



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

XI Seminário de Extensão e Inovação
XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica
08 a 12 de Novembro - Guarapuava/PR



Análise dos resíduos gerados na indústria moveleira

Analysis of waste generated in the furniture industry

Eduarda Dombrowski Kaminski ^{*}, Álamo Alexandre da Silva Batista [†]

RESUMO

Devido aos dados que apontam que a construção civil gera resíduos em demasia e que grande parte desses podem ser reduzidos, optou-se por quantificar e estudar a serragem gerada numa pequena indústria moveleira na cidade de Guarapuava-PR. Por meio de análise quantitativa durante 14 dias são analisados tais resíduos. Para obtenção de dados, utilizam-se balanças de precisão e medições de volume ocupado pelo material nas condições ambiente. Obtém-se como valor de porcentagem 4,68% do material compensado se convertendo inteiramente em serragem, o que representa R\$323,40 dos R\$6160,00 gastos nessa matéria prima durante esse período que se torna material sem nenhum valor econômico. Para o volume ocupado a comparação de volume da serragem e do compensado obtém-se 817,95% do volume inicial do compensado. A partir do uso de 27 placas de compensado, 0,619 m³ de serragem são produzidos. A partir desses valores é possível projetar adequadamente local para a serragem estimada que será produzida por indústrias semelhantes a esta conforme tempo de manutenção de limpeza e dimensionamento de um local específico para armazenar o material conforme especificidades da mesma.

Palavras-chave: Madeira. Serragem. Resíduos. Quantificação.

ABSTRACT

Due to data showing that civil construction generates too much waste and that a large part of these can be reduced, it was decided to quantify and study the sawdust generated in a small furniture industry in the city of Guarapuava-PR. Through quantitative analysis for 14 days, such residues are analyzed. To obtain data, precision scales and measurements of the volume occupied by the material under ambient conditions are used. It is obtained as a percentage value 4.68% of the compensated material converting entirely into sawdust, which represents R\$323.40 of the R\$6160.00 spent on this raw material during this period, which becomes material with no economic value. For the occupied volume, the comparison of sawdust and plywood volume results in 817.95% of the initial plywood volume. From the use of 27 plywood boards, 0.619 m³ of sawdust is produced. From these values it is possible to properly project the location for the estimated sawdust that will be produced by industries similar to this one, according to the cleaning maintenance time and dimensioning of a specific location to store the material according to its specificities.

Keywords: Wood. Sawdust. Residues. Quantification.

1 INTRODUÇÃO

Visto que a construção civil é responsável pela geração de resíduos em demasia, em todas as suas etapas, desde a parte estrutural até o acabamento, torna-se necessário estudar como ocorre o descarte e o impacto gerado desses materiais após sua fabricação e uso. Tais recursos geram custos diretamente ao valor final da Construção,

*  Engenharia Civil, UTFPR-GP;  eduardakaminski@alunos.utfpr.edu.br.

†  COECI, UTFPR-GP;  alamoalexandre@gmail.com.



portanto analisar e buscar quantificar tais desperdícios de matéria prima pode resultar em minimização dos custos e de desperdício de recursos naturais, de acordo com *Gutiérrez et al. (2017)*.

Ding et al. (2018) estima que é possível reduzir até 40,63% dos recursos gerados na construção civil e estes resíduos foram identificados como um dos maiores problemas na indústria da construção. Essa redução influencia em impactos ambientais e financeiros, assim vê-se como necessário o estudo de geração de resíduos.

Analisando as diversas partes da construção entra-se no quesito de acabamento das obras, no qual inclui-se as indústrias moveleiras, responsáveis por móveis, portas, rodapés, dentre outros. Sobre a economia local da Cidade de Guarapuava, tal setor se torna significativo com cerca de 40 empresas na cidade, segundo dados de 2009 *Grzeszczyszyn, Bulgacov e Macchado (2009)*. A maioria das empresas do setor moveleiro de Guarapuava possui características comuns às pequenas empresas familiares, em que a indústria é a principal fonte de renda para as famílias, sendo que os processos organizacionais são, em muitos casos, informais e a propriedade da organização está nas mãos do proprietário fundador.

Segundo *Frank, Potting e Leemans (2012)*, a minimização dos resíduos de madeira é um importante ponto de partida para reduzir o impacto ambiental do setor madeireiro. Os resíduos de madeira incluem serragem, aparas, resíduos de moagem, cortes, árvores, galhos e cascas.

Hillig, Schneider e Pavoni (2009) aponta que para propor alternativas de aproveitamento aos resíduos gerados no polo moveleiro, torna-se fundamental conhecer em primeiro lugar os tipos e quantidades de resíduos gerados. E apresenta que os valores estão atrelados à qualidade das lâminas, ao processo produtivo como um todo, às características do equipamento e ao comprometimento do operador com a operação.

2 OBJETIVO

Por intermédio de levantamento bibliográfico, este trabalho tem por objetivos: verificar dados e o processo de quantificação dos resíduos da indústria moveleira e relacioná-los com a quantificação experimental de uma industria de pequeno porte; analisar os resultados encontrados e possibilitar através de projeção com os valores obtidos a otimização do espaço de produção e otimizar o planejamento da quantidade de serragem a ser gerada visando descarte ou distribuição da mesma.

3 MÉTODOLOGIA

Com inicial levantamento bibliográfico e posterior quantificação experimental buscou-se quantificar os resíduos gerados por uma indústria de pequeno porte na cidade de Guarapuava por meio de um estudo de caso. A empresa conta com cerca de 10 funcionários e tem fluxo oscilante de trabalho, conforme demanda da clientela. Nela os principais resíduos gerados são as serragens, recortes pequenos (aqueles que não podem ser utilizados em outro fim dentro da indústria) e os recortes maiores que podem ser guardados para possível posterior uso. A escolha da marcenaria se deu devida à facilidade de acesso aos resíduos e à colaboração do proprietário.

No presente estudo o material analisado é a serragem. Para realizar essa quantificação é necessária uma prévia limpeza adequada do local, onde todos os resíduos de serragem são removidos antes do período de análise iniciar. E todos o material gerado é coletado após o fim do período de análise.

Frank, Potting e Leemans (2012) em seu estudo de caso analisa o potencial de minimização de resíduos para reduzir o impacto ambiental do setor madeireiro e quantifica dentro do subsistema industrial os valores de volume (m^3), massa(Kg) e custos. E o processo ocorreu em 3 etapas, sendo elas: a identificação e quantificação



de resíduos, a identificação de medidas de minimização e a análise de cenário para medidas potenciais de minimização. O período de análise foi de um ano.

No presente estudo de caso o tempo de análise foi de 14 dias, em que a quantificação dos resíduos contou com pesagens, medições de volume e estimativa de preços dos resíduos, seguindo a metodologia de Frank, Potting e Leemans (2012).

Para obter valores das massas totais do resíduo gerado faz-se uso de balanças de precisão de $\pm 0,05$ kg para as amostras coletadas. Devido a capacidade da balança e a quantidade de material o mesmo é fracionado conforme capacidade do recipiente medidor.

A partir de 3 amostras de compensados de madeira coletados do ambiente do estudo de caso são calculadas as densidades aparentes segundo a metodologia de Pizzol, Mantilla e Carrasco (2009) com mensuração das dimensões por intermédio de um paquímetro universal com precisão de 0,01 cm, sendo realizadas três repetições para cada aferição e a massa em uma balança digital com precisão de $\pm 0,001$ g. A Equação 1 foi utilizada para calcular a densidade aparente de cada amostra e por seguinte calculou-se a média e o desvio padrão.

$$\rho_{ap} = \frac{m}{c * l * e} \quad (1)$$

Na qual: ρ_{ap} : densidade aparente calculada (g/cm^3); m: massa (g); c: comprimento da amostra (cm); l: largura da amostra (cm); e: espessura da amostra (cm).

Já para definição de volume optou-se pela medição do material in natura procurando assim oferecer os valores de área real que devem ser disponibilizados para fim de armazenamento de resíduos. Bruder (2012) utiliza método da volumetria por equivalência de área para amostras de madeira. Fazendo uso de uma caixa com base mensurada com 3 medições em cada uma das dimensões da base com fita métrica com precisão de 0,1 cm. A matéria total é fracionada novamente a fim de atender as limitações medidoras. Para cada fração são realizadas medições de altura em cada parte da amostra os 4 lados do recipiente medidor até ambas as quatro réguas com precisão de 0,1 cm fornecerem o mesmo valor.

Para se obter a parcela de matéria prima utilizada durante o estudo de caso um acompanhamento diário de controle de estoque de chapas se deu durante todo o estudo. A partir da quantidade de chapas e com o valor de densidade determinado experimentalmente por meio da Equação 2, calcula-se a massa total de matéria prima utilizada.

$$M_{mp} = \rho_{ap} * V_{ch} * n \quad (2)$$

Na qual: M_{mp} = massa da matéria prima durante a análise (g); ρ_{ap} = densidade aparente (g/cm^3); V_{ch} = Volume de uma chapa (cm^3); n = número de chapas utilizadas no período de análise.

Com o valor da densidade da matéria prima calculado e com a quantidade de placas calcula-se a massa total de matéria prima. e com a massa total de serragem gerado calcula-se a porcentagem de material transformado em madeira com a equação 3. A partir da porcentagem de serragem o custo da serragem é obtido com a equação 4.

$$\%s = \frac{M_s}{M_{mp}} \quad (3)$$



$$\text{Custo da serragem} = \%s * \text{vmp} \quad (4)$$

Na qual: %s = porcentagem das chapas que se tornam serragem (%); Ms = massa de serragem durante 14 dias (g); e vmp = custo total da matéria prima utilizada durante acompanhamento.

4 RESULTADOS

Durante o acompanhamento de 14 dias, de 19 de abril à 02 de maio de 2021, foram utilizadas 27 placas de madeira compensada de 1,5 cm de espessura, 275 cm de comprimento e 184 cm de altura como matéria prima. Sendo destas 22 placas revestidas e 5 placas cruas. Com valor total de custo em R\$6.910,00.

Experimentalmente a densidade definida a partir de 3 amostras forneceram valores de: 1,1224; 1,1768; 1,0780 g/cm³. O que fornece valor médio de densidade 1,1257 g/cm³ e desvio padrão de 0,0495 g/cm³, ou 4,39% de desvio. Das 27 placas de compensando aproximadamente 1,26 se converteram em serragem. A quantidade de matéria prima em volume calculada foi de 2,0493.10⁶ cm³, resultando num peso estimado a partir da densidade média de 1,8204.10⁶ gramas.

O peso total das serragens produzidas foi fracionado em 51 amostras e resultou em 85200 g. Com os resultados de peso total de serragem e cm o peso estimado total obtém-se 4,68% como a porcentagem de placas de compensado se transformando inteiramente em serragem.

Dos R\$6.160,00 gastos em materiais proporcionalmente aos resultados obtidos R\$ 323,40 se converteram inteiramente em resíduos desse gênero. Assim como para Frank, Potting e Leemans (2012) os resíduos são considerados como matérias de nenhum valor econômico, mas que tem o devido custo vindo da matérias prima. Nesse valor de custo não estão sendo considerados nenhum dos outros custos como maquinário, mão de obra ou outros já que a serragem acaba sendo gerada não intencionalmente durante a produção de móveis.

Kern et al. (2018) aponta que para reduzir o impacto ambiental o descarte em aterro sanitário deve ser a última alternativa, pois a decomposição anaeróbica da madeira pode produzir metano. Assim pode-se considerar que a partir dos valores quantificados um planejamento de gerencia pode otimizar a distribuição da serragem de forma a utiliza la conforme suas diferentes aplicações.

Couto et al. (2012) levanta que a serragem não tem uso rentável e pode causar sérios problemas ambientais quando disposta inadequadamente. Emerge a necessidade de encontrar uma destinação adequada para o material e de estimar a quantidade de resíduos gerado entre os intervalos de coleta até a destinação final.

Na quantificação do volume em que o material também foi fracionado, porém desta vez em 7 partes que resultaram no volume de 0,619 m³. A serragem através da mesma equação utilizada para o calculo da densidade das placas resultou numa densidade de 0,138 g/cm³, que é 817,95% da densidade das placas de compensado. Isso demonstra a significativa mudança de dimensão ocupada pelo mesmo material.

A partir dessa estimativa de volume é possível de pensar na melhoria do layout da marcenaria com espaço destinado exclusivamente a esse recurso como pela baia exclusiva para esse resíduo. Fiedler et al. (2012) aponta que um dos pontos para uma efetiva otimização de layout é melhorar a falta de limpeza dos galpões que costumeiramente não é regular onde os resíduos em geral não ficam depositados em lugares próprios.

Considerando a realidade da marcenaria que se o tempo entre uma limpeza e outra é significativo entre seis meses e um ano, conforme pesquisa de campo com proprietário da marcenaria do estudo de caso. Assim a partir das equações 5 e 6 estima-se a produção de serragem no período de um ano e com a equação 7 a quantidade de



matéria prima utilizada para um ano.

$$V_s \text{ ano} = \frac{V_s * 365 * CF}{14} \quad (5)$$

$$P_s \text{ ano} = \frac{P_s * 365 * CF}{14} \quad (6)$$

$$n \text{ ano} = \frac{n * 365 * CF}{14} \quad (7)$$

No qual: $V_s \text{ ano}$ = volume de serragem produzido estimado durante um ano; V_s = volume de serragem produzido analisado; $P_s \text{ ano}$ = peso de serragem produzido durante um ano; P_s = peso de serragem produzido analisado; $n \text{ ano}$ = número de chapas estimadas durante um ano; CF = coeficiente de segurança para estimativa.

Devido a oscilação de produção ao longo do ano, já que o fluxo não é constante e depende diretamente de demanda da clientela um coeficiente de segurança de 1,3, foi aplicado visando permitir maior segurança na projeção da quantidade de serragem produzida e considerando também que o período de análise não o de maior fluxo de produção. Esse fator de segurança foi considerado conforme dados das compras de matéria prima ao longo do ano. Para essa estimativa considera-se o proporcional gerado em um ano de 365 dias a partir de uma amostra de 14 dias analisados.

Assim os valores estimados totalizam 16,1 metros cúbicos de serragem sem considerar o coeficiente de segurança e 21,0 metros cúbicos aplicando coeficiente de segurança, da mesma forma 2221,3 quilogramas de serragem sem considerar coeficiente de segurança e 2887,7 quilogramas o considerando. A partir de valores assim um local adequadamente disposto pode ser implantado o que ajuda na organização do ambiente de trabalho e permite uma distribuição adequada do material posteriormente.

Esses valores atendem a estimativa de produção de serragem gerada com 704 chapas sem considerar ponderação por segurança e 915 chapas com coeficiente de segurança. O que permite também uma estimativa mais exata para outras mercenarias se conhecerem o seu próprio fluxo de produção.

5 CONCLUSÕES

A partir de valores obtidos no estudo de caso foi possível planejar a correta distribuição de resíduos de serragem gerados durante a fabricação de móveis com a projeção da quantidade de serragem gerada, o que era de total desconhecimento pela empresa.

Portanto, propõe-se a criação de um espaço destinado a tal material o que pode reduzir significativamente os problemas de fluxo de funcionários, materiais e produtos dentro do estabelecimento. Além de possibilitar à serragem que ela se mantenha da forma com a menor modificação possível, assim sendo entregue a quem for utilizá-la.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao proprietário do estabelecimento estudado Emerson Kaminski, à instituição UTFPR-GP por todo o suporte, tanto quanto à material digital, quanto ao acesso de laboratórios e servidores auxiliares da execução.



REFERÊNCIAS

- BRUDER, Edson Marcelo. **Métodos de determinação da densidade básica e aparente da madeira de Eucalyptus sp**: Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu. [S.l.: s.n.], 2012.
- COUTO, Gabriela Martucci et al. Use of sawdust Eucalyptus sp. in the preparation of activated carbons. **Ciência e agrotecnologia**, v. 36, p. 69–77, 2012. ISSN 1413-7054. DOI: [10.1590/S1413-70542012000100009](https://doi.org/10.1590/S1413-70542012000100009).
- DING, Zhikun et al. A system dynamics-based environmental benefit assessment model of construction waste reduction management at the design and construction stages. **Journal of Cleaner Production**, v. 176, p. 676–692, 2018. ISSN 0959-6526. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.101>.
- FIEDLER, Nilton César et al. Otimização do layout de marcenarias no sul do espírito santo baseado em parâmetros ergonômicos e de produtividade. **Revista Árvore [online]**, v. 33, n. 1, p. 161–170, 2012. ISSN 1806-9088. DOI: [10.1590/S0100-67622009000100017](https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000100017).
- FRANK, John Eshun; POTTING, José; LEEMANS, Rik. Wood waste minimization in the timber sector of Ghana: a systems approach to reduce environmental impact. **Journal of Cleaner Production**, v. 26, p. 67–78, 2012. ISSN 0959-6526. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.025>.
- GRZESZCZESZYN, Geverson; BULGACOV, Sergio; MACCHADO, Hilka Pelizza Vier. Redes de empresas na indústria moveleira de Guarapuava, Paraná. **SEGET**, 2009.
- GUTIÉRREZ, Carlos Mario Aguilar et al. Cleaner Production Applied in a Small Furniture Industry in Brazil: Addressing Focused Changes in Design to Reduce Waste. **Sustainability**, v. 9, n. 10, 2017. ISSN 2071-1050.
- HILLIG, Éverton; SCHNEIDER, Vania Elisabete; PAVONI, Eloide Teresa. Geração de resíduos de madeira e derivados da indústria moveleira em função das variáveis de produção. **Produção**, v. 19, n. 2, p. 292–303, 2009. ISSN 1980-5411. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-65132009000200006>.
- KERN, Andrea Parisi et al. Factors influencing temporary wood waste generation in high-rise building construction. **Waste Management**, v. 78, p. 446–455, 2018. ISSN 0956-053X. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.05.057>.
- PIZZOL, Vinnicius Dordenoni; MANTILLA, Judy Norcka Rodo; CARRASCO, Edgar Vladimiro Mantilla. Caracterização elástica de compensados de madeira utilizados e reutilizados em formas através de excitação por impulso. **Produção**, v. 19, n. 2, p. 292–303, 2009. ISSN 1980-5411. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620170005.0264>.