

RESÍDUOS DE MDF:DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E CARACTERIZAÇÃO PARA USO COMO CARGA EM MATRIZ POLIMÉRICA*

Debora Machado de Souza¹

Amanda Gonçalves Kieling²

Tatiana Louise Avila de Campos Rocha³

Feliciane de Andrade Bhrem⁴

Resumo

O crescente aumento da produção do setor moveleiro tem fortemente contribuído para a economia do país. No entanto, o setor gera grande quantidade de resíduos sólidos. Este trabalho visa avaliar o resíduo em pó de MDF, com o intuito de identificar a melhor forma de valorização do mesmo. Para isso, realizou-se um diagnóstico ambiental de uma fábrica de móveis de pequeno porte, e procedeu-se a caracterização do resíduo de MDF na forma de pó. O diagnóstico ambiental identificou que o resíduo na forma de pó está presente em todas as etapas do processo. As etapas de maiores impactos ambientais são a de corte e acabamento/polimento, já que nestas ocorre a maior geração de resíduo sólido, bem como consumo de energia e geração de material particulado. A caracterização da amostra identificou o material com algumas limitações para aplicações em processos industriais, mas que podem ser atenuadas com algum tipo de beneficiamento, podendo o mesmo ser utilizado como carga de reforço em matriz polimérica.

Palavras-chave: Resíduos sólidos; Pó de MDF; Diagnóstico ambiental; Caracterização

MDF WASTE: ENVIRONMENTAL DIAGNOSIS AND WASTE CHARACTERIZATION FOR USE AS FILLER IN POLYMER MATRIX

Abstract

The increasing production of the furniture sector contributes to the economy, but it is a great responsibility for the solid waste generated. This study aims to evaluate the MDF powder, in order to identify the best form of appreciation of it. For this it was necessary to conduct an environmental diagnosis of a small furniture factory, and later the characterization of MDF powder waste. The environmental diagnosis identified the MDF powder is present in all process steps. Steps major environmental impacts are cutting and finishing / polishing, since these occurs most generation of solid waste, and energy consumption and generation of particulate matter. The identified characteristics of the sample material with some limitations for applications in industrial processes, but which can be alleviated with some kind of processing, it can be used as reinforcing filler in the polymer matrix.

Keywords: Solid wast; MDF dust; Environmental diagnosis; Characterization.

¹ Estudante de Graduação do curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS -São Leopoldo – RS - Brasil.

² Engenheira de Alimentos, Mestre em Engenharia Civil, Professora da UNISINOS– São Leopoldo – RS - Brasil.

³ Química, Dr^a em Ciência dos Materiais, Professora da UNISINOS – São Leopoldo – RS - Brasil

⁴ Química, Dr^a em Engenharia, Professora da UNISINOS – São Leopoldo – RS - Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os países mais avançados na fabricação de painéis de madeira reconstituída, com capacidade nominal instalada de 5,7 milhões de metros cúbicos ao ano. Esse crescente aumento na produção contribui gradativamente com a economia do país, gerando novos trabalhos e renda para muitas pessoas.

Compostos basicamente por fibra, resina, água e parafina, os painéis de MDF se tornaram uma das matérias-primas mais usadas no processo de fabricação de móveis. Isto ocorre porque os painéis de MDF exigem menos trabalho na instalação, minimizam muitas das limitações das tábuas e peças espessas, e possuem resistência bem semelhante à da madeira quanto à retratação, fissuras, dilatação e rachaduras.¹

A utilização desses painéis permitiu uma maior demanda de mercado, o que por sua vez, provocou um aumento significativo na geração de resíduos neste setor. Em 2009, a estimativa de resíduos de madeira gerada no Brasil era de 30 milhões de toneladas ao ano.²

Apesar de serem classificados pela NBR 10.004:2004 como Classe II, resíduo não perigoso, são oriundos de processos industriais, o que obriga as empresas geradoras a dar um destino adequado aos mesmos.³

Os resíduos gerados são divididos entre pó, serragem, maravalhas e cavacos, além de serem volumosos, apresentam uma variedade de aditivos misturados em sua composição, o que torna a separação, reciclagem e reutilização ainda mais complexa.⁴

O potencial de aproveitamento destes resíduos é significativo, quer seja como matéria-prima secundária, quer seja pelo seu potencial energético. No entanto, para potencializar o uso destes resíduos como matéria-prima alternativa em outros processos, as empresas devem promover o gerenciamento correto destes no seu processo industrial. Os órgãos públicos devem dar incentivo ao setor, para que sejam aproveitados ao máximo esse potencial.

Outro fator significativo é a falta de estudos e pouco conhecimento sobre formas de valorização ou aplicação desse tipo de resíduo. Atualmente, uma das alternativas vem sendo o aproveitamento como fonte de energia em fornos, mas ainda é uma porcentagem pequena em relação à geração.⁵

A utilização da serragem (resíduos de madeira entre 0,5 e 2,5 cm) e pó (resíduos de madeira menor que 0,5) de MDF como cargas em matrizes poliméricas, seja de enchimento ou de reforço vem sendo estudada por diversos pesquisadores com resultados satisfatórios na produção de compósitos.^{6,7,8,9,10}

Neste contexto, estudos voltados para esse assunto vêm sendo cada vez mais relevantes, no sentido de buscar alternativas viáveis que possibilitem a minimização dos impactos negativos gerados ao meio ambiente por esses resíduos.

Esse trabalho busca estudar resíduo de MDF em pó, visando sua utilização no desenvolvimento de um novo produto que possa ser comercializado na própria fábrica de móveis, resultando em benefícios ambientais e financeiros.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma fábrica de móveis de pequeno porte, localizada na cidade de Osório, Rio Grande do Sul. O trabalho foi desenvolvido em duas etapas: Diagnóstico Ambiental e Caracterização do resíduo pó de MDF.

2.1 Diagnóstico Ambiental

O método aplicado para o diagnóstico ambiental consistiu no levantamento do processo produtivo para a fabricação de móveis, na avaliação de aspectos e impactos, e na quantificação dos resíduos gerados em uma indústria moveleira de pequeno porte. O levantamento dos aspectos e impactos ambientais foi realizado através de matriz, adotando-se os critérios descritos da Tabela 1.

Tabela 1. Critérios adotados na matriz de Aspectos e Impactos

Situação	
Normal (N) Situações esperadas e relacionadas com a rotina operacional.	Emergencial (E) Eventos inesperados que podem ocasionar danos graves ao meio ambiente e/ou à saúde do trabalhador
Frequência ou Probabilidade	
Extremamente remota (1)	Geração do aspecto ocorre < 20% em relação à atividade.
Remota (2)	Geração do aspecto ocorre 20% ≤ ocorrência < 40% em relação à atividade
Possível (3)	Geração do aspecto ocorre 40% ≤ ocorrência < 60% em relação à atividade
Frequente (4)	Geração do aspecto ocorre 60% ≤ ocorrência < 80% em relação à atividade
Muito frequente (5)	Geração do aspecto ocorre ≥ 80%
Severidade	
Isenta (0)	Inexistência de impacto ambiental.
Leve (1)	Impacto restrito ou local de ocorrência.
Moderada (2)	Impacto restrito a empresa, reversíveis com ações mitigadoras
Séria (3)	Impacto ambiental restrito ou não a empresa, reversíveis com ações mitigadoras ou corretivas
Grave (4)	Impacto ambiental restrito ou não a empresa, reversíveis com ações corretivas.
Catastrófica (5)	Impacto ambiental restrito ou não a empresa, com consequências irreversíveis mesmo com ações corretivas
Grau de Risco	
Isento de grau de risco (IS)	0
Grau de Risco Menor (ME)	1 a 4
Grau de Risco Tolerável (TO)	5 a 9
Grau de Risco Moderado (MO)	10 a 12
Grau de Risco Sério (SE)	13 a 16
Grau de Risco Intolerável (IN)	20 a 25
Impactos significativos	
Aqueles que identificados como moderado, sério e intolerável.	

Fonte: Adaptado pela autora, baseado em Unisinos, 2013¹¹

2.2 Caracterização do resíduo pó de MDF

Visando a aplicação do resíduo de pó de MDF como carga de reforço em matriz polimérica, definiram-se as análises de caracterizações, baseando-se nas propriedades intrínsecas às cargas, que são:

- Aspecto e forma física, que estão relacionados à origem da carga;
- Tamanho das partículas, o qual influencia diretamente as propriedades mecânicas da matriz;

- c) Natureza química da superfície das partículas a qual interfere na compatibilidade e na adesão da carga à matriz polimérica;
- d) Pureza química - alguns materiais podem evaporar durante o processo e resultar em espaços vazios, alterando as propriedades finais da matriz;
- e) Abrasividade a qual esta relacionada a um desgaste excessivo dos equipamentos durante a mistura e processamento;
- f) Higroscopicidade associada à presença de degradações hidrolíticas durante o processo resultando na diminuição de propriedades mecânicas.¹²

A partir da definição das características acima descritas, procederam-se as análises da massa específica real; do teor de umidade; da perda ao fogo; da granulometria; da higroscopia, da área superficial específica; análise química e análise dos grupamentos funcionais presentes. A determinação do teor de umidade da amostra foi realizada no instrumento Determinador de Umidade marca BEL Engineering Ltda. A perda ao fogo foi realizada de acordo com a norma CEMP nº 120¹³. A massa específica foi realizada em aparelho picnômetro a Hélio. A caracterização granulométrica da amostra foi realizada por peneiramento a seco. A determinação da área superficial da amostra foi realizada através da metodologia de adsorção e absorção de nitrogênio (BET). A capacidade de hidratação foi obtida a partir do método de Inchamento de Foster¹⁴. A análise química elementar foi realizada em um Espectrômetro de Fluorescência de Raios- X e a análise dos grupamentos funcionais foi realizada através da espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Diagnóstico Ambiental

O balanço de massa, apresentado na Figura 1, foi realizado utilizando a unidade de medida do produto final em quilograma e não em metros cúbicos, já que o objetivo é quantificar o aproveitamento final da matéria-prima e a geração de resíduos sólidos. Os dados foram levantados durante trinta dias, em um mês de movimentação do comércio normal. O fluxograma do processo produtivo observado está representado na Figura 2

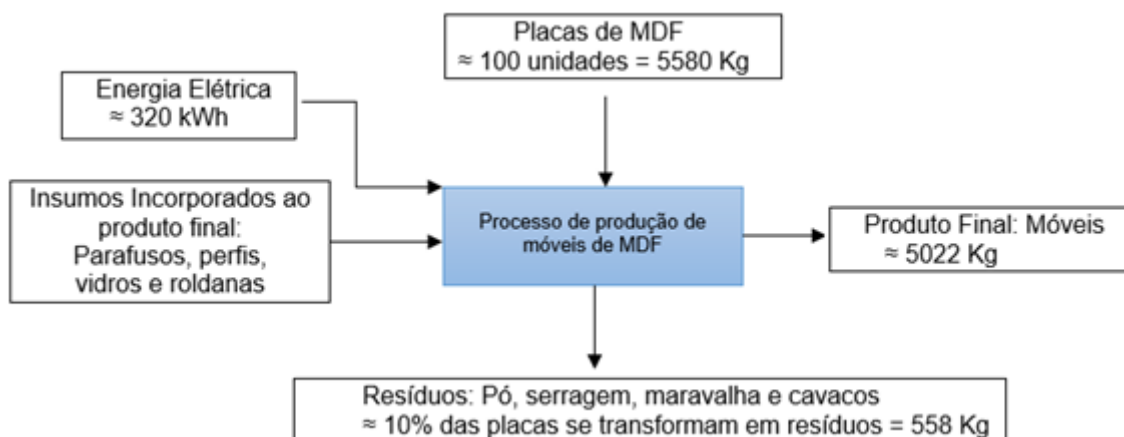


Figura 1. Quantificação dos resíduos sólidos

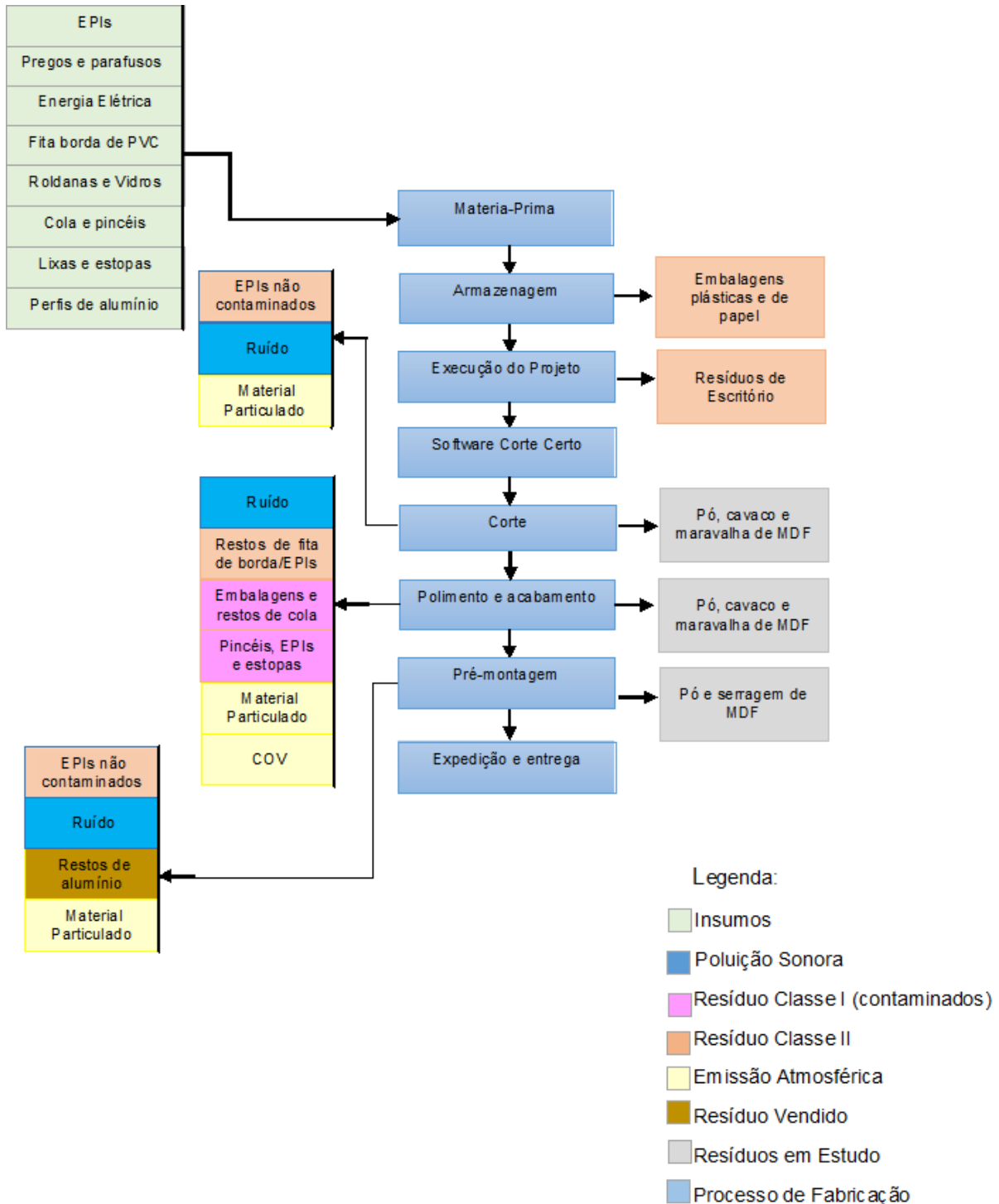


Figura 2. Fluxograma do processo de produção dos móveis de MDF

Os resultados obtidos indicam que as etapas de corte e acabamento/polimento são as que apresentam os impactos mais significativos. Tal comportamento pode ser associado ao fato de serem estas as etapas que ocorrem com maior frequência no processo, apresentam grande geração de resíduo sólido e material particulado, além de necessitarem de um grande consumo de energia.

Outro fator importante está relacionado com o consumo de energia, o qual está presente em quase todas as etapas e tem um impacto significativo e direto associado ao meio ambiente: o comprometimento dos recursos naturais.

Os dados de entradas e saídas apresentados Figura 2 foram utilizados para estabelecer a matriz de avaliação referente aos aspectos e impactos apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Matriz de Aspectos e Impactos Ambientais

Etapa	Aspecto	Impacto Ambiental	Tipo	Freq.	Sev.	Grau de Risco	Requisito Legal
Recebimento e Armazenagem	Geração de resíduo sólido Classe II (embalagens plásticas e de papel)	Contribuição para a diminuição da vida útil dos aterros sanitários	N	3	3	9 TO	NBR 11174 - Lei nº 12.305/10 - LO
Execução do Projeto	Geração de resíduo sólido Classe II (material de escritório)	Contribuição para a diminuição da vida útil dos aterros sanitários	N	3	3	9 TO	NBR 11174 - Lei nº 12.305/11 -LO
Corte	Geração de resíduo sólido Classe II (EPIs não contaminados)	Contribuição para a diminuição da vida útil dos aterros sanitários	N	4	2	8 TO	
Corte	Geração de ruído	Poluição sonora/Alteração na qualidade de vida	N	5	2	10 MO	Resolução CONAMA nº 01/1990 - ABNT NBR 10.151
Corte	Consumo de energia elétrica	Comprometimento dos recursos naturais	N	5	3	15 SE	
Corte	Geração de resíduo sólido Classe II (Pó, cavaco e aparas)	Contribuição para a diminuição da vida útil dos aterros industriais	N	5	3	15 SE	Licença de Operação
Corte	Emissão atmosférica (MP)	Alteração da qualidade do ar/Poluição atmosférica	N	5	2	10 MO	Licença de Operação
Polimento e Acabamento	Consumo de energia elétrica	Comprometimento dos recursos naturais	N	5	3	15 SE	
Polimento e Acabamento	Geração de ruído	Poluição sonora/Alteração na qualidade de vida	N	4	2	8 TO	Resolução CONAMA nº 01/1990 - ABNT NBR 10.151
Polimento e Acabamento	Geração de resíduo sólido Classe II (Pó, cavaco e aparas)	Contribuição para a diminuição da vida útil dos aterros industriais	N	5	3	15 SE	Licença de Operação
Polimento e Acabamento	Emissão atmosférica (MP e COV)	Alteração da qualidade do ar/Poluição atmosférica	N	4	2	8 TO	Licença de Operação
Polimento e Acabamento	Geração de resíduo Classe I (EPIs e estopas contaminados)	Contaminação do solo/água	N	4	4	16 SE	NBR 12 234
Polimento e Acabamento	Geração de resíduo Classe I (embalagens e restos de cola; pincéis; contaminados)	Contaminação do solo/água	N	4	4	16 SE	NBR 12 235
Polimento e Acabamento	Geração de resíduo sólido Classe II (Restos de fita de borda)	Contribuição para a diminuição da vida útil dos aterros sanitários	N	4	3	12 MO	NBR 11174 - Lei nº 12.305/10 - LO
Pré-montagem	Geração de ruído	Poluição sonora/Alteração na qualidade de vida	N	4	2	8 TO	Resolução CONAMA nº 01/1990 - ABNT NBR 10.151
Pré-montagem	Consumo de energia elétrica	Comprometimento dos recursos naturais	N	4	3	12 MO	
Pré-montagem	Emissão atmosférica (MP)	Alteração da qualidade do ar/Poluição atmosférica	N	4	2	8 TO	Licença de Operação
Pré-montagem	Geração de resíduo II Inerte (Restos de Alumínio)	Comprometimento dos recursos naturais	N	3	3	9 TO	NBR 11174 - Lei nº 12.305/11 - LO
Pré-montagem	Geração de resíduo sólido Classe II (EPIs não contaminados)	Contribuição para a diminuição da vida útil dos aterros sanitários	N	3	3	9 TO	NBR 11174 - Lei nº 12.305/12 - LO
Pré-montagem	Geração de resíduo sólido Classe II (Pó e serragem de MDF)	Contribuição para a diminuição da vida útil dos aterros industriais	N	4	3	12 MO	Licença de Operação

Conforme observa-se na Tabela 2, entre os vinte aspectos identificados, cinco deles apresentam impactos com grau de risco considerados moderados, representando 25% em relação ao total. Quanto aos aspectos que apresentam impactos com grau

de risco sério, foram identificados seis, representando 30% em relação ao total. Não houve evidências de aspectos que gerassem impactos com grau de risco intolerável. Desta forma 45% dos aspectos identificados acarretam em impactos moderados.

3.2 Caracterização do resíduo pó de MDF

O teor de umidade obtido da amostra foi de 10,5% (m/m) e o valor de perda ao fogo foi de 98,3% (m/m). Embora o teor de umidade da amostra de pó de MDF tenha sido relativamente baixo, e a umidade não ser considerada uma característica intrínseca dos derivados da madeira, essa análise é fundamental para aplicação dos resíduos em processos industriais. Na aplicação como carga em matriz polimérica, quando elevado, pode afetar o comportamento final do material quanto à estabilidade dimensional, resistência mecânica e durabilidade natural¹⁵.

A distribuição das partículas da amostra de pó de MDF apresentou-se de forma heterogênea, conforme demonstrado na Figura 3. A maior concentração em massa retida foi nas peneiras de abertura de 1,7 mm, 0,850 mm e 0,300 mm.

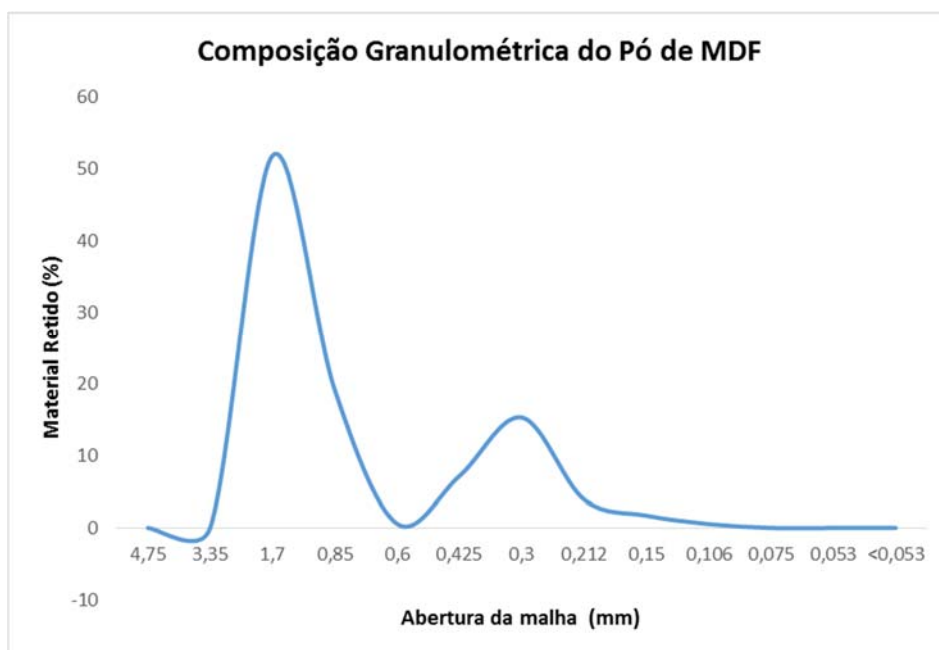


Figura 3. Distribuição Granulométrica

Sabe-se que o tamanho da partícula influencia diretamente nas propriedades finais dos compósitos. Sendo que, quanto menor a partícula, maior a resistência da matriz. O resultado da análise para determinação da capacidade de hidratação da amostra foi de 10 mL/g. Segundo o método de Foster, valores acima de 8 mL/g são considerados como inchamento alto. O valor obtido confirma que o material apresenta características higroscópicas elevada, absorvendo a umidade do ar a que está exposto. Para aplicação do pó de MDF como matéria-prima em outros processos industriais, sem as variações indesejáveis dimensionais provocadas pela contração e pelo inchamento do resíduo, é necessário que a umidade esteja próxima ao teor de umidade de equilíbrio higroscópico. Isso pode ser possível através de tratamento térmico. Nessas condições se estabiliza os problemas associados à retratibilidade, sendo que à medida que se aumenta a temperatura de secagem, diminui-se a capacidade de hidratação. Esta redução é resultante de pequenas modificações químicas, em especial a degradação parcial das hemiceluloses ¹⁵.

A massa específica real obtida para a amostra do pó de MDF foi de $1,5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Uma das características que tornam o uso de materiais com a presença de celulose na sua composição básica mais frequente em matrizes poliméricas é a baixa densidade, quando comparada com outras cargas, como carbonato de cálcio e fibras de vidro, que variam entre $2,48$ e $2,70 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

Estudos mostram que há um pequeno aumento na densidade dos compósitos produzidos com cargas de derivados de lignina e celulose, mas esse aumento pode ser reduzido com adição de agentes de acoplamentos que facilitam a dispersão das cargas¹⁶. Sendo assim, a análise para determinar a densidade da amostra é de alta relevância na aplicação em matrizes, visto que cargas com níveis relativamente elevados de dosagem influenciam de forma acentuada na densidade final do composto.

O resultado encontrado para área superficial específica foi de $0,523 \text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$. Em matrizes poliméricas, as cargas com maior área superficial desempenham um melhor poder de reforço. Isto se deve ao fato de que quanto maior a área superficial, maior é o potencial de interação entre a carga e a resina, devido à maior ocorrência de locais de contato ativo¹⁷.

Os elementos químicos identificados na amostra, através da análise de fluorescência de Raio X (FRX), podem ser visualizados na Tabela 3. É importante ressaltar que o método considera apenas parâmetros inorgânicos.

Tabela 3. Resultado da análise de FRX

Elementos Majoritários (>50%)	Elementos Minoritários (5% < x < 50%)	Traços (< 5%)
Ti	Ca, Fe, K, S	Mn

Observa-se a presença do elemento majoritário titânio a qual se justifica pelo fato de que a maior rotatividade de comercialização de móveis de MDF são as de cores brancas. O pigmento de coloração branca apresenta o dióxido de titânio na sua pigmentação. Por terem custo menos elevado, os fabricantes utilizam ainda esse tipo de painel para forros e revestimentos dos móveis, mesmo aqueles que externamente são de outras cores¹⁷.

A presença do ferro na amostra pode estar associada aos pigmentos de colorações vermelha, marrom e amarelo. Os elementos K, Ca e Mg são oriundos dos extrativos da madeira, que ocorrem na casca, folhas e acículas, flores, frutos e sementes da árvore¹⁹.

O espectro de infravermelho da amostra de pó de MDF está apresentado na Figura 4 o qual apresenta o estiramento vibracional do grupo OH em $3331,98 \text{ cm}^{-1}$ presente na celulose e hemicelulose. A banda em $2917,67 \text{ cm}^{-1}$ é atribuída ao estiramento CH do grupo metila, podendo estar associado à presença de parafinas na composição da amostra. A banda em 1741 cm^{-1} refere-se ao estiramento vibracional do grupo hidroxila C=O associado a presença do componente formaldeído. As absorções presentes nos comprimentos de ondas $1649,69 \text{ cm}^{-1}$ e $1508,67 \text{ cm}^{-1}$, as quais se referem à ligação C=C, e O-CH₃, respectivamente, indicando a presença de lignina e confirmando a estabilidade do anel aromático. As bandas em $1422,67 \text{ cm}^{-1}$, $1233,52 \text{ cm}^{-1}$, podem ser atribuídas às deformações assimétricas do grupo C-H. O estiramento do grupo C-O em $1026,77 \text{ cm}^{-1}$ é atribuído a presença da celulose e hemicelulose²⁰ como constituintes da amostra.

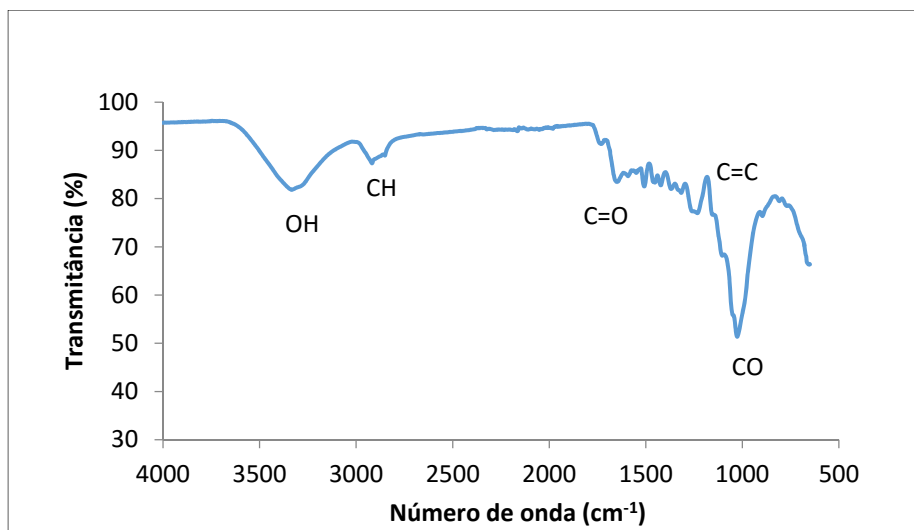


Figura 4. Espectro da amostra de pó de MDF

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi proposto o uso do pó de MDF como carga reforçante em matriz polimérica, visando à valorização do resíduo. Quanto ao potencial de aproveitamento dos resíduos de MDF da indústria moveleira, pode-se verificar que é expressivo. Sendo que o que falta é incentivo dos órgãos públicos ao setor (? Eu mudaria esta frase).

Quanto ao diagnóstico ambiental, pode se observar que quanto melhor as tecnologias empregadas, menos desperdício de matéria-prima e por consequência, menor será a geração de resíduos sólidos.

O levantamento de aspectos e impactos gerados no processo de fabricação dos móveis fabricados a partir dos painéis de MDF se mostrou como uma importante ferramenta, identificando as etapas de corte e polimento/acabamento como sendo as que mais geram impactos negativos ao ambiente.

De uma forma geral as análises de caracterização do pó de MDF, apresentaram-se semelhantes à de outras cargas de reforço aplicadas em matrizes poliméricas. Algumas limitações apresentadas podem ser atenuadas durante o processo de fabricação. Como é o caso da higroscopicidade, onde pode ser realizado um tratamento térmico prévio e, a diferença na densidade, que pode ser reduzida com o uso de um agente de acoplamento.

REFERÊNCIAS

- 1 Allen, Eduard; Iano, Joseph Fundamentos da Engenharia de Edificações: Materiais e Métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- 2 Ministério do Meio Ambiente (MMA). Levantamento Sobre a Geração de Resíduos Provenientes da Atividade Madeireira e Proposição de Diretrizes para Políticas, Normas e Condutas Técnicas para Promover o seu Uso Adequado. rev. 1, 2009 [acesso em 7 mar. 2015]. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/164/publicacao/164_publicacao10012011032535.pdf.
- 3 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). ABNT NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- 4 Nahuz, Márcio A.R. Resíduos da Indústria Moveleira. III Seminário de Produtos Sólidos de Madeira de Eucalipto e Tecnologias Emergentes para a Indústria Moveleira. Universo Ambiental 2007. [acesso em 26 ago. 2014.] Disponível em:

- <http://www.universoambiental.com.br/Arquivos/ResiduosSolidos/RESIDUOS%20DA%20INDUSTRIA%20MOVELEIRA.ppt>
- 5 Resíduo Fonte de Energia. Revista Referência, ed. 47, 2009.
 - 6 Hillig, Éverton. Viabilidade Técnica de Produção de Compósitos de Polietileno (HDPE) Reforçados com Resíduos de Madeira e Derivados das Indústrias Moveleiras. 2006. 212 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006
 - 7 Polleto, Matheus. Obtenção e Caracterização de Compósitos Preparados com Poliestireno Expandido Reciclado e Pó de Madeira. 2009. 99 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade de Caxias do Sul, 2009
 - 8 Massom, T. J.; Agnelli, J.A.M. Desenvolvimento e Reciclagem do Polipropileno Modificado pela Presença do Pó de Madeira. Revista Mackenzie: Engenharia e Computação, ano 2, n.2, p. 109-125, 2010.
 - 9 Amorim, Targino Neto. Estudo de compósitos Poliméricos Biodegráveis de Poli-hidroxitirato (phb), Poli ε-caprolactona (pcl) e Pó de madeira. 2011. 116 f. Dissertação (Mestrado) -Faculdade Tecnologia (SENAI CIMATEC), Salvador, 2011.
 - 10 Trombetta, Ernani. Utilização de Fibra Natural de Pinus (Serragem) como Reforço em Componentes Automotivos Compostos de Polipropileno. 2010. 104 f. Dissertação (Mestrando) -Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2010.
 - 11 Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). P01: Procedimento de identificação e avaliação de aspectos e impactos ambientais e estabelecimento de objetivos e metas e programa de gestão ambiental. [acesso em 12 nov. 2014]. Disponível em: <http://www.unisinos.br/institucional/meio-ambiente/sqa-unisinos>>
 - 12 DEMAR. Departamento de Engenharia dos Materiais. Materiais Compósitos. São Paulo, 2014.
 - 13 Associação Brasileira de Fundição. CEMP (Comissão de Estudos de Matérias Primas) nº 120: Materiais para Fundição – Determinação da Perda ao Fogo, 2003.
 - 14 Foster, M. D., Geochemical studies of clay minerals. (II) Relation between ionic substitution and swelling in montmorillonite. Amer. Miner. 38, 994, 1953.
 - 15 Quirino; Azevedo. Aumento da estabilidade na madeira de eucalipto através de tratamento térmico. Revista da Madeira, ed. 98, ago. 2006.
 - 16 Moresco, Mauro. Efeito de agente de acoplamento em compósitos de polipropileno com cargas vegetais. 2009. 57 f. Trabalho de conclusão (Bacharel em engenharia dos materiais) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.
 - 17 Wiebeck, Hélio; Harada, Júlio. Plásticos de engenharia: tecnologias e aplicações. São Paulo: Artliber, 2005.
 - 18 Caetano, M.J.L. Portal Oficial Eletrônico: Ciência e Tecnologia da Borracha – CTB. 2010. [acesso em: 24 mar. 2015] Disponível em: http://ctborracha.com/?page_id=1834.
 - 19 Klock, Umberto; Muñiz, Graciela Inez Bolzon; Hernandez, José Anzaldo; Andrade, Alan Sulato. Química da Madeira. 2005. 86 f. Universidade Federal do Paraná Setor de Ciências Agrárias Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Curitiba, 2005.
 - 20 Vollardt, Peter; Schore, Niel. Química Orgânica: Estrutura e Função. 6. ed. Porto Alegre: Boockman, 2013.