federal, conforme apresentado na Figura 4.

##### *Massa específica aparente ou massa unitária*

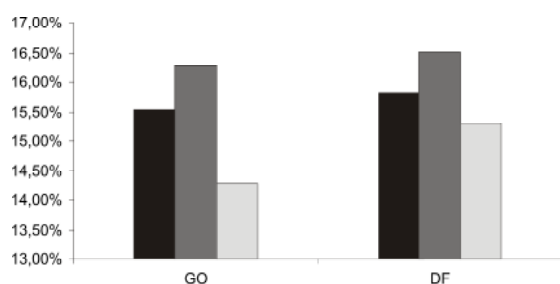
Os valores encontrados para a massa específica dos resíduos são 182,29 e 197,75 kg/m<sup>3</sup>, referentes, respectivamente, às indústrias cerâmicas do Estado de Goiás e do Distrito Federal.

##### *Granulometria*

Na Figura 5 estão as curvas granulométricas obtidas para os resíduos do Estado de Goiás e do Distrito Federal.

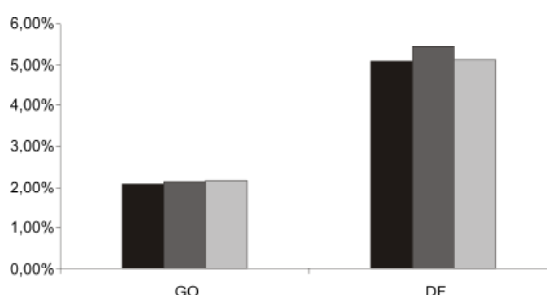
##### *Poder calorífico*

No Quadro 2 estão os valores de poder calorífico superior (PCS) e poder calorífico inferior (PCI).



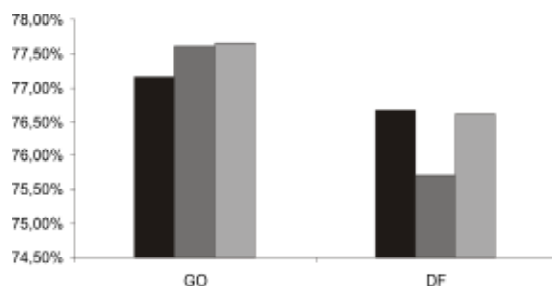
**Figura 1** – Valores de teor de umidade para o Estado de Goiás e o Distrito Federal.

**Figure 1** – Moisture content values for the state of Goiás and FD.



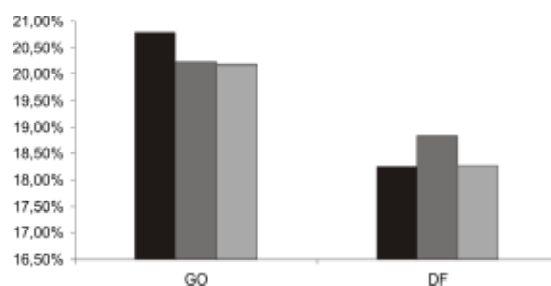
**Figura 2** – Valores de teor de cinzas dos resíduos.

**Figure 2** – Ash content values of the residues.



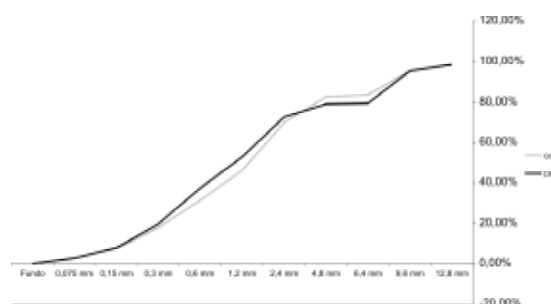
**Figura 3** – Valores de teor de materiais voláteis dos resíduos.

**Figure 3** – Volatile material content values of the residues.



**Figura 4** – Valores do teor de carbono fixo dos resíduos.

**Figure 4** – Fixed carbon content values of the residues.



**Figura 5** – Curvas granulométricas dos resíduos do Estado de Goiás e do Distrito Federal.

**Figure 5** – Granulometric curves of the residues in the state of Goiás and FD.

## 4.2 Estimativa do volume de geração de resíduos madeireiros do Estado de Goiás e do Distrito Federal

### 4.2.1 Estimativa do volume de geração de resíduos madeireiros no Distrito Federal

O Distrito Federal não é uma região predominantemente extrativista e de reflorestamento. A madeira utilizada na indústria local provém de outros Estados, em sua grande maioria do Pará, Amazonas, Mato Grosso e Paraná.

A indústria da madeira do Distrito Federal é constituída pela indústria da madeira serrada, baseada na produção de esquadrias (portas e janelas) e tábuas, vigas, sarrafos etc., para construção civil, e pela indústria moveleira, na produção de móveis. Em geral, a madeira já vem desdobrada, gerando um volume de resíduos menor, comparado ao volume de resíduos gerados no desdobro da tora.

As indústrias da madeira e moveleira no Distrito Federal estão situadas em 13 regiões. Observa-se que a maior porcentagem do número de indústrias da madeira serrada está nas regiões administrativas de Taguatinga, SIA, Sobradinho e Ceilândia.

Quanto ao destino do resíduo, observou-se que esse é variável, como: lixo, adubo, queima para olaria, ensacamento de defunto, baia de cavalo, chão de oficina, granja, artes plásticas e aquecimento de água. Quanto ao volume total de resíduos, estimou-se um valor de 1.007,7 m<sup>3</sup>/mês.

### 4.2.2 Estimativa do volume de geração de resíduos madeireiros em Goiás

Foram selecionados 39 municípios no Estado de Goiás como sendo produtores de resíduos da madeira serrada. Considerando esses municípios, contabilizou-se um total de 361 indústrias de madeira serrada, sendo os principais produtores Goiânia e Anápolis.

**Quadro 2** – Valores obtidos para os PCS e PCI dos resíduos utilizados pelas indústrias cerâmicas no Estado de Goiás e no Distrito Federal

**Table 2** – Values obtained for PCS and PCI of the residues used by the ceramics industries in Goiás and FD

PCS e PCI (cal/g)	1	2	3	Média
PCS R <sub>DF</sub>	4490,9	4534,2	4544,5	4523,2
PCI R <sub>DF</sub>	3534,5	3571,9	3580,8	3562,4
PCS R <sub>GO</sub>	4831,2	4636,5	4830,4	4766,0
PCI R <sub>GO</sub>	3844,8	3676,2	3844,1	3788,4

O destino dos resíduos é o mesmo que no caso do Distrito Federal. Quanto ao volume total de resíduos, estimou-se um valor de 3.313 m<sup>3</sup>/mês.

#### 4.3. Potencial do resíduo da madeira para a indústria cerâmica local

Foram levantados os valores de consumo de combustível necessário para a queima de blocos com pó de serra e lenha, sendo estes iguais a 17 e 25 m<sup>3</sup>, considerando uma carga de 15.000 blocos produzidos em fornos intermitentes em Goiás e no Distrito Federal.

### 5 CONCLUSÕES

Quanto ao teor de umidade, observou-se que os valores obtidos para o pó de serra estão um pouco acima do intervalo de 8 a 12%, considerado ideal para o teor de umidade de resíduos para queima.

Os valores encontrados para o teor de cinzas são maiores que aqueles estabelecidos na ONORM M 7135 (2000), de 0,5%.

No que se refere ao poder calorífico superior, os valores encontrados se situam no intervalo entre 4.500 e 5.000 cal/g, apontado por Quirino (2002) para a madeira.

Em relação aos aspectos ambientais, aponta-se a necessidade de estudos de outras propriedades, como lixiviação, solubilidade e pH, por meio de análises térmicas e fluorescência de raios-X.

Alerta-se ainda para a necessidade de futuras análises, visando a caracterização quanto à existência de impurezas nos resíduos da madeira das olarias, por exemplo o *MDF*, proveniente da indústria moveleira, que pode possuir substâncias tóxicas liberadas durante a sua combustão.

Para o volume de resíduos gerados, obtiveram-se valores iguais a 1.007,7 e 3.313,0 m<sup>3</sup>, respectivamente, para o Distrito Federal e o Estado de Goiás, o que permitiu uma análise preliminar do seu potencial para a indústria cerâmica da região, conforme exposto a seguir.

Considerando-se uma produção mensal de 12,51 milhões de blocos e um consumo médio de 25 m<sup>3</sup>, para a queima de 15.000 blocos, os resíduos do Estado de Goiás podem abastecer cerca de 20% da indústria cerâmica local. Já no Distrito Federal, com uma produção mensal de 1,64 milhões de blocos e um consumo médio de 17 m<sup>3</sup> para a queima de 15.000 blocos, tem-se que os resíduos podem abastecer cerca de 50% da indústria cerâmica local.

Ainda com relação ao potencial, mesmo com a utilização de todo o resíduo madeireiro gerado nas regiões como combustível para a queima de blocos cerâmicos, ainda é necessário utilizar outros tipos de combustíveis para produzir a quantidade de blocos mensais necessária para atender ao mercado. Além do eucalipto plantado, mais correto ambientalmente que a lenha nativa, outros tipos de resíduos com potencial para uso na região são o bagaço de

cana, a casca de arroz e o sabugo de milho, que devem ser abordados em trabalhos futuros.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8112** – Carvão Vegetal: análise imediata. Rio de Janeiro, 1986.
- \_\_\_\_\_. **NBR 7251** – Agregado em estado solto: determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1982.
- \_\_\_\_\_. **NBR 7217** - Agregados miúdos e graúdos para concreto . Rio de Janeiro, 1987.
- \_\_\_\_\_. **NBR 8633** – **Carvão vegetal: Determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro, 1984.**
- GOLDEMBERG, J.; VILLANUEVA, L. D. **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento.** Tradução de André Koch. 2ª ed. São Paulo: USP, 2003. 226 p.
- LISTEL LISTA TELEFÔNICA LTDA – **Brasília e Cidades Satélites.** Listel Publicar, Brasília, 2004.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Balço Energético Nacional 2001.** Brasília, 2001.
- MORAIS, Dirceu Medeiros de. **Briquetes de Resíduos ligno-celulósico como potencial energético para a queima de blocos cerâmicos: aplicação em uma indústria de cerâmica vermelha que abastece o Distrito Federal.** Tese. Brasília: Universidade de Brasília, 2007
- ONORM M 7135. **Compressed wood or compressed bark in natural state - Pellets and briquettes - Requirements and test specifications.** Áustria, 2000.
- QUIRINO, W. F. **Utilização energética de resíduos vegetais.** Brasília: Laboratório de produtos florestais, 2002, 31 p.
- REIS, L.B.; CUNHA, E.C.N. **Energia Elétrica e Sustentabilidade: Aspectos tecnológicos, sócio-ambientais e legais.** Barueri-SP, Manole, 2006.
- RUSSOMANO, V. H. **Introdução à administração de energia na indústria.** São Paulo: Pioneira, 1987. 262 p.
- SPOSTO, R.M.; MEDEIROS, E.; RAMOS, D. T. Levantamento de resíduos industriais e agrícolas e potencial do uso do pó de serra para sinterização de blocos cerâmicos no Distrito Federal - DF e no Estado de Goiás. **Cerâmica Industrial**, v. 10, n. 3, p. 01-08, mai/jun. 2005
- TONINI, H; LOPES, C. E. V. **Características do setor madeiro do Estado de Roraima.** Boa Vista: Embrapa Roraima, 2006. 25p. (Embrapa Roraima. Documentos, 8)
- VIDAL, E. et al. **Redução dos desperdícios na produção de madeira na Amazônia.** Belém: IMAZON, 1997, 18 p. (Série Amazônia, 5)