

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ELIZANDRA KELLY CAMPOS DA SILVA
RAFAELLA CAROLINA MACHADO NASCIMENTO**

**REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE UMA MARCENARIA DE
PEQUENO PORTE PARA A PRODUÇÃO DE NOVOS PAINÉIS
AGLOMERADOS**

**VOLTA REDONDA
2019**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE UMA MARCENARIA DE
PEQUENO PORTE PARA A PRODUÇÃO DE NOVOS PAINÉIS
AGLOMERADOS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA), como requisito à obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção.

Alunas:

ELIZANDRA KELLY CAMPOS DA SILVA

**RAFAELLA CAROLINA MACHADO
NASCIMENTO**

Orientadora:

Professora Doutora Janaina da Costa
Pereira Torres de Oliveira

Coorientadora:

Professora Doutora Cirlene Fourquet
Bandeira

VOLTA REDONDA

2019



Fundação Oswaldo Aranha



FOLHA DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: **REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE UMA MARCENARIA DE PEQUENO PORTE PARA A PRODUÇÃO DE NOVOS PAINÉIS AGLOMERADOS**

Elaborado por Elizandra Kelly Campos da Silva - Matrícula: 201310637 e Rafaella Carolina Machado Nascimento - Matrícula: 201510500, foi apresentado publicamente perante a Banca Avaliadora, como parte dos requisitos para conclusão do Curso de Engenharia de Produção.

Aprovada em 08 de novembro de 2019.

Banca Avaliadora:

Professor(a) Orientador(a)

Profa. Dra. Janaina da Costa Pereira Torres de Oliveira, UniFOA

Professor(a) Avaliador(a)

Profa. Dra. Cirlene Fourquet Bandeira, UniFOA

Professor(a) Avaliador(a)

Prof. Dr. Bruno Chaboli Gambarato, UniFOA

DEDICATÓRIA

Dedicamos esta Monografia à nossa família por sempre nos apoiar e incentivar a alcançar nossos objetivos.

Aos mestres que nos acompanharam nesses cinco anos, a nossa orientadora e coorientadora por compartilharem experiências e conhecimentos conosco e a todos que fizeram dessa caminhada mais leve e feliz.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Deus, aos nossos familiares que sempre estiveram conosco e aos nossos amigos que compartilharam momentos gratificantes ao nosso lado. Agradecemos, em especial, à nossa orientadora Prof^a. Dr^a. Janaina da Costa Pereira Torres de Oliveira e a nossa coorientadora Prof^a. Dr^a. Cirlene Fourquet Bandeira que foram essenciais para a conclusão desse trabalho e também aos técnicos e a todo corpo docente do curso de Engenharia de Produção do UniFOA que sempre estiveram à disposição para nos auxiliar em todos os momentos.

RESUMO

Grande parte das marcenarias não consegue utilizar 100% de sua matéria-prima durante o processo de fabricação, pois, ao longo da etapa de corte das chapas, um grande volume de resíduo é gerado. Em função disso, o acúmulo de refugo está cada vez mais elevado e seu descarte incorreto vem sendo um grande problema. Desta forma, este trabalho tem como objetivo verificar a viabilidade do uso de resíduos de MDF e Pinus como matéria-prima para a produção de um compósito que dará origem a novos painéis aglomerados, tornando-os um subproduto sustentável e contribuindo para a redução do descarte. A avaliação se deu por meio de ensaios que testaram propriedades físico-mecânicas especificadas pela NBR 14810-2 (ABNT, 2018). Os resíduos de MDF foram obtidos em uma marcenaria de pequeno porte na cidade de Volta Redonda e os resíduos de Pinus foram obtidos em uma marcenaria do Centro Universitário de Volta Redonda proveniente do curso de Design da IES. Foram avaliadas, a princípio, nove composições de painel modificando quatro variáveis, como o teor de fibra, granulometria da partícula, tipo de resina e proporção de resíduo. Os painéis foram fabricados nas dimensões de 28 cm x 33 cm x 1,5 cm, com uma proporção de resíduo de (70/30) para Pinus e MDF, respectivamente, teor de fibra de 20% e adição de resina Epóxi 2001, da marca Redelease. Apresentou densidade aparente média de $1,0 \text{ g.cm}^{-3}$ e foi prensada a frio, no período de 48 horas, com uma pressão de 508 Pa. O desempenho dos painéis, segundo os testes de teor de umidade, densidade média, inchamento em espessura e arrancamento do parafuso, foram comparados aos requisitos normativos, bem como aos trabalhos encontrados na literatura. Os valores para os testes físicos se mostraram, em geral, satisfatórios, pois justificaram na íntegra as práticas laboratoriais. Em relação às propriedades mecânicas, foi obtido um valor de 4474,1 N para o arrancamento do parafuso no topo e 4761,4 N para o arrancamento do parafuso na superfície, aproximadamente cinco vezes maior que a média especificada pela norma, sendo esse o diferencial para sua comercialização. Portanto, os resultados mostraram que os resíduos gerados no processo produtivo de uma marcenaria possuem grande potencial para serem utilizados na produção de painéis aglomerados.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos. Painel Reconstituído. Resina Epóxi. Subproduto.

ABSTRACT

Most woodworkers cannot use 100% of their raw material during the manufacturing process, because, during the stage of plates cut, a large amount of residue is generated. As a result, the accumulation of waste is increasingly high and its incorrect disposal has been a major problem. Thus, this work aims to verify the feasibility of using "MDF" and "Pine wood" residues as raw material for the production of a composite that will give rise to new agglomerated panels, making them a sustainable byproduct and contributing to the reduction of refuse. The evaluation was made through assays that tested physical-mechanical properties specified by NBR 14810-2 (ABNT, 2018). "MDF" residues were obtained from a small joinery in the city of Volta Redonda and "Pine wood" residues were obtained from the woodwork shop of the Volta Redonda University Center Design course. Nine panel compositions were evaluated at first, modifying four variables, such as fiber content, particle granulometry, resin type and residue ratio. The plates were manufactured in the following dimensions: 28 cm x 33 cm x 1.5 cm, with a residue ratio of (70/30) for "Pine wood" and "MDF", respectively, 20% fiber content and Redelease brand 2001 Epoxy resin addition. It had an average apparent density of 1.0 g.cm⁻³ and was cold pressed within 48 hours with a pressure of 508 Pa. The performance of the panels, according to the tests of moisture content, average density, thickness swelling and screw pullout, were compared to the normative requirements, as well as to the works found in literature. The values for the physical tests were generally satisfactory, as they fully justified the laboratory practices. Regarding mechanical properties, a response of 4474.1 N for top pullout and 4761.4 N for surface pullout was obtained, approximately five times higher than the average specified by the standard, being the differential for its commercialization. Therefore, the results showed that the residues generated in the production process of a joinery have great potential to be used in the production of agglomerated panels.

Keywords: Solid Waste. Reconstituted panel. Epoxy resin. Byproduct.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Problema abordado	17
1.2	Justificativa	17
1.3	Objetivos	17
1.3.1	Geral	17
1.3.2	Específicos.....	17
2	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	18
2.1	Madeira	18
2.1.1	Madeira ilegal, legal e certificada.....	20
2.2	Indústria moveleira	21
2.3	Compósitos.....	24
2.4	Painéis de Madeira Reconstituída	26
2.4.1	Compensados.....	27
2.4.2	Aglomerados e <i>Oriented Strand Board</i> (OSB)	28
2.4.3	MDF	31
2.5	Adesivos.....	32
2.5.1	Termorrígidos à base de formaldeído	33
2.5.2	Termorrígido à base de epóxi	34
2.6	Resíduos	35
2.7	Meio ambiente	40
2.7.1	Logística reversa.....	41
2.8	Requisitos normativos	42
3	METODOLOGIA.....	44
3.1	Materiais.....	44
3.2	Métodos.....	45
3.2.1	Coleta e caracterização dos materiais	46

3.2.2 Adequação e preparo das partículas	47
3.2.3 Estudo das partículas	50
3.2.3.1 Termogravimetria ou análise termogravimétrica - TGA	50
3.2.3.2 Determinação da massa específica Via Picnometria Líquida	51
3.2.4 Experimentos realizados.....	52
3.2.5 Produção dos painéis	54
3.2.6 Caracterização dos painéis.....	55
3.2.6.1 Teor de umidade.....	56
3.2.6.2 Densidade média.....	57
3.2.6.3 Inchamento por 24 h.....	59
3.2.6.4 Resistência ao arrancamento do parafuso	60
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
4.1 Propriedades das partículas	62
4.1.1 Temperatura de Degradação	62
4.1.2 Massa específica dos resíduos.....	65
4.2 Composições executadas	67
4.3 Painéis aglomerados confeccionados	70
4.4 Propriedades físicas e mecânicas dos painéis aglomerados	72
4.4.1 Teor de umidade.....	72
4.4.2 Densidade média	74
4.4.3 Inchamento por 24h	75
4.4.4 Arrancamento do parafuso.....	76
4.5 Viabilidade técnica para o marceneiro.....	78
5 CONCLUSÃO.....	80
6 RECOMENDAÇÕES	82
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
8 ANEXOS	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classificação comercial da madeira	19
Figura 2: Polos industriais moveleiros no Brasil	22
Figura 3: Tipos de matrizes empregadas nos compósitos	25
Figura 4: Classificação de painéis de madeira por tamanho da partícula, massa específica básica e processo de formação	27
Figura 5: Processo produtivo do painel aglomerado	30
Figura 6: Caracterização e classificação dos resíduos sólidos	37
Figura 7: Sequência de produção e avaliação dos painéis aglomerados.....	46
Figura 8: Produção com resina uréia-formaldeído	53
Figura 9: Produção com resina epóxi 2001	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação comercial da madeira e suas características.....	19
Quadro 2: Indicadores do volume de produção de painéis no ano de 2012	22
Quadro 3: Indicadores de produção e exportação obtidos em valores	23
Quadro 4: Classificação das chapas aglomeradas	29
Quadro 5: Processo produtivo do painel aglomerado	32
Quadro 6: Classificação dos resíduos de acordo com suas características morfológicas.....	38
Quadro 6: Classificação dos resíduos de acordo com suas características morfológicas.....	Erro! Indicador não definido.
Quadro 7: Valores obtidos a partir das curvas de TGA dos resíduos.....	64
Quadro 8: Composições a base de uréia-formaldeído.....	68
Quadro 9: Composições a base de resina epóxi.....	69
Quadro 10: Quadro comparativo entre resina UF e Epóxi	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Requisitos gerais – Propriedades básicas.....	55
Tabela 2: Requisitos para inchamento	56
Tabela 3: Propriedades suplementares, métodos de ensaio e requisitos para arrancamento do parafuso	56
Tabela 4: Densidade do Pinus e do MDF.....	66
Tabela 5: Teor de Umidade (TU) dos painéis aglomerados.....	72
Tabela 6: Valores para densidade aparente média dos painéis.....	74
Tabela 7: Teste de inchamento após 24 horas de imersão em água deionizada	76

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1: Equipamentos para a adequação de partículas:	47
Fotografia 2: Processo de adequação das partículas:.....	48
Fotografia 3: Resíduos processados apenas pelo liquidificador industrial:	49
Fotografia 4: Agitador de peneiras	49
Fotografia 5: Estufa Incubadora	50
Fotografia 6: Equipamentos utilizados na análise termogravimétrica:.....	51
Fotografia 7: Compactação manual dos painéis	55
Fotografia 8: Ensaio de teor de umidade:.....	57
Fotografia 9: Ensaio para determinar a densidade média:	58
Fotografia 10: Ensaio para determinação do inchamento:	59
Fotografia 11: Etapas para o ensaio de arrancamento do parafuso no topo:.....	60
Fotografia 12: Etapas para o ensaio de arrancamento do parafuso na superfície:	61
Fotografia 13: MDF em água x MDF em hexano	66
Fotografia 14: Pinus em água x Pinus em hexano	66
Fotografia 15: Painel 1 (a) Área superficial; (b) Área lateral.....	71
Fotografia 16:Painel 2 (a) Área superficial; (b) Área lateral.....	71

LISTA DE ANEXOS

Anexo A – Resíduos perigosos de fontes não específicas.....	88
Anexo B - Resíduos perigosos de fontes específicas.....	95
Anexo G – Padrões para o ensaio de solubilização.....	115

LISTA DE SIGLAS

ABIMOVEL: Associação Brasileira da Indústria Moveleira

ABIPA: Associação Brasileira da Indústria de Painéis

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

APS: Arrancamento do Parafuso na Superfície

APT: Arrancamento do Parafuso no Topo

BNDES: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

BOD: *Biochemical Oxygen Demand*

CLRB: Conselho de Logística Reversa do Brasil

CP: Corpo de Prova

D: Densidade

DP: Desvio Padrão

FEPAM: Fundação Estadual de Proteção Ambiental

HDF: *High Density Fiberboard*

HZ: *Hertz*

IBAMA: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IES: Instituição de Ensino Superior

IMAZON: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia

IPEA: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MDF: *Medium Density Fiberboard*

MDP: *Medium Density Particleboard*

MIN: Minutos

MOVERGS: Associação das Indústrias de Móveis do Estado do Rio Grande do Sul

MS: Massa Seca

MU: Massa Úmida

N: *Newton*

NBR: Norma Brasileira

OSB: *Oriented Strand Board*

PMR: Painel de Madeira Reconstituída

REMADE: Revista da Madeira

SEBRAE: Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

STA: *Simultaneous Thermal Analysis*

PNRS: Política Nacional de Resíduos Sólidos

TGA: Termogravimetria

TU: Teor de Umidade

UF: Uréia-Formaldeído

1 INTRODUÇÃO

É sabido que o homem tem contato com a madeira desde o desenvolvimento das civilizações. Por ser um material em abundância na natureza, ela era utilizada para a construção, objetos de decoração e ferramentas. Com o passar dos anos, o homem foi adquirindo mais habilidades para manuseá-la e ela passou a ser aplicada também na construção de móveis, casas e barcos, permitindo o avanço no desenvolvimento e na evolução das civilizações.

Com a evolução tecnológica, a carpintaria, que é conhecida como uma das profissões mais antigas no mundo e responsável por transformar madeira maciça em móveis, foi tomando novas formas dando origem a um novo ramo de atividade conhecido como marcenaria que possui formas mais eficazes de realizar o trabalho, ferramentas elétricas mais modernas e práticas que otimizam o processo e até mesmo softwares que projetam com maior precisão as peças e os móveis do ambiente.

Devido ao grande crescimento das marcenarias, novos painéis de madeira passaram a ser fabricados. O fato de a madeira degradar muito rápido fez com que as empresas vissem uma ótima oportunidade de mercado para confeccionar um produto mais resistente ao tempo e às pragas. A partir disso, a produção de painéis com aditivos se intensificou, contudo, esse crescimento teve seu impacto negativo ao ambiente, pois o nível de resíduos das marcenarias triplicou e o seu descarte incorreto passou a se tornar comum entre os empresários.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo principal otimizar o sistema de produção de uma marcenaria, transformando o resíduo em subproduto que dará origem a novos painéis aglomerados, eliminando desperdícios e protegendo o meio ambiente.

1.1 Problema abordado

Como reaproveitar os resíduos de MDF gerados num processo produtivo de uma marcenaria, tornando-o um subproduto para o marceneiro?

1.2 Justificativa

Este trabalho se justifica devido à necessidade que as empresas têm em utilizar 100% de sua matéria prima e na dificuldade encontrada em descartar de maneira correta os resíduos gerados no processo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Otimizar o sistema de produção de uma marcenaria, transformando o resíduo em subproduto que deram origem a novos painéis aglomerados, eliminando desperdícios e protegendo o meio ambiente.

1.3.2 Específicos

- a) Desenvolver um compósito a partir da adição de resíduo de MDF, madeira Pinus e resina.
- b) Assegurar o marceneiro quanto a viabilidade na confecção de painéis reconstituídos a partir dos resíduos gerados no seu processo.
- c) Analisar as propriedades físicas e mecânicas dos painéis aglomerados produzidos.
- d) Comparar os resultados obtidos com as especificações normativas (NBR) e as referências literárias.

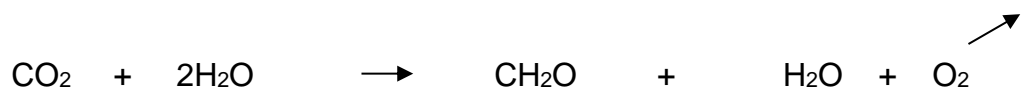
2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1 Madeira

Considerada um dos materiais mais utilizados no mundo para a construção de móveis, a madeira é um conjunto de tecidos lenhosos das árvores que tem como particularidade durabilidade e solidez. Possui alta resistência, facilidade em ser trabalhada e abundância na natureza, no entanto, seu corte excessivo é fiscalizado e só pode ser realizado em florestas controladas, pois é importante evitar o desmatamento em larga escala (LAHR et al., 2013).

Conhecida como um compósito orgânico, é constituída de três polímeros: celulose, hemicelulose e lignina. A celulose é a fonte de sua força e rigidez. A hemicelulose está em volta da celulose e é responsável pelas variações dimensionais da madeira. Já a lignina, funciona como um polímero termoplástico e possibilita a deformação da madeira por aquecimento (KULLA; TERNAUX, 2012).

De acordo com Gonzaga (2006), sua composição química é dada pela combinação da água (H₂O), retirada do solo, com o gás carbônico (CO₂) do ar, retido pelas folhas, sob a ação dos raios solares. É a fotossíntese que se dá de acordo com a seguinte reação:



O CH₂O é elemento básico da formação dos açúcares, constitutivos da estrutura molecular da árvore. Remanesce uma molécula de água, e o oxigênio (O₂) é liberado para o ar.

Comercialmente, podemos classificar as madeiras de três formas. A figura 1 apresenta essa divisão.

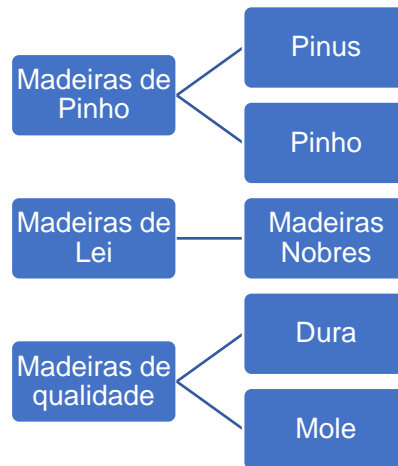


Figura 1: Classificação comercial da madeira
 Fonte: As autoras (2019), adaptado de Gonzaga (2006)

Vale ressaltar que, essa divisão se dá pela facilidade de venda no comércio, sendo empregada apenas na área madeireira, não havendo nenhuma norma vinculada a essa classificação. O quadro 1 demonstra suas principais características.

Quadro 1: Classificação comercial da madeira e suas características

CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
1. Madeiras de Pinho	<ul style="list-style-type: none"> ✓ estabilidade; ✓ facilidade para serrar e pregar; ✓ dificuldade de empenamento.
1.1 Pinus	<ul style="list-style-type: none"> ✓ suporta ambientes agressivos; ✓ madeira ecológica; ✓ substitui madeiras nativas e de lei.
1.2 Pinho	<ul style="list-style-type: none"> ✓ considerada uma das madeiras mais nobres produzidas no Brasil; ✓ resistência; ✓ suporte a flexão.
2. Madeiras de Lei	<ul style="list-style-type: none"> ✓ resistem mais ao ataque de insetos e umidade; ✓ melhor qualidade no mercado; ✓ indicadas para a construção civil e naval.

2.1 Madeiras Nobres	<ul style="list-style-type: none"> ✓ grande estabilidade ✓ excelente trabalhabilidade ✓ destinadas a projetos mais sofisticados ✓ maior valor no mercado
3. Madeiras de qualidade	<ul style="list-style-type: none"> ✓ classificação necessária para separar as madeiras cujas qualidades aspecto ou resistência não as habilitavam a usos mais importantes ou nobres.

Fonte: As autoras (2019), adaptado de Gonzaga (2006)

2.1.1 Madeira ilegal, legal e certificada

De acordo com a legislação brasileira, as madeiras podem ser extraídas de duas formas: manejo florestal ou conversão das áreas de florestas para agricultura e pecuária. Para isso, é necessária a autorização do IBAMA ou de um órgão estadual (Zenid et al. 2009). Extrair uma madeira sem essa licença é considerado ilegal. Dessa forma, a comercialização da madeira pode ser identificada como madeira legal, madeira ilegal e madeira certificada.

A madeira legal é identificada quando todas as documentações estão conforme as exigências normativas (BRAGA e SARROUF, 2011).

Já a madeira ilegal é existente quando ocorre a extração, processo, transporte e a comercialização das toras, violando as leis nacionais. Como exemplo, tem-se o corte de espécies de árvores protegidas ou exploração de árvores em áreas protegidas (GREENPEACE, 2005).

Pode-se dizer que a exploração ilegal de madeira e o desmatamento estão intimamente correlacionados porque o lucro obtido com a venda de madeira ilegal normalmente financia o desmatamento (WWF, 2006).

De acordo com o monitoramento, via satélite, realizado pelo IMAZON, cerca de 35% da produção madeireira amazônica foram ilegais em 2009, sendo que no Pará o índice supera 60% (UEAHARA et al., 2011).

Em relação à madeira certificada, caracteriza-se por atender todos os parâmetros determinados pelo sistema de verificação, garantindo a procedência de manejo florestal e propiciando o rastreamento desde a produção até o consumidor final.

Como resultado da certificação, obtém-se uma declaração escrita que atesta a origem da matéria-prima florestal e o seu estado e/ou qualificações, após a sua validação por uma auditoria independente (REZENDE e AMARAL, 2006). Devido a essas boas práticas, a madeira recebe um selo que atesta sua origem ambientalmente adequada, economicamente viável e justa para o mercado consumidor.

2.2 Indústria moveleira

A indústria moveleira é vista como um dos setores que mais cresce atualmente. A busca por móveis planejados, com *design* inovador e tecnologias sustentáveis fizeram com que os consumidores tivessem uma nova perspectiva sobre o que escolher ao mobiliar suas casas.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria Moveleira – ABIMOVEL (2017), o Brasil é considerado o quinto maior fabricante de móveis no ranking mundial e possui uma média de faturamento de R\$ 38 milhões/ano.

Esse crescimento está associado a fatores que influem nas mudanças no setor moveleiro, como por exemplo, a adaptação de novas tecnologias, o olhar ambiental de fabricantes e clientes, a demanda pela qualidade e diferenciação dos produtos e a retração da economia.

Desta maneira, o setor moveleiro começou a introduzir soluções para atender as necessidades dos clientes e, para continuar competitivo, estratégias como

produção em escala menor, aplicação de produtos ecologicamente corretos e retorno da matéria-prima utilizada na fabricação dos móveis se tornam peças chaves dentro da empresa.

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Painéis - ABIPA (2013), o Brasil, que possuía uma capacidade nominal instalada de aglomerado de 2.800.000 m³ em 2005, passou a ter 4.790.000 m³ em 2012, representando 71% de crescimento em 7 anos. O quadro 2 apresenta os valores de produção, importação e exportações.

Quadro 2: Indicadores do volume de produção de painéis no ano de 2012

Produto	Volumes (m ³) em 2012				Capacidade Nominal Instalada
	Produção	Importação	Exportação	Consumo Interno	
MDP	3.260.646	2.699	30.612	3.232.733	4.790.000
MDF	3.678.407	91.758	115.693	3.654.472	5.125.000
HDF	364.615	10.995	101.789	273.821	440.000
CONSOLIDADO	7.303.668	105.452	248.094	7.161.026	10.355.000

Fonte: ABIPA (2013)

Já na figura 2 demonstra que as indústrias se concentram mais nas regiões sul e sudeste do Brasil.



Figura 2: Polos industriais moveleiros no Brasil

Fonte: ABIPA (2013)

De acordo com a MOVERGS (2019), o Rio Grande do Sul é visto como o maior produtor moveleiro do país. Atua com 2750 empresas o que corresponde a 13,3% das

empresas brasileiras e é responsável por 31,1% das exportações. Em 2015, obteve uma receita de aproximadamente R\$ 6,73 bilhões e exportaram mais de U\$ 183 milhões, além de ter proporcionado mais de 35 mil postos de emprego.

O quadro 3 demonstra os retornos obtidos em valores da produção e exportação dos painéis.

Quadro 3: Indicadores de produção e exportação obtidos em valores

VALOR DE PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO				
ANO	PRODUÇÃO RS	PRODUÇÃO BRASIL	EXPORTAÇÃO RS	EXPORTAÇÃO BRASIL
2017	R\$ 11,10 bi	R\$ 63,92 bi	US\$ 188,06 mi	US\$ 650,55 mi
2016	R\$ 10,10 bi	R\$ 58,50 bi	US\$ 179,37 mi	US\$ 603,26 mi
2015	R\$ 10,52 bi	R\$ 59,52 bi	US\$ 183,51 mi	US\$ 601,61 mi
2014	R\$ 10,19 bi	R\$ 58,09 bi	US\$ 216,82 mi	US\$ 689,48 mi
2013	R\$ 6,90 bi	R\$ 54,51 bi	US\$ 210,58 mi	US\$ 702,90 mi

Fonte: adaptado MOVERGS (2019)

Para a indústria moveleira, os produtos que mais geram rendimento são os painéis de madeira reconstituída e a madeira maciça. Os PMR'S – Painéis de madeira reconstituída - são fabricados em sua maioria, com espécies de madeira em seu estado puro, como pinho, cedro, eucalipto e jequitibá. Já a madeira maciça é considerada a matéria-prima mais nobre desse setor em função da sua alta resistência física e mecânica, fibras e colorações.

2.3 Compósitos

Diante da evolução da ciência dos materiais os compósitos surgiram como alternativa da busca por materiais mais leves, duráveis e resistentes. Além da sua versatilidade, leveza e facilidade de colocação, esse material apresenta elevada resistência à corrosão, ação do tempo, baixo custo e facilidade de reciclagem no fim do seu ciclo de vida o que justifica seu largo emprego no setor da construção (CARNEIRO E TEIXEIRA, 2008).

Compósito, segundo Teixeira e César (2012) é um material formado por duas fases ou dois componentes combinados para formar um novo material útil com propriedades mais interessantes e diferentes em relação aos componentes puros. Geralmente, apresentam duas partes, uma polimérica e outra de reforço, possibilitando a geração de produtos com formas complexas, sem emendas e com ótimo acabamento.

Devido a sua composição, os compósitos apresentam vantagem em relação a outros materiais. Isso se explica pela facilidade de adaptar-se aos processos produtivos possibilitando uma maior exploração de formas, curvas e detalhes e possibilidade de criação de um produto sob encomenda (BAGGIO, 2005).

De acordo com Teixeira e César (2012), os compósitos podem ser empregados em diferentes áreas, como por exemplo, substituto de metais como aço e alumínio, na fabricação de móveis, construção civil, indústria de equipamentos esportivos, indústria de transporte e na fabricação de automóveis, embarcações e aviões.

Oliveira (2017) classifica os materiais compósitos em relação a natureza dos seus materiais e características dos seus componentes e os dividem em duas categorias:

- Naturais: são provenientes da natureza, não existindo intervenção humana em sua produção. Exemplos: madeiras, ossos e músculos;

- Sintéticos: são produzidos por meio da atividade industrial e pelo ser humano. Exemplos: concreto armado, plástico reforçado e ligas metálicas.

As matrizes utilizadas em material compósito podem ser cerâmicas, poliméricas ou metálicas, conforme demonstrado na figura 3. Sua presença no compósito é essencial para garantir a estrutura do material. Com a função de preencher os espaços vazios entre os materiais, ela também age na transferência e distribuição de carga e na proteção de agentes químicos e externos que podem degradar o material.

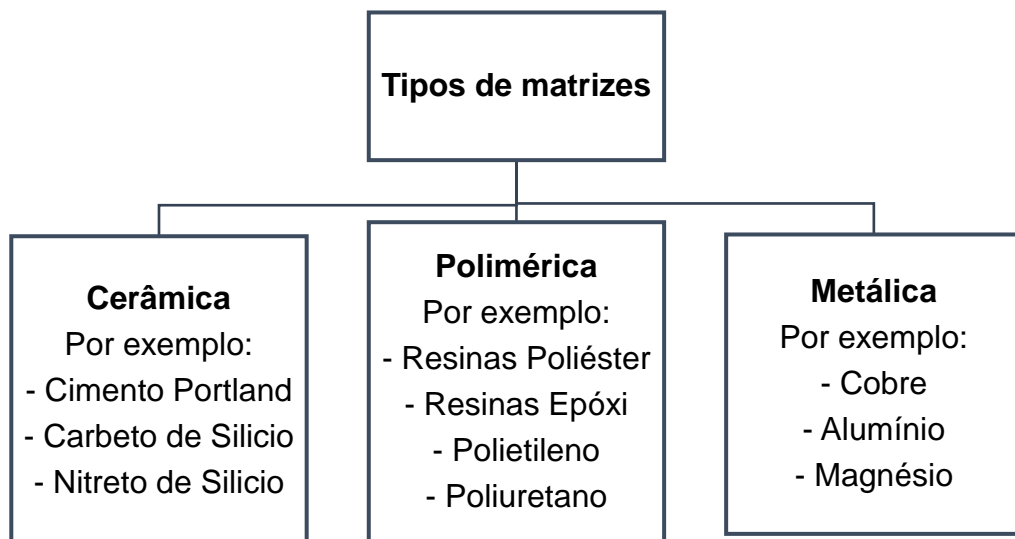


Figura 3: Tipos de matrizes empregadas nos compósitos
Fonte: Adaptado Oliveira (2017, p.23)

Se tratando do painel reconstituído de matriz polimérica, as resinas adicionadas têm a função de envolver as fibras, protegendo-as contra agressões e desgaste, proporcionando ao compósito durabilidade e aplicabilidade (CARNEIRO E TEIXEIRA, 2008).

2.4 Painéis de Madeira Reconstituída

Os painéis de madeira reconstituída são fabricados por meio de lâminas, fibras ou partículas de madeira que ao sofrerem adição de resina e ação de pressão e temperatura se aglutinam e se transformam num produto com excelentes propriedades. O Painel de Madeira Reconstituída passou a ser amplamente incrementado no mercado brasileiro a partir da década de 1990 e sua principal vantagem é a utilização como substituto da escassa e encarecida madeira maciça em diferentes aplicabilidades, como na manufatura de móveis, portas, pisos e rodapés. (BIAZUS; HORA; LEITE, 2010).

Dentre os maiores países produtores de painéis de madeira reconstituída, o Brasil vem se destacando por apresentar tecnologia avançada no fabrico deste produto, com investimentos constantes em automação e expansão de linhas, de acordo com informes da Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira (ABIPA). No país, utiliza-se somente madeira originária de florestas plantadas sendo as espécies de Pinus e Eucalipto as mais utilizadas.

Os principais segmentos que aplicam os painéis reconstituídos são o da construção civil e o de móveis. Cada um utiliza o produto de acordo com suas exigências e necessidades, tirando proveito das amplas características físicas e mecânicas que apresentam (ABIPA).

A figura 4 apresenta a classificação dos principais painéis reconstituídos de acordo com o tamanho da partícula, a densidade e tipo de processo.

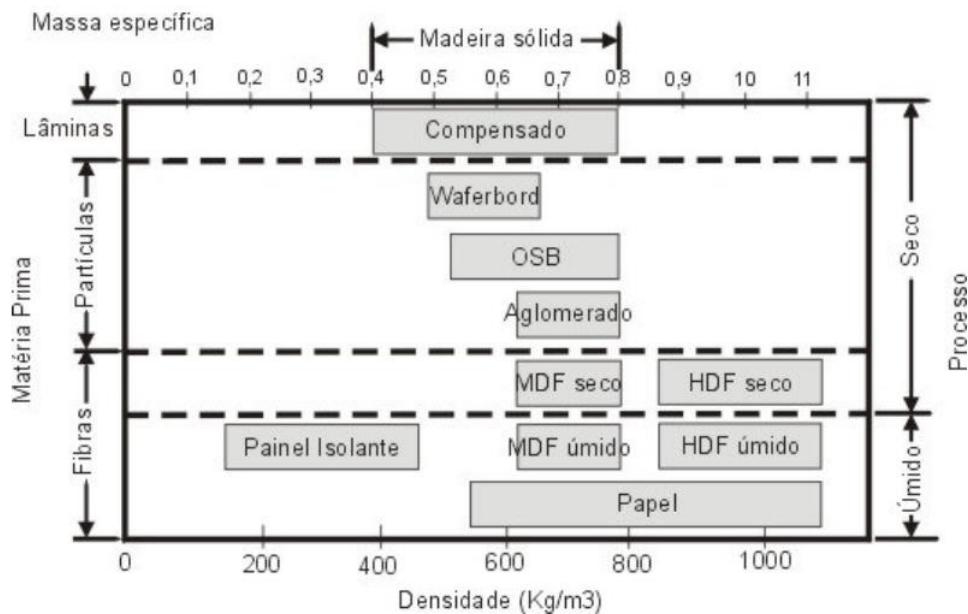


Figura 4: Classificação de painéis de madeira por tamanho da partícula, massa específica básica e processo de formação

Fonte: Adaptado de Suchsland and Woodson (1987)

2.4.1 Compensados

Os painéis compensados são fabricados a partir de camadas de chapas laminadas dispostas em números ímpares (de 3 a 15), com direção do veio alternada para cada chapa. Essa alternância deve existir para manter o número ímpar e evitar deformação (KULLA; TERNAUX; HIRSINGER, 2012). As lâminas são cruzadas na direção do grão com a finalidade de balancear os diferentes comportamentos físicos mecânicos das lâminas de camadas adjacentes, dispostas no sentido paralelo e perpendicular ao plano do painel.

O compensado possui ótima estabilidade dimensional e suas aplicações atendem uma vasta gama de áreas como a construção de móveis, construção civil e componente de carrocerias de automóveis (KULLA; TERNAUX; HIRSINGER, 2012).

No Brasil, a norma ABNT NBR ISO 1096:2006, classifica as chapas de madeira compensada em:

- Compensado de uso geral que se limita a usos internos e em sua maioria se aplica a indústria moveleira.
- Forma de concreto que é largamente empregado na construção civil, e apresenta colagem à prova d'água, admitindo-se o uso exterior.
- Compensado decorativo que permite a utilização em ambientes de alta umidade relativa e tem a fabricação de móveis como principal emprego.
- Compensado industrial que utiliza adesivo resistente à prova d'água e apresenta aplicação muito ampla na área das embalagens.
- Compensado naval são empregados quando se exige o contato direto com a água, como por exemplo, a construção naval, e por isso são classificadas como de uso exterior.
- Compensado sarrafeado apresenta aplicabilidade restrita à indústria moveleira.
- Compensado resinado apresenta aplicação de resina resistente à água na superfície.
- Compensado plastificado apresenta aplicação de filme sintético na superfície.

2.4.2 Aglomerados e *Oriented Strand Board* (OSB)

As chapas de madeira aglomerada surgiram durante a Segunda Guerra Mundial como uma alternativa de suprir as necessidades do mercado em relação à demanda por painéis compensados. Por conta do isolamento dos países durante a guerra, essa matéria-prima ficou indisponível e a madeira utilizada para a produção passou a ser de menor qualidade. Diante disso, como forma de possibilitar o aproveitamento de resíduos de madeira, iniciou-se o processo produtivo dos aglomerados. (IWAKIRI, 2005).

Os painéis são produzidos com pequenas partículas de madeira distribuídas de forma aleatória, aglutinadas com resina uréia-formaldeído, através de prensagem a quente.

Iwakiri (2005) apresenta que o emprego deste tipo de painel é uma excelente alternativa no mercado moveleiro, pois evidencia muitas vantagens em relação aos outros painéis reconstituídos. Dentre essas vantagens destaca-se:

- Minimização da anisotropia da madeira;
- Menor custo de produção;
- Viabilidade de adequação das propriedades físicas e mecânicas do painel por meio das variáveis do sistema de fabricação, como exemplo, o tipo e quantidade de resina e a geometria das partículas;
- Viabilidade do uso de resíduos provenientes de outras fontes de processamento, pois exige menos da qualidade da madeira empregada, desta maneira colabora de forma direta com o meio ambiente e a preservação florestal.

Em geral os aglomerados não resistem bem à umidade e são mais utilizados em construções, pisos, forros, divisórias temporárias e mobiliário em comum. Prensados e moldados podem se transformar em paletes, embalagens, contentores, eixos de bobinas (KULLA; TERNAUX; HIRSINGER, 2012).

As chapas de madeira aglomerada são classificadas, baseadas em três parâmetros, conforme demonstra o quadro 4:

Quadro 4: Classificação das chapas aglomeradas

a) Densidade	b) Tipos de partículas	c) Distribuição das partículas na chapa
- Baixa densidade: até 0,59 g.cm ⁻³ ; - Média densidade: de 0,59 a 0,80 g.cm ⁻³ ; - Alta densidade: acima de 0,80 g.cm ⁻³ .	- Partículas tipo “ <i>sliver</i> ”; - Partículas do tipo “ <i>flake</i> – <i>flakeboard</i> ”; - Partículas do tipo “ <i>wafer</i> – <i>waferboard</i> ”; - Partículas do tipo “ <i>strand</i> – <i>strand board</i> ”.	- Chapas homogêneas; - Chapas de múltiplas camadas; - Chapas de camadas graduadas; - Chapas de partículas orientadas “ <i>oriented strand board</i> ”.

Fonte: Adaptado de Iwakiri (2002)

Quando se trata da produção de painéis reconstituídos, três elementos são considerados essenciais: madeira, resina e catalisador. Porém, o uso de extensores é indispensável para garantir as boas propriedades do produto como, por exemplo, emulsão de parafina, retardantes de fogo, repelentes de fungos e insetos. Além dos componentes básicos de produção, outro fator importante no processo produtivo é a espécie de madeira que, para a fabricação, deve apresentar baixa densidade (IWAKIRI, 2002).

Conforme apresentado por Iwakiri (2002) o processamento dos painéis inclui onze etapas, sendo elas: geração de partículas, secagem, classificação, aplicação de adesivo e aditivos químicos, formação do colchão, pré-prensagem, prensagem a quente, resfriamento/acondicionamento, acabamento, classificação, armazenagem. A seguir, a figura 5 explica a cadeia produtiva do aglomerado.

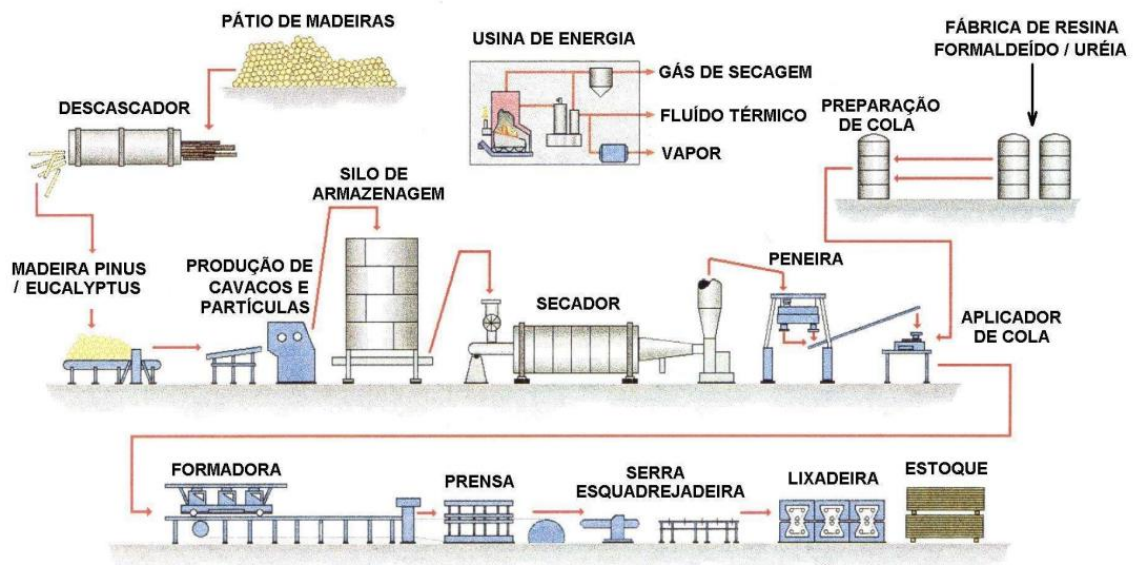


Figura 5: Processo produtivo do painel aglomerado
Fonte: Iwakiri (2002)

Semelhantes ao compensado em relação às propriedades mecânicas, com principal diferença de ser mais pesado, os painéis *OSB (Oriented Strand Board)* foram criados há cerca de vinte anos e exibem vantagem econômica e ecológica em relação a outros painéis por utilizarem potencialmente todas as partes de uma árvore e as sobras de madeira.

Foram introduzidos no mercado como painéis com notáveis partículas orientadas, compostos por finas tiras de madeira (de 0,3 mm a 0,4 mm de espessura e entre 6 cm e 8 cm de comprimento). E são comercializados em diferentes tipos (de acordo com o número de camadas cruzadas, com o tamanho das partículas, as espécies de madeira, etc.). Dentre suas aplicações estão a construção civil, pisos, formas e embalagens. (KULLA; TERNAUX; HIRSINGER, 2012).

2.4.3 MDF

Os painéis de MDF (*Medium Density Fibreboard*) são painéis produzidos pela prensagem a quente de uma massa de fibras que tem sua adesão feita pela reativação da resina natural da madeira, a lignina, ou pelo acréscimo de resinas sintéticas (KULLA; TERNAUX; HIRSINGER, 2012).

Muito empregado na montagem de móveis, o MDF possui propriedades mecânicas que o assemelha a madeira maciça, como consistência, boa estabilidade dimensional e larga capacidade de usinagem (BIAZUS; HORA; LEITE, 2010). Apesar disso, apresenta baixo peso, baixa resistência à dobra e a umidade.

Conforme retratado na Revista da Madeira (2003), o painel de MDF é um material consistente no mercado moveleiro mundial, apresentando-se apropriado à diversidade de usos para qual é exigido. É um produto considerado ecologicamente correto apesar dos tratamentos sofridos. São encontrados em diversas espessuras e a sua densidade depende da pressão aplicada e do tipo de aglutinante utilizado.

Para fins mercadológicos, a Norma NBR 15316 (ABNT, 2014) classifica os painéis de MDF de acordo com sua densidade, conforme demonstrado no quadro 5.

Quadro 5: Processo produtivo do painel aglomerado

a) Classificação	b) Densidade	c) Aplicação
HDF	$\geq 800 \text{ kg.m}^{-3}$	Utilizado em pisos laminados e escadas onde as características físico-mecânicas são necessárias para desempenho do produto.
Standard	$> 650 \text{ kg.m}^{-3}$	Muito utilizado em mobiliários, possui superfícies lisas, o que proporciona uma excelente base para a pintura, aplicação de papeis decorativos ou lâminas de madeira.
Light	$> 550 \text{ kg.m}^{-3}$ e $\leq 650 \text{ kg.m}^{-3}$	Aplicado em locais onde o desempenho na usinabilidade não seja fator limitante, indicados para uso em molduras, rodapés e painéis.
Ultra Light	$> 450 \text{ kg.m}^{-3}$ e $\leq 550 \text{ kg.m}^{-3}$	

Fonte: Adaptado ABNT NBR 15316:2014

Sua aplicabilidade é muito comum na fabricação de móveis, porém podem ser encontrados em partes ocultas da arquitetura de interiores, como painéis decorativos ou painéis de isolamento acústico (KULLA; TERNAUX; HIRSINGER, 2012). Em menor escala, é empregado na construção civil, em forma de pisos e rodapés (BIAZUS; HORA; LEITE, 2010).

2.5 Adesivos

De acordo com Iwakiri (2002), o uso do adesivo não é recente. Essa utilização deu-se muito antes da revolução industrial e perdura por milhares de anos. Nos primórdios eram empregadas substâncias como a lama, argila e ceras, mas por volta de 1930, principalmente, com o surgimento de maquinários que beneficiaram a produção, houve um progresso gradativo e desenvolvimento de novos adesivos para madeira.

A norma técnica brasileira NBR 14810-1 (ABNT, 2013) define adesivo ou resina como “substância utilizada com o objetivo de aderir partículas de madeira em um painel, podendo ser orgânica ou inorgânica”.

Segundo Campos e Lahr (2004), nos dias atuais os adesivos inorgânicos mais comuns são à base de silicatos, que produzem ligações com elevada resistência mecânica. Já os orgânicos dividem-se em dois grupos, os naturais que são derivados proteicos de origem animal, vegetal, do amido, entre outros; e os sintéticos que são os mais utilizados pelo setor madeireiro por conta de sua grande resistência à umidade e a pragas. Os adesivos sintéticos ainda se subdividem em termoplásticos, que apresentam cura reversível, e termorrígidos, que por meio de catalisadores ou temperaturas ativadas, endurece e mesmo sob aquecimento mantém sua rigidez, modificações químicas e físicas irreversíveis.

2.5.1 Termorrígidos à base de formaldeído

Campos e Lahr (2004) e Iwakiri (2002) defendem a ideia de que os principais adesivos utilizados na confecção de painéis de madeira são de fonte sintética – termorrígida. Como exemplos:

- a) fenol-formaldeído: introduzido no mercado por volta de 1930, possui custo relativamente elevado quando comparado a resina uréia-formaldeído. É considerado de uso externo, pois apresenta alta resistência a umidade. Seu uso se destina, sobretudo à produção de compensados à prova d'água, chapas de aglomerados estruturais “*waferboard*” e “*OSB*”, vigas laminadas, construção de barcos.
- b) uréia-formaldeído: é considerada a principal resina utilizada na produção de chapas, pois apresenta baixo custo em relação às outras resinas. Mais de 90% dos produtos compostos de madeira utilizam a uréia-formaldeído em suas composições mesmo sendo muito visada pelos órgãos de controle ambiental pelo fato de liberar formaldeído no processo de cura a quente e o mesmo ser

altamente tóxico. É um adesivo criado para curar tanto à temperatura ambiente (20°C) quanto a temperaturas elevadas, por meio de prensas quentes, variando até 160°C. Para obter melhor aglutinação das partículas, utilizam-se extensores à base de farinha de cereais simultaneamente com a resina. Entretanto, essa adição acarreta no retardo da cura do adesivo. Para balancear esse fator, se torna necessário utilizar catalisadores no processo para garantir que não haja variação nesse tempo de cura. No mercado existem várias opções de catalisadores ajustáveis às condições próprias de emprego, utilizando um tipo para prensagem a frio e outro para prensagem a quente.

- c) melamina-formaldeído: é um intermédio entre as resinas de uréia-formaldeído e fenol-formaldeído. Possui como característica a impossibilidade de prensagem a frio, apesar do uso de catalisadores ácidos serem facultativo, o adesivo ainda necessita da ação do calor para se conferir o processo de cura. No mercado é encontrada sob forma de pó, pois em soluções aquosas tem sua vida útil diminuída consideravelmente, além disso, seu emprego eleva custo de produção.

2.5.2 Termorrígido à base de epóxi

Além das resinas a base de formaldeído, atualmente, outra resina de classificação sintética-termorrígida é empregada na área madeireira. Trata-se da resina epóxi, também conhecida como resina epoxídica, que se caracteriza por ser um polímero que apresenta elevada resistência química, térmica e adesiva, e que confere excelente estabilidade dimensional a qualquer material que lhe é aplicada (KUMAR et al., 2012).

As resinas epóxi começaram a ser comercializadas, após a Segunda Guerra Mundial, como um avanço tecnológico de alguns termorrígidos já existentes, como por exemplo, as resinas fenólicas e poliésteres. Isso se deu devido as suas elevadas propriedades mecânicas e químicas e facilidade de se adequar a diferentes processos. (COSTA, 2002; HERNANDES, 1995). É vendida no mercado em estado

líquido viscoso, com baixa massa molar, porém quando misturada com um agente catalisador ou "endurecedor" evidencia características sólida e vítrea.

Segundo Carneiro e Teixeira (2008), a resina epóxi é mais durável e mais resistente à umidade quando comparada com outras, por isso é amplamente aplicada na confecção de compósitos estruturais, porém apresenta a desvantagem de ser mais cara. Após o processo de cura, adquirem resistência e impermeabilidade.

Além da aplicação em madeira, para o consumidor, este tipo de adesivo tem outras aplicações, dentre elas as indústrias químicas; elétrica e tecnológica; aeronáutica; construção civil e pintura de pisos.

2.6 Resíduos

A crescente busca pela inserção e destaque no mercado competitivo vem exercendo grande influência na procura por inovação e tecnologia por parte das empresas. Como consequência disso, o processo produtivo tende a aumentar e como a produção não consegue aproveitar integralmente toda matéria-prima, a geração de resíduos sólidos também aumenta. (BASTOS E POZO, 2014).

Assim acontece no setor moveleiro, devido ao desenvolvimento significativo da produção de móveis com painéis reconstituídos, a porcentagem de resíduos sólidos gerados aumentou significativamente nos últimos anos e conseqüentemente a preocupação com o descarte desse material também.

De acordo com a norma técnica brasileira ABNT NBR 10004:2004, os resíduos sólidos e semissólidos industriais são materiais resultantes do processo produtivo, tal como da degradação de máquinas e equipamentos. Abrange em sua classificação, o reconhecimento do processo ou atividade que lhes deu origem, sua constituição e características, podendo ou não apresentar risco para a saúde humana e para o meio ambiente. Sendo assim, resíduos sólidos apresentam a seguinte classificação:

a) resíduos classe I – Perigosos: como lama de cromo, borras oleosas, lodo de estação de tratamento, etc.

b) resíduos classe II – Não perigosos;

resíduos classe II A – Não inertes: como restos de alimentos, papel, papelão, madeira, tecidos, borrachas, correias, etc.

resíduos classe II B – Inertes: como blocos de concreto, vidro, porcelana, plásticos, etc.

A figura 6 e os anexos A, B e G representam a caracterização e classificação dos resíduos sólidos.

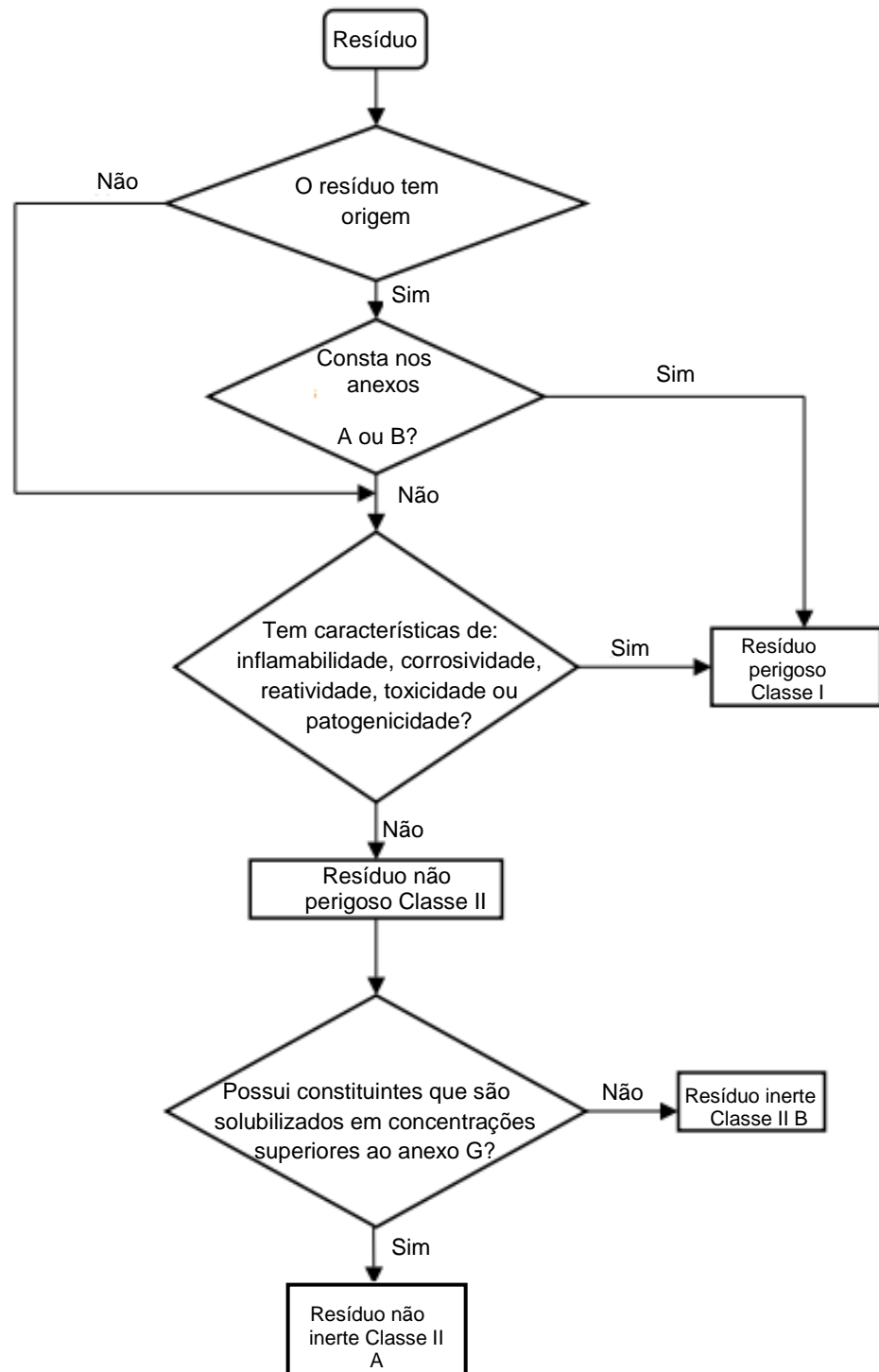


Figura 6: Caracterização e classificação dos resíduos sólidos
Fonte: ABNT NBR 10004:2004

Diante dessa classificação, os resíduos de MDF tratados neste trabalho, são considerados perigosos (Classe I) e apresentam risco ao meio ambiente e a sociedade, por isso demandam de uma destinação especial, o que encarece o produto. Em função disso, muitas das vezes apresentam destinação incorreta em

aterros sanitários de Classe II A, aumentando o risco de contaminação do solo e dos lençóis freáticos e diminuindo a vida útil desses aterros.

Dentre as operações que mais geram resíduos sólidos nos processos moveleiros, o corte é o que apresenta maior indicador. É nele que painéis de madeira são cortados e transformados em peças de diversos tamanhos para a confecção de móveis, por exemplo. Também geram resíduos no processo as operações de esquadreamento e furação (WEBER, 2011).

De acordo com as características morfológicas, Cassilha et al. (2004), classificou os resíduos de madeira conforme demonstra o quadro 6.

Quadro 6: Classificação dos resíduos de acordo com suas características morfológicas

CAVACOS	MARAVALHA
	
<p>Partículas com medidas máximas de 50 x 20 mm, em geral provenientes do uso de picadores.</p>	<p>É um resíduo com dimensão maior do que 2,5mm oriundo dos processos de usinagem, furação e cepilhamento.</p>

Quadro 7: Classificação dos resíduos de acordo com suas características morfológicas

SERRAGEM	PÓ
 <p data-bbox="256 1021 799 1218">Partículas de madeira provenientes dos processos de corte e usinagem e possuem dimensões entre 0,5 a 2,5mm.</p>	 <p data-bbox="842 1021 1422 1167">Procedente das etapas de corte e lixamento da peça apresentam tamanho menor do que 0,5mm.</p>

Fonte: As autoras (2019), adaptado de Cassilha et al. (2004)

Muito se discute quanto à destinação correta dos resíduos de madeira vindos das indústrias moveleiras, pois como a maioria passa por processamentos mecânicos e sofrem tratamentos químicos, acabam por se tornar grandes inimigos do meio ambiente, podendo contaminar diretamente a área onde foram descartados e acarretando uma série de problemas.

A queima dos resíduos sólidos, oriundos da madeira maciça, não é vista como tóxica, porém a queima de madeira tratada, como os painéis reconstituídos, pode gerar consideráveis prejuízos ao meio ambiente. De acordo com a Portaria N°009/2012, de 08 de fevereiro de 2012, artigo n°4 (FEPAM, 2012), é proibido o uso de qualquer derivado da madeira (em forma de cavacos, pó, cascas, serragem, compensados, aglomerados, MDF, MDP e semelhantes) que foram desenvolvidos ou

contaminados com outros produtos (tintas, antifúngicos, vernizes, adesivos, plásticos, entre outros) como combustível e/ou queima em churrasqueiras, fornos ou em qualquer lugar que possa ter contato com produtos alimentícios.

Além de prejuízo ao meio ambiente, a destinação inapropriada destes resíduos também pode gerar prejuízo econômico para as empresas, uma vez que o reaproveitamento desse material na cadeia produtiva torna-se lucrativo para a mesma (TREIN E SANTOS, 2015; LIMA E SILVA, 2005). Nesta perspectiva, os resíduos estão deixando de ser apenas materiais poluentes e passando a ser vistos como matéria-prima para o processo, agregando valor comercial à empresa.

2.7 Meio ambiente

Com o passar dos anos e com a influência da globalização e do avanço da tecnologia, o meio ambiente passou a sofrer muito com a ação do homem. O aumento populacional, a busca incansável pela competitividade no mercado e as fontes de inovação, fizeram com que os recursos naturais se tornassem matéria-prima necessária para atender às necessidades de clientes e empresas. Contudo, podemos afirmar que o uso dos recursos naturais ultrapassa a quantidade que a natureza consegue renovar e, segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (2009), se continuarmos a trajetória atual, para atender às nossas demandas será necessária a utilização de recursos equivalentes a dois planetas Terra, já no início de 2030.

No Brasil, o setor moveleiro gera uma quantia expressiva de resíduos, principalmente no processo de produção (IWAKIRI et al., 2000). Calcula-se que somente 35% de cada tora de madeira se transformam em produto serrado e os outros 65% são desperdiçados pela indústria (FEITOSA, 2008). Em algumas empresas, essa perda pode chegar a 80% por tronco, representando um valor bem significativo para a organização.

Entretanto, durante a década de 80, os consumidores adotaram um novo estilo de vida, a preservação ambiental passou a ser mais discutida e priorizada em relação

à fabricação dos produtos. Como consequência surgiu o conceito de consumo verde ou consumo ecológico, onde o preço e a qualidade não são os únicos requisitos procurados pelos clientes, mas sim a sustentabilidade e a não agressão ao meio ambiente, desde sua produção inicial até seu descarte final (TAMASHIRO et al,2018).

Para esse fim, foi necessário conceituar uma nova forma de avaliar os produtos no mercado, eles são chamados de produtos verdes ou sustentáveis. De acordo com Michaud e Llerena (2011) os produtos verdes têm as mesmas funções básicas que os produtos convencionais, porém seu impacto sobre seu ciclo de vida é mais ameno. Podem ser considerados bens privados afiliados às características públicas no sentido de que podem prover benefícios ao consumidor e ao meio ambiente público.

2.7.1 Logística reversa

Uma das formas encontradas por muitas empresas moveleiras para deter desperdícios com matéria-prima, e conseqüentemente evitar perda de dinheiro, é aplicar a logística reversa em seus processos produtivos. Para a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a logística reversa é um:

“Instrumento de Desenvolvimento Econômico e Social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada” (Art. 3º, XII).

Já Kotler (1996), define logística reversa “como a área da logística empresarial responsável pelo planejamento, operação e controle dos fluxos reversos de diversas naturezas”.

Além de ser benéfica para a sociedade, permite que a empresa a utilize como marketing estratégico de comunicação porque quando aplicada de forma lucrativa, alcança a sustentabilidade econômica e ambiental do seu negócio, o que resulta no produto verde (TAMASHIRO et al, 2018).

A Indústria Brasileira de Papel e Celulose e referência na construção civil e na indústria moveleira – Eucatex (2019) já investe no reaproveitamento de resíduos de madeira, reduzindo a poluição no meio ambiente. O grupo possui o Programa de Reciclagem Eucatex e utiliza resíduos de madeira na geração de energia, em troca oferece vantagens aos seus parceiros.

Aplicar a logística reversa garante não só economia em matéria-prima, mas também uma certificação de que a empresa está correta no mercado. Em 2 de agosto de 2010 criou-se uma lei (nº 12.305) referente à Política Nacional de Resíduos Sólidos, que sugere uma gestão integrada da cadeia logística de forma que o produto final ou parte dele possa retornar à indústria. Para reforçar essa ideia, o próprio Ministério do Meio Ambiente apoiou a referida Lei.

Atualmente, é notória a movimentação das empresas abraçando essas causas, o que pode ser comprovado através de uma pesquisa feita pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) e pelo Conselho de Logística Reversa do Brasil (CLRB) onde grande parte das organizações gastam até 5% do seu rendimento com o retorno de mercadorias por intermédio do *e-commerce*.

2.8 Requisitos normativos

Como a maioria dos produtos oferecidos no mercado, os painéis também possuem órgãos regulamentadores que avaliam e garantem a conformidade às especificações.

No Brasil, a norma regulamentadora deste produto é a ABNT NBR 14810 - Painéis de partículas de média densidade. O que determina a qualidade do painel é a avaliação das propriedades físico-mecânicas por meio de ensaios. Dentre os mais realizados para essa verificação se encontram:

- Determinação do teor de umidade: Determina a porcentagem de água despreendida das amostras retiradas do painel após as mesmas serem

submetidas a secagem em estufa numa temperatura de (103 ± 2) °C até que fosse obtida uma massa constante na pesagem.

- Determinação da densidade média: Cálculo utilizado para determinar a densidade, massa específica, dos corpos de prova utilizando a sua massa em razão do seu volume.
- Determinação do inchamento por 24 h: Expressa a alteração percentual do aumento em espessura do corpo de prova quando imerso em água pelo tempo de 24 h à uma temperatura de (20 ± 1) °C.
- Determinação da resistência ao arranque do parafuso: Expressa a resistência que um corpo de prova apresenta quando submetido a uma força de tração aplicada a um parafuso passante, na sua superfície e no topo.

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a maneira como essa pesquisa foi realizada, o instrumento utilizado para a coleta de dados, o cenário e os sujeitos participantes.

Se tratando dos meios, foram utilizados livros, artigos, dissertações, manuais, normas, monografias e sites eletrônicos. Já em relação aos fins, a pesquisa foi exploratória por fornecer dados para um estudo mais detalhado e explicativa por compreender causas e efeitos através de testes experimentais.

O método de pesquisa que se adotou quanto ao procedimento foi a pesquisa experimental que permitiu o controle laboratorial sobre as variáveis possibilitando a manipulação dos objetos de estudo. Em conjunto, aplicaram-se abordagens de natureza quanti-qualitativas que permitiram expressar os resultados por meio de indicadores e conceitos.

Todos os experimentos foram realizados em laboratórios do Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA), localizado no município de Volta Redonda, do Estado do Rio de Janeiro.

3.1 Materiais

Para a produção dos novos painéis aglomerados foram utilizados resíduos de MDF e madeira Pinus. Adesivo uréia-formaldeído comercial, da marca Redelease, tipo cascamite, juntamente com endurecedor G (sulfato de amônia), com objetivo de acelerar o processo de cura da cola de uréia formol; Resina epóxi 2001, da marca Redelease, com endurecedor 3154, responsáveis pela aglutinação das partículas. Desmoldante em spray, da fabricante Redelease, Redelub RTV, a fim de facilitar o desmolde do painel; adesivo selante, Brascoved, que auxiliou na fixação dos moldes de madeira nas placas de aço galvanizado.

A seguir, os equipamentos utilizados na preparação das partículas e produção e avaliação dos painéis:

- Serra de fita (Delta Band - SF1)
- Moinho de facas (PLASTIMAX)
- Liquidificador Industrial (METVISA)
- Agitador de peneiras (A Bronzinox)
- Estufa-Incubadora B.O.D - 411 D (Nova Ética - 6000)
- STA (Simultaneous Thermal Analyzer) (PerkinElmer - STA 6000)
- Picnômetro (Ronialzi - 100 ml)
- Balança Analítica de Precisão (Gehaka - AG 200)
- Balança Analítica Eletrônica - (Gehaka - BG 400)
- Estufa para secagem (DeLeo)
- Estufa microprocessada de secagem (QUIMIS – Q317M-33)
- Furadeira e Parafusadeira (BOSCH – GSR/12-2)
- Máquina universal de ensaios (EMIC – DL 10000)

3.2 Métodos

Neste tópico estão descritos todos os métodos adotados na produção dos painéis de partículas. A figura 7 demonstra a sequência de produção e avaliação dos painéis aglomerados confeccionados em escala laboratorial.

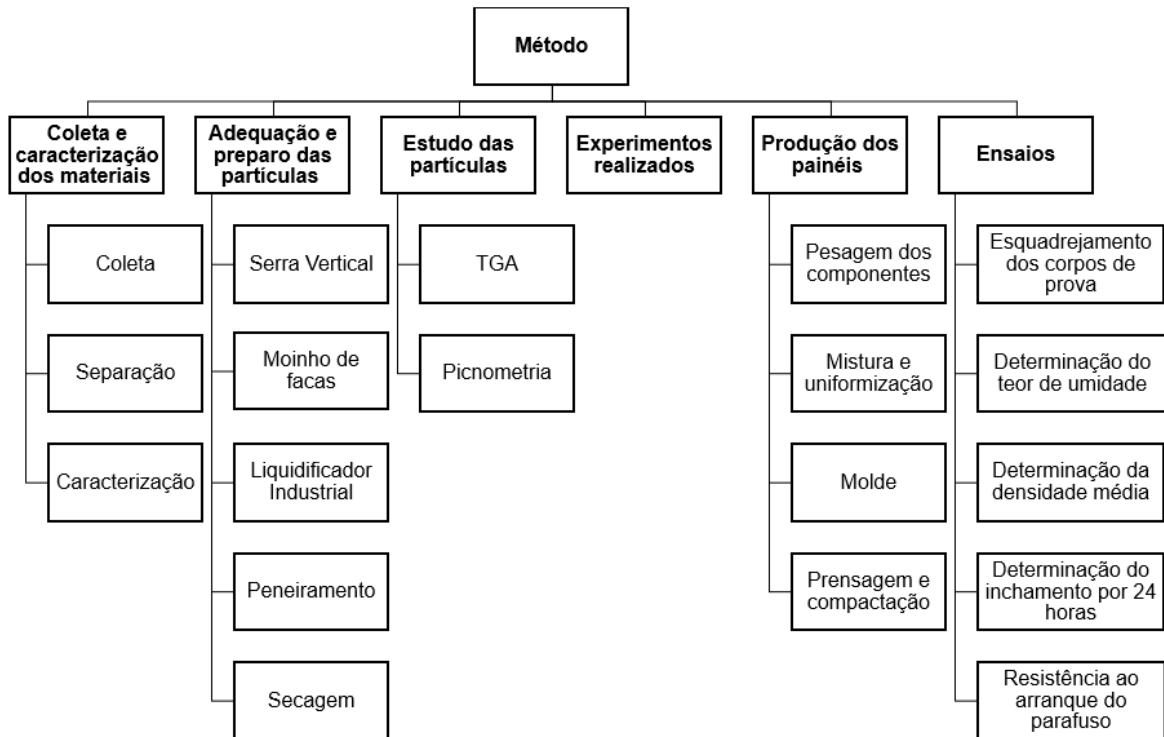


Figura 7: Sequência de produção e avaliação dos painéis aglomerados
Fonte: As autoras (2019)

3.2.1 Coleta e caracterização dos materiais

O resíduo de MDF foi coletado em uma marcenaria de pequeno porte, localizada no município de Volta Redonda, do Estado do Rio de Janeiro, que tem como atividade principal a fabricação de móveis planejados.

Já o Pinus é proveniente da marcenaria do Centro Universitário de Volta Redonda, localizada no município de Volta Redonda, do Estado do Rio de Janeiro. O mesmo é produto das aulas do curso de Design da Instituição de Ensino Superior (IES).

Como os resíduos podem ser encontrados na forma de maravalha, ripas, pó e serragem, a caracterização e separação dos mesmos foi realizada manualmente, de acordo com sua classificação.

3.2.2 Adequação e preparo das partículas

Para a produção dos painéis foi necessária a adequação e preparo das partículas, pois os resíduos coletados apresentavam diferentes formas e granulometrias. As ripas de MDF e Pinus possuíam um tamanho maior, por isso passaram na serra de fita (fotografia 1a) onde foram cortadas em pequenos retângulos para serem processadas com facilidade no moinho de facas (fotografia 1b), no qual adquiriram forma de cavaco de diversos tamanhos e, posteriormente, reduzidos em um liquidificador industrial (fotografia 1c).



a)



b)



c)

Fotografia 1: Equipamentos para a adequação de partículas:
a) Moinho de facas; b) Serra de fita; c) Liquidificador industrial

Fonte: As autoras (2019)



a)



b)



c)



d)



e)



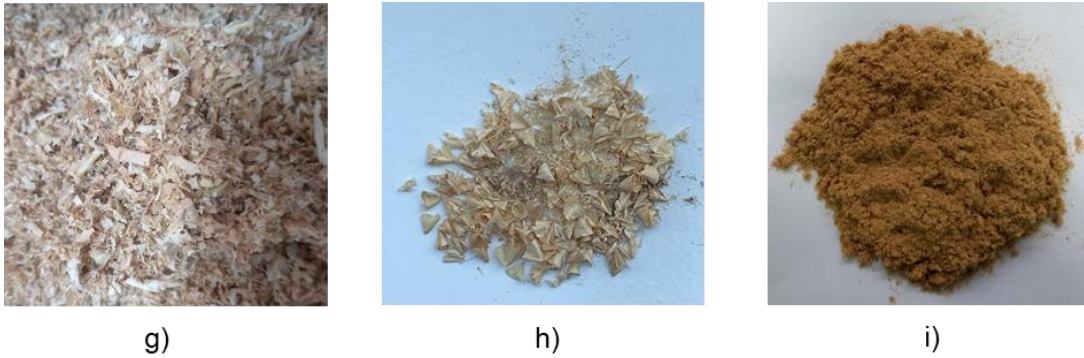
f)

Fotografia 2: Processo de adequação das partículas:

a) Ripa de Pinus; b) Redução das ripas de Pinus; c) Cavaco de Pinus; d) Ripa de MDF; e) Redução das ripas de MDF; f) Cavaco de MDF

Fonte: As autoras (2019)

Os demais resíduos, serragem (fotografia 3g) e maravalha (fotografia 3h), foram processados apenas pelo liquidificador industrial, pois já apresentavam granulometria suficiente para este equipamento. Já o pó de MDF (fotografia 3i), por ter granulometria mínima, ficou isento desses processos. Dessa forma, foi obtida uma homogeneidade entre as partes em relação ao seu tamanho.



Fotografia 3: Resíduos processados apenas pelo liquidificador industrial:
g) Serragem de Pinus; h) Maravalha de Pinus; i) Pó de MDF

Fonte: As autoras (2019)

Para a classificação e homogeneidade de tamanho das partículas, foi realizado o peneiramento dos resíduos, com peneiras em ordem decrescente de abertura. Esse contou com o auxílio de um agitador de peneiras representado na fotografia 4, que teve seu funcionamento programado com frequência de 15 Hz e vibração de partículas por 10 minutos.



Fotografia 4: Agitador de peneiras

Fonte: As autoras (2019)

Para finalizar o processo de preparação, as partículas retidas nas peneiras de 14 (1,18 mm) e 28 mesh (600 μm) foram postas em uma estufa incubadora B.O.D - 411 D, marca Nova Ética, modelo 6000 (fotografia 5), na função aquecimento a 60°C para retirar toda a umidade existente.



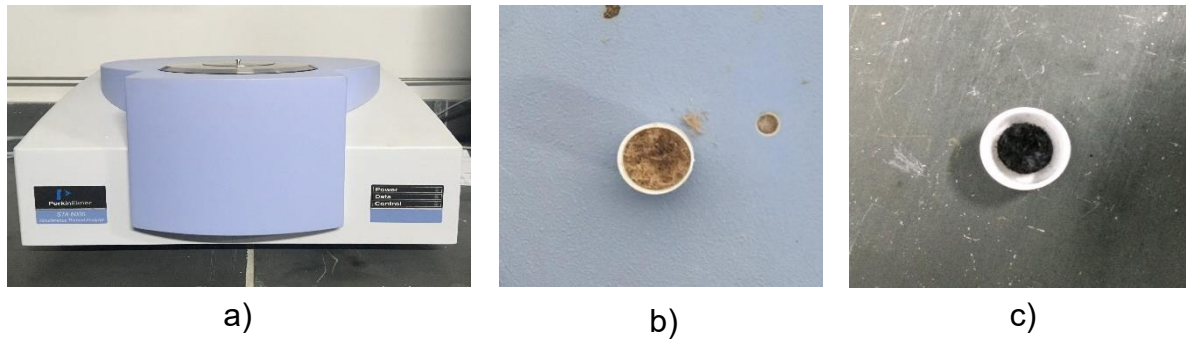
Fotografia 5: Estufa Incubadora
Fonte: As autoras (2019)

3.2.3 Estudo das partículas

3.2.3.1 Termogravimetria ou análise termogravimétrica - TGA

Os ensaios de termogravimetria foram realizados num equipamento STA (Simultaneous Thermal Analyzer), marca PerkinElmer, modelo STA 6000 (fotografia 6), sob as seguintes condições:

- Faixa de trabalho: 25 a 900°C
- Taxa de aquecimento: 10°C.min⁻¹
- Fluxo gasoso: 100 mL.min⁻¹
- Atmosfera: Nitrogênio
- Panelinha: alumina
- Massa da amostra: aproximadamente 10 mg



Fotografia 6: Equipamentos utilizados na análise termogravimétrica:
 a) Equipamento STA; b) Panelinha com resíduo pré-análise; c) Panelinha com resíduo pós análise
 Fonte: As autoras (2019)

Este ensaio teve por objetivo determinar a temperatura de degradação da amostra para uso no compósito, uma vez que o uso de resina a base de uréia-formaldeído requer cura a temperaturas elevadas.

3.2.3.2 Determinação da massa específica Via Picnometria Líquida

Este ensaio teve por objetivo servir como base para os cálculos de madeira a serem acrescentados nos compósitos e foi baseado na norma ISO 8962:1987, que determina a massa específica via picnometria líquida (COSTA, 2019).

Os testes foram feitos em triplicata pesando-se o picnômetro vazio, com hexano P.A. da Synth ($0,657\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ a 20°C) e com os resíduos de madeira secos em estufa-incubadora (modelo BOD 411D da Nova Ética Ltda.), localizada no laboratório de Caracterização de Materiais do UniFOA a temperatura de 60°C por 140 h. A equação 1 foi utilizada para o cálculo da massa específica dos resíduos.

$$\rho_S = \frac{m_s \cdot \rho_{IL}}{m_1 - m_2} \quad (1)$$

Onde:

m_s = Massa, em gramas, da amostra;

m_1 = Massa, em gramas, do líquido necessário para encher o picnômetro vazio;

m_2 = Massa, em gramas, do líquido necessário para encher o picnômetro que contém a amostra;

ρ_{IL} = Massa específica do líquido utilizado para imersão 20°C, em gramas por centímetro cúbico.

ρ_s = Massa específica do resíduo, em gramas por centímetro cúbico.

3.2.4 Experimentos realizados

Para a determinação da melhor constituição do compósito, foram realizados nove experimentos em placas com dimensões de 10 cm x 10 cm x 0,3 cm.

O primeiro critério analisado foi o teor de fibra, que variou em 10%, 20%, 25% e 30%, porque segundo Azambuja (2015), na produção de painéis que utilizam resíduos como matéria-prima, não se recomenda ultrapassar 50% do teor de fibra, sendo mais indicadas adições inferiores a 25%. Em conjunto com essa variável, outras duas foram estudadas: proporção e granulometria do resíduo. A primeira refere-se à porcentagem utilizada de MDF em relação à Pinus, enquanto a segunda diz respeito ao tamanho da partícula, pois a mesma pode ter influência direta nos resultados dos ensaios.

O último critério analisado foi o tipo de resina. Os quatro primeiros experimentos foram produzidos a base de resina uréia-formaldeído. A figura 8 esquematiza o passo a passo da confecção do painel utilizando este adesivo.

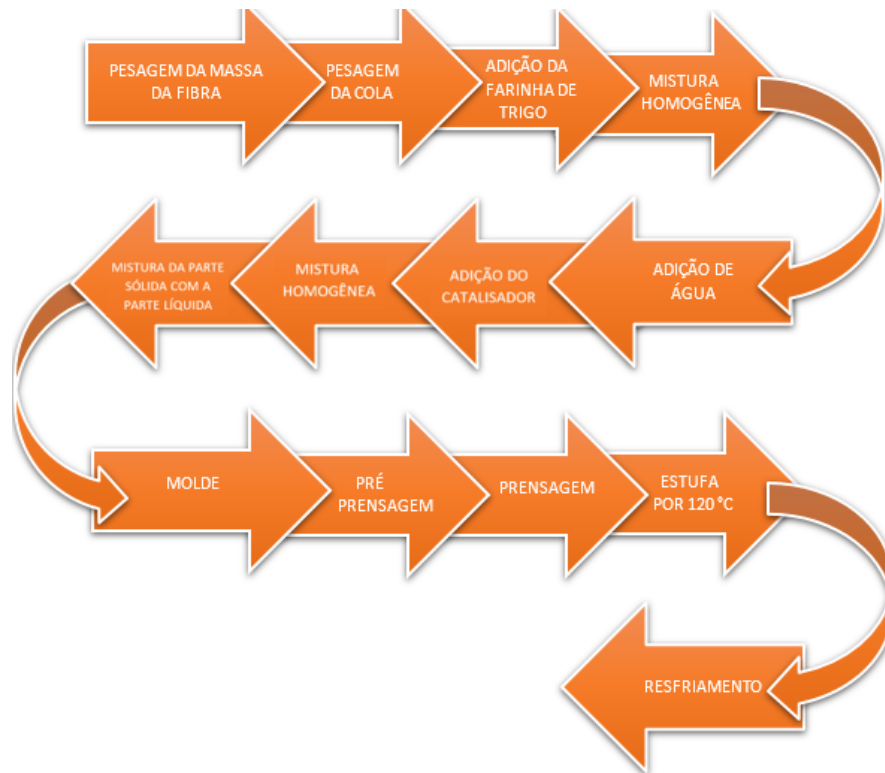


Figura 8: Produção com resina uréia-formaldeído
Fonte: As autoras (2019)

Porém, a resina epóxi, uma outra alternativa dentre as resinas termorrígidas, foi aplicada. A figura 9 demonstra cada etapa da confecção com este outro adesivo.

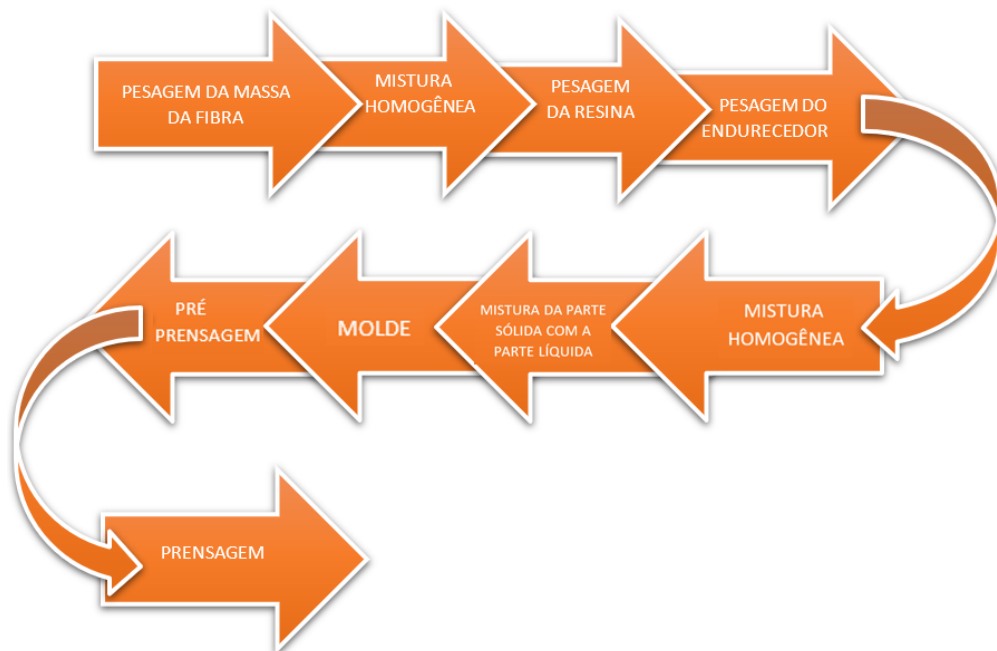


Figura 9: Produção com resina epóxi 2001
Fonte: As autoras (2019)

3.2.5 Produção dos painéis

Nesta etapa, foi realizada a junção do reforço e da matriz do compósito, ou seja, a mistura do resíduo com o adesivo de aglutinação. Após vários testes e análises chegou-se a composição ideal para confecção do painel aglomerado a base de resina epóxi.

O cálculo das quantidades, porcentagem e pesagem de materiais usados foram realizados, previamente, com o objetivo de agilizar a produção dos painéis e respeitar as características e propriedades das matérias-primas utilizadas. Para isso, utilizamos a equação 2:

$$\frac{m_r}{m_f} = \frac{\rho_r}{\rho_f} \cdot \left(\frac{1-f}{f} \right) \quad (2)$$

Onde:

m_r = Massa, em gramas, da resina;

m_f = Massa, em gramas, da fibra;

ρ_r = Densidade da resina, em gramas por centímetro cúbico;

ρ_f = Densidade de fibra, em gramas por centímetro cúbico;

f = Teor de fibra, em porcentagem.

Os painéis foram confeccionados com dimensões de 28 cm x 33 cm x 1,5 cm e teor de fibras de 20%, na proporção de (70/30) para Pinus e MDF, respectivamente. As partículas utilizadas na composição apresentavam uma granulometria de 14 mesh (1,18) mm.

Foram agregados a 333,33 g de resíduo, sendo 233,331 g de Pinus e 99,999 g de MDF, 1000 g de adesivo e 500 g de endurecedor utilizando a técnica *HandLay-up*. A massa resultante do processo da mistura foi distribuída de forma homogênea sobre

um molde, e posteriormente compactada por meio de cargas manuais para uniformização das partículas (fotografia 7), em seguida, uma pressão de aproximadamente 508 Pa foi aplicada, por um período de 48 horas. Terminado esse processo, os painéis foram conduzidos aos ensaios.



Fotografia 7: Compactação manual dos painéis
Fonte: As autoras (2019)

3.2.6 Caracterização dos painéis

Os ensaios físicos e mecânicos auxiliaram na avaliação da qualidade, conformidade às especificações e dos resultados. Baseado na norma NBR 14810-2 (ABNT, 2018), o painel pode ser classificado como tipo P2 que são os painéis não estruturais para uso em condições secas. Diante disso, foram realizados ensaios que estão demonstrados nas tabelas 1, 2 e 3 com seus respectivos requisitos de aceitação.

Tabela 1: Requisitos gerais – Propriedades básicas

Propriedades	Requisitos Gerais
Teor de Umidade	5 % a 13 %
Densidade Média	± 7%

Fonte: Adaptado da NBR 14810-2 (ABNT, 2018)

Tabela 2: Requisitos para inchamento

Propriedades	Unidade	Espessuras (mm)
		> 13 a 20
Inchamento 24 h (máximo)	%	22

Fonte: Adaptado da NBR 14810-2 (ABNT, 2018)

Tabela 3: Propriedades suplementares, métodos de ensaio e requisitos para arrancamento do parafuso

Propriedades	Requisito (mínimo)
Resistência ao arrancamento do parafuso na superfície	1020 N
Resistência ao arrancamento do parafuso no topo	800 N

Fonte: As autoras (2019), adaptado da NBR 14810-2 (ABNT, 2018)

3.2.6.1 Teor de umidade

Para a realização deste ensaio foram necessários corpos de prova medindo 50 mm x 50 mm x 15 mm. Baseando-se na NBR 14810-2 (ABNT, 2018) e na equação 3 foi possível determinar a variação da massa úmida e da massa seca tendo como resultado o teor de umidade.

$$U = \frac{M_U - M_S}{M_S} \times 100 \quad (3)$$

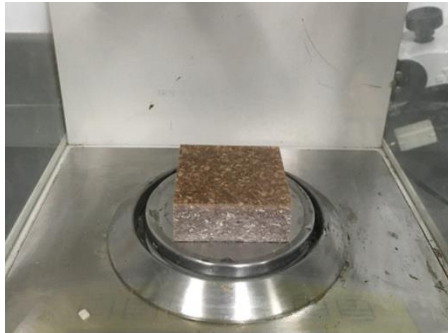
Onde:

U = É o teor de umidade do corpo de prova, em porcentagem (%);

M_U = É a massa úmida do corpo de prova, em gramas (g);

M_S = É a massa seca do corpo de prova, em gramas (g).

A fotografia 8 demonstra o equipamento e os corpos de prova ensaiados.



a)



b)



c)

Fotografia 8: Ensaio de teor de umidade:
 a) Determinação da massa do CP; b) Secagem em estufa para retirada de umidade
 e c) Estufa microprocessada de secagem

Fonte: As autoras (2019)

3.2.6.2 Densidade média

Para determinar a densidade média, os corpos de provas foram esquadrejados nas dimensões estabelecidas pela norma em 50 mm de comprimento e 50 mm de largura. Os resultados foram expressos através da equação 4 e 5 e a fotografia 9 ilustra o método utilizado.

$$D = \frac{M}{V} \times 1000000 \quad (4)$$

Sendo

$$V = l \times c \times e \quad (5)$$

Onde:

D = É a densidade do corpo de prova, em quilogramas por metro cúbico (kg.m^{-3});

M = É a massa do corpo de prova, em gramas (g);

V = É o volume do corpo de prova, em milímetros cúbicos (mm^3);

l = É a largura do corpo de prova, em milímetros (mm);

c = É o comprimento do corpo de prova, em milímetros (mm);

e = É a espessura do corpo de prova, em milímetros (mm).

Em seguida, aplicou-se a equação 6 para obter o cálculo da densidade média e expressar a variação percentual da densidade (%) de cada CP (Corpo de Prova) em relação a densidade média.

$$D\% = \frac{(D - D_{m\u00e9dia})}{D_{m\u00e9dia}} \times 100 \quad (6)$$



Fotografia 9: Ensaio para determinar a densidade média:

a) Medição do corpo de prova, com paquímetro, para determinação do volume e b)

Corpos de provas ensaiados

Fonte: As autoras (2019)

3.2.6.3 Inchamento por 24 h

Os ensaios foram realizados em corpos de prova medindo 50 mm x 50 mm x 15 mm e a fotografia 10 apresenta o método de execução. Os cálculos de inchamento foram obtidos com o auxílio da equação 7.

$$I = \frac{E_1 - E_0}{E_0} \times 100 \quad (7)$$

Onde:

I = É o inchamento em espessura do corpo de prova, em porcentagem (%);

E_0 = É a espessura do corpo de prova anteriormente a imersão, em milímetros (mm);

E_1 = É a espessura do corpo de prova após o período de imersão estimado, em milímetros (mm).

O resultado é a média dos inchamentos dos CP analisados, expresso em porcentagem, com precisão de 0,1%.



a)



b)

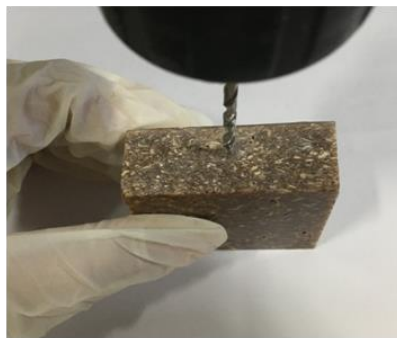
Fotografia 10: Ensaio para determinação do inchamento:

a) Determinação da espessura com micrômetro e b) Corpos de prova submersos em água deionizada

Fonte: As autoras (2019)

3.2.6.4 Resistência ao arrancamento do parafuso

Este experimento utilizou de 20 corpos de prova com dimensões de 50 x 50 mm, sendo 10 corpos de prova aplicados no arrancamento de parafuso no topo e os outros 10 no arrancamento na superfície. Foram realizados com o auxílio da máquina universal de ensaios e o resultado foi a média dos valores obtidos pelo indicador de cargas do equipamento, expresso em N (Newtons). As fotografias 11 e 12 demonstram o referido ensaio.



a)



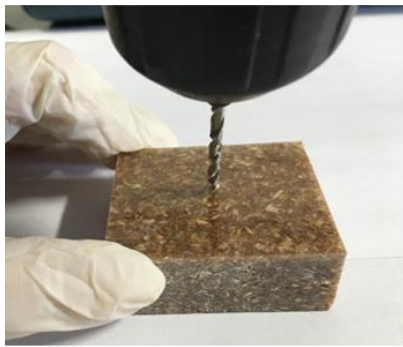
b)



c)

Fotografia 11: Etapas para o ensaio de arrancamento do parafuso no topo: a), b) e c) furação do topo do CP, fixação do parafuso para ensaio e arrancamento em máquina universal de ensaio, respectivamente

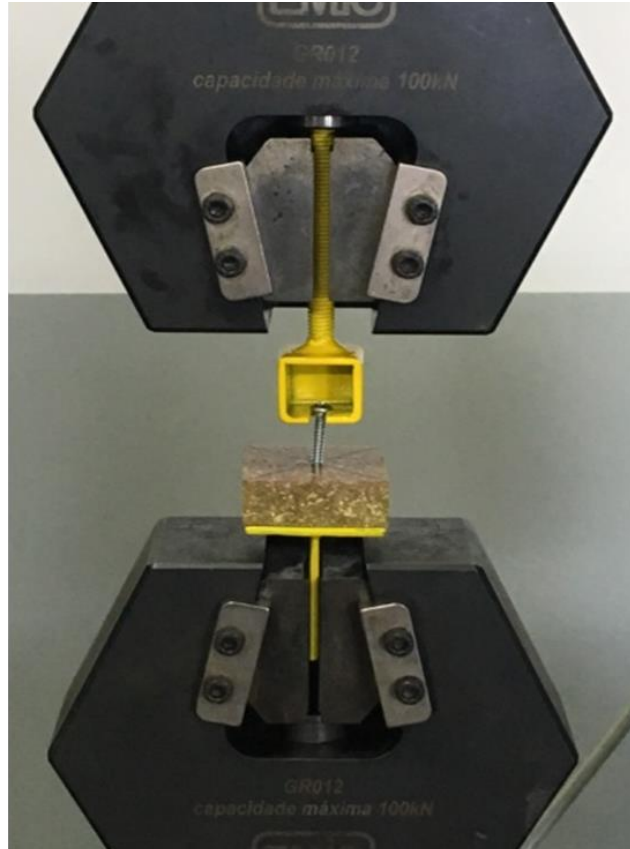
Fonte: As autoras (2019)



d)



e)



f)

Fotografia 12: Etapas para o ensaio de arrancamento do parafuso na superfície:
d), e) e f) furação da superfície do CP, fixação do parafuso para ensaio e
arrancamento em máquina universal de ensaio, respectivamente

Fonte: As autoras (2019)

Após análise dos resultados, foi verificada a qualidade do novo produto e as possibilidades de aplicação, levando em conta, obviamente, a viabilidade da proposta para o marceneiro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta os resultados alcançados ao longo do trabalho, referente aos estudos que antecederam a confecção do compósito até a produção em si. Os valores obtidos foram confrontados com os requisitos estipulados pela norma NBR 14810 (ABNT, 2018) e literaturas sobre o assunto.

4.1 Propriedades das partículas

4.1.1 Temperatura de Degradação

Os resultados obtidos para a temperatura de degradação das partículas de MDF e Pinus, por meio da termogravimetria, são apresentados nos gráficos 1, 2, 3 e 4.

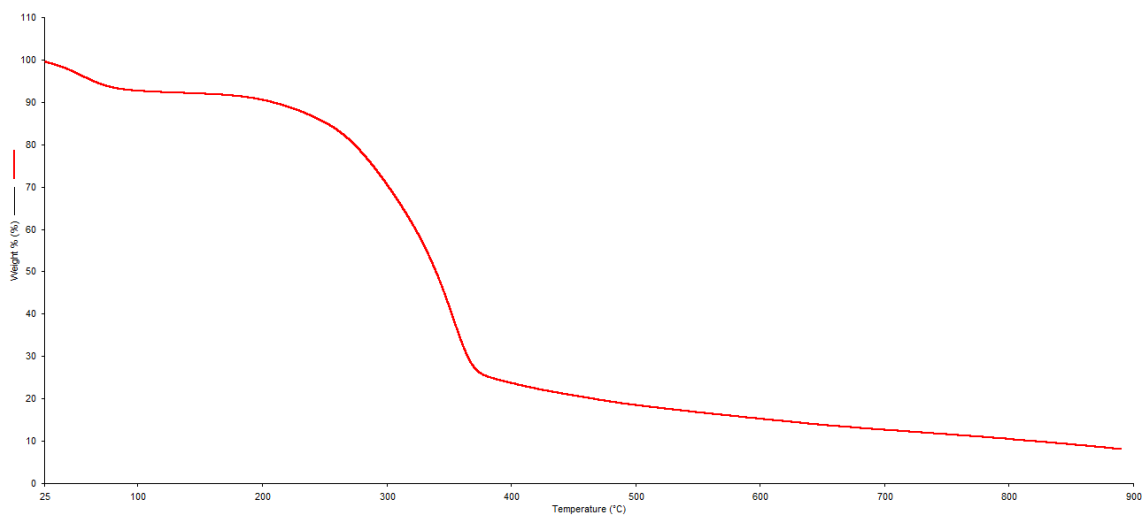


Gráfico 1: Curva da análise termogravimétrica do MDF
Fonte: As autoras (2019)

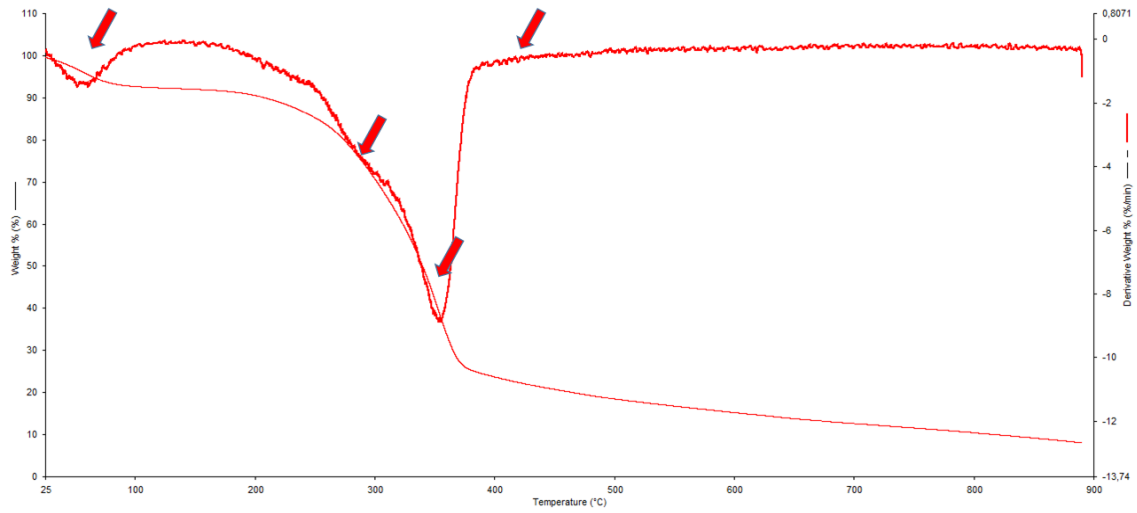


Gráfico 2: Os quatro degraus de perda de massa do resíduo de MDF
 Fonte: As autoras (2019)

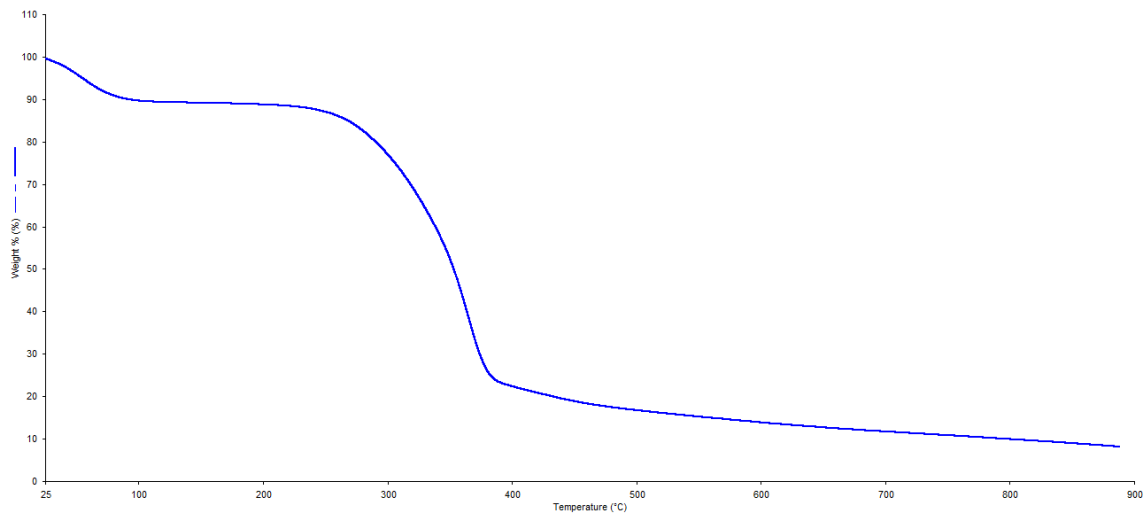


Gráfico 3: Curva da análise termogravimétrica do Pinus
 Fonte: As autoras (2019)

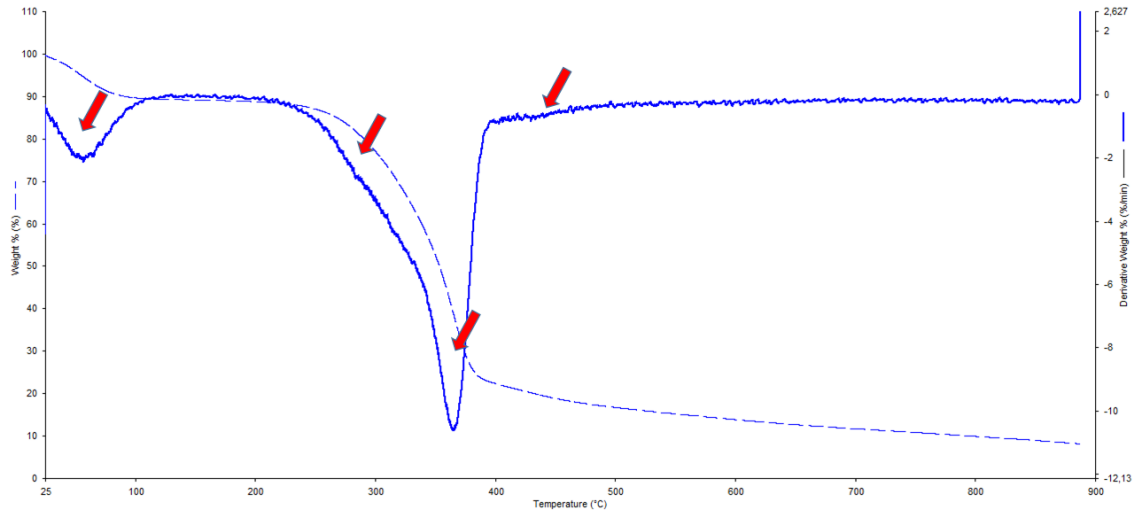


Gráfico 4: Os quatro degraus de perda de massa do resíduo de Pinus
Fonte: As autoras (2019)

Ambas as curvas apresentam quatro degraus de perda de massa conforme pode ser evidenciado pelas curvas da derivada.

A primeira perda se inicia a temperatura ambiente e vai até a temperatura de 100°C e é característica da perda de voláteis/umidade. O quadro 7 apresenta, de forma resumida, todos os resultados do referido ensaio.

Quadro 7: Valores obtidos a partir das curvas de TGA dos resíduos

Temperatura			25 - 120°C	120 - 700°C	890°C
Tipo de Resíduo	T _i	T _{onset}	1º Decaimento	2º Decaimento	Resíduo
MDF	154,20°C	242,10°C	7,55%	79,30%	8,00%
Pinus	192,10°C	280,10°C	10,52%	77,59%	8,17%

Fonte: As autoras (2019)

Na comparação dos dados obtidos foi possível determinar que o Pinus apresenta maior teor de umidade (10,52%) que o MDF (7,55%), sendo em ambos os

casos recomendada a secagem antes da realização dos ensaios de picnometria e da manufatura dos corpos de ensaio.

Os demais degraus de perda se apresentam concomitantes e por esse motivo foi feita uma única avaliação de variação de massa que apresentam perdas de 79,30% e 77,59% respectivamente para o MDF e o Pinus. Estes valores não apresentam variação estatística considerável, podendo se considerados equivalentes.

Os materiais que degradaram na faixa medida entre 120°C até aproximadamente 700°C, correspondem a perda de hemicelulose e da β -celulose (2º.decaimento), degradação da celulose (3º.decaimento) e lignina contida no material (4º. decaimento) (COSTA, 2018; CARVALHO, 2019).

As temperatura de início de degradação que são de 154,20°C para o MDF e 192,10°C para o Pinus e que foram confirmada pelas temperaturas de *onset* mostram que o Pinus é muito mais resistente a degradação que o MDF, tornando o mesmo mais interessante em termos de aplicabilidade.

4.1.2 Massa específica dos resíduos

As madeiras apresentaram massas específicas de $0,97 \pm 0,12 \text{ g.cm}^{-3}$ e $1,35 \pm 0,03 \text{ g.cm}^{-3}$ respectivamente para as amostras de Pinus e MDF, conforme demonstrado na tabela 4. No entanto, estes valores não estão de acordo com os dados encontrados na literatura que foram de aproximadamente $0,419 \text{ g.cm}^{-3}$ para o Pinus e entre 610 a 850 g.cm^{-3} para o MDF (EMBRAPA, 1991; ABIPA). Esta diferença ocorreu, provavelmente, devido a metodologia de análise aplicada e pela compactação do material, uma vez que os ensaios realizados via densidade aparente, onde se mede a massa e o volume e divide-se o primeiro pelo segundo, os resultados foram próximos aos dos encontrados na literatura (Pinus = $0,413 \text{ g.cm}^{-3}$ e MDF = $0,706 \text{ g.cm}^{-3}$).

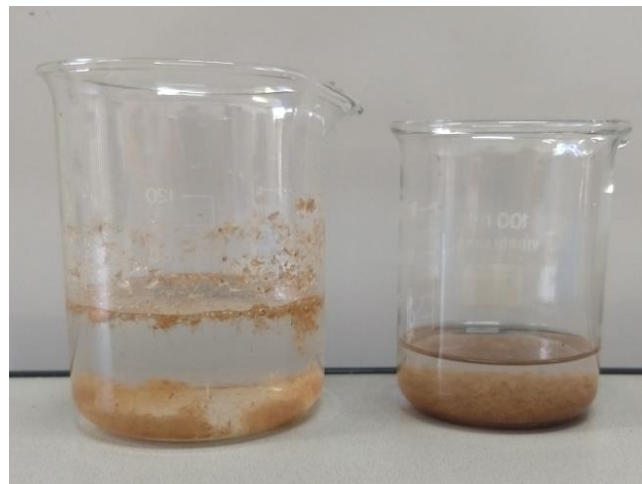
Contudo, os resultados encontrados pelo método de picnometria estão coerentes com o observado em laboratório, visto que as amostras de MDF, quando

colocadas em água afundavam (fotografia 13), enquanto que as de Pinus flutuavam (fotografia 14).

Tabela 4: Densidade do Pinus e do MDF

Amostras	Massa específica do Pinus ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	Massa específica do MDF ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)
1	0,97	1,34
2	0,85	1,30
3	1,09	1,40
Média	0,97	1,35
Desvio Padrão (DP)	0,12	0,03
Coefficiente de Variação (CV)	12,37%	2,22%

Fonte: As autoras (2019)



Fotografia 13: MDF em água x MDF em hexano

Fonte: As autoras (2019)



Fotografia 14: Pinus em água x Pinus em hexano

Fonte: As autoras (2019)





4.2 Composições executadas

Por se tratar de uma pesquisa de caráter exploratório, o primeiro estudo do compósito foi realizado utilizando a resina uréia-formaldeído por ser a mais utilizada nas indústrias moveleiras para a produção de painéis reconstituídos, além de ser solúvel em água, aceitar cargas e corantes e possuir fácil aplicação. Contudo, o resultado não foi satisfatório devido a algumas variáveis que interferiram no cumprimento de todas as especificações da resina e que impediram o melhor desempenho da amostra. Dessa forma, optou-se por realizar o mesmo experimento utilizando como base a resina epóxi por ter boa fluidez, facilidade de processamento, alta dureza e elevada resistência à abrasão e umidade.

Além do emprego de duas classes de resina, outras variáveis foram examinadas, como por exemplo, granulometria, proporção de resíduo e teor de fibra, sendo que essa última é responsável por verificar o maior volume de resíduo reaproveitável para a confecção do novo painel, considerando sempre uma certa quantidade de resina, pois eles são inversamente proporcionais. Quanto maior a quantidade de resíduo utilizado, menor a quantidade de resina utilizada, o que torna a peça final economicamente viável.





Os quadros 8 e 9 apresentam as composições dos experimentos realizados a base de uréia-formaldeído e a base de resina epóxi, respectivamente.

Quadro 8: Composições a base de uréia-formaldeído

<p style="text-align: center;">Experimento 1</p> <p>Proporção de resíduo: Pinus + MDF (70/30) Peneira: 28 mesh Teor de Fibra: 20%</p> 	<p style="text-align: center;">Experimento 2</p> <p>Proporção de resíduo: Pinus + MDF (70/30) Peneira: 28 mesh Teor de Fibra: 10%</p> 
<p style="text-align: center;">Experimento 3</p> <p>Proporção de resíduo: Pinus + MDF (70/30) Peneira: 14 mesh Teor de Fibra: 10% sem adição de farinha</p> 	<p style="text-align: center;">Experimento 4</p> <p>Proporção de resíduo: Pinus + MDF (70/30) Peneira: 28 mesh Teor de Fibra: 10%</p> 

Fonte: As autoras (2019)

Quadro 9: Composições a base de resina epóxi

<p style="text-align: center;">Experimento 5</p> <p>Proporção de resíduo: Pinus + MDF (70/30) Peneira: 14 mesh Teor de Fibra: 20%</p> 	<p style="text-align: center;">Experimento 6</p> <p>Proporção de resíduo: Pinus + MDF (70/30) Peneira: 14 mesh Teor de Fibra: 30%</p> 
<p style="text-align: center;">Experimento 7</p> <p>Proporção de resíduo: Pinus + MDF (70/30) Peneira: 28 mesh Teor de Fibra: 25%</p> 	<p style="text-align: center;">Experimento 8</p> <p>Proporção de resíduo: Pinus + MDF (75/25) Peneira: 28 mesh Teor de Fibra: 20%</p> 



Fonte: As autoras (2019)

Dessa forma, chegou-se à conclusão que a composição de melhor resultado foi a número 5, pois apresentou menor desperdício na fabricação, melhor acabamento e aspecto visual e suportou maior quantidade de teor de fibra respeitando as propriedades da resina, não ultrapassando adição de 25% que é o recomendado para painéis oriundos de resíduos sólidos. Além disso, a granulometria de 14 mesh utilizada neste experimento se mostrou mais indicada, uma vez que, para o marceneiro, ela é facilmente obtida sem muita perda de tempo e/ou gasto de energia.

4.3 Painéis aglomerados confeccionados

Com base na composição do experimento 5, foram produzidos os painéis aglomerados que estão ilustrados nas fotografias 15 e 16.



(a)



(b)

Fotografia 15: Painel 1 (a) Área superficial; (b) Área lateral
Fonte: As autoras (2019)



(c)



(d)

Fotografia 16: Painel 2 (a) Área superficial; (b) Área lateral
Fonte: As autoras (2019)

O uso de partículas provenientes de resíduo de marcenarias se mostrou satisfatório, pois evidenciou um excelente aspecto visual nos produtos. Esse fator pode ser considerado uma notável vantagem para o marceneiro, uma vez que potencializa as chances de agradar o cliente, reduz os custos com acabamentos e agrega conceitos ecológicos, como por exemplo, o *ecodesign*, que estão em evidência no mercado atual.

4.4 Propriedades físicas e mecânicas dos painéis aglomerados

A seguir são apresentados os resultados obtidos para as propriedades físicas e mecânicas dos painéis produzidos neste trabalho.

4.4.1 Teor de umidade

Conforme ilustrado na tabela 5, o teor de umidade médio obtido para os painéis aglomerados com resina epóxi foi de 1,98%, desvio padrão de 0,15% e coeficiente de variação 7,74%.

Tabela 5: Teor de Umidade (TU) dos painéis aglomerados

Amostra	Massa Úmida MU (g)	Massa Seca MS (g)	TU (%)
1	44,04	43,23	1,87
2	45,84	44,92	2,05
3	46,83	45,99	1,83
4	46,62	45,78	1,83
5	43,02	41,99	2,45
6	44,06	43,27	1,83
7	42,85	42,02	1,98
8	42,84	42,01	1,98
9	44,11	43,25	1,99
10	42,96	42,12	1,99
11	42,42	41,58	2,02
12	42,61	41,81	1,91
13	42,03	41,18	2,06
14	42,69	41,88	1,93
15	44,12	43,29	1,92
		Média	1,98
		DP	0,15
		CV (%)	7,74

Fonte: As autoras (2019)

Esse valor é abaixo do valor mínimo especificado pela NBR 14810-2 (ABNT, 2018) que é de 5 a 13%, conforme evidenciado no gráfico 5.

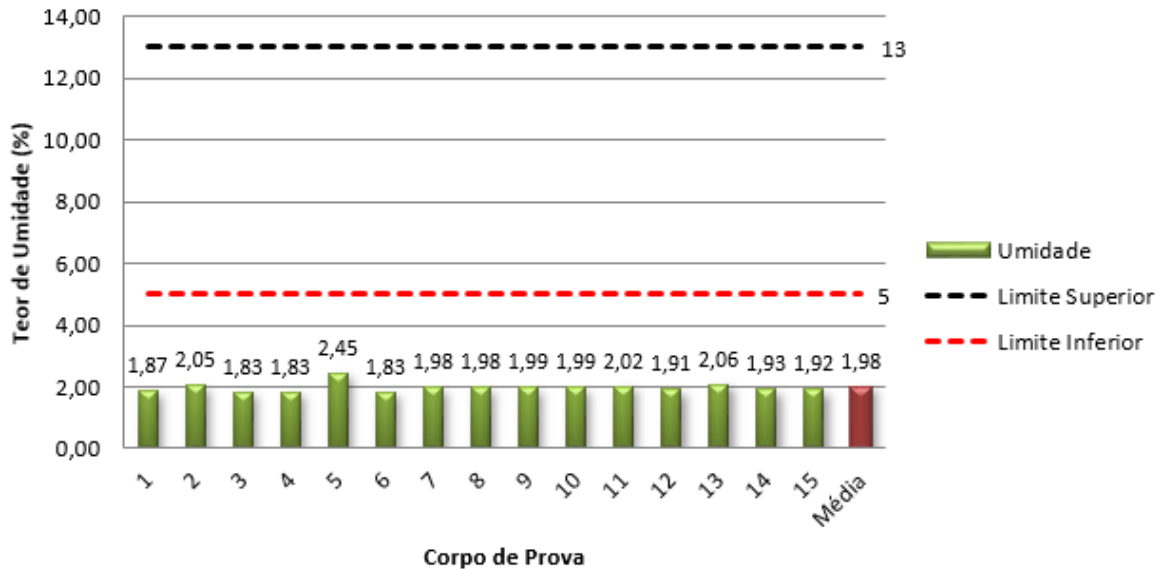


Gráfico 5: Teor de umidade dos painéis produzidos
Fonte: As autoras (2019)

O valor máximo encontrado para o teor de umidade foi de 2,45%. É possível que os valores baixos para este teste, em painéis aglomerados, tenham sido influenciados pelo fato de que o teor de umidade da madeira depende principalmente da umidade relativa e da temperatura do meio, ou seja, de acordo com o clima, a umidade do produto vai variar.

Além disto, a resina pode ter atuado como uma cobertura das fibras, não permitindo a saída destes materiais voláteis.

Apesar dos resultados obtidos não estarem dentro dos limites estabelecidos pela norma, eles podem ser considerados satisfatórios, pois o teste foi desenvolvido no ambiente cujo o clima é predominantemente tropical, e o teor baixo não se apresenta como um problema relevante.

4.4.2 Densidade média

Conforme pode ser visualizado no quadro 4, Classificação das Chapas Aglomeradas (IWAKIRI, 1987), painéis aglomerados com densidade acima de $0,80 \text{ g.cm}^{-3}$, são classificados como alta densidade. Consequentemente, os painéis produzidos obtiveram uma densidade aparente média igual a $1,0 \text{ g.cm}^{-3}$, se enquadrando nessa classificação como evidenciado na tabela 6. O desvio padrão encontrado foi de $0,02 \text{ g.cm}^{-3}$ e o coeficiente de variação de 2,04%.

Tabela 6: Valores para densidade aparente média dos painéis

Amostra	Massa (g)	Volume (mm ³)	Densidade (kg.m ⁻³)	Densidade (g.cm ⁻³)
11	42,42	42413,36	1000,16	1,00
12	42,61	42707,26	997,72	1,00
13	42,03	42164,71	996,81	1,00
14	42,69	44544,38	958,37	0,96
15	44,12	44196,91	998,26	1,00
16	41,32	41633,05	992,48	0,99
17	43,43	42477,83	1022,42	1,02
18	43,8	42281,83	1035,91	1,04
19	42,88	42386,50	1011,64	1,01
20	43,23	43463,52	994,63	0,99
		Média	1000,84	1,00
		DP	20,43	0,02
		CV (%)	2,04	2,04

Fonte: As autoras (2019)

Para avaliar a variação percentual da densidade (%) de cada corpo de prova ensaiado em relação à densidade média, utilizou-se a equação (6), e o resultado foi expresso no gráfico 6.

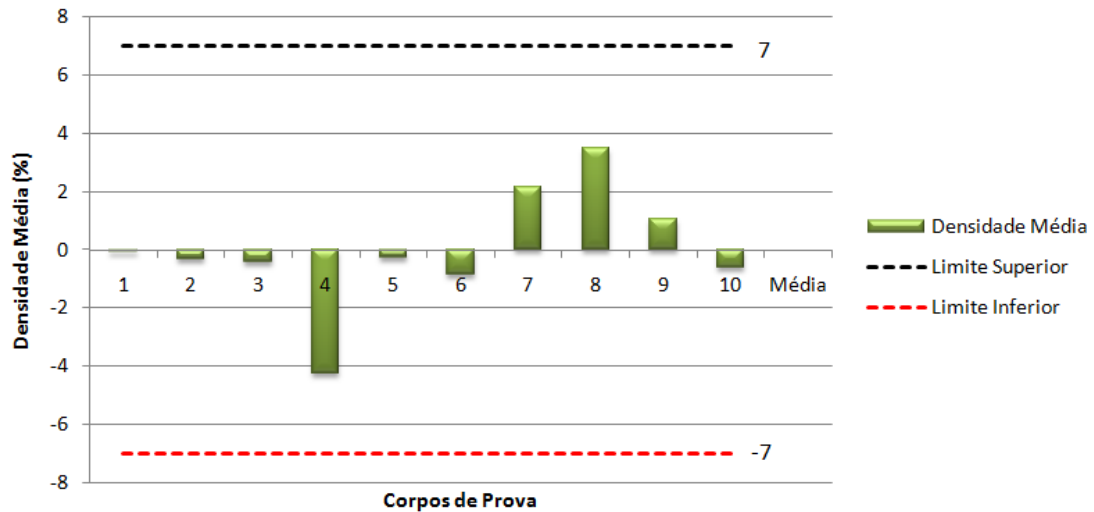


Gráfico 6: Densidade média em percentual dos corpos de prova
Fonte: As autoras (2019)

Conforme expresso no gráfico, a densidade percentual média dos corpos de prova não teve uma variação significativa e os valores encontrados estão dentro do recomendado pela NBR 14810-2 (ABNT, 2018), que prevê que a variação percentual da densidade dos painéis deve ser $\pm 7\%$.

4.4.3 Inchamento por 24h

O resultado do teste de inchamento durante 24 horas de imersão em água deionizada pode ser visualizado na Tabela 7. O teste foi realizado baseado na NBR 14810 (ABNT, 2018).

Dentre os dez valores obtidos no teste, apenas quatro foram levados em consideração devido a variáveis que interferiram no resultado final do teste, desta forma, optou-se por considerar um número reduzido de corpos de prova.

Tabela 7: Teste de inchamento após 24 horas de imersão em água deionizada

Amostra	Inchamento (%)
1	2,50
2	2,10
3	2,10
4	2,90
Média	2,40
DP	0,40
CV (%)	16,00

Fonte: As autoras (2019)

O valor médio do inchamento de 2,40% está dentro do especificado na NBR 14810 (ABNT, 2018) que é de 22% máximo, esse valor encontrado é reflexo da resina epóxi utilizada neste trabalho que tem elevada resistência a umidade dificultando assim o incremento de espessura. O coeficiente de variação, 16%, ficou elevado por ocorrer uma maior variação nos resultados que ficaram entre 2,10 e 2,90%.

4.4.4 Arrancamento do parafuso

A resistência ao arrancamento de parafuso foi realizada em dois pontos, no topo e na superfície, como exigido pela norma. Os gráficos 7 e 8 apresentam os valores médios de arrancamento de parafuso no topo (APT) e na superfície (APS) do painel, respectivamente.

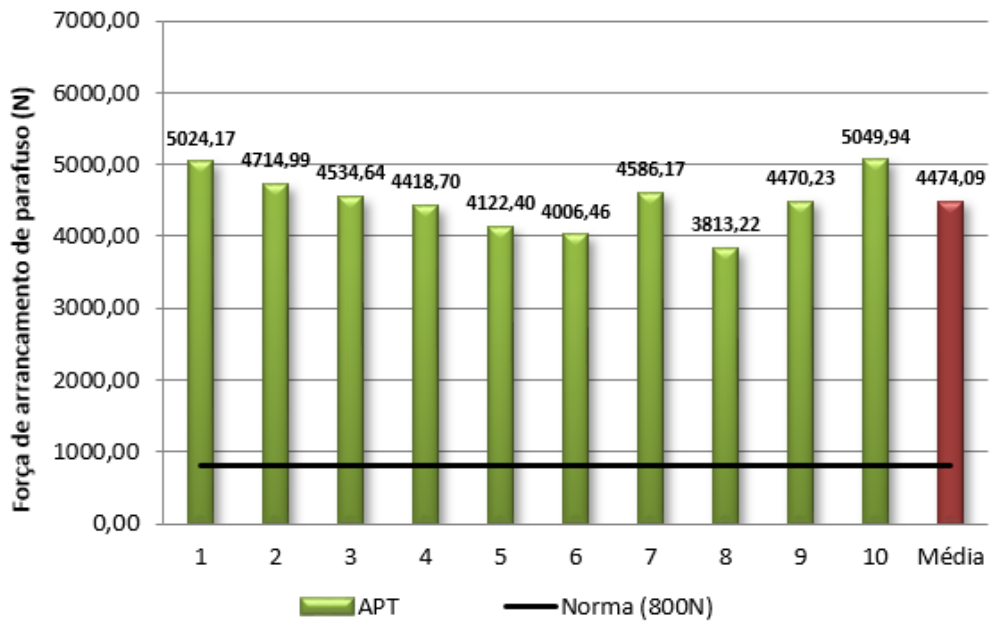


Gráfico 7: Força de arrancamento de parafuso no topo
Fonte: As autoras (2019)

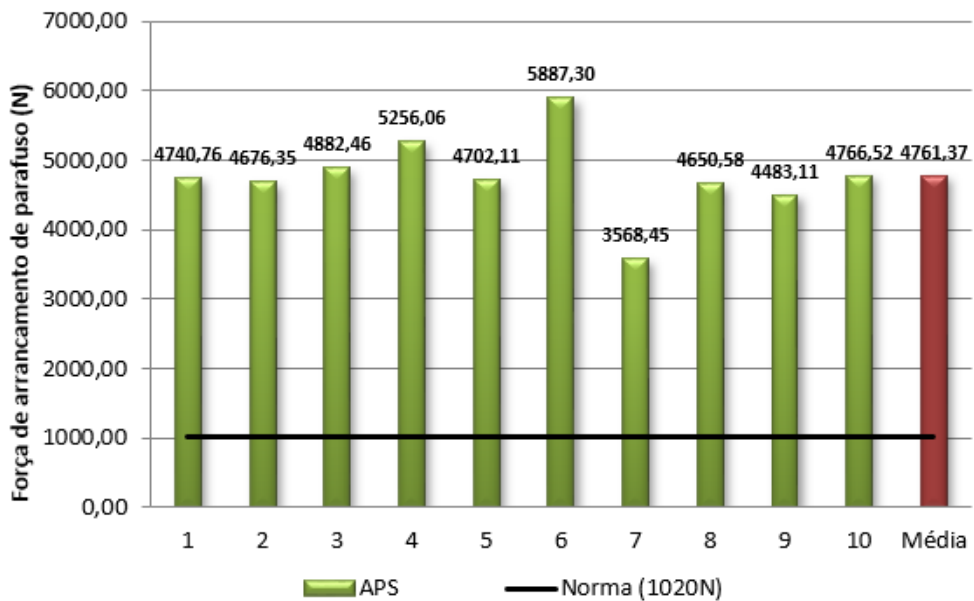


Gráfico 8: Força de arrancamento de parafuso na superfície
Fonte: As autoras (2019)

Os resultados obtidos no ensaio de arrancamento de parafuso no topo teve uma média de $4474,1 \pm 407$ N enquanto a norma estabelece um valor de 800 N e apresentou um coeficiente de variação de 9,10%. Já a força de arrancamento de parafuso na superfície expressou um valor médio de $4761,4 \pm 582,2$ N, bem acima do que a norma determina que é de 1020 N, com coeficiente de variação de 12,20%.

Os valores elevados para a força de arrancamento de parafuso, em comparação com a NBR 14810 (ABNT, 2018), estão relacionados ao teor de resina utilizado, porém como não foram feitos outros testes variando a proporção de resina não é possível fazer uma análise comparativa. Essa relação também é encontrada na densidade do painel que pode ser classificado como de alta densidade, isto é, os painéis ficaram bem compactados proporcionando maior resistência mecânica.

4.5 Viabilidade técnica para o marceneiro

Após as análises das propriedades físico-mecânicas do produto confeccionado, essa seção tem por objetivo discutir a viabilidade para o marceneiro reaproveitar os resíduos gerados no processo produtivo de uma marcenaria a fim de confeccionar novos painéis de madeira reconstituídos, tendo como base a resina epóxi.

Além disso, destina-se também a tratar sobre a inovação desenvolvida neste trabalho, uma vez que a maioria dos painéis aglomerados oferecidos no mercado tem em sua composição a resina de uréia-formaldeído e tem como característica a pouca resistência à umidade, o que foi confrontado com os resultados desta pesquisa. E ainda reiterar a importância da transformação do resíduo em subproduto levando em consideração a sustentabilidade.

Apesar das indústrias moveleiras apostarem fortemente na produção dos painéis compostos de resina uréia-formaldeído, e esta apresentar um custo mais acessível, pode-se comprovar que a produção com resina epóxi também é viável se levarmos em consideração os fatores listados no quadro 10.

Quadro 10: Quadro comparativo entre resina UF e Epóxi

Fatores	RESINAS	
	UF	EPÓXI
Preço	Acessível	Oneroso
Equipamentos	Prensa térmica; Estufa	Estufa
Manutenção preventiva	Necessária	
Acabamento	Fórmica PET	Opcional
Manuseio	Complexo	Fácil
Acessibilidade	Restrita	Disponível
Legalização ambiental	Necessária	Não se aplica

NOTA: A análise comparativa desses fatores se deu levando em consideração a aplicação exclusiva na produção de painéis reconstituídos. O uso em outras áreas não foi considerado. Fonte: As autoras (2019)

O quadro 10 apresenta as vantagens e desvantagens de se aplicar os dois tipos de resina. Em relação a uréia-formaldeído, pode-se dizer que apresenta um custo mais acessível, entretanto, necessita de alto investimento em equipamentos, acabamento na superfície do painel e complexidade no manuseio, uma vez que a mesma é tóxica tanto para o operador quanto para o meio ambiente. Já a resina epóxi, apresenta um preço mais elevado, porém quando comprada em grande quantidade, tem seu custo reduzido consideravelmente. Requer mínimo investimento em equipamento, não necessita de acabamento e há facilidade em seu preparo e manuseio.

Dessa forma, pode-se dizer que é vantajoso para o marceneiro confeccioná-la seguindo a composição estabelecida neste trabalho, pois poderá oferecer um produto diferenciado no mercado, altamente resistente e com excelente acabamento e aspecto visual.

5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados gerados nesta pesquisa, conclui-se que:

- É viável o reaproveitamento dos resíduos de marcenarias como fonte de matéria-prima para a produção de novos painéis aglomerados, pois, além de permitir a transformação do resíduo em subproduto, contribui com o meio ambiente apresentando-se como uma solução sustentável para o descarte.
- A criação do compósito resultou em um produto inovador no mercado, pois o uso de resinas termorrígidas, a base de epóxi, aplicadas na produção de painéis reconstituídos não são disseminadas no mercado.
- Por exigir um número reduzido de equipamentos na confecção dos painéis, a resina epóxi se mostra vantajosa para as pequenas indústrias moveleiras expandirem o seu portfólio, uma vez que requer baixo investimento tecnológico.
- A resistência obtida nos painéis foi considerada acima da média, o que comprova a qualidade do produto produzido, proporcionando ao marceneiro oferecer ao cliente um produto inovador e diferenciado.
- Uma das maiores vantagens desse compósito é a sua versatilidade, pois pode ser aplicado de várias formas e em diferentes seguimentos, desde pisos e rodapés até tampões de mesa e objetos de decoração, podendo oferecer aos clientes peças exclusivas.
- Este produto permite que a empresa tenha como diferencial a produção sustentável que cada vez mais atrai clientes conscientizados e que apoiam essa ideia, agregando conceitos ecológicos.
- O compósito obteve um excelente aspecto visual tornando-o vantajoso em relação aos demais produtos que necessitam de reparos finais após sua fabricação, pois reduz ao máximo seus custos de acabamento.

- O desenvolvimento deste trabalho se mostrou importante pelas possibilidades de otimização de processos que apresentou. Pensando de forma macro, caso este projeto se transforme em prática usual nas empresas marceneiras, o mesmo contribuirá de forma fundamental para o aumento da produtividade e geração de valor de um segmento importante da economia.

6 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se, para os trabalhos futuros:

- Ajustes nos parâmetros de confecção para que algumas propriedades físicas avaliadas possam ser atendidas conforme requisitos da norma brasileira de painéis de partícula de média densidade.
- Refazer o teste de teor de umidade utilizando outras técnicas.
- Repetir o teste de inchamento em espessura por 24 horas.
- Avaliar economicamente a viabilidade para o marceneiro reinserir esse resíduo no ciclo produtivo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA - ABIPA, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA MOVELEIRA - ABIMOVEL, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10004 – **Resíduos Sólidos – Classificação**. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14810 – 1 – **Painéis de partículas de média densidade** – Parte 1 – Terminologia. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14810 – 2 – **Painéis de partículas de média densidade** – Parte 2 – Requisitos e Métodos de Ensaio. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15316 **Painéis de fibras de média densidade** – Terminologia. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 1096 **Madeira Compensada – Classificação** - 2006

ASSOCIAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DE MÓVEIS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - MOVERGS, 2019.

AZAMBUJA, R. da R. **Aproveitamento de resíduos de construção e demolição para produção de painéis aglomerados**. 2015. 105 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba. 2015.

BAGGIO, Airton. **Aproveitamento dos resíduos de compósitos à base de resina poliéster e fibra de vidro**. Dissertação (Pós-graduação em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp, Botucatu, 2005.

BASTOS, Rubens Topal de Carvalho; POZO, Hamilton. **A influência da lei federal nº 12.305/10 na maneira com que as micro e pequenas empresas da região de**

Guarulhos tratam seus resíduos sólidos. Anais do III SINGEP e II S2IS. São Paulo, 2014.

BLAZUS, A.; HORA, A. B. da; LEITE, B. G. P. **Panorama de mercado: painéis de madeira.** BNDES Setorial 32. p. 49-90, 2010.

BRAGA, E.; SARROUF, L. **Aquisição responsável de madeira na construção civil.** Guia Prático para as Construtoras, WWF - Brasil / SindusCon, São Paulo, SP, Brasil, 2011.

CAMPOS, C. I; LAHR F. A. R. **Estudo Comparativo dos Resultados de Ensaio de Tração Perpendicular para MDF Produzido em Laboratório com Fibras de Pinus e de Eucalipto Utilizando Uréia-Formaldeído.** Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. Matéria, vol. 9, Nº 1 (2004) 32 - 42.

CARNEIRO, L. A. V.; TEIXEIRA, A. M. A. J. **Propriedades e características dos materiais compósitos poliméricos aplicados na Engenharia de Construção.** Revista Militar de Ciência e Tecnologia, v. 3, 2008.

CARVALHO, J. A. L. **Compósitos de resina benzoxazina / biomassa extraída do resíduo da lavagem do açaí: obtenção e caracterização.** 2019. 101 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) – Universidade de Volta Redonda - UniFOA, Volta Redonda, 2019.

CASSILHA, A. C.; PODLASEK, C. L.; JUNIOR, E. F. C.; SILVA, M. C. da; MENGATTO, S. N. F. **Indústria moveleira e resíduos sólidos: considerações para o equilíbrio ambiental.** Revista Educação e Tecnologia, Curitiba, n. 8, set. 2004.

COSTA, A.C.A. **Obtenção e caracterização de compósitos de benzoxazina reforçados com fibra da casca de noz-macadâmia.** 2018. 81 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) – Universidade de Volta Redonda - UniFOA, Volta Redonda, 2018.

COSTA, M. L. **Efeitos do conteúdo de vazios no comportamento mecânico de compósitos avançados carbono/epóxi e carbono/bismaleimida.** 2002. 201f. Tese (Doutorado em Ciência - Física e Química de Materiais Aeroespaciais) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2002.

DE LIMA, E. G.; DA SILVA, D. A. **Resíduos gerados em indústrias de móveis de madeira situadas no polo moveleiro de Arapongas - PR.** Floresta, Curitiba, v. 35, n. 1, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA.

Densidade básica da madeira de espécies de Pinus tropicais determinada através de métodos não-destrutivos.1991.

EUCATEX. **Sustentabilidade Eucatex.** Disponível em: <<https://www.eucatex.com.br/sustentabilidade/reciclagem-eucatex>>. Acesso 24 jun. 2019.

FEITOSA, B. C. **Aproveitamento dos resíduos de madeira no Pará.** 2008.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - FEPAM. Portaria Nº 009/2012. 08. fev. 2012

GONZAGA, A, L. **Madeira: Uso e Conservação.** Brasília, DF. IPHAN/MONUMENTA, 2006.

GREENPEACE - **Greenpeace e Ibama monitoram transporte de madeira em área de conflito no Pará** - Notícia - 16 - nov – 2005.

HERNANDES, C. **Caracterização e seleção de sistemas de resina epóxi para a utilização em compósitos de aplicação aeroespacial.** 1995. 94f. Dissertação (Mestrado em Ciências: Física e Química dos Materiais Aeroespaciais) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São Jose dos Campos, 1995.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA, 2007

IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira Reconstituída.** 1ª edição. 2002.

IWAKIRI, S. **Produção de painéis de madeira aglomerada de alta densificação com diferentes tipos de resinas.** SCIENTIA FORESTALIS n. 68, p.39-43, ago. 2005.

IWAKIRI, S. **Resíduos de serrarias na produção de painéis de madeira aglomerada de eucalipto.** Scientia agraria, v.1, n. 1-2, p. 23-28, 2000. Editora da UFPR.

KOTLER, P. **Administração de marketing.** São Paulo: Atlas, 1996.

KULLA, D.; TERNAUX, É.; HIRSINGER, Q. **Materiologia - O Guia Criativo de Materiais e Tecnologias**. Editora Senac. São Paulo. 2012

KUMAR, K. S. S., BIJU, R., NAIR, C. P. R. (2012). **Progress in shape memory epoxy resins**. *Reactive e Functional Polymers*. 73: 421 – 430.

MICHAUD, C.; LLERENA, D. **Green Consumer Behaviour: an Experimental Analysis of Willingness to Pay for Remanufactured Products**. *Business Strategy and the Environment*, 20, p. 408-420, 2011.

OLIVEIRA, L. C. S. **Obtenção e caracterização de um compósito de matriz de resina de poliéster e resíduos de madeira produzidos em marcenarias**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017

Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). **Logística Reversa**. Art. 3º, XII.

Portal Mundo Husqvarna. **As principais madeiras brasileiras e possibilidades de uso**. Ano I - Janeiro de 2016 - nº 8. Editorial: Doxxa. Disponível em: <www.mundohusqvarna.com.br>. Acesso 16 set. 2019.

REVISTA DA MADEIRA. **Processo produtivo de chapa de fibra de média densidade (MDF)**. Edição nº 71. Maio de 2003. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=330&subject=MDF&title=Processo%20produtivo%20de%20chapa%20de%20fibra%20de%20m%E9dia%20densidade%20\(MDF\)](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=330&subject=MDF&title=Processo%20produtivo%20de%20chapa%20de%20fibra%20de%20m%E9dia%20densidade%20(MDF))>. Acesso 25 jun. 2019.

REZENDE, M. T.; AMARAL, S. P. **Avaliação dos principais sistemas de certificação florestal praticados no mundo de interesse para o Brasil**. III CNEG – Congresso Nacional de Excelência em Gestão; Anais. Niterói, RJ, 17, 18 e 19 de agosto de 2006.

SUCHSLAND, O.; WOODSON, G. E. **Fiberboard manufacturing practices in United States**. Washington, DC: USDA, 1987.

TAMASHIRO, H.; NIELSEN, F. A. G.; SILVEIRA, J. A.G. D. **Comportamento do Consumidor de Produtos Verdes ou Ecológicos**. Editora: Paco Editorial, 1ª Edição, 2018.

TEIXEIRA, Marcelo G.; CÉSAR, S. F. **Produção de compósito com resíduo de madeira no contexto da ecologia industrial**. Madeira: arquitetura e engenharia. Bahia, v. 7, n. 19, 2012.

TREIN, F. A.; DOS SANTOS, A. **Material compósito de resíduos de MDF e MDP estruturados em matriz de PVC para produtos alinhados pelo Ecodesign**. Blucher Design Proceedings. Rio de Janeiro, v. 2, n. 5, p. 377-388, 2015.

UEHARA, T. H. K.; VILLELA, M.; BETIOL, L. S.; PRADO, O.; GOMES, C. P. R. - **Poder público e consumo de madeira: desafios e alternativas para a gestão responsável da madeira amazônica**. São Paulo. Programa Gestão Pública e Cidadania, FGV, 2011.

WEBER, C. **Estudo sobre viabilidade de uso de resíduos compensados, MDF e MDP para produção de painéis aglomerados**. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011

WORLD WIDE FUND FOR NATURE - WWF. **Boas práticas para manter a madeira ilegal fora de seus negócios**. Seja legal, 2006.

ZENID, G. J. **MADEIRA: Uso sustentável na construção civil**. 2ª edição. São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas: SVMA, 2009.

8 ANEXOS

Anexo A (normativo)

Resíduos perigosos de fontes não específicas

Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituinte perigoso	Característica de periculosidade
F001	Os seguintes solventes halogenados usados, utilizados em desengraxe: tetracloroetileno; tricloroetileno; dicloro metano; 1,1,1-tricloroetano; tetracloreto de carbono e fluorocarbonetos clorados, além de resíduos originados no processo de recuperação destes solventes ou de misturas que os contenham	Tetracloroetileno, diclorometano, tricloroetileno, 1,1,1-tricloroetano, tetracloreto de carbono, fluorocarbonos clorados	Tóxico
F002	Os seguintes solventes halogenados usados: tetracloroetileno; 1,1,1-tricloroetano; dicloro metano; tricloroetileno; 1,1,2-tricloroetano, clorobenzeno; 1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoretano; orto-diclorobenzeno; triclorofluorometano, além de resíduos originados no processo de recuperação destes solventes ou de misturas que os contenham	Tetracloroetileno, diclorometano, tricloroetileno, 1,1,1-tricloroetano, clorobenzeno, 1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoretano, ortodoclorobenzeno, triclorofluorometano, 1,1,2-tricloroetano	Tóxico
F003	Os seguintes solventes não halogenados usados: xileno, acetona, acetato de etila, etilbenzeno, éter etílico, metilisobutilcetona, n-butanol, ciclohexanona e metanol, além de resíduos originados no processo de recuperação destes solventes ou de misturas que os contenham	Não aplicável	Inflamável
F004	Os seguintes solventes não halogenados usados: cresóis, ácido cresílico e nitrobenzeno, além de resíduos originados no processo de recuperação destes solventes ou de misturas que os contenham	Cresóis, ácido cresílico e nitrobenzeno	Tóxico
F005	Os seguintes solventes não halogenados usados: tolueno, metiletilcetona, dissulfeto de carbono, metil-1-propanol (isobutanol), piridina, benzeno, 2etoxietanol e 2-nitropropano, além de resíduos originados no processo de recuperação destes solventes ou de misturas que os contenham	Tolueno, metiletilcetona, dissulfeto de carbono, piridina, isobutanol, 2etoxietanol, benzeno, 2nitropropano	Inflamável, tóxico

Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituinte perigoso	Característica de periculosidade
F006	Lodos do tratamento de efluentes líquidos provenientes de operações de eletrodeposição, exceto os originários dos seguintes processos: (1) anodização do alumínio com ácido sulfúrico; (2) revestimento do aço-carbono com estanho; (3) revestimento do aço-carbono com zinco; (4) revestimento do aço-carbono com alumínio ou zincoalumínio; (5) operações de limpeza/extração associadas com revestimentos de estanho, zinco e alumínio no aço-carbono e (6) gravura e estampagem química do alumínio	Cádmio, cromo hexavalente, níquel, cianeto (complexo)	Tóxico
F007	Soluções exauridas de cianeto provenientes de operações de galvanoplastia	Cianeto (sais)	Reativo, tóxico
F008	Lodos provenientes do fundo de tanques de banhos galvanoplásticos nos quais foram usados cianetos	Cianeto (sais)	Reativo, tóxico
F009	Soluções galvanoplásticas de extração e limpeza exauridas nas quais foram utilizados cianetos	Cianeto (sais)	Reativo, tóxico
F010	Resíduos de banhos de têmpera provenientes dos banhos de óleo, empregados nas operações de tratamento térmico de metais, nos quais são utilizados cianetos	Cianeto (sais)	Reativo, tóxico
F011	Soluções de cianeto exauridas provenientes da limpeza do cadinho de banho salino das operações de tratamento térmico de metais	Cianeto (sais)	Reativo, tóxico
F012	Lodos originados no tratamento de efluentes líquidos provenientes dos banhos de têmpera das operações de tratamento térmico de metais nos quais são utilizados cianetos	Cianeto (complexo)	Tóxico
F014	Sedimentos de fundo de lagoa de descarga do tratamento de efluentes líquidos do processo de cianetação utilizado nas operações de extração de metais contidos em minérios	Cianeto (complexo)	Tóxico
F015	Soluções exauridas que contenham cianeto e sejam provenientes dos banhos utilizados nas operações de extração de metais contidos em minérios	Cianeto (sais)	Reativo, tóxico
F017	Resíduos e lodos de tinta provenientes da pintura industrial	Cádmio, cromo, chumbo, cianeto, tolueno, tetracloroetileno	Tóxico

Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituinte perigoso	Característica de periculosidade
F018	Lodos originados no sistema de tratamento de efluentes líquidos da pintura industrial	Cádmio, cromo, chumbo, cianeto, tolueno, tetracloroetileno	Tóxico
F019	Lodos de tratamento de efluentes líquidos provenientes do revestimento do alumínio por conversão química, com exceção dos provenientes da fosfatização com zircônio de latas de alumínio quando este processo é exclusivo de revestimento	Cromo hexavalente, cianeto (complexo)	Tóxico
F020	Resíduos (exceto efluentes líquidos e carvão usado provenientes da purificação do ácido clorídrico) da produção ou uso (como reagente, intermediário químico ou componente em um processo de formulação) de tri- ou tetraclorofenol, ou de intermediários usados para produzir seus derivados pesticidas, com exceção dos resíduos originados na produção de hexaclorofeno a partir de 2,4,5-triclorofenol altamente purificado	Tetra- e pentaclorodibenzo-p-dioxinas; tetra- e pentaclorodibenzofuranos; tri- e tetraclorofenóis, bem como ácidos, ésteres Éteres, aminas e outros sais clorofenóxi-derivados	Altamente tóxico
F021	Resíduos (exceto efluentes líquidos e carvão usado provenientes da purificação do ácido clorídrico) da produção ou uso (como reagente, intermediário químico ou componente em um processo de formulação) de pentaclorofenol ou de intermediários utilizados na produção de seus derivados	Penta- e hexaclorodibenzo-p-dioxinas; penta e hexaclorodibenzofuranos; pentaclorofenol e seus derivados	Altamente tóxico
F022	Resíduos (exceto efluentes líquidos e carvão usado provenientes da purificação do ácido clorídrico) da produção ou uso (como reagente, intermediário químico ou componente em um processo de formulação) de tetra-, penta- ou hexaclorobenzenos sob condições alcalinas	Tetra-, penta- e hexaclorodibenzo-p-dioxinas; tetra-, penta- e hexaclorodibenzofuranos	Altamente tóxico
F023	Resíduos (exceto efluentes líquidos e carvão usado provenientes da purificação do ácido clorídrico) da produção de substâncias em equipamentos previamente utilizados na produção ou uso (como reagente, intermediário químico ou componente em um processo de formulação) de tri- ou tetraclorofenol, exceto os resíduos de equipamentos utilizados somente na produção de hexaclorofeno a partir de 2,4,5-triclorofenol altamente purificado	Tetra- e pentaclorodibenzo-p-dioxinas; tetra- e pentaclorodibenzofuranos; tri- e tetraclorofenóis, bem como ácidos, ésteres, éteres, aminas e outros sais clorofenóxi-derivados	Altamente tóxico

Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituinte perigoso	Característica de periculosidade
F024	Resíduos da produção de hidrocarbonetos alifáticos clorados, com um a cinco átomos de carbono, por meio de reações de radicais livres envolvendo catálise, incluindo, mas não se limitando a, resíduos de destilação, fundos de coluna, alcatrões e resíduos de limpeza de reator, exceto os citados no anexo B	Clorometano, diclorometano, triclorometano, tetracloro de carbono, cloroetileno, 1,1dicloroetano, 1,2-dicloroetano, trans-1,2-dicloroetileno, 1,1dicloroetileno, 1,1,1-tricloroetano, 1,1,2-tricloroetano, tricloroetileno, 1,1,1,2tetracloroetano, 1,1,1,2,2tetracloroetano, tetracloroetileno, pentacloroetano, hexacloroetano, cloreto de alila, (3-cloropropeno), dicloropropano, dicloropropeno, 2-cloro-1,3-butadieno, hexacloro-1,3-butadieno, hexaclorociclopentadieno, hexaclorociclo-hexano, benzeno, clorobenzeno, diclorobenzenos, 1,2,4triclórobenzenos, tetraclorobenzeno, pentaclorobenzeno, hexaclorobenzeno, tolueno, naftaleno	Tóxico
F025	Resíduos da produção de hidrocarbonetos alifáticos clorados, com um a cinco átomos de carbono e número variável de átomos de cloros em posições diversas, por meio de reações de radicais livres envolvendo catálise, incluindo fração leve de destilação, filtros usados e seus suportes, bem como dessecantes usados	Clorometano, diclorometano, triclorometano, tetracloro de carbono, cloroetileno, 1,1dicloroetano, 1,2-dicloroetano, trans-1,2-dicloroetileno, 1,1dicloroetileno, 1,1,1-tricloroetano, 1,1,2-tricloroetano, tricloroetileno, 1,1,1,2tetracloroetano, 1,1,1,2,2tetracloroetano, tetracloroetileno, pentacloroetano, hexacloroetano, cloreto de alila, (3-cloropropeno), dicloropropano, dicloropropeno, 2-cloro-1,3-butadieno, hexacloro-1,3-butadieno, hexaclorociclopentadieno, hexaclorociclohexano, benzeno, clorobenzeno, diclorobenzenos, 1,2,4-triclórobenzenos, tetraclorobenzeno, pentaclorobenzeno, hexaclorobenzeno, tolueno, naftaleno	Tóxico

Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituinte perigoso	Característica de periculosidade
F026	Resíduos (exceto efluentes líquidos e carvão usado provenientes da purificação do ácido clorídrico) da produção de substâncias em equipamentos previamente utilizados na produção ou uso (como reagente, intermediário químico ou componente em um processo de formulação) de tetra-, penta- ou hexaclorobenzeno em condições alcalinas	Tetra-, penta- e hexaclorodibenzo-p-dioxinas, tetra-, penta- e hexaclorodibenzofuranos	Altamente tóxico
F027	Formulações descartadas contendo tri-, tetra- ou pentaclorofenol ou formulações descartadas sem uso contendo compostos químicos derivados destes clorofenóis, com exceção das formulações contendo hexaclorofeno sintetizado a partir de 2,4,5-triclorofenol purificado como único componente de partida	Tetra-, penta- e hexaclorodibenzo-p-dioxinas; tetra-, penta- e hexaclorodibenzofuranos; tri-, tetra- e pentaclorofenóis bem como ácidos, ésteres, éteres, aminas e outros sais clorofenoxi-derivados	Altamente tóxico
F028	Resíduos resultantes da incineração ou tratamento térmico de solo contaminado com resíduos F020, F021, F022, F023, F026 ou F027	Tetra-, penta- e hexaclorodibenzo-p-dioxinas; tetra-, penta- e hexaclorodibenzofuranos; tri-, tetra- e pentaclorofenóis, bem como ácidos, ésteres, éteres, aminas e outros sais clorofenoxi-derivados	Tóxico
F032	Efluentes líquidos e resíduos originados no processo de preservação da madeira, provenientes de plantas que utilizam ou tenham utilizado formulações clorofenólicas. Esta listagem não inclui lodos K001 do anexo B do tratamento de efluentes líquidos dos processos de preservação da madeira que utilizam creosoto e/ou pentaclorofenol	Benzo(a)antraceno; benzo(a)pireno; dibenzo(a,h)antraceno; indeno(1,2,3-cd)pireno; pentaclorofenol; arsênio; cromo; tetra-, penta-, hexa- e heptaclorodibenzo-p-dioxinas; tetra-, penta-, hexa- e heptaclorodibenzofuranos	Tóxico
F034	Efluentes líquidos e resíduos originados no processo de preservação da madeira, provenientes de plantas que utilizam formulações contendo creosoto. Esta listagem não inclui lodo K001 do anexo B, do tratamento de efluentes líquidos dos processos de preservação da madeira que usam creosoto e/ou pentaclorofenol	Benzo(a)antraceno; benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno; dibenzo(a,h)antraceno; indeno(1,2,3-cd)pireno; naftaleno; arsênio; cromo	Tóxico

Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituinte perigoso	Característica de periculosidade
F035	Efluentes líquidos e resíduos originados no processo de preservação da madeira, provenientes de plantas que utilizam conservantes inorgânicos contendo arsênio ou cromo. Esta listagem não inclui lodo K001 do anexo B, do tratamento de efluentes líquidos dos processos de preservação da madeira que usam creosoto e/ou pentaclorofenol	Arsênio; cromo; chumbo	Tóxico
F037	Lodo resultante da separação primária de água/óleo de refinaria de petróleo. Qualquer lodo gerado na separação gravitacional de água/óleo/sólido originado na estocagem ou tratamento de efluentes líquidos provenientes do resfriamento de óleos ou outros processos em refinarias de petróleo	Benzeno, benzo (a) pireno, criseno, chumbo, cromo	Tóxico
F038	Lodo resultante da separação secundária de água/óleo emulsificado de refinaria de petróleo. Qualquer lodo e/ou material flotante gerado da separação física e/ou química de água/óleo no processo de efluentes líquidos oleosos de refinarias de petróleo. Exceto os resíduos F037 do anexo A e resíduos K048 e K051 do anexo B	Benzeno, benzo (a) pireno, criseno, chumbo, cromo	Tóxico
F039	Quaisquer lixívias ou líquidos percolados provenientes da disposição de um ou mais resíduos constantes neste anexo, exceto F040	Não aplicável	Tóxico
F040	Quaisquer lixívias ou líquidos percolados provenientes da disposição de um ou mais dos seguintes resíduos: F020, F021, F022, F026, F027 ou F028	Ver constituintes dos resíduos F020, F021, F022, F026, F027 e F028	Tóxico
F041	Pós e fibras de amianto (asbesto)	Amianto	Tóxico
F042	Acumuladores elétricos à base de chumbo e seus resíduos	Chumbo, ácido sulfúrico	Tóxico, corrosivo
F043	Cinzas provenientes da incineração de placas de circuito impresso contendo metais preciosos	Não aplicável	Tóxico
F044	Lâmpada com vapor de mercúrio após o uso	Mercúrio	Tóxico

Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituinte perigoso	Característica de periculosidade
F100	Óleos de isolamento térmico ou de refrigeração usados. Fluidos dielétricos, equipamentos, materiais e resíduos contaminados com bifenilas policloradas (PCB)	Bifenilas policloradas (PCB)	Tóxico
F130	Óleo lubrificante usado ou contaminado	Não aplicável	Tóxico
F230	Fluido e óleo hidráulico usado	Não aplicável	Tóxico
F330	Óleo de corte e usinagem usado	Não aplicável	Tóxico
F430	Óleos usados em isolamento elétrico, térmico ou de refrigeração	Não aplicável	Tóxico
NOTA Não aplicável - Termo empregado quando o resíduo enquadra-se como perigoso pela presença de um grande número de constituintes perigosos ou pelo efeito do conjunto destes.			

Anexo B (normativo)

Resíduos perigosos de fontes específicas

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Preservação de madeira	K001	Lodos provenientes do fundo de tanques de tratamento de efluentes líquidos originados nos processos de preservação de madeira que utilizam creosoto e/ou pentaclorofenol	Triclorofenóis, tetraclorofenóis, pentaclorofenol, fenol, 2clorofenol, p-cloro-m-cresol, 2,4-dimetilfenol, 2,4-dinitrofenol, creosoto, criseno, naftaleno, fluoranteno, benzo(b)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno(1,2,3c,d)pireno, benzo(a)antraceno, dibenzo(a)antraceno, acenaftaleno	Tóxico
Pigmentos inorgânicos	K002	Lodo de tratamento de efluentes líquidos originados na produção de pigmentos laranja e amarelo de cromo	Cromo hexavalente, chumbo	Tóxico
	K003	Lodo de tratamento de efluentes líquidos originados na produção de pigmento laranja de molibdato	Cromo hexavalente, chumbo	Tóxico
	K004	Lodo de tratamento de efluentes líquidos originados na produção de pigmento amarelo de zinco	Cromo hexavalente	Tóxico
	K005	Lodo de tratamento de efluentes líquidos originados na produção de pigmento verde de cromo	Cromo hexavalente, chumbo	Tóxico
	K006	Lodo de tratamento de efluentes líquidos originados na produção de pigmento verde de óxido de cromo (anidro e hidratado)	Cromo hexavalente	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Pigmentos inorgânicos	K007	Lodo de tratamento de efluentes líquidos originados na produção de pigmento azul de ferro	Cianeto (complexo), cromo hexavalente	Tóxico
	K008	Resíduos provenientes de fornos utilizados na produção de pigmento verde de óxido de cromo	Cromo hexavalente	Tóxico
Químicos orgânicos	K009	Resíduos de fundo de destilação originados na produção de acetaldeído a partir do etileno	Clorofórmio, formaldeído, diclorometano, cloreto de metila, paraldeído, ácido fórmico	Tóxico
	K010	<i>Side cuts</i> de destilação originados na produção de acetaldeído a partir do etileno	Clorofórmio, formaldeído, diclorometano, cloreto de metila, paraldeído, ácido fórmico, cloroacetaldeído	Tóxico
	K011	Corrente de fundo proveniente do separador de efluentes líquidos utilizado na produção de acrilonitrila	Acrilonitrila, acetonitrila, ácido cianídrico	Reativo, tóxico
	K013	Corrente de fundo proveniente da coluna de acetonitrila utilizada na produção de acrilonitrila	Acrilonitrila, acetonitrila, ácido cianídrico	Reativo, tóxico
	K014	Resíduos de fundo provenientes da coluna de purificação de acetonitrila utilizada na produção de acrilonitrila	Acetonitrila, acrilamida	Tóxico
	K015	Resíduos de fundo da destilação de cloreto de benzila	Cloreto de benzila, clorobenzeno, tolueno, cloreto de benzilidina	Tóxico
	K016	Frações pesadas da destilação ou resíduos de destilação gerados na produção de tetracloreto de carbono	Hexaclorobenzeno, hexaclorobutadieno, tetracloreto de carbono, hexacloroetano, percloroetileno	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Químicos orgânicos	K017	Frações pesadas ou resíduos de fundo provenientes da coluna de purificação utilizada na produção de epicloridrina	Epicloridrina, cloroésteres [bis-(clorometil)-éter e bis-(2-cloroetil)-éter], tricloropropano, dicloropropanóis	Tóxico
	K018	Frações pesadas provenientes da coluna de fracionamento utilizada na produção de cloreto de etila	1,2-dicloroetano, tricloroetileno, hexaclorobutadieno, hexaclorobenzeno	Tóxico
	K019	Frações pesadas de destilação do dicloroetileno originada no processo de produção desse composto	Dicloreto de etileno, 1,1,1tricloroetano, 1,1,2tricloroetano, tetracloroetanos (1,1,2,2tetracloroetano e 1,1,1,2tetracloroetano), tricloroetileno, tetracloroetileno, tetracloroeto de carbono, clorofórmio, cloreto de vinila, cloreto de vinilideno	Tóxico
	K020	Frações pesadas de destilação do cloreto de vinila originada no processo de produção do monômero desse composto	Dicloreto de etileno, 1,1,1tricloroetano, 1,1,2tricloroetano, tetracloroetanos (1,1,2,2tetracloroetano e 1,1,1,2tetracloroetano), tricloroetileno, tetracloroetileno, tetracloroeto de carbono, clorofórmio, cloreto de vinila, cloreto de vinilideno	Tóxico
	K021	Resíduo aquoso de catalisador de antimônio exaurido proveniente da produção de fluorometanos	Antimônio, tetracloroeto de carbono, clorofórmio	Tóxico
	K022	Resíduo de fundo de destilação originados na produção de fenol/acetona a partir de cumeno	Não aplicável	Tóxico
	K023	Frações leves de destilação originadas na produção de anidrido ftálico a partir do naftaleno	Anidrido ftálico, anidrido maléico	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Químicos orgânicos	K024	Resíduos de fundo de destilação originados na produção de anidrido ftálico a partir de naftaleno	Anidrido ftálico, 1,4naftoquinona	Tóxico
	K025	Resíduos de fundo de destilação originados na produção de nitrobenzeno pela nitração do benzeno	m-Dinitrobenzeno, 2,4dinitrotolueno	Tóxico
	K026	Resíduos de fundo de coluna de extração da produção de metiletilpiridinas	Paraldeído, piridinas, 2picolina	Tóxico
	K027	Resíduos originados nos processos de destilação e centrifugação utilizados na produção de diisocianato de tolueno	Diisocianato de tolueno, tolueno-2,4-diamina	Reativo, tóxico
	K028	Catalisadores usados provenientes do reator de hidrocloração utilizado na produção de 1,1,1tricloroetano	1,1,1-Tricloroetano, cloreto de vinila	Tóxico
	K029	Resíduos provenientes do extrator a vapor utilizado na produção de 1,1,1-tricloroetano	1,2-dicloroetano, 1,1,1tricloroetano, cloreto de vinila, cloreto vinilideno, clorofórmio	Tóxico
	K030	Resíduos provenientes do fundo de colunas ou frações pesadas, ambos originados na produção combinada de tricloroetileno e percloroetileno	Hexaclorobenzeno, hexaclorobutadieno, hexacloroetano, 1,1,1,2tetracloroetano, 1,1,2,2tetracloroetano, dicloreto de etileno	Tóxico
	K083	Resíduos de fundo de destilação originados na produção de anilina	Anilina, nitrobenzeno, difenilamina, fenilenodiamina	Tóxico
	K085	Resíduos de fundo de colunas de destilação ou fracionamento originados na produção de clorobenzenos	Benzeno, diclorobenzenos, triclorobenzenos, tetraclorobenzenos, pentaclorobenzeno, hexaclorobenzeno, cloreto de benzila	Tóxico
	K093	Frações leves de destilação originadas na produção de anidrido ftálico a partir do ortoxileno	Anidrido ftálico, anidrido maléico	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Químicos orgânicos	K094	Resíduos de fundo de destilação originados na produção de anidrido ftálico a partir de ortoxileno	Anidrido ftálico	Tóxico
	K095	Resíduos de fundo de destilação originados na produção de 1,1,1-tricloroetano	1,1,2-tricloroetano, 1,1,1,2-tetracloroetano, 1,1,2,2-tetracloroetano	Tóxico
	K096	Fração pesada proveniente da coluna de frações pesadas utilizada na produção de 1,1,1-tricloroetano	1,2-dicloroetano, 1,1,1-tricloroetano, 1,1,2-tricloroetano	Tóxico
	K103	Resíduos de processo originados na extração de anilina na sua produção	Anilina, nitrobenzeno, fenilenodiamina	Tóxico
	K104	Efluentes gerados na produção de nitrobenzeno/anilina	Anilina, benzeno, difenilamina, nitrobenzeno, fenilenodiamina	Tóxico
	K105	Efluente aquoso proveniente do reator durante a etapa de lavagem na produção de clorobenzenos	Benzeno, clorobenzeno, diclorobenzenos, 2,4,6-triclorofenol	Tóxico
	K107	Resíduos de fundo da coluna de separação utilizada na produção de 1,1-dimetilhidrazina (UDMH) a partir de hidrazidas de ácidos carboxílicos	1,1-Dimetilhidrazina (UDMH)	Corrosivo, tóxico
	K108	Líquidos condensados do topo da coluna de separação e os gases condensados provenientes do respiro do reator, ambos gerados no processo de produção de 1,1-dimetilhidrazina (UDMH) a partir de hidrazidas de ácido carboxílico	1,1-Dimetilhidrazina (UDMH)	Inflamável, tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Químicos orgânicos	K109	Cartuchos de filtro usados provenientes da etapa de purificação de produtos empregada na produção de 1,1dimetilhidrazina a partir de hidrazidas de ácido carboxílico	1,1-Dimetilhidrazina (UDMH)	Tóxico
	K110	Líquidos condensados do topo da coluna provenientes da separação intermediária empregada no processo de produção de 1,1dimetilhidrazina (UDMH) a partir de hidrazidas de ácido carboxílico	1,1-Dimetilhidrazina (UDMH)	Tóxico
	K111	Água de lavagem de produto proveniente da produção de dinitrotolueno a partir da nitração do tolueno	2,4-Dinitrotolueno	Corrosivo, tóxico
	K112	Condensado da coluna de secagem da produção de diaminotolueno via reação de hidrogenação do dinitrotolueno	2,4-Toluenodiamina; otoluidina; p-toluidina; anilina	Tóxico
	K113	Frações leves condensadas líquidas provenientes da etapa de purificação do diaminotolueno obtido pela hidrogenação do dinitrotolueno	2,4-Toluenodiamina; o-toluidina; p-toluidina; anilina	Tóxico
	K114	Produtos secundários provenientes da etapa de purificação do diaminotolueno obtido pela hidrogenação do dinitrotolueno	2,4-Toluenodiamina; o-toluidina; p-toluidina	Tóxico
	K115	Frações pesadas da etapa de purificação do diaminotolueno obtido pela hidrogenação do dinitrotolueno	2,4-Toluenodiamina	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Químicos orgânicos	K116	Condensados orgânicos provenientes da coluna de recuperação de solventes utilizada no processo de produção de diisocianato de tolueno a partir da fosgenação do diaminotolueno	Tetracloroeto de carbono; tetracloroetileno, clorofórmio; fosgênio	Tóxico
	K117	Efluentes líquidos provenientes do lavador de gases do reator, do processo de produção do dibrometo de etileno pela bromação do eteno	Dibrometo de etileno	Tóxico
	K118	Sólidos adsorventes usados na etapa de purificação da produção do dibrometo de etileno pela bromação do eteno	Dibrometo de etileno	Tóxico
	K136	Resíduos de fundo de coluna da etapa de purificação do dibrometo de etileno pela bromação do eteno	Dibrometo de etileno	Tóxico
	K149	Resíduo de fundo de destilação da produção de toluenos clorados alfa- (ou metil-), anéis de toluenos clorados, cloretos benzoila e compostos com misturas desses grupos funcionais (este resíduo não inclui fundo de destilação de cloreto de benzila)	Benzotricloreto, cloreto benzila, clorofórmio, clorometano, clobenzeno, 1,4-diclorobenzeno, hexaclorobenzeno, pentaclorobenzeno, 1,2,4,5-tetraclorobenzeno, tolueno	Tóxico
	K150	Resíduos orgânicos, excluindo carvão adsorvente usado, originados do processo de recuperação de gás cloro e ácido clorídrico usados, associados à produção de toluenos clorados alfa - (ou metil), anéis de toluenos clorados, cloretos de benzoila, e compostos com misturas desses grupos funcionais	Tetracloroeto de carbono, clorofórmio, clorometano, 1,4-diclorobenzeno, hexaclorobenzeno, pentaclorobenzeno, 1,2,4,5-tetraclorobenzeno, 1,1,2,2-tetracloroetano, tetracloroetileno, 1,2,4-triclorobenzeno	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Químicos orgânicos	K151	Lodos do tratamento de águas residuárias originados da produção de toluenos clorados alfa- (ou metil), anéis de toluenos clorados, cloretos de benzoíla, e compostos com misturas desses grupos funcionais, excluindo lodos biológicos e da neutralização	Benzeno, tetracloreto de carbono, clorofórmio, hexaclorobenzeno, pentaclorobenzeno, tolueno, 1,2,4,5tetraclorobenzeno, tetracloroetileno	Tóxico
	K156	Resíduos orgânicos provenientes da produção de carbamatos e hidróxido de uréias (incluindo frações pesadas, fundos de destilação, frações leves, solventes usados, resíduos de filtração e do decantador) (este código não se aplica a resíduos gerados na manufatura do propinilbutilcarbamato de iodo)	Butilcarbamoilbenzilimidazol carbamato de metila, metil carbamato de naftilo, benzilimidazol carbamato de metila, carbofurano, carbosulfan, formaldeído, cloreto de metileno, trietilamina	Tóxico
	K157	Águas residuárias (incluindo águas de lavador de gás, águas de condensadores, águas de lavagem e águas de separação) originadas na produção de carbamatos e hidróxido de amônio. (este código não se aplica a resíduos gerados na fabricação do propinilbutilcarbamato de iodo)	Tetracloreto de carbono, formaldeído, cloreto de metileno, cloreto de metila, piridina, trietilamina	Tóxico
	K158	Pós de filtro de manga e sólidos dos filtros/separadores do processo de produção de carbamatos e "hidróxido de uréias" (este código não se aplica a resíduos gerados na manufatura do propinilbutilcarbamato de iodo)	Butilcarbamoilbenzilimidazol carbamato de metila, benzilimidazol carbamato de metila, carbofurano, carbosulfan, clorofórmio, cloreto de metileno	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Químicos orgânicos	K159	Resíduos orgânicos provenientes do tratamento de resíduos de tiocarbamato	Benzeno, butilato, diisopropiltiocarbamato de etila, etilcarbotoato de azepane, butileiltiocarbamato de propila , dipropiltiocarbamato de propila	Tóxico
	K161	Sólidos da purificação (incluindo sólidos da filtração, evaporação e centrifugação), pós de filtro de manga e varrição de piso da produção de ácidos de ditiocarbamatos e seus sais (este código não inclui K125 ou K126)	Antimônio, arsênio, metamsódio, dimetilditocarbamato de zinco	Reativo, tóxico
	K174	Lodo do tratamento de águas residuárias geradas na produção de dicloreto de etileno ou do monômero de cloreto de vinila (incluindo lodos que resultam da mistura das águas residuárias do dicloreto de etileno ou do monômero de cloreto de vinila com outras águas residuárias)	1,2,3,4,6,7,8-Heptaclodibenzo-p-dioxina (1,2,3,4,6,7,8-HpCDD), 1,2,3,4,6,7,8-heptaclodibenzofurano (1,2,3,4,6,7,8-HpCDF), 1,2,3,4,7,8,9heptaclodibenzofurano (1,2,3,6,7,8,9-HpCDF), HxCDDs (todos os hexaclorodibenzo-pdioxinas), HxCDFs (todos os hexaclorodibenzofuranos), PeCDDs (todos os pentaclorodibenzo-pdioxinas), OCDD (1,2,3,4,6,7,8,9-octaclorodibenzo-p-dioxina, OCDF (1,2,3,4,6,7,8,9Octaclorodibenzo-p-dioxina, OCDF 1,2,3,4,6,7,8,9-Octaclorodibenzofurano), PeCDFs (todos os pentaclorodibenzofuranos) TCDDs (todos os tetraclorodi-benzo-pdioxinas), TCDFs (todos os tetraclorodibenzofuranos)	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Químicos orgânicos	K175	Lodos do tratamento de águas residuárias da produção do monômero de cloreto de vinila que utiliza como catalisador o cloreto mercúrico num processo à base de acetileno	Mercúrio	Tóxico
Pesticidas	K031	Sais secundários gerados na produção de mataoarsenato monossódico (MSMA) e ácido cacodílico	Arsênio	Tóxico
	K032	Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos originados no processo de produção de clordano	Hexaclorociclopentadieno	Tóxico
	K033	Efluentes líquidos e águas provenientes da coluna de depuração de gases, ambos originados na etapa de cloração do ciclopentadieno durante o processo de produção de clordano	Hexaclorociclopentadieno	Tóxico
	K034	Resíduos sólidos retidos na etapa de filtração do hexaclorociclopentadieno durante o processo de produção de clordano	Hexaclorociclopentadieno	Tóxico
	K035	Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos originados no processo de produção de creosoto	Creosoto, criseno, naftaleno, fluoranteno, benzo(b)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno(1,2,3,c,d)-pireno, benzo(a)antraceno, dibenzo(a)antraceno, acenaftaleno	Tóxico
	K036	Resíduos de fundo de destilação originados na etapa de recuperação do tolueno durante o processo de produção de dissulfoton	Tolueno, ésteres dos ácidos fosforoditióico e fosforotióico	Tóxico
	K037	Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos originados no processo de produção de dissulfoton	Tolueno, ésteres dos ácidos fosforoditióico e fosforotióico	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Pesticidas	K038	Efluentes líquidos provenientes das etapas de lavagem e extração da produção de forato	Forato, formaldeído, ésteres de ácidos fosforoditióico e fosforotióico	Tóxico
	K039	Resíduos sólidos retidos na etapa de filtração do ácido dietilfosforoditióico durante o processo de produção de forato	Ésteres dos ácidos fosforoditióico e fosforotióico	Tóxico
	K040	Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos originados no processo de produção de forato	Forato, formaldeído, ésteres de ácidos fosforoditióico e fosforotióico	Tóxico
	K041	Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos originados no processo de produção de toxafeno	Toxafeno	Tóxico
	K042	Frações pesadas ou resíduos provenientes do fundo de colunas de destilação, ambos originados na etapa de destilação de tetraclorobenzeno no processo de produção de 2,4,5-T	Hexaclorobenzeno, o-diclorobenzeno	Tóxico
	K043	Resíduos de 2,6diclorofenol originados na produção de 2,4-D	2,4-Diclorofenol, 2,6diclorofenol, 2,4,6triclorofenol	Tóxico
	K097	Descarga do extrator a vácuo empregado no clorador de clordano no processo de produção desse composto	Clordano, heptacloro	Tóxico
	K098	Efluentes líquidos não tratados, provenientes de processos na produção de toxafeno	Toxafeno	Tóxico
	K099	Efluentes líquidos não tratados, provenientes de processos na produção de 2,4-D	2,4-Diclorofenol, 2,4,6triclorofenol	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Pesticidas	K123	Efluentes líquidos, incluindo sobrenadantes, filtrados e águas de lavagem, originados durante o processo de produção de ácido etilenobisditiocarbâmico e seus sais	Etilenotiouréia	Tóxico
	K124	Efluentes líquidos provenientes do lavador de gases do reator de produção de ácido etilenobisditiocarbâmico e seus sais	Etilenotiouréia	Corrosivo, tóxico
	K125	Sólidos provenientes das etapas de filtração, evaporação e centrifugação da produção de ácido etilenobisditiocarbâmico e seus sais	Etilenotiouréia	Tóxico
	K126	Pó dos filtros de manga e resíduos da varrição do piso provenientes das operações de moagem e embalagem da produção ou formulação de ácido etilenobisditiocarbâmico e seus sais	Etilenotiouréia	Tóxico
	K131	Efluentes líquidos provenientes do reator e ácido sulfúrico usado provenientes da etapa de secagem ácida, ambos gerados no processo de produção de brometo de metila	Dimetilssulfato; brometo de metila	Corrosivo, tóxico
	K132	Adsorventes usados e sólidos provenientes do separador de efluentes líquidos gerados no processo de produção de brometo de metila	Brometo de metila	Tóxico
Explosivos	K044	Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos originados no processamento e produção de explosivos	Não aplicável	Reativo

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Explosivos	K045	Carvão usado proveniente do tratamento de efluentes líquidos que contenham explosivos	Não aplicável	Reativo
	K046	Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos originados na produção, formulação e carregamento de compostos iniciadores à base de chumbo	Chumbo	Tóxico
	K047	Água rosa/vermelha proveniente das operações de TNT	Não aplicável	Reativo
Refino de petróleo	K048	Sobrenadante proveniente de separadores tipo DAF (<i>Dissolved Air Flotation</i>) empregados nas indústrias de refino de petróleo	Cromo hexavalente, chumbo	Tóxico
	K049	Sólidos provenientes da emulsão residual oleosa gerada na indústria de refino de petróleo	Cromo hexavalente, chumbo	Tóxico
	K050	Lodos provenientes da limpeza dos tubos dos trocadores de calor empregados na indústria de refino de petróleo	Cromo hexavalente	Tóxico
	K051	Lodos provenientes dos separadores empregados na indústria de refino de petróleo	Cromo hexavalente, chumbo	Tóxico
	K052	Resíduos contendo chumbo provenientes de fundos de tanques empregados na indústria de refino de petróleo	Chumbo	Tóxico
	K169	Sedimento do tanque de armazenamento de óleo cru, das operações de refino de petróleo	Benzeno	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Refino de petróleo	K170	Borra clarificada do resíduo do tanque de óleo e/ou sólidos dos separadores/filtros de linha das operações de refino de petróleo	Benzo (a) pireno, dibenzo (a,h) antraceno, benzo (a) antraceno, benzo (b) fluoranteno, benzo (k) fluoranteno, 3-metilbenzilciclopentaaantraceno, 7,12- dimetilbenzo (a) antraceno	Tóxico
	K171	Catalisador gasto proveniente do hidrotreatamento das operações de refino de petróleo, incluindo leitos usados para dessulfurizar as alimentações para outros reatores catalíticos (este código não inclui o meio de suporte inerte)	Benzeno, arsênio	Inflamável, tóxico
	K172	Catalisador gasto proveniente do hidrotreatamento das operações de refino de petróleo, incluindo leitos usados para dessulfurizar as alimentações para outros reatores catalíticos (este código não inclui o meio de suporte inerte)	Benzeno, arsênio	Inflamável, tóxico
Ferro e aço	K061	Lodos ou poeiras provenientes do sistema de controle de emissão de gases empregado na produção de aço primário em fornos elétricos	Cromo hexavalente, chumbo, cádmio	Tóxico
	K062	Banho de decapagem exaurido proveniente das operações de acabamento do aço	Cromo hexavalente, chumbo	Corrosivo, tóxico
	K092	Lodos ou poeiras provenientes do sistema de controle de emissão de gases empregado na produção de ferromangânês	Cromo, chumbo	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Ferro e aço	K209	Poeiras provenientes do sistema de controle de emissão de gases empregado nos fornos <i>Cubilot</i> empregados na fundição de ferro	Cromo, chumbo, arsênio	Tóxico
Ferroligas	K090	Lodos ou poeiras provenientes do sistema de controle de emissão de gases empregado na produção de ferro-cromo-silício	Cromo	Tóxico
	K091	Lodos ou poeiras provenientes do sistema de controle de emissão de gases empregado na produção de ferro-cromo	Cromo, chumbo	Tóxico
Zinco primário	K066	Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos e/ou purga ácida originados na unidade de produção de zinco primário	Chumbo, cádmio	Tóxico
	K067	Lodos calcários de anodos eletrolíticos originados na produção de zinco primário	Chumbo, cádmio	Tóxico
	K068	Resíduos provenientes da unidade cádmio (óxido de ferro) do processo de produção de zinco primário	Chumbo, cádmio	Tóxico
Cobre primário	K064	Lodos e lamas do adensamento da purga ácida do processo de produção de cobre primário	Chumbo, cádmio	Tóxico
Chumbo primário	K065	Lodos ou poeiras provenientes do sistema de controle de emissão de gases empregado na fundição de chumbo	Chumbo, cádmio	Tóxico
Chumbo secundário	K069	Lodos ou poeiras provenientes do sistema de controle de emissão de gases empregado na fundição de chumbo secundário	Cromo hexavalente, chumbo, cádmio	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Chumbo secundário	K100	Lixívia residual resultante do lixiviação ácida de lodos e/ou poeiras provenientes do sistema de controle de emissões gasosas empregado na fundição secundária de chumbo	Cromo hexavalente, chumbo, cádmio	Tóxico
Química inorgânica	K071	Lamas de purificação de salmoura, provenientes de células de mercúrio em unidades de produção de cloro, onde não se faz a prépurificação da salmoura	Mercúrio	Tóxico
	K073	Resíduos de hidrocarbonetos clorados provenientes da etapa de purificação utilizada no processo de produção de cloro que empregue sistema de células de diafragma e anodos de grafite	Clorofórmio, tetracloroeto de carbono, hexacloroetano, tricloroetano, tetracloroetileno, dicloroetileno, 1,1,2,tetracloroetano	Tóxico
	K074	Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos originados no processo de produção do pigmento branco de dióxido de titânio, por meio do método de cloretos, a partir de minérios que contenham cromo	Cromo	Tóxico
	K106	Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos originados no processo de produção de cloro em células de mercúrio	Mercúrio	Tóxico
	K176	Filtros-manga da produção de óxido de antimônio, incluindo filtros da produção de intermediários (por exemplo: antimônio metálico ou óxido de antimônio bruto)	Arsênio, chumbo	Explosivo

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Química inorgânica	K177	Escória da produção de óxido de antimônio, incluindo a escória da produção de intermediários (por exemplo: antimônio metálico ou antimônio bruto)	Antimônio	Tóxico
	K178	Resíduos da fabricação e de locais de armazenamento de cloreto férrico a partir de ácidos formados durante a produção do dióxido de titânio, utilizando o processo de <i>ilmenite</i> -cloreto	Tálio	Tóxico
Fabricação de tintas	K078	Resíduos provenientes de etapas de limpeza com solventes empregadas em processos de produção de tintas	Cromo, chumbo, solventes	Inflamável, tóxico
	K079	Efluentes líquidos provenientes de etapas de limpeza ou materiais cáusticos gerados em processos de produção de tintas	Chumbo, mercúrio, benzeno, tetracloreto de carbono, cloreto de metileno, tetracloroetileno naftaleno, di-(2-etilhexilftalato), di-n-butilftalato, tolueno	Tóxico
	K081	Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos originados no processo de produção de tintas	Cromo, chumbo, mercúrio, níquel, cloreto de metileno, tolueno	Tóxico
	K082	Lodos ou poeiras provenientes do sistema de controle de emissão de gases empregado na produção de tintas	Antimônio, cádmio, cromo, chumbo, níquel, prata, cianetos, fenol, mercúrio, pentaclorofenol, cloreto de vinila, 3-3-diclorobenzilideno, naftaleno, di-(2-etilhexilftalato), di-n-butilftalato, benzeno, tolueno, tetracloreto de carbono, cloreto de metileno, tricloroetileno	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Fabricação de tintas	K086	Lodos e lavagens aquosas, alcalinas ou com solventes, provenientes de etapas de limpeza de tubulações e equipamentos utilizados para a formulação de tintas a partir de pigmentos, secantes, sabões e/ou estabilizantes contendo cromo ou chumbo	Chumbo, cromo hexavalente	Tóxico
Produtos farmacêuticos e veterinários	K084	Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos originados no processo de produção de compostos arseniicais ou organoarseniicais	Arsênio	Tóxico
	K101	Resíduos de fundo de destilação originados na etapa de destilação de compostos anilínicos empregados na produção de compostos arseniicais ou organoarseniicais	Arsênio	Tóxico
	K102	Carvão ativo usado proveniente da etapa de descoloração da produção de compostos arseniicais ou organoarseniicais	Arsênio	Tóxico
Coqueificação	K060	Lodo calcário da destilação da amônia proveniente das operações de coqueificação	Cianeto, naftaleno, compostos fenólicos, arsênio	Tóxico
	K087	Lodo (borra) de alcatrão proveniente do tanque de decantação utilizado no sistema de tratamento de gases gerados na coqueificação do carvão	Fenol, naftaleno	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Coqueificação	K141	Resíduos de processo da recuperação do alcatrão, incluindo, mas não se limitando a, resíduos da lagoa de coleta da produção de coque a partir de carvão ou da recuperação dos subprodutos do coque produzidos a partir do carvão. Este código não inclui o K087	Benzeno, benzo (a) antraceno, benzo (a) pireno, benzo (b) fluoranteno, benzo (k) fluoranteno, dibenzo (a,h) antraceno, indeno (1,2,3cd) pireno	Tóxico
	K142	Resíduos do tanque de armazenamento da produção de coque a partir de carvão ou da recuperação de subprodutos do coque produzidos a partir de carvão	Benzeno, benzo (a) antraceno, benzo (a) pireno, benzo (b) fluoranteno, benzo (k) fluoranteno, dibenzo (a,h) antraceno, indeno (1,2,3cd) pireno	Tóxico
	K143	Resíduos de processo da recuperação de óleos leves, incluindo, mas não se limitando àqueles gerados em destiladores, decantadores e unidades de lavagem de óleo da recuperação de subprodutos de coque produzidos a partir de carvão	Benzeno, benzo (a) antraceno, benzo (b) fluoranteno, benzo (k) fluoranteno	Tóxico
	K144	Resíduos da lagoa de efluentes do refino de óleo leve, incluindo, mas não se limitando a, lodos das lagoas de interceptação ou de contaminação provenientes da recuperação de subprodutos de coque produzidos a partir do carvão	Benzeno, benzo (a) antraceno, benzo (a) pireno, benzo (b) fluoranteno, benzo (k) fluoranteno, dibenzo (a,h) antraceno	Tóxico
	K145	Resíduos das operações de recuperação e coleta de naftaleno originadas da recuperação de subprodutos de coque produzido a partir do carvão	Benzeno, benzo (a) antraceno, benzo (a) pireno, dibenzo (a,h) antraceno, naftaleno	Tóxico

Fonte geradora	Código de identificação	Resíduo perigoso	Constituintes perigosos	Características de periculosidade
Coqueificação	K147	Resíduos do tanque de armazenamento de alcatrão provenientes do refino do alcatrão	Benzeno, benzo (a) antraceno, benzo (a) pireno, benzo (b) fluoranteno, benzo (k) fluoranteno, dibenzo (a,h) antraceno, indeno (1,2,3cd) pireno	Tóxico
	K148	Resíduos da destilação do alcatrão, incluindo, mas não se limitando a fundos do destilador	Benzo (a) antraceno, benzo (a) pireno, benzo (b) fluoranteno, benzo (k) fluoranteno, dibenzo (a,h) antraceno, indeno (1,2,3cd) pireno	Tóxico
	K206	Resíduos provenientes da lavagem ácida do benzeno originário da destilação do alcatrão do coque	Benzeno, tolueno, naftaleno, fenol	Corrosivo, tóxico
Alumínio primário	K088	Catodos usados provenientes da redução de alumínio primário	Cianeto (complexo)	Tóxico
	K200	Resíduos provenientes do desmonte das cubas de redução empregadas na produção de alumínio primário	Cianeto (complexo)	Tóxico
Rerrefino de óleo	K207	Borra ácida proveniente do processo de rerrefino de óleos lubrificantes usados	Não aplicável	Corrosivo, tóxico
	K208	Borra neutra proveniente do processo de rerrefino de óleos lubrificantes usados	Não aplicável	Tóxico
Indústria coureira calçadista	K193	Aparas de couro provenientes de couros curtidos ao cromo	Cromo hexavalente	Tóxico
	K194	Serragem e pós de couro provenientes de couros curtidos ao cromo	Cromo hexavalente	Tóxico
	K195	Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos originados no processo de curtimento de couros ao cromo	Cromo hexavalente	Tóxico
NOTA Não aplicável - Termo empregado quando o resíduo enquadra-se como perigoso pela presença de um grande número de constituintes perigosos ou pelo efeito do conjunto destes.				

Anexo G
(normativo)
Padrões para o ensaio de solubilização

Parâmetro	Limite máximo no extrato mg/L
Aldrin e dieldrin	$3,0 \times 10^{-5}$
Alumínio	0,2
Arsênio	0,01
Bário	0,7
Cádmio	0,005
Chumbo	0,01
Cianeto	0,07
Clordano (todos os isômeros)	$2,0 \times 10^{-4}$
Cloreto	250,0
Cobre	2,0
Cromo total	0,05
2,4-D	0,03
DDT (todos os isômeros)	$2,0 \times 10^{-3}$
Endrin	$6,0 \times 10^{-4}$
Fenóis totais	0,01
Ferro	0,3
Fluoreto	1,5
Heptacloro e seu epóxido	$3,0 \times 10^{-5}$
Hexaclorobenzeno	$1,0 \times 10^{-3}$
Lindano (γ -BHC)	$2,0 \times 10^{-3}$
Manganês	0,1
Mercúrio	0,001
Metoxicloro	0,02

Parâmetro	Limite máximo no extrato mg/L
Nitrato (expresso em N)	10,0
Prata	0,05
Selênio	0,01
Sódio	200,0
Sulfato (expresso em SO ₄)	250,0
Surfactantes	0,5
Toxafeno	5,0 x 10 ⁻³
2,4,5-T	2,0 x 10 ⁻³
2,4,5-TP	0,03
Zinco	5,0