

APROVEITAMENTO DE BIOMASSA EM UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA

Maria Clara Batista Santos (UFPI) - bsmariaclara1@gmail.com

Yasmin Batista Ramos da Silva (UFPI) - yasmimbrs@gmail.com

Mariana Toledo Martins (UFPI) - marianatoledomartins@gmail.com

Enock Candido Vieira Soares (Instituição - a informar) - enockcandido@hotmail.com

Francisco Diego Barros de Oliveira (UFPI) - franciscodiego90@gmail.com

Joaquim José de Moura (UFPI) - joaquimufpi@gmail.com

Maria do Socorro Ferreira dos Santos (UFPI) - socorroferreira@ufpi.edu.br

Resumo:

A determinação de leis para o correto gerenciamento dos RSI - Resíduos Sólidos Industriais foi determinante para alguns avanços na matriz energética brasileira, onde diversos estudos se concretizaram em torno do reaproveitamento de RSI, dentre eles o setor industrial moveleiro se destaca devido a grande quantidade de resíduos oriundos das indústrias moveleiras e da falta de conhecimento de formas eficazes de gerenciá-los. O estudo objetiva investigar o aproveitamento de biomassa em uma indústria moveleira para geração de energia térmica, por meio da descrição e quantificação dos resíduos que a mesma gera e da quantificação da energia térmica gerada por uma caldeira com o uso destes resíduos. A metodologia consistiu em um estudo de caso pautado na análise de documentos da empresa, para o conhecimento das especificações da caldeira em estudo e na observação in loco bem como registros fotográficos que permitiram o conhecimento dos processos de geração de resíduos e seu aproveitamento para geração de energia. Desse modo, foi possível verificar por meio dos resultados que a empresa é eficaz ao reutilizar seus resíduos gerados quantificados em 265.872,03 kg mensais como biocombustível para gerar energia térmica, sendo esta equivalente a 373.810 M cal/ mês, assim, caracterizando o gerenciamento ambientalmente correto desse tipo de resíduo, além de se beneficiar economicamente ao fornecer esses resíduos em forma de biocombustível para outras empresas, tornando os benefícios adquiridos com a prática elevados nos aspectos econômico, ambiental e social.

Palavras-chave: *Biomassa, Indústria moveleira, Energia térmica.*

Área temática: *Outras fontes renováveis de energia*

Subárea temática: *Caracterização, análise, equipamentos e sistemas de conversão energética da biomassa*

APROVEITAMENTO DE BIOMASSA EM UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA

Yasmin Batista Ramos da Silva – yasmimbrs@gmail.com, Universidade Federal do Piauí, Curso de Engenharia de Produção

Maria Clara Batista Santos – bsmariaclara1@gmail.com, Universidade Federal do Piauí, Curso de Engenharia de Produção

Mariana Toledo Martins – marianatoledomartins@gmail.com, Universidade Federal do Piauí, Curso de Engenharia de Produção

Enock Candido Vieira Soares – enockcandido@hotmail.com, Universidade Federal do Piauí, Curso de Engenharia de Produção

Francisco Diego Barros de Oliveira – francisco-diego@hotmail.com, Universidade Federal do Piauí, Curso de Engenharia de Produção

Joaquim José de Moura – joaquimufpi@gmail.com, Universidade Federal do Piauí, Curso de Engenharia de Produção

Maria do Socorro Ferreira Santos – socorroferreira@ufpi.edu.br, Universidade Federal do Piauí, Curso de Engenharia de Produção

6. Outras fontes renováveis de energia

Resumo. *A determinação de leis para o correto gerenciamento dos RSI - Resíduos Sólidos Industriais foi determinante para alguns avanços na matriz energética brasileira, onde diversos estudos se concretizaram em torno do reaproveitamento de RSI, dentre eles o setor industrial moveleiro se destaca devido a grande quantidade de resíduos oriundos das indústrias moveleiras e da falta de conhecimento de formas eficazes de gerenciá-los. O estudo objetiva investigar o aproveitamento de biomassa em uma indústria moveleira para geração de energia térmica, por meio da descrição e quantificação dos resíduos que a mesma gera e da quantificação da energia térmica gerada por uma caldeira com o uso destes resíduos. A metodologia consistiu em um estudo de caso pautado na análise de documentos da empresa, para o conhecimento das especificações da caldeira em estudo e na observação in loco bem como registros fotográficos que permitiram o conhecimento dos processos de geração de resíduos e seu aproveitamento para geração de energia. Desse modo, foi possível verificar por meio dos resultados que a empresa é eficaz ao reutilizar seus resíduos gerados quantificados em 265.872,03 kg mensais como biocombustível para gerar energia térmica, sendo esta equivalente a 373.810 M cal/ mês, assim, caracterizando o gerenciamento ambientalmente correto desse tipo de resíduo, além de se beneficiar economicamente ao fornecer esses resíduos em forma de biocombustível para outras empresas, tornando os benefícios adquiridos com a prática elevados nos aspectos econômico, ambiental e social.*

Palavras-chave: Biomassa, Indústria moveleira, Energia térmica.

1. INTRODUÇÃO

A produção de energia pelo uso de combustíveis fósseis conduziu a utilização de uma matriz considerada insegura e extremamente prejudicial ao ambiente. Isso permitiu que muitos países considerassem a necessidade de mudanças, intensificando a inserção de outras fontes energéticas, sobretudo as renováveis, incluindo-se a madeira (BRITO, 2007; WOLF et al., 2016).

De acordo com Toklu (2017) biomassa é a fonte de energia renovável mais usada no mundo atualmente. É utilizada principalmente na forma sólida e, em menor grau, na forma de combustíveis líquidos e gás, e, sua utilização para produção de energia aumentou em uma taxa modesta nos tempos modernos. A biomassa é usada para atender a uma variedade de necessidades de energia, incluindo geração de eletricidade, aquecimento de residências, abastecimento de veículos e fornecimento de calor de processo para instalações industriais, ademais, o potencial de biomassa inclui resíduos de madeira, animais e plantas.

Nesse contexto, o Brasil tem aproveitado seu potencial de produção agrícola e florestal para a utilização de energia renovável. Em 2018, segundo o Balanço Energético Nacional, as termelétricas a biomassa foram responsáveis pela geração de cerca de 52 TWh, equivalente a cerca de 8,5% da oferta total de energia elétrica no país, atrás apenas da geração hidrelétrica (64,7%) e a gás natural (9,1%), e à frente da fonte eólica (8,1%) (EPE, 2019).

A biomassa é considerada um combustível com emissão neutra de gás carbônico e quando usada como substituta de combustíveis fósseis traz benefícios ambientais, no tangente a redução das emissões de gases do efeito estufa (GEE) (ALAMIA; STRÖM E THUNMAN, 2015). No ano de 2017 a bioenergia teve representatividade de 42,1% na matriz de consumo industrial de energia no Brasil, de 10% na da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

(OCDE) e de 7,6% na mundial. O aumento da participação da biomassa nos países da OCDE se deve, principalmente, à maior expansão da indústria de celulose, que utiliza os resíduos do próprio processo industrial (BRASIL, 2018).

Maciel (2019) afirma que devido a diversidade de cultivos, o Brasil representa um país promissor para aumentar a geração de energia elétrica através da biomassa, com sustentabilidade e utilizando recursos que são fontes renováveis, seja através do bagaço e palha da cana de açúcar e resíduos florestais. É notável também que o Brasil produz grande quantidade de materiais que representam biomassa com características suficientes e necessárias para a geração de energia. Esses materiais podem ser utilizados cada vez em quantidades maiores para geração de energia, que diversas vezes são descartados.

Nesse sentido, a indústria em estudo tem as sobras de madeira (lenha) e o pó de serragem como principais resíduos advindos dos seus processos produtivos. Assim, devido a elevada quantidade produzida de resíduos, há a oportunidade de utilizá-los como biomassa para geração de energia térmica através do processamento em uma caldeira, além de fornecer a outras empresas essa biomassa como biocombustível, consequência gestão ambientalmente correta desse tipo de resíduo.

Conforme o exposto, o estudo objetiva investigar o aproveitamento de resíduos gerados nos processos produtivos de uma indústria moveleira para geração de energia térmica.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Energias renováveis

A partir do crescimento econômico e populacional, houve um aumento da demanda global de eletricidade, e consequentemente, a ampliação do consumo de combustíveis fósseis como carvão, petróleo e gás natural. Atualmente, a demanda global de eletricidade é suprida por mais de 79% de fontes fósseis (EIA, 2018), que são as principais contribuintes para a poluição ambiental e o aquecimento global (LUTHRA et al., 2016). Em âmbito global, devido especialmente ao esgotamento das reservas de combustíveis fósseis e a tentativa de redução de emissões de gases do efeito estufa (GEE), o estudo das fontes renováveis têm se tornado cada vez mais relevantes. (SANTOS et al., 2014)

No Brasil, em 2018, a indústria registrou um crescimento no consumo de eletricidade de 0,6% em relação ao ano anterior (EPE, 2019). Por outro lado, as fontes de energia renováveis são responsáveis por quase 80% da geração de energia elétrica, sendo que as fontes renováveis alternativas (eólica, biomassa e solar) responderam por aproximadamente 18% da geração (ANEEL, 2018). As fontes renováveis alternativas de energia elétrica ainda enfrentam desafios econômicos que dificultam sua expansão na matriz energética brasileira.

Nesse sentido, o estudo da produção de combustíveis substitutos aos originários de fontes fósseis tem uma grande importância para a ciência e para o desenvolvimento de indústrias por conta do respectivo viés de sustentabilidade econômico-ambiental disseminado. Uma das oportunidades abordadas são as biomassas (BALASUBRAMANI, 2016).

2.2 Biomassa para geração de energia

A Biomassa, destinada ao aproveitamento energético, é uma fonte primária de energia, não fóssil, que consiste em matéria orgânica cuja origem pode ser animal ou vegetal. A biomassa contém energia armazenada sob a forma de energia química. Em relação a sua origem, as biomassas para fins energéticos podem ser classificadas como biomassa energética florestal, tendo como principal uso o carvão vegetal e a lenha; biomassa energética da agropecuária, representada pelas culturas agroenergéticas e resíduos e subprodutos das atividades agrícolas, agroindustriais e da produção animal; e, finalmente, biomassa de rejeitos urbanos (EPE, 2019).

O Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável na qual as fontes renováveis representam 83,3% da oferta interna de eletricidade a qual é resultante da soma dos montantes referentes à produção nacional mais as importações, que são essencialmente de origem renovável. Nesse cenário, a fonte energética de biomassa responde por 8,5% da oferta interna e em relação à capacidade instalada de geração elétrica por fonte, a biomassa contribuiu com 14.790MW produzidos no ano de 2018, enquanto que em 2017 esse valor foi de 14.505MW, representando um crescimento de 1,96% na produção (EPE, 2019).

Um importante impulso para a bioeletricidade adveio com os Leilões de Fontes Alternativas (LFA) os quais foram criados para incentivar a diversificação da matriz de energia elétrica, proporcionando a inclusão além da biomassa, a energia eólica e as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH). Dessa forma, a bioeletricidade começou a ser comercializada neste mercado no 1º leilão de energia nova em 2005 e fornecida em 2008, com empreendimento termelétrico a bagaço de cana. No ano seguinte, empreendimentos a biogás e cavaco de madeira também comercializaram energia. Atualmente, o bagaço de cana e o cavaco de madeira respondem por quase a totalidade da bioeletricidade comercializada em que empreendimentos termelétricos de grande porte à cavaco de madeira começaram a comercializar em 2018 e mantêm cerca de 500 MW médios até meados da década de 2040 (TOLMASQUIM, 2016).

2.3 Biomassa na produção de briquetes

A Biomassa Residual Distribuída é aquela disponibilizada de forma intermediária entre a dispersa e a concentrada, porém em escala que não viabiliza a coleta e transporte até um centro de transformação centralizado, nem a instalação

de um centro de transformação completo desde a biomassa até a eletricidade. Neste caso, centros de transformação menores pré-processam a biomassa (etapa de pré-transformação) antes do produto ser transportado para um centro de transformação centralizado, que completa a transformação até a forma de energia desejada. Um exemplo desta cadeia é a pelletização ou fabricação de briquetes de forma distribuída, para aumentar a densidade energética da biomassa, viabilizando assim o transporte para geração termelétrica conveniente (TOLMASQUIM, 2016).

O reaproveitamento energético da biomassa residual de vegetais gerados a partir de várias atividades seja da agricultura seja da indústria, pode ser uma forma de reduzir a pressão sobre os recursos naturais diretamente explorados como fonte de combustíveis renováveis (SILVA; CARNEIRO; LOPES, 2017). Em 2018, a capacidade instalada de geração elétrica por fonte essencialmente proveniente de resíduos de madeira foi equivalente a 474MW produzidos (EPE, 2019).

Indústrias que descartam grande volume de biomassa detêm uma potencial fonte de energia para queima em carbonizadores ou fornos. Este descarte consiste nas partes não aproveitadas inseridas na cadeia produtiva. Quando devidamente tratadas, geralmente uma vez secas, essas partes podem ser utilizadas na geração de energia, de modo a se evitar o desperdício de materiais e, além disso, ajudar no gerenciamento adequado de resíduos. Para utilizar este material como combustíveis, pode-se realizar a queima direta da biomassa, bem como produzir corpos de queima comprimidos, como os briquetes e pellets cujos transporte e armazenamento são mais complacentes. Dessa forma, eles apresentam um destaque positivo principalmente por apresentarem uma alta densidade energética (BALASUBRAMANI, 2016).

Por outro lado, a umidade elevada em um combustível reduz sua eficiência energética, uma vez que na combustão, a água precisa ser evaporada (DE FUSCO; JEANMART E BLONDEAU, 2015) e a energia necessária para esta evaporação é perdida no processo de geração de energia (LI et al, 2012). A eficiência de geração das usinas a bagaço de cana e a biomassa de madeira, que utilizam o ciclo Rankine (ou ciclo a vapor) para produção elétrica, está fortemente relacionada ao nível de pressão do vapor na saída das caldeiras de geração de vapor e na saída das turbinas a vapor. Quanto maior a pressão do vapor na saída das caldeiras e quanto menor a pressão na saída das turbinas, maior tende a ser a eficiência de geração (EPE, 2019).

3. METODOLOGIA

A pesquisa em estudo tem como natureza a pesquisa básica que visa buscar a criação de novos conhecimentos sobre o aproveitamento dos resíduos gerados por uma indústria para geração de energia ao ter como foco o estudo e a precisão sobre informações do tema em questão. Além disso, é de caráter exploratória, pois objetiva um aprofundamento com o caso, visando detalhar seu funcionamento pelo conhecimento e análise dos processos produtivos desta indústria. Em relação à abordagem do problema, o estudo se adequa na categoria qualitativa e quantitativa, logo a análise quanto a característica qualitativa foi feita por meio de um estudo de caso desenvolvido em uma indústria do setor moveleiro e quanto a parte quantitativa, a mesma se deu por meio da obtenção de dados advindos de entrevista semiestruturada, análise de documentos da empresa e observação *in loco*.

A entrevista semiestruturada foi desenvolvida com o gerente de produção e possibilitou conhecer o funcionamento dos processos produtivos dos setores da indústria, pois o mesmo conhece em detalhes todo o processo, sendo possível assim a obtenção de dados não relatados em documentos oficiais. Já a análise de documentos da empresa possibilitou a identificação das especificações da caldeira como o tipo de caldeira, sua capacidade e seu consumo, além dos benefícios sociais, econômicos e ambientais adquiridos do aproveitamento dos resíduos da madeira, que também são registrados em documentos. Por fim, a partir da observação *in loco*, foi possível o registro fotográfico dos setores que produzem biomassa, da caldeira e dos demais equipamentos que a envolvem. Dessa forma, elaborou-se fluxogramas de todos os processos que geram resíduos e que serão reaproveitados pela própria indústria para geração de energia térmica.

Após a coleta dos dados junto ao engenheiro mecânico responsável pela caldeira e da observação *in loco*, foi calculada a massa total de resíduos gerados por meio da soma da quantidade de lenhas de madeira que sobram com a quantidade de briquetes produzidos; a massa de pedaços de madeira processados de acordo com a evasão mensal de contêiner que existe em cada setor gerador do resíduo; a massa de briquetes produzidos a partir da quantidade de contêiner mensal que é fornecido para outras empresas e da quantidade de briquetes utilizados na própria empresa; a massa do resíduo consumido no processo de geração de energia térmica na caldeira por meio do volume de briquete necessário para geração de energia térmica; e a quantidade de energia térmica gerada pela caldeira consumida mensalmente no funcionamento de uma estufa.

Assim, a seção a seguir descreve e analisa os resultados desse estudo através da demonstração de fluxogramas processuais e da construção de uma tabela com a quantidade de biomassa utilizada e da energia térmica gerada pela mesma, os quais serão importantes para a análise do projeto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no estudo e análise dos setores que descartam as lenhas de madeira e o pó de serragem durante seu processo produtivo, foi possível realizar um diagnóstico de todos os setores, expostos nas subseções a seguir.

4.1 Fluxograma dos processos na indústria moveleira

a. Setor Verniz

O setor verniz é responsável por produzir as grades de madeira utilizadas para a montagem do Box de molas, que são repassadas para outro setor responsável pela produção de todo o Box de molas, exceto a grade que já vai pronta. Na Fig. 1, é apresentado o processo de produção de grades, que variam em dois tipos, as de tamanhos normais e comuns encontrados no mercado, e as de tamanhos especiais que são feitas sob encomendas.

Após verificar qual tipo de grade será produzida, seguem-se as etapas do processo que são bem semelhantes, cuja diferença se dá pelo tamanho dos gabaritos. O processo tem como primeira operação “colocar bucha na travessa”, essas travessas são de madeira e ficam sempre em estoque para que a operação nunca pare. Durante esse processo de colocar a bucha é testado se a travessa realmente está apta para a fabricação da grade. A segunda operação é a montagem do suporte de pés, que é colocado na travessa sobre a bucha. A terceira operação consiste na montagem frontal da grade, a qual é montada com base em um gabarito de ferro com medidas específicas, sendo utilizadas, em média, 6 lenhas de madeira, variando apenas de acordo com o tamanho da grade.

Na quarta operação utiliza-se em média 8 lenhas de madeira para a montagem da lateral que é feita por meio de um gabarito e utilizando a frontal anteriormente montada. Na quinta operação é feita a montagem da travessa que é o ato de colocar a travessa sobre a parte superior da grade já feita anteriormente.

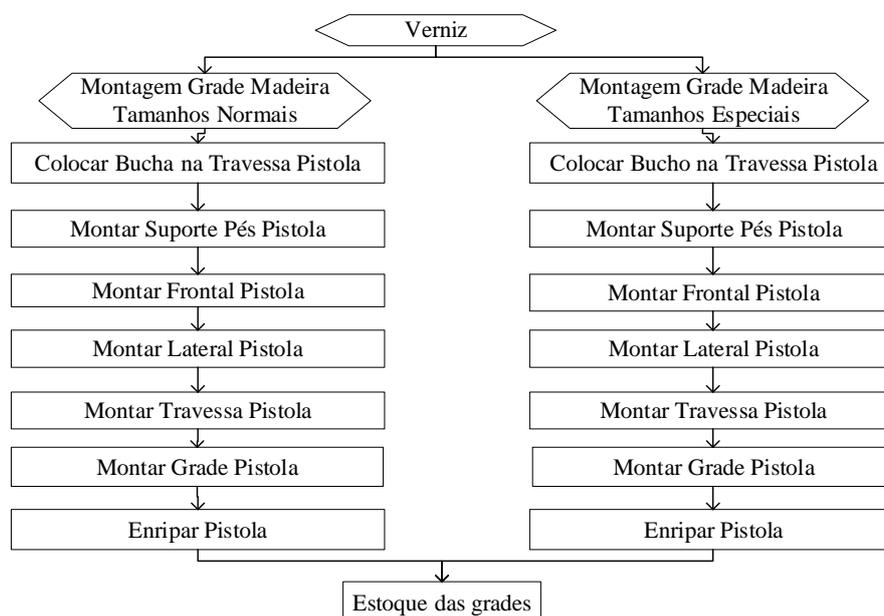


Figura 1 - Fluxograma do setor Verniz

. Na operação subsequente é feita a montagem final da grade, onde já se tem parte da grade montada nas operações anteriores, finalizando, nessa operação, com a colocação dos suportes laterais e com os ajustes finais necessários identificados visualmente. Em seguida é tirado o excesso de compensado por meio da operação enripar, pois o compensado não possui o tamanho específico do Box, tendo assim que enripar excessos visíveis com o uso de uma serra industrial. Finalizando todo o processo descrito as grades são dispostas no estoque.

b. Setor Mirador

O setor Mirador se divide em dois aspectos e é responsável por produzir as grades de madeira utilizadas para a montagem do Box de espumas e pela produção do Box Espuma em si. Na Fig. 2, pode-se observar todo o processo produtivo do setor.

O processo consiste na colocação da bucha na travessa, onde as travessas não aptas são descartadas para o contêiner. Na sequência, é feita a montagem dos pés de suporte em que são colocados os suportes sobre a bucha anteriormente alocada. Posteriormente, faz-se a frontal da grade sendo utilizadas, em média, 6 lenhas de madeira e descartadas as consideradas irregulares. Logo após é montada a lateral da grade, utilizando a frontal já montada, são utilizadas em média 8 lenhas de madeira e descartadas as inadequadas para uso. Em seguida, monta-se a travessa, colocando a mesma na parte superior da grade que já está parcialmente montada, logo mais, a grade é montada completamente dispondo os suportes laterais.

Por fim, é enripada a travessa da parte superior, onde a mesma se adequa ao tamanho do Box. Em paralelo a isso, é feita a preparação da faixa, que possui a costura e emenda da faixa como processos. Essa faixa é a que envolve o Box nas laterais, por isso necessita da emenda. Após isso, a faixa é fechada do tamanho específico do Box, e é colocada a

etiqueta, com suas especificações. Posteriormente, coloca-se o suspiro, que é a alça de suporte que fica na parte lateral da faixa, dando apoio para manusear o Box depois de finalizado.

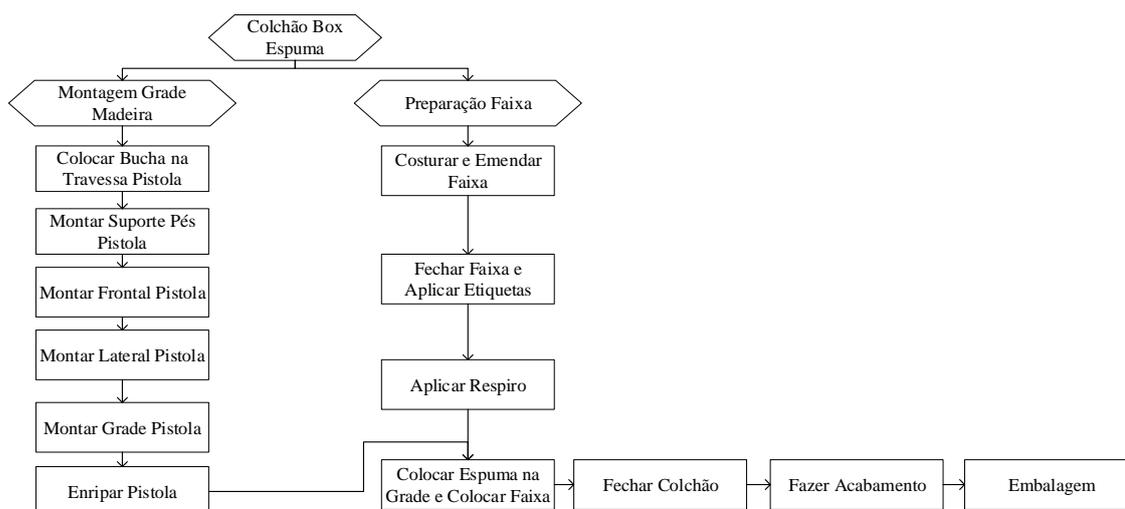


Figura 2 - Fluxograma setor Mirador

Ao finalizar esses dois processos paralelos, é iniciado a montagem final do Box em que se inicia colando a espuma na grade feita no primeiro processo e na colocação da faixa feita no processo paralelo ao primeiro. Logo depois o colchão é fechado por meio de uma máquina de costura industrial, e posteriormente embalada para ser destinada ao varejo.

c. Setor Marcenaria

A madeira é descarregada nesse setor, o qual é responsável por preparar toda a madeira utilizada na indústria de acordo com a especificação de cada setor. Na Fig. 3, está ilustrado todo o processo envolvido na Marcenaria.

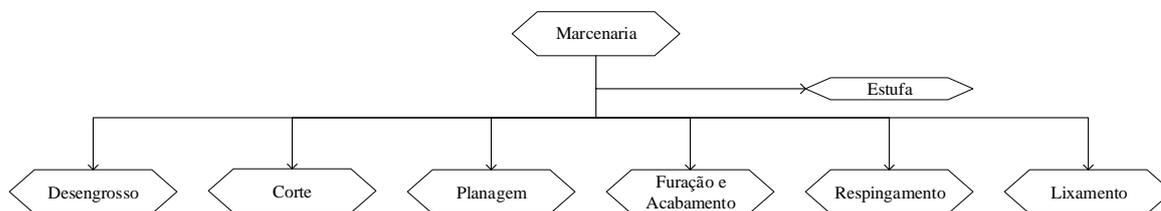


Figura 3 - Fluxograma do setor Marcenaria

O setor Marcenaria se divide em 6 operações como pode ser visto na Fig. 3. A princípio, é verificada a umidade da madeira, se esta estiver de acordo, a madeira é levada ao estoque para uso do setor, se não é direcionada a estufa para que a mesma fique na umidade permitida e posteriormente seja utilizada. A primeira etapa é a de desengrosso da madeira. Nessa etapa são retirados todos os excessos da mesma. Esse processo produz uma alta quantidade de serragem que é sugada por exaustores para a produção de briquetes na empresa. A segunda etapa é a de corte da madeira de acordo com a demanda por tamanho advinda dos outros setores. Assim, nesse processo, há descarte de lenhas de madeira que não podem ser utilizadas por terem tamanho inapropriado e há ainda a geração de serragem devido ao corte ser realizado em uma serra industrial, liberando, portanto, uma grande quantidade de pó.

As lenhas são destinadas ao setor de caldeira e o pó é sugado pelo exaustor mencionado anteriormente. A próxima etapa é a de planagem. Esse processo é feito principalmente por equipamentos nas quais o operador apenas coloca a madeira sobre a máquina cuja função é alinhar a madeira para que fique totalmente lisa, sem desvio ou ondulação. Portanto, há a liberação de pó de serragem oriundo da raspagem da mesma. Posteriormente, são feitos os furos e acabamentos na madeira a partir da regulagem das máquinas conforme o local e a espessura do furo a ser feito pelo operador. A etapa seguinte é o respingamento que dá consistência à madeira por meio de um produto cuja principal função é aumentar a durabilidade dela. Finalmente, a madeira é lixada para tirar qualquer tipo de rebarba ou poro existente.

d. Setor Estofados

Esse setor produz sofás diversos, diferenciados por tamanho e modelos. A Fig. 4 representa o processo desse setor pelo o fluxograma em que processos, a montagem da armação e o corte e costura, são feitos paralelamente.

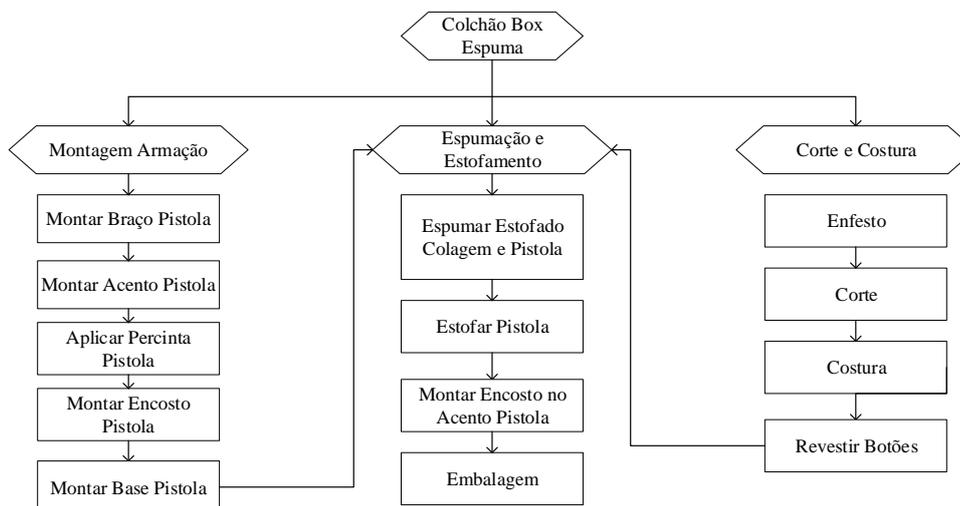


Figura 4 - Fluxograma do setor Estofados

A montagem da armação inicia pelo processo de montagem do braço. São utilizados pedaços de madeira já cortados no setor Marcenaria, e ao colocá-los sobre a mesa de produção, são testados golpeando-os sobre a mesa. Se estiverem em conformidade, são utilizados, se não, são descartados no contêiner. Em seguida é feita a montagem do acento, também em uma mesa com uso de pistola para grampear as partes de madeira.

Todo o processo de teste também é feito e descartado o que não será utilizado. Depois é colocado a percinta, uma espécie de malha elástica que permite a junção das partes do estofado. Logo após, é montado o encosto, junto às outras partes já montadas. Mais uma vez é necessário outra percinta, para que toda a montagem fique alocada à base do estofado. Em paralelo a esse processo, deve ser feito o corte constituído pelo processo de enfesto caracterizado pela determinação do tecido conforme pedido e corte no tamanho adequado do mesmo. Então, realiza-se a costura de todo o tecido que envolve o estofado. Após os dois processos concluídos, é possível fazer o processo final de espumação e estofamento. Por fim, o encosto é apoiado sobre o estofado e o mesmo é finalizado com a embalagem.

e. Setor Painéis

O setor Painéis produz guarda roupas e cômodas, de vários modelos. Na Fig. 5, é elucidado o fluxograma do processo de produção deste setor que é composto por três processos paralelos para a realização do processo final.

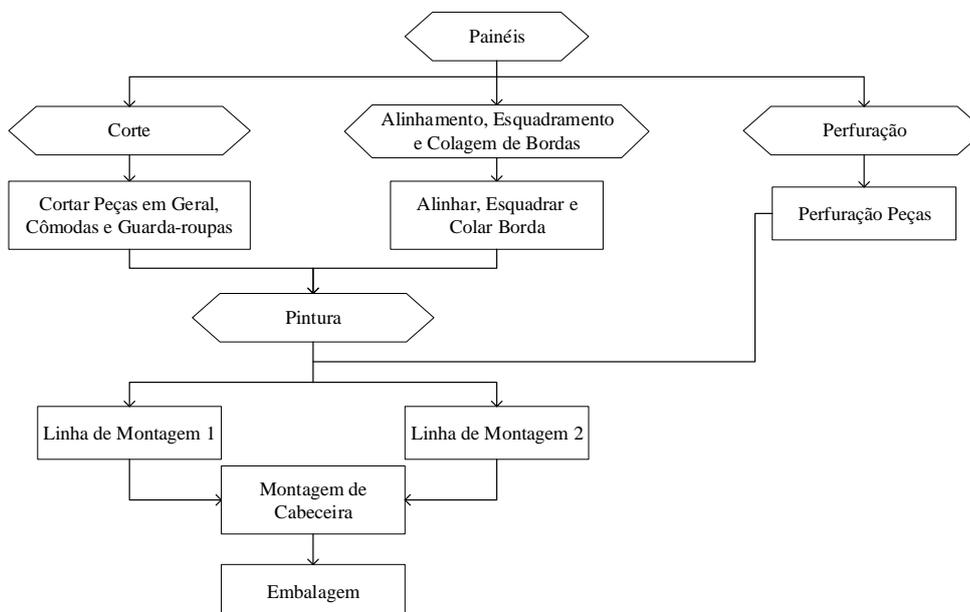


Figura 5 - Fluxograma do setor Painéis

Inicia-se com o corte de peças com um tamanho padrão advindas do setor Marcenaria. Durante essa operação, são descartadas sobras, por não terem tamanho suficiente para serem aproveitadas em outra peça.

Em paralelo, ocorre o alinhamento, esquadramento e colagem das bordas. Nesse processo é feito todas as bordas do móvel. Também em paralelo acontece a perfuração das peças. Todas as peças que levam parafusos na sua

composição final são feitas nessa etapa. Após a junção destas três operações é possível realizar o processo final, que consiste na pintura do móvel em que cada parte é pintada individualmente, e depois de pintada e secas da pintura, é possível a execução da montagem da cabeceira do móvel, essa denominação é dada para o conjunto de peças, que juntas formam o móvel completo. Após essa etapa, são embalados e estão preparados para serem destinados aos clientes.

3.2 Geração total dos resíduos

Ao longo desse trabalho, observou-se a existência de resíduos gerados pela indústria em estudo. Estes foram denominados como lenhas de madeira e pó de serragem. O descarte das lenhas de madeira ocorre em todos os setores descritos na subseção anterior, já o pó de serragem é oriundo de um único setor, o setor Marcenaria, em que esse pó é utilizado para a fabricação de briquetes os quais, por sua vez, são utilizados pela empresa como biomassa e fornecidos a outras empresas. Na Tabela 1, estão descritas as quantidades totais de resíduos gerados mensalmente em cada setor.

Tabela 1 – Quantidade total de resíduos gerados em cada setor

SETORES	RESÍDUOS		TOTAL
	Lenha (kg)	Briquete (kg)	Lenha + Briquete (kg)
Verniz	1.110,67	0	1.110,67
Mirador	11.236,32	0	11.236,32
Marcenaria	2.677,30	241.067,20	243.744,50
Estofados	5.134,11	0	5.134,11
Painéis	4.646,43	0	4.646,43
TOTAL	24.804,83	241.067,20	265.872,03

A massa das lenhas descartadas foram calculadas com base no volume dos contêineres alocados em cada setor bem como na frequência que o contêiner é preenchido totalmente e levado para o setor da Caldeira e, de fato, baseada na densidade da madeira, já a massa de briquete foi calculada com base na quantidade que é utilizada pela empresa para a geração de energia térmica somada à quantidade de briquete fornecida para outras empresas, calculada por meio do volume do contêiner que o transporta. Com isso foi possível somar a quantidade “lenha + briquete”, resultando, assim, na quantidade de resíduos totais produzidos pela indústria em questão, o qual é equivalente a 265.872,03 kg mensais.

3.3 Caldeira

Quanto a capacidade da caldeira identificou-se algumas especificações como sua produção de vapor que equivale a 3.300 kg/h, a sua superfície de aquecimento cuja medição é 120 m², sua pressão de trabalho equivalente a 150 Psig e sua pressão de teste hidráulica que é 240 Psig. Dessa forma, por possuir sua pressão de operação igual a 1034,21 KPa, a caldeira se enquadra na categoria B, em acordo à classificação dada na NR 13.

A caldeira funciona de segunda-feira a sexta-feira durante 8 horas diárias e o seu consumo é de 580 kg/h ou 92.800 kg/mês de biomassa. Como 2.000 kg/h de biomassa geram 1.289 M cal/h, foi possível quantificar a energia térmica gerada mensalmente pela caldeira que corresponde a 373.810 M cal/ mês. Na Figura 6, pode-se ter uma visualização geral do equipamento em questão.



Figura 6 - Caldeira em estudo

Como pode-se observar na Figura 6, a caldeira realiza o processo de queima, tendo como sua principal função a geração de energia térmica (vapor) utilizada na própria indústria. Com base no alto índice de pó de serragem

proveniente dos processos da indústria em estudo, a fabricação do briquete para utilização como combustível, isto é, como alimentação da caldeira, se faz viável, econômica e ambientalmente.

Segundo Tavares e Santos (2015) destacam como um dos principais combustíveis sólidos os briquetes, pois possuem características que apresentam baixa umidade média, associado a um baixo teor de cinzas (inferior a 2%) e elevado poder calorífico (entre 4.500 e 5.000 quilocalorias por quilograma), faz com esse biocombustível mostre grande viabilidade técnica para uso principalmente em fornos de queima e caldeiras. Com base nesses fatores e no alto índice de pó de serragem provenientes dos processos da indústria em estudo, a fabricação do briquete para utilização como combustível se faz viável, economicamente e ambientalmente.

A prática permite que a empresa além de economizar por não ter que comprar combustível para o funcionamento da caldeira, também forneça a outras empresas transformando assim seu resíduo em receita, além de principalmente está contribuindo positivamente com o meio ambiente.

5. CONCLUSÃO

Após a realização do estudo do aproveitamento de biomassa em uma indústria moveleira para geração de energia térmica, foi possível destacar a importância desse aproveitamento. A grande quantidade de resíduos gerados conhecidos nos cálculos foi vista como fator determinante para a reutilização, onde por meio desses resíduos foi possível suprir a necessidade de combustíveis da empresa e ainda fornecer a outras devido ao grande porte da empresa e por todos os seus processos terem a madeira como principal matéria-prima.

Quanto a geração de resíduos produzidos no processo produtivo da indústria moveleira, esta ocorre basicamente nos setores de: Verniz, Mirador, Marcenaria, Estofados e Painéis. Os resíduos se classificaram em: lenha de madeira e pó de serragem que, ao ser processado, se torna briquete. São gerados ao todo, isto é, contabilizando a soma de resíduos em lenha de madeira e briquetes, o total de 265.872,03 kg mensais de resíduos em todos os setores da indústria, sendo o setor Marcenaria o responsável pela maior produção, que é de 243.744,50 kg mensais de resíduos. Portanto, o gerenciamento ocorre na forma de reutilização em que os resíduos da empresa são reutilizados para produção de energia térmica por meio de uma caldeira, a qual equivale mensalmente a 373.810 M cal/ mês.

Assim, a indústria estudada mostra o gerenciamento ambientalmente correto desse tipo de resíduo, uma forma benéfica nos aspectos econômicos, ambientais e sociais. Ao utilizar seus resíduos da madeira como biomassa para geração da energia térmica, acontece o benefício econômico, pois há uma redução de custos por não comprar o combustível, e ao fornecer o biocombustível a outras empresas acontece uma geração de receita. Já como benefício ambiental é notório que ao reutilizar resíduos, evita-se o descarte em aterros ou a incineração da madeira que são prejudiciais ao meio ambiente. Em consequência a isso, tem-se a sociedade beneficiada também, na medida em que se reforça o seu desenvolvimento sustentável e permite níveis crescentes de qualidade de vida para a mesma.

Em suma, essa prática é uma importante aliada da empresa nos quesitos de gestão ambiental e gestão financeira, gerando, ainda, benefícios econômicos já que a indústria, além de economizar por não precisar comprar combustível para o funcionamento da caldeira, também fornece o biocombustível a outras empresas, transformando, assim, seu resíduo em receita, ao passo que, principalmente, realiza a destinação ambientalmente correta dos seus resíduos gerados.

REFERÊNCIAS

- ALAMIA, A.; STRÖM, H.; THUNMAN, H. Design of an integrated dryer and conveyor belt for woody biofuels. *Biomass and Bioenergy*, v. 77, p. 92-109, 2015.
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Banco de Informações de Geração. Disponível em <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em fev/2020.
- BALASUBRAMANI, P. et. al. (2016). Biomass briquette manufacturing system model for environment. *Journal of Alloys and Compounds*. V. 686, pp. 859-865
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Resenha Energética Brasileira 2018, ano base 2017*. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Resenha-Energetica-Brasileir-2018-.pdf>. Acesso em 28 de fevereiro de 2020.
- BRITO, J. O. O uso energético da madeira. *Estudos Avançados*, Piracicaba, v. 21, n. 59, p. 185-193, 2007.
- DE FUSCO, L.; JEANMART, H.; BLONDEAU, J. A modelling approach for the assessment of an air-dryer economic feasibility for small-scale biomass steam boilers. *Fuel Processing Technology*, v. 134, p. 251- 258, 2015
- EIA. Annual energy outlook 2018 with projections to 2050. US Energy Information Administration. 2018.
- EPE [Empresa de Pesquisa Energética] Balanço Energético Nacional (BEN) 2019: Ano base 2018, 2019. Disponível em < <https://ben.epe.gov.br> >. Acesso em fev/2020.
- EPE [Empresa de Pesquisa Energética] Expansão da Geração: Termelétricas a biomassa no leilões de energia no Brasil. Disponível em < <http://www.epe.gov.br/>>. Acesso em fev/2020.
- LUTHRA, S.; GOVINDAN, K.; KHARB, R. K.; MANGLA, S. K. Evaluating the enablers in solar power developments in the current scenario using fuzzy DEMATEL: An Indian perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.63, p.379-397, 2016.

- Norma Regulamentadora NR-13: Caldeiras e Vasos de Pressão. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr13.htm>>. Acesso: 27/02/2020.
- MACIEL, L. L. L. Biomassa: uma fonte renovável para geração de energia elétrica no Brasil. Revista de trabalhos acadêmicos: universo campos dos goytacazes, Num. 03, 2019.
- SANTOS, I. F. S.; BARROS, R.M.; FILHO, G.L.T (2014) -Emissões de gases de efeito estufa em hidrelétricas: Uma revisão. (Trabalho em andamento).
- SILVA, Jose Wilton Fonseca; CARNEIRO, Roberto Antônio Fortuna; LOPES, Jerisnaldo Matos. Biomassa residual ao briquete: viabilidade técnica para produção de briquetes na microrregião de dourados. Revista brasileira de energias renováveis, Mato Grosso, v.6, n.4, p.624 -646, 2017.
- TAVARES, M. A. M; TAVARES, S. R. L. Perspectivas para a participação do Brasil no mercado internacional de pellets. Revista HOLOS, Ano 31, Vol. 5, 2015.
- TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno Energia Termelétrica: Gás Natural, Biomassa, Carvão, Nuclear / Mauricio Tiomno Tolmasquim (coord). – EPE: Rio de Janeiro, 2016
- TOKLU, E. Biomass energy potential and utilization in Turkey. Renewable Energy, Turquia, volume 107, pages 235-244, July 2017.
- WOLF, C.; KLEIN, D.; RICHTER, K.; WEBERBLASCHKE, G. Mitigating environmental impacts through the energetic use of wood: regional displacement factors generated by means of substituting. Science of the Environment, Rockville, n. 569, p. 395- 403, 2016.

HARNESSING BIOMASS IN A FURNITURE INDUSTRY FOR POWER GENERATION

Abstract. *The determination of laws for the correct management of ISW - Industrial Solid Waste was crucial for some advances in the Brazilian energy matrix, where several studies were about ISW, among them the furniture industry stands out due to the large amount waste from furniture industries and lack of knowledge of effective ways to manage them. The study aims to investigate the use of biomass in a furniture industry for thermal energy generation by describing and quantifying the waste it generates and quantifying the thermal energy generated by a boiler with the use of this waste. The methodology consisted of a case study operationalized by semi-structured interview where it was possible to know about the daily power generation, the analysis of company documents, to know the specifications of the boiler under study and the observation in loco as well as photographic records that allowed the knowledge of waste generation processes and their use for power generation. Thus, it was possible to verify through the results that the company is effective in reusing its generated waste quantified at 265,872.03 kg per month as biofuel to generate thermal energy, which is equivalent to 373,810 Mcal/month, thus characterizing the correct environmental management of this type of waste, besides benefiting economically by supplying these residues in biofuel form to other companies, increasing the benefits gained from the practice, in the economic, environmental and social aspects.*

Key words: *Biomass, Furniture industry, Thermal energy.*