



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES

CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS

CURSO DE DESIGN

**REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA MOVELEIRA
PARA APLICAÇÃO EM NOVOS PRODUTOS DE MOBILIÁRIO**

Marcus Vinícius Wildner

Lajeado, Junho de 2015



Marcus Vinícius Wildner

REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA MOVELEIRA PARA APLICAÇÃO EM NOVOS PRODUTOS DE MOBILIÁRIO

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso de Design, do Centro Universitário Univates, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharelado em Design.

Orientadora: Ms. Silvia Trein Heimfarth
Dapper

Lajeado, junho de 2015

Marcus Vinícius Wildner

REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA MOVELEIRA PARA APLICAÇÃO EM NOVOS PRODUTOS DE MOBILIÁRIO

A banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada ao Programa de Graduação em Design, do Centro Universitário Univates, como parte da exigência para a obtenção do grau de bacharel em Design:

Prof. Ms. Bruno da Silva Teixeira, UNIVATES.

Mestre em Artes Visuais pela UFSM – Santa Maria, Brasil.

Prof. Ms. Rodolfo Rolim Dalla Costa, UNIVATES.

Mestre em Design pela UFRGS – Porto Alegre, Brasil

Prof.^a Ms. Silvia Trein Heimfarth Dapper, UNIVATES.

Mestre em Design pela UFRGS – Porto Alegre, Brasil.

Lajeado, junho de 2015

RESUMO

As indústrias moveleiras são grandes geradoras de resíduos sólidos, entre eles, os resíduos do processamento das chapas de MDF, MDP e HDF, que são descartados de forma incorreta ou queimados em olarias, resultando na emissão de gases tóxicos devido à presença de resinas no material. Atualmente há uma maior preocupação acerca da escassez das matérias-primas em um futuro próximo e, para isso, deve-se utilizar alguns recursos para diminuir os impactos ao meio ambiente. O ecodesign surge como alternativa, onde o produto é projetado pensando em todas as fases: de produção, de uso e descarte, para que gere o menor impacto possível. Assim posto, o objetivo deste trabalho consistiu em desenvolver um novo material utilizando os resíduos da indústria de mobiliário com possibilidade de aplicação pela mesma. Por meio de um levantamento de dados em uma empresa moveleira de Arroio do Meio – RS, foram identificados os principais tipos de resíduos que foram tratados quimicamente e após misturados ao cimento, agregado miúdo e água. Foram elaborados diversos traços com a substituição do agregado miúdo pelo resíduo de MDF, nas proporções de 3%, 5%, 10%, 15% e 25%. Os corpos de prova foram submetidos aos ensaios de absorção de água por capilaridade, resistência a compressão e tração na flexão. Após uma análise dos resultados e escolhido o melhor material compósito, um conjunto de peças modulares em relevo e formato hexagonal foi criado para aplicação em produto mobiliário, dando um destino ecologicamente sustentável ao resíduo.

Palavras-chave: Design. Reaproveitamento de MDF. Argamassa. Indústria moveleira.

ABSTRACT

The furniture industries are large scale solid waste producers, as example, the solid waste generated from MDF, MDF and HDF's plate processing, which are dumped incorrectly or burned at brickyards, resulting in toxic gas emission due to the presence of residues in the material. Nowadays, there is a greater concern upon the shortage of raw materials in a near future, therefore, is must be used some resources to diminish environment harm. The ecodesign emerges as an alternative, in which the product is projected considering all the stages of the process: production, use and discard, so the probability at reducing the environmental impact is bigger. Therefore, the purpose of this work consisted in developing a new material using the furniture industrial waste, considering the direct use of those solid wastes by the mentioned industry itself. By data raising in a furniture firm at Arroio do Meio – RS, were identified the main kinds of wastes, chemically treated, and after mixed to cement, lint aggregate and water. Several traces with the replacement of lint aggregate by MDF waste were elaborated, considering the proportions of 3%, 5%, 10%, 15% and 25%. The trial bodies were submitted to water absorption by capillarity, compression resistance and flexural strength tests. After analyzed the results and chosen the best composite material, a set of hexagonal and embossed modular pieces was created in order to use in a furniture product, granting an ecologically sustainable destination to the solid waste.

Key-words: Design. MDF Reuse. Cement. Furniture Industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de painéis mais produzidos pelas indústrias de madeira	20
Figura 2 - Esquema ilustrativo dos processos de produção do MDF	27
Figura 3 – Visualização das três camadas do painel de MDP no sentido da espessura.....	29
Figura 4 - Máquina seccionadora utilizada para corte do MDF	31
Figura 5 - Silo externo do sistema de exaustão para armazenagem dos resíduos ...	32
Figura 6 - Lixadeira de cinta utilizada para lixamento das peças	33
Figura 7 - Coladeira de bordo onde são coladas as bordas nas peças.....	33
Figura 8 - Tupia superior de bancada para processo de usinagem de assentos sanitários.....	34
Figura 9 - Furadeira múltipla para furação das peças	35
Figura 10 - Linha de pintura Ultravioleta automatizada	36
Figura 11 - Tipos de resíduos identificados na empresa analisada.....	37
Figura 12 – Luminária Flos, da empresa Gravelli.....	43
Figura 13 – Anel Oktagon, da empresa Gravelli.....	43
Figura 14 - Mesa ARC.....	44
Figura 15 - Painel Viroc®, comparativo com e sem lixamento	45

Figura 16 - Gráfico comparativo entre os coeficientes de absorção acústica das placas confeccionadas com argamassa de pó de serra e alguns materiais reflexivos	46
Figura 17 - Gráfico comparativo entre os coeficientes de absorção acústica das placas confeccionadas com argamassa de pó de serra e alguns dos materiais absorvedores.....	46
Figura 18 – Exemplo de composição de ambiente com utilização de produtos cimentícios na arquitetura	47
Figura 19 - Exemplo de mobiliário feito com produtos cimentícios na composição do ambiente.....	48
Figura 20 – Exemplo de utilização de cimento queimado em mobiliário	49
Figura 21 - Secagem dos resíduos em estufa (marca Quimis, modelo Q317M-92)..	54
Figura 22 - Curva granulométrica do “resíduo A”: resíduo com grãos de tamanho mais homogêneo, variando entre 150 μ m (0,15mm) a 2,36mm, sendo predominante a presença de grãos no tamanho de 1,18mm.	55
Figura 23 - Curva granulométrica do “resíduo B” ”: resíduo com grãos de diversos tamanhos variando entre 75 μ m (0,075mm) a 9,5mm, sendo predominante a presença de grãos no tamanho de 600 μ m (0,6mm).....	55
Figura 24 - Curva granulométrica da areia grossa com módulo de finura no valor de 2,533% classificando o agregado de tipo médio, cujo o diâmetro máximo foi de 1,18mm.	56
Figura 25 - Argamassadeira orbital (marca pavitest).....	57
Figura 26 - Mesa de adensamento por queda (marca Solotest, modelo 1119220)...	58
Figura 27 - Moldagem dos corpos de prova nas fôrmas	59
Figura 28 - Ensaio de absorção de água por capilaridade	62
Figura 29 - Ensaio de tração na flexão de três pontos	64
Figura 30 - Ensaio de compressão.....	65
Figura 31 - <i>Render</i> de pia para móvel de banheiro	69
Figura 32 - Vetores dos estudos da composição modular com formatos geométricos	70
Figura 33 - Criação de relevo 3D em software Solidworks.....	71

Figura 34 - Cavilha de pinus no tamanho de 6 x 25mm utilizada como sistema de montagem	72
Figura 35 - Peças que compõe o sistema Nexa.....	73
Figura 36 – <i>Render</i> elaborado no <i>software Keyshot</i>	75
Figura 37 – Painéis com diferentes acabamentos aplicados em gabinete de banheiro	75
Figura 38 - Impressão 3D das peças	76
Figura 39 - Molde em borracha de silicone de alta flexibilidade	77
Figura 40 - Peças após retirada do molde de silicone de alta flexibilidade	78
Figura 41 - Esquema de montagem do painel Nexa utilizando cavilhas	79
Figura 42 - União das peças formando painel Nexa	80
Figura 43 - Aplicação do painel Nexa em peça de MDF de 12mm	81
Figura 44 - Aplicação do painel Nexa em móvel protótipo	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índices de consistência das amostras com “resíduo A”	60
Tabela 2 - Índices de consistência das amostras com “resíduo B”	61
Tabela 3 - Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade nas amostras com “resíduo A”	62
Tabela 4 - Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade nas amostras com “resíduo B”	63
Tabela 5 - Resultados dos ensaios de tração na flexão	64
Tabela 6 - Resultados dos ensaios de compressão	66
Tabela 7 - Tamanhos dos painéis Nexa indicados para aplicação em mobiliário	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIPA	Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BP	Baixa pressão
BTU	<i>British thermal unit</i> (unidade térmica britânica)
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Desenho assistido por computador)
CNC	<i>Computer Numeric Control</i> (Controle numérico computadorizado)
dB	Decibel (unidade logarítmica)
DfA	<i>Design for Assembly</i> (design para a montagem)
DfD	<i>Design for Disassembly</i> (design para a desmontagem)
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental
FF	<i>Finish foil</i> (superfície decorativa)
HDF	<i>High Density Fiberboard</i> (Placa de fibra de madeira de alta densidade)
J	Joule (unidade de medida para medir energia)
Kgf	Quilograma-força (unidade)

LM	Laminado
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i> (Placa de fibra de madeira de média densidade)
MDP	<i>Medium Density Particleboard</i> (Placa de partícula de madeira de média densidade)
MOVERGS	Associação das Indústrias de Móveis do Estado do Rio Grande do Sul
MPa	Megapascal (unidade)
N	Newton (unidade)
PLA	Poliácido láctico
PVC	Policloreto de vinila
UV	Radiação ultravioleta
µm	Micrometro

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	13
1.5 – Distribuição dos capítulos.....	14
1.1 – Problematização	16
1.2 – Hipóteses	17
1.3 – Objetivos	17
1.3.1 – Objetivo geral	17
1.3.2 – Objetivos específicos.....	17
1.4 – Justificativa.....	18
2 – REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1 – Materiais utilizados na indústria moveleira	20
2.2 – Resíduos da indústria moveleira	22
2.3 – MDF x MDP x HDP	25
3 – LEVANTAMENTO DE DADOS.....	30
3.1 – Dados de uma indústria moveleira	30
3.2 – Argamassa	38
3.2.1 – Argamassas com a utilização de agregados alternativos	39
3.3 – Produtos de cimento aplicado ao mobiliário	42

4 – MATERIAIS E MÉTODOS	51
4.1 – Programa experimental.....	53
5 – RESULTADOS DO PROGRAMA EXPERIMENTAL	60
6 – CRIAÇÃO DE UM NOVO PRODUTO COM APLICAÇÃO EM MOBILIÁRIO	67
6.1 – Geração de alternativas	68
6.2 – Escolha da melhor alternativa.....	71
6.3 – Desenhos técnicos.....	73
6.4 – Proposta de aplicação em projeto de mobiliário	74
6.5 – Prototipação	76
7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
REFERÊNCIAS.....	85
APÊNDICE A – RELATÓRIOS DOS ENSAIOS EM LABORATÓRIO (“RESÍDUO A”)	91
APÊNDICE B – RELATÓRIOS DOS ENSAIOS EM LABORATÓRIO (“RESÍDUO B”)	102
APÊNDICE C – DESENHOS TÉCNICOS NEXA.....	113

1 – INTRODUÇÃO

A preocupação acerca da escassez de matérias-primas aumenta cada vez mais a discussão sobre a perspectiva da sustentabilidade. Nos próximos anos, a sociedade deverá passar por uma lenta e longa transição, onde será possível desenvolver a economia reduzindo bastante a produção de produtos materiais (MANZINI; VEZZOLI, 2011). O ecodesign surge como modelo projetual orientado por critérios ecológicos que tem como tema principal o ciclo de vida, onde são consideradas todas as fases dos produtos, desde o seu “nascimento”, “vida” e “morte”, através das fases de pré-produção, produção, distribuição, uso e descarte, analisando os fluxos de troca com o ambiente (MANZINI; VEZZOLI, 2011). Com os princípios do ecodesign, as indústrias de mobiliário podem proteger os recursos naturais ao mesmo tempo em que se preocupam com a estética e questões funcionais do projeto (BARBERO, 2009).

O setor moveleiro nacional tem evoluído muito nos últimos anos, em virtude da modernização tecnológica da sua produção, fazendo as exportações aumentarem significativamente na última década. O Rio Grande do Sul possui um grande polo moveleiro situado principalmente no município de Bento Gonçalves que ocupa atualmente o primeiro lugar no ranking das exportações de móveis, o que reflete a intensa demanda por este tipo de produto, tanto no mercado nacional

quanto internacional (MOVERGS, 2012). O setor é caracterizado não somente por grandes empresas de móveis segmentados, mas também por marcenarias menores que fabricam móveis sob medida, sendo a busca por novos materiais e o design o diferencial entre as empresas, onde o consumo é variavelmente definido pela renda da população que varia de 1 a 2% destinada à compra de móveis (GORINI, 2000). Contudo, a indústria moveleira gera uma elevada quantidade de resíduos sólidos de diferentes naturezas durante seu processo de fabricação, sendo que 85% do total de resíduos gerados são de origem da madeira, que são compostos por serragem, maravalha e pequenos retalhos (LIMA, 2005).

A estratégia da logística de devolução dos resíduos da indústria moveleira para as indústrias fabricantes das chapas seria uma alternativa para a reutilização deste material em um novo produto ou então o uso em materiais compósitos poliméricos (eco-compósitos) e ainda na concepção de novos materiais para uso em diferentes acessórios na indústria moveleira, inclusive de uso na construção civil, entre outras aplicações, gerando a diminuição da geração destes resíduos sólidos (TEIXEIRA, 2011).

O design de mobiliário é conhecido por usar diferentes tipos de materiais em seus móveis de forma combinada. Com a tecnologia a disposição atualmente, o designer pode ousar, porém às vezes esquece o destino futuro do material empregado no produto projetado (COUTINHO; SILVA, 2001). Os resíduos de madeira nas indústrias moveleiras podem ter um novo uso, podendo virar um novo material, e continuar no ciclo da produção do mobiliário pela própria empresa, ou mesmo se tornar um produto que possa ser vendido e lhe trazer lucros, além de tudo contribuindo para o meio ambiente.

1.5 – Distribuição dos capítulos

Primeiramente neste trabalho foram abordados os assuntos pertinentes à indústria de mobiliário nacional e as principais matérias-primas usadas pelas

mesmas, assim como a caracterização dos seus principais resíduos durante o processo produtivo. Após são comparadas as vantagens do uso das chapas de MDF e MDP no mercado de mobiliário atual, além de descrição dos principais processos para fabricação destas chapas.

No capítulo seguinte, foi elaborado um levantamento de dados sobre os processos produtivos e os resíduos gerados em uma indústria moveleira da cidade de Arroio do Meio – RS. A classificação e os diferentes usos da argamassa são introduzidos neste mesmo capítulo, onde foram abordadas algumas questões acerca da utilização de produtos de cimento aplicados ao mobiliário, ou seja, sem apelo estrutural como é mais conhecido, mas na forma estética, muito atual na arquitetura e design de ambiente e de superfícies.

Em seguida tratou-se dos materiais e métodos utilizados na segunda parte do trabalho, onde foi introduzida a metodologia utilizada para este trabalho, assim como o programa experimental realizado. No próximo capítulo foram expostos os resultados obtidos no programa experimental, onde foram realizados ensaios em laboratório para obtenção de alguns parâmetros acerca do material compósito criado.

No sexto capítulo, foram geradas alternativas para aplicação do material criado, para aplicação em mobiliário de uma indústria de móveis para banheiro, por meio de um briefing com participação da mesma. Após, foi apresentado a escolha da melhor alternativa, um conjunto de peças modulares hexagonais, além de seus desenhos técnicos e uma proposta de aplicação destas peças em um mobiliário. Neste mesmo capítulo a prototipação dos produtos foi relatada.

No último capítulo foram expostos os resultados deste trabalho, assim como sugestões para melhoria em uma próxima pesquisa.

1.1 – Problematização

Segundo diagnosticado por Hillig, Schneider e Pavoni (2009), o aproveitamento da matéria-prima no processo produtivo pelas indústrias do polo moveleiro da Serra Gaúcha é em média de 66%, sendo que os resíduos principais são de chapas de madeira aglomerada e MDF (*medium density fiberboard*), além da madeira serrada. Em todas as fases de transformação a madeira gera muitos resíduos, sendo que cerca de 40 a 60% do volume é aproveitado no final do processo. Os resíduos gerados podem ser classificados como: serragem, cepilho (maravalha) e lenha (retalhos) (LIMA; SILVA, 2005). Estes resíduos têm variações de quantidade conforme os processos produtivos utilizados pelas empresas, assim como o tipo e o estado do maquinário, muitas vezes velho com funcionamento prejudicado, e ainda por meio dos projetos de produtos mal pensados, com dimensões das peças com aproveitamento ruim para o material (MAFFESSIONI; MENEGUZZI, 2012).

Os resíduos das indústrias do polo moveleiro de Bento Gonçalves são predominantemente de MDF, seguidos por aglomerado e compensado, que são beneficiados de diversas maneiras, sendo em sua maioria enviados para a queima em olarias ou caldeiras, além do uso em aviários. Porém, existe um problema muito sério, pois os resíduos de MDF, não podem ser queimados, devido às resinas à base de ureia-formaldeído, um polímero termofixo, usado na sua fabricação. Ao ser incinerado, um dos produtos desta queima é o formoldeído, considerado cancerígeno. Problema semelhante acontece com o restante dos resíduos que possam ser oriundos de peças pintadas, cuja queima também libera gases tóxicos para o ambiente. Portanto, não há qualquer separação destes tipos de resíduos nas indústrias, os resíduos são todos misturados e destinados a algum meio, sem nenhum tipo de controle adequado (MAFFESSIONI; MENEGUZZI, 2012).

Assim posto, o problema desta pesquisa é: como reaproveitar os resíduos da indústria moveleira para a criação de um novo material com possibilidades de aplicação em novos projetos de produto?

1.2 – Hipóteses

Por meio da utilização dos resíduos de MDF da indústria moveleira aplicado como substituto parcial do agregado miúdo à argamassa, é possível criar um material com propriedades mecânicas interessantes para aplicação em projetos de design do mobiliário, bem como um diferencial para os acabamentos, texturas e cores desse produto, agregando forma à função.

1.3 – Objetivos

1.3.1 – Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa consistiu em desenvolver um novo material compósito, utilizando-se de cimento, agregado miúdo e resíduo de MDF da indústria moveleira, para aplicação em novos produtos de mobiliário, visando a sustentabilidade, estética e a inovação para o mercado moveleiro atual.

1.3.2 – Objetivos específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- Identificar os tipos de resíduos de MDF gerados em indústria moveleira na cidade de Arroio do Meio - RS;
- Apresentar um destino aos resíduos, agregando valor ao produto final e aproveitando ao máximo a matéria-prima, aliado aos princípios do ecodesign e da sustentabilidade;

- Avaliar qual o melhor processo para a produção de um material compósito do tipo cimento-madeira;

- Analisar a aplicabilidade deste material para produção de peças e que agreguem valor e design aos produtos da indústria moveleira, especialmente as que possam ser mais benéficas através dos resultados e diferenciais constatados nesta pesquisa.

1.4 – Justificativa

A destinação correta dos resíduos sólidos pela indústria moveleira é um grande desafio, especialmente aqueles provenientes dos painéis de madeira. O reaproveitamento destes resíduos seria uma grande vantagem ambiental, pois serviria de insumo para outro processo produtivo, aliviando a quantidade de resíduos lançados no meio ambiente, visto que parte destes resíduos é queimada em olarias ou para geração de energia, emitindo gases para a atmosfera com impactos ambientais pouco conhecidos.

A resistência aos agentes biológicos, devido à alcalinidade do cimento, protege o material e eleva sua durabilidade em diversos ambientes, o que gera uma enorme vantagem econômica, pois eleva seu tempo de vida útil. Além disso, o material compósito de cimento-madeira é um excelente isolante térmico e acústico, resistente à umidade e não é inflamável (MANARELLI; JESUS, 2004).

Estas características evidenciam as qualidades e vantagens do material compósito abordado neste trabalho, além de definir uma excelente oportunidade de negócio, pois é possível a produção de um novo produto com custos mais baixos, já que utiliza como matéria-prima algo que seria descartado ilegalmente. O compósito cimento-madeira acaba se tornando uma ótima alternativa para ambientes internos, onde se fazem necessárias algumas características como o isolamento térmico e acústico, além de poder ser empregado em projetos de mobiliários. Ainda, o uso do

cimento aparente está em voga no design de ambientes atual, tornando o ambiente mais contemporâneo e expressivo.

2 – REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 – Materiais utilizados na indústria moveleira

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira – ABIPA (2014), o Brasil é um dos principais produtores de painéis de madeira reconstituída, contando com parques fabris com tecnologia de ponta. Os materiais mais fabricados por estas empresas são: MDF (*Medium Density Fiberboard*), HDF (*High Density Fiberboard*), MDP (*Medium Density Particleboard*) e chapas de fibra (*Hardboard*) (Figura 1).

Figura 1 - Tipos de painéis mais produzidos pelas indústrias de madeira



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com o Buainain e Batalha (2007), a indústria brasileira de painéis de madeira investiu em torno de US\$ 1 bilhão em novas tecnologias para reformular suas estruturas produtivas, fazendo com que a produção de painéis no Brasil se elevasse a nível mundial. As maiores indústrias produtoras de painéis de madeira estão concentradas na região sul e sudeste do Brasil, no qual as principais empresas são: Berneck, Duratex, Eucatex, Masisa do Brasil, Placas do Paraná, Satipel Industrial e Tafisa do Brasil (BUAINAIN; BATALHA, 2007).

Os painéis de MDF são fabricados com as madeiras de Pinus e Eucaliptus proveniente de cultivos florestais sustentáveis, sendo considerado um material ecologicamente correto por reduzir o desmatamento de florestas nativas. Este painel tem superfície uniforme, lisa, com alta densidade, constituindo um painel homogêneo devido a suas fibras de média densidade com excelente capacidade de usinagem em toda sua superfície, por isso é muito usado em peças frontais do mobiliário, no qual pode receber inúmeros revestimentos, como a pintura ou revestimentos laminados (ABIPA, 2014);

O HDF trata-se de um painel de madeira reconstituída assim como o MDF, porém suas fibras são de alta densidade, o que lhe confere boa estabilidade dimensional, superfície lisa e uniforme. É produzida em espessuras menores do que o MDF, e comumente utilizada nas peças internas de gavetas em projetos de mobiliário ou ainda em pisos, divisórias e portas na construção civil. Os painéis de HDF podem receber inúmeros acabamentos assim como o MDF (ABIPA, 2014);

O MDP é um material mais novo e um dos mais usados atualmente. Trata-se de um painel de partículas de média densidade, que são posicionadas de forma diferenciada em relação ao MDF e o HDF, o que lhe confere a característica da flexibilidade, além de grande estabilidade dimensional, suportando muito bem ao arranque de parafusos. Este material é usado apenas em peças retilíneas, pois não pode ser usinado como o MDF, sendo assim muito usado em indústrias de móveis em série, em peças estruturais no projeto do mobiliário. O MDP precisa

necessariamente possuir um revestimento, que na maioria das vezes é constituído de uma lâmina plástica em sua extensão (ABIPA, 2014);

As chapas de fibra são constituídas unicamente pelas fibras da madeira, sendo que ao contrário do MDF, HDF e MDP, não são prensadas com resinas sintéticas. Este painel é prensado a quente, onde a lignina é o aglutinante natural da madeira para formação dos painéis, o que lhe confere uma alta resistência física e química. Por ter estas características, o painel de fibras duras pode ser estampado, curvado, moldado, usinado, cisalhado e pintado, além de também ser revestido com lâminas imitando alguma madeira nativa (ABIPA, 2014);

A indústria moveleira é segmentada quanto a matéria-prima utilizada ou pela função final dos móveis fabricados, fazendo com que gere diversos tipos de resíduos da madeira e dos seus derivados.

2.2 – Resíduos da indústria moveleira

Segundo Maffessoni e Meneguzzi (2012), as indústrias do Pólo Moveleiro de Bento Gonçalves, no Rio Grande do Sul, consomem 34.200 m³/ano de MDF, no qual 17,12% correspondem aos resíduos gerados pelos seus processos produtivos, o que representa um custo para as empresas de 2.107.340,02 U\$\$/ano. Esses resíduos poderiam ser menores se as indústrias tivessem máquinas mais modernas, ou utilizassem algum meio para conseguir um aproveitamento melhor no corte das chapas, podendo ou não adaptar o projeto do móvel com o redimensionamento do tamanho de algumas peças para menor desperdício de material.

Os resíduos da madeira podem ser encontrados na forma de: pó, serragem, maravalha e cavacos. O pó é proveniente do processo de corte e lixamento da peça e deve ser menor do que 0,5mm. A serragem é o resíduo que tem entre 0,5mm a 2,5mm e é obtido nos processos de corte e usinagem das peças. A maravalha é o resíduo com tamanho maior do que 2,5mm proveniente do processo de usinagem, furação e cepilhamento (limpeza das faces da peça). O cavaco é o resíduo que deve

ter no máximo 50 x 20 mm (CASSILHA; PODLASEK; JUNIOR; SILVA; MENGATTO, 2004).

Quanto à destinação dos resíduos provenientes da madeira pelas indústrias moveleiras do polo de Bento Gonçalves, a grande maioria da serragem e dos retalhos é enviado para a queima em olarias. Porém, a serragem também pode ser cedida para os aviários e caldeiras para geração de energia. A maravalha costuma ser doada para diversos fins, principalmente na agricultura, mas também é cedida às olarias (MAFFESSIONI; MENEGUZZI, 2012).

A queima dos resíduos sólidos, provenientes da madeira maciça, não é considerada tóxica, porém a queima dos resíduos do MDF, de madeiras tratadas ou pintadas, podem trazer graves prejuízos ao meio ambiente. Segundo a Portaria N°009/2012, de 08 de fevereiro de 2012, artigo n°4 (FEPAM, 2012), que foi criada, por entre outros motivos, pela necessidade da redução de emissão dos gases tóxicos na atmosfera oriundas da queima do MDF e MDP pela indústria moveleira, fica vetado o uso como combustível de qualquer derivado de madeira (em forma de cavacos, pó, cascas, serragem, compensados, aglomerados, MDF, MDP e semelhantes) que foram tratados ou contaminados com outros produtos (tintas, antifúngicos, vernizes, adesivos, plásticos, entre outros). É proibida também a queima em churrasqueiras, fornos ou em qualquer lugar que possa ter contato com produtos alimentícios.

A queima tanto ao ar livre como em fornos sem fins energéticos libera gases poluentes ao meio ambiente devido ao fato do MDF conter resinas em sua composição e ainda pelo fato das peças terem recebido algum tipo de pintura ou conterem algum tipo de laminado plástico como revestimento (LIMA; SILVA, 2005). Estes resíduos não devem ser usados em forração de aviários, nem como adubo de hortas, nem incinerados sem controle, devido à toxicidade das substâncias que o compõe (PEREIRA; CARVALHO; PINTO, 2010).

Além dos resíduos sólidos provenientes da madeira, a geração de borras de tinta no processo de pintura das peças faz com que algumas empresas optem por utilizar painéis revestidos com lâminas sintéticas, evitando o processo da pintura,

que atualmente apresenta grandes problemas de descarte. Uma das alternativas para este processo de pintura seria usar tintas em pó com cura em radiação ultravioleta (SCHNEIDER; HILLIG; PAVONI; RIZZON; FILHO, 2003).

As embalagens de tintas e produtos químicos também constituem um resíduo sólido gerado pela indústria moveleira, sendo que na maioria das empresas são destinadas para reciclagem normal, no entanto não cumprindo com a legislação estadual de resíduos sólidos que classifica este tipo de embalagem como um resíduo de Classe I¹ (SCHNEIDER; HILLIG; PAVONI; RIZZON; FILHO, 2003).

Como todo processo produtivo gera resíduos, a melhor solução seria utilizar este resíduo, proveniente da produção de um móvel, por exemplo, para produzir outro móvel ou parte dele, com qualidade semelhante ou melhor do que a original. Esta perspectiva é chamada de *cradle to cradle* (do inglês: berço ao berço), no qual os resíduos não são destinados, mas servem de matéria-prima para um novo produto. Ainda de acordo com esta perspectiva, o projeto de mobiliário pode ser pensado para ao fim de seu uso, voltar à fábrica que o produziu, onde será reciclado e servirá de matéria-prima para um novo produto, fechando o ciclo do berço ao berço e acabando por não contaminar o meio ambiente (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2014).

É necessário que o designer projete pensando na eco-efetividade dos novos produtos e, para isso, o *cradle to cradle* propõe cinco passos: escolher matérias-primas menos agressivas ao ser humano e meio ambiente, não utilizar produtos tóxicos com as substâncias cloreto de vinil, mercúrio, cádmio, benzeno, chumbo, cromo, entre outros, atender à função inicial escolhendo materiais-primas de menor impacto ambiental e social, sempre buscar “o melhor” e não se contentar com o “menos ruim” e buscar a reinvenção como forma de garantir os efeitos positivos e reais ao meio ambiente (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2014).

¹ Resíduo sólido de Classe I - Perigosos: São aqueles que apresentam periculosidade, conforme definições na norma ABNT NBR 10004:2004. São resíduos que apresentam características como: Corrosividade, Reatividade, Inflamabilidade, Toxicidade, e Patogenicidade (ABNT, 2004).

A utilização de chapas de MDF e MDP está crescendo cada vez mais nos últimos anos em substituição a madeira maciça natural, o que fez com que as empresas produtoras destas matérias-primas investissem na modernização de suas linhas de produção, reduzindo custos de produção, diminuindo consumo de madeira nativa e consumindo menos energia na fabricação das chapas (BIAZUS; HORA; LEITE, 2010). Cabe ao designer aproveitar ao máximo as características da madeira, pois apesar de ser considerada resíduo na indústria de mobiliário, pode virar a matéria-prima para outro produto.

2.3 – MDF x MDP x HDP

O processo de obter lâminas de madeira teve origem há cerca de 3000 anos a.C. no Antigo Egito, no qual eram usadas madeiras muito valiosas, como o ébano, para fabricação de mobiliários destinados aos reis (ALBUQUERQUE; 1995). O processamento mecânico mais atual da madeira surgiu primeiramente na Alemanha, em meados do século XIX e desenvolveu-se em conjunto com a civilização humana com o aperfeiçoamento das ferramentas e processos, como o torno laminador, grande responsável pela evolução da indústria de madeira compensada. Na primeira e segunda guerra mundial ocorreram vários avanços na automação e desenvolvimento de sistemas de produção que somados aos novos adesivos, aumentaram a qualidade e diminuíram o custo da madeira laminada (ALBUQUERQUE, 1999).

A procura pelos painéis de madeiras processadas ou laminadas surgiu da necessidade de se obter superfícies largas dificilmente encontradas na natureza como madeira maciça, além da obtenção de um material mais homogêneo (WEBER, 2011). Uma série de vantagens são encontradas nos painéis de madeira como a sua renovabilidade, reciclabilidade e resistência elevada em relação à sua massa específica. Ainda, a madeira pode ser comparada a materiais não renováveis como o aço, plásticos e alumínio, porém demanda muito menos energia para extração, transporte e produção. Na utilização de 1 tonelada de MDF é necessária a

quantidade de energia de 8,49 milhões de BTU (9×10^9 J), para utilização de alumínio são necessários 34,08 milhões de BTU (36×10^9 J) e para alvenaria são necessários 183,28 milhões de BTU (190×10^9 J) (ELEOTÉRIO, 2000).

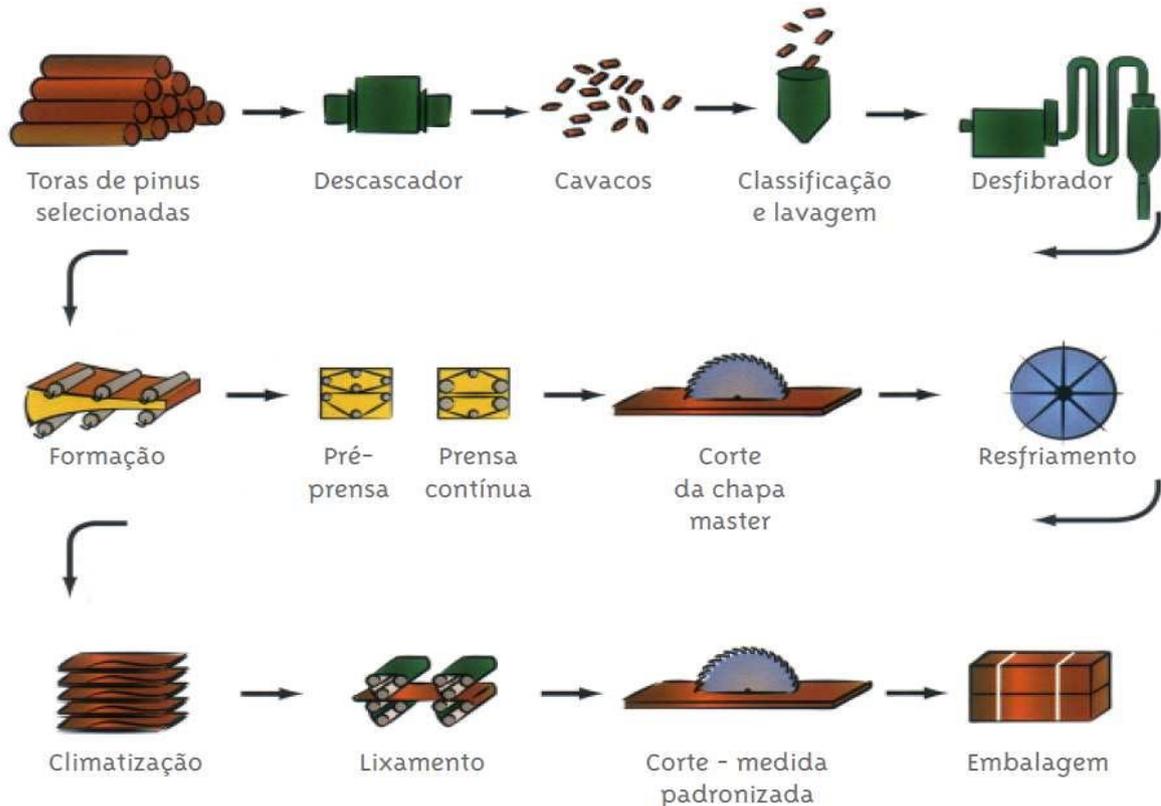
Os painéis de madeira podem ser classificados de duas maneiras: o painel de madeira reconstituída e o painel de madeira processada mecanicamente. Estes painéis consistem na aglutinação de lâminas ou partículas de madeira por ação da pressão, temperatura e uso de resinas. No Brasil, conforme dados da Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira – Abipa (2014), as madeiras mais utilizadas para fabricação dos painéis são o pinus e o eucalipto, ambos de florestas plantadas (BIAZUS; HORA; LEITE, 2010).

Atualmente em nível mundial, o uso de MDP supera o uso de MDF, entretanto o MDF possui algumas vantagens na utilização para mobiliário, devido às suas propriedades mecânicas que se assemelham mais a madeira maciça, ou seja, possui maior consistência, estabilidade dimensional e capacidade de usinagem, o que não é possível de realizar no MDP. As chapas de fibras são utilizadas principalmente em fundos de gavetas e armários há muito tempo, porém já vem sendo substituída pelo HDF, fabricado por meio de processos semelhantes ao MDF. As chapas de madeira reconstituída são comercializadas com alguns revestimentos, aplicados em uma ou nas duas faces maiores da chapa, podendo o acabamento ser do tipo: baixa pressão (BP), *finish foil* (FF) ou laminado (LM). O acabamento de baixa pressão consiste na fundição da chapa com uma folha de papel especial de resina melamínica mediante a pressão e temperatura, já o acabamento *finish foil* é a colagem de película ao painel, diferente da chapa laminada que consiste em um revestimento em formato de lâminas de madeira natural (BIAZUS; HORA; LEITE, 2010).

O processo de produção do MDF (Figura 2) pode ser do tipo úmido, semiúmido ou seco. Porém o processo úmido foi banido em diversos países devido a geração de efluentes altamente poluentes. Atualmente o MDF e o MDP são fabricados através do processo seco, embora de maior custo e necessária utilização de resinas, em proporções de até 10% sobre o peso da chapa, ainda é o processo mais utilizado pelas indústrias. Já as chapas de fibra dura são fabricadas pelos

processos úmido ou semiúmido (SANCHEZ SANTIAGO, 2007). Apesar de ter aplicações diferentes, os processos de produção do MDF e do MDP são similares.

Figura 2 - Esquema ilustrativo dos processos de produção do MDF



Fonte: BARBOSA (2010).

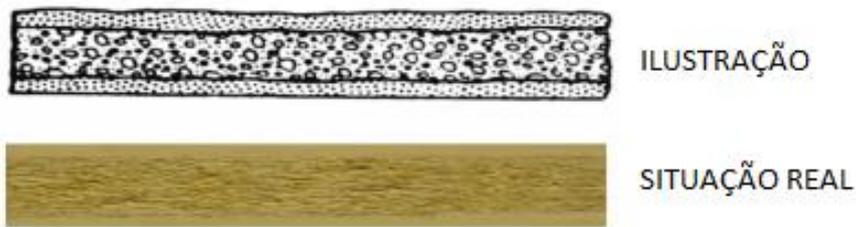
A primeira etapa para fabricação do MDF é o descascamento das toras, seguida da fragmentação onde são gerados cavacos ou partículas da tora, ao passarem por picadores mecânicos. Após, os cavacos são classificados por peneiras, separando os pedaços maiores, que retornam ao picador até passarem pela peneira adequada para serem armazenados em silos. Para o desfibramento acontecer da melhor forma possível, os cavacos são tratados, sendo amolecidos para facilitar o processo no desfibrador, formando uma polpa resistente, onde a lignina presente nas camadas intercelulares perde a capacidade de retenção das fibras, situação ideal para os desfibradores mecânicos continuarem o processo. A

mistura da resina, catalisador e dependendo do material, algum aditivo, torna a chapa rígida com o tempo de secagem das fibras após a mistura. Os tipos de resinas mais usadas são à base de ureia-formoldeído, melamina-ureia-formoldeído e tanino-formoldeído. As fibras são armazenadas em um silo até que se acumule volume para formação de mantas, onde acontece o entrelaçamento das fibras, que é a formação de um colchão a seco por meio da suspensão das fibras ao ar, sendo que a altura deste colchão é delimitada de acordo com a necessidade (CAMPOS, 2003).

Conforme o tipo de chapa em produção é feito o seccionamento para padronização do tamanho físico da chapa para em seguida passar pelo processo de pré-prensagem e prensagem a quente. Após o processo de prensagem, é feito o resfriamento à temperatura ambiente para que em seguida se faça o corte para padronização do tamanho da chapa padrão, o lixamento para correção da espessura padrão da chapa e revestimento da chapa conforme característica esperada (CAMPOS, 2003).

O MDP, apesar de também ser uma chapa de média densidade, é composto por três camadas de partículas de pinus ou eucalipto, de maneira que as partículas mais finas fiquem na parte externa e as partículas mais grossas na parte interna da chapa, as quais são aglutinadas por meio das resinas sintéticas, conforme Figura 3 (SILVA, 2012). No processo de fabricação, são aglutinadas com resina as fibras da madeira, formando um material mais uniforme. Apesar disso, o MDP possui propriedades mecânicas equilibradas, resultando em uma melhor resistência ao arranque de parafuso, menor absorção da umidade, menor empenamento e um custo relativamente menor em comparação com o MDF. O uso do MDP é mundialmente conhecido em móveis com linhas retas, sem peças com usinagem, cantos arredondados ou entalhes para aplicação de tinta ou lâminas de PVC (MASISA, 2014).

Figura 3 – Visualização das três camadas do painel de MDP no sentido da espessura



Fonte: Adaptado de SILVA (2012).

A resistência é a principal característica das chapas de HDF, que são mais finas e resistentes, podendo ser dobrada nas espessuras menores e usinada em baixos relevos. É comumente utilizado em peças internas e na construção civil em como piso laminado de alta resistência. Seu processo de fabricação é muito semelhante ao MDF, porém de alta densidade (ABIPA, 2014).

Devido ao intenso e cada vez maior uso destas madeiras processadas nas indústrias moveleiras da região, torna-se necessário um levantamento de dados acerca dos processos produtivos e identificação dos tipos de resíduos obtidos em cada etapa de produção de um projeto de mobiliário, a fim de avaliar o possível aproveitamento destes resíduos para obtenção de novos materiais.

3 – LEVANTAMENTO DE DADOS

A fim de constar as matérias-primas principais utilizadas em algumas indústrias de móveis sob medida na cidade de Arroio do Meio – RS, foi realizada uma pesquisa para levantamento desses dados. Essa pesquisa serviu para identificar os processos dentro da indústria onde são obtidos resíduos predominantemente de MDF, MDP ou similares, além de classificar e quantificar cada tipo de resíduo encontrado.

A caracterização da argamassa, assim como a utilização de agregados alternativos para sua obtenção e suas principais características são citados em conjunto com sua utilização em produtos de mobiliário, design de produto e na arquitetura.

3.1 – Dados de uma indústria moveleira

Para um levantamento mais aprofundado, foram analisados os processos de uma empresa de móveis seriados para banheiro na cidade de Arroio do Meio – RS para obtenção dos dados relativos aos processos de fabricação internos e identificação dos tipos de resíduos sólidos provenientes do MDF. Neste levantamento, foram identificados os processos em que o MDF recebe algum tipo de transformação que gerem resíduos.

O corte é o primeiro processo em que o MDF é submetido, através de uma máquina seccionadora (SCM TEMATIC FIT GIII) (Figura 4). Nela são cortadas até 6 chapas de uma única vez, dependendo da espessura de cada chapa. O corte segue um plano de corte criado através de *software* específico. Os resíduos gerados pelo processo de corte são compostos de pequenos retalhos, que são armazenados em caixas, além da serragem e o pó, que são aspirados pelo sistema de exaustão e armazenados em um silo na parte externa da empresa (Figura 5).

Figura 4 - Máquina seccionadora utilizada para corte do MDF



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5 - Silo externo do sistema de exaustão para armazenagem dos resíduos



Fonte: Elaborado pelo autor.

O próximo processo depende do tipo de móvel a ser fabricado, podendo ser o lixamento, colagem de bordas ou usinagem. O lixamento é feito em uma lixadeira de cinta (Figura 6), apenas quando são feitos assentos sanitários, gerando resíduos apenas na forma de pó, que são aspirados pelo sistema de exaustão. No processo de colagem de bordas, são coladas fitas de papel ou PVC (cloreto de polivinila) nas extremidades indicadas pela ordem de produção interna da empresa. Este processo é feito em uma coladeira de bordo (SCM TECMATIC T-400) (Figura 7), que gera resíduos na forma de pó de MDF e retalhos das fitas de borda. O pó é aspirado, enquanto o resíduo das fitas de borda é descartado junto ao lixo comum. A usinagem é feita nas peças para fabricação dos assentos sanitários em uma tupa superior de bancada (Figura 8), onde são gerados resíduos na forma de serragem e

maravalha, aspirados pelo sistema de exaustão no final do processo, além de pequenos retalhos que não terão mais uso.

Figura 6 - Lixadeira de cinta utilizada para lixamento das peças



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7 - Coladeira de bordo onde são coladas as bordas nas peças



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8 - Tupia superior de bancada para processo de usinagem de assentos sanitários



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após o processo de lixamento e colagem de borda, dependendo da peça, é realizado o processo de furação por meio de uma furadeira múltipla (LIDEAR F400-T) (Figura 9) com quatro cabeçotes inferiores, dois superiores, além de um cabeçote no lado direito e outro no lado esquerdo, possibilitando múltiplas furações em apenas um processo. São gerados resíduos na forma de maravalha que posteriormente são aspirados pelo sistema de exaustão.

Figura 9 - Furadeira múltipla para furação das peças



Fonte: Elaborado pelo autor.

A pintura das peças é feita em uma linha de pintura UV automatizada (SORBINI) (Figura 10) apenas nas peças de cor branca e para pintura do fundo (primer) nas demais peças. Quando a peça é colorida, recebe pintura em cabine de pintura à pistola de ar comprimido e, em seguida, submetida à secagem de um dia para outro em estufa fechada. Quando a peça é de MDF laminado, não é necessário este processo de acabamento. Na linha de pintura UV, as peças passam primeiramente por uma lixadeira, onde são gerados resíduos na forma de pó, aspirados pela exaustão e, em seguida, recebem o fundo (primer UV) na pintura por rolos, no qual a secagem é realizada por lâmpadas UV. Em seguida, a peça é passada novamente no sistema de pintura por rolos da linha de pintura UV, onde recebe a tinta de acabamento na cor branca, também com cura ultravioleta (UV).

Figura 10 - Linha de pintura Ultravioleta automatizada



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme visto no levantamento de dados na empresa, constatou-se que grande parte dos resíduos de MDF da empresa são armazenados pelo sistema de exaustão, sendo que apenas os retalhos e cavacos são guardados em sacos para futuro recolhimento pelas olarias, que vêm até a empresa para recolhimento dos resíduos do silo de armazenamento e dos sacos de retalhos em média a cada dois meses, resultando em um volume aproximado de 60 m³. Na Figura 11, foram identificados os quatro tipos diferentes de resíduos do MDF: o pó, a serragem, a maravalha e os retalhos (cavacos).

Figura 11 - Tipos de resíduos identificados na empresa analisada



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas empresas pesquisadas de móveis sob medida, a principal matéria-prima para composição da base dos móveis é o MDP, por ser mais barato e mais resistente do que o MDF, que é utilizado apenas quando o mobiliário exige alguma peça em curva, onde o processo de usinagem é realizado. O uso do HDF é exclusivo para partes internas, como fundos de gavetas, enchimentos e fundos dos móveis. O MDF também é usado quando a peça precisa receber acabamento de cores especiais, visto que o MDP pode ser comprado já com revestimento branco, ou laminado imitando tons de madeira. Existem diversas opções de revestimento para o MDP, o que justifica seu uso em maior quantidade, pois também diminui os custos para a empresa, porém quando é necessária alguma cor especial, é preciso utilizar o MDF, pois é o único que aceita lixamento para posterior pintura manual à pistola de ar comprimido.

Devido à quantidade de resíduos que são descartados sem lucro e de forma não sustentável pelas empresas, seria interessante que esses resíduos fossem reaproveitados para utilização em novos produtos, seja para venda, ou para uso nos mobiliários da própria empresa, agregando valor ao produto e tornando o processo mais ambientalmente responsável. A possibilidade do uso da argamassa, com a utilização dos resíduos de MDF da empresa como agregado miúdo surge como uma grande alternativa para criação de um novo material compósito. Para isso se torna necessário um aprofundamento quanto aos tipos de argamassas e quais as mais indicadas para a elaboração deste material compósito.

3.2 – Argamassa

Conforme NBR 13281 (ABNT, 2001), argamassa é uma mistura homogênea composta por agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, podendo ou não conter aditivos, que podem melhorar as propriedades de endurecimento e aderência.

A argamassa é basicamente usada na construção civil com diferentes objetivos, desde o revestimento de pisos, tetos e paredes até o assentamento dos tijolos, azulejos, ladrilhos, entre outros. Porém, para cada uso, existe uma argamassa específica, podendo ser classificada pelo seu aglomerante, sendo as mais comumente usadas: as argamassas de cal, as argamassas de cimento e as argamassas mistas (AMBROZEWICZ, 2012).

A argamassa de cal tem características de plasticidade, elasticidade e boas condições para endurecimento, por isso são usadas em rebocos e emboços, pois proporciona um bom acabamento à superfície onde é utilizado. A argamassa de cimento possui características de resistência, sendo seu uso mais comum em alvenarias de alicerce, chapiscos e alguns revestimentos onde a impermeabilidade, resistência mecânica ou desgaste é exigida. Uma argamassa de cimento ao receber cal, torna-se mais plástica e de melhor acabamento, por isso é chamada de

argamassa mista. Este tipo de argamassa é utilizado para preparar paredes que receberão o revestimento cerâmico aplicados com argamassa colante (FIORITO, 2010).

3.2.1 – Argamassas com a utilização de agregados alternativos

O agregado mais utilizado em argamassas de revestimento é a areia, que é retirada dos rios e é composta basicamente de quartzo. Porém a granulometria da areia varia dependendo da região de onde é extraída, influenciando diretamente na qualidade da argamassa, podendo causar fissuras, rugosidades, resistência a aderência e permeabilidade no local onde for aplicada (PAIXÃO, 2013).

Segundo NBR 7211 (ABNT, 2009), é considerado um agregado miúdo o material “cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NM ISO 3310-1”.

A utilização de resíduos cerâmicos da construção civil como agregado miúdo alternativo para fabricação de argamassas para revestimento de alvenarias é uma grande vantagem quanto à redução de impactos ambientais, pois acaba reciclando parte dos resíduos da construção, evitando que mais energia seja gasta para retirada de agregados minerais do meio ambiente (PAIXÃO, 2013).

A madeira, é um produto lignocelulósico, que teoricamente, pode ser usado para fabricação de chapas minerais com o cimento, porém a composição química da espécie da madeira usada pode prejudicar a cura do cimento (PAULA; MENDES; REZENDE; FREIRE, 2010). Diversas substâncias químicas estão presentes na composição natural da madeira, dentre elas, algumas não fazem parte da estrutura dos tecidos vegetais e por isso são chamadas de extrativos da madeira, que são substâncias como ácidos, açúcares e fenóis, que retardam e até mesmo impedem a pega do cimento, tornando-se necessária o uso de algum processo para retirada

destas substâncias da madeira, afim da menor influência na hidratação do cimento (FONSECA; LIMA; MACEDO; TEIXEIRA, 2002).

Alguns tratamentos podem ser feitos para extração dos extrativos da madeira, podendo ser quimicamente, com a impregnação da madeira com epóxi, afim de dificultar que a água usada na mistura seja absorvida à madeira, ou fisicamente, por meio da compactação da massa específica da madeira, afim de maior estabilidade dimensional, ou ainda com a lavagem com água e outros solventes. O uso de aditivos modificadores na mistura do cimento não é considerado um tratamento, mas uma aditivação à mistura. A mineralização é o processo em que as partículas de madeira são submersas em solução salina, que extrai os extrativos da madeira, fazendo com que absorva os íons da solução que cristalizaram no interior da fibra, diminuindo a sua maleabilidade, mas garantindo excelentes resultados (FONSECA; LIMA; MACEDO; TEIXEIRA, 2002).

Na mineralização das partículas vegetais são imersas em soluções de silicato de sódio (5%) e após, em sulfato de alumínio (30%), formando uma camada impermeável, impedindo que as substâncias nocivas ao cimento degradem o material. Este é o sistema mais indicado para produção de blocos de concreto com partículas vegetais na indústria (DANTAS FILHO, 2004).

A lavagem das partículas da madeira é feita pela imersão em água quente a 80°C, em proporção de 100g de partículas de madeira por litro de água, em um tempo de duas horas, e em seguida é realizada a secagem ao ar livre (SOUZA; MACEDO; NETO, 2006). A secagem das partículas após este tratamento pode ser feita em estufas à temperatura de 105±1°C, até atingirem peso constante (BERTOLINI; CAMPOS, 2010).

Como aglomerante, o cimento Portland CP V ARI é o mais indicado, devido à utilização de uma dosagem diferente de argila e calcário em sua produção, é utilizado quando o processo necessita elevada resistência inicial e rápida desforma, tornando o processo de cura do cimento mais rápido. Alguns aditivos químicos, como o cloreto de cálcio (CaCl₂), melhoram a trabalhabilidade, aceleram ou

desaceleram o tempo de pega, tornando o concreto mais resistente (PAULA; MENDES; REZENDE; FREIRE, 2010).

A microssílica usada como aditivo mineral em conjunto com o aditivo químico cloreto de cálcio, obtiveram excelentes resultados em material compósito obtido com o aglutinante cimento Portland CP V ARI e partículas de madeira e casca de eucalipto. A adição da microssílica na faixa de 20% proporciona menor variação da espessura após 24h de imersão de teste em água, em painéis produzidos somente com madeira, sem casca, o que constata que seu uso aumenta a impermeabilidade do material. O uso da casca do eucalipto só é benéfico quando há a adição da microssílica, melhorando as propriedades mecânicas e físicas do material (SILVA; LATORRACA; LELIS; TEIXEIRA; CARMO; FERREIRA, 2006).

Existem estudos do uso de diversas madeiras para obtenção de chapas de cimento-madeira, variando de acordo com a região do país, obtendo os mais diversos resultados. Algumas espécies de eucalipto, com destaque para a *eucalyptus urophylla*, apresentaram após testes um grande potencial para fabricação de chapas cimento-madeira, obtendo excelentes propriedades físicas e mecânicas, dentro dos limites aceitáveis em norma (SILVA; LATORRACA; TEIXEIRA; JUNIOR, 2005).

O uso de partículas de bambu, da espécie *dendrocalamus giganteus* com devido tratamento para retirada dos extrativos também obtiveram excelentes resultados, tornando-se uma potencial opção, visto inclusive a diminuição da densidade do compósito (BERTOLINI; CAMPOS, 2010).

Torna-se ecologicamente e economicamente viável o estudo para utilização dos resíduos de MDF para fabricação de um material compósito para aplicação em projetos de mobiliário.

3.3 – Produtos de cimento aplicado ao mobiliário

Até os anos 1950, o cimento era usado para obtenção do concreto servindo apenas com fins estruturais. Nesta época surgiu a Escola Paulista, um movimento da arquitetura moderna brasileira que começou a utilizar produtos de cimento de forma aparente iniciando um processo de aceitação da utilização deste material com fins estéticos e não somente estrutural (MARQUARDT, 2005).

O uso de produtos de cimento na arquitetura moderna brasileira teve como principal precursor o arquiteto João Batista Vilanova Artigas, que realizou inúmeros estudos enfatizando o contraste do edifício com a natureza, utilizando-se das possibilidades plásticas, conceituais e espaciais do concreto armado, cujos detalhes podem ser vistos em várias de suas obras, como: a residência de Rubem Mendonça (1958) e na residência de Olga Baeta (1956) (MARQUARDT, 2005).

O brutalismo foi um movimento arquitetônico ligado ao uso dos materiais em seu estado natural, onde tudo se torna aparente, não existindo elementos a esconder nas edificações, sendo os revestimentos considerados dissimuladores. No Brasil, o brutalismo paulista teve como principal inspirador Le Corbusier, que inovou utilizando o concreto armado de maneira aparente mesclando com outros materiais naturais em disposições distintas, como o pavilhão suíço (SANVITTO, 2013).

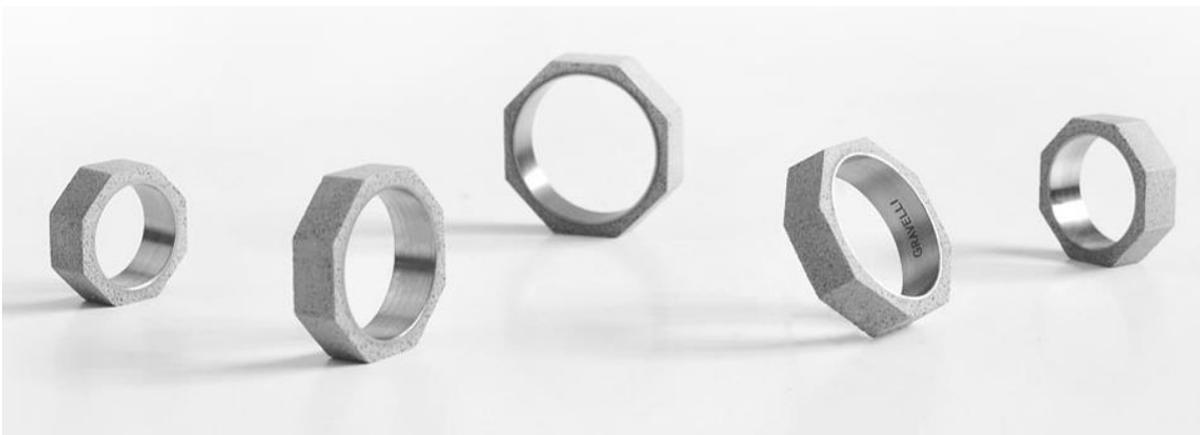
Os produtos de cimento são alvo de pesquisa por parte de designer, pois pode receber texturas, acabamento brilhoso ou fosco, natural ou colorido, além de ser facilmente moldável, também pode abusar das formas orgânicas e complexas. A empresa Gravelli da República Tcheca, criou a tecnologia FixCrete® cujo principal diferencial foi criar um concreto com espessura de 15mm, o que diminui cerca de oito vezes o peso do objeto em relação ao concreto normal. Além disso, o material recebe impregnação de substâncias para garantir resistência contra a absorção de líquidos, mantendo assim a sua cor original, que pode ser definida através de pigmentos coloridos quando necessário. Entre os produtos fabricados estão desde mobiliários, como a luminária Flos (Figura 12) até jóias, como o anel Oktagon (Figura 13), feito de aço cirúrgico e concreto.

Figura 12 – Luminária Flos, da empresa Graveli



Fonte: GRAVELLI (2015).

Figura 13 – Anel Oktagon, da empresa Graveli



Fonte: GRAVELLI (2015).

A empresa Lafarge, criou o Ductal®, um produto de cimento de alto desempenho que foi reforçado com fibras orgânicas, caracterizando um material inovador para as mais diversas aplicações, além de ter qualidade superior em resistência à compressão, ductilidade e durabilidade, tornando-se excelentes produtos para projetos de arquitetura e design de produtos, que necessitam de um produto resistente, durável e impermeável. A mesa ARC (Figura 14), lançada pela

empresa italiana Molteni&C, foi apresentada no Salão do Móvel de Milão, feita de material à base de cimento.

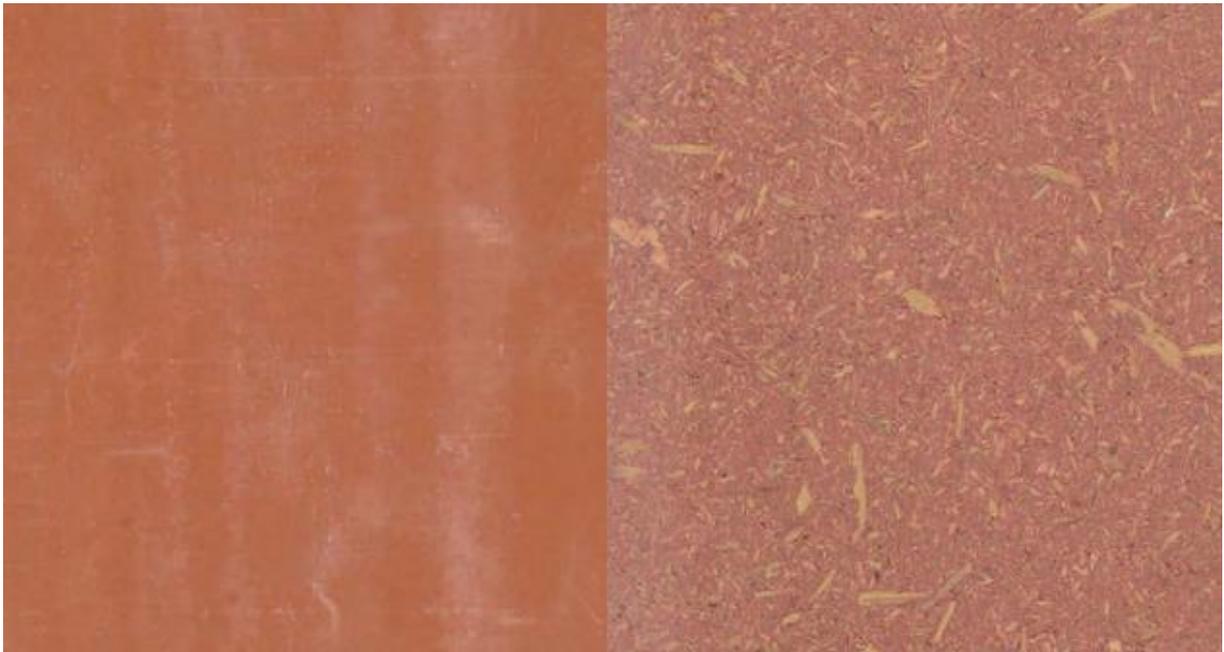
Figura 14 - Mesa ARC



Fonte: MOLTENI&C (2014).

O Viroc® é um painel de cimento-madeira produzido em Portugal e revendido no mundo todo, inclusive no Brasil. É encontrado em chapas de diversos tamanhos e cores, com espessura mínima de 12mm, podendo ser usado em fachadas externas em projetos arquitetônicos, assim como em projetos de mobiliário, podendo ou não receber acabamento final conforme necessidade estética do projeto de ambiente. Ao ser lixado uma vez, apresenta partículas de madeira visível, conforme Figura 15. Possui diversos pontos positivos para uso em mobiliário, por não conter compostos voláteis, ser isento de sílica, amianto e formoldeído. Além disso é isolante acústico, resistindo ruídos sonoros de até 37dB, possui resistência mecânica com tensão de ruptura à flexão de 10.5 N/mm² com módulo de elasticidade 6000 N/mm². Pode ser cortado, lixado e furado, semelhante às chapas de MDF. O Viroc® é um material ignífero, hidrófugo e isolante térmico.

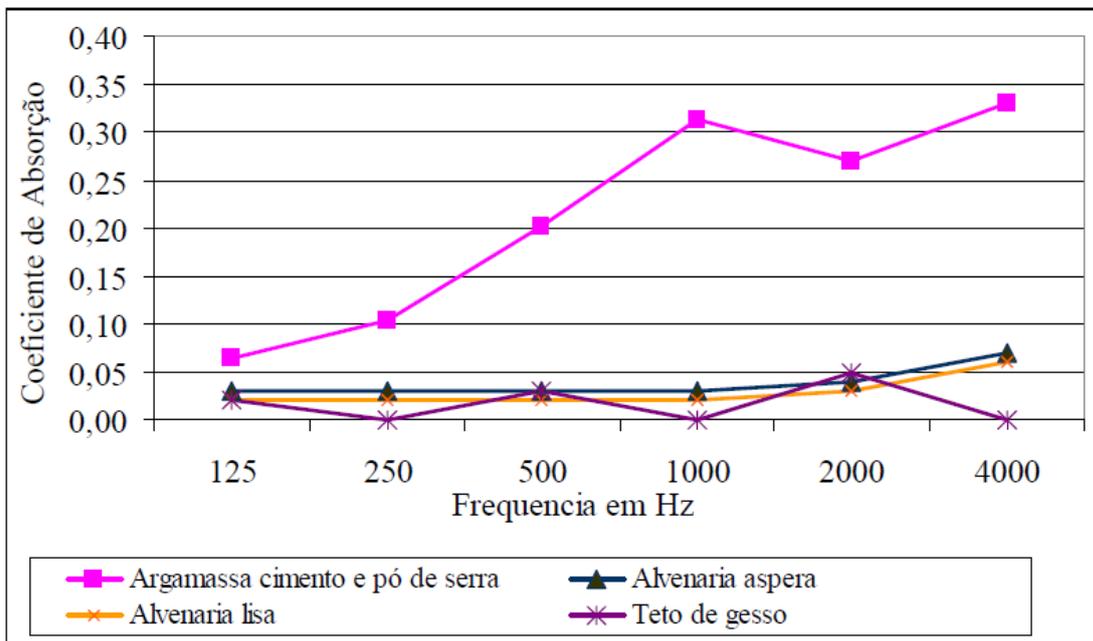
Figura 15 - Paineis Viroc®, comparativo com e sem lixamento



Fonte: VIROC (2014).

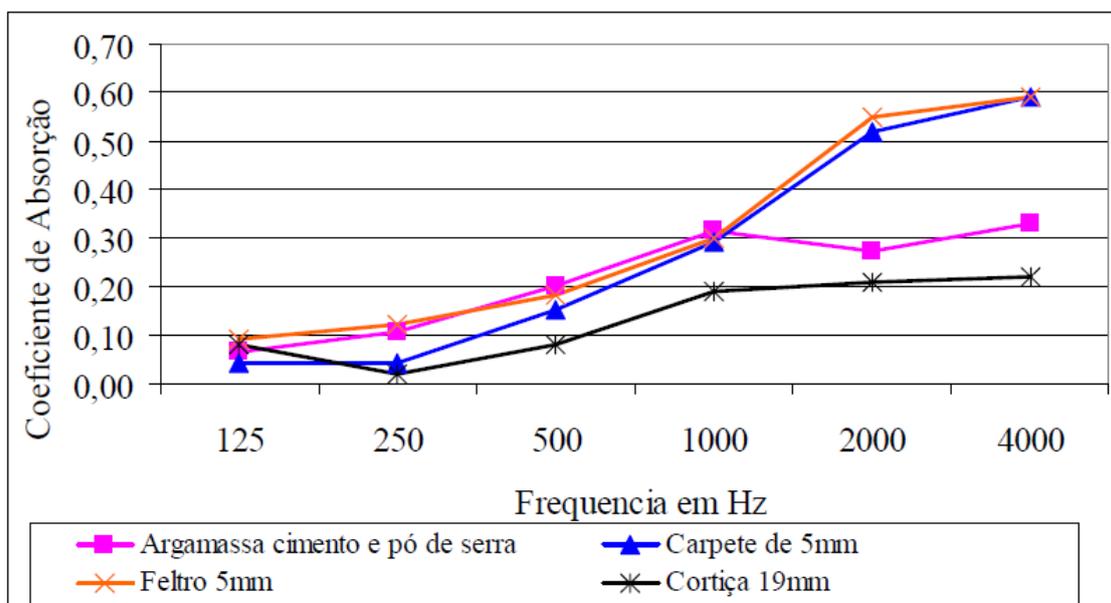
Uma das vantagens quanto a utilização do pó de serra na argamassa é o aumento da absorção sonora do material, conforme podemos ver na Figura 16, um comparativo entre os coeficientes de absorção acústica de alguns materiais reflexivos e a argamassa com pó de serra. Na Figura 17, um comparativo entre a argamassa com pó de serra e alguns materiais conhecidos por sua boa absorção sonora (DANTAS FILHO, 2004).

Figura 16 - Gráfico comparativo entre os coeficientes de absorção acústica das placas confeccionadas com argamassa de pó de serra e alguns materiais reflexivos



Fonte: DANTAS FILHO (2004).

Figura 17 - Gráfico comparativo entre os coeficientes de absorção acústica das placas confeccionadas com argamassa de pó de serra e alguns dos materiais absorvedores



Fonte: DANTAS FILHO (2004).

Por ser um material fácil de encontrar, os produtos de cimento tornaram-se elementos estéticos de decoração na arquitetura, podendo originar peças de mobiliário, como mesas, bancos e bancada, contrastando a cor cinza do material com peças de madeira e cores quentes, compondo um ambiente aconchegante de ar urbano e contemporâneo, como visto abaixo na Figura 18 e Figura 19.

Figura 18 – Exemplo de composição de ambiente com utilização de produtos cimentícios na arquitetura



Fonte: MINHA CASA MINHA CARA (2014).

Figura 19 - Exemplo de mobiliário feito com produtos cimentícios na composição do ambiente



Fonte: MINHA CASA MINHA CARA (2014).

O cimento queimado também é muito usado em projetos de ambientes (Figura 20) com apelo mais rústico, trabalhando com a madeira de demolição, móveis na cor branca e paredes com cores quentes, tornando o ambiente muito atual.

Figura 20 – Exemplo de utilização de cimento queimado em mobiliário



Fonte: TIJOLOS E TECIDOS (2014).

Mobiliários com uso do cimento são mais indicados para ambientes mais amplos, despojados, podendo ser instalado externamente ou internamente em qualquer lugar da casa. Tendo em vista a aceitação do concreto para mobiliários, as empresas de tintas criaram vários tons para imitar a cor e texturas do cimento, a fim de facilitar a decoração de ambiente menores, ou diminuir custos na execução do projeto.

Porém, o uso do cimento para mobiliário ainda é baixo aqui no Brasil, mas muito usado no exterior, sob o formato de painéis de cimento-madeira, que apresentam uma série de vantagens quanto ao uso em projetos de mobiliário, devido à resistência ao ataque de cupins e fungos, excelente isolante térmico e acústico, resistente à chama e fácil de trabalhar. O aproveitamento dos resíduos das indústrias moveleiras, pode ter um mercado promissor. O reaproveitamento dos

resíduos de MDF como agregado alternativo na matéria-prima para fabricação de um novo material compósito combinado com o cimento, pode vir a resultar em chapas para uso em projetos mobiliários para os mais diferentes ambientes (CAMPOS, 2003).

4 – MATERIAIS E MÉTODOS

Após análises dos dados levantados até então, um programa experimental foi elaborado, com a geração de alternativas preliminares, onde foram propostos alguns ensaios normatizados para a caracterização do novo material, fazendo-se necessária a confecção de corpos-de-prova, afim da verificação da sua resistência, acabamento, cor, ergonomia e funcionalidades.

Foram inicialmente testados diferentes traços para escolha do material com as melhores propriedades. Foram elaborados corpos de prova nas relações de cimento-areia-água de 1:0,4:0,365 com substituições da areia por resíduos de MDF, em 3%, 5%, 10%, 15% e 25%, utilizando resíduos com tratamento em Cal (5%) e com 2º tratamento com silicato de sódio (5%) e sulfato de alumínio (30%), e cimento CP V-ARI.

Os corpos de prova foram submetidos aos testes de compressão, flexão e absorção de água aos 28 dias de cura. Após os resultados do programa experimental, foi possível a adoção de uma metodologia de projeto de produto, para a geração de alternativas. Maior detalhamento do programa experimental encontra-se no subcapítulo 4.1 – Programa experimental.

Para o desenvolvimento do projeto de mobiliário, foi escolhida a metodologia de Platchek (2012), que tem como ênfase o ecodesign, avaliando desde a criação até a reciclagem e o descarte final do produto e seus componentes. Segundo a

autora, a utilização do ecodesign para o desenvolvimento de novos produtos possibilita um grande diferencial competitivo no mercado, que cada dia preza mais pelo desenvolvimento sustentável, visto a crescente escassez de matérias-primas na natureza, além da diminuição dos custos de produção e dos impactos ambientais durante os processos. Cabe ao designer a elaboração de projetos mais sustentáveis, através dos preceitos do ecodesign, quebrar os paradigmas quanto à extração incontrolável dos recursos naturais pelo homem.

Na fase de geração de alternativas, segundo Platcheck (2012), é necessário assimilar todas as possibilidades e adequações das alternativas preliminares, pois costumam surgir surpresas, algo que tenha passado despercebido pela equipe do projeto. Platcheck ressalta que é necessário contemplar a sustentabilidade já na concepção do produto, primeiro pensando em reciclar e reutilizar e como último recurso o tratamento e descarte dos resíduos, e para isso cita duas variáveis: a energia utilizada e a quantidade de lixo gerado. O uso do design orientado à montagem (DfA – *Design for Assembly*) diminui a quantidade de componentes, facilitando o encaixe das peças, e o design orientado para desmontagem (DfD – *Design for Disassembly*) facilita o desmonte do produto, a fim de ajudar no processo da reciclagem ou reuso dos componentes.

Escolhida a melhor alternativa de produto e material compósito, foram elaborados desenhos técnicos, com o detalhamento das peças, partes, conjuntos ou sistema por meio de cortes em desenhos técnicos cotados, detalhando a montagem e especificando seus diferenciais em uma vista explodida do produto. A fim de conferir a estética do produto, a autora cita o *rendering*, que é uma representação mais estética do produto, porém não se pode descuidar dos aspectos técnicos do projeto.

Ao final de todas as fases foi necessária a produção de um modelo iconográfico ou protótipo funcional (“peça-piloto”), como se fosse o produto final, com as cores, texturas, peso, dimensões e funcionalidades reais, visando a realização de testes. Esta “peça-piloto” é a base para adequação do processo produtivo, cálculos de custo e treinamentos de pessoal em uma eventual aprovação para produção na indústria.

Platcheck (2012), sugere ainda testes e validação do projeto para fabricação: é realizado todos testes necessários com a “peça-piloto” e com os processos envolvidos, podendo haver pequenas correções e ajustes. Após tudo acertado, o projeto poderá ser validado para uma possível fabricação em série.

4.1 – Programa experimental

Primeiramente foram definidos os tratamentos a serem feitos com os resíduos recolhidos na empresa de móveis no qual foi feito levantamento de dados. Optou-se por utilizar primeiramente um tratamento à base de cal (5%), proposto por Dantas Filho (2004), em proporção de 10 litros de água para 1 kg de resíduo de MDF, com imersão por 24 horas, seguida de lavagem com água corrente e secagem ao ar livre por 3 dias. Em seguida foi seco em laboratório em estufa a 105°C, até atingir peso constante.

Parte do resíduo tratado com cal (5%), foi submetido a novo tratamento de mineralização, proposto por Sarmiento (1996), desta vez em imersão por 24 horas, em proporção de 10 litros de água para 1 kg de resíduo de MDF, com adição de silicato de sódio puro (5%). Após a primeira imersão, o resíduo foi enxugado e feito novo período de imersão por 24 horas, nas mesmas proporções de água para resíduo, porém com acréscimo de sulfato de alumínio (30%). Após feito isso, foi feita secagem ao ar livre por 3 dias e na sequência levado ao laboratório para secagem em estufa (marca Quimis, modelo Q317M-92) (Figura 21) a 105°C, até atingir peso constante.

Figura 21 - Secagem dos resíduos em estufa (marca Quimis, modelo Q317M-92)

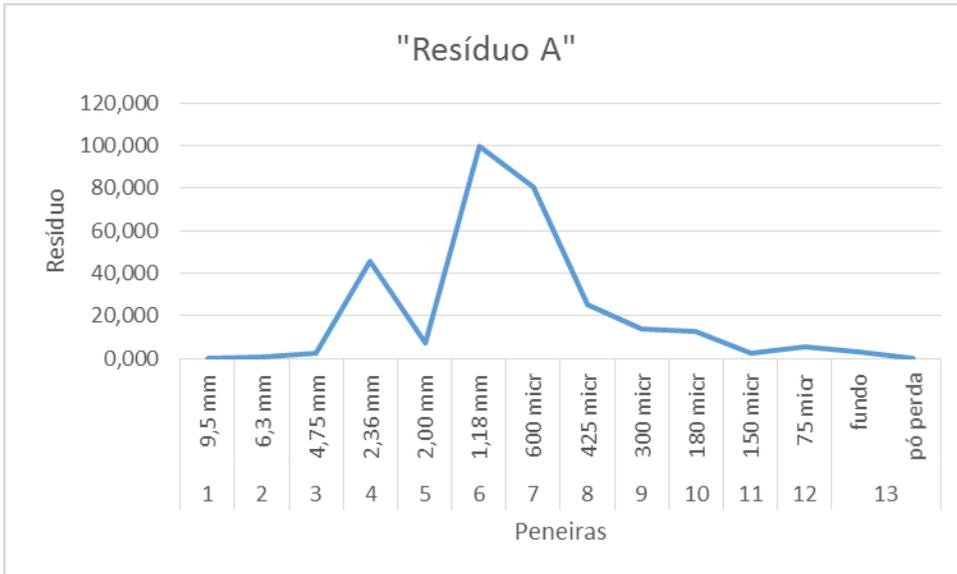


Fonte: Elaborado pelo autor

Para a caracterização dos resíduos foram feitas as curvas granulométricas dos agregados conforme NBR NM 248 (2003). Os resíduos tratados quimicamente foram nomeados como: os resíduos tratados com cal (5%) – “resíduo A” e os resíduos tratados com silicato de sódio (5%) e sulfato de alumínio (30%) – “resíduo B”. Os “resíduos A” tiveram partículas de menor granulometria² em comparação com os “resíduos B”, conforme pode-se observar na Figura 22 e Figura 23.

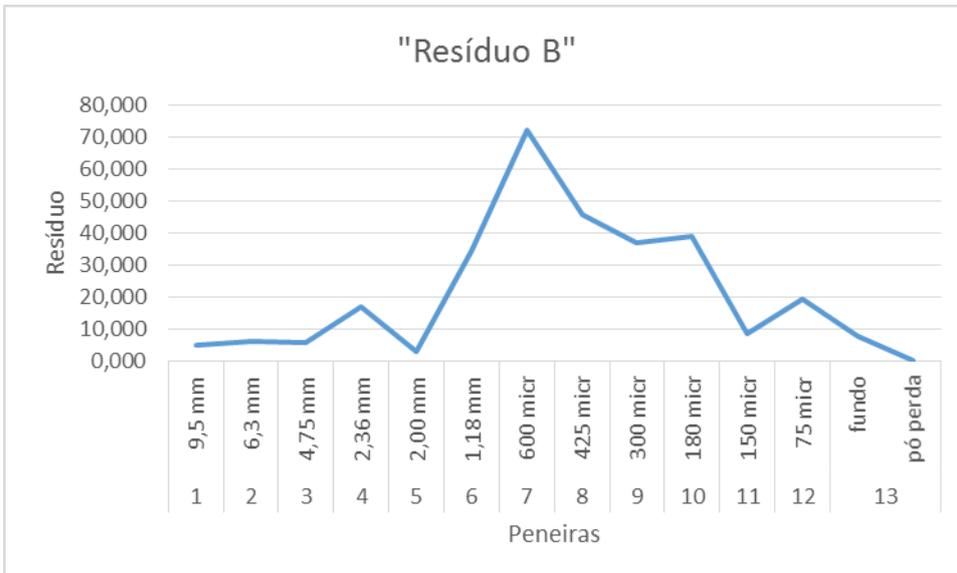
² Granulometria ou Análise Granulométrica: É a determinação das dimensões das partículas do agregado e de suas respectivas percentagens de ocorrência (ABNT, 1995).

Figura 22 - Curva granulométrica do “resíduo A”: resíduo com grãos de tamanho mais homogêneo, variando entre 150 μ m (0,15mm) a 2,36mm, sendo predominante a presença de grãos no tamanho de 1,18mm.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 23 - Curva granulométrica do “resíduo B” ”: resíduo com grãos de diversos tamanhos variando entre 75 μ m (0,075mm) a 9,5mm, sendo predominante a presença de grãos no tamanho de 600 μ m (0,6mm).



Fonte: Elaborado pelo autor

A areia utilizada como agregado miúdo na mistura foi a do tipo grossa, proveniente do Rio Jacuí, cuja curva granulométrica pode ser vista na Figura 24.

Figura 24 - Curva granulométrica da areia grossa com módulo de finura no valor de 2,533% classificando o agregado de tipo médio, cujo o diâmetro máximo foi de 1,18mm.



Fonte: Elaborado pelo autor

Em laboratório foram moldados corpos-de-prova conforme NBR 13276 (2002), visando obter uma boa consistência. A quantidade de água foi fixada de acordo com o índice de consistência, que deverá medir em torno de 270mm a 290mm. A água utilizada foi proveniente do abastecimento residencial, de origem do Rio Taquari.

Os traços propostos a partir dos primeiros testes experimentais sofreram pequenas alterações quanto a quantidade de água na mistura, visto que nenhum dos traços propostos anteriormente no qual utilizavam resíduos de madeira tiveram resultados satisfatório quando usado o resíduo de MDF como agregado alternativo.

Foram então definidos os traços de cimento:areia:água em relação de 1:0,400:0,365, com substituições da areia por resíduo de MDF, em 3%, 5%, 10%, 15% e 25%, utilizando resíduos com tratamento em Cal (5%) e com 2º tratamento

com silicato de sódio (5%) e sulfato de alumínio (30%), ambos utilizando o cimento CP V-ARI, de maior resistência inicial e desmolde mais rápido.

Primeiramente foram separados os materiais nas quantidades necessárias para cada traço. Em seguida, os materiais foram misturados com o auxílio de uma argamassadeira orbital (marca Pavitest) (Figura 25), conforme NBR 13276 (2002). Primeiramente é adicionada a água, em seguida foram acrescentados os materiais sólidos, durante um tempo máximo de 30 segundos. Os materiais foram misturados em velocidade baixa por 30 segundos. Em seguida foi retirada a pá da argamassadeira para mexer a mistura com uma colher a fim de desprender o material preso as bordas da bacia do aparelho, em tempo limítrofe de 60 segundos. Após a colocação da pá novamente no aparelho, foi misturado por mais 30 segundos em velocidade baixa.

Figura 25 - Argamassadeira orbital (marca pavitest)



Fonte: Elaborado pelo autor

Após cada mistura, foi feito o índice de consistência utilizando-se de uma mesa de adensamento por queda (marca Solotest, modelo 1119220) (Figura 26), onde foram definidos os índices de cada traço. O índice de consistência é feito a partir da medição de três diâmetros da mistura após trinta quedas na mesa de abatimento. A média é considerada o índice de abatimento da mistura.

Figura 26 - Mesa de adensamento por queda (marca Solotest, modelo 1119220)



Fonte: Elaborado pelo autor

Em seguida foi feita a moldagem, onde para confecção das amostras foram utilizadas 5 fôrmas, sendo cada fôrma contendo 3 corpos de prova de tamanho 160x40x40mm (Figura 27), onde foi passado um óleo mineral servindo como desmoldante. A moldagem dos corpos de prova seguiu a NBR 13279 (2005), que preconiza o método para a determinação da resistência à compressão de argamassas para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos, no estado endurecido.

Figura 27 - Moldagem dos corpos de prova nas fôrmas



Fonte: Elaborado pelo autor

Os corpos de prova foram armazenados em ambiente de laboratório da Univates e desmoldados após 48 horas, seguindo NBR 7215 (1997). Devido ao número limitado de fôrmas, primeiramente foram feitas as moldagens utilizando como agregado alternativo o “resíduo A” e após 7 dias, foram moldados os corpos de prova com o “resíduo B”.

Após 28 dias de cura, foram feitos os testes de tração na flexão conforme a NBR 13279 (2005), resistência à compressão conforme a NBR 13279 (2005) e absorção de água por capilaridade, seguindo a NBR 15259 (2005) em cada uma das amostras.

5 – RESULTADOS DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

Para definição dos traços foi estabelecido como aceitável a consistência do material de 270 a 290mm (a consistência recomendada pela ABNT NBR 13276 (2002) consiste em uma abertura de 260 ± 5 mm). Na Tabela 1, pode-se analisar os índices médios de consistência de cada traço utilizando o “resíduo A” como agregado alternativo. A Tabela 2 traz os índices médios de consistência da mistura utilizando o “resíduo B” como agregado alternativo.

Tabela 1 - Índices de consistência das amostras com “resíduo A”

	IDENTIFICAÇÃO	TRAÇOS cimento:areia:resíduo:água	% RESÍDUOS MDF	ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA - "slump"			
				mm	mm	mm	média
"RESÍDUO A"	CP - 01A	1: 0,388: 0,012:0,365	3	277	272	280	276,33
	CP - 02A	1: 0,380: 0,020:0,365	5	273	276	275	274,67
	CP - 03A	1: 0,360: 0,040:0,365	10	269	277	274	273,33
	CP - 04A	1: 0,340: 0,060:0,365	15	240	242	251	244,33
	CP - 05A	1: 0,300: 0,100:0,400	25	240	236	240	238,67

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 2 - Índices de consistência das amostras com “resíduo B”

	IDENTIFICAÇÃO	TRAÇOS cimento:areia:resíduo:água	% RESÍDUOS MDF	ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA - "slump"			
				mm	mm	mm	média
"RESÍDUO B"	CP - 01A	1: 0,388: 0,012:0,365	3	274	267	278	273,00
	CP - 02A	1: 0,380: 0,020:0,365	5	279	274	284	279,00
	CP - 03A	1: 0,360: 0,040:0,365	10	259	266	268	264,33
	CP - 04A	1: 0,340: 0,060:0,365	15	224	229	235	229,33
	CP - 05A	1: 0,300: 0,100:0,440	25	215	218	223	218,67

Fonte: Elaborado pelo autor

A quantidade de água utilizada no primeiro traço obteve a consistência desejada, porém nas amostras subsequentes onde a quantidade de resíduos foi maior em porcentagem, a consistência não se manteve devido à alta absorção de água pelo resíduo do MDF em comparação com os agregados miúdo utilizado. O índice de consistência diminui conforme a adição de resíduos, no entanto foi necessário adicionar uma quantidade maior de água nas misturas onde a substituição do agregado era de 25%, pois não haviam consistência aceitável. No CP-05A foram acrescentadas 35 gramas de água e no CP-05B, 75 gramas foram adicionadas a mais do que nos demais corpos de prova.

Após moldagem e cura dos corpos de prova (28 dias), o primeiro teste feito foi o de absorção de água por capilaridade, visto que não é um ensaio destrutivo. O ensaio de absorção seguiu a NBR 15259 (2005) (Figura 28), cujos resultados podem ser vistos na Tabela 3 e Tabela 4.

Figura 28 - Ensaio de absorção de água por capilaridade



Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 3 - Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade nas amostras com "resíduo A"

ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE - "Resíduo A"					
0 MIN	CP-01A	CP-02A	CP-03A	CP-04A	CP-05A
AMOSTRA A	492,00	496,70	483,80	465,50	417,50
AMOSTRA B	494,40	493,10	485,20	470,10	412,60
AMOSTRA C	493,40	491,90	486,50	467,60	412,70
10 MIN	CP-01A	CP-02A	CP-03A	CP-04A	CP-05A
AMOSTRA A	492,60	497,30	484,50	466,30	418,30
AMOSTRA B	495,20	493,80	486,00	470,60	413,40
AMOSTRA C	494,10	492,50	487,30	468,20	413,50
MÉDIA ABSORÇÃO g/cm²	1,63	1,50	1,77	1,50	1,87
90 MIN	CP-01A	CP-02A	CP-03A	CP-04A	CP-05A
AMOSTRA A	493,50	498,20	485,60	467,00	419,10
AMOSTRA B	496,50	494,70	486,90	471,40	414,00
AMOSTRA C	495,10	493,50	488,20	468,90	414,20
MÉDIA ABSORÇÃO g/cm²	4,17	3,63	4,07	3,23	3,50
Coefficiente de capilaridade g/dm².min^{1/2}	2,53	2,13	2,30	1,73	1,63

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 4 - Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade nas amostras com “resíduo B”

ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE - "Resíduo B"					
0 MIN	CP-01B	CP-02B	CP-03B	CP-04B	CP-05B
AMOSTRA A	511,00	502,10	492,20	497,50	467,50
AMOSTRA B	505,10	505,60	499,00	501,80	467,60
AMOSTRA C	507,30	505,10	497,90	497,40	476,30
10 MIN	CP-01B	CP-02B	CP-03B	CP-04B	CP-05B
AMOSTRA A	511,60	502,80	492,70	498,40	468,50
AMOSTRA B	505,60	506,50	499,40	502,40	468,60
AMOSTRA C	507,80	505,50	498,60	498,20	476,90
MÉDIA ABSORÇÃO g/cm²	1,27	1,73	1,13	1,77	2,20
90 MIN	CP-01B	CP-02B	CP-03B	CP-04B	CP-05B
AMOSTRA A	512,40	503,50	493,30	498,60	469,00
AMOSTRA B	506,50	506,60	500,00	502,60	469,00
AMOSTRA C	508,90	506,20	499,00	498,50	477,60
MÉDIA ABSORÇÃO g/cm²	3,33	2,77	2,47	2,27	3,33
Coefficiente de capilaridade g/dm².min^{1/2}	2,07	1,03	1,33	0,50	1,13

Fonte: Elaborado pelo autor

Por meio da análise dos resultados obtidos no ensaio de absorção de água por capilaridade, pode-se constatar que o material compósito obtido com o agregado alternativo composto pelo “resíduo B” é o que menos tem a característica de absorver água em todos os traços testados, com maior relevância onde o agregado alternativo foi substituído em 15% com o agregado miúdo, sendo três vezes menos absorvente.

Para aplicação de um material compósito em mobiliário, a característica de menor absorção de água é muito importante, principalmente se este estiver exposto a intempéries (mobiliários urbanos) ou ambientes úmidos como banheiros, cozinhas e lavanderias.

Após o ensaio de absorção de água por capilaridade, foi feito o ensaio destrutivo de tração na flexão de três pontos, seguindo a NBR 13279 (2005), executado em uma prensa para concreto (marca Emic, modelo PC200CS) (Figura 29), utilizando todos os corpos de prova.

Figura 29 - Ensaio de tração na flexão de três pontos



Fonte: Elaborado pelo autor

No total foram feitos trinta ensaios, sendo três ensaios de cada amostra, onde foram gerados os valores médios de força máxima, deformação e resistência na flexão, que podem ser vistos na Tabela 5. Para cada traço foram elaborados gráficos de tensão (MPa) X deformação (mm) em relatórios de ensaio criados pela automaticamente pela prensa.

Tabela 5 - Resultados dos ensaios de tração na flexão de três pontos

RESISTÊNCIA A TRAÇÃO NA FLEXÃO DE TRÊS PONTOS										
MÉDIAS	"RESIDUO A"	"RESIDUO B"								
	CP-01A	CP-01B	CP-02A	CP-02B	CP-03A	CP-03B	CP-04A	CP-04B	CP-05A	CP-05B
FORÇA MÁXIMA (Kgf)	439,50	279,40	395,80	279,40	390,00	291,00	384,20	340,50	352,20	355,10
DEFORMAÇÃO (mm)	0,4741	0,2099	0,3499	0,2256	0,2830	0,2538	0,3135	0,3000	0,4312	0,4931
RESISTÊNCIA NA FLEXÃO (MPa)	10,1000	6,4220	9,0980	6,4220	8,9640	6,6890	8,8300	7,7820	8,0940	8,1610

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme os ensaios realizados, pode-se constatar que o material com “resíduo A” obteve maior resistência à tração na flexão apenas até o corpo de prova com substituição de 15% do agregado miúdo. Já com a substituição de 25% do agregado miúdo, o material compósito com “resíduo B” passou a suportar maior força máxima. Analisando os resultados, conclui-se que para um material com substituição inferior a 25% do agregado, a melhor escolha é usar o “resíduo A”. Já para material com substituição maior de 25%, a utilização do “resíduo B” se torna a melhor opção.

Após ensaio de tração na flexão, com a metade de cada corpo de prova já rompidos, pela mesma prensa, foram executados os ensaios de compressão (Figura 30), seguindo a NBR 13279 (2005). No total foram trinta ensaios, onde foram ensaiadas três amostras de cada traço, cujos resultados de carga máxima de ruptura (N) e resistência a compressão (MPa) podem ser vistos na Tabela 6.

Figura 30 - Ensaio de compressão



Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 6 - Resultados dos ensaios de compressão

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO										
MÉDIAS	"RESIDUO A"	"RESIDUO B"								
	CP-01A	CP-01B	CP-02A	CP-02B	CP-03A	CP-03B	CP-04A	CP-04B	CP-05A	CP-05B
CARGA MÁXIMA DE RUPTURA (N)	84.370	89.850	78.400	87.510	73.440	84.170	67.160	74.070	48.830	60.110
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (MPa)	52,73	56,16	49,00	54,69	45,90	52,61	41,97	46,29	30,52	37,57

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com os resultados obtidos nos ensaios, pode-se concluir que as amostras utilizando o “resíduo B” tiveram os melhores resultados quanto a resistência a compressão.

Após análise dos resultados obtidos nos ensaios em laboratório, sugere-se a utilização de um traço com substituição do agregado de no máximo 10% para móveis estruturais, como mesas, bancos e mobiliário urbano, devido à resistência à compressão diminuir em maior índice após este traço. Já para mobiliários com funções estéticas, como luminárias, vasos e revestimentos, sugere-se o uso de traços com a substituição do agregado com até 25%. Conclui-se que o material compósito desenvolvido tem boas características para aplicação em projetos de mobiliário com diversas finalidades.

Os relatórios dos ensaios feitos em laboratório na Univates encontram-se no Apêndice A e Apêndice B.

6 – CRIAÇÃO DE UM NOVO PRODUTO COM APLICAÇÃO EM MOBILIÁRIO

Para fins de teste do novo material, foi proposta uma reunião com o diretor e gerente de vendas de uma indústria de móveis da cidade de Arroio do Meio, para elaborar um *briefing*³ acerca do que a empresa almejava para utilização do material compósito.

O *briefing* definido trazia os seguintes tópicos:

- Uso em móvel para banheiro;
- Boa resistência à umidade;
- Fácil montagem e execução:
- Baixo custo inicial;
- Possibilidade de diferentes usos;
- Apelo visual com bom impacto visual, moderno;
- Peças modulares (capacidade de formar mais de uma forma final com as mesmas peças originais);

³ *Briefing*: É o conjunto de informações ou uma coleta de dados passados em uma reunião para o desenvolvimento de um trabalho.

Seguindo o *briefing* proposto pelos diretores da empresa, foi realizado um *brainstorming*⁴, um método criativo com dinâmica em equipe, onde cinco colaboradores de diferentes setores da empresa participaram, contribuindo com suas ideias. O problema a ser resolvido era em qual tipo de produto, seguindo o *briefing* proposto pelos diretores da empresa, poderia ser utilizado o novo material, tendo em vista suas características e processos em que teriam que receber até a produto final.

Com as ideias que surgiram do *brainstorming*, permaneceram para geração de alternativas mais completa, duas ideias iniciais: pia ou cuba para os móveis de banheiro e revestimento em relevo para detalhes nos móveis ou uso em revestimentos de ambientes úmidos.

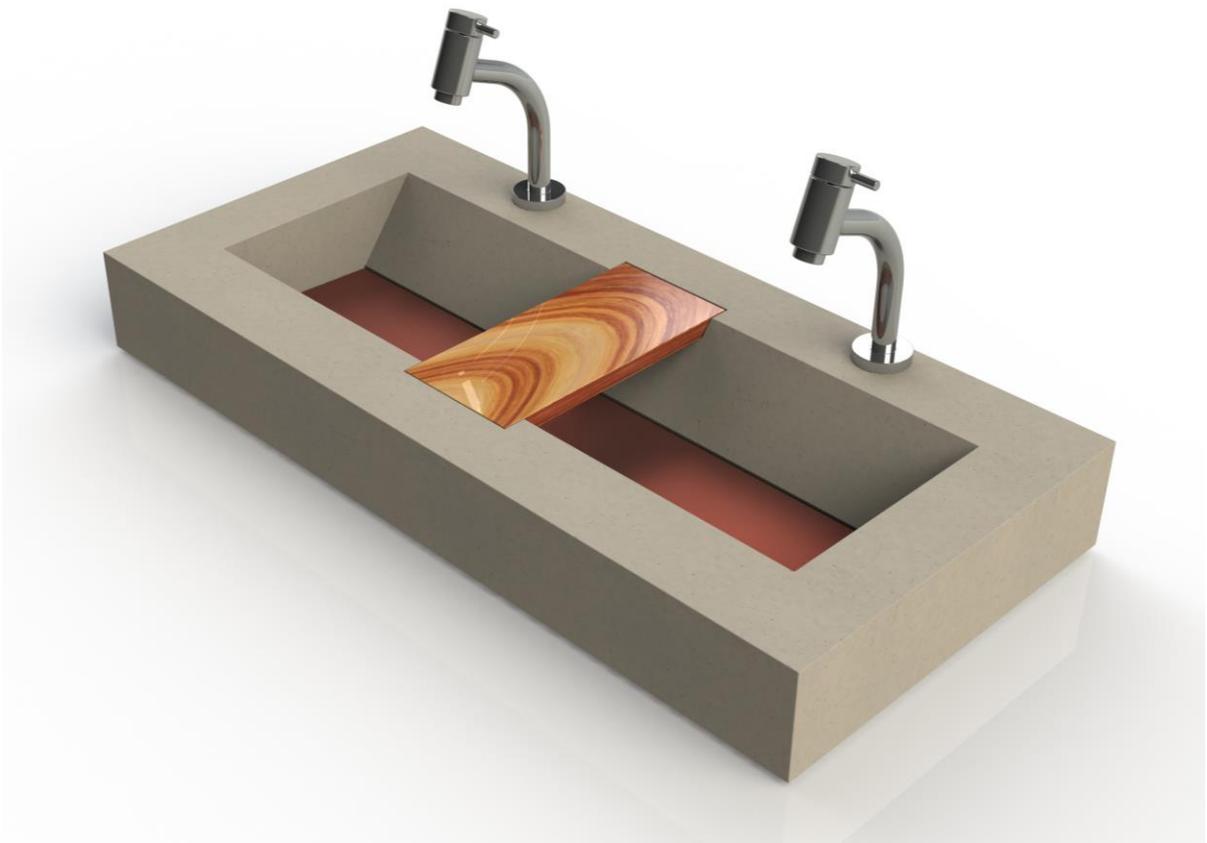
6.1 – Geração de alternativas

Dentre as alternativas propostas, a pia além de ter a sua estrutura composta pelo material compósito, possuía seu fundo com válvula escondida por uma placa de aço patinável (conhecido também pela marca *corten*), e um pequeno sobre tampo de madeira maciça tratada contra umidade. Por serem materiais não utilizados dentro da empresa e de alto custo para os padrões atuais da empresa, esta ideia foi abolida apesar da boa aceitação por parte da direção. Para fins de avaliação desta ideia, foi executado projeto virtual em software *CAD*, *Solidworks*, onde foram *renderizadas* algumas imagens (*render*⁵) para análises, conforme Figura 31.

⁴ *Brainstorming*: É uma técnica de discussão em grupo que se vale da contribuição espontânea de ideias por parte de todos os participantes de múltiplas áreas de conhecimento, no intuito de resolver algum problema ou de conceber um trabalho criativo.

⁵ *Render*: É uma ilustração digital feita em *softwares* específicos.

Figura 31 - *Render* de pia para móvel de banheiro

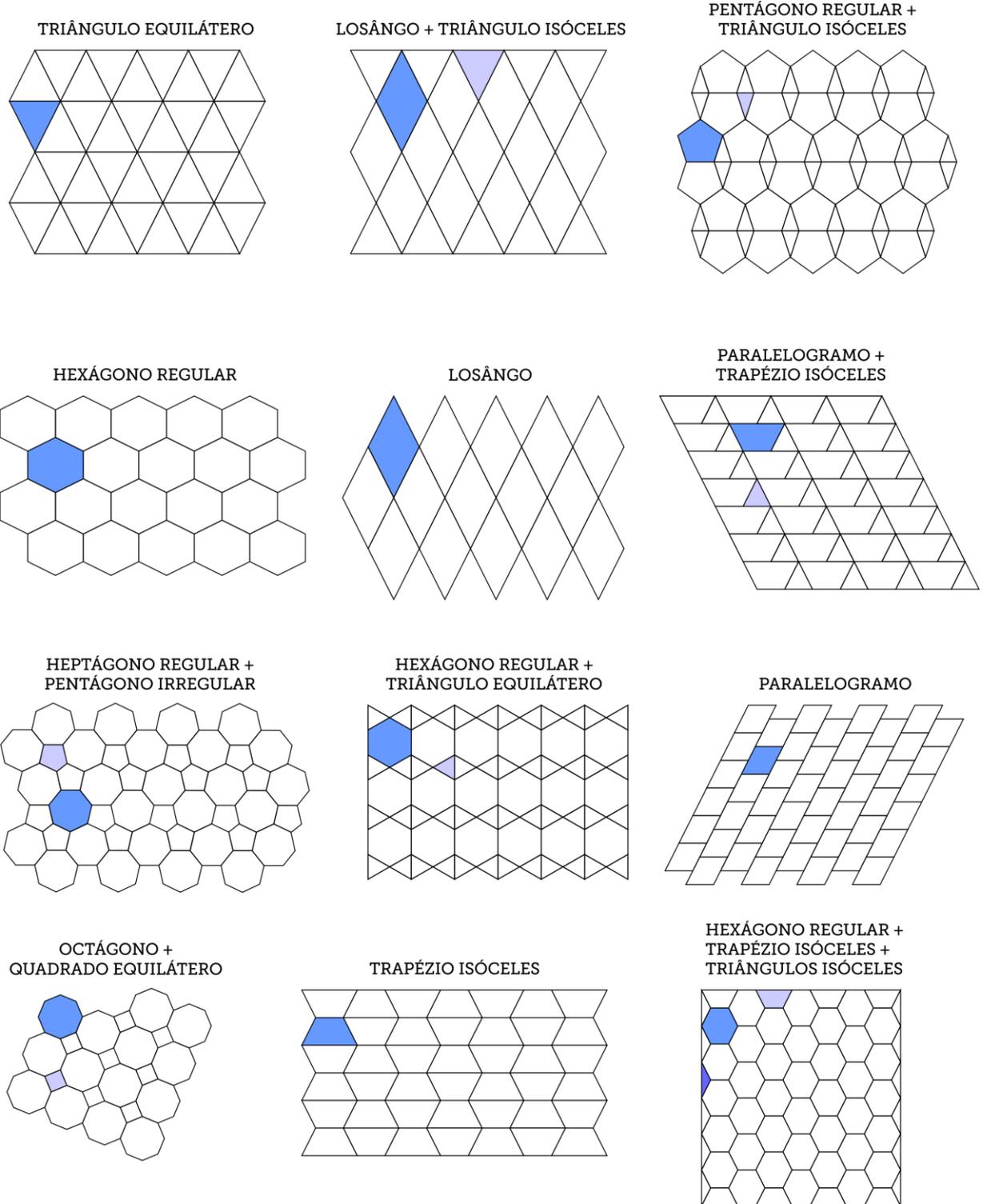


Fonte: Elaborado pelo autor

A segunda alternativa gerada foi um conjunto de peças modulares em relevo que poderiam servir como revestimento em alguma parte do móvel para banheiro, ou então em revestimento de paredes de ambientes preferencialmente úmidos, como banheiro, lavanderia ou cozinha, visto as propriedades de molhabilidade obtidas através dos ensaios em laboratório, onde verificou-se o baixo coeficiente de absorção de água por capilaridade. Como o *briefing* propunha, foram geradas alternativas para composição dos móveis para banheiro, tendo como inspiração as formas geométricas, devido a possibilidade de modulação das peças.

Alguns esboços para os estudos de modulação quanto as formas e encaixes foram feitas, e depois vetorizadas no software Adobe Illustrator, conforme Figura 32, onde é possível analisar as composições das peças em uma possível aplicação em mobiliários ou revestimento de parede, utilizando diversas formas geométricas.

Figura 32 - Vetores dos estudos da composição modular com formatos geométricos



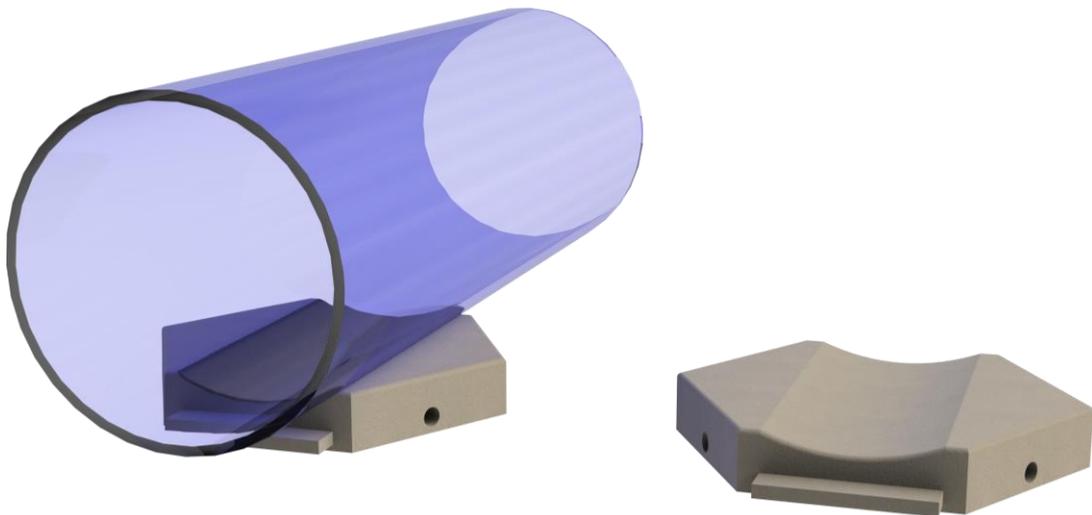
Fonte: Elaborado pelo autor

A composição escolhida foi a composta pelo hexágono regular, trapézio isósceles e triângulo isósceles, pois foi possível formar placas em formatos retangulares, de maior facilidade para aplicação em mobiliários e paredes, formando uma composição modular possível de vários acabamentos formando desenhos ao longo da placa.

6.2 – Escolha da melhor alternativa

Para refinamento das peças, decidiu-se fazer a criação de relevo 3D na peça alternativa escolhida, então foi simulado no *software Solidworks* a conformação de um cilindro com diâmetro de 100mm na parte central do hexágono (Figura 33), além da criação de filetes de 1,5mm nas bordas superiores das peças, para um melhor acabamento.

Figura 33 - Criação de relevo 3D em *software Solidworks*



Fonte: Elaborado pelo autor

Após a criação do relevo, foram feitos estudos de encaixes e uso das peças modulares, onde foram necessárias a criação de peças derivadas da peça hexagonal a fim de obter composições no formato retangular, para melhor adaptabilidade no mobiliário produzido. As peças derivadas, assim como a peça hexagonal, receberam encaixes macho e fêmea, além de orifícios para colocação de cavilha no tamanho de 6 x 25mm de pinus (Figura 34), que é um dispositivo de montagem já utilizado na empresa na grande maioria dos móveis em produção.

Figura 34 - Cavilha de pinus no tamanho de 6 x 25mm utilizada como sistema de montagem

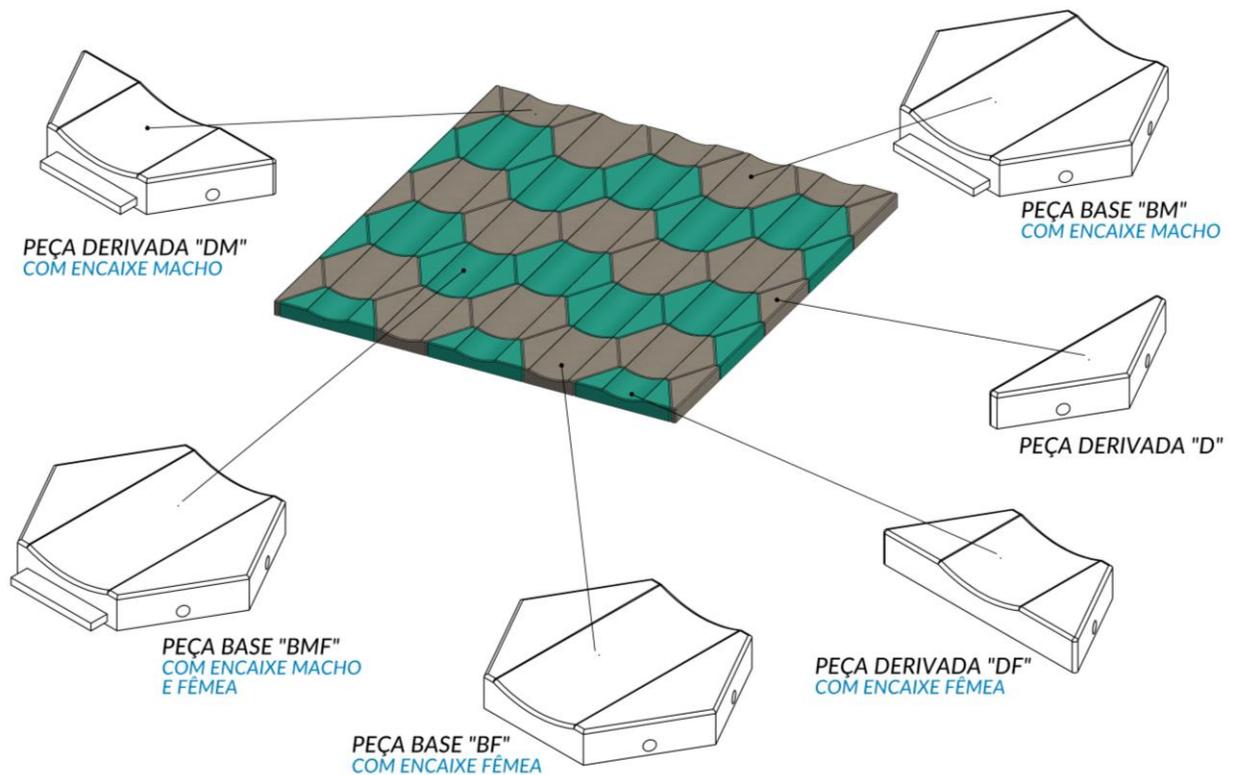


Fonte: Elaborado pelo autor

No total foram criadas seis peças, com espessura de 18mm onde é possível formar peças retangulares para aplicações em mobiliário. O sistema modular de peças hexagonais recebeu o nome de Nexa, derivado das palavras *next* (próximo em inglês) e *hexa* (prefixo que significa 6).

As peças que compõe o Nexa receberam uma nomenclatura para melhor identificação conforme Figura 35.

Figura 35 - Peças que compõe o sistema Nexa



Fonte: Elaborado pelo autor

6.3 – Desenhos técnicos

A fim de facilitar o entendimento das peças, foram feitos os desenhos técnicos das seis peças onde podem ser vistos o detalhamento das peças em escala 1:2 na vista frontal, vista lateral (direita), vista superior e vista isométrica. Os desenhos técnicos deste projeto podem ser vistos no Apêndice C.

6.4 – Proposta de aplicação em projeto de mobiliário

Para aplicação em mobiliário foram montadas placas de tamanhos definidos de acordo com a composição modular e quantidade de peças utilizadas, sendo os tamanhos padronizados na Tabela 7. Os painéis formaram sempre formas retangulares utilizando das peças derivadas, onde apresentaram os tamanhos finais de alguma das “medidas 1” X alguma das “medidas 2”. O tamanho máximo foi fixado em placas de 583,0 X 723,6 mm devido ao peso do painel, porém dependendo das aplicações futuras, podem ser usados tamanhos maiores do que os indicados na Tabela 7.

Tabela 7 - Tamanhos dos painéis Nexa indicados para aplicação em mobiliário

TAMANHOS DOS PAINÉIS NEXA		
MEDIDA 1 (mm)		MEDIDA 2 (mm)
130,5	X	206,7
221,0	X	310,1
311,5	X	413,5
402,0	X	516,9
492,5	X	620,2
583,0	X	723,6

Fonte: Elaborado pelo autor

Foi criado um gabinete de banheiro para aplicação do painel no tamanho de 392,5 X 516,9 mm. Primeiramente fez-se um *mock-up* virtual através do *software Solidworks* juntamente com o *Keyshot*, onde através de imagens renderizadas (Figura 36) foram avaliadas esteticamente.

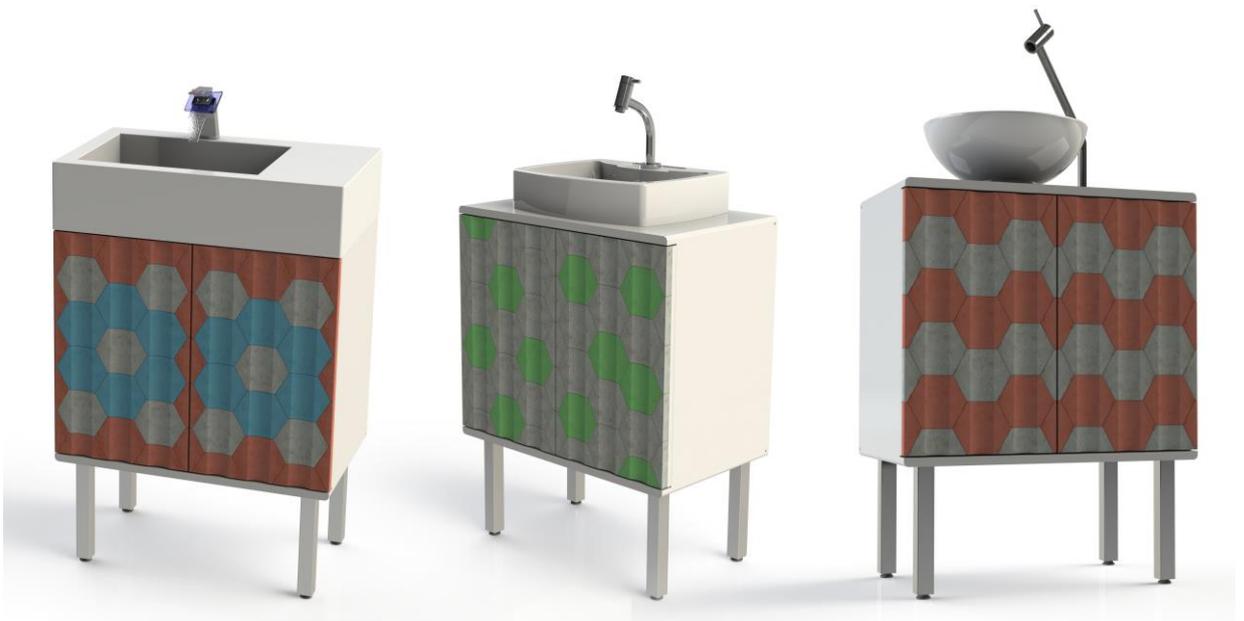
Figura 36 – Render elaborado no software Keyshot



Fonte: Elaborado pelo autor

Foram também geradas imagens com diferentes acabamentos nas peças, formando desenhos no painel aplicado ao gabinete (Figura 37). O acabamento colorido pode ser obtido diretamente na mistura da argamassa, mediante corantes para argamassa ou através de tintas para alvenaria.

Figura 37 – Painéis com diferentes acabamentos aplicados em gabinete de banheiro



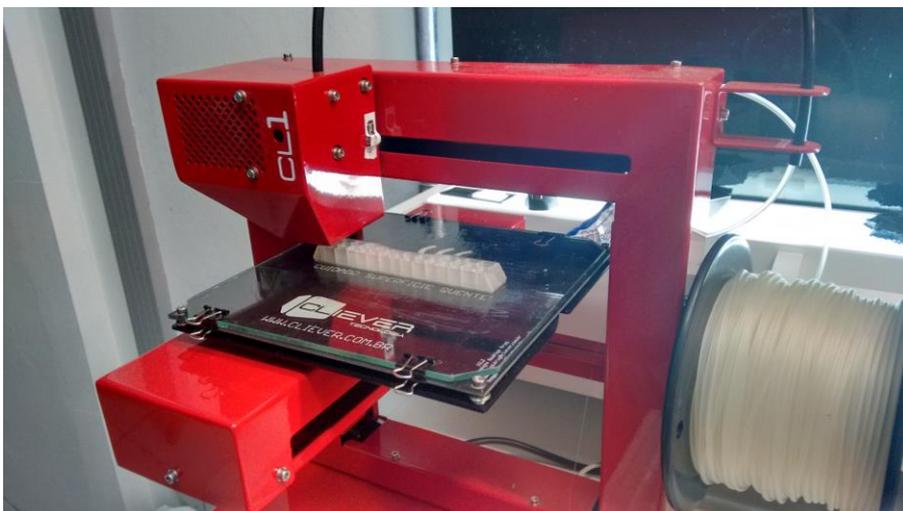
Fonte: Elaborado pelo autor

Um protótipo físico foi elaborado para análise por parte da empresa, no qual obteve uma boa aceitação e grande possibilidade de entrar na fase de produção dentro da empresa devido ao reaproveitamento responsável de um resíduo antes sem valor para a empresa.

6.5 – Prototipação

Para criação dos protótipos, primeiramente foi necessário a produção das peças em MDF de 18mm de espessura, que foram usinadas em uma fresadora (marca Tecnodrill, modelo Digimill 3D), em laboratório da Univates, sob supervisão de um profissional treinado. Devido a usinagem exigir regulagens para trabalhar em três eixos diferentes, as peças não saíram com todas suas características, o que dificultou na produção dos moldes. Como uma segunda alternativa, foram impressas as mesmas peças, desta vez no processo de impressão 3D, em laboratório da Univates, em uma impressora 3D (marca Cliever, modelo CL-1) (Figura 38), utilizando filamentos do polímero PLA, cuja precisão da peça impressa varia de 0,1 a 0,3mm.

Figura 38 - Impressão 3D das peças



Fonte: Elaborado pelo autor

No processo de impressão 3D, a peça saiu pronta, com todos os detalhes e em menos tempo do que na usinagem CNC. Porém o acabamento das peças impressas ficou inferior às peças usinadas, devido a impressora 3D trabalhar em filamentos, imprimindo em camadas, não obtendo uma superfície lisa e homogênea.

Devido à falta de todos os detalhes de furação nas peças usinadas, foram usadas as peças impressas para fabricação de moldes em borracha de silicone de alta flexibilidade, ideal para moldes, conforme Figura 39.

Figura 39 - Molde em borracha de silicone de alta flexibilidade



Fonte: Elaborado pelo autor

Para teste dos moldes, foi preparado uma quantidade do material compósito a fim de fazer a moldagem para verificar possíveis problemas e solucioná-los. Verificou-se que o uso de um desmoldante é desprezível. Nos testes foram feitas moldagens com e sem uso de vaselina sólida, onde os resultados foram semelhantes, sem avaria do molde.

O material permaneceu nos moldes por três dias em temperatura ambiente, sendo em seguida desmoldado com bastante facilidade, porém sendo necessário

um maior cuidado nas partes de encaixe, principalmente nos pinos machos. Para dar sustentação aos pinos machos do molde no processo de desmolde, foram introduzidos pequenos pedaços de arame apenas para dar sustentação. Uma alternativa para este problema poderia ser a eliminação dos pinos machos, fazendo a colocação da cavilha em encaixes tipo fêmea.

Após o desmolde das peças (Figura 40), foi necessário dar acabamento nas superfícies utilizando uma micro retífica (Mallory 135W) para lixamento e retirada de excessos de material.

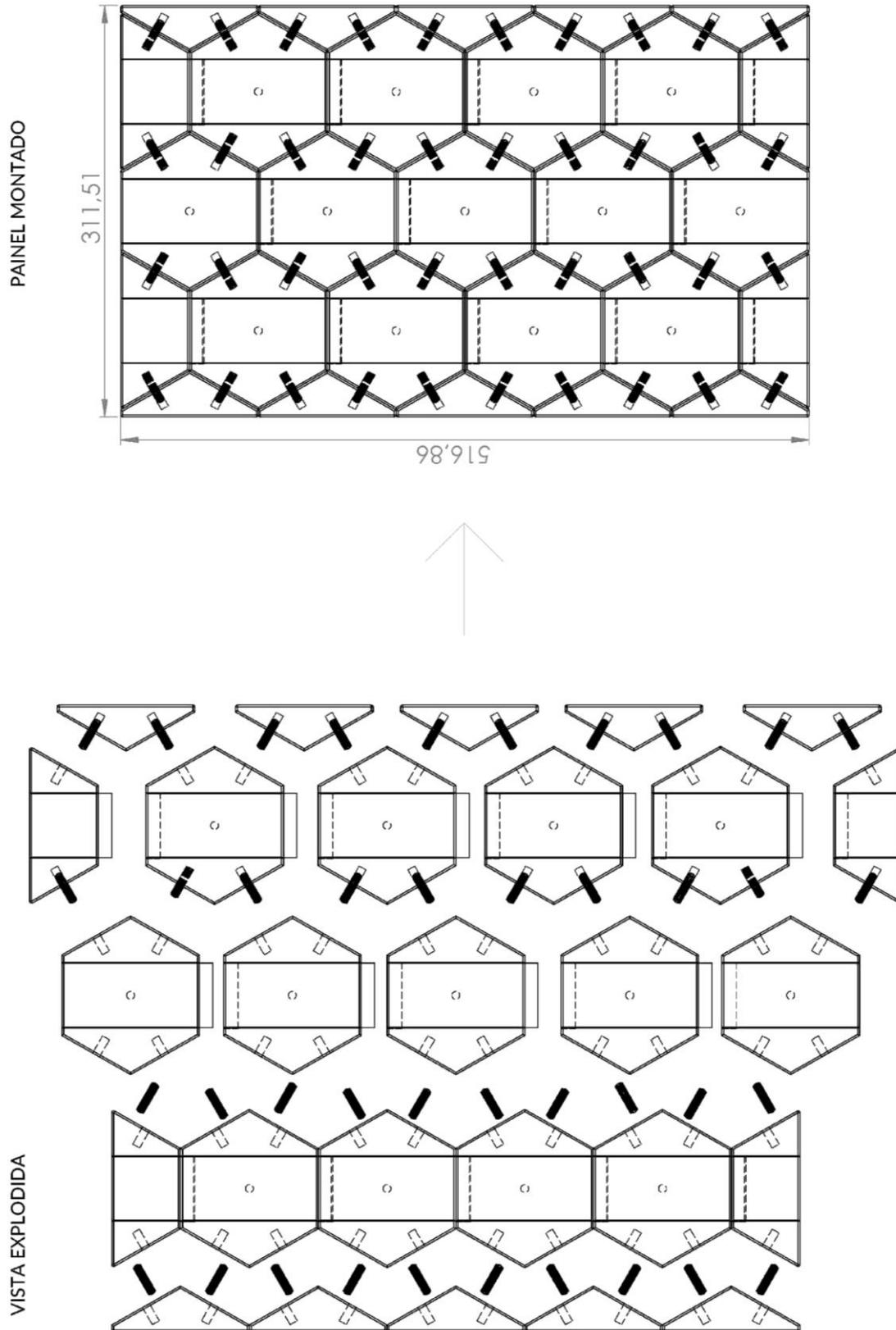
Figura 40 - Peças após retirada do molde de silicone de alta flexibilidade



Fonte: Elaborado pelo autor

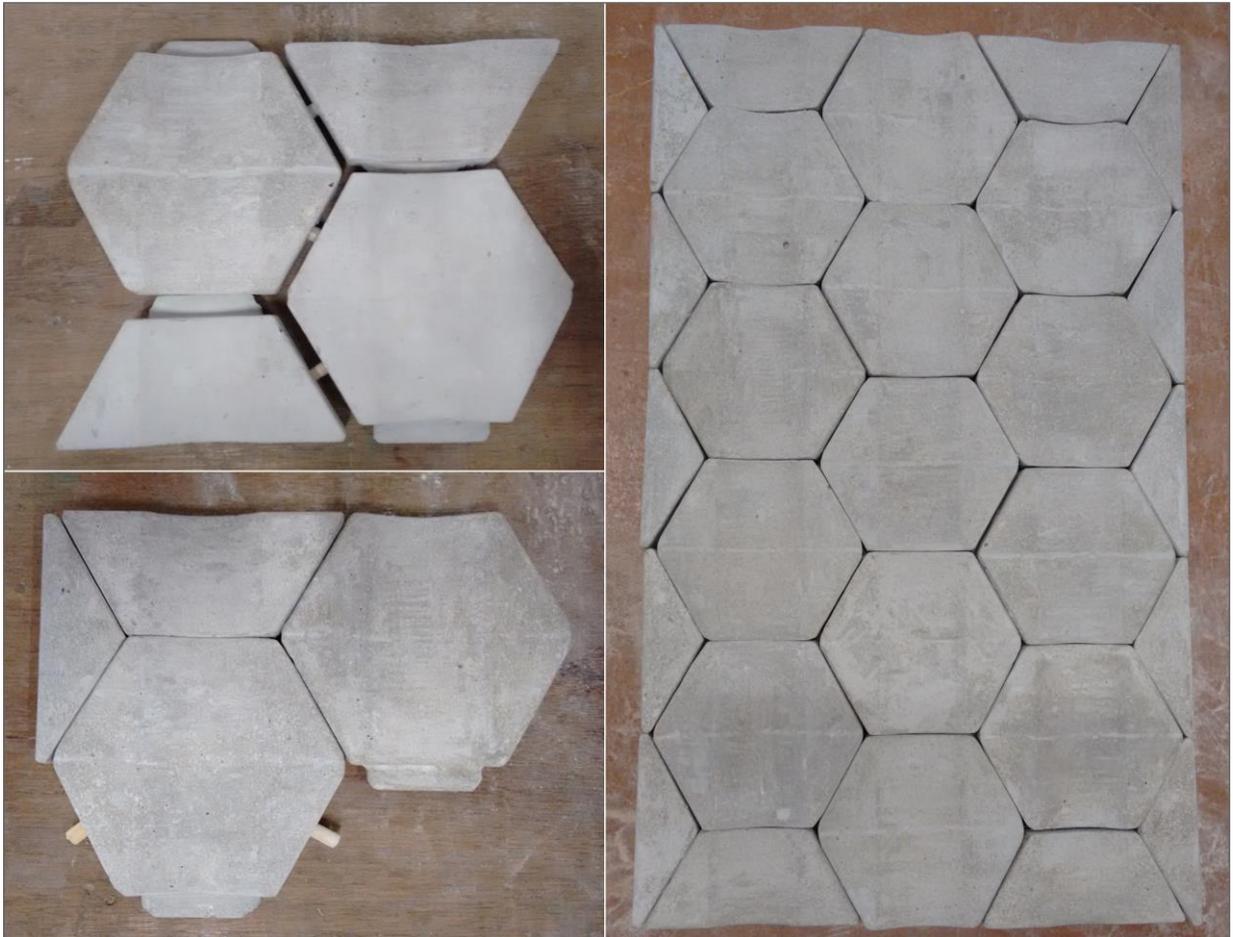
As peças prontas após a retífica foram montadas utilizando as cavilhas como sistema de fixação, conforme o esquema de montagem (Figura 41). Neste momento verificou-se que os pinos machos obtidos através do molde de silicone não tiveram boa resistência por causa de seu diâmetro muito pequeno de 6mm. Foram então eliminados os pinos machos e no lugar deles foram feitos furos de mesmo diâmetro com profundidade de 15mm, servindo como um encaixe fêmea. A união das peças foi feita utilizando apenas as cavilhas de pinus no tamanho de 25mm e diâmetro de 6mm (Figura 42).

Figura 41 - Esquema de montagem do painel Nexa utilizando cavilhas



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 42 - União das peças formando painel Nexa



Fonte: Elaborado pelo autor

O painel foi então fixado com ajuda dos pinos na parte inferior das peças e colado com cola monocomponente expansiva à base de poliuretano em uma peça de MDF de 12mm de espessura (Figura 43).

Figura 43 - Aplicação do painel Nexa em peça de MDF de 12mm



Fonte: Elaborado pelo autor

O painel Nexa foi aplicado em um móvel protótipo (Figura 44), onde foram analisadas todas as características, desde o apelo estético, absorção de água, resistência e textura do material compósito criado.

Figura 44 - Aplicação do painel Nexa em móvel protótipo



Fonte: Elaborado pelo autor

Esta composição poderá ser usada em futuros projetos de mobiliário ou revestimentos em ambientes internos. Para ambientes externos recomenda-se o uso apenas das peças Nexa, sem o uso do MDF, fixando-as diretamente na parede, da mesma maneira que são colocados os azulejos.

7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho concluiu-se que é um papel do designer projetar pensando o produto em todas suas fases, seguindo metodologias de trabalho que tenham o foco no ecodesign. Cabe cada vez mais ao projetista, impor nos projetos o pensamento de reutilizar e reciclar, pensando em todo o ciclo de vida do produto, tendo como objetivo evitar grandes problemas no futuro no que diz respeito a preservação do meio ambiente.

Um volume muito grande de resíduos de MDF são descartados no lixo ou incinerados, sem controle algum por grande parte das empresas pesquisadas durante este trabalho. Por isso considera-se de suma importância descobrir uma alternativa para o reaproveitamento deste material. Surgindo o interesse em uma das empresas abordadas, foram criadas alternativas visando a reutilização dentro desta mesma empresa, o que não impede do material compósito criado ser usado em diversos outros ambientes, tais como mobiliário urbano, bancos, mesas, calçamentos, revestimentos de parede, fachadas de construções, móveis para cozinha, móveis para lavanderia, entre outras aplicações.

Durante os testes foi constatado a alta resistência que o material compósito criado neste trabalho atingiu, além de boas características quanto a absorção de água, o que dá ao material uma grande diversificação quanto ao seu uso.

Visando as mais diversas aplicações para uma continuação deste trabalho, verificou-se algumas questões, as quais poderiam receber mais tempo e pesquisa,

como o material do molde, o qual poderiam ser feitos testes com outros materiais, como a borracha de poliuretano, também comumente utilizada para moldes onde é necessária alta flexibilidade, resistência e desmolde rápido.

A produção das peças em impressora 3D foi um processo muito rápido, porém sugere-se algum tratamento na peça impressa a fim de tornar a superfície lisa, pois o processo de impressão 3D ocorre em filamentos, que se tornam perceptíveis no molde elaborado e conseqüentemente nas peças moldadas.

Também coloca-se como sugestão o teste com diferentes acabamentos nas peças, no qual poderiam ser desde a pigmentos à base de óxido de ferro sintético (Pó Xadrez) ou outros pigmentos minerais que não atinjam quimicamente o material, assim como o uso de tintas ou selantes aplicados nas peças já desmoldadas.

Novos sistemas de encaixes poderiam ser testados para obtenção de um molde menos complexo e sistema de encaixe mais resistente do que o obtido. Devido ao briefing para elaboração da proposta do produto para aplicação do material compósito desenvolvido, foram levados em consideração os sistemas de fixação já utilizados no processo fabril da empresa.

Para quantificar a durabilidade do material criado sugere-se algum ensaio acelerado a fim de simular as condições de utilização e avaliar a sua degradação.

A metodologia de projeto utilizada para este trabalho foi eficiente, pois trabalha com os conceitos do ecodesign, pensando o produto em todas as suas fases, facilitando os processos e a prototipação.

Concluindo, é possível obter um resultado final com características inovadoras e sustentáveis utilizando poucos recursos e materiais que antes eram desprezados, agora podem se transformar em um produto de valor agregado para a indústria e contribuir para a sustentabilidade em nosso planeta.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Carlos Eduardo Camargo de. Processamento mecânico da madeira na evolução humana. **Revista da Madeira**, Caxias do Sul, v. 4, n. 23, p. 36-37, jul/ago. 1995.

ALBUQUERQUE, Carlos Eduardo Camargo de; MENDES, Lourival Marin. OSB: aspectos de produção, uso e vantagens sobre outros painéis. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 44, p. 22-26. 1999.

AMBROZEWICZ, Paulo Henrique Laporte. **Materiais de construção**: normas, especificações, aplicação e ensaios de laboratório. São Paulo: Pini, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA – ABIPA. **Nossos produtos**: MDP Disponível em: <<http://www.abipa.org.br/produtosMDP.php>>. Acesso em: 09 set. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA – ABIPA. **Nossos produtos**: HDF. Disponível em: <http://www.abipa.org.br/produtosHDF>>. Acesso em: 28. out. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-6502**: Rochas e solos. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-13279**: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM-248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM ISO 3310-1**: Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

BARBERO, Silvia; COZZO, Brunella. **Ecodesign**. Königswinter: Tandem Verlag GmbH, 2009.

BARBOSA, Ananda Morais. **Avaliação da qualidade dos painéis de MDF comercializados na região de Pelotas**. Trabalho acadêmico. Universidade Federal de Pelotas - UFP, Pelotas, 2010.

BERTOLINI, Marília da Silva; CAMPOS, Cristiane Inácio de. **Avaliação físico-químicas de compósitos à base de cimento produzidos com resíduos de madeira e bambu**. XII EBRAMEM, Lavras, 2010.

BIAZUS, André; HORA, André Barros da; LEITE, Bruno Gomes Pereira. **Panorama de mercado**: painéis de madeira. BNDES Setorial 32. p. 49-90, 2010.

BUAINAIN, Antonio Márcio; BATALHA, Mário Otávio. **Cadeia produtiva de madeira**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA, Secretaria de Política Agrícola - SPA. Série Agronegócios, v. 6. 2007.

CAMPOS, Cristiane Inácio de. Processo produtivo de chapa de fibra de média densidade (MDF). **Revista da Madeira**, São Carlos, n. 71, mai. 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)>. Acesso em: 30 set. 2014.

CASSILHA, Antônio Carlos; PODLASEK, Celso Luiz; JUNIOR, Eloy Fassi Casagrande; SILVA, Maclovia Corrêa da; MENGATTO, Suzete Nancy Filipak. Indústria moveleira e resíduos sólidos: considerações para o equilíbrio ambiental. **Revista Educação e Tecnologia**, Curitiba, n. 8, set. 2004.

CHEMIN, Beatris F. **Manual da Univates para Trabalhos Acadêmicos: planejamento, elaboração e apresentação**. 2. Ed. Lajeado: Univates, 2012.

COUTINHO, Luciano; SILVA, Ana Lucia Goncalves da; SANTOS, Ronaldo Marcos dos. **Design na indústria brasileira de móveis**. Curitiba, PR: Alternativa, 2001.

DANTAS FILHO, Flavio Pedrosa. **Contribuição ao estudo para aplicação do pó de serra da madeira em elementos de alvenaria de concreto não estrutural**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, 2004.

ELEOTÉRIO; Jackson Roberto. **Propriedades físicas e mecânicas de painéis de MDF de diferentes densidades e teores de resina**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras). Escola Superior de Agricultura – USP, Piracicaba, 2000.

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

FIORITO, Antônio J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudo e procedimentos de execução**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2010.

FONSECA, Fábio de Oliveira; LIMA, Alexandre Martins de; MACEDO, Alcebíades Negrão; TEIXEIRA, Monique Meireles. **Compósito cimento-madeira com resíduos provenientes da indústria madeireira da região amazônica**. VIII Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, Uberlândia, 2002.

GORINI, Ana Paula Fontenelle. **A indústria de móveis no Brasil**. Curitiba, PR: Alternativa, 2000.

GRAVELLI. **Products**. Disponível em: < <http://www.gravelli.com/en/products>>. Acesso em: 05 out. 2015.

HILLIG, Éverton; SCHNEIDER, Vania Elisabete; PAVONI, Eloide Teresa. **Geração de resíduos de madeira e derivados da indústria moveleira em função das variáveis de produção**. Produção, v. 19, n. 2, p. 292-303, mai/ago. 2009.

LIMA, Elaine Garcia de. **Diagnóstico ambiental de empresas de móveis de madeira situadas no polo moveleiro de Arapongas – PR.** 2005. 134 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

LIMA, Elaine Garcia de; SILVA, Dimas Agostinho da. Resíduos gerados em indústrias de móveis de madeira situadas no Pólo Moveleiro de Arapongas-PR. **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 35, n. 01, jan/abr. 2005.

MAFFESSIONI, Daiana; MENEGUZZI, Álvaro. **Diagnóstico da gestão dos resíduos de madeira e de chapas nas indústrias do Pólo Moveleiro de Bento Gonçalves.** 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. Bento Gonçalves, 25 a 27 abr. 2012.

MANARELLI, Ricardo Aurélio Cavalheiro; JESUS, José Manoel Henriques de. **Obtenção de compósito cimento-madeira com resíduos de duas espécies provenientes da região norte de Mato Grosso.** IX Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, Cuiabá, MT, Julho de 2004.

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais.** São Paulo: Edusp, 2011.

MARQUARDT, Seina. **A estrutura independente e arquitetura moderna brasileira.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2005.

MASISA. **Mdf e Mdp.** Disponível em: < <http://www.masisa.com/bra/produto/mdf-e-mdp/>>. Acesso em: 28. Out. 2014.

MCDONOUGH, William; BRAUNGART, Michael. **Cradle to cradle: Criar e reciclar ilimitadamente.** Tradução: Frederico Bonaldo. São Paulo: Editora G Gili, 2013.

MINHA CASA MINHA CARA. **Mais inspirações com concreto.** Disponível em: <http://www.minhacasaminhacara.com.br/tag/cimento-queimado/>. Acesso em: 03 out. 2014.

MOLTENI&C. **Arc Tables.** Disponível em: < <http://molteni.it/furniture/prodotti/scheda/idcp/29/idp/120/arc>>. Acesso em? 27 out. 2014.

MOVERGS. **Relatório Setorial 2012.** Disponível em <http://www.movergs.com.br/views/imagem_pdf.php?pasta=relatorio_setorial2012>. 2012.

PAULA, Luana Elis de Ramos e; MENDES, Lourival Marin; REZENDE, Raphael Nogueira; FREIRE, Cecília de Souza. **Pesquisas desenvolvidas na UEPAM / UFLA: Influência do tratamento a vapor nas propriedades mecânicas de painéis cimento-madeira.** XII EBRAMEM, Lavras, 2010.

PAIXÃO, Suelen de Oliveira. **Estudo do uso de resíduo cerâmico de obras como agregado miúdo para fabricação de argamassas para revestimento de alvenarias.** Dissertação (Graduação). Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, 2013.

PEREIRA, Andréa Franco; CARVALHO, Laura de Souza Cota; PINTO, Ana Carolina de Oliveira. **Resíduo de madeira: limites e possibilidades de seu uso como matéria-prima alternativa.** P&D Design 2010 – 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, São Paulo, 2010.

PLATCHECK, Elizabeth Regina. **Design Industrial: Metodologia de EcoDesign para o desenvolvimento de produtos sustentáveis.** São Paulo: Atlas, 2012.

SANCHEZ SANTIAGO, Francisco Luiz. **Estudo da viabilidade técnica e econômica para aproveitamento de cascas de eucalyptus gerados no processo de fabricação de painéis de madeira.** Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu, 2007.

SANVITTO, Maria Luiza Adams. **Brutalismo Paulista: uma estética justificada por uma ética?** X Seminário Docomomo Brasil, Curitiba, 15 a 18 out. 2013.

SARMIENTO, Cecilia Ramirez. **Argamassa de cimento reforçada com fibras de bagaço de cana-de-açúcar e sua utilização como material de construção.** Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

SCHNEIDER, Vania Elizabete; HILLIG, Éverton; PAVONI, Eloide Teresa; RIZZON, Maicon Roberto; FILHO, Luis Alberto Bertotto. **Gerenciamento ambiental na indústria moveleira: estudo de caso no município de Bento Gonçalves.** XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto, 21 a 24 out. 2003.

SILVA, Diogo Aparecido Lopes. **Avaliação do ciclo de vida da produção do painel de madeira MDP no Brasil.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/88/88131/tde-31072012-121351/>>. Acesso em: 28 out. 2014.

SILVA, Gilmar Correia; LATORRACA, João Vicente de Figueiredo; LELIS, Roberto Carlos Costa; TEIXEIRA, Divino Eterno; CARMO, Jair Figueiredo do; FERREIRA, Érika da Silva. **Produção de painéis de cimento-madeira com adição de diferentes**

proporções de casca e microssílica. **Revista Ciência Florestal – UFSM**, Santa Maria, v.16, n. 1, p. 61-70, 2006.

SILVA, Gilmar Correia; LATORRACA, João Vicente de Figueiredo; TEIXEIRA, Divino Eterno; JUNIOR, Geraldo Bortoletto. Produção do compósito madeira e casca de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake e cimento Portland. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 59-67, ago. 2005.

SOUZA, Alberto Alexandre Costa e; MACEDO, Alcebíades Negrão; NETO, Bernardo Borges Pompeu. **Aproveitamento de resíduos da indústria madeireira para uso em chapas de cimento-madeira**. Anais do 10º Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeira (EMBRAMEM), São Pedro, 2006.

TEIXEIRA, Adriana de Oliveira. **Avaliação de oportunidades de implementação de P+L em uma marcenaria de pequeno porte e proposta de eco-produto**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental). UNISC, Santa Cruz do Sul, 2011.

TIJOLOS E TECIDOS. **Móveis de cimento queimado na cozinha**. Disponível em: <<http://tijolosetecidos.com/2012/06/29/moveis-de-cimento-queimado-na-cozinha/>>. Acesso em: 03 out. 2014.

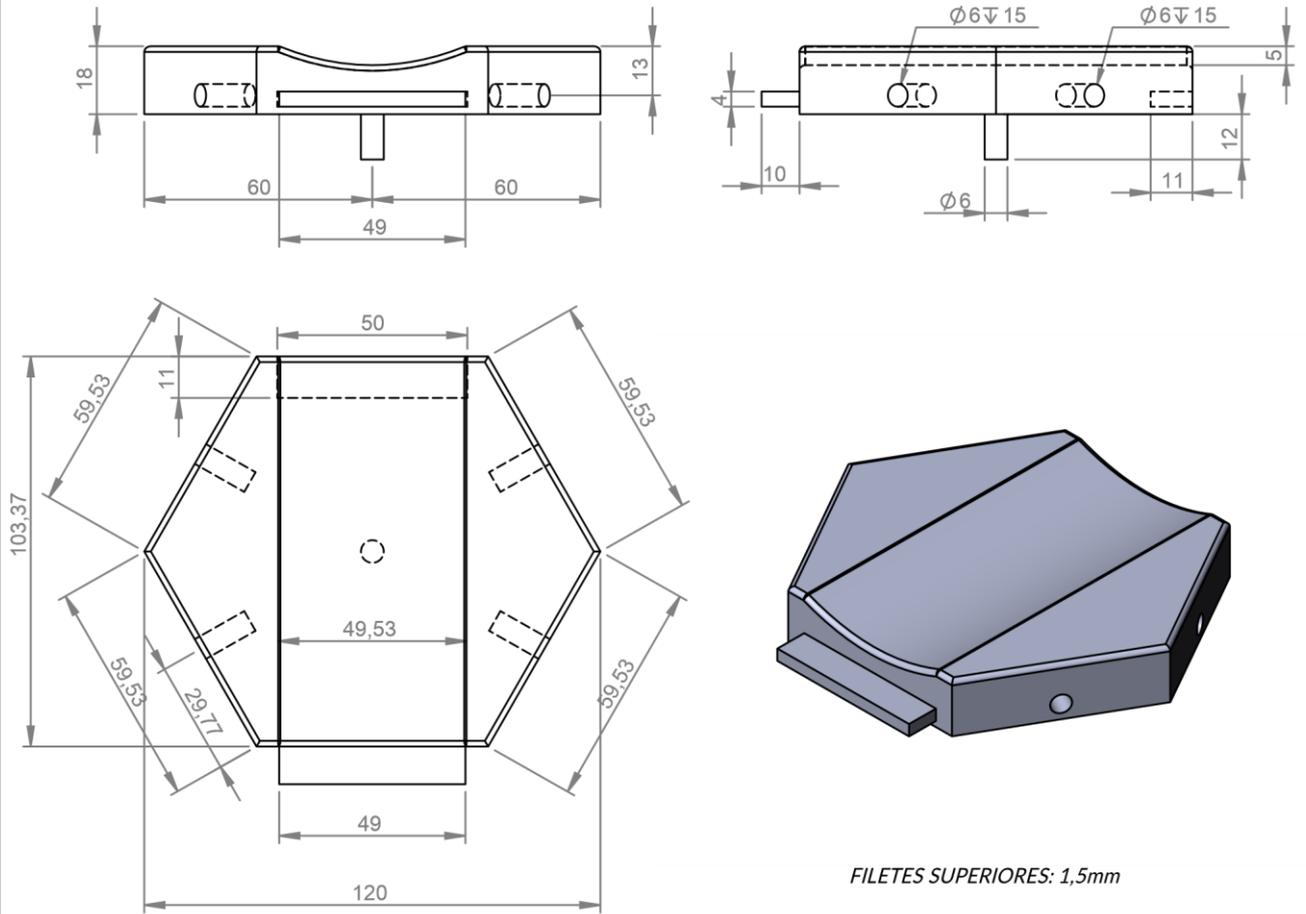
VIROC. **Vantagens**. Disponível em: <<http://www.viroc.pt/vantagens.aspx?menuid=13>>. Acesso em: 04 out. 2014.

WEBER, Cristiane. **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.

**APÊNDICE A – RELATÓRIOS DOS ENSAIOS EM LABORATÓRIO
("RESÍDUO A")**

**APÊNDICE B – RELATÓRIOS DOS ENSAIOS EM LABORATÓRIO
("RESÍDUO B")**

APÊNDICE C – DESENHOS TÉCNICOS NEXA

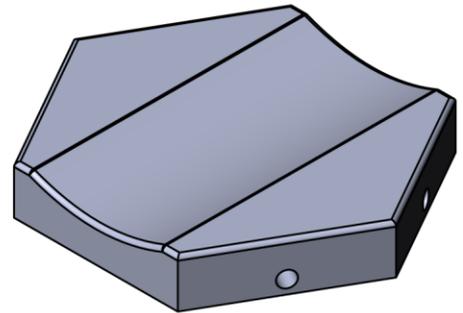
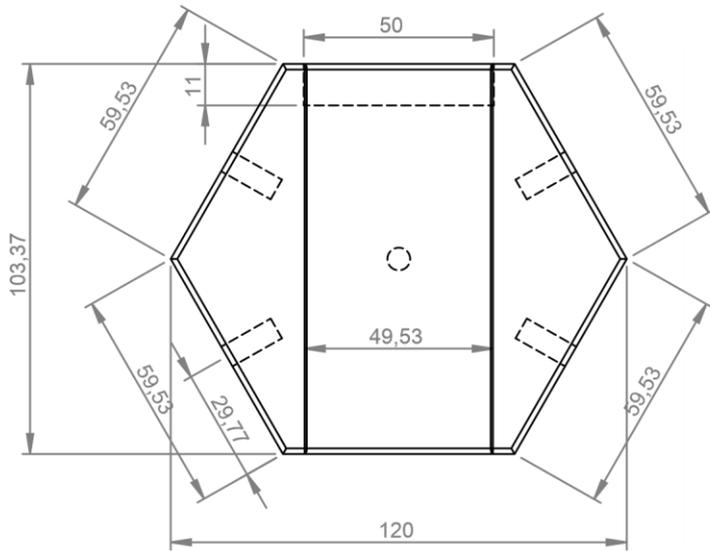
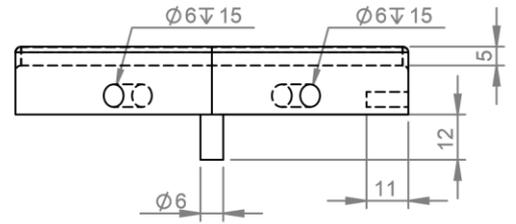
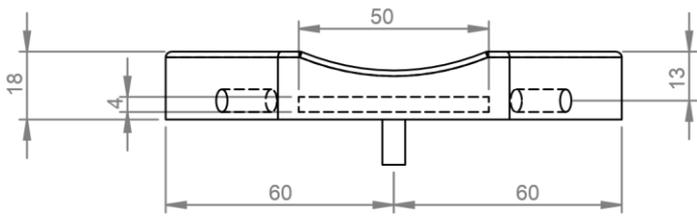


FILETES SUPERIORES: 1,5mm

Instituição/Empresa:

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES

	Data:	Nome:	Descriminação: DESENHOS NEXA <i>PEÇA BASE "BMF"</i> <i>COM ENCAIXE MACHO E FÊMEA</i>
Desenhista	15/06/2015	Marcus Vinicius Wildner	
Projetista	15/06/2015	Marcus Vinicius Wildner	
Formato:	Escala:	Unidade:	
A4	1:2	mm	Número: 001



FILETES SUPERIORES: 1,5mm

Instituição/Empresa:

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES

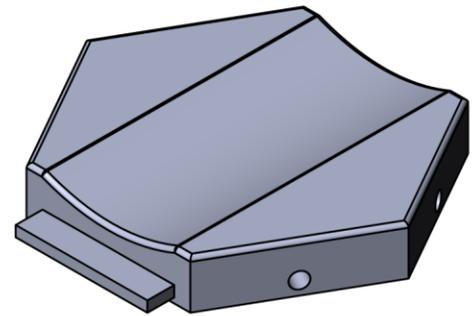
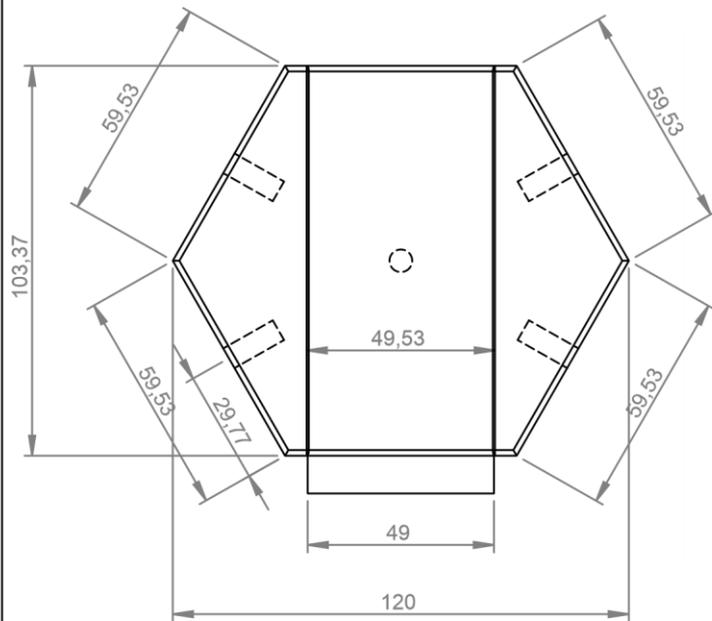
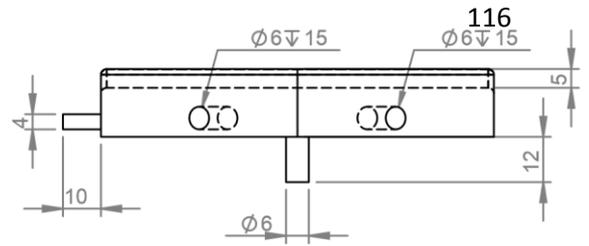
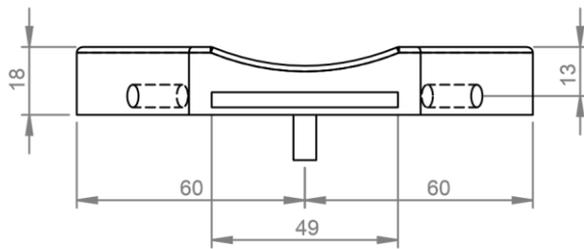
	Data:	Nome:
Desenhista	15/06/2015	Marcus Vinicius Wildner
Projetista	15/06/2015	Marcus Vinicius Wildner
Formato:	Escala:	Unidade:
A4	1:2	mm

Descrição:

DESENHOS NEXA

*PEÇA BASE "BF"
COM ENCAIXE FÊMEA*

Número: 002



FILETES SUPERIORES: 1,5mm

Instituição/Empresa:

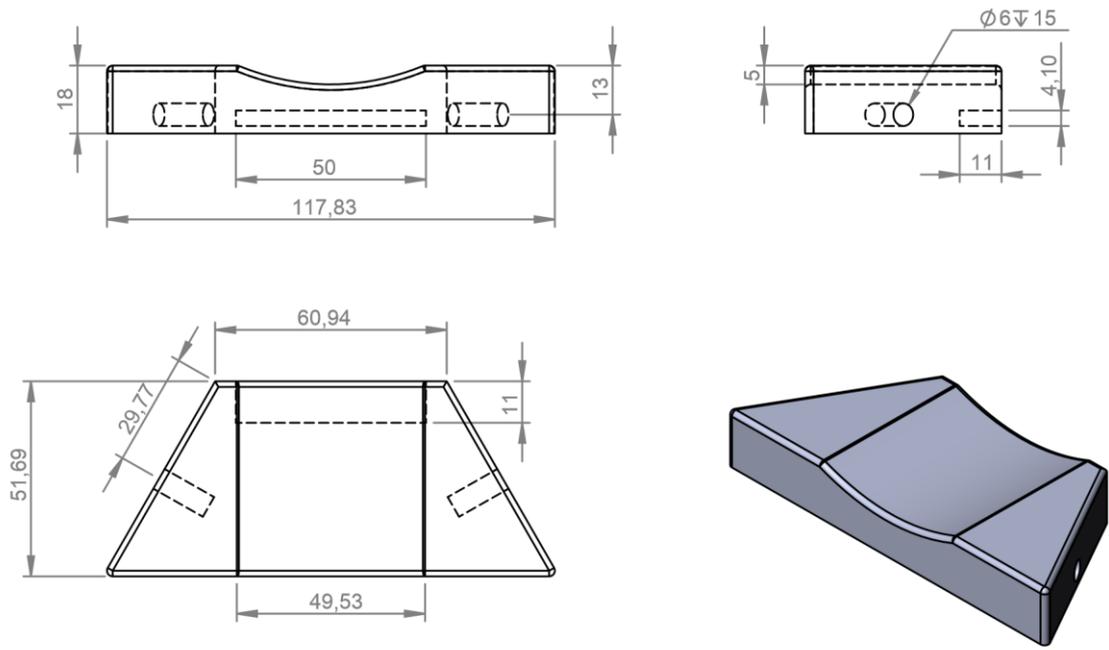
CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES

	Data:	Nome:
Desenhista	15/06/2015	Marcus Vinicius Wildner
Projetista	15/06/2015	Marcus Vinicius Wildner
Formato:	Escala:	Unidade:
A4	1:2	mm

Descrição:

DESENHOS NEXA
PEÇA BASE "BM"
COM ENCAIXE MACHO

Número: 003

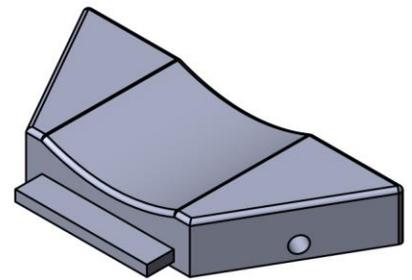
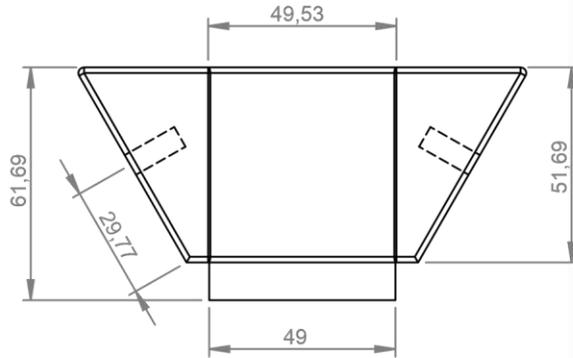
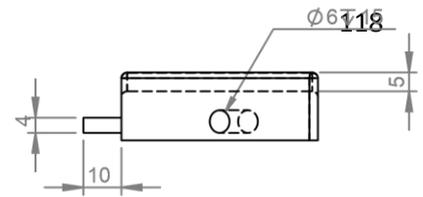
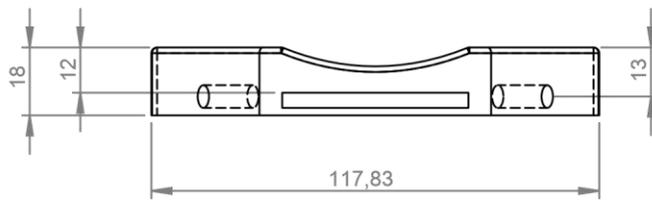


FILETES SUPERIORES: 1,5mm

Instituição/Empresa:

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES

	Data:	Nome:	Discriminação: DESENHOS NEXA <i>PEÇA DERIVADA "DF"</i> <i>COM ENCAIXE FÊMEA</i>
Desenhista	15/06/2015	Marcus Vinicius Wildner	
Projetista	15/06/2015	Marcus Vinicius Wildner	
Formato:	Escala:	Unidade:	
A4	1:2	mm	Número: 004

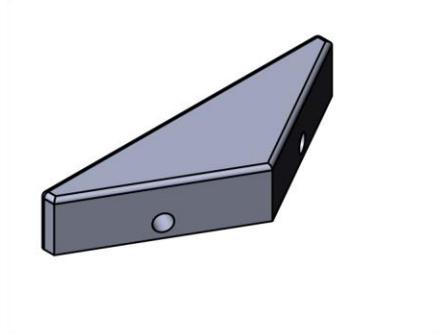
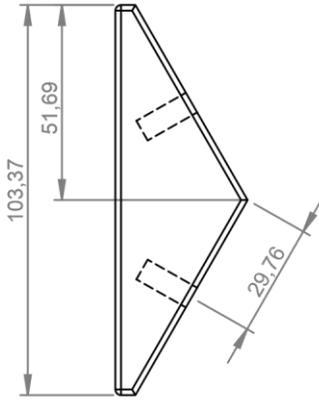
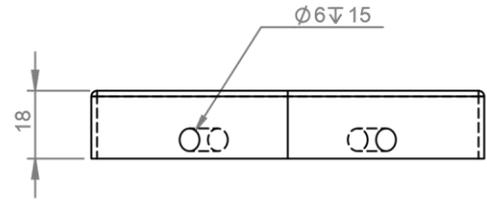
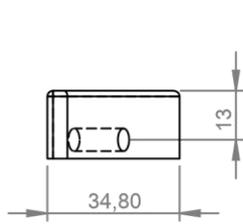


FILETES SUPERIORES: 1,5mm

Instituição/Empresa:

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES

	Data:	Nome:	Discriminação: DESENHOS NEXA <i>PEÇA DERIVADA "DM"</i> <i>COM ENCAIXE MACHO</i>
Desenhista	15/06/2015	Marcus Vinicius Wildner	
Projetista	15/06/2015	Marcus Vinicius Wildner	
Formato:	Escala:	Unidade:	
A4	1:2	mm	Número: 005



FILETES SUPERIORES: 1,5mm

Instituição/Empresa:
CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES

	Data:	Nome:	Descriminação: DESENHOS NEXA <i>PEÇA DERIVADA "D"</i>
Desenhista	15/06/2015	Marcus Vinicius Wildner	
Projetista	15/06/2015	Marcus Vinicius Wildner	
Formato:	Escala:	Unidade:	
A4	1:2	mm	Número: 006



UNIVATES

Rua Avelino Tallini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil
CEP 95900.000 | Cx Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000
www.univates.br | 0800 7 07 08 09