

Estimativa dos resíduos sólidos gerados nas indústrias moveleiras do município de Palotina - Paraná

Gabriela Bonassa¹, André Luiz Canan², Jéssica Fávero Roque², Lara Talita Schneider¹,
Adriana Ferla de Oliveira²

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, PPGEA – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura – Nível Mestrado, Cascavel-PR.

²Universidade Federal do Paraná – UFPR, Setor Palotina – Departamento de Engenharias e Exatas
gabrielabonassa@gmail.com, andreccanan94@gmail.com, jessicafavero5@gmail.com, laarats@gmail.com,
adrianaferla04@gmail.com

Resumo: O crescimento populacional e industrial traz como consequência o aumento da geração de resíduos advindos dos processos de produção, dentre estes, resíduos sólidos e líquidos que ocasionam problemas ambientais relacionados à sua destinação. O segmento moveleiro está em constante desenvolvimento e a elevada quantidade de resíduos lignocelulósicos obtidos durante os processos se tornam prejudiciais ao meio ambiente quando depositados em locais inadequados. Os resíduos sólidos lignocelulósicos possuem uma base carbonácea, responsável pelo elevado potencial energético desses materiais, que podem ser utilizados como combustível para geração de calor através de combustão direta, ou obtenção de biocombustíveis sólidos a partir de processos de conversão e densificação. Diante disto, o objetivo do presente trabalho foi a quantificação dos resíduos de indústrias moveleiras gerados no município de Palotina-PR, e com base no volume e poder calorífico dos mesmos estimar o potencial de geração de energia a partir destes, objetivando ao máximo o aproveitamento desses materiais. A partir dos questionários e acompanhamento nas indústrias analisadas, verificou-se que os resíduos obtidos em maior quantidade são MDF e maravalha, e com base no levantamento do volume de resíduos gerados, subestima-se o potencial de 336.698.400 kcal de energia.

Palavras-chave: indústria moveleira, biomassa, potencial energético.

Estimate of the solid residue generated in the furniture industry of the municipality of Palotina-Paraná

Abstract: The population and industrial growth brings as a result the increased residue generation from production processes, among these, solid and liquid waste that cause environmental problems related to their destination. The furniture segment is in constant

development and the high amount of lignocellulosic residues obtained during the processes become harmful to the environment when deposited in inappropriate places. The lignocellulosic residue have a carbonaceous base, responsible for the high energy potential of these materials, which can be used as fuel for heat generation through direct combustion, or obtaining solid biofuels conversion processes and densification. Therefore, the objective of this coursework was to quantify the furniture industries residues generated in the municipality of Palotina, PR, and based on the volume and calorific value of the same estimate the potential power generation from these, aiming at the utilization of these materials. From the questionnaires and follow-up in the industries examined, it was found that the residues obtained in greater quantity are MDF (medium-density fiberboard) and shavings, and based on the survey of the volume of residues generated, underestimates the potential of 1409688.8 MJ of energy.

Keywords: furniture industry, biomass, energy potential.

Introdução

Os combustíveis fósseis são vitais para atender a atual demanda energética mundial, contemplando 80 % do consumo mundial de energia primária. Dentre os tipos mais explorados, estão o petróleo, carvão mineral e gás natural, e tal dependência advém por estes serem confiáveis energeticamente, possuírem baixos custos e características em relação à disponibilidade, facilidade de produção, obtenção, armazenamento e transporte. No entanto, as preocupações ambientais dos últimos anos relacionadas às emissões de CO₂ e mudanças climáticas, salientam a necessidade da busca por fontes renováveis de energia (MOHR et al., 2015; BIRESELIOGLU e TEZER YELKENCI, 2016).

Diversas formas de energias renováveis têm sido incentivadas com ações governamentais emergentes, na busca pela redução da dependência de fontes fósseis, aumento da segurança energética regional e mundial, diversificação da matriz, minimização da emissão de gases poluentes e apoio ao desenvolvimento econômico sustentável (LIEW et al., 2014).

Segundo Ciesielczuk et al. (2016) e Chanthawong et al. (2016) a esgotabilidade das fontes fósseis de energia e substancial emissão de dióxido de carbono (CO₂) advindas da utilização das mesmas, direcionam para a necessidade de novas fontes de energia que mitiguem seus impactos. Dentre as alternativas que tem sido precursoras para substituição de tais, têm-se as biomassas, as quais podem ser utilizadas como matérias primas na síntese de biocombustíveis, de acordo com a disponibilidade regional de matérias primas. Porém em relação a tais combustíveis alternativos, fatores socioeconômicos e demográficos devem ser

levados em consideração, os quais afetam a produção, consumo, procura e oferta dos mesmos.

A biomassa, matéria vegetal constituída basicamente de celulose, hemicelulose e lignina é um recurso energético abundante e disponível em larga escala (SINGH et al., 2016). Contempla vários tipos de matérias primas orgânicas, como florestais, agrícolas e resíduos sólidos urbanos, as quais podem ser utilizadas via métodos de conversão da energia contida na mesma. Estes incluem a combustão direta para geração de calor, conversão em combustíveis líquidos via pirólise e gasosos por gaseificação (JIA et al., 2016; BEAGLE e BELMONT, 2016).

A quantidade de energia contida em uma unidade de massa pode ser determinada pelo poder calorífico superior. O poder calorífico superior (PCS), é a quantidade de calor produzida pela queima completa de uma unidade de massa de combustível, sem a condensação da água, ou seja, considerando a água em estado líquido no final da combustão. É dito PCS por que se recupera o calor de condensação da água (ASTM, 1994).

Dentre os subprodutos gerados em indústrias de produtos florestais têm-se os resíduos de extração de madeira e os gerados durante a transformação desta em outros materiais, como por exemplo madeira compensada (contraplacado), madeira aglomerada (MDF) e resíduos de madeira destinada para produção de papel (SINGH et al., 2016).

Consoante a Bergeron (2016) as madeiras residuais podem ser classificadas como bioresíduos, resíduos orgânicos, biomassa moderna e matérias primas para produção de biocombustíveis de segunda geração. Possuem composição heterogênea, uma vez que são originadas de diversificadas fontes e processos, possuindo também certo conteúdo de impurezas como colas, areias, terras, metais ferrosos, não ferrosos e pesados, advindos das circunstâncias locais em que a mesma é submetida.

A indústria de produtos florestais utiliza a madeira como matéria-prima e este setor industrial pode ser classificado em dois tipos distintos. O primeiro, seria a indústria primária de produtos de madeira, que abrangem a produção madeireira e fabricação de produtos com madeiras e seus compósitos, e a segunda classificação, engloba a utilização de materiais in natura ou semi processados para produção de paletes, móveis, armários, portas e janelas, agregando valor à biomassa florestal. Dentre os tipos de resíduos gerados nestes setores, estão os advindos de construção e demolição (madeiras contendo tintas, colas, aglutinantes e resinas), madeiras contendo plásticos, pesticidas e fungicidas (ATKINS e DONAVAN, 1996; TOP, 2015).

Segundo Vanzela et al. (2016), a indústria brasileira de móveis está localizada principalmente nas regiões sul e sudeste do país, sendo que a demanda por estes dependem do comportamento de setores econômicos como: mercado de construção residencial e estabilidade da economia, os quais explicam o crescimento da manufatura moveleira nas últimas décadas. Dados publicados pela MOVERGS (Associação das Indústrias de Móveis do Estado do Rio Grande do Sul) apontam que o faturamento no Brasil que era de 32,5 bilhões de reais no ano de 2011, cresceu para 35,74 bilhões no ano de 2015, o que implica invariavelmente no aumento do volume de resíduos gerados. A utilização de estratégias para reduzir e reutilizar os resíduos sólidos gerados nas indústrias moveleiras é pouco praticável, sendo geralmente destinados a aterros sanitários e olarias (RIUL e RIBEIRO, 2012).

Os resíduos moveleiros de acordo com Heo et al. (2010) podem ser utilizados em reações de gaseificação e pirólise para obtenção de outros biocombustíveis, ou na combustão direta para gerar calor, sendo que em análises realizadas observou-se que as mesmas possuem em sua composição aproximadamente 49,1 % de carbono, 41,7 % de oxigênio, 6,2 % de hidrogênio e 3 % de nitrogênio.

Diante disto, o objetivo do presente trabalho foi a quantificação dos resíduos de indústrias moveleiras gerados no município de Palotina-PR, e com base na quantidade e com dados da literatura do poder calorífico dos mesmos, estimar o potencial de geração de energia a partir destes.

Material e métodos

O desenvolvimento da pesquisa baseou-se em três etapas, a elaboração de questionário relacionado à produção, matéria-prima e geração de resíduos nas indústrias moveleiras; coleta dos dados; e posterior análise dos mesmos.

Inicialmente verificou-se o número de fábricas de móveis no município (Figura 1), por meio de informações fornecidas pela Prefeitura Municipal de Palotina. Para as mesmas, foram fornecidos os questionários previamente elaborados, onde das onze empresas localizadas apenas oito tiveram interesse em participar da pesquisa.



Figura 1. Localização de Palotina no Paraná.

Após devolução dos questionários, três empresas aceitaram a realização da quantificação dos resíduos gerados em um período de 30 dias. Nestas, quantificou-se semanalmente, com auxílio de balança eletrônica portátil, a massa de resíduos classificados em maravalha (Grupo 1) e demais materiais (Grupo 2), incluindo retalhos e pó de MDF, fita de borda e constituintes minoritários como pregos e parafusos. A partir dos dados obtidos, foram gerados gráficos para interpretação dos resultados.

O poder calorífico do montante do resíduo gerado foi estimado com relação a trabalhos da literatura.

Resultados e discussão

A partir da aplicação dos questionários verificou-se que as indústrias não possuíam um controle e gerenciamento da entrada de matérias primas e saída de resíduos, o que acabou dificultando a coleta dos dados. Em geral, as fábricas de móveis compram a matéria-prima e fazem a etapa do beneficiamento, gerando quantidades significativas de resíduos, os quais não apresentam uma separação e destinação adequada, sendo na maioria destinados a aterros sanitários, e em alguns casos para olarias da região, no intuito de geração de calor.

Com base no resultado dos questionários, pôde-se verificar que todas as indústrias utilizam majoritariamente o MDF (placa de fibra de madeira de média densidade) como matéria-prima, e seguida da madeira serrada, segunda mais utilizada. Silva e Figueiredo (2010) também afirmam tal informação, citando que as principais matérias-primas utilizadas nas indústrias moveleiras, são o MDF e painéis de madeira de eucalipto e pinus. Na Figura 2, verificam-se as porcentagens de matérias primas utilizadas nas indústrias de Palotina, onde o MDF contempla 25 % do total.

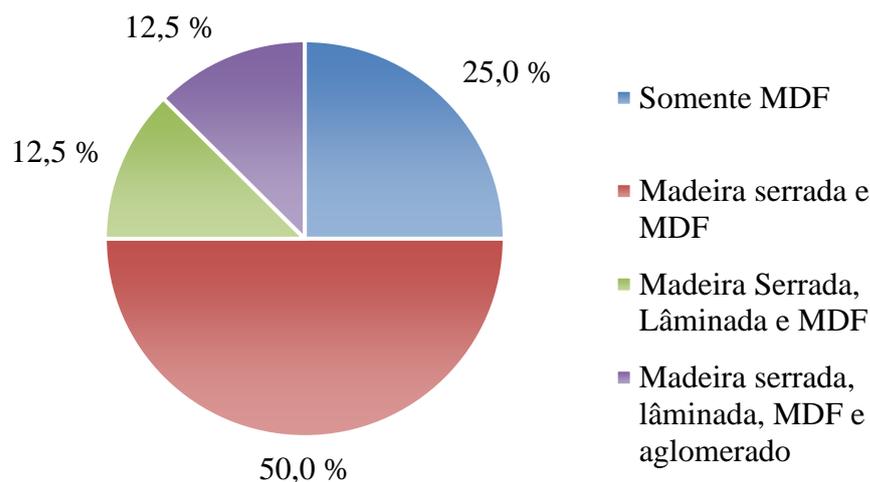


Figura 2. Matérias-primas utilizadas nas empresas analisadas.

Conforme Riul e Ribeiro (2012), o MDF contém resinas tóxicas em sua formulação, o que ocasiona riscos à saúde humana e ao meio ambiente.

Os gases gerados a partir da queima deste material (MDF) não apresentaram concentrações de poluentes acima dos padrões preconizados pelo CONAMA, de acordo com os dados do trabalho de Farage et al. (2013). E em relação às cinzas provenientes da queima, estas devem ser destinadas a aterros industriais, devido à presença de cromo acima dos limites permitidos pela norma brasileira CONAMA.

Dos produtos finais produzidos utilizando tais matérias primas nas indústrias de móveis em Palotina, em sua grande maioria são móveis em MDF (75 %) e outra porcentagem menor (25 %), móveis produzidos em madeira, porém com MDF em algumas partes (Figura 3).

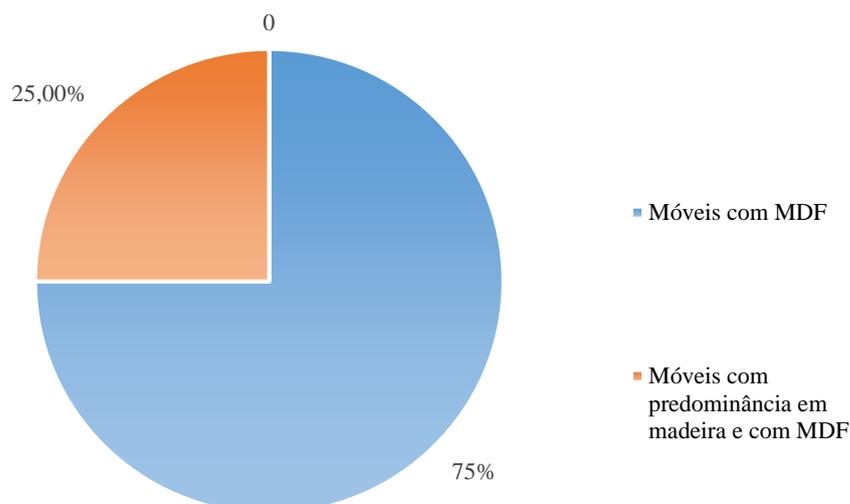


Figura 3. Produtos finais das empresas analisadas.

Através da quantificação dos resíduos, os dados foram agrupados por coleta, como verificado na Figura 4, onde é possível verificar que a empresa 2 apresenta maiores quantidade de resíduos, uma vez que esta é de maior porte, produzindo maior número de móveis, quando comparada as demais.

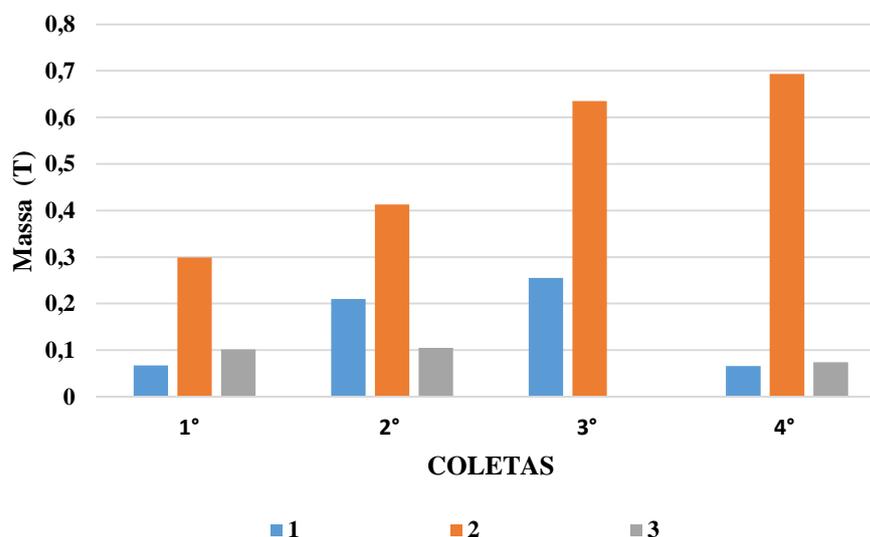


Figura 4. Quantidade de resíduos gerados nas empresas analisadas.

Como média geral da quantidade de resíduos gerados no período de um mês entre as três indústrias, obteve-se um montante de 0,24 toneladas. Supondo que todas as indústrias

moveleiras do município de Palotina gerassem essa média de resíduos, seriam 32 toneladas de resíduos sólidos gerados anualmente.

Na Figura 5, têm-se a quantidade de maravalha gerado nas três empresas no período de um mês.

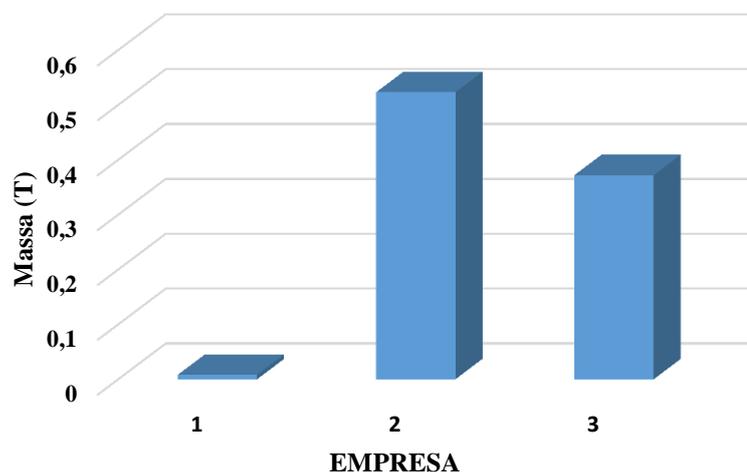


Figura 5. Quantidade de maravalha gerado nas empresas analisadas.

Verifica-se que na empresa 1 a quantidade gerada de maravalha foi inferior as fábricas 2 e 3, fato explicado pela mesma possuir uma maior predominância de produção de móveis em MDF e ser de menor porte quando comparada as demais.

Quanto à produção de maravalha, teríamos como média mensal por indústria, a geração de 0,3 toneladas. Ao ano, para as 11 indústrias, seriam em torno de 39,6 toneladas.

O poder calorífico superior de resíduos de MDF determinado no trabalho de Farage et al. (2013) foi de 4.732 (Kcal kg⁻¹). No trabalho de Simetti et al. (2015), os autores encontraram para *Eucalyptus grandis* 4.694 Kcal kg⁻¹ de PCS. Comparando estes valores, o PCS do resíduo de MDF é igual à da lenha de *Eucalyptus grandis*, o que mostra o grande potencial energético do resíduo.

Assumindo um poder calorífico médio entre MDF e eucalipto de 4.713 Kcal kg⁻¹, e considerando uma geração anual de resíduo de MDF de 32 toneladas, teríamos uma quantidade de 150.816.000 kcal de energia/ano. Já para o resíduo maravalha, levando em consideração o PCS do trabalho de Simetti et al. (2015) de 4.694 Kcal kg⁻¹ para madeira de *Eucalyptus grandis*, teríamos 185.882.400 kcal de energia/ano. Ou seja, com a montante de ambos os resíduos, subestimamos um potencial de 336.698.400 kcal, quantidade essa

expressiva, uma vez que seriam necessárias 71 toneladas de lenha seca de *Eucalyptus grandis*, para atingir tal quantidade energética.

Considerações finais

Conclui-se com o referido trabalho, que o resíduo gerado no beneficiamento da matéria lignocelulósica na indústria moveleira, tem um grande potencial energético, sendo possível a destinação á fornos e caldeiras para a geração de calor, porém, devem ser tomados cuidados principalmente quanto a deposição das cinzas, e monitorado a emissão dos gases da queima dos mesmos, uma vez que o MDF pode apresentar resinas tóxicas em sua composição.

A massa de resíduos do segmento moveleiro apresentadas no trabalho podem parecer inicialmente pequenas, porém a montante desta quantidade com o passar dos anos e quando dispostos em locais inadequados podem acarretar sérios problemas ambientais.

Novas alternativas para a disposição e reutilização destes resíduos, devem ser estudadas, afim de que sejam gerenciados da maneira mais correta possível.

Agradecimentos

Agrademos a CAPES pela concessão de bolsas de estudo.

Referências

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM - D 1238 - 94 a**, "Standard test method for flow rates of thermoplastics by extrusion plastometer", Annual Book of ASTM Standards, 1994.

Associação Das Indústrias De Móveis Do Estado Do Rio Grande Do Sul - **MOVERGS**, 2015. Disponível em: <http://www.movergs.com.br/dados-setor-moveleiro>.

ATKINS, R. S.; DONOVAN, C. T. Wood Products in the Waste Stream Characterization and Combustion Emissions. **Technical Report**, v. 1. p. 1–4, 1996.

BEAGLE, E.; BELMONT, E. Technoeconomic assessment of beetle kill biomass co-firing in existing coal fired power plants in the Western United States. **Energy Policy**, v. 97, p. 429–438, 2016.

BERGERON, F. C. Energy and climate impact assessment of waste wood recovery in Switzerland. **Biomass and Bioenergy**, v. 94, p. 245–257, 2016.

BIRESSELIOGLU, M. E.; YELKENCI, T. Scrutinizing the causality relationships between prices, production and consumption of fossil fuels: A panel data approach. **Energy**, v. 102, p. 44–53, 2016.

CHANTHAWONGA, A.; DHAKAL, S.; JONGWANICH, J. Supply and demand of biofuels in the fuel market of Thailand: Two stage least square and three least square approaches. **Energy**, v. 114, p. 431–443, 2016.

CIESIELCZUK, T.; POLUSZYŃSKA, J.; ROSIK-DULEWSKA, C.; SPOREK, M.; LENKIEWICZ, M. Uses of weeds as an economical alternative to processed wood biomass and fossil fuels. **Ecological Engineering**, v. 95, p. 485–491, 2016.

FARAGE, R.M.P. et al. Avaliação do potencial de aproveitamento energético dos resíduos de madeira e derivados gerados em fábricas do polo moveleiro de Ubá – MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p.203-212, jan. 2013.

HEO, H. S.; PARK, H. J.; PARK, Y-K.; RYU, C.; SUH, Y-W.; YIM, J-H.; KIM, S-S. Bio-oil production from fast pyrolysis of waste furniture sawdust in a fluidized bed. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 1, p. S91–S96, 2010.

JIA, D.; BI, X.; LIM, C. J.; SOKHANSANJ, S.; TSUTSUMI, A. Gas-solid mixing and mass transfer in a tapered fluidized bed of biomass with pulsed gas flow. **Powder Technology**, Available online 15 October 2016.

LIEW, W. H.; HASSIM, M. H.; NG, D. K. S. Review of evolution, technology and sustainability assessments of biofuel production. **J. Clean. Prod.**, v. 71, p. 11–29, 2014.

MOHR, S. H.; WANG, J.; ELLEM, G.; WARD, J.; GIURCO, D. Projection of world fossil fuels by country. **Fuel**, v. 141, p. 120–135, 2015.

RIUL, M.; RIBEIRO, E.L. Diagnóstico e Diretrizes para a Gestão de Resíduos no APL de Móveis de João Pessoa-PB. **UNOPAR Científica Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 11, n. 1, p.15-24, nov. 2012.

SILVA, A. F.; FIGUEIREDO, C. F. DE. Reaproveitamento de Resíduos de MDF da Indústria Moveleira. **Design & Tecnologia**, n. 2, p. 77-87, 2010.

SIMETTI, R. et al. Características energéticas de duas espécies do gênero *Eucalyptus* em função do ponto de amostragem. **Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 11, n. 21, p.364-371, jun. 2015.

SINGH, R.; KRISHNA, B. B.; MISHRA, G.; KUMAR, J.; BHASKAR, T. Strategies for selection of thermo-chemical processes for the valorisation of biomass. **Renewable Energy**, v. 98, p. 226–237, 2016.

TOP, Y. Waste generation and utilisation in micro-sized furniture-manufacturing enterprises in Turkey. **Waste Management**, v. 35, p. 3–11, 2015.

VANZELA, M.; MELEGA, G. M.; RANGEL, S.; DE ARAUJO, S. A. The integrated lot sizing and cutting stock problem with saw cycle constraints applied to furniture production. **Computers & Operations Research**, Available online 2 November 2016.

Recebido para publicação em: 16/11/2016

Aceito para publicação em: 18/11/2016