



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Painéis de madeira para vedações
internas com foco na região
Uberlândia**

SANDRA RODRIGUES DE REZENDE



Sandra Rodrigues de Rezende

Painéis de madeira para vedações internas com foco na região Uberlândia

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia Civil**.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Antonio Romero Gesualdo

Uberlândia, março de 2016.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

R467p Rezende, Sandra Rodrigues de, 1976-
2016 Painéis de madeira para vedações internas com foco na região
Uberlândia / Sandra Rodrigues de Rezende. - 2016.
 148 f. : il.

Orientador: Francisco Antonio Romero Gesualdo.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
Inclui bibliografia.

1. Engenharia Civil - Teses. 2. Sustentabilidade - Teses. 3.
Flexibilidade - Teses. 4. Madeira - Teses. 5. Vedação - Teses. I.
Gesualdo, Francisco Antonio Romero. II. Universidade Federal de
Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III.
Título.

CDU: 624



ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - PPGEC

ATA Nº: 156/2016

CANDIDATO: Sandra Rodrigues de Rezende

Nº. Matrícula: 11322ECV012

ORIENTADOR: Prof. Dr. Francisco Antonio Romero Gesualdo

TÍTULO: "Painéis de madeira para vedações internas com foco na região de Uberlândia".

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Estruturas e Construção Civil

LINHA DE PESQUISA: Estruturas

PROJETO DE PESQUISA: Sistemas Estruturais em Madeira para Aplicações na Construção Civil

DATA DA DEFESA: 11 de março de 2016

LOCAL: Sala de Projeções Prof. Celso Franco de Gouvea, bloco 1Y.

HORÁRIO INÍCIO/TÉRMINO: 13:45 h / 16:05

Reuniu-se na **Sala de Projeções Prof. Celso Franco de Gouvea, bloco 1Y. - Campus Santa Mônica** da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do PPGEC, assim composta: Professores Doutores: **Vanessa Cristina de Castilho – FECIV/UFU; Eduardo Chahud – EMC/UFMG e Francisco Antonio Romero Gesualdo** orientador da candidata. Ressalta-se que o **Prof. Dr. Eduardo Chahud** participou da defesa por meio de vídeo conferência desde a cidade de Belo Horizonte (MG) e os demais membros da banca e o aluno participaram in loco.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa **Dr. Francisco Antonio Romero Gesualdo** apresentou a Comissão Examinadora e concedeu ao discente a palavra para a exposição do trabalho. A seguir, o senhor presidente concedeu a palavra aos examinadores, que passaram a arguir a candidata. Ultimada a arguição, a Banca, em sessão secreta, atribuiu os conceitos finais. Em face do resultado obtido, a Banca Examinadora considerou a candidata APROVADA. Esta defesa de Dissertação de Mestrado Acadêmico é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU. Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos e foi lavrada a presente ata que após lida e aprovada foi assinada pela Banca Examinadora.

Professor Orientador: **Prof. Dr. Francisco Antonio Romero Gesualdo – FECIV/UFU**

Membro externo: **Prof. Dr. Eduardo Chahud – EMC/UFMG**

Membro interno: **Prof.ª Dr.ª Vanessa Cristina de Castilho – FECIV/UFU**

Uberlândia, 11 de março de 2016.

Agradecimentos

A minha lista de agradecimentos é enorme e se for contar todos os anjos que Deus colocou em minha vida, vou me perder na contagem.

Inicialmente devo agradecer a Deus, pela oportunidade, pela ajuda enviada em todos os momentos da minha vida através de seus anjos e amigos trabalhadores no bem maior. Agradecer à minha família, meu marido Fabio e à minha filha Luiza que souberam esperar e permitiram que em nosso tempo livre de família, eu pudesse concretizar este trabalho. À minha amada mãe que sempre me deu muita força, confiou em mim e esteve ao meu lado torcendo e acreditando que iria conseguir. Nos momentos que ela cuidou da minha filha e de mim também. Aos meus irmãos que me apoiaram e me ajudaram nas discussões sobre o trabalho. À minha prima Karine, que desde o início me orientou e me mostrou os caminhos que deveria seguir.

Quero agradecer também à minha amiga e mestra Irene Artiaga que com seu carisma e sabedoria apontou e aponta os vários caminhos a serem trilhados e a necessidade de ser perseverante e persistente no que se quer conseguir. À minha amiga Patricia que me escutou nos momentos de dificuldade e desanimo, me dando força para continuar. À minha colega Mariana que me socorreu nas várias horas de desespero.

Ao professor Juliano Pereira da FAUeD da UFU que me auxiliou nas discussões iniciais do trabalho e posteriormente no final. À parceria com o LAMOP (Laboratório de Modelos e Protótipos do curso de Design da FAUeD), e ao auxílio do técnico do laboratório Fabio, que muito me auxiliou na montagem do protótipo e discussões sobre a resolução do projeto.

E por fim ao programa de pós-graduação da Engenharia Civil da UFU por esta oportunidade e em especial ao meu orientador Francisco, que me permitiu arriscar nesse projeto.

REZENDE, Sandra Rodrigues de. Painéis de madeira para vedações internas com foco na região Uberlândia. 137p. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2016.

RESUMO

Devido à grande necessidade de soluções cada vez mais sustentáveis na construção civil, buscou-se através deste trabalho analisar as alternativas de componentes em madeira de reflorestamento. Por ser uma fonte renovável de matéria-prima, consumir pouca energia no seu processamento, e possuir facilidades para a pré-fabricação, torna-se um item importante para a industrialização na construção civil. Para se ter uma noção do setor de florestas plantadas no país e estado de Minas Gerais, fez-se uma análise rápida do processo de reflorestamento assim como também as vantagens socioeconômicas para as regiões onde ocorrem. Foi abordado sobre a sustentabilidade e a preocupação mundial na busca de soluções cada vez mais sustentáveis para todos os setores, principalmente a construção civil, o que envolve não só a preocupação ambiental como também socioeconômica. Com a revisão bibliográfica, observou-se a necessidade de iniciar a introdução na construção civil da madeira de reflorestamento pré-fabricada em forma de componentes. Optou-se por componentes de vedações verticais internas a serem utilizadas em edifícios de vários pavimentos e estruturas diferenciadas, devido à facilidade na pré-fabricação destes componentes, por serem leves e de fácil transporte. Para a realização de um projeto conceitual sobre as vedações verticais foram feitas revisões sobre os requisitos de desempenho como também um estudo sobre os elementos que poderiam constituir os painéis. Como resultado obteve-se o projeto de painéis leves de vedação vertical de madeira de reflorestamento, modular, pré-fabricado, de fácil transporte, instalação e manutenção, cooperando de certa forma para a industrialização do setor da construção civil.

Palavra-chave: sustentabilidade, flexibilidade, painéis leves, madeira, vedação vertical

REZENDE, S. R. de. Wood Panels of Internal vertical seals for building focusing on Uberlândia region. 137p. College of Civil Engineering, Federal University of Uberlândia, 2016.

ABSTRACT

Due to the great need for more sustainable solutions in construction, we sought through this work to analyze the alternatives of components in reforestation wood. As a renewable source of raw materials, consume little energy in its processing, and having facilities for prefabrication, it is an important item for industrialization in construction. To get a sense of the planted forest sector in the country and the state of Minas Gerais, there was a quick analysis of the reforestation process as well as the socio-economic benefits for the regions where they occur. Was approached about sustainability and global concern in the search for more sustainable solutions for all sectors, especially construction, which involves not only environmental concerns but also socioeconomic. With the literature review, there was the need to start the introduction into the construction of prefabricated reforestation wood in the form of components. We chose components of internal vertical seals to be used in buildings of several floors and differentiated structures, due to ease of prefabrication of these components because they are light and easy to transport. To carry out a conceptual design on vertical seals were made revisions on the performance requirements as well as a study on the elements that could constitute the panels. As a result we obtained the design of lightweight panels of vertical sealing reforestation wood, modular , prefabricated , easy to transport , install and maintain, cooperating in a way for the industrialization of the construction sector.

Keywords: sustainability, flexibility, lightweight panels, wood, vertical sealing.

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas

BRL – Real (moeda brasileira)

CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

PMVA - Produtos com Maior Valor Agregado

SBS – Sociedade Brasileira de Silvicultura

USD – Dólar americano

VBP – Valor Bruto de Produção

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema do Sistema Balloon Frame.....	23
Figura 2 – Esquema sistema Plataforma ou Platform Frame.....	23
Figura 3 - Edifício Stadthaus, Londres, nove pavimentos.....	24
Figura 4 - Edifício BadAibling, Alemanha, oito pavimentos.....	25
Figura 5 - Distribuição da área de plantios florestais de Pinus e Eucaliptus em 2012... ..	28
Figura 6 - Modelo simplificado da cadeia produtiva do setor florestal.....	30
Figura 7 - Segmentos da industria de processamento.	31
Figura 8 - Distribuição das florestas plantadas de Eucalipto e Pinus por empresas.....	32
Figura 9 - Distribuição esquemática dos principais maciços florestais por estado em 2012.	33
Figura 10 - Principais investimentos em programas sociais das empresas associadas da ABRAF, 2012.....	35
Figura 11 - Organograma representando elo entre diversos agentes envolvidos no setor da construção civil e os comportamentos desejados.	40
Figura 12 – Home Insurance Building.	42
Figura 13- Plantas pavimento tipo do Edifício de apartamentos <i>Weissenhofsiedlung</i> em Stuttgart, Alemanha - Mies Van der Rohe, 1927.	43
Figura 14 - Plantas - Edifício de apartamento, <i>Weissenhofsiedlung</i> em Stuttgart, Alemanha. Mies Van der Rohe, 1927. Alteração de layout.	44
Figura 15 - Exemplo de mobiliário retrátil e utilização de painéis pivotantes para ambientes multifuncionais.....	45
Figura 16 - Exemplo de flexibilidade permanente.Edifício Fukuoka, Japão, 1989. Arquiteto Steven Holl.....	45
Figura 17 - Edifício residencial em Dapperbuurt, Amsterdã, Holanda. Projeto de Margret Duinker e Machiel Van der Torre, 1989.....	47
Figura 18 - Edifício de apartamentos "Hegianwandweg", Zurique, Suíça, 2003. Organização nuclear central, com espaços comuns de circulação e áreas molhadas.	48
Figura 19 - Edifício de apartamentos "Hegianwandweg", Zurique, Suíça, 2003. Unidades de espaços livres e posterior colocação de painéis com montagem a seco. ...	48
Figura 20 - Edifício Simpatia 236, Vila Madalena, São Paulo, 2011.	49

Figura 21 - Esquema da definição de sistema construtivo conforme a ABNT NBR 15575:2013.....	51
Figura 22 – Esquema da definição de sistema construtivo.....	52
Figura 23 – Fluxograma do subsistema de vedações, elementos, componentes e materiais, considerando as vedações verticais internas leves em madeira.....	54
Figura 24 – Representação da Medida Modular e Medida de Projeto de componente..	58
Figura 25 – Esquema montagem da estrutura de um painel.....	65
Figura 26 – Esquema do painel e seus elementos constituintes.	66
Figura 27 – Esquema de tipos de ligação: a – conectores metálicos; b – elementos encaixados/colados; c – elementos pregados.....	66
Figura 28- Sistema Viga-pilar.	68
Figura 29 – Esquema Sistema Balloon Frame.	69
Figura 30 – Esquema Sistema Plataforma.	69
Figura 31 – Sistema de Painéis.....	70
Figura 32 – Sistema tronco encaixado.....	71
Figura 33–Sistema tridimensional.	71
Figura 34 - Recomendação para garantir o controle de durabilidade nas etapas de produção da edificação.	74
Figura 35 - Desenho esquemático de chapa mostrando carregamento contido no plano paralelo ao plano de maiores dimensões.	76
Figura 36 - Desenho esquemático de placa mostrando carregamento contido no plano.	76
Figura 37 - Valores de Densidade Básica da madeira de Eucaliptus considerando diferentes espécies e idades.	77
Figura 38 - Valores médios das propriedades de rigidez e resistência de algumas espécies de Eucaliptus e Pinus baseado na ABNT NBR 7190:1997.....	78
Figura 39 – Diagrama do processo de produção das chapas de partículas de madeira aglomerada.....	79
Figura 40 - Aplicação das chapas de OSB para fechamento de estruturas tipo “frame”.	80
Figura 41 – Representação da produção das chapas de compensado com lâminas coladas perpendicularmente entre si (unidade em cm).....	81
Figura 42 – Esquema de produção da chapa de sarrafado.....	82
Figura 43 - Mapeamento proposto por Lawson (2005) para representar o ciclo de uma sequência de decisões do projeto.....	85
Figura 44 – Fluxograma de definição do problema.....	86

Figura 45 – Diagrama com a definição dos elementos do problema.....	87
Figura 46 - Adaptação da Árvore Funcional de Baxter (1989).	88
Figura 47 - Tabela de possibilidades de combinação modular de componentes.....	92
Figura 48 - Medida dos componentes e combinações: (a) Medidas horizontais dos multimódulos; (b) Possibilidades de composição dos multimódulos no eixo horizontal; (c) Medidas verticais dos multimódulos; (d) Possibilidades de composição dos multimódulos no eixo vertical.	93
Figura 49 - Componentes desenvolvidos por Berriel (2009).	94
Figura 50 - Componentes desenvolvidos na tese de Barata (2008).....	94
Figura 51 - Modelo de requadro do componente.	95
Figura 52 – Perspectiva dos requadros e montantes.....	96
Figura 53 - Extremidade superior do montante com peça rosqueável para ajuste de altura.	96
Figura 54 - Representação em planta do conjunto requadro e montante.....	97
Figura 55 - Detalhe do encaixe do topo da placa de revestimento em MDF e a utilização de cavilhas de madeira. (unidade em cm).....	98
Figura 56 - Fecho metálico para fixação das placas de revestimento.	99
Figura 57 - Quadro com as variações das dimensões dos requadro sem largura e altura.	100
Figura 58 - Projeto executivo dos requadros 1 e 2 referente à Figura 55 (unidades em cm).....	101
Figura 59 - Projeto executivo dos requadros 3 e 4 referente à Figura 55 (unidades em cm).....	102
Figura 60 - Projeto executivo dos requadros 5 e 6 referente à Figura 55 (unidades em cm).....	103
Figura 61 - Projeto executivo dos requadros 7 e 8 referente à Figura 55 (unidades em cm).....	104
Figura 62 - Projeto executivo dos requadros 9 e 10 referente à Figura 55 (unidades em cm).....	105
Figura 63 - Projeto executivo dos requadros 11 e 12 referente à Figura 55 (unidades em cm).....	106
Figura 64 - Projeto executivo do conjunto 1, conjunto 2 e conjunto 3 (unidade em cm).	107
Figura 65 - Projeto executivo do conjunto 4 e conjunto 5 (unidade em cm).	108

Figura 66 - Projeto executivo dos conjunto requadro e montante: conjunto 6, conjunto 7. (unidades em cm).....	109
Figura 67 - Projeto executivo com corte do conjunto 7 e a indicação dos detalhes (unidades em cm).....	110
Figura 68 - Detalhe 3: Fixação montante na laje;Detalhe 4: interface do painel com laje (unidades em cm).....	111
Figura 69 - Detalhe 5: interface do painel com o piso; detalhe 6: encaixe e fixação do revestimento (unidades em cm).....	112
Figura 70 - Projeto representando interface do painel com a paredes laterais (unidades em cm).	113
Figura 71 - Representação gráfica exemplificando a montagem dos componentes do painel em ambiente com utilização de esquadria (portal).	114
Figura 72 - Representação gráfica exemplificando o painel com acabamento . Utilização das placas de MDF como revestimento, esquadria (portal), rodapé e rodapé.....	114
Figura 73 - Representação gráfica da interface dos componentes do painel na laje. ...	115
Figura 74 - Representação gráfica da interface dos componentes do painel no piso... ..	115
Figura 75 - Representação gráfica da interface painel com painel: união de dois montantes.....	116
Figura 76 - Representação gráfica da interface painel com painel: acabamento com perfil em "L" de MDF.	116
Figura 77 - Beneficiamento madeira Pinus para produção dos requadros.	119
Figura 78 - Beneficiamento madeira Pinus para produção dos requadros.	120
Figura 79 -Preparação do montante para receber a haste rosqueável com sapata.....	121
Figura 80 - Preparação do montante para receber a haste rosqueável com sapata.....	121
Figura 81 - Preparação da placa de MDF para a furação na furadeira de mesa.	122
Figura 82 -Preparo das chapas de MDF para uso como revestimento.	123
Figura 83 - Montagem dos requadros com parafusos.	123
Figura 84 - Montagem dos requadros e colocação das travessas onde serão fixados os revestimentos em MDF.	124
Figura 85 - Teste de montagem do painel.	125
Figura 86 - Fixação réguas de madeira na laje e no piso.....	125
Figura 87 - Fixação do montante na parede existente.	126
Figura 88 - Regulagem do montante na laje.....	126
Figura 89 - Colocação e fixação do primeiro jogo de requadros.....	127

Figura 90 - Preparação do segundo conjunto de componentes.	127
Figura 91 - Colocação e regulagem do segundo conjunto de componentes; Fixação no conjunto anterior por parafusos.	127
Figura 92 - Colocação do terceiro e demais conjuntos de componentes.....	128
Figura 93 - Fixação da régua de acabamento na lateral.	128
Figura 94 - Colocação primeira placa de MDF e fixação por fecho metálico na parte posterior.....	129
Figura 95- Colocação e fixação das placas de acabamento.....	129

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	13
1.1 Painéis leves de Madeira para Vedaçāo Vertical Interna em edifícios multifamiliares	13
1.2 Objetivos	17
1.2.1 Objetivos Específicos	17
1.3 Justificativa	17
1.4 Metodologia de pesquisa	19
CAPÍTULO 2	22
2.1 Panoramas do uso da madeira.....	22
2.2 Uso da madeira no Brasil.....	26
2.2.1 O Potencial das Florestas Plantadas no Brasil	27
2.2.2 O setor madeireiro e florestal na visão sustentável	33
CAPÍTULO 3	36
3.1 Sustentabilidade na Construção Civil	36
3.2 Flexibilidade na arquitetura	41
CAPITULO 4	51
4.1 Sistemas de Vedaçāo Vertical.....	51
4.2 Estruturações dos Sistemas de Vedaçāo Vertical	53
4.3 Industrialização e pré-fabricação	56
4.4 Coordenação Modular.....	57
4.4.1 Sistema modular de medidas	57
4.5 Análise de requisitos de desempenho para Vedações Verticais	59
4.6 Sistemas de pré-fabricação em madeira.....	64
4.6.1 Sistemas de painéis portantes de pequenas dimensões	64
4.6.1.1 Elementos constituintes da estrutura dos painéis de vedação.....	64
4.7 Panorama tecnológico da construção.....	67
4.8 Características, Potencialidades e Limitações da Madeira	72
4.9 Fatores que influenciam no processamento da madeira	73
4.10 Variedade de madeira maciça e seus derivados	74
4.10.1 Madeira Serrada de reflorestamento	76
4.10.2 Chapas de Madeira produzida industrialmente	79

5.1 Projetos e Métodos.....	83
5.2 Estudos Iniciais	86
5.2.1 Diretrizes para concepção de projeto	89
5.3 Projeto dos Painéis.....	91
5.3.2 Revestimento do painel	98
5.4 Projeto executivo	99
5.5 Construção de Protótipo.....	117
5.5.1 Material Utilizado	118
5.5.2 Equipamentos Utilizados	118
5.5.3 Etapas de produção.....	119
5.5.4 Etapas de Montagem do Painel	125
5.5.4 Custo para fabricação	130
5.6 Fornecimento de matéria prima	131
5.7 Resultados e Discussões	134
CAPÍTULO 6	135
REFERÊNCIAS	139
ANEXO A	145
ANEXO B	147

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Painéis leves de Madeira para Vedação Vertical Interna em edifícios multifamiliares

Desde a década de 1980 há uma preocupação mundial na busca de recursos que promovam baixo impacto ambiental e tenham uma boa eficiência energética. A construção civil como setor que mais consome recursos naturais, como água, energia e matéria-prima, deve investir em pesquisas com o desenvolvimento de novas tecnologias ou explorar as já existentes de uma forma mais eficiente.

Com a crise global ocorrida em 2008 houve uma crescente procura no setor da construção civil para aperfeiçoar o processo de produção no país. Diante disso, o desenvolvimento de técnicas construtivas através da industrialização ou pré-fabricação, torna-se uma alternativa que vem contribuir para este aperfeiçoamento, reduzindo não só o tempo de construção, como também desperdício de materiais, água e energia.

A pré-fabricação torna viável a implantação de controles na obra e interfere em todo o processo, desde a elaboração do projeto, escolha dos sistemas construtivos, até a manutenção e vida útil dos edifícios. Porém exige certos cuidados para a sua implantação, num país onde ainda predomina uma cultura voltada para um processo por assim dizer “artesanal”, como é o caso do Brasil.

Pensar a industrialização na construção civil envolve questões que fogem do âmbito do impacto ambiental e passa a englobar também questões sociais e culturais. Por exigir uma maior especialização da mão de obra, resulta em uma melhora no resultado final dos produtos, além de promover uma melhor qualidade de vida aos profissionais envolvidos no processo, refletindo num contexto sócio econômico. Enquanto questão cultural promove a discussão de alternativas que se esbarram nas convicções regionais de usos de materiais e técnicas, muitas vezes vistas com desconfiança pela maioria da população, que desconhece a técnica e seus benefícios, como é o caso das construções em madeira.

Um dos benefícios da industrialização é a elevação do grau de desenvolvimento tecnológico e social do país, o que segundo El Debs (2000) “acarreta maior oferta de

equipamentos, valorização da mão de obra e exigências mais rigorosas em relação à qualidade do produto”.

Como modernização da construção uma das principais preocupações seria o aumento da produtividade, com o emprego de uma forma racional e mecanizada de materiais, meios de transportes e técnicas construtivas (ORDÓÑEZ, 1974 apud EL DEBS, 2000). Assim, sendo considerada um item importante para o desenvolvimento sustentável e sócio econômico, a industrialização prevê ações e investimentos que modifiquem a gestão das obras em busca de soluções e tecnologias que utilizem de forma equilibrada os recursos ambientais.

Considerando o grande consumo de materiais utilizados para a produção do aço e do cimento, advindos de fontes não renováveis como as de jazidas de minérios de ferro, de calcário e de argila respectivamente, e da grande quantidade de energia necessária para a produção desses produtos, torna-se prioridade a busca de materiais e energias advindas de fontes renováveis, que possam substituir se não totalmente, mas parcialmente o seu uso.

São várias as pesquisas focadas para busca de fontes renováveis de energia e de matéria-prima, e que promovam a substituição ou redução do uso do aço e do concreto. Dentre essas pesquisas encontram-se as relacionadas ao uso da madeira, principalmente madeiras de reflorestamentos, que apesar de ser um material utilizado há séculos, há uma exploração precária das suas capacidades.

Considerando a necessidade de se buscar alternativas para a substituição de elementos convencionais para a vedação vertical de edifícios como os tijolos cerâmicos e blocos de concreto, surgem os painéis leves como uma opção favorável. Entre os painéis leves pode ser citado o "drywall" em gesso acartonado e sistemas construtivos como o "Wood frame", "Steel frame" e plataforma que utilizam de materiais que proporcionam leveza ao conjunto, além de serem sistemas que utilizam da pré-fabricação, agilizando as etapas construtivas e reduzindo o tempo de construção da obra.

O "drywall", apesar de ser considerado um sistema pré-fabricado, apresenta necessidades de reajustes na execução, gerando entulhos na montagem, mesmo que em volume reduzido. Devido ao seu processo construtivo, os parafusos que fixam as placas de gesso são encobertos por uma fita que depois recebe massa de revestimento para pintura. Esse processo dificulta o reaproveitamento das placas, além de gerar entulhos quando removidas.

Como proposta deste trabalho, será desenvolvido o projeto de um painel leve de madeira com a função de vedação vertical interna. Busca-se através do projeto atender aos conceitos de sustentabilidade quanto à eficiência energética, redução do impacto ambiental na utilização de madeira e de flexibilidade. Além disso o projeto do painel proporá uma facilidade quanto à montagem e desmontagem de forma a se conseguir um reaproveitamento total dos materiais.

A possibilidade de montagem e desmontagem dos painéis surge como opção de permitir maior flexibilidade ao ambiente, considerando as constantes alterações das necessidades dos usuários dos edifícios. Assim ao passo que necessitem aumentar ou reduzir ambientes com a criação de cômodos, a utilização de componentes que permitam esta mobilidade, facilitaria as alterações necessárias sem a geração de reformas e por consequência de entulhos e custos.

A proposta dos painéis de serem componentes pré-fabricados visa aumentar a racionalização da construção civil melhorando a eficiência do processo produtivo e tornando a obra mais ágil, com maior qualidade. Além disso, deve ser considerado o alívio das cargas nas estruturas e fundações, o que contribui para a redução do consumo e dos custos desses componentes e por consequência o custo final da obra.

Os painéis leves para vedação interna vertical são componentes explorados desde o início do século XX, quando arquitetos do movimento moderno se desvinculam das tradicionais técnicas de projeto arquitetônico, e desenvolvem teorias relacionadas a uma maior mobilidade e adaptabilidade dentro dos ambientes construídos, principalmente dos edifícios residenciais multifamiliares que começaram neste período a dominar a paisagem urbana.

Preocupados em atender as necessidades dos moradores desses edifícios, que tinham seus hábitos ditados pela crescente evolução social e tecnológica, tais arquitetos desenvolvem não só projetos como também componentes que contribuíram para os objetivos propostos.

Durante décadas várias ideias surgiram com a finalidade de trabalhar a flexibilidade das construções como uma forma de torná-la eficiente quanto à sua vida útil. A possibilidade de se modificar a função sem alterar a forma foi um dos pontos mais discutidos, pois tornava maior a vida útil do edifício uma vez que este poderia ser usado para outras funções diferentes da que fora projetado inicialmente, sem gerar reformas e por consequência entulhos.

Esta se torna também uma maneira sustentável de se fazer a arquitetura que vai além tão somente dos estudos relacionados aos materiais, mas à adoção de técnicas que permitam formas flexíveis de utilizar os edifícios tornando-os adaptáveis à várias situações de vida dos usuários.

Há ainda certo preconceito no Brasil quanto ao uso de técnicas novas, principalmente se estas apresentam materiais leves no seu conjunto, como é o caso dos painéis leves para vedação vertical de gesso acartonado ou "drywall". O produto que passou a ser comercializado no Brasil na década de 1990, ainda possui certa rejeição quanto ao seu uso em moradias, segundo um engenheiro da empresa Futura Construtora de Uberlândia. Existe um desconhecimento do produto por parte dos usuários associando-o à fragilidade do gesso.

A mesma rejeição é observada com o uso da madeira. A referência de construções em madeira existentes no país deixa muito a desejar devido principalmente à falta de projetos e à má qualidade na execução. Porém construções realizadas em países europeus, Estados Unidos e Japão podem ser referências para a defesa do seu uso de uma forma mais intensiva.

A proposta do trabalho é de atender ao requisito da flexibilidade através de painéis leves além de tentar introduzir o elemento madeira na construção de ambientes através de componentes. Pensando a flexibilidade baseou-se no conceito de modulação e pré-fabricação para a resolução do projeto do painel, buscando atender à questões como reaproveitamento dos mesmos, sem desperdício, e sua interface com outros componentes e materiais, como as esquadrias.

O trabalho foi fundamentado em um estudo teórico para a elaboração de uma proposta projetual, considerando a flexibilidade, a sustentabilidade, a situação atual das florestas plantadas de pinus e eucalipto e o seu fornecimento para o mercado da construção civil, além da ABNT NBR 15575 - 4:2013 de Requisitos de Desempenho.

Apesar da proposta se esbarrar no contexto de rejeição cultural, apresenta vantagens que devem ser ressaltadas como a possibilidade de introdução da pré-fabricação na construção civil, a montagem e desmontagem sem a geração de entulhos e custos, a mobilidade dentro do ambiente, além da utilização de materiais com origem em fontes renováveis.

No entanto para a proposta funcionar, será necessário além da resolução projetual e da qualidade construtiva, uma análise de viabilidade de produção para que consiga atingir os futuros usuário também pelo custo. Para isto será considerado o fornecimento da

matéria-prima na região que ocorrerá a produção, no caso cidade de Uberlândia, os custos da matéria-prima e a disponibilidade de mão de obra, ferramentas e maquinários para a produção e montagem.

1.2 Objetivos

Desenvolver uma proposta de painel leve para vedação vertical de madeira, pré-fabricado, desmontável que atenda a proposta de uma arquitetura flexível, considerando a viabilidade econômica de produção dos mesmos na cidade de Uberlândia.

1.2.1 Objetivos Específicos

Através do desenvolvimento dos componentes de vedação vertical interna atender aos princípios:

- Reflexão sobre a sustentabilidade na arquitetura e construção civil;
- Analisar a aceitação da madeira de reflorestamento no setor da construção civil;
- Através na revisão bibliográfica, construir diretrizes para a construção do projeto;
- Construção de protótipo para levantamento de custos e análise da necessidade de maquinários e especialização de mão de obra;
- Analisar a situação das florestas plantadas, serrarias e madeireiras na região;

1.3 Justificativa

O trabalho se justifica com a busca de uma reflexão sobre a sustentabilidade na arquitetura, sob a ótica do uso de determinados materiais e técnicas construtivas, possibilitando propostas que gerem novas formas de pensar a construção do espaço.

A construção civil não é sozinha. É reflexo da forma de pensar dos profissionais de projeto, seja ele arquiteto ou engenheiro. Necessita que estes explorem técnicas e um novo meio de enxergar a construção através da concepção de produtos que atendam à necessidade de melhoria, e se isso não acontecer o retrato continuará o mesmo, um setor defasado quando se fala em industrialização. Dessa forma o arquiteto surge como um aglutinador de necessidades, ideias e soluções. Contribui para a aceitação de novos materiais, apresentando técnicas bem resolvidas e que atendam às necessidades dos usuários agregando valor à matéria prima.

O desenvolvimento de componentes se torna uma das opções para introdução da industrialização no setor. Observou-se muitos estudos relativos à aplicação da madeira

em habitações sociais, principalmente a madeira de reflorestamento, ou mesmo construções provisórias. Talvez por se buscar uma maneira de otimizar o fornecimento de unidades habitacionais, visto a deficiência desta no país. Talvez como uma forma de comprovar a eficiência de tais sistemas em obras financiadas pelo governo. Porém estas construções são um caso restrito a um grupo de pessoas com uma necessidade específica de conseguir uma moradia.

Edifícios de apartamentos e escritórios são construídos em grande volume nas médias e grandes cidades todos os anos. O investimento imobiliário cresceu muito nesses últimos 10 anos no Brasil, principalmente pelas facilidades geradas pelo governo federal.

Olhando por este lado é que se pensou em buscar soluções arquitetônicas e construtivas para atender a necessidade de uma classe habitante dos grandes e médios centros urbanos. Ao adquirirem um imóvel em edifícios multifamiliares, tais habitantes se deparam com as limitações ofertadas pelos empreendedores dessas construções que consideram para efeito de projeto, necessidades padrão de um indivíduo ou uma família. Torna-se importante considerar também o alto percentual dos sistemas de vedação no custo final das construções. A substituição por painéis leves reduziria esse custo em cerca de 10%, considerando a redução da carga na fundação, a redução de desperdícios com a quebra da alvenaria para a passagem da tubulação hidráulica e fiação elétrica.

A utilização de painéis pré-fabricados para a vedação interna contribuiria também para a redução de erros na construção devido a montagem a seco, sem a necessidade de ajustes na obra.

As vedações internas não podem ser vistas somente do ponto de vista econômico, mas também sobre o olhar social. Vedações em alvenaria são fixas e dificultam a flexibilidade ou adaptabilidade dos ambientes. Conforme as Análises de Pós Ocupação (APO's) a maioria dos usuários de edifícios sentem necessidade de fazer com que o ambiente se adapte às suas vontades (VILLA e ORNSTEIN, 2013).

Com isso justifica-se a proposta de desenvolver o projeto de componentes que atendam aos requisitos da construção mais sustentável, com a redução da geração de entulhos e poluentes, como também a uma arquitetura sustentável, que permita mais flexibilidade na utilização dos ambientes dos apartamentos de edifícios multifamiliares e que atenda de forma social, econômica e emocional os usuários desses espaços.

O uso da madeira partiu da busca por um material de fonte renovável, com pouco consumo de energia no seu processamento e beneficiamento. Além disso, a madeira possui a facilidade de ser pré-fabricada, sendo esta mais uma oportunidade de inserção

desse sistema produtivo na construção civil. Essa inserção da industrialização é necessária sob o ponto de vista de que através da racionalização produtiva dos sistemas construtivos, consiga-se melhorar sua gestão, agilizar a execução e reduzir os custos finais.

O Pinus e o Eucalipto por serem madeiras de reflorestamento mais encontrada na região da cidade de Uberlândia, tornam-se uma opção para serem utilizadas como matéria-prima dos componentes. A utilização dessas madeiras de uma maneira mais efetiva promove uma melhora também nas técnicas de processamento desde o plantio até o corte, gerando produtos com mais qualidade.

Para se conseguir maior eficiência no uso do Eucalipto serrado os cuidados ocorrem desde a escolha das espécies a serem plantadas, o desdobra e a secagem das toras. Porém esta é uma condição que está longe de se alcançar na região, visto também à realidade do mercado que utiliza tanto do Eucalipto quanto do Pinus principalmente como escoras na construção ou formas de concreto.

Com isso pode-se concluir a urgente preocupação em difundir o uso da madeira de reflorestamento para fins que não seja tão somente as já citadas em outras pesquisas. A não exigência de materiais compatíveis para o uso da construção permite que o material fornecido esteja cada vez mais distante dos padrões de qualidade que atenda a uma boa construção.

Se há uma real preocupação com o uso de materiais que provoquem menos impacto ao meio ambiente, torna-se necessário o investimento urgente no desenvolvimento de técnicas e equipamentos que permitam melhorar a exploração das potencialidades do grande manancial de florestas plantadas de Eucalipto e de Pinus no Brasil.

1.4 Metodologia de pesquisa

A proposta é de uma análise exploratória global, pois abrange questões de variados campos de conhecimento, sendo de interesse com esta pesquisa o desenvolvimento de novos produtos e processos. É também uma pesquisa projetual e construtiva. Através da referência bibliográfica, utiliza da interpretação da pesquisa para o desenvolvimento de um produto (FACCA, 2008).

O método é composto de:

1. Uma pesquisa bibliográfica sobre o panorama do uso da madeira no Brasil com uma abordagem de sustentabilidade. Destaca-se os benefícios sociais e econômicos promovidos às comunidades locais. Verifica a tendência de

expansão dos plantios facilitando o acesso à matéria prima e sobre o processo de produção de madeira serrada em Eucalipto e Pinus na região de Uberlândia.

2. Análise das serrarias e madeireiras da região da cidade de Uberlândia, considerando o processo produção de madeira serrada de Eucalipto e Pinus.
3. Pesquisa bibliográfica sobre o conceito de sustentabilidade aplicado à arquitetura e ao setor da construção civil analisando-se as relações entre os elos da sustentabilidade.
4. Revisão bibliográfica sobre os sistemas de vedação vertical envolvendo conceitos e normas, para conhecimento das propostas de painéis existentes e uma análise do seu funcionamento.
5. Pesquisa de metodologia projetual e construtiva para o desenvolvimento do projeto do painel para vedação vertical. Foram seguidas etapas para a realização do projeto desde a fase de projeto até a fase construtiva. Através deste processo de projeto e construção buscou-se a relação entre a teoria e a prática.
6. Desenvolvimento de projeto e detalhamento dos painéis prevendo o aproveitamento dos materiais nas dimensões fornecidas ao mercado como placas de madeira processada (MDF), tábuas e pontaletes.
7. Construção protótipo na escala de 1:1 para melhor visualização de variantes pouco percebidas enquanto produção bidimensional. A execução do protótipo contribuiu para a resolução de projeto e para o levantamento de custos da produção do painel, considerando uma produção pré-fabricada, porém artesanal visto a realização dentro de laboratório.
8. Avaliação dos resultados.

O trabalho foi estruturado nos seguintes capítulos de forma a atender às questões levantadas acima:

- Capítulo 1 – Faz uma introdução ao contexto abordado nesta pesquisa, os objetivos gerais e específicos, justificativa, as etapas desenvolvidas e estruturação da dissertação.
- Capítulo 2 – Revisão bibliográfica sobre o uso da madeira no Brasil e no mundo destacando os benefícios sociais e econômicos promovidos como parte de um contexto sustentável. Através da análise feita neste capítulo, verifica-se também

a tendência de expansão dos plantios das florestas e o processo de produção da madeira serrada na região de Uberlândia.

- Capítulo 3 – Neste capítulo ocorre uma revisão bibliográfica sobre a pluridimensionalidade da sustentabilidade abrangendo a arquitetura enquanto método de projetos e a construção civil na utilização de materiais com reduzido impacto ao meio ambiente e benefícios sociais.
- Capítulo 4 – Verificam-se neste capítulo uma revisão sobre os sistemas de vedação vertical, os sistemas construtivos em madeira, o processamento de madeira maciça e seus derivados e as norma de desempenho ABNT NBR 15575- 4:2013.
- Capítulo 5 – Expõe concepção do projeto e a etapa construtiva dos componentes enquanto protótipo. Através da coordenação modular e de um esquema de pré-fabricação, apresenta uma proposta que possa atender a diversos espaços, funcionando como paredes de vedação. Apresenta também uma análise de materiais, componentes, ferramentas e equipamentos, além de fazer um levantamento do custo da produção através dos materiais utilizados na execução do protótipo.
- Capítulo 6 – São apresentadas as considerações finais do trabalho.

CAPÍTULO 2

PROCESSO DE PRODUÇÃO DO SETOR DE FLORESTAS NO BRASIL

2.1 Panoramas do uso da madeira

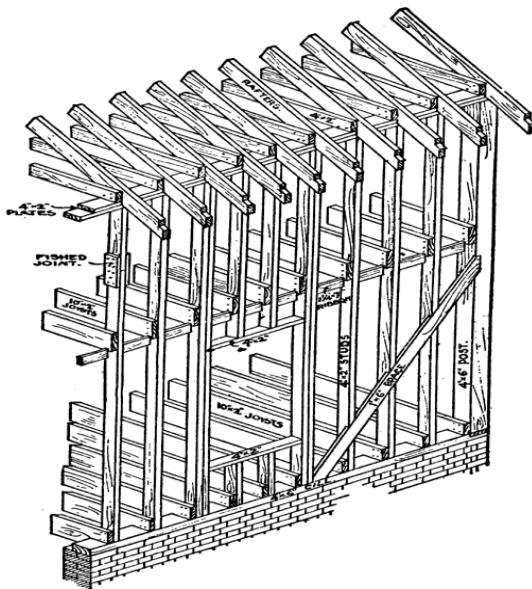
A madeira é um material utilizado nas mais variadas aplicações, atuando em mercados diversos, desde pequenos objetos até grandes construções. Séculos de uso permitiram a evolução nas técnicas de construção assim como o conhecimento de suas limitações, sendo destaque o avanço tecnológico com o melhoramento relativo à durabilidade, e às potencialidades que este material e seus derivados permitem (BRANCO, 2013).

Considerado um sistema construtivo leve, o uso da madeira é bem disseminado em países como os Estados Unidos, Europa e Japão, tendo a execução de obras em madeira alcançada uma escala industrial no início século XX, com a produção de pregos em massa e a presença de máquinas a vapor em serrarias (CARNIELLE, 2011).

Um dos sistemas mais difundidos nos Estados Unidos foi o *balloon framing* ilustrado na Figura 1. Muito utilizado durante a colonização do oeste americano no século XVIII devido a facilidade de se encontrar a matéria prima, foi visto como uma adaptação das construções européias com a substituição dos complicados encaixes das peças por cavacos. As paredes são constituídas de estruturas de madeira autoportante a cada 60 cm que alcançam a altura da edificação, e são travadas entre si.

No final da década de 1960 e início da década de 1970, devido a dificuldade de se encontrar peças de madeira de grande dimensão foi desenvolvido o sistema Plataforma. Considerado uma evolução do sistema de *ballon framing*, utiliza peças menores com pequena seção, em ângulo reto e com poucos encaixes, paredes portantes, uniões por pregos, sem a hierarquia de vigas e pilares, como se observa na Figura 2 (SANT'ANNA e MEIRELLES, 2007).

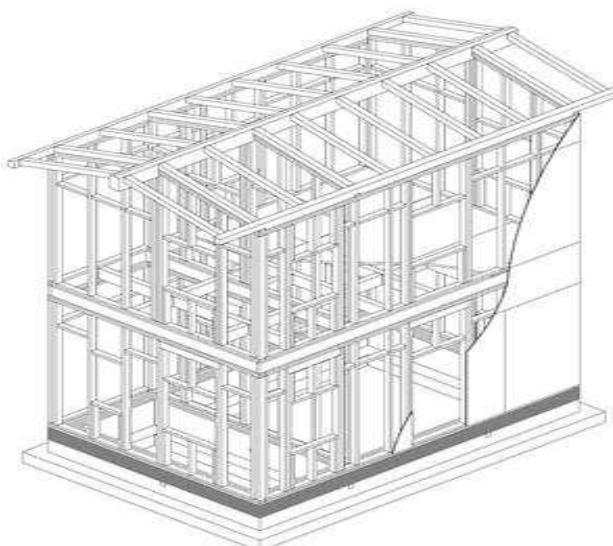
Figura 1 – Esquema do Sistema Balloon Frame.



Fonte: http://etc.usf.edu/clipart/60800/60881/60881_balloonframe.htm

O arquiteto Frank O’Gehry conhecido mundialmente pela relação da sua arquitetura com a tecnologia é considerado o precursor do sistema de plataforma. Na década de 60 com a busca por inovações tecnológicas na construção de habitações, utilizou dos sistemas de painéis leves, autoportantes, modulares e pré-fabricados com encaixes reforçados por peças metálicas e processo de montagem altamente tecnológico para a época. Nessa tipologia construtiva, os pavimentos foram construídos independentes uns dos outros, permitindo construções de até cinco pisos.

Figura 2 – Esquema sistema Plataforma ou Platform Frame.



Fonte: <http://www.sistem.it/edifici-case-legno/sistema-costruzione/platform-frame.html>

A disseminação do uso de sistemas de construção em madeira é caracterizada pela leveza e riqueza de detalhes. As técnicas de montagem, como encaixes e fixações, garantem uma resistência das estruturas a terremotos e outros fenômenos da natureza, como tornados, devido à capacidade desses sistemas resistirem por mais tempo à velocidade dos ventos e também ao impacto de projéteis lançados.

O investimento na “construção verde” em países europeus, Estados Unidos e Japão promove um constante aprimoramento e inovação na tecnologia em sistemas construtivos em madeira, além de um incentivo à industrialização destes componentes. O desenvolvimento de alternativas que favoreçam a construção através da pré fabricação, facilita os processos de montagem e agilidade da obra (BRANCO, 2013).

Porém somente alguns países como América do Norte, Inglaterra, Itália e Suíça permitem a construção de edifícios com estruturas de madeira com mais de seis pavimentos, existindo uma larga pesquisa em várias instituições desses países no intuito de desenvolver projetos para edifícios de até vinte pavimentos. Como exemplo pode citar o edifício Stadthaus em Londres com nove pavimentos e o edifício BadAibling na Alemanha com oito pavimentos, conforme Figura 3 e Figura 4 respectivamente.

Figura 3 - Edifício Stadthaus, Londres, nove pavimentos.



Fonte: <www.cttmadera.cl/wp-content/uploads/2009/06/stadhaus-wt06.jpg>.



Fonte: <www.cttmadera.cl/wp-content/uploads/2009/06/stadhaus-wt14.jpg>.



Fonte:
<www.cttmadera.cl/2009/06/29/stadthaus-24-murray-grove-waugh-thistleton-architects>.

O Edifício Stadthaus pode ser considerado o primeiro e mais alto a ser construído totalmente em painéis pré-fabricados de madeira. A montagem da sua estrutura durou apenas vinte e sete dias, com apenas quatro funcionários. Apresentou resultados positivos no final da sua execução como melhora na qualidade construtiva e redução do prazo. Com relação ao meio ambiente houve a comprovação da redução na emissão do dióxido de carbono na atmosfera e o potencial de reutilização dos painéis no final da vida útil do edifício (JORGE, 2012).

As construções com tecnologias e racionalização são uma forma e coeficiente que as empresas construtoras podem adotar, influenciando no aumento da produtividade, diminuição de custos, agilidade, economia da obra e aumento da qualidade (VELLOSO, 2010).

Além das características de resistência, a madeira é um excelente material isolante térmico devido sua porosidade e baixa densidade (GIGLIO, 2005). O emprego de forma correta contribui para um menor gasto energético das edificações, com o aquecimento ou refrigeração. A construção de painéis que apresentem dois ou mais elementos paralelos entre si, formando uma camada de ar promovem certo isolamento térmico e acústico, o que promove o grande uso da madeira nos países de clima frio, visto a capacidade de isolamento.

Figura 4 - Edifício BadAibling, Alemanha, oito pavimentos.



Fonte: Branco, 2013.

A madeira pode ser considerada um material flexível, permitindo a utilização desde sua forma natural, em toras como também serrada, e processada. As toras são usadas em estruturas de viga-pilar, cobertura, além de fechamentos laterais externos. A madeira serrada possui várias formas de corte, sendo estes definidos conforme o uso. Muito utilizada como perfis estruturais na produção de painéis leves como sistema balloon frame e plataforma citados anteriormente.

A madeira processada é produzida na forma de chapa, em variadas espessuras atendendo a uma demanda de usuários tanto na construção civil quanto na indústria de móveis. Foi produzida com a finalidade de substituir a madeira maciça em situações que exigissem maior estabilidade da mesma, e maiores dimensões. No Brasil a construção civil utiliza de forma muito restrita esses materiais, em tapumes e construção de fôrmas, porém em países onde há a predominância de construções leves e secas, é utilizada como fechamento dos painéis como no sistema *balloon frame* e Plataforma, havendo uma constante busca de melhoria na qualidade desses materiais.

2.2 Uso da madeira no Brasil

A utilização das florestas nativas no Brasil iniciou-se logo no início da colonização. Com o surgimento e crescimento das cidades e vilarejos, a madeira foi um material bastante acessível aos colonizadores o que facilitou a sua exploração para a construção de casas e demais prédios.

O desejo de uma “modernização” das cidades frente a uma corrente racionalista da arquitetura e fortalecimento da indústria cimentícia estimulou a desvalorização das casas de madeira que passaram a ser vistas como construções populares. Houve um reforço pela falta de tradição devido a uma colonização de origem mediterrânea com a valorização das técnicas de alvenaria de tijolos e pedras. A não existência de uma mão de obra especializada nas técnicas construtivas em madeira diminuiu bastante a qualidade das construções, reduzindo o interesse de construtores no uso do material.

Até meados da década de 1960 a reconstituição das áreas florestais exploradas e degradadas foi pouco significativa. Houve ainda um desmatamento desordenado das florestas provocando problemas sérios ao meio ambiente, e causando certa repulsa quanto ao uso da madeira maciça na construção civil e mesmo na indústria moveleira.

Como forma de resolver esse desmatamento desordenado e recuperar áreas desmatadas, no período de 1966 a 1987 houve uma política de incentivos, com desconto no imposto de renda do valor dos empreendimentos florestais.

Foi marcante o aumento da atividade empresarial na silvicultura, com evolução da ciência florestal, criação do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, surgimento das primeiras escolas de Engenharia Florestal e a expansão de áreas florestais recuperadas (ANTONANGELO, 1998).

O fim dessa lei foi marcado pelos elevados gastos com o programa, fraudes, plantios mal conduzidos, concentração das plantações nas regiões sul e sudeste gerando uma má distribuição de posse de terra. Porém pode-se considerar um grande passo para a silvicultura moderna brasileira que recebeu financiamentos advindos dos recursos para pesquisas na área. (ANTONANGELO, 1998).

Como consequência do fim da lei de incentivo fiscal, houve uma queda drástica no plantio, forçando as grandes indústrias dependentes da matéria-prima, cultivarem no seu entorno, o que minimizaria a crise e organizaria o setor. Em 2002 o Estado lançou o Programa de Plantio Comercial e Recuperação de Florestas ou Propflora, financiando novamente a atividade (ABRAF, 2008 apud SILVA; INO, 2009).

As empresas com matéria-prima disponível incentivaram o crescimento do parque tecnológico com indústrias de papel e celulose, compensados, painéis reconstituídos, madeira sólida e produtos não madeireiros. A indústria de papel passou a usar o *Eucaliptus spp*, direcionando o *Pinus spp* para fabricação de Produtos com Maior Valor Agregado ou PMVA (SILVA; INO, 2009).

O aumento da produção incentivou a exportação para os Estados Unidos e países da Europa. Porém com a crise internacional ocorrida em 2008 e a retração do mercado imobiliário americano, as exportações diminuíram, e a oferta da madeira e de seus subprodutos no mercado interno aumentou, modificando o cenário do país (SILVA; INO, 2009).

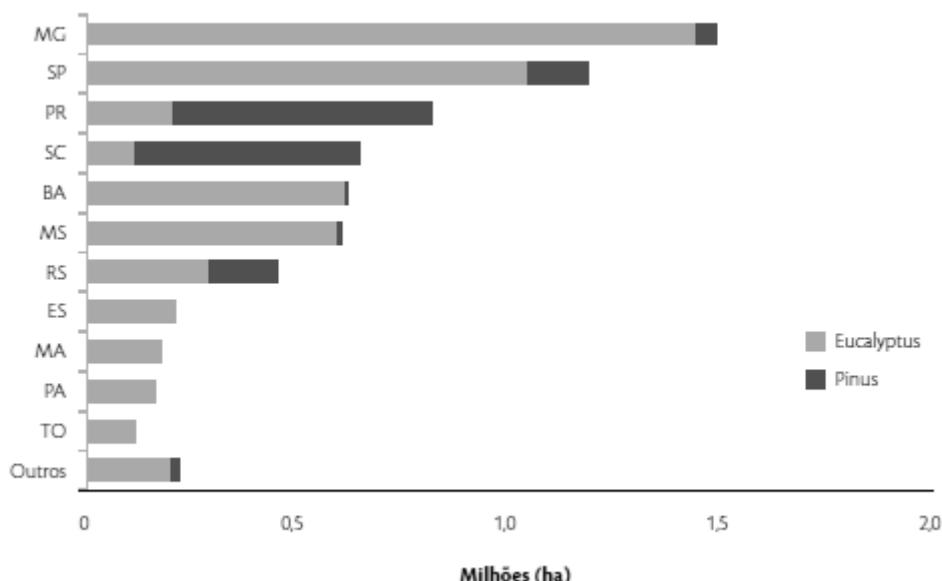
2.2.1 O Potencial das Florestas Plantadas no Brasil

O Brasil é um país com grande potencial florestal a ser explorado. Segundo dados da Sociedade Brasileira de Silvicultura (2007) numa área total de 851 milhões de hectares, 477,7 milhões são de florestas naturais e 6,6 milhões de florestas plantadas, resultando esta última em apenas 0,7% do território nacional.

As florestas plantadas estão divididas em florestas de *Eucaliptus* que representa 76,6% da área total e florestas de *Pinus* com 23,4% (ABRAF, 2013). Minas Gerais ocupa primeiro lugar em plantio com cerca de 1,5 milhões de hectares em 2012, conforme mostra a Figura 5.

O plantio de *Eucalyptus* se destaca na região sudeste em função da aproximação das empresas de Papel e Celulose e Siderurgia a carvão existente. Como concentração de indústrias de painéis, serrados e compensados está na região sul, justifica a grande área de florestas de *Pinus* nessa região.

Figura 5 - Distribuição da área de plantios florestais de *Pinus* e *Eucaliptus* em 2012.



Fonte: ABRAF, 2013.

A ABRAF (2013) considera em seus relatórios as atividades de pesquisas realizadas em prol dos melhoramentos genéticos e otimização de manejo florestal nos últimos anos, que geraram ganhos no incremento médio anual das bases das empresas participantes do projeto.

O Brasil possui grande capacidade para se tornar uma potência da indústria mundial de base florestal, porém são necessárias algumas melhorias por parte dos governos federal, estadual e municipal como:

- a redução das restrições à compra de terras por grupos que tenha a maior parte em capital estrangeiro;
- a redução da burocracia excessiva no licenciamento ambiental, tributação excessiva, custo de financiamento oneroso, infraestrutura deficitária e precária e outros mais.

Essas melhorias influenciam não só num contexto social, mas também econômico através da exportação de matéria-prima e também maior investimento na indústria

nacional no beneficiamento e processamento das madeiras. Há também investimento no plantio de espécies apropriadas para usos específicos, como é o caso da construção civil, que possui certas restrições quanto ao uso da madeira devido a qualidade final do produto.

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a projeção para o plantio é otimista para os próximos anos, devido à elevada demanda dos setores madeireiros, moveleiros e energéticos. A previsão é de aumentar as áreas de plantio de seis milhões de hectares (ha) para nove milhões de ha até o ano de 2020.

É importante salientar que não é somente investir no aumento das áreas de plantio. Deve haver um planejamento e direcionamento baseados no uso específico dessas madeiras, incentivando tanto o plantio de espécies corretas quanto o manejo e controle das florestas, fatores que influenciam na comercialização do produto e sua inserção no mercado.

A construção civil exige madeiras que apresentem características e propriedades que garantam resistência quanto às solicitações e a vida útil. Porém muitas florestas plantadas se limitam a atender segmentos industriais onde as propriedades exigidas para a madeira, são inferiores às estabelecidas para atender o setor da construção civil, o que gera certo preconceito quanto ao uso.

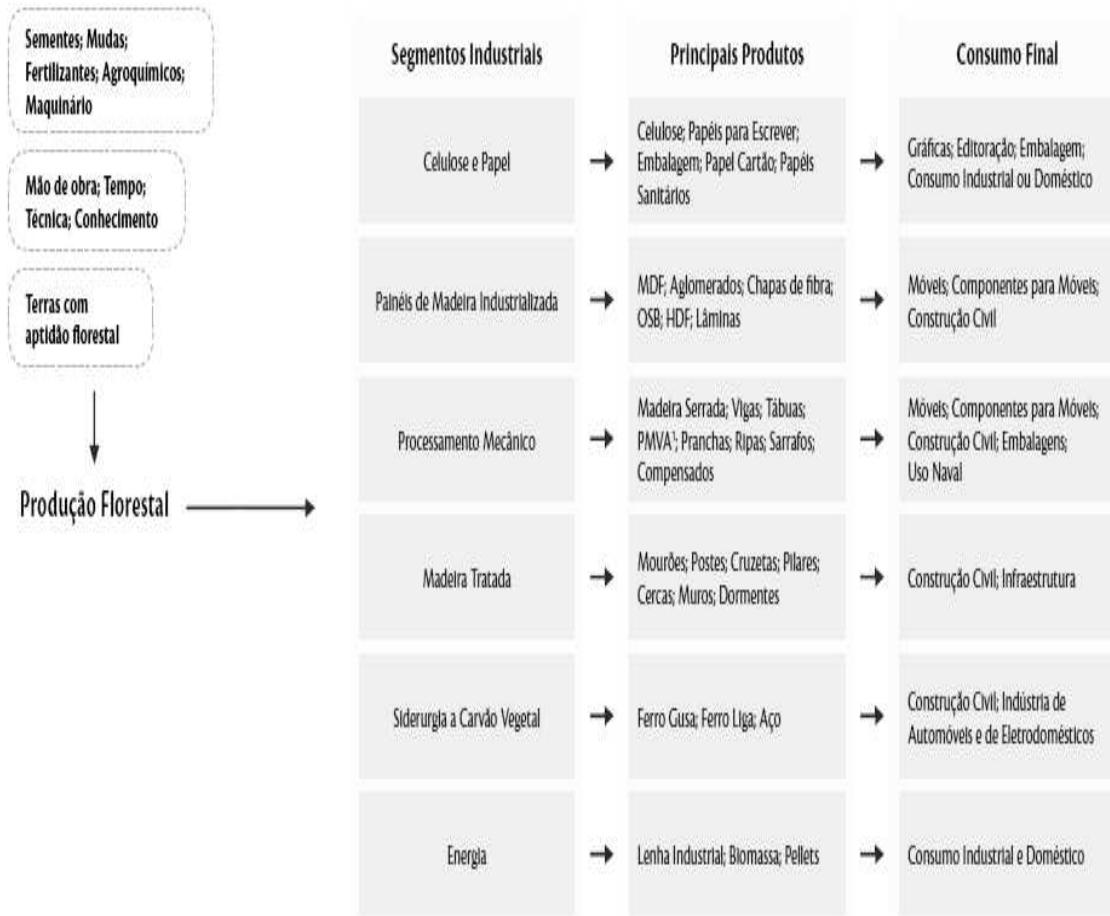
O mercado de produtos com base nas florestas plantadas é bem variado. Através da Figura 6, observa-se um modelo simplificado, no qual são descritos os principais produtos e serviços da cadeia produtiva do setor florestal no Brasil e o direcionamento para o consumo final.

Observa-se no modelo citado a destinação de parte dos produtos para a construção civil mesmo que em número reduzido quando comparado a outros setores como o de papel e celulose e siderurgia. Esses produtos possuem o uso bem definido em alguns locais do país, como é o caso da região sul. Porém outras regiões como o sudeste especificamente o Triângulo Mineiro, devido a presença marcante dessas florestas para atender às indústrias de papel e celulose, é recente a inserção do produto no setor da construção civil, ocorrendo ainda certo preconceito quanto à qualidade do produto e as facilidades de manutenção.

Até 2012, a utilização das madeiras de florestas plantadas no Brasil foi a maioria para a indústria de celulose e papel, o equivalente a 35,2%, enquanto que a produção de painéis de madeira industrializada, serrados e compensados foi num total de 26,2% (ABRAF, 2013). Estes dados comprovam o quanto é pequeno ainda o investimento em

plantações que atendam ao setor da construção civil especificamente, o que é justificável por ser um processo lento, com um investimento a longo prazo.

Figura 6 - Modelo simplificado da cadeia produtiva do setor florestal.



Fonte: ABRAF, 2013.

Além de ser necessário o plantio de espécies adequadas, os cortes das árvores ocorrem quando alcançam caules com dimensões maiores, que exigem um plantio por um longo período de tempo, resultando em um grande gasto em investimentos e um retorno mais demorado.

Os segmentos industriais da cadeia produtiva do setor florestal podem ser divididos basicamente em três etapas. Estas são responsáveis pela transformação da matéria-prima de baixo valor agregado em produtos intermediários e de consumo final. A divisão é feita de acordo com os processos utilizados e o produto resultante, como observado na Figura 7.

Figura 7 - Segmentos da industria de processamento.

SEGMENTOS		
Indústria de Processamento Primário	Indústria de Processamento Secundário	Indústria de Processamento Terciário
DESCRÍÇÃO		
Realiza o beneficiamento e/ou o desdobro das toras de madeira resultando em produtos primários.	Realiza o beneficiamento dos produtos primários transformando-os em bens intermediários necessários à fabricação de bens de consumo final.	Agrega maior valor econômico ao produto secundário, transformando-o em um bem de consumo final e atendendo às necessidades específicas do consumidor.
EXEMPLOS		
Madeira serrada, lâminas de madeira, madeira tratada, carvão vegetal, lenha e resíduos de madeira (cavaco, serragem, maravalha, entre outros), etc.	Compensados, painéis de madeira industrializada, produtos de maior valor agregado (PMVA), pellets, etc.	Móveis, pisos, assoalhos, componentes (janelas, portas, escadas, batentes, moldura e diversos outros produtos), papéis, produtos químicos, etc.

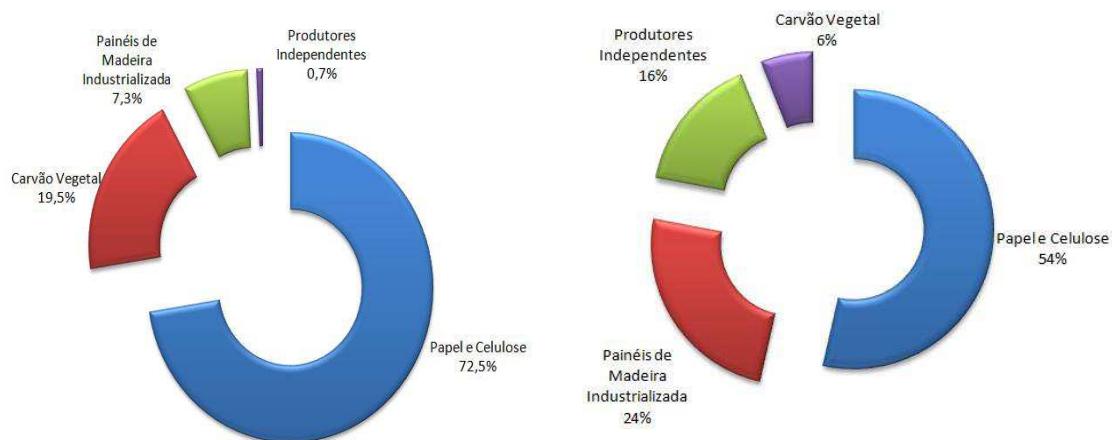
Fonte: ABRAF, 2103.

Nos últimos 10 anos o setor de painéis de madeira industrializada teve o maior crescimento médio anual dentre os produtos florestais brasileiros. Apresentou um crescimento de 8,9% a.a. sendo acompanhado pelo consumo que teve uma expansão de 9,9% a.a. Isto foi resultado de um cenário econômico interno, que até 2012 apresentou um aumento na renda da população e expansão do setor da construção civil.

O setor de madeira processada mecanicamente é composto pelas indústrias de madeira serrada, laminados, compensados e de componentes de maior valor agregado como pisos, janelas, portas, molduras entre outros. Ambos são impulsionados principalmente pelo consumo interno, em especial pelo setor da construção civil e embalagens, que sofrem fortes impactos pela política governamental (ABRAF, 2013).

Na Figura 8 pode ser observada a distribuição dos segmentos industriais por tipo de plantação, no qual a indústria do Papel e da Celulose ocupa o topo na utilização de *Eucaliptus* (72,5%) e *Pinus* (54%).

Figura 8 - Distribuição das florestas plantadas de Eucalipto e Pinus por empresas.



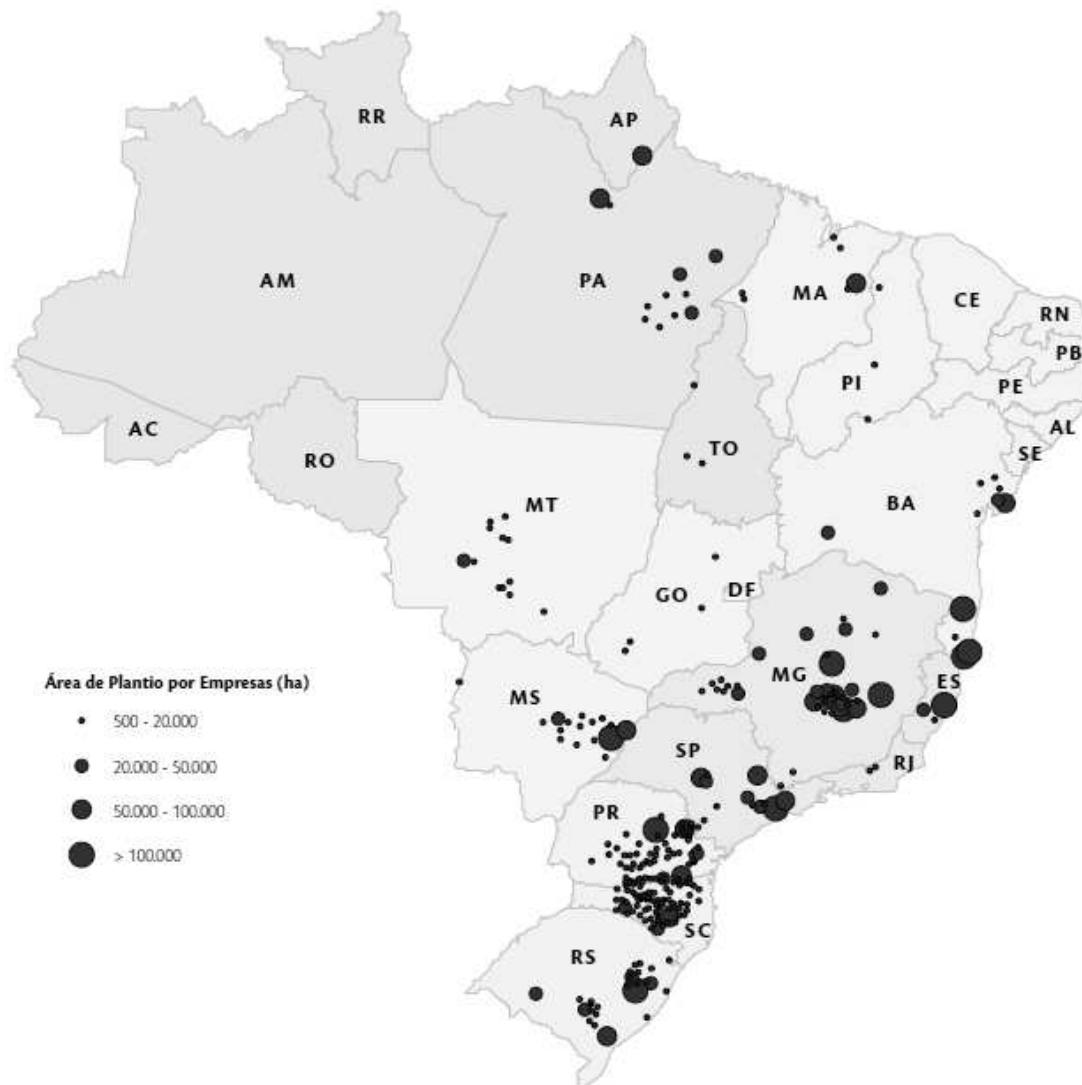
Fonte: ABRAF, 2103.

Conforme pode ser visto pelos dados apresentados, existe um número insignificante de florestas voltadas para atender a construção civil. Isto se justifica por um fator histórico nos plantios dessas florestas, conduzidos pelas indústrias de Papel e Celulose, Carvão Mineral que iniciaram as plantações para alimentarem suas indústrias. O foco do setor para o segmento de papel e celulose cria baixa oferta de madeira serrada, devido a qualidade da madeira, o que eleva o custo do produto.

No mapa de distribuição da ABRAF (2013) apresentado na Figura 9, é possível observar as principais áreas de plantio do país. Na região central do estado de Minas Gerais há grande concentração com áreas maiores que cem mil hectares. Porém no Triângulo Mineiro, região de estudo da pesquisa, as áreas são menores ocupando cerca de vinte mil a cinquenta mil hectares. Há o investimento em mais áreas de plantio na região, porém é um processo que demanda tempo para o retorno.

Este fato torna-se uma justificativa para as restrições apresentadas quanto ao uso da madeira de reflorestamento na região, para o setor da construção civil. As árvores utilizadas devem ser mais velhas do que as usadas nas indústrias de papel e celulose, postes, mourões, além da diferenciação das espécies plantadas.

Figura 9 - Distribuição esquemática dos principais maciços florestais por estado em 2012.



Fonte: ABRAF, 2103.

2.2.2 *O setor madeireiro e florestal na visão sustentável*

Há um interesse do governo que o setor de florestas plantadas se fortaleça para conseguirem cumprir as metas de sustentabilidade estabelecidas pelas organizações ambientais mundiais. Esse interesse se deve ao fato das florestas plantadas reporem as áreas degradadas, substituírem o uso das madeiras nativas, serem base de sustento para várias famílias rurais e também devido ao sequestro de carbono (CO_2) que ocorre dentro dessas florestas.

O sequestro de carbono se deve às reações químicas que ocorrem para a formação das árvores, utilizando o dióxido de carbono da atmosfera e liberando oxigênio como resultado dessa reação (FPL, 2010 apud PASSARELLI, 2013). Cada tonelada de

madeira de reflorestamento utilizada equivale a 1,8 toneladas de gás carbônico (CO_2) a menos na atmosfera, contribuindo para diminuir o aquecimento global o que equivaleria a dez toneladas de gás carbônico sequestrados por hectare/ano (SBS, 2009).

Metade do peso da árvore é constituída por carbono, que fica armazenado na forma de madeira até que esta sofra degradação natural ou seja queimada, retornando o dióxido de carbono para a atmosfera (FPL, 2010 apud PASSARELLI, 2013).

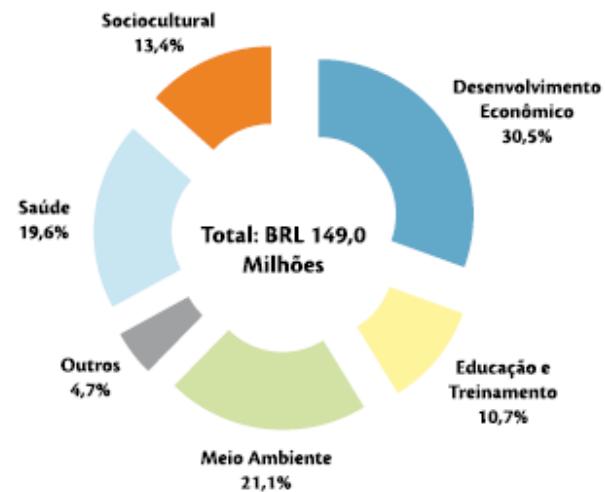
Os processos de produção da madeira como cultivo, extração, processamento e transporte demandam pouco gasto de energia, e pouca emissão de CO_2 , principalmente se comparado a outros materiais empregados na construção civil. A madeira serrada e seus derivados são definidos dessa forma como “carbono-positivo” por absorverem mais carbono do que liberam na produção, sendo assim importante o investimento da indústria da construção civil no setor de madeiras reflorestadas.

Com relação à preservação de florestas nativas, segundo relatório estatístico florestal da ABRAF de 2013, cada 1,0 ha de plantio de árvores de reflorestamento, contribuiu com a preservação de 0,97 ha de florestas nativas, o que representou um acréscimo de 16,3 mil ha de 2011 em relação 2012.

No âmbito social, até 2013 os plantios florestais beneficiaram 1,3 milhões de pessoas e mil municípios nas regiões de influência das empresas. Gerou 4,4 milhões de empregos, havendo um grande investimento em programas de inclusão social, educação e meio ambiente, sendo este um fator considerado favorável enquanto programa de sustentabilidade. Conforme gráfico do relatório da ABRAF referente ao ano de 2012 (ABRAF, 2013) ilustrado na Figura 10, houve um investimento de 149 milhões das empresas associadas da ABRAF em setores sócio culturais, saúde, meio ambiente, educação e treinamentos

Com estas informações torna-se certo o retorno que o setor de florestas plantadas tem para o país enquanto questão sustentável. O fato das florestas plantadas serem também fonte inesgotável de matéria prima, e exigirem pouco consumo de energia para o seu processamento, reforçam a necessidade de políticas governamentais que incentivem o setor do início ao fim do processo, incluindo campanhas educativas, que esclareçam vantagens e desvantagens. É importante que indústria, governo e instituições de ensino e pesquisa caminhem juntos para a inserção de uma nova maneira de entender a construção civil no Brasil.

Figura 10 - Principais investimentos em programas sociais das empresas associadas da ABRAF, 2012.



Fonte: ABRAF, 2013.

CAPÍTULO 3

SUSTENTABILIDADE

3.1 Sustentabilidade na Construção Civil

Ações sustentáveis incorporaram-se em vários setores, inclusive na construção civil, no qual governos, consumidores e investidores pressionam para que sejam tomadas atitudes cada vez mais eficientes (CORRÊA, 2009).

Souza (2008) cita dados do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) que demonstram um cenário da construção civil e seus impactos econômico, social e ambiental:

- 75% dos recursos naturais extraídos são para a construção;
- Gera 80 toneladas de resíduos por ano;
- Fabricação de materiais com liberação de gás carbônico e Compostos Orgânicos Voláteis (COV);
- Elevado consumo de água;
- Elevada geração de empregos diretos e indiretos;
- Parte dos operários encontra-se na linha de pobreza, considerando a baixa escolaridade desses;
- 50% das empresas do setor são informais;

Este cenário traz uma discussão sobre a construção civil que deve ser considerada, envolvendo não só a importância econômica e de geração de empregos, mas os demais benefícios e danos causados direta ou indiretamente pelo setor. Essa discussão é feita desde que se iniciaram os debates sobre ações sustentáveis em todo o planeta. Porém é um processo lento, e a definição do que seja desenvolvimento sustentável está em constante aprimoramento.

O conceito de construção sustentável sofreu evoluções desde que foi criada a Agenda 21 da Construção Sustentável em 1992. A sustentabilidade passou a ser vista como um ponto de equilíbrio entre as necessidades e a demanda pela prosperidade e qualidade de vida. Um equilíbrio dinâmico que visa manter a segurança, saúde e vida produtiva e mantém a harmonia com a natureza de todas as gerações. E o desenvolvimento sustentável passou a ser utilizado para definir o caminho para o alcance desse equilíbrio (YUBA, 2005).

Yuba (2005) considera o contexto da sustentabilidade como um conceito em formação, em que há um grande foco em questões ambientais e econômicas. Considerando que os primeiros estudos sobre as relações de desequilíbrio ambiental e econômico surgiram em países desenvolvidos, onde questões sociais já são superadas, destaca-se a importância de se ter um outro tipo de análise nos países em desenvolvimento.

Nestes países, como é o caso do Brasil, os princípios alcançam dimensões diferenciadas quando comparadas aos países desenvolvidos, uma vez que as condições políticas, econômicas e sociais são também diferentes. Com a criação da Agenda 21 da construção sustentável de países em desenvolvimento, que classifica as ações envolvidas com a sustentabilidade em escalas e dimensões que devem ter seus princípios detalhados e regionalizados, as ações sustentáveis passam a ter outro enfoque que não somente a ambiental.

Nesses países o planejamento estratégico para a sustentabilidade apresenta dificuldades relacionadas às sucessivas crises financeiras governamentais e a descontinuidade dos compromissos políticos assumidos. As relações sócio-culturais, como componente de crescimento humano, devem ser mais focados, permitindo uma ação estratégica que valorize as características dos grupos que será inserida.

Yuba (2005) apresenta os conflitos existentes entre as considerações sobre a aplicação de conceitos de sustentabilidade nos países em desenvolvimento. Existem conceitos que consideram como prioridade combater problemas sociais existentes para depois partir para a preservação de recursos, e outros que consideram importante manter em igualdade tanto o combate às diferenças sociais quanto a preservação ambiental. Cita ainda a importância de se ressaltar a sustentabilidade numa condição progressista, em que esta é continuamente construída e reavaliada. Deve haver interação com a realidade em que se insere, se adequando a fatores que estão em processo dinâmico.

Numa dimensão ambiental aponta como estratégias:

- reduzir o uso de recursos em todo o ciclo de vida como: produção de resíduos, de consumo de água, de exploração de minérios;
- reduzir a emissão de gases tóxicos e de efluentes;
- desenvolver estratégias para lidar com impactos ambientais;
- incentivar a produção tecnológica dos países em desenvolvimento e reduzir as dependências tecnológicas com os países desenvolvidos;
- melhorar a qualidade de processos de produtos;

Numa dimensão social Yuba (2005) ressalta:

- a promoção de ambientes de trabalho saudável e seguro, no qual considera o respeito aos direitos humanos, erradicação do trabalho infantil, igualdade de remuneração;
- atender as necessidades dos usuários quanto ao uso dos ambientes com a flexibilidade e adaptabilidade;
- elaborar campanhas educativas e informativas sobre o uso de produtos mais sustentáveis;
- desenvolver treinamentos e programas de capacitação;
- realizar parcerias com instituições de pesquisa e educação;
- considerar a acessibilidade universal.

Numa abordagem econômica é importante ressaltar os resultados gerados pelo incentivo à economia local como: redução de custos com transporte, redução de poluição, o incentivo ao empreendedorismo com a criação de novos negócios e a geração de empregos o que aumenta a autonomia econômica do local (YUBA, 2005). A autora ainda considera alguns pontos importantes:

- a geração de lucros através da capitalização dos benefícios da sustentabilidade;
- modificação de produtos, embalagens, processos, tecnologias como uma forma de otimizar a consciência ambiental e criar um fator de competitividade;
- realizar parcerias entre setores públicos e privados para a geração de pesquisas e para a produção e comercialização de novos materiais e tecnologias;
- combate à corrupção;

É muito importante também a abordagem numa dimensão política e cultural, como forma de incentivar a ideia de sustentabilidade não como um marketing comercial para se conseguir vendas de imóveis, mas como parte de um estilo de vida que deve ser a cada dia mais inserido em todos os setores.

A participação governamental nas políticas de incentivo e educativas se faz importante, de forma a se tornar uma identidade do país. A busca de parcerias adequadas com instituições privadas ou particulares para o desenvolvimento de uma tecnologia própria adequada a cada região, se torna um estímulo ao uso de produtos e materiais que promovam esse avanço para o desenvolvimento sustentável.

O desenvolvimento de processos de cunho técnico são uma oportunidade de geração de empregos e de renda, promovendo uma melhora nas condições de vida em escala local e regional.

No caso da cadeia produtiva da madeira há uma baixa taxa de conversão de matéria-prima em produtos finais. O processo de transformação da matéria prima em artefatos de consumo agrega valor ao produto, incentivando a geração de renda ao local de fabricação e consequente melhoria da qualidade de vida da comunidade.

No processo de apoiar novos nichos do mercado torna-se indispensável a implementação de práticas mais sustentáveis que podem ser vinculadas à parcerias e coligações industriais para desenvolver soluções integradas (YUBA, 2005).

Como estratégia de produção para o desenvolvimento sustentável, Yuba (2005) considera a redução de degradação das fontes de extração de matérias primas e uma política de gestão de resíduos que inclui pensar formas de reciclagem ou reutilizações.

Um dos tópicos a ser trabalhado na gestão de resíduos acontece em fase anterior à produção, numa fase de projeto, com a criação de desenhos que determinem técnicas construtivas como ligações, montagem, modulação, facilidade de montagem e desmontagem, que irão determinar a reutilização ou reciclagem. É determinante prever procedimentos que propiciem o aumento da durabilidade dos materiais estendendo a vida útil dos produtos.

Serrador (2008) baseado na Agenda 21 afirma que a fase de projeto requer uma integração entre diversos agentes da cadeia de produção. Promove também o aparecimento de novos conceitos na construção dos edifícios através de um desenvolvimento mais integrado ao processo construtivo.

Alem disso, o projetar envolve o conhecimento de toda a cadeia produtiva, facilitando uma escolha correta para cada contexto da matéria prima, adequada à aplicação até o final da sua vida útil do produto.

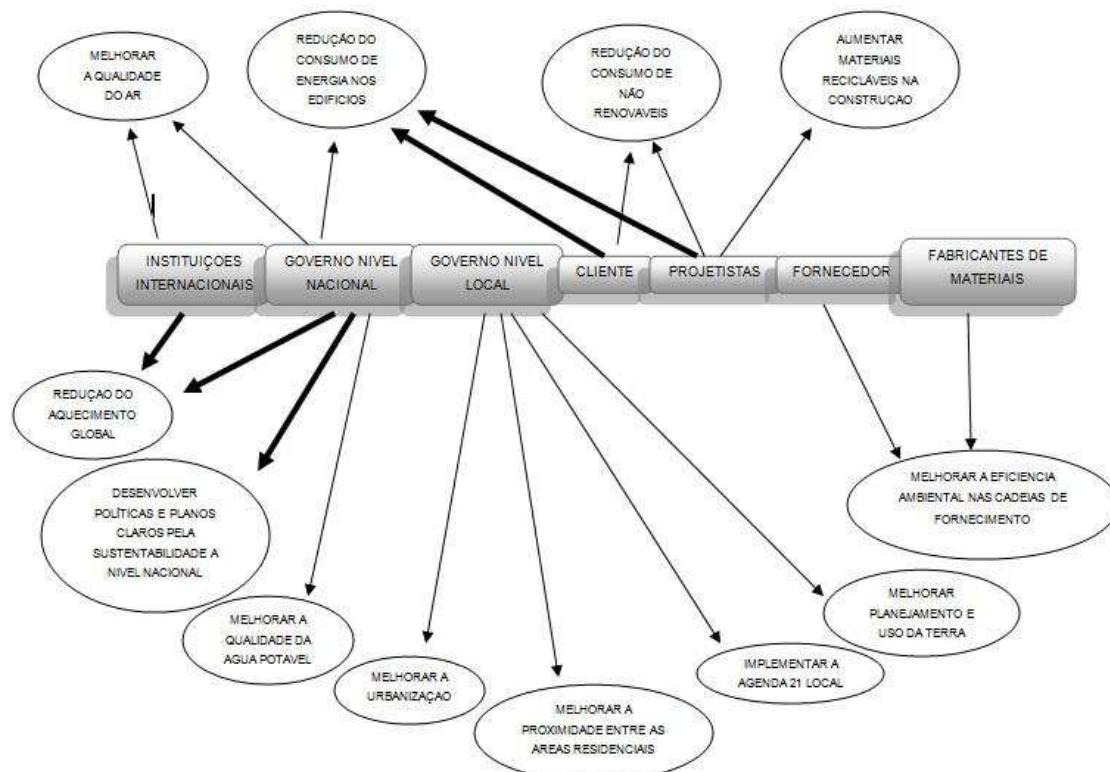
Segundo Serrador (2008) o tema sustentabilidade no Brasil está no início das discussões e apresentações no setor da construção civil. Apresenta-se fragmentado sem estar definido claramente os objetivos e papéis destinados a cada agente da cadeia.

A falta de envolvimento do poder publico permite que alguns agentes do setor tomem frente e definam conforme interesses particulares as regras da discussão, prevalecendo muitas vezes um "jogo de marketing" para facilitar as vendas. E isso causa uma falta de integração entre os agentes formadores da cadeia necessitados de uma liderança e de uma formulação de planos específicos.

A criação de uma estrutura de trabalho para a sustentabilidade ou *framework* integra os agentes da cadeia em seus diversos interesses, além de deixar clara suas responsabilidades e favorecer tomadas de decisões, baseadas em leis e regulamentos criadas pelo governo, que estabelecem códigos e níveis de eficiência para serem trabalhadas pelos agentes (SERRADOR, 2008).

Na Figura 11 segue um organograma desenvolvido pelo CIB (1999, apud SERRADOR, 2008) no qual seguem os principais elos entre os diversos agentes envolvidos no setor da construção civil e os comportamentos desejados para um desenvolvimento sustentável.

Figura 11 - Organograma representando elo entre diversos agentes envolvidos no setor da construção civil e os comportamentos desejados.



Fonte: CIB, 1999 apud SERRADOR, 2008.

Dessa forma torna-se considerável uma maior interação dos órgãos governamentais na determinação das ações sustentáveis, criando um elo entre todos os pertencentes à cadeia produtiva da construção civil e determinando objetivos a serem seguidos. E isto como demonstra o organograma, inclui também os usuários, que devem ser esclarecidos quanto aos novos procedimentos adotados, para que possam fazer escolhas e exigências, tornando-se os indicadores do processo.

3.2 Flexibilidade na arquitetura

A flexibilidade na arquitetura ganha valor e relevância quando se trata de uma resposta às necessidades de adaptação às mudanças tecnológicas, sociais e econômicas, sendo vista como uma opção de se trabalhar a sustentabilidade numa dimensão social.

Mesmo vinculadas à estratégias de ações sustentáveis, as discussões sobre o conceito de flexibilidade antecedem a estas. Na primeira metade do século XX surge como uma resposta à problemática da moradia das cidades, devido ao adensamento urbano nos grandes centros. As propostas construtivas promoveram a substituição das unidades unifamiliares pelas coletivas, incentivado por interesses econômicos de empresas imobiliárias da época.

Edifícios para habitação multifamiliar foram construídos como uma necessidade de alojar crescente número de habitantes que abandonavam as zonas rurais em busca de empregos nas indústrias que se firmavam nesses centros. Assim eram incluídas nas construções apenas características essenciais para facilitar as vendas. As construções desses edifícios eram realizadas sem um projeto arquitetônico, sem um planejamento adequado dos espaços, o que levou a serem considerados apenas construções. Não era debitado nenhum valor arquitetônico a esses edifícios (GALFETTI, 1997).

Foram adotadas propostas que consideravam um homem modelo com necessidades padrões e estatísticas, com a desvantagem de não responderem às expectativas do indivíduo como membro de uma sociedade que se modificava rapidamente (GALFETTI, 1997). A arquitetura moderna com o intuito de se questionar o existente, rompeu com essa tradição das construções de edifícios. Passou a discutir sobre a qualidade das moradias desses ambientes, principalmente com a falta do contato com clientes para a realização dos projetos personalizados.

Os arquitetos modernos no intuito de questionar o que existia até então, e a pensar uma proposta que atendesse às exigências dos indivíduos, trouxeram uma interrupção da forma de olhar o edifício de habitação multifamiliar. Começaram a se preocupar com soluções arquitetônicas que pudessem atender às necessidades dos moradores e que mudariam a forma de ver a habitação.

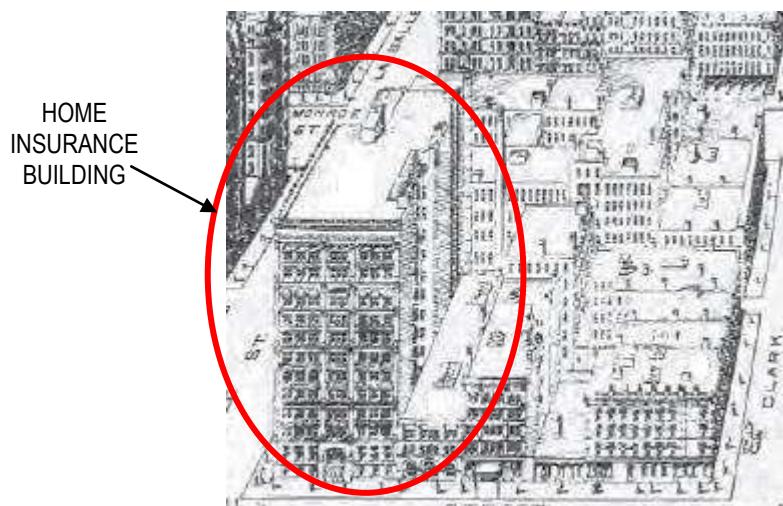
Os novos conhecimentos técnicos construtivos juntamente com o aprimoramento dos elementos já conhecidos da época, como o acréscimo de ferragens no concreto que disponibilizou às construções vencer grandes vãos, e o desenvolvimento de estruturas em esqueleto com a independência entre estrutura e paredes, contribuíram para que

esses profissionais pensassem espaços livres sem o uso de divisões internas fixas, permitindo a elaboração de propostas flexíveis.

O edifício Home Insurance Building de 1884, mostrado na Figura 12 pode ser dado como um exemplo da aplicação dessas novas técnicas. Projetado pelo arquiteto da Escola de Chicago, Le Baron Jenney, foi o primeiro edifício a ser construído utilizando o novo processo construtivo em estrutura de esqueleto (FINKELSTEIN, 2009).

Arquitetos da primeira metade do século XX como Le Corbusier, Mies Van der Rohe, Garret Rietveld, Louis Kahn e Pierre Chareau entre outros, foram pioneiros nos projetos de moradia coletiva e mesmo individual, com soluções que acompanhavam as exigências de uma sociedade que se mostrava em constante transformação, discutindo sobre a qualidade dessas moradias. Os hábitos e costumes alteravam-se de uma maneira muito rápida, no ritmo do crescimento das cidades e da evolução da sociedade industrial modificada diante das tecnologias que surgiam. Era um desafio para esses profissionais o uso das novas tecnologias e a mudança na forma de ver a moradia.

Figura 12 – Home Insurance Building.



Fonte: FINKELSTEIN, 2009.

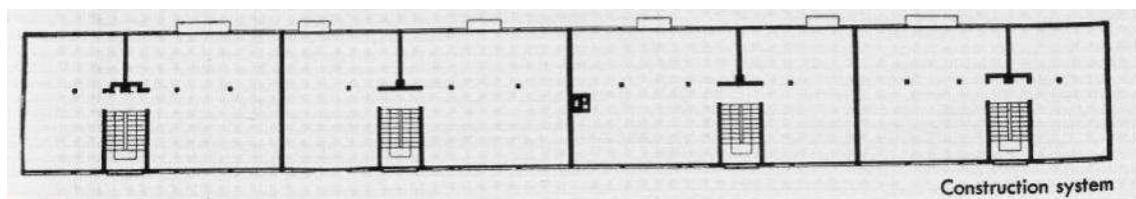
Não se pode esquecer que um lar é algo relacionado com a emoção, retratando aspectos da personalidade dos habitantes. Para Galfetti (1997), "a evolução da célula doméstica está mais relacionada com a evolução dos modos de vida" e os modos de habitar não acompanham essa evolução ficando aquém das exigências da realidade dos habitantes. A flexibilidade juntamente com o conceito de mobilidade, surge como mecanismo para compensar a distância entre o arquiteto e o futuro morador, possibilitando a este último

fazer alterações no seu ambiente doméstico conforme sua necessidade. Segundo Galfetti (1997) "é um grau de liberdade que possibilita modos de vida diversos."

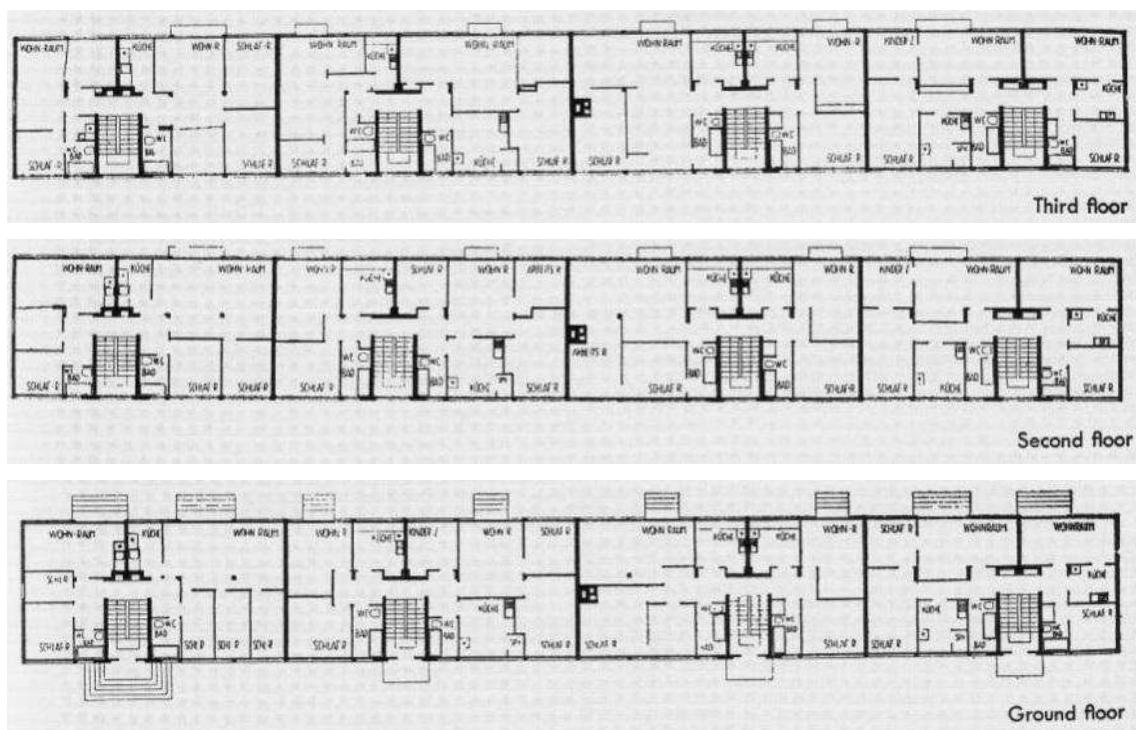
Os ambientes passaram a ser visto de maneira diferente. Os espaços que antes eram separados e isolados uns dos outros se integraram, ficando com a planta livre num conceito denominado de "flexibilidade funcional". Mies Van der Rohe em 1927 expressa esse conceito através do projeto do edifício de apartamentos *Weissenhofsiedlung* em Stuttgart, Alemanha. A planta-livre, é obtida através da estrutura simplificada e independente das paredes de vedação externa. A divisão interna acontece por painéis leves, móveis que permitem aos usuários alterarem fisicamente os espaços, em diferentes layouts (JORGE, 2012).

Figura 13- Plantas pavimento tipo do Edifício de apartamentos *Weissenhofsiedlung* em Stuttgart, Alemanha - Mies Van der Rohe, 1927.

a) Sistema construtivo adotado para todos os pavimentos - Planta livre.



b) Possibilidades de divisão dos ambientes partindo da planta livre.



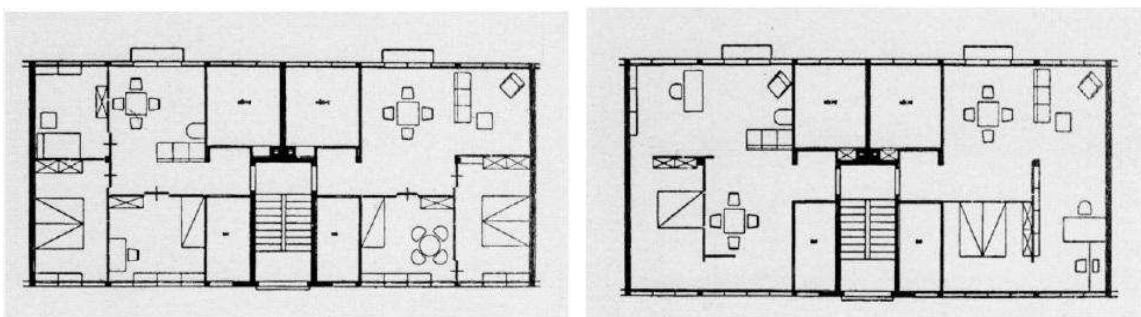
Fonte: FÖSTER, Wolfgang. Housing em the 20th and 21th centuries, 2006 apud JORGE, 2012.

Na Figura 13 é exemplificado, através dos pavimentos tipo do edifício, as várias formas de distribuição possível partindo de um sistema construtivo de planta livre e o uso de divisórias leves.

A utilização de elementos que permitam a compartimentação é uma das formas de se materializar a flexibilidade. Elementos como painéis e armários leves, pivotantes, retráteis, dobráveis, e até mesmo mobiliário são formas de dividir os ambientes, tornando-os multifuncionais, como realizado por Mies em seus projetos.

A união ou subdivisão depende das necessidades, temporárias ou não, de acordo com cada habitante ou família. Na Figura 14 pode ser observado além da variação de layout com o uso de divisórias a possibilidade de variação dos usos dos ambientes apenas com a disposição dos mobiliários.

Figura 14 - Plantas - Edifício de apartamento, *Weissenhofsiedlung* em Stuttgart, Alemanha. Mies Van der Rohe, 1927. Alteração de layout.



Fonte: SCHARTZ-CLAUSS, Mathias. Living in motion. Design and architecture for flexible dwelling, 2002 apud JORGE, 2012.

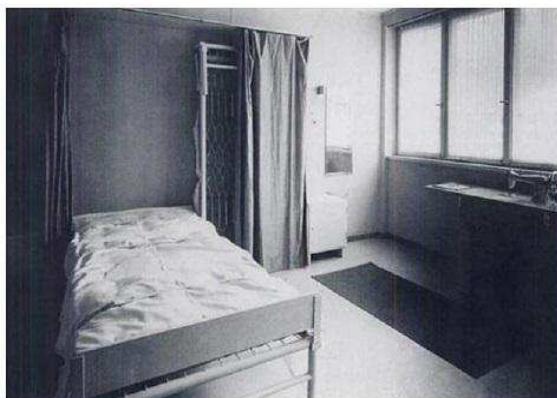
Galfetti (1997) cita a existência de dois tipos de flexibilidade: inicial e permanente. A inicial permite uma escolha do ambiente anterior à ocupação, através de apresentação de opções de layout, no qual o futuro habitante participa dessa escolha. Algumas construtoras apresentam opções de escolha do layout inicial, porém com a desvantagem de ser apenas inicial promovendo a geração de entulhos caso haja a necessidade de uma alteração posterior à ocupação.

A flexibilidade permanente permite a modificação com o tempo, sendo dividida em três conceitos: mobilidade, evolução e elasticidade. A evolução sugere uma modificação a longo prazo conforme há alterações nas necessidades da família. A elasticidade supõe a união de uma unidade habitacional a outras. A mobilidade exemplificada com as

imagens da Figura 15, implica em rápida modificação dos ambientes num mesmo dia através da utilização de mobiliários retráteis, painéis leves e pivotantes.

Figura 15 - Exemplo de mobiliário retrátil e utilização de painéis pivotantes para ambientes multifuncionais.

a) Walter Gropius, Frankfurt am Main, 1927. Exemplo de cama retrátil.



b) Smith-Miller & Hawkinson, Nova York, 1989. Exemplo de divisória pivotante e cama retrátil.



Fonte: JORGE, 2012.

Outro exemplo de flexibilidade permanente pode ser observado nos apartamentos do edifício Fukuoka no Japão, Figura 16, projetado pelo arquiteto Steven Holl. Baseado no conceito do fusuma japonês, utiliza de painéis móveis e giratórios que se dobram em função das necessidades do seu ocupante, podendo manipular os espaços diariamente (KRONENBURG, 2007).

Figura 16 - Exemplo de flexibilidade permanente. Edifício Fukuoka, Japão, 1989. Arquiteto Steven Holl.



Fonte: disponível em <www.stevenholl.com>.

Galfetti (1997) apresenta propostas considerando a divisão do ambiente em espaços de serviço ou espaço servido e espaço servente. A fixação de ambientes de serviços como cozinha, banheiros e equipamentos de circulação, permite liberar o restante dos espaços que se tornam neutros. Segundo o autor esta seria uma evolução do conceito de planta-livre de Mies, refletindo as modificações na forma de enxergar os espaços. Alguns ambientes são priorizados mais que outros conforme a relevância deste para o usuário.

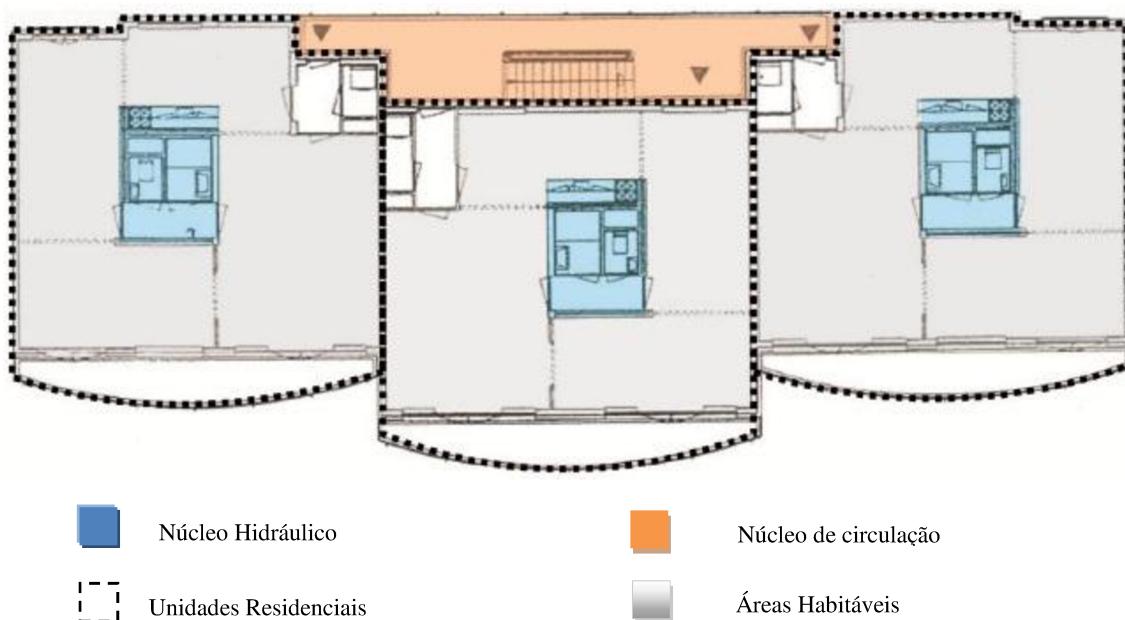
Jorge (2012) cita também esta forma de divisão dos espaços como uma diretriz inicial para o desenvolvimento de projetos que priorizem a flexibilidade organizacional. A localização das áreas de serviço e circulação em núcleos periféricos ou centrais, permite a liberação do restante da área do apartamento para espaços privativos. Estas zonas rígidas que podem estar relacionadas aos acessos horizontais e verticais das unidades, e também às necessidades primárias de higiene e de alimentação, dependem de uma estrutura fixa devido a instalações hidrossanitárias, elevadores e escadas.

Na Figura 17 é apresentado um exemplo de flexibilidade organizacional realizada no projeto do edifício residencial em Dapperbuurt, Amsterdã, Holanda. Os arquitetos Margret Duinker e Machiel Van der Torre separaram em ilhas centrais as áreas de serviço e ilhas periféricas a circulação de acesso às unidades, liberando um espaço neutro para a distribuição dos demais ambientes conforme as expectativas de cada usuário. Os painéis deslizantes são recolhidos no nicho central, podendo ser retirados conforme a necessidade de compartimentar ou isolar o ambiente.

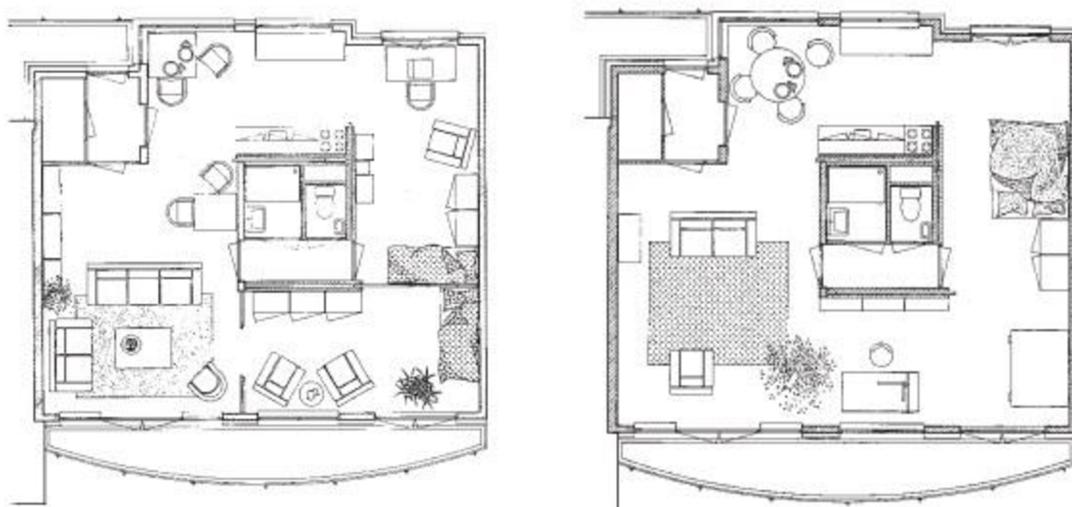
Os ensinamentos de Mies renderam vários outros projetos, que adotaram as soluções de flexibilidade organizacional, centralizando as instalações, circulação e equipamentos mecânicos, e liberando espaços na periferia dos ambientes (JORGE, 2012). Os edifícios de apartamento "Hegianwandweg", na Figura 18, em Zurique, Suíça, construído em 2003 pelo escritório de arquitetura EM2N Arquitetos, conta com a organização de nicho central de serviço, e zonas habitáveis neutras nas periferias. Utiliza do conceito de planta livre sem a existência de pilares na zona neutra. Permite usos diversificados de layout, com a utilização de painéis leves para a compartimentação quando necessária.

Figura 17 - Edifício residencial em Dapperbuurt, Amsterdã, Holanda. Projeto de Margret Duinker e Machiel Van der Torre, 1989.

- a) Pavimento tipo com indicação das ilhas centrais para áreas de serviços, ilhas periféricas para circulação com a liberação de espaços livres.

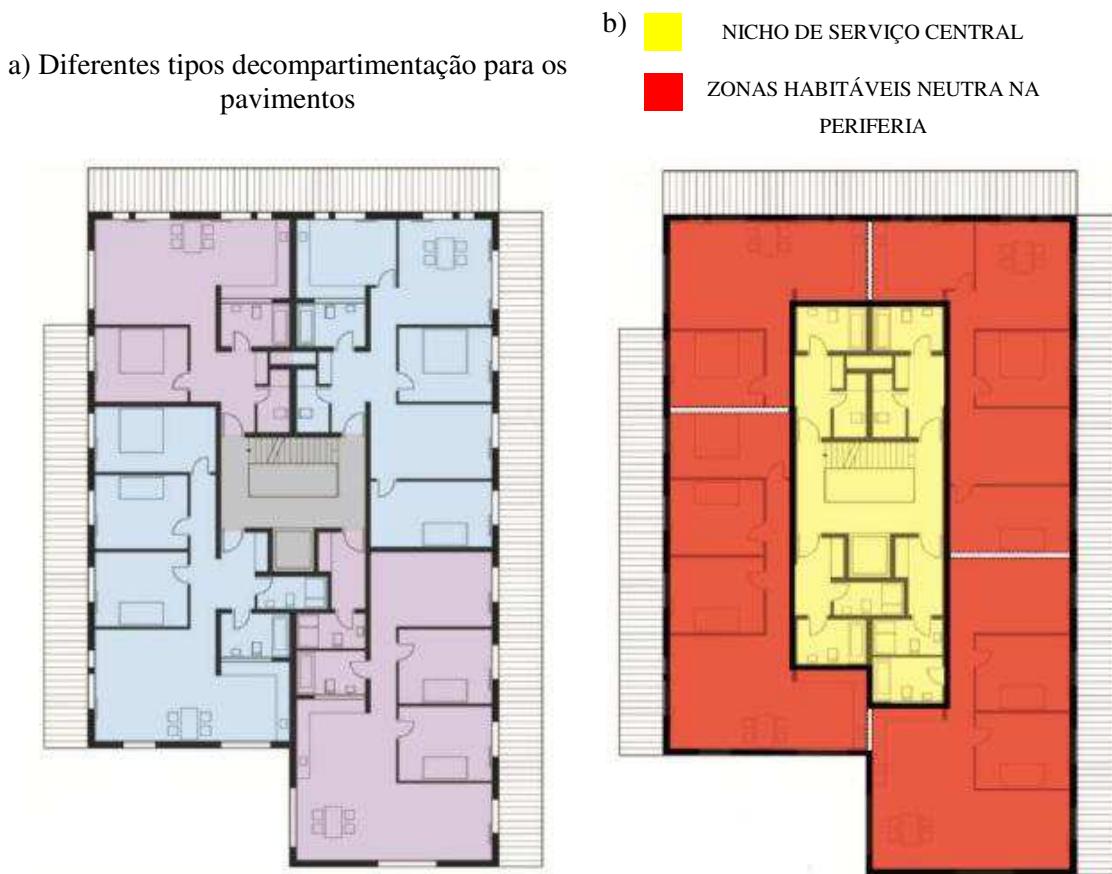


- b) Representação de dois apartamentos com as possibilidades de alteração de layouts devido à planta livre, e a compimentação devido às divisórias deslizantes acomodadas dentro das paredes da ilha central.



Fonte: Figuras: a) - Jorge (2012); b) - Disponível em <www.arquitecturavisual.tumblr.com/post/101923237729/dapperbuurt-duinker-van-ser-torre-architecten>

Figura 18 - Edifício de apartamentos "Hegianwandweg", Zurique, Suíça, 2003. Organização nuclear central, com espaços comuns de circulação e áreas molhadas.



Fonte: Jorge, 2012.

Na Figura 19 pode ser observado o espaço de planta livre e ampla, com destaque para a caixa de concreto onde encontra-se área molhada (cozinha e banheiros), a escada, elevador e circulação coletiva. A definição dos espaços podem ocorrer com a disposição do mobiliário, sem compartimentar, no estilo *loft*, ou utilizando divisórias leves com montagem a seco.

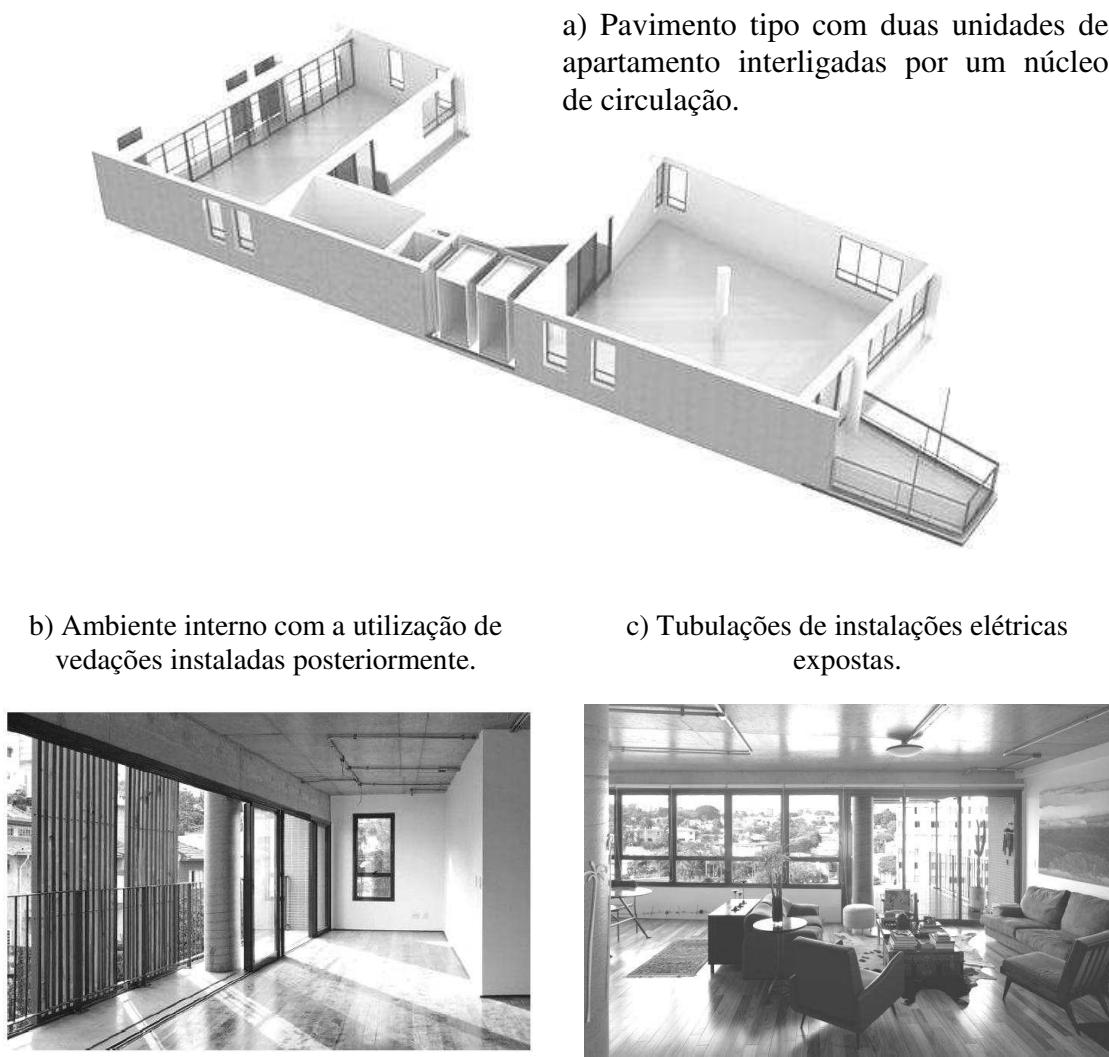
Figura 19 - Edifício de apartamentos "Hegianwandweg", Zurique, Suíça, 2003. Unidades de espaços livres e posterior colocação de painéis com montagem a seco.



Fonte: Jorge, 2012.

Outro exemplo da aplicação da flexibilidade organizacional é do edifício Simpatia 236, em São Paulo, realizado pelo escritório de arquitetura *Grupo SP*, sob a liderança do arquiteto Álvaro Puntoni. O edifício apresenta duas unidades de apartamentos por pavimento, sendo separadas por um núcleo de circulação vertical. A planta livre, conforme mostra a Figura 20, propicia um ambiente aberto, amplo, sem a existência de qualquer vedação interna, para organização posterior, conforme necessidade de cada morador. As tubulações de instalações hidrossanitárias ficam localizadas nos pilares de cada unidade, permitindo a manipulação posterior com total liberdade para a disposição e as tubulações de instalações elétricas são expostas para facilitar o remanejo dos ambientes.

Figura 20 - Edifício Simpatia 236, Vila Madalena, São Paulo, 2011.



Fonte: (a) e (b) Jorge, 2012; (c) disponível em:
www.ideazarvos.com.br/pt/empreendimento/simpatia-236.

A oferta de plantas livres, com espaços abertos, sem uma definição de função numa etapa de projeto, permite a exploração de propostas de flexibilidade e adaptabilidade. São vários os exemplos que exploraram o conceito de Mies Van der Rohe, permitindo uma flexibilidade organizacional através da criação de núcleos de serviço. E através da adoção de elementos que possam ser colocados ou retirados, como painéis leves e móveis, essa proposta de trabalho permite a evolução dos espaços conforme a adaptação da família ao seu modo de vida.

Ao longo do século XX arquitetos e profissionais relacionados à construção promoveram uma busca constante pela moradia ideal, priorizando a flexibilidade e a adaptabilidade. Para a solução da flexibilidade não é preciso uma tecnologia de ponta. São soluções simples que podem ser observadas e adaptadas às necessidades vigentes. Ressaltar a versatilidade da arquitetura pode influenciar a trajetória de uma obra ao longo de sua vida útil. Um espaço dinâmico conduz a um maior desempenho do edifício diante das alterações necessárias, evitando uma obsolescência da obra.

CAPITULO 4

SISTEMAS DE VEDAÇÃO

4.1 Sistemas de Vedação Vertical

Segundo a ABNT NBR 15575-4:2013 vedações verticais são partes de um sistema construtivo de edificações habitacionais que delimitam verticalmente os ambientes internos e externos, compartimentando esses ambientes e protegendo lateralmente contra a ação de agentes indesejáveis. As vedações podem ser internas e externas, apresentando características distintas entre elas, devidas as condições de exposição e as solicitações exigidas de cada.

A ABNT NBR 15575-4:2013, considera as vedações como sistemas que apresentam um “conjunto de elementos e componentes destinados a cumprir com uma macrofunção que define (exemplo: fundação, estrutura, vedações verticais, instalações hidrossanitárias, cobertura)”. Na Figura 21, pode ser observado através de um esquema, a formação do sistema construtivo adotado pela ABNT NBR 15575:2013.

Figura 21 - Esquema da definição de sistema construtivo conforme a ABNT NBR 15575:2013.

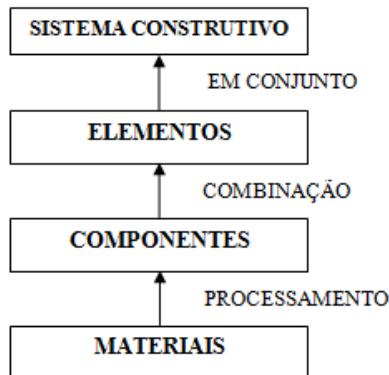


Fonte: Autora.

Os elementos são caracterizados como parte de um sistema com funções específicas, composto por um conjunto de componentes “com forma definida e destinada a cumprir funções específicas (exemplo: bloco alvenaria, telha, folha de porta)” (ABNT NBR 15575:2013). Por sua vez, os componentes advêm do processamento de materiais diversos, que sofreram transformação adquirindo características próprias para cada uso

(BARATA, 2008). Na Figura 22 é representado um esquema exemplificando a definição adotada quanto ao sistema construtivo de vedações.

Figura 22 – Esquema da definição de sistema construtivo.



Fonte: Autora.

Os sistemas de vedações verticais podem ser construídos através de materiais variados como alvenaria de blocos cerâmicos, bloco de concreto celular, placa pré-moldadas de cimento, "dry-wall" (ABNT NBR 11685:1990 - perfis de chapas de aço zinkado ou de madeira fechadas com placas de gesso acartonado, fixadas por parafusos), painéis de madeiras industrializadas, pau-a-pique, painéis de madeira serrada etc., variando conforme a condição social e cultural de cada região.

A racionalização na produção desses sistemas engloba vários benefícios a todo o processo uma vez que possui interface com outros sistemas como os sistemas estruturais e de piso. Por serem as vedações uma parte importante da sequência executiva da obra, o processo construtivo industrial ou semi-industrial possibilita maior grau de liberdade de montagem e acabamento, liberando frente para a execução de diversos outros serviços. Por processo construtivo, César (2002) usa da definição de Sabbatini (1989), como sendo um conjunto de métodos utilizados na construção dos sistemas construtivos.

Nas grandes e médias cidades, como é o caso da cidade de Uberlândia, ainda é predominante os processos construtivos artesanais na execução das vedações verticais das edificações. A utilização de blocos cerâmicos ou blocos de cimento assentados um a um com argamassa torna o processo lento e oneroso.

Há ainda uma falta de planejamento com relação à execução das vedações em alvenaria que favorece os retrabalhos, devido a erros de execução e às instalações elétricas e

hidráulicas, gerando um grande volume de entulhos. Conforme Sabbatini (2003, apud LIMA, 2012) esse sistema de vedações concentra o maior desperdício de materiais e mão de obra, sendo de 10% a 40% do custo total do edifício.

Lima (2012) concluiu em seu trabalho que as vedações verticais com componentes leves, como é o caso estudado de paredes em “drywall”, apresentam uma redução do peso sobre a estrutura de 80% em comparação às vedações em alvenaria. Isto representa 7,92% dos custos de execução considerando a mão de obra e material. Outras vantagens apresentadas por ele na utilização de componentes leves e pré-fabricados, estão na redução do volume de material transportado, facilidade na execução das instalações, alta produtividade, redução dos custos estruturais, facilidade de manutenção.

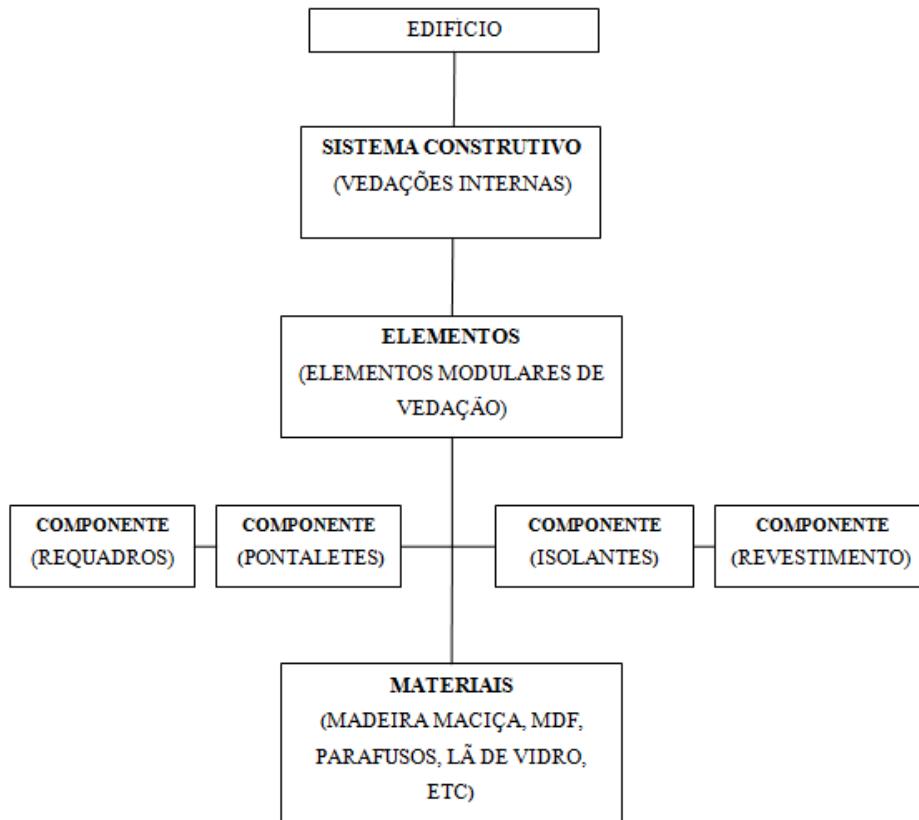
Baseado nesses dados pode-se considerar um resultado equivalente para painéis leves de madeira, que é o objeto de estudo e desenvolvimento deste trabalho.

4.2 Estruturações dos Sistemas de Vedação Vertical

No caso exemplificado na Figura 23 tem-se uma definição das partes constituintes das vedações verticais analisadas para esta pesquisa, cujo material principal é a madeira maciça de reflorestamento e seus derivados como MDF (*Medium Density Fiberoard*), compensado, e OSB (*Oriented Strand Board*). Os componentes são resultados do processamento dos materiais citados, formando peças individuais que unidas compõe os elementos de vedação. Tais elementos terão como característica principal a modulação e a flexibilidade de montagem, para a adequação do sistema a ambientes diversos.

O fluxograma permite visualizar com mais clareza a estruturação dos sistemas de vedação, assim como as definições corretas utilizadas para cada uma das partes que compõe todo o sistema.

Figura 23 – Fluxograma do subsistema de vedações, elementos, componentes e materiais, considerando as vedações verticais internas leves em madeira.



Fonte: Autora.

Barata (2008) apresenta conceito de elementos de vedação baseados no cadastro digital de sistemas construtivos para vedação do Laboratório de Sistemas Construtivos da Universidade de São Paulo (LABSISCON/FAU/USP) dividindo-os em:

1. quanto sua participação na estrutura do edifício
 - a) elementos de vedação estrutural;
 - b) elementos de vedação não estrutural;
2. quanto às características de estabilidade
 - a) elementos de vedação autoportantes
 - b) elementos de vedação não auto portantes
3. quanto à utilização em relação aos ambientes internos e externos
 - a) elementos de vedação externos
 - b) elementos de vedação internos
4. quanto aos critérios de mobilidade, flexibilidade, versatilidade, características de peso e dimensões e participação ou não na estrutura do edifício.
 - a) Elementos de vedação leves

-
- b) Elementos de vedação pesados estruturais
 - c) Elementos de vedação pesados não estruturais
 - d) Elementos de vedação estruturais de baixo peso

SABBATINI et al (1988, apud LIMA, 2012) classifica a vedação interna de uma forma mais específica dividindo em:

1. Capacidade de suporte:
 - a. Resistente – função de compartimentação e estrutural. Ex.: alvenaria estrutural;
 - b. autoportante – função de compartimentação. Ex.: vedação de gesso acartonado;
2. Mobilidade:
 - a. Fixa - não podem ser mobilizadas. Ex.: alvenaria em bloco cerâmico;
 - b. Desmontável – pode ser mobilizada para outro local, podendo ser desmontada sem sofrer degradação. Ex.: vedação de gesso acartonado;
 - c. Móvel – pode ser deslocada de um local para outro sem ser desmontada. Ex.: biombos;
3. Densidade:
 - a. Leves - densidade superficial inferior a 60 kg;
 - b. Pesadas – densidade superficial superior a 60 kg;
4. Técnica de execução:
 - a. por conformação - moldagem a úmido no local utilizando materiais com plasticidade obtida pela adição de água. Ex.: vedações com bloco cerâmicos;
 - b. por acoplamento a seco – montagem das vedações utilizando dispositivos como pregos, parafusos, rebites, cunhas e etc.
5. Estruturação:
 - a. auto-suporte-se sustenta sem a necessidade de estruturas complementares;
 - b. estruturada – há necessidade de estrutura complementar para suporte dos componentes de vedação;

Os elementos de vedação leve podem ainda ser classificadas em:

- a) Vedações leves móveis – facilmente desmontáveis e remontáveis em qualquer lugar da construção com base na mesma trama, sem prejuízo para seus componentes;

-
- b) Vedações leves semi-móveis – são elementos de vedação leve que podem ser desmontados e remontados dentro de certas restrições: as extremidades dos elementos e componentes não podem ser danificadas na operação; a ossatura do painel deve ser reutilizável, mas os revestimentos, geralmente são destruídos;

Assim adotando a classificação apresentadas será considerado para efeito de projeto para esta pesquisa, o sistema de vedação como elemento de vedação interno, leve, estruturada, auto-portante, com montagem por acoplamento a seco.

4.3 Industrialização e pré-fabricação

Para este trabalho será considerado para estudo o processo industrial mais especificamente a pré-fabricação como processo construtivo aberto, presente nos sistemas de vedação a seco. Conforme Berriel (2009) a flexibilidade como capacidade de rearranjo dos espaços e adequação às exigências dos usuários, são características de uma edificação com sistema construtivo aberto. Propicia a associação de diversos materiais que se complementam, e interagem num “diálogo construtivo” com outros sistemas existentes.

A industrialização é reconhecida pela produção de elementos idênticos e produzida de maneira seriada. No entanto há a necessidade de um planejamento para que possa ocorrer uma inter-relação das fases constituintes do processo. Devem ser consideradas as dimensões nominais dos elementos e tolerâncias dimensionais, evitando correções e perdas de materiais durante a montagem na obra. A precisão nos cortes é uma das vantagens da pré-fabricação que é obtido pelo emprego de máquinas automatizadas e pela repetição das tarefas pelos trabalhadores.

O processo construtivo industrializado é classificado em total e parcial. A pré-fabricação total consiste com a produção total da unidade habitacional na indústria. Somente alguns serviços como fundações, são executados no canteiro de obras. Na pré-fabricação parcial, componentes são produzidos separados na indústria e depois transportados na obra. O transporte e içamento nesses dois casos são de fundamental importância ao se planejar o produto a ser pré-fabricado visto que influenciam no resultado final do produto (JUNAC, 1984 apud KOKUBUN, 2014).

Outro fator a ser considerado na industrialização é quanto à coordenação modular. A adoção de uma coordenação modular facilita a integração entre elementos polivalentes resultando em uma diversidade de soluções construtivas (CÉSAR, 2002).

4.4 Coordenação Modular

A coordenação modular é considerada o princípio básico da industrialização, no qual ocorre a coordenação das medidas de elementos e componentes permitindo seu acoplamento por meio de simples montagem.

Como instrumento de projeto, a coordenação modular é baseada numa medida básica ou módulo e em alguns múltiplos inteiros ou fracionados dele. No Brasil tem-se várias normas relativas à modulação e a mais recente a ABNT NBR 5731:1982, que adota a relação decimétrica, ou módulo com medida de 10 cm. É representado universalmente pela letra “M”.

Na coordenação modular ocorre uma racionalização do processo mantendo a relação entre dimensões de componentes diferenciados e entre estes com os ambientes. Essa racionalização facilita e flexibiliza a combinação das medidas, resultando na redução de desperdícios e prazo de execução da obra, além de aumentar o rendimento da mão de obra (BERRIEL, 2011).

Observa-se a partir disso a necessidade de relacionar os projetos arquitetônicos com a coordenação modular. Unir arquitetos, construtores e fornecedores para manter uma linguagem única entre projeto, componentes e construção, como forma de manter uma proposta de racionalização da obra e por consequência uma proposta sustentável.

4.4.1 Sistema modular de medidas

No sistema modular de medida, baseado no módulo (M), os componentes deverão ocupar espaços entre planos do sistema de referência. Estes planos podem ser os espaços determinados por medidas dos multimódulos definidos pela fórmula $n \times M$, ou submódulos definidos como M/n , onde n é um número inteiro positivo.

Berriel (2011) define a Medida Modular de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1977) que considera a medida modular “igual a um módulo ou a um múltiplo inteiro do módulo de um componente, vão ou distância entre partes”. Considera as medidas de tolerância na fabricação incluindo as Medidas de Projeto de componentes e folga perimetral.

As Medidas de Projeto do componente (M_p_{comp}) são inferiores à medida modular. No cálculo considera-se para determinação da medida do componente, as tolerâncias de fabricação e juntas necessárias, como pode ser observado na Equação 1 da Medida de Projeto.

$$MP_{comp} = (x \cdot m) - 2 \cdot am$$

Equação 1

Onde:

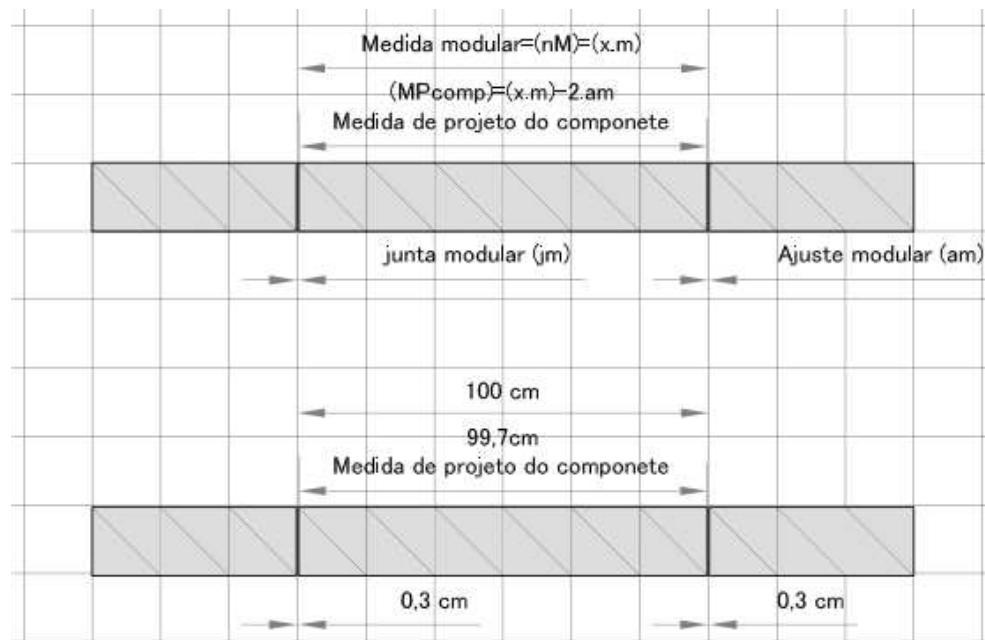
$x \cdot m$ = Medida Modular

am = ajuste modular

O ajuste modular (*am*) relaciona a Medida de Projeto do componente com a medida modular, considerando para cálculo limites dimensionais para ajuste na montagem sem danificar os elementos ou componentes. A junta modular (*jm*) prevê a distância entre as extremidades de componentes na montagem. Na Figura 24 é exemplificado através de desenho a Medida de Projeto do componente.

No projeto de painel proposto neste trabalho, considera como item importante a adoção de uma coordenação modular do conjunto relativo aos painéis, mas também a importância de se considerar a modulação do ambiente para haver a integração entre elementos pré-fabricados e arquitetura.

Figura 24 – Representação da Medida Modular e Medida de Projeto de componente



Fonte: Autora

4.5 Análise de requisitos de desempenho para Vedações Verticais

A ABNT NBR 15575:2013 é uma norma que trata do desempenho dos edifícios habitacionais.

Define como desempenho o “comportamento em uso” de um sistema independentemente dos seus materiais constituintes. O edifício deve apresentar certas propriedades para cumprir a função proposta durante sua vida útil, sendo influenciado pelas condições de exposição e sujeito a determinadas influências ou ações diversas.

Para isso foram consideradas as seguintes questões para a organização da norma:

- Existência de distintas classes de edifícios;
- Exigência dos usuários;
- Possibilidade de se avaliar o sistema construtivo completo;
- Compatibilidade com normas existentes e a desenvolver;

A Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais, ABNT NBR 15575:2013, está em vigor desde julho de 2013, estando os projetos a partir desse período, obrigados a atender às exigências de desempenho contidas na norma.

Atribui responsabilidades para incorporadores, construtores, projetistas e usuários, estabelecendo exigências de conforto e segurança em imóveis habitacionais. Estabelece requisitos, critérios e métodos para avaliação do desempenho de sistemas garantindo qualidade após conclusão da edificação e também durante sua vida útil (NETO et al, 2013).

O desempenho enquanto comportamento em uso de uma edificação e seus sistemas sob um conjunto de ações atuantes pode estar englobado dentro de três conceitos:

- Requisitos de desempenho – condições qualitativas dos atributos das edificações;
- Critérios de desempenho – especificações quantitativas dos requisitos de desempenho; devem ser mensuráveis;
- Especificações de desempenho – conjunto de requisitos e critérios estabelecidos para a edificação, em decorrência das funções requeridas;

A ABNT NBR 15575:2013 é dividida em partes sendo a Parte 4, responsável pelos Sistemas de Vedação Verticais externas e internos. Apresenta como requisitos a serem seguidos para verificação do desempenho:

- Segurança estrutural;
- Segurança em relação ao incêndio;

-
- Segurança quanto ao uso e ocupação;
 - Segurança quanto à estanqueidade e durabilidade;
 - Manutenibilidade;
 - Saúde;
 - Funcionalidade;
 - Conforto Antropodinâmico;
 - Adequação ambiental;

Conforme a ABNT NBR 15575-4: 2013, entende-se por requisito de segurança estrutural “a estabilidade e resistência estrutural dos sistemas de vedações verticais internas e externas”. Os requisitos de deslocamentos, fissuração e descolamentos asseguram o livre funcionamento de elementos e componentes do edifício. Prevê um esforço auto-portante dos painéis, a ação de esforços relativos ao peso próprio dos componentes e às forças horizontais provenientes de impactos (CESAR, 2002).

Na solicitação de cargas provenientes de peças suspensas atuantes nos sistemas de vedação, estas devem resistir à ação de cargas aplicadas excentricamente em relação à face da vedação sem apresentar fissuras, deslocamentos horizontais instantâneos ou deslocamentos horizontais residuais, lascamentos ou rupturas, e nem mesmo o arrancamento dos dispositivos de fixação (ABNT NBR 15575-4:2013).

Conforme os critérios para avaliação de desempenho para impacto de corpo mole, as vedações não devem sofrer ruptura ou instabilidade a impactos com energias correspondentes a 360J ou 120J para vedações sem função estrutural.

Os métodos de ensaios são de acordo com a ABNT NBR 11675: 1990 permitindo-se que as medições dos deslocamentos possam ser feitas com extensômetros, paquímetros, réguas equipamentos semelhantes (ABNT NBR 15575-4: 2013). A segurança a intrusões é garantida pela resistência do próprio material (madeira), pelo tipo de emenda das peças e pelo sistema de fixação das peças.

Na segurança contra incêndio as vedações devem dificultar a ocorrência de inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio; dificultar a propagação do incêndio e facilitar a fuga dos usuários. Para isso é recomendado o uso de materiais para revestimento que sejam incombustíveis.

Na madeira, o uso de revestimentos, tintas e tratamentos à pressão melhoram as propriedades da madeira e a proteção inicial contra incêndio. Pinto (2001) ressalta a

importância da utilização de recursos que possibilitem a prevenção e proteção contra incêndio na fase de projeto.

Alguns países como Canadá, Japão, Reino Unido, Nova Zelândia, Austrália e Holanda adotam regulamentações baseadas no desempenho dos materiais. Pinto (2001) destaca códigos de edificações dos países citados como o *National Building Code of Canada* (NBCC) que regulamenta o uso da madeira através de dois sistemas: sistema entramado e construção de madeira maciça.

O sistema entramado permite a combinação de diversos materiais com propriedades isolantes além de ser recomendada a utilização de dispositivo corta-fogo e barreiras físicas que promovam a resistência conta o fogo de 45 minutos até 2 horas.

No sistema de madeira maciça, são exigidas dimensões mínimas nas peças de madeira usadas, além de consideração em projeto da minimização de frestas entre os elementos construtivos evitando o contato das superfícies dos encaixes com o fogo.

O código exige que seja garantida a estanqueidade das junções das extremidades das paredes com o piso e com o teto para que não haja passagem de fumaça e calor de um compartimento para outro.

Na Austrália o código construtivo utiliza o *Fire Resistance Level* (FRL) ou nível de resistência ao fogo. O código é definido pelo tempo em minutos que um elemento construtivo resistente ao fogo mantém sua estabilidade, estanqueidade e isolamento térmico.

No Brasil não existe um código construtivo específico para proteção contra incêndio. No entanto podem ser utilizados os códigos citados para a realização de projetos utilizando materiais corta fogo que dificultem a ocorrência de inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio, e dificultem a propagação do incêndio além facilitar a fuga dos usuários. Para tanto existem produtos no mercado de proteção contra fogo que podem ser utilizados como respostas aos critérios exigidos em norma e nos códigos citados (ANEXO B).

Os critérios adotados para desempenho quanto ao conforto acústico consideram a necessidade de isolamento do som entre unidades condominiais distintas e entre as dependências de uma mesma unidade. A avaliação deve utilizar os métodos descritos na ISO 140-4:1998 e na ISO 10052.

A ABNT NBR 15575-4: 2013 considera a necessidade das vedações apresentarem vida útil igual ou superior às estipuladas na norma e serem submetidas a manutenções

preventivas e corretivas conforme informações do fornecedor do produto. Cita como premissas de projeto:

- Recomendações gerais para prevenção de falhas e acidentes decorrentes de utilização inadequada;
- Orientações de periodicidade e forma de inspeções;
- Orientações de periodicidade e forma de manutenção;
- Técnicas, processos, equipamentos, especificações e previsão de todos os materiais necessários para as diferentes modalidades de manutenção;
- Menção às normas aplicadas;

A funcionalidade está relacionada com o acoplamento de portas, suas ligações e vinculações, resistindo à ação de fechamentos bruscos das mesmas sem apresentar rupturas, fissurações, destacamentos no encontro com o marco, cisalhamento nas regiões de solidarização do marco. Para avaliação quanto ao fechamento brusco, o método de ensaio deve seguir a ABNT NBR 8054: 1983; para resistência a impactos de corpo mole deve seguir a ABNT NBR 8051: 1983 ou ABNT NBR 11675: 1990.

A durabilidade está relacionada com a capacidade de todo o conjunto resistir á degradação por agentes biológicos e xilófagos. Uma das maneiras de conseguir este controle é através de aplicação de produtos preservativos além de tratamento químico com a impregnação de substâncias fungicidas, inseticidas e hidrorepelentes.

Tais substâncias possuem o uso questionável por conta da ação nociva à saúde humana e riscos de contaminação ambiental. Porém seu uso ainda é essencial para garantir maior durabilidade às madeiras, principalmente madeiras de reflorestamento que são mais suscetíveis à biodegradação.

Essa situação de fragilidade se deve a vários fatores como o crescimento acelerado, maior proporção de alburno, baixa densidade e peso específico e grande espessura dos anéis de crescimento. Pelo mesmo motivo garantem elevada impregnação das substâncias preservativas (GAVA, 2005).

Gava (2005) baseada em Benevente (1995) relaciona quatro fatores para garantir a durabilidade da madeira, sendo eles:

- Qualidade do material, preservativo e acabamentos;
- Qualidade do projeto – conhecer possibilidades técnicas do material;
- Qualidade do trabalho;
- Qualidade, periodicidade e abrangência da manutenção;

Para se conseguir qualidade da madeira devem ser consideradas todas as etapas desde a extração, secagem, armazenamento e disposições construtivas. Ressalta-se a importância na melhoria nos processos dentro das próprias serrarias para se conseguir um produto de melhor qualidade e o tratamento preservativo após todas as operações de usinagem. É importante adotar também cuidados na etapa de projeto, criando condições de manutenção e substituição de peças.

O conforto visual depende de fatores sócio-culturais que estão vinculados à aceitação do mercado. A proposta de acabamentos diferenciados está vinculada ao conceito do painel de vedação, buscando também a substituição visual das alvenarias de blocos cerâmicos e de concreto, sendo uma preocupação as emendas entre painéis e entre a estrutura do edifício (CÉSAR, 2002).

Trabalhar materiais diferentes entra numa proposta de ser reforçar a aceitação de suas características visuais. Exige um trabalho dos profissionais envolvidos para explorar e desenvolver conceitos relacionados à teoria de ressaltar as qualidades visuais do material agregando valores às suas características, contribuindo para a aceitação pelo mercado.

Outro tópico a ser trabalhado é com relação à economia vinculada aos custos de produção e manutenção dos componentes, aos aspectos socioeconômicos dos usuários e às características do local. Gava (2005) considera que ao se produzir um componente deve-se ter em conta o tipo de material a ser usado, considerando qualidade, disponibilidade local dos materiais, capacidade e qualidade da mão de obra e a capacidade de se produzir nas proximidades.

Todos estes itens influenciam diretamente no custo final de produção, sendo de suma importância na confecção de componentes para a construção civil, principalmente diante do cenário atual que apresenta o país, no qual as construtoras buscam soluções inovadoras que reduzam custos finais da obra. Segundo Gava (2005) a facilidade de acesso aos materiais, capacitação e qualificação da mão de obra, são pontos primordiais ao bom desempenho de um produto.

O transporte dentro da obra influencia no tempo de execução e custos de maquinários. As dimensões e pesos devem ser trabalhados para facilitar o carregamento, agilizando o deslocamento no canteiro de obras, assim como a rapidez na montagem.

Para efeito de projeto serão considerados os requisitos citados na norma para a resolução do elemento a ser proposto buscando uma vida útil prolongada, a redução do tempo de construção, dimensões que facilitem o transporte e montagem, e que mantenha

um conforto visual garantindo uma aceitação pelo mercado. Os ensaios e testes deverão ser realizados em uma outra fase, após a conclusão desta pesquisa, uma vez que o objetivo é de apresentar uma proposta de projeto de painel e sua viabilidade construtiva.

4.6 Sistemas de pré-fabricação em madeira

Baseado em Gotz (1987) Barata (2008) classifica os painéis pré-fabricados, dividindo-os quanto à função:

- Painéis portantes de pequenas dimensões (largura de 1,00m a 1,20m);
- Painéis portantes de grandes dimensões (largura de até 10,0m);
- Painéis portantes de grandes dimensões acoplados entre si;
- Painéis não portantes de pequenas dimensões;
- Painéis não portantes de grandes dimensões;

Para efeito deste trabalho será considerada para análise apenas os painéis portantes de pequena dimensão, com largura de 1,00 m a 1,20 m.

4.6.1 Sistemas de painéis portantes de pequenas dimensões

Nos sistemas que empregam painéis de pequena dimensão, com largura variando entre 1,00 m e 1,20 m, deve ser considerada a fácil manipulação desses elementos na produção, considerando a necessidade de serem erguidos sem a operação de equipamentos de içamento. O projeto deve considerar a coordenação modular, o que sugere padronizar as dimensões na divisão dos módulos (BARATA, 2008).

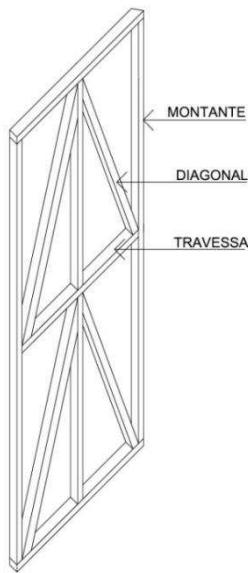
A padronização dos componentes dentro de uma linha de montagem mais organizada se caracteriza em um sistema racionalizado reduzindo custos e melhorando qualidade final do produto (SILVA e INO, 2009). A pré-fabricação, como sistema industrializado, permite vários níveis de mecanização, variando de uma produção mais artesanal, com uso de ferramentas e técnicas manuais, até equipamentos automatizados permitindo produção em série (SILVA e INO, 2008; BARATA, 2008).

4.6.1.1 Elementos constituintes da estrutura dos painéis de vedação

Os elementos constituintes da estrutura dos painéis de vedação são responsáveis por receber as cargas estáticas e dinâmicas a que são submetidos os painéis, promovendo a resistência necessária à ação dessas cargas. Devem também suportar os revestimentos internos e externos, e os componentes de abertura que são fixados no entramado (BARATA, 2008).

Os painéis são compostos de montantes, travessas, diagonais e frechais em madeira maciça, que dão ao sistema característica de auto-portante, que podem ser observados na Figura 25.

Figura 25 – Esquema montagem da estrutura de um painel.



Fonte: Autora

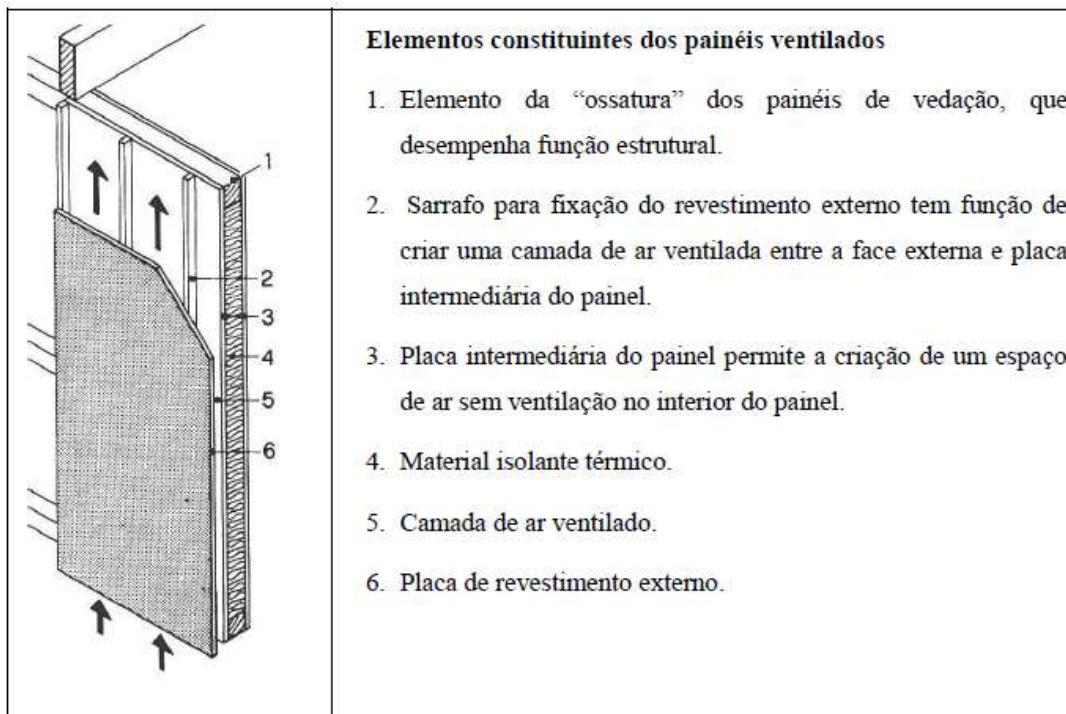
O contraventamento pode ser feito por diagonais, contraplacados ou chapas de derivados de madeira. O material isolante é colocado entre os revestimentos laterais que colados ou pregados na estrutura de montantes que servem de apoio para os componentes de abertura.

Para a finalização do processo, os painéis devem ser unidos entre si através de elementos de ligação que garantam qualidade e segurança no processo, formando o sistema de vedação como mostra na Figura 26 (BARATA, 2008).

Como elementos não estruturais, os painéis não têm a função de transmitir esforços verticais para as fundações e a solicitação por ações horizontais são absorvidas pelos materiais utilizados para os revestimentos.

A fixação dos componentes de que são constituídos os painéis, pode ser realizada por ligações pregadas, aparafusadas, coladas ou com auxílio de conectores metálicos como observado na Figura 27.

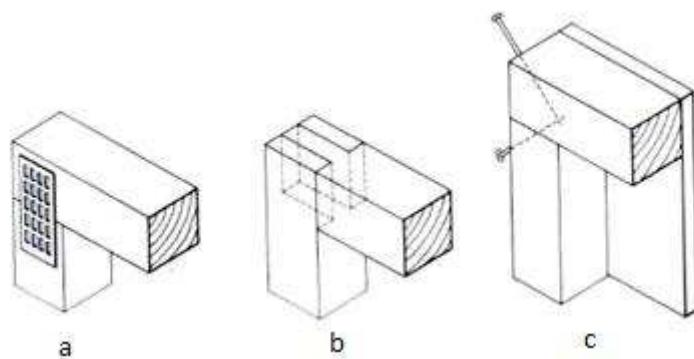
Figura 26 – Esquema do painel e seus elementos constituintes.



Fonte: GOTZ, 1987 apud BARATA, 2008.

Para a elaboração do projeto devem ser consideradas as dimensões dos materiais de revestimento como as chapas de madeira processada, gesso acartonado ou outro material a ser especificado, para a definição de dimensões dos painéis.

Figura 27 – Esquema de tipos de ligação: a – conectores metálicos; b – elementos encaixados/colados; c – elementos pregados.



Fonte: GOTZ (1987) apud BARATA (2008).

Barata (2008) ao fazer definições dos elementos constituintes do painel, baseia-se em Gotz (1987) e Holzapfel(1987) que os determina pelas funções e posições na montagem como citado abaixo:

1. **Pé-direito ou montante** – elemento vertical que transmite cargas verticais para travessa, e também utilizados para fixação dos revestimentos;
2. **Travessa, soleira ou frechal inferior** – elemento horizontal que faz ligação dos montantes na parte inferior do requadro, transferindo as cargas para a fundação;
3. **Travessa, soleira ou frechal superior** - elemento horizontal que faz ligação dos montantes na parte superior do requadro;
4. **Diagonais** – elementos inclinados com função estrutural transmitem as cargas horizontais (ação do vento e movimentos sísmicos) no sentido do plano do quadro;
5. **Corta-fogo ou travessas secundárias** – elemento que evita o deslocamento dos montantes verticais, serve para a fixação dos revestimentos e devido à formação de compartimentos estanques, evita a propagação do fogo.
6. **Sobre-soleira ou cinta de amarração** –amarra todo o conjunto de elementos da estrutura do painel, sendo posicionado acima das soleiras superiores. Contribui na absorção da flexão lateral e excentricidade das cargas em relação aos montantes verticais.

4.7 Panorama tecnológico da construção

Tem-se observado uma tendência das empresas do setor da construção civil em executarem obras em regime de linha de produção, otimizando o processo de construção através do treinamento de uma equipe de profissionais e a determinação da execução de tarefas conforme um cronograma (CÉSAR, 2002).

Essa racionalização dentro do canteiro abre perspectivas para um novo momento da indústria da construção civil, demandando um maior desenvolvimento de pesquisas com foco nas inovações tecnológicas e padronização da construção, que visam principalmente à redução de custos (Id., 2002).

A busca na simplificação dos processos construtivos coloca a utilização da madeira, enquanto componente pré-fabricado, como uma boa opção a ser explorada, uma vez que segundo CAMPOS (2000, apud BARATA, 2008, p.72) “a madeira possui características e um contexto produtivo determinante para sua utilização na confecção de componentes, elementos e sistemas construtivos” como as propriedades físicas e

mecânicas adequadas, a grande oferta de produtos, versatilidade de utilização e custo compatível com outros materiais.

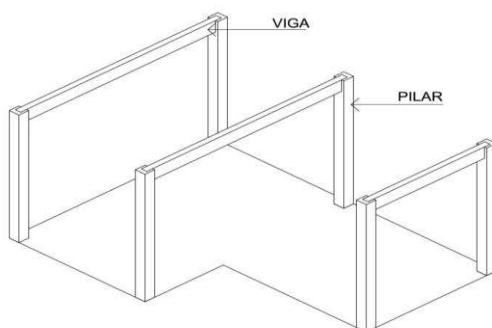
A pré-fabricação com controle de qualidade em todo o processo atende mais satisfatoriamente os desejos dos consumidores e empresas produtoras. A racionalização não deve ocorrer somente dentro do canteiro de obras, mas também na própria fabricação dos componentes. As etapas da pré-fabricação devem ser iniciadas após planejamento que mantenha o fluxo contínuo de suprimentos na linha de produção, o que garante não só um controle produtivo como também o controle de qualidade do produto. O acompanhamento deve ser sistemático garantindo o suprimento da madeira bruta e o pré-corte de peças. O local de produção deve ser adequado, possuindo equipamentos e bancadas de produção adequadas (BARATA, 2008).

Há uma necessidade de aprofundar as pesquisas com relação à concepção de projetos, processos produtivos, durabilidade, desempenho estrutural e térmico dos painéis de vedação, uma vez que ainda não existe uma tradição no Brasil quanto ao uso da madeira como elemento de vedação. A madeira e seus derivados possuem características mecânicas e térmicas que permitem uma boa resposta aos requisitos de desempenho, e uma maior exploração quanto ao seu uso na construção civil, torna-a cada vez mais eficiente (Id.,2008).

Ainda segundo as definições de SILVA e INO (2009) existem poucas alternativas tecnológicas inovadoras na produção recente de habitações em madeira, entre elas podem ser citadas:

1. Sistema Viga-Pilar (Figura 28)

Figura 28- Sistema Viga-pilar.

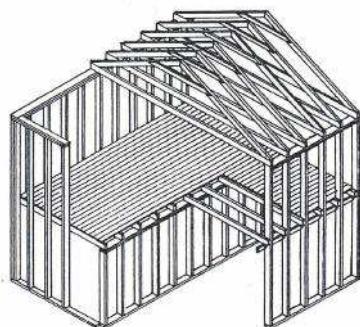


Fonte: Autora

- a. Peças com maior seção transversal vencendo grandes vãos;
- b. Componentes podem ser executados no canteiro;

- c. Compatibilidade com diferentes subsistemas de vedação;
 - d. Fácil adaptação a diferentes terrenos;
2. Sistema entramado
- a. Peças com pequena seção transversal e reduzida distância entre si;
 - b. Na Europa é considerado evolução do sistema de troncos encaixados;
 - c. Sistema leve com paredes formadas por vazios internos:
 - i. Balloon frame – emprega montantes que ultrapassam a altura de um pé-direito (Figura 29);

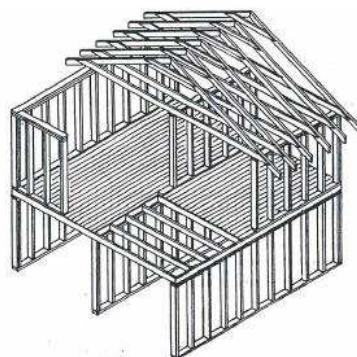
Figura 29 – Esquema Sistema Balloon Frame.



Fonte: Junta Del Acuerdo de Cartagena, 1984 apud SILVA e INO (2009).

- ii. Plataform frame – consiste em uma plataforma de piso com paredes estruturais fixadas sobre estes (Figura 30);

Figura 30 – Esquema Sistema Plataforma.



Fonte: Junta Del Acuerdo de Cartagena, 1984 apud SILVA e INO (2009).

3. Sistema de painéis (Figura 31)

- a. Estruturais ou não;
- b. Rapidez construtiva, pré-fabricação ou industrialização;
- c. Quando estruturais possuem também função de vedação;
- d. Podem compor sistemas de pilar-viga;
- e. Brasil – pouco empregado como solução permanente;
- f. Mercado interno utiliza de divisórias internas com painéis derivados;

Figura 31 – Sistema de Painéis.



Fonte: El futuro com la construcción con madera.

4. Sistema de troncos encaixados (Figura 32)

- a. Comum em regiões de clima frio;
- b. Baixo desenvolvimento tecnológico;
- c. Alto consumo de toras de madeira;
- d. As peças retangulares são evolução do sistema de peças roliças;

Figura 32 – Sistema tronco encaixado.

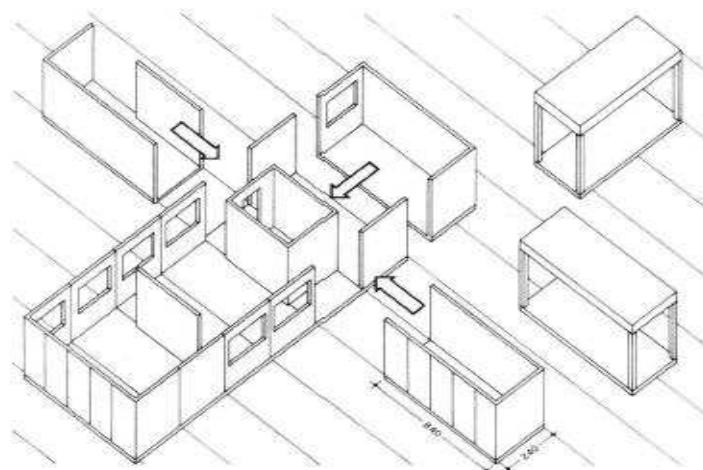


Fonte: SILVA e INO, 2009.

5. Sistema de células tridimensionais (Figura 33)

- a. Maior nível de industrialização;
- b. Maior controle da qualidade e controle tecnológico;
- c. Dificuldade no transporte e rigidez;
- d. Custo final alto devido a elevada capacitação da mão de obra e mecanização de equipamentos;

Figura 33–Sistema tridimensional.



Fonte: GOTZ, 1987 apud BARATA, 2008.

4.8 Características, Potencialidades e Limitações da Madeira

A madeira apresenta características que a tornam vantajosa para o uso na construção civil, como sua resistência mecânica, baixo peso em relação à alta resistência e pouco consumo energético em sua produção. As florestas de *Eucaliptus* e *Pinus* apresentam a vantagem de serem espécies de rápido crescimento, e com isso tem-se procurado cada vez mais desenvolver espécies que apresentem uma melhora em suas características físicas e mecânicas como a obtenção de tronco mais retilíneo com menor número de nós.

Conforme cita César (2002) como resistência mecânica da madeira podem ser consideradas:

- Resistência à compressão paralela e normal às fibras;
- Flexão estática e dinâmica;
- Resistência ao cisalhamento;
- Resistência à tração normal e paralela às fibras;
- Resistência ao choque;
- Dureza;
- Rigidez;
- Elasticidade;
- Relação resistência – fogo;
- Módulo de elasticidade

Ainda segundo César (2002) baseado em Silva (2000a), as características físicas podem ser as citadas:

- Estabilidade;
- Resistência a rachaduras;
- Empenamento;
- Contração radial, longitudinal e volumétrica;
- Resistência ao fogo, álcalis e ácidos;
- Permeabilidade à água e a vapores;
- Durabilidade relativa à degradação por ataques de agentes biológicos e insetos;
- Capacidade de segurar parafusos e pregos;
- Absorção de água;
- Corrosão de metais;

-
- Densidade;
 - Disposição das fibras ao longo do tronco;

Tais características como a umidade, densidade e direção das fibras, influenciam o produto final em madeira maciça assim como também na qualidade das chapas de madeira reconstituídas.

4.9 Fatores que influenciam no processamento da madeira

Ao fazer um projeto arquitetônico devem-se englobar vários aspectos relacionados ao projeto, não somente uma apresentação gráfica, especificações e detalhes construtivos. Deve ser avaliado também todo o processo produtivo, no qual são considerados os aspectos limitadores do processo transformando-os em variáveis na busca da formulação de soluções (BARATA, 2008).

Assim ao ser realizado um projeto para Painéis de vedação de madeira devem ser considerados aspectos limitadores de toda a cadeia produtiva da construção em madeira que se inicia com a derrubada da árvore e sua retirada da floresta, beneficiamentos primários e secundários, secagem, pré-fabricação e montagem em canteiros de obras. O beneficiamento dos componentes e peças de madeira deve obedecer a critérios específicos para corte, desdobro armazenamento, tratamento e secagem, influenciando diretamente nas condições do material e seu desempenho (BARATA, 2008).

Diante dessa condição podem ser citadas recomendações realizadas por Ino (1997, apud BARATA, 2008) para controle de durabilidade nas etapas de produção da edificação, observadas na Figura 34.

Conforme cita Barata (2008), Bittencourt (1995) coloca como aspecto a ser considerado ao se fazer o beneficiamento dos componentes de madeira a sua composição como estrutura, direção das fibras, composição química e variação dimensional. Tais composições juntamente com suas características físicas e mecânicas (resistência à tração, à compressão e à flexão), influenciam na sua trabalhabilidade.

Consideram-se como processamento todas as etapas produtivas a serem percorridas pela madeira até a transformação em produto final e, usinagem toda a operação mecânica pela qual se dá forma na fabricação de um produto. O beneficiamento pode ser entendido como uma forma de processamento com objetivo de reparar ou melhorar as condições naturais do material, tornando-o satisfatório ao uso (BARATA, 2008). Assim a secagem é uma forma de beneficiar a madeira, adotando-se critérios específicos ao custo, espécie, disponibilidade de tempo, tecnologia e dimensões das peças.

Figura 34 - Recomendação para garantir o controle de durabilidade nas etapas de produção da edificação.

ETAPA	RECOMENDAÇÕES
1- FLORESTA	Cortes e retiradas nos meses mais secos
2 - SERRARIA	Após o desdobro a madeira deve seguir para etapa de secagem para atingir teor de umidade entre 12% e 18%
3 - ARMAZENAMENTO	manter as peças distantes de chão, lugar coberto e bem ventilado, entabilar e obedecer as normas de armazenamento
4 - BENEFICIAMENTO	Deve-se garantir precisão nas dimensões da peça e qualidade no acabamento através do controle na regulagem das máquinas, inspeção no término de cada processo e adequada afiação do ferramental
5 - TRATAMENTO	após a usinagem fazer tratamento segundo classes de risco; submeter aos cuidados
6 - PRÉ-FABRICAÇÃO	Peças devem ser selecionadas conforme especificações de projeto; tolerância de projeto deve ser considerada
7 - CANTEIRO	Componentes usinados, codificados e pré-fabricados montados de acordo com especificações de execução com controle de esquadro, prumo e ajuste dentro das tolerâncias dimensionais admitidas em projeto
8 - ACABAMENTO	Receber tratamento preservativo e pintura stain que protege a superfície sem formar filme e que proporciona manutenção simples
9 - USO E MANUTENÇÃO	Pintura periódica, cuidados com uso excessivo de água, verificar pontos de infiltração de umidade

Fonte: Ino, 1997 apud Barata, 2008.

Ainda baseado nas citações de Bittencourt (1995), Barata (2008) faz considerações com relação ao grau de umidade das peças de madeira ao ser realizada a usinagem. Por ser um material anisotrópico sofre variações significativas nas três direções (axial, radial e tangencial), o que influencia bastante na qualidade final da pré-fabricação. Esse controle da umidade pode ser feito de forma natural com secagem ao tempo e artificial com secagem em estufas controladas. A umidade em madeira maciça deve estar entre 8% e 15% e nos derivados em torno de 6% segundo cita Barata (2008).

Outro fator que interfere no processo de produção e característica do produto final é a densidade que pode variar entre $0,2 \text{ g/cm}^3$ a $1,2 \text{ g/cm}^3$, para o caso das madeiras de interesse comercial. A direção das fibras, assim como a textura, porosidade e a coloração natural também influenciam no acabamento final do produto (CÉSAR, 2002).

4.10 Variedade de madeira maciça e seus derivados

A madeiras maciça e seus derivados hoje no mercado, pode ser definida em:

- Madeira maciça nativa serrada;
- Madeira maciça de reflorestamento: serrada e roliça;
- Madeira aglomerada;

-
- Madeira compensada;
 - MDF;
 - OSB;
 - Compósitos Madeira-Cimento

As chapas de madeira processada como o MDF, aglomerado, OSB, são produzidas a partir da madeira reconstituída. Os troncos das árvores são transformados em lâminas, cavacos, partículas, fibras e sarrafos utilizados conforme o produto final que se deseja. Segundo Barata (2008) a contribuição desses materiais à sociedade é importante enquanto se considera a busca de desenvolvimento sustentável. Suas principais características enquanto produtos sustentáveis são:

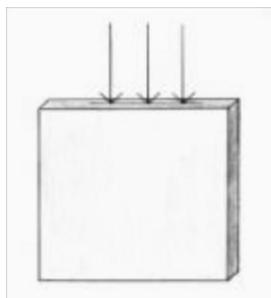
- Aproveitamento total ou parcial da tora;
- Estabilidade dimensional das chapas;
- Aproveitamento de resíduos gerados em outros processos de beneficiamento da madeira;
- Confiabilidade do consumidor em relação ao produto;

Inicialmente serão explicados os termos chapas, painéis e placas uma vez que são utilizados no meio profissional para definir o mesmo elemento. Conforme definição da norma alemã DIN 4079 (CÉSAR, 2002) chapa é um elemento de madeira derivada da junção de lâminas delgadas obtidas pela laminação do tronco da árvore. César (2002) também cita Fusco (1976) que considera as seguintes definições:

- Chapa: “elementos que têm o carregamento contido no plano paralelo ao plano composto pelas maiores dimensões”, como mostra o desenho esquemático da Figura 35;
- Placas: elementos que possuem carregamento perpendicular a seu plano médio de carregamento, como mostra desenho esquemático da Figura 36.

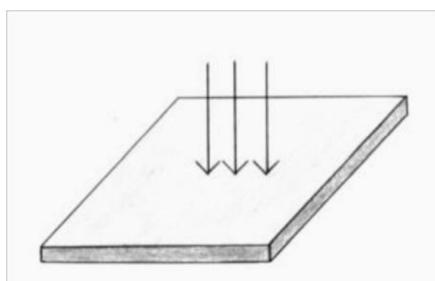
Para a especificação do termo “painel” César (2002) utiliza a ABNT NBR 5714: 1982 que considera painel vertical como elemento com medidas modulares utilizado para dividir ambientes internos e externos. As chapas podem ser utilizadas como componentes dos painéis de vedação conforme especificação técnica.

Figura 35 - Desenho esquemático de chapa mostrando carregamento contido no plano paralelo ao plano de maiores dimensões.



Fonte: César, 2002.

Figura 36 - Desenho esquemático de placa mostrando carregamento contido no plano.



Fonte: CÉSAR, 2002.

Assim conforme as definições apresentadas serão utilizadas o termo painel para especificar o elemento a ser proposto para ser usado como vedação vertical, e o termo “chapa” para indicar o material constituinte do painel.

A seguir será feita uma descrição das madeiras serradas e das chapas com intuito de conhecer suas características e propriedades:

4.10.1 Madeira Serrada de reflorestamento

Como visto anteriormente, os principais consumidores de madeira são as regiões sul e sudeste. São abastecidos com florestas nativas da região amazônica e também pelas florestas plantadas que possuem a vantagens de alta produção por unidade de área, flexibilização de localização de plantio, predeterminação do rendimento e homogeneização da matéria-prima (BARATA, 2008).

Um dos principais fatores que afetam o comércio de madeira serrada no Brasil são as condições da indústria de beneficiamento que ainda deixa muito a desejar. O uso de madeira de reflorestamento apresenta uma tendência em substituir as madeiras folhosas nativas devidas seu rápido crescimento, porém seu uso ainda está muito voltado na construção civil para usos de fôrmas de concreto, andaimes e escoramentos (BARATA,

2008). Esse uso restrito se deve muito às condições de beneficiamento dessas madeiras que reduzem sua qualidade para uso em situações que exigem mais do material, como o caso de estruturas.

As madeiras serradas são classificadas em madeira de baixa densidade como é caso do Pinus e de algumas espécies de Eucaliptus e madeira de alta densidade.

As madeiras de baixa densidade apresentam como vantagens mais facilidade no tratamento em autoclaves mesmo sendo mais suscetível ao ataque de agentes biológicos; menor peso das peças devido à sua baixa densidade; maior controle dos teores de umidade; menor condutibilidade térmica em relação às madeiras mais densas; áreas de plantio de mais fácil acesso; maior controle dimensional; custo reduzido em comparação às madeiras nativas (BARATA, 2008).

Silva et al (2013) em seu trabalho conclui que a densidade básica é uma das propriedades que mais influenciam na qualidade final do produto madeira, e esta é influenciada diretamente pelo ritmo de crescimento da árvore e idade. No Eucaliptus a densidade varia por espécies, tendo as espécies que apresentam maior taxa de crescimento, menores densidades. Conforme Figura 37, podem-se observar as densidades básicas de diferentes espécies de Eucaliptus.

Figura 37 - Valores de Densidade Básica da madeira de Eucaliptus considerando diferentes espécies e idades.

Espécies	X = DB (Kg/m ³)	Idade (anos)
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,478	6,2
<i>Eucalyptus saligna</i>	0,462	6,0
<i>Eucalyptus citriodora</i>	0,575	7,5
<i>Eucalyptus camadulensis</i>	0,584	6,1
<i>Eucalyptus urophilla</i>	0,498	5,8
<i>Eucalyptus urograndis</i>	0,502	5,2

Fonte: SILVA et al, (2013).

Legenda

DB – Densidade básica das madeiras

Idade de cortes da madeira

A determinação da densidade da árvore bem como sua variação é fundamental para o entendimento da qualidade. Peças com menor variação da densidade básica são mais

homogêneas e com menor variação nas propriedades físico-mecânicas (OLIVEIRA et al, 2005).

O teor de umidade e a forma de secagem também influenciam nas propriedades finais da madeira. Conforme Oliveira et al (2005) quanto mais uniforme o teor de umidade será o aparecimento de defeitos como fendilhamentos.

Na Figura 38 são apresentados os valores médios das propriedades de rigidez e resistência de algumas espécies de Eucaliptus e Pinus. É possível notar a relação entre a massa específica aparente das espécies e as propriedades de resistência. Espécies com maior valor de massa específica apresentam maiores resistência.

Figura 38 - Valores médios das propriedades de rigidez e resistência de algumas espécies de Eucaliptus e Pinus baseado na ABNT NBR 7190:1997.

Nome Comum	Nome Científico	$\rho_{ap}(12\%)$ Kg/m ³	f_{c0} MPa	f_{t0} MPa	f_{t90} MPa	f_v MPa	E_{c0} MPa
E. Citriodora	<i>Eucalyptus citriodora</i>	999	62,0	123,6	3,9	10,7	18421
E. Grandis	<i>Eucalyptus grandis</i>	640	40,3	70,2	2,6	7,0	12813
E. Saligna	<i>Eucalyptus saligna</i>	731	46,8	95,5	4,0	8,2	14933
E. Urophylla	<i>Eucalyptus urophylla</i>	739	46,0	85,1	4,1	8,3	13166
Pinus Caribea	<i>Pinus caribaea</i>	579	35,4	64,8	3,2	7,8	8431
Pinus elliottii	<i>Pinus elliottii</i>	560	40,4	66,0	2,5	7,4	11889
Pinus taeda	<i>Pinus taeda L.</i>	645	44,4	82,8	2,8	7,7	13304

Sendo:

$\rho_{ap}(12\%)$ - massa específica aparente a 12% de umidade.

f_{c0} - resistência à compressão paralela às fibras.

f_{t0} - resistência à tração paralela às fibras.

f_{t90} - resistência à tração normal às fibras.

f_v - resistência ao cisalhamento.

E_{c0} - módulo de elasticidade longitudinal obtido no ensaio de compressão paralela às fibras.

Fonte: ABNT NBR 7190:1997.

4.10.2 Chapas de Madeira produzida industrialmente

As chapas de madeira apresentam diferentes propriedades e características que estão relacionadas aos aspectos produtivos das mesmas. A classificação se faz segundo os processos de fabricação sendo citadas abaixo as chapas mais utilizadas na construção civil:

- Chapas de partículas: chapas de madeira aglomerada (“Particle Board” – PB); chapas de flocos orientados (“Oriented Strand Board” – OSB);
- Chapas de fibras: chapas de média densidade (“Medium Density Fiberboard” – MDF);
- Chapas de lâminas: madeira compensada (“Plywood” – PW) e chapas de madeira sarrafeada (“Blockboard” – BB);

a) Aglomerados

Também conhecida por Chapa de Partículas de Madeira Aglomerada “Particle Board” (PB), são partículas advindas da transformação de um tronco de uma árvore, misturadas com cola ou adesivos sintéticos, formando um colchão prensado sobre uma esteira, e cortado nas dimensões com grande largura e comprimento e pequena espessura que varia de 8 mm a 28 mm (CÉSAR, 2002).

Na Figura 39 é apresentado o diagrama do processo de produção das chapas de partículas de madeira aglomerada.

Figura 39 – Diagrama do processo de produção das chapas de partículas de madeira aglomerada.



Fonte: César, 2002.

b) Chapas de OSB “Oriented Strand Board”

Também conhecido como chapas de flocos de madeira orientados, são formados a partir da transformação do tronco de madeira em flocos ou lascas. São misturados em cola ou resina sintética dispostos em esteira de forma orientada. Formam camadas paralelas à direção principal do equipamento alternando com camadas perpendiculares a estas, até obter a espessura necessária, finalizando o processo com corte nas dimensões comercializadas de 1220 mm × 2440 mm.

Segundo César (2002) uma vantagem das chapas de OSB em relação às chapas de compensado, é com relação à maior facilidade em se obter as lascas de troncos em comparação com a obtenção das lâminas para produção do compensado, que requerem madeiras de melhor qualidade, com diâmetros grandes e retilíneos. A obtenção de lascas de troncos mantém um custo mais baixo para a produção de OSB devido a utilização de matéria-prima menos nobre. Porém ainda deve-se atentar à densidade da madeira, o teor de umidade.

O OSB tem como vantagem o melhoramento das propriedades mecânicas devido a orientação das lascas, o que garante o seu uso para fins estruturais, devido sua resistência mecânica tão alta quanto à dos compensados estruturais (CÉSAR, 2002).

Nos Estados Unidos e Canadá há uma grande aplicação do OSB na construção civil com fins estruturais como a produção de vigas “I”, assim como também divisórias de ambientes internos, formas de concreto armado, painéis de fechamento de paredes, contrapisos, forros de coberturas, e fabricação de móveis (CÉSAR, 2002). Na Figura 40 pode ser visto a aplicação de chapas de OSB para fechamento de estrutura do tipo “frame”.

Figura 40 - Aplicação das chapas de OSB para fechamento de estruturas tipo “frame”.



Fonte: Wood-frame – Tecnologia na construção de casas de madeira.

c) Chapas de MDF

As chapas de MDF ou *Medium Density Fiberboard* são obtidas pelos cavacos de madeira desfibrados, misturados em adesivo sintético e prensados formando chapas com espessuras que variam entre 3,0 mm e 35 mm (CÉSAR, 2002).

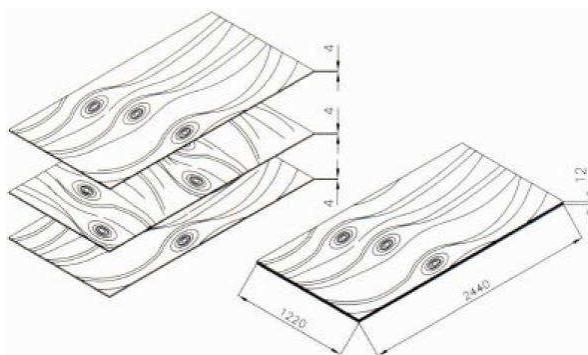
Para a sua produção podem ser utilizadas espécies de rápido crescimento, o que inclui o Eucaliptus, o Pinus e até o bambu segundo Bianchina (1997, apud CÉSAR, 2002).

A homogeneidade da superfície das chapas de MDF facilita a aplicação de acabamentos variados como pinturas, aplicação de papel, lâminas de madeira, entre outros como entalhes se assemelhando à madeira maciça na trabalhabilidade.

d) Chapas de madeira compensadas e sarrafeadas

As chapas de compensado ou chapas de madeira laminada ou “*Plywood*” são produzidas através de lâminas de madeira coladas e prensadas perpendicularmente entre elas, conforme Figura 41. Cada chapa laminada se diferencia pela finalidade de utilização definindo sua composição (CÉSAR, 2002). Sua maior em relação à madeira maciça se deve às melhorias das propriedades anisotrópicas e heterogeneidade.

Figura 41 – Representação da produção das chapas de compensado com lâminas coladas perpendicularmente entre si (unidade em cm).



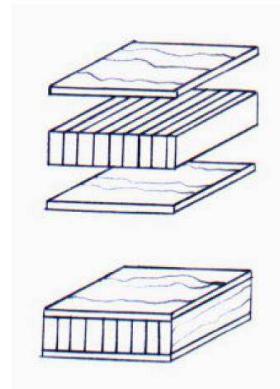
Fonte: Battistella -Indústria e Comércio Ltda (2000, apud CÉSAR, 2002).

As chapas de madeira compensadas são também denominadas por contraplacados, constituídas por lâminas coladas perpendicularmente uma a outra, com espessuras variando entre 4 mm e 25 mm. Essa constituição das chapas possibilita resistência mecânica à tração paralela às fibras igual à da madeira maciça (CÉSAR, 2002).

As chapas de sarrafeados são constituídas por ripas e lâminas de madeira. As ripas são coladas lateralmente entre elas com as extremidades em lâminas de madeira perpendiculares às fibras das ripas, como observado na Figura 42.

No desdobro em serraria, os sarrafos são classificados e colados, formando o miolo que é lixado para se obter uma superfície uniforme onde será colada a lamina de madeira. Possuem aplicação estrutural, usados como painel de vedação.

Figura 42 – Esquema de produção da chapa de sarrafeado.



Fonte: Nutsch (1992, apud CÉSAR, 2002).

Diante do estudo apresentado, conclui-se que as chapas citadas atendem a requisitos diferentes. César (2002) considera para o desenvolvimento de novos produtos algumas características gerais das chapas, ressaltando a vantagem em se trabalhar com madeira industrializada:

- sua origem de fontes renováveis;
- seu descarte não poluente ao meio ambiente;
- facilidade na industrialização, no transporte e manuseio;
- aplicação simplificada;
- fixação rápida;
- adequação à construção civil;
- possibilidade da atuação como elemento enrijecedor da estrutura;
- maior controle da qualidade comparado à madeira natural;
- elementos com maiores dimensões; densidades mais uniforme nas peças;
- maior estabilidade dimensional;
- Ainda devido às colas aglutinantes para formação das chapas, desenvolve maior resistência à bio-deterioração.

CAPÍTULO 5

CONCEPÇÃO DE PROJETO E DESENVOLVIMENTO DOS COMPONENTES CONSTRUTIVOS

Neste capítulo serão abordados métodos de projeto adotados para a realização da proposta dos painéis leves de madeira como vedação vertical.

5.1 Projetos e Métodos

A arquitetura engloba aspectos ao mesmo tempo subjetivos e objetivos. Subjetivos quando analisa um contexto não mensurável como a arte, o social. Objetivo quando utiliza da técnica para resolver propostas de soluções de um determinado problema.

O arquiteto com o pensamento, a ideia subjetiva, aliado ao conhecimento técnico consegue dar forma à sua ideia através do projeto.

A arquitetura como arte interpreta o meio que está inserida.

E a arquitetura como técnica materializa a ideia (BERRIEL, 2009).

Berriel (2009) considera que “a arquitetura depende diretamente de um processo de desenvolvimento do pensamento, pressupõe, portanto, um relativo conhecimento teórico que dá sustentação à prática projetual, ambos concorrendo para que se adquira clareza para se posicionar no momento presente.”

O projeto na arquitetura é um processo. Propõe respostas a um problema. É dinâmico e não tem fim. Berriel (2009) compara o projeto a uma escrita, “uma constante reorganização de um repertório pré-existente... de forma análoga a letras de um alfabeto... formando sílabas, palavras e frases que serão bem ou mal articuladas...”

Assim como a escrita precisa ser organizada para se ter clareza ao que ser dizer, as ideias referentes a um projeto também precisam ser organizadas para se ter clareza quanto ao que se quer resolver e a solução proposta.

O arquiteto muitas vezes frente a fatores diversos, complexos e muitas vezes subjetivos precisa estabelecer critérios, métodos, para trabalhar na elaboração de uma solução. Durante décadas são estudadas metodologias de projeto, porém não existe uma regra quanto à forma de se projetar, mas sim uma orientação quanto às etapas que podem ser seguidas para conseguir a organização das ideias.

Segundo Kowaltowski et al (2011) “os métodos de projeto foram desenvolvidos para estruturar o problema e a decomposição em partes mais manipuláveis com objetivo de

melhor definir o problema, aumentar o controle do processo e facilitar a emergência de ideias”.

Andrade et al (2011) considera que mesmo esses processos sendo muito variáveis entre profissionais, pode ter uma sequência a ser considerada para visualizar a ação projetiva durante o processo de projeto.

As fases de projeto citadas por Andrade et al (2011) fazem parte de um estudo de Lawson (2005) e são divididas em quatro partes: análise, síntese, avaliação e resultado.

A análise identifica os principais elementos que compõe o problema do projeto. São esses elementos: as metas, os critérios, restrições e impactos das soluções que o projeto deve alcançar. Depende da capacidade do projetista de compreender e descrever o problema. Torna-se um processo racional, relacionado à obtenção e ao gerenciamento de informações e dados conforme o contexto social e cultural que está inserido.

Berriel (2009) considera que a partir da interpretação desses dados deve-se eleger uma prioridade, desenvolver um conceito central e eleger um partido arquitetônico que se torna o princípio orientador de decisões do projeto até sua finalização. O partido se diferencia do conceito por ser a aplicação deste. De maneira prática pode ser representado por croquis e diagramas como uma expressão do pensamento, estabelecendo relações, experimentando até se alcançar ou compreender o que se quer representar.

A síntese é a fase criativa na qual as ideias são concebidas, podendo aparecer possíveis soluções que atendam aos objetivos estabelecidos na fase de análise. Alguns métodos foram desenvolvidos para ajudar na geração de ideias e estimular a criatividade sem restrições, como é o caso do *Brainstorming* ou “tempestade de ideias” e o Mapa mental. Para a realização deste trabalho, foram utilizados os dois métodos como uma forma de conseguir primeiramente lançar a representação mental com o método de “tempestade de ideias” e posteriormente organizá-las, interligando opções e pensamentos.

A “tempestade de ideias” surgiu em 1930 com o publicitário americano Alex Osborn. Em suas reuniões de trabalho percebeu que o indivíduo não pode ser criativo e crítico ao mesmo tempo. Separou as reuniões em duas fases: a primeira como geração de ideias e a segunda como uma fase de avaliação.

O Mapa Mental surgiu em 1960 com o britânico Tony Buzan. As ideias têm origem de uma palavra central, e conforme essas são exploradas ocorre um mapeamento em forma de fluxograma, mantendo conexão entre as palavras, imagens, cores ou símbolos (ANDRADE et al, 2009).

A fase de avaliação visa garantir uma aceitação da solução proposta, detectando deficiências no projeto antes da produção, venda e uso. As soluções devem ser comparadas com as metas, restrições e oportunidades que o projeto deve atender, e conciliar diversas qualidades, ponderando a relevância de cada uma delas. A necessidade de cada cliente deve ser considerada com os aspectos específicos para cada situação.

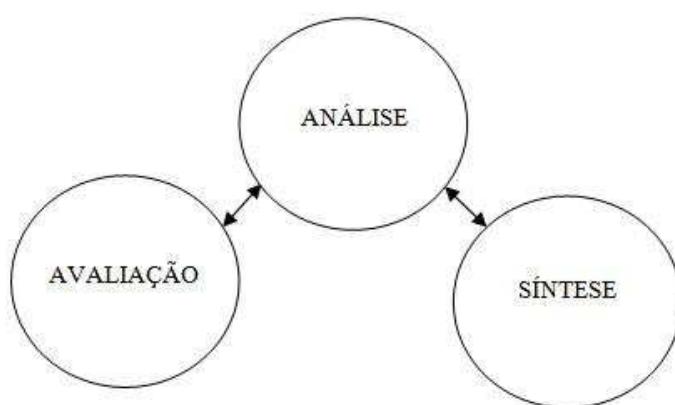
Lawson (2005, apud ANDRADE, 2011) considera que:

Não existe uma solução ótima para um problema de projeto mas sim uma grande variedade de soluções aceitáveis, algumas mais e outras menos satisfatórias em alguns aspectos e para diferentes clientes ou usuários.

Por fim tem-se a representação como última fase, uma forma de comunicar as resoluções do projeto. Expressa por desenho, modelos ou especificações, codifica e decodifica as informações da proposta tornando-a de fácil entendimento à equipe de trabalho ou mesmo ao cliente.

Essa sequência apresentada deve ser flexível permitindo sempre uma revisão ou uma reorganização nas fases anteriores conforme aparecem os resultados, como é mostrado no modelo esquemático da Figura 43 apresentado por Andrade (2011).

Figura 43 - Mapeamento proposto por Lawson (2005) para representar o ciclo de uma sequência de decisões do projeto.



Fonte: Andrade (2011).

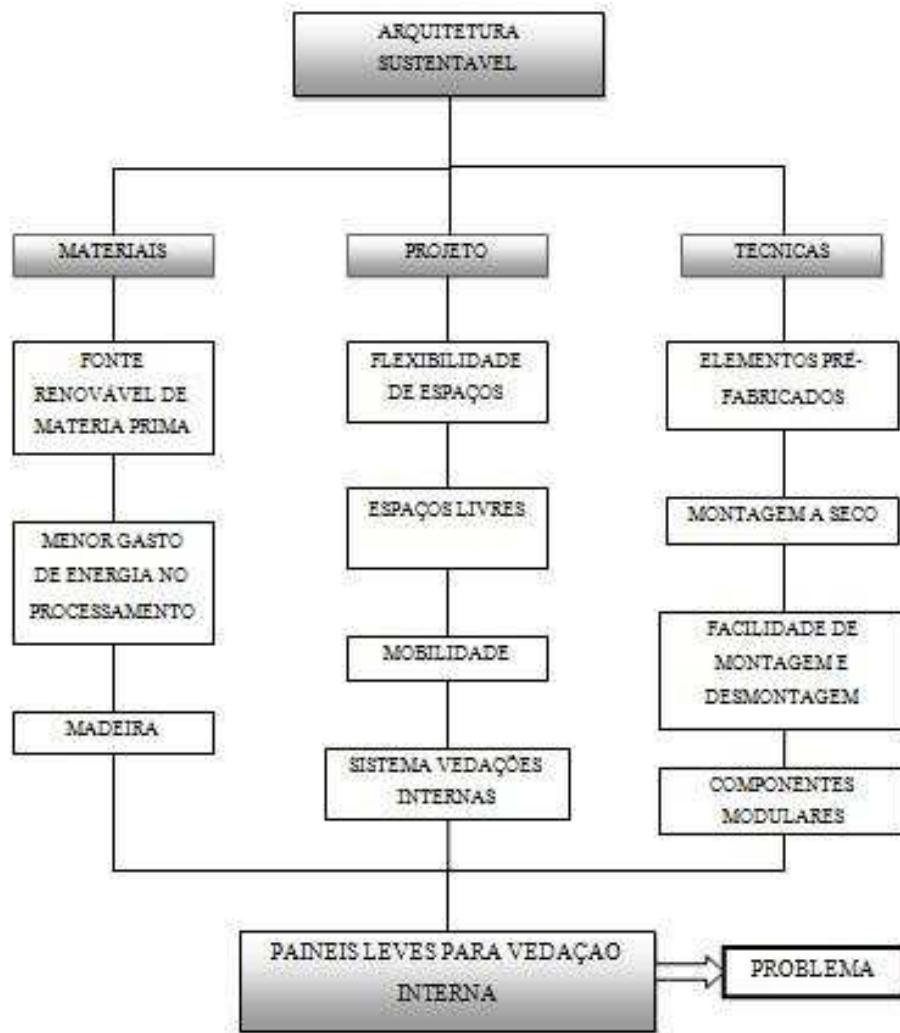
Considerando os métodos relacionados, segue o desenvolvimento do projeto com a explicação de cada etapa seguida.

5.2 Estudos Iniciais

Antes de iniciar a análise, é necessário definir o problema para identificar os elementos que o compõe:

a) Definição do Problema - na Figura 44 é apresentado um fluxograma com a definição do problema a partir de uma análise dos elementos que o compõe como materiais, projetos e técnicas. A proposta é desenvolver um componente que contribua para uma arquitetura sustentável.

Figura 44 – Fluxograma de definição do problema.

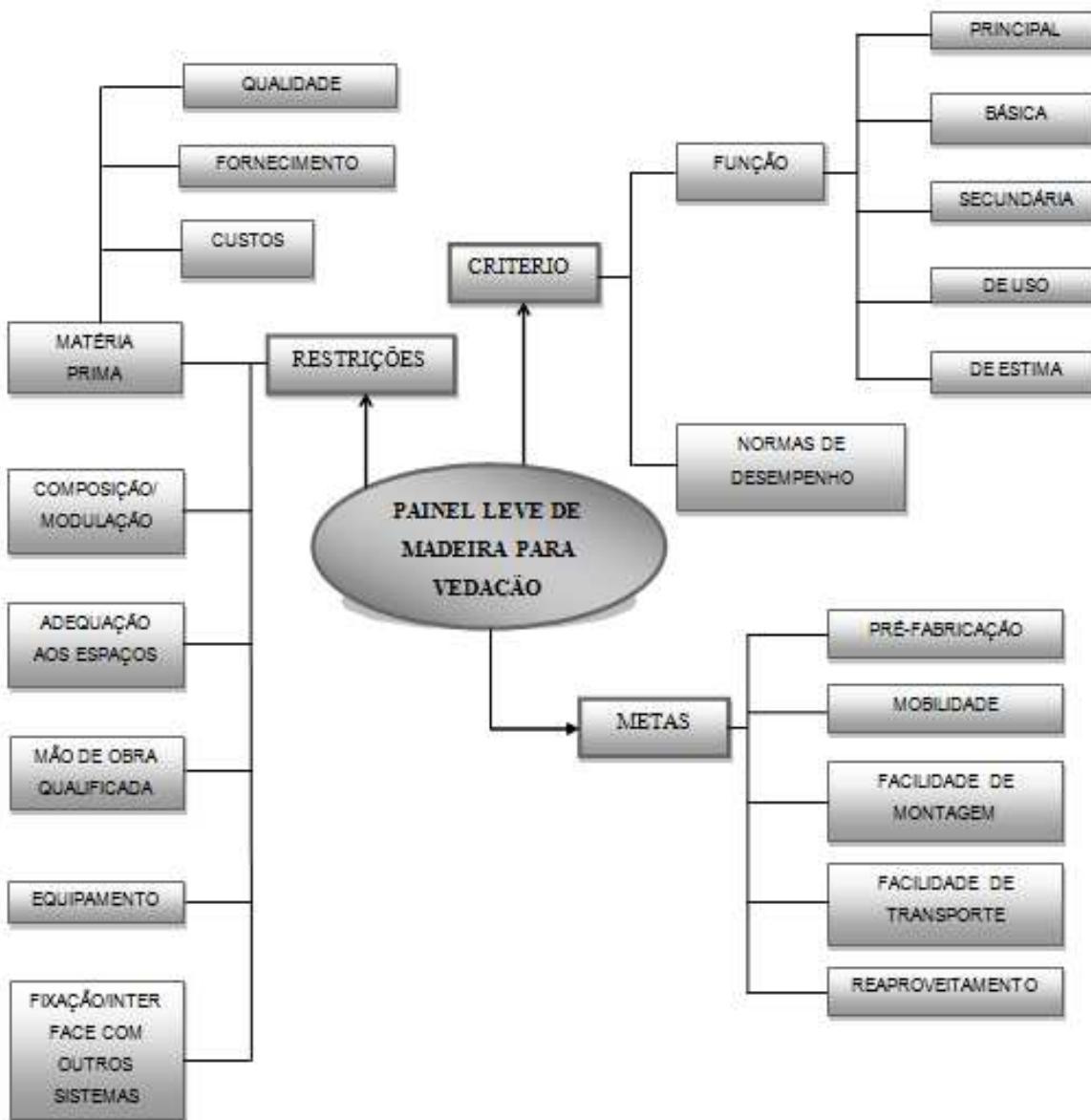


Fonte: Autora (2015).

b) Elementos do problema para análise - através do diagrama da Figura 45 é apresentada o problema como figura central e os elementos que o constituem como: restrições, critérios e metas. Tais elementos são analisados em sua constituição como forma de

explorar situações apresentadas, buscando soluções para cada um dos elementos como forma de resolver o problema central apresentado.

Figura 45 – Diagrama com a definição dos elementos do problema.



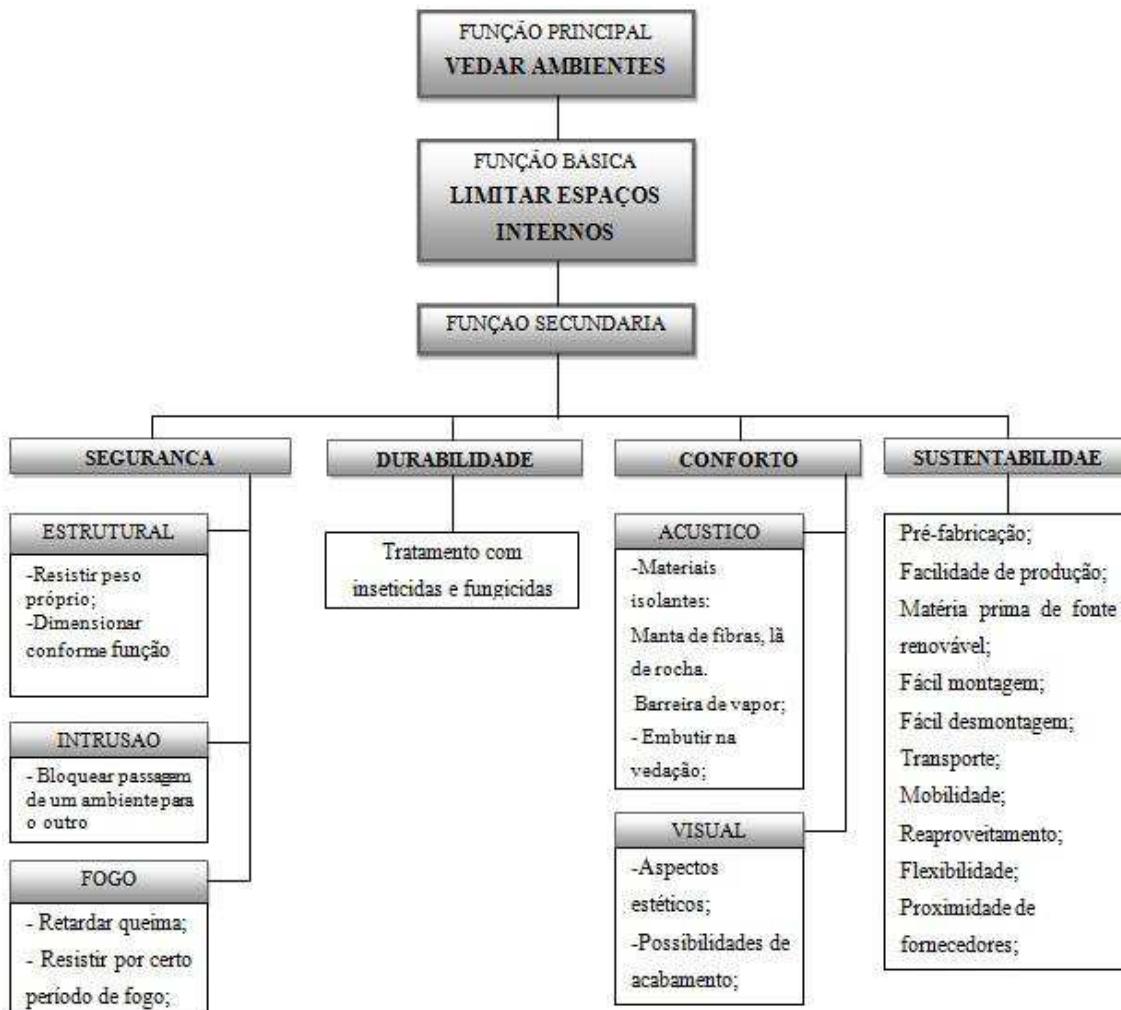
Fonte: Autora.

Como critério da análise das funções baseou-se na definição proposta por Baxter (1989, apud CESAR, 2002) que organiza as funções em um fluxograma denominado de árvore funcional, como mostrado na Figura 46, e na ABNT NBR 15575: 2013. Baxter (1989, apud CESAR, 2002) divide as funções em:

- Função básica – como que relaciona o produto ao funcionamento;
- Função secundária – dão suporte à função básica;

- Função de uso – relacionada à função básica e à secundária definindo o funcionamento do produto;
- Função de estima – relacionada à valores que envolvem o consumidor como formas geométricas, tipo de material, cor;

Figura 46 - Adaptação da Árvore Funcional de Baxter (1989).



Fonte: Adaptação da autora, baseada na Árvore Funcional de CESAR (2002).

A árvore funcional mescla as funções definidas por Baxter com as normas de desempenho (ABNT NBR 15575: 2103) nos requisitos: segurança, durabilidade e conforto. Essa organização foi utilizada para uma estruturação das ideias auxiliando na delimitação do conceito e definição do Partido Arquitetônico.

Não foram consideradas todas as exigências da norma, apenas as relacionadas à parte de segurança estrutural, contra o fogo, durabilidade, conforto acústico e economia. Foi inserida também o item sustentabilidade, uma vez que o projeto partiu inicialmente da necessidade de desenvolver componentes de madeira que atendessem a alguns tópicos de medidas sustentáveis na construção civil.

Adotou-se como meta de projeto a construção de componentes pré-fabricados em indústria e posterior montagem a seco no ambiente. Considerando a facilidade de transporte e montagem, estabeleceu o dimensionamento reduzido das peças com a utilização de técnicas construtivas que permitissem através de encaixes e acessórios de fixação a montagem do elemento de vedação sem a utilização de colas.

As restrições apontadas foram referentes à matéria prima como custos, qualidade, e proximidade das empresas fornecedoras; a complexidade dos equipamentos necessários para o beneficiamento secundário e a disponibilidade da mão de obra na cidade de Uberlândia ou região; a melhor maneira de conseguir a adequação das peças aos espaços com dimensões variadas através da modulação e composição.

Com a definição do problema e o levantamento de seus elementos constituintes a análise foi feita através da pesquisa bibliográfica realizada nos capítulos anteriores para a definição de um conceito e de um partido arquitetônico.

c) Definição do Conceito e Partido Arquitetônico - como definição do conceito a pesquisa partiu da proposição de inserir a madeira de reflorestamento na construção civil através de projetos de componentes baseados numa retícula projetual. A composição dessas peças promove a construção de elementos de vedação vertical interna e permite trabalhar uma arquitetura sustentável, a partir da liberdade no arranjo desses componentes e a facilidade de montagem e desmontagem dos painéis. E como definição de partido arquitetônico o uso de componentes modulares de pequenas dimensões.

5.2.1 Diretrizes para concepção de projeto

Através das referências apresentadas foram definidas as diretrizes para as etapas de desenvolvimento dos projetos executivos, produção dos protótipos e o levantamento de custos dos materiais para a produção, assim como uma análise do fornecimento de matéria prima para a realização do protótipo.

1- Diretrizes para concepção do projeto executivo

- Priorizar projetos de painéis que tenham ossatura na sua constituição permitindo melhor estruturação do painel;
- Priorizar projeto de painel que permita a flexibilidade dos ambientes, ou seja, priorizar nos painéis a facilidade de montagem e desmontagem;
- Prever reaproveitamento do painel;
- Painel seja versátil quanto à instalação, ou seja, permita ajuste na interface com outros sistemas;
- Conceber painéis com câmara de ar na ossatura para permitir a passagem de instalações elétricas no interior do painel e a instalação de materiais isolantes acústicos;
- Revestimentos sejam independentes da estrutura do painel permitindo maior flexibilidade nos acabamentos tais como: placas de MDF, placas de compensado, placas de gesso acartonado, placas cimentícias de madeira mineralizadas, revestimentos cerâmicos;
- O desenvolvimento da interface dos painéis com outros sistemas;
- Priorizar a simplicidade dos encaixes;
- Prever manutenibilidade;
- Pesquisa de materiais que possam ser aplicados para aumentar o tempo de resistência ao fogo nos revestimentos;

2- Diretrizes para processo produtivo do painel

- Dar prioridade para o emprego de materiais com seções comerciais visando uma análise de produtos existentes no mercado, facilidade de fornecimento de matéria-prima e redução dos custos, uma vez que materiais com medidas diferentes das encontradas no mercado aumentariam o custo final;
- Adotar na ossatura estrutural do painel, peças independentes, modulares e que pudessem se adequar ao maior número de vãos possíveis;
- Adotar peças que pudessem se ajustar às variações do pé direito de um ambiente;
- Projetar componentes de dimensões pequenas, facilitando o transporte das peças, pré-fabricação e montagem;

-
- Considerar as etapas de beneficiamento secundário da madeira com a utilização de equipamentos básicos de marcenaria como: desempenadeira, desengrossadeira, esquadrejadeira, serra circular de bancada, parafusadeira de bancada etc.
 - Projetar e produzir gabaritos para facilitar a montagem das peças assim como a furação para encaixes;
 - Prever a utilização de mão de obra de baixa qualificação no processo de pré-fabricação, visando à redução de custos e a implementação da produção em autoconstrução;
 - Priorizar o uso de madeira maciça seca para evitar problemas de secagem em serviço;
 - Priorizar o uso de madeira serrada com tratamento em autoclave;

5.3 Projeto dos Painéis

A partir da definição do problema e posterior análise dos seus elementos constituintes foi realizada a proposta projetual dos painéis de madeira para vedação vertical interna. Na configuração do painel optou-se por desenvolver componentes de madeira serrada de reflorestamento, Pinus e Eucalipto.

Para o dimensionamento desses componentes partiu da análise de ideias similares em projetos de painéis. Considerou-se como solução ideal para a resolução do problema levantado, a utilização de componentes com dimensões reduzidas e modulares. Esse tipo de proposta possibilita a adequação em ambientes com variadas dimensões em comprimento e altura. A dimensão reduzida facilita o transporte e montagem empregando como mão de obra no máximo duas pessoas.

A principal diretriz adotada quanto às dimensões dos requadros de madeira, foi que atendessem a uma dimensão baseada em uma medida modular de 10 cm resultando em multimódulos como apresentado na Figura 47.

Figura 47 - Tabela de possibilidades de combinação modular de componentes.

Módulo (M)	Multimódulos					
	Medidas	5M	10M	11M	12M	13M
	horizontais					
10cm	Medidas	4M	7M	8M		
	verticais					

Possibilidades de combinação (cm)	
Multimódulos horizontais	50, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230, 240, 250, 260...
Multimódulos verticais	260, 270, 280, 290, 300.

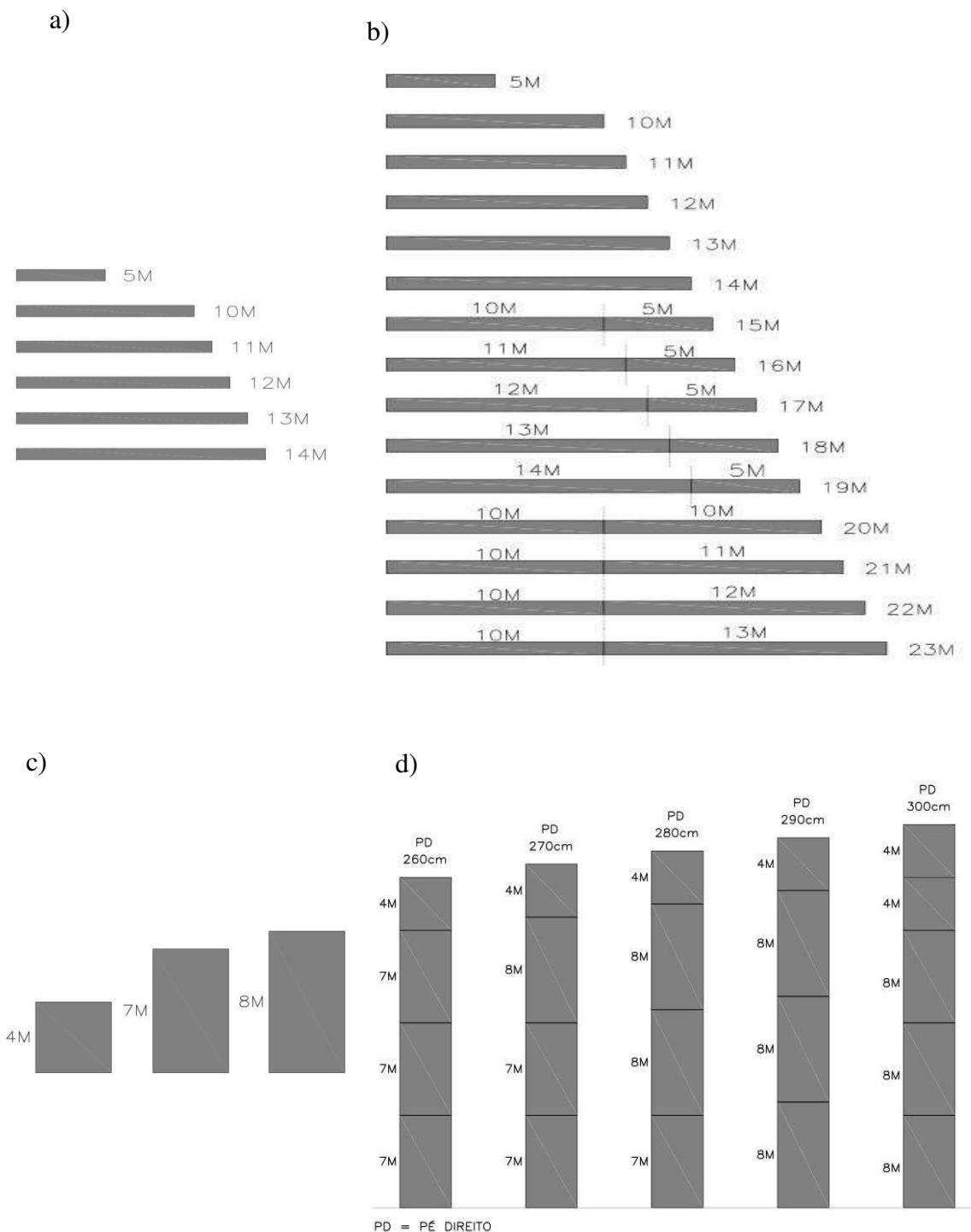
Fonte: Autora, 2015.

A partir dos valores dos multimódulos foram determinados os componentes a serem trabalhados e as possibilidades de combinação dos elementos que compõe o painel como observado na Figura 48.

Após definição das medidas dos componentes e as possibilidades de composição dos mesmos, foi definida sua configuração que partiu da análise dos estudos realizados na revisão bibliográfica. Concluiu-se que a constituição como requadros de madeira permite maior leveza aos componentes.

Esta conformação foi também baseada na proposta de painéis da tese de Berriel (2009), apresentados na Figura 49, no qual desenvolve componentes que "apresentam solução para um modelo de categoria e possibilita o uso de retícula projetual". A configuração das peças como requadro em madeira, com medidas pequenas e modulares, apresentou-se como resolução para a pré-fabricação de painéis leves, e como uma possibilidade de adaptá-los em todas as direções num ambiente.

Figura 48 - Medida dos componentes e combinações: (a) Medidas horizontais dos multimódulos; (b) Possibilidades de composição dos multimódulos no eixo horizontal; (c) Medidas verticais dos multimódulos; (d) Possibilidades de composição dos multimódulos no eixo vertical.



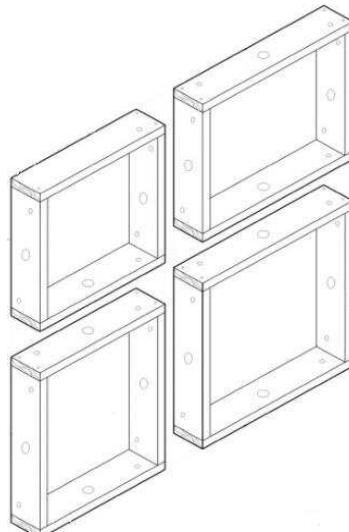
FONTE: Autora, 2015.

Figura 49 - Componentes desenvolvidos por Berriel (2009).

a) Vista frontal do painel



b) Requadros propostos em quatro dimensões



Fonte: Berriel, 2009.

Barata (2008) em seu trabalho adota também a utilização em uma das tipologias para seus painéis experimentais, requadro com dimensões pequenas baseadas na dimensão da chapa de OSB, representado na Figura 50. A utilização de peças com seção e comprimento reduzidos objetiva facilitar o beneficiamento da madeira com uso de equipamentos básicos e mão de obra com baixa qualificação.

Figura 50 - Componentes desenvolvidos na tese de Barata (2008).

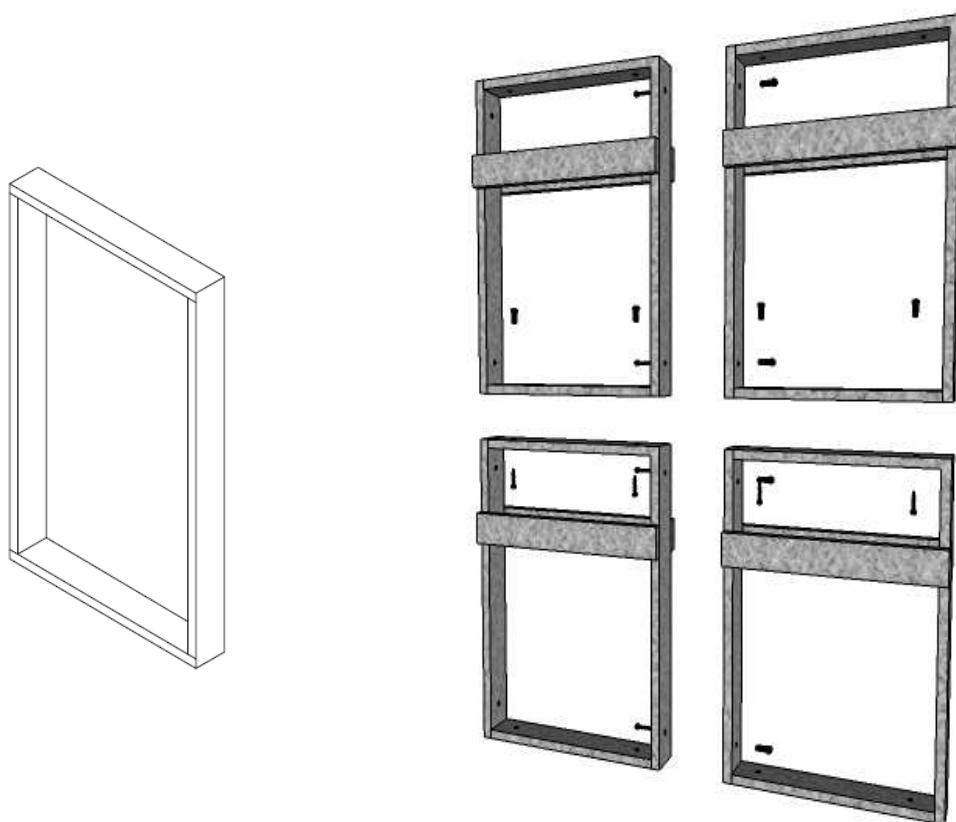


Fonte: Barata, 2008.

Partindo desse princípio foram adotados como componentes os requadros de madeira de reflorestamento, em dimensões reduzidas e modulares, que possibilitem através da composição a adequação a diferentes dimensões. Na Figura 51-a é ilustrado a configuração básica do requadro de madeira adotado para a realização da proposta. A união entre os requadros é feita através de parafusos de união, conforme é mostrado na Figura 51-b.

Figura 51 - Modelo de requadro do componente.

- a) Configuração básica de requadro utilizado no projeto.
- b) Conjunto de requadros - junção realizada por parafusos de união entre requadros.



Fonte: Autora.

A etapa seguinte tem-se a resolução da estruturação dos requadros e a interface com os outros sistemas.

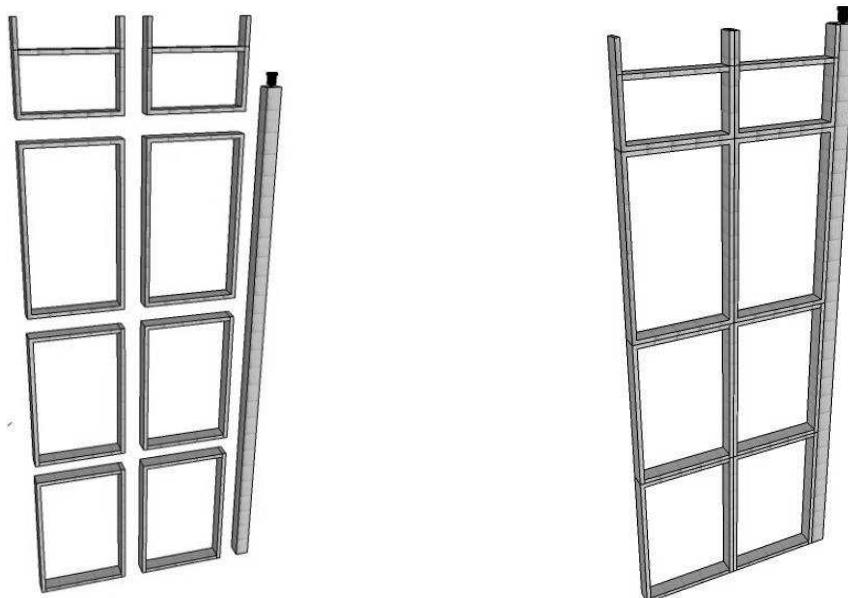
Com relação ao pé direito seriam necessárias peças que pudessem ser ajustadas às pequenas variações de execução no pé direito. Para isso foi proposto a utilização de montantes que além de resolver a fixação e estruturação dos requadros, como na Figura

52, poderiam atender a necessidade de ajustes através de peças rosqueáveis em uma das extremidades, como mostrado na Figura 53.

Figura 52 – Perspectiva dos requadros e montantes

a) Visão explodida do conjunto.

b) Visão do conjunto - componente modular.



Fonte: Autora.

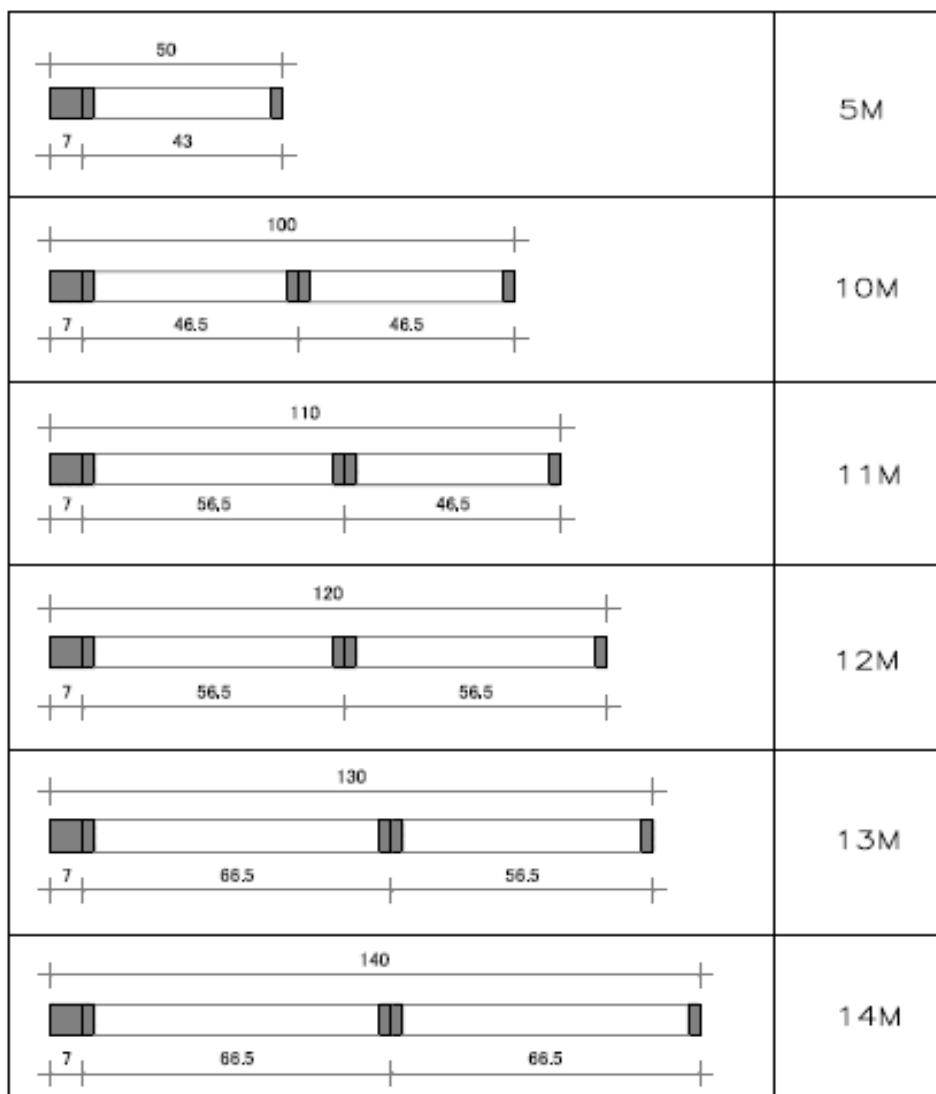
Figura 53 - Extremidade superior do montante com peça rosqueável para ajuste de altura.



Fonte: Autora.

Devido as dimensões encontradas dos pontaletes ($7\text{cm} \times 7\text{cm} \times 300\text{cm}$) no mercado utilizados para fazer os montantes, foi necessário considerar para efeito de modulação, o conjunto montante e requadros. Assim o módulo, ou componente modular é a somatória das dimensões do montante mais a dimensão do requadro, como pode ser observado na Figura 54. As dimensões das peças estão de acordo com a composição modular do conjunto. A partir dessas dimensões, consegue-se fazer o fechamento de pequenos vãos a grandes vãos.

Figura 54 - Representação em planta do conjunto requadro e montante.



Fonte: Autora.

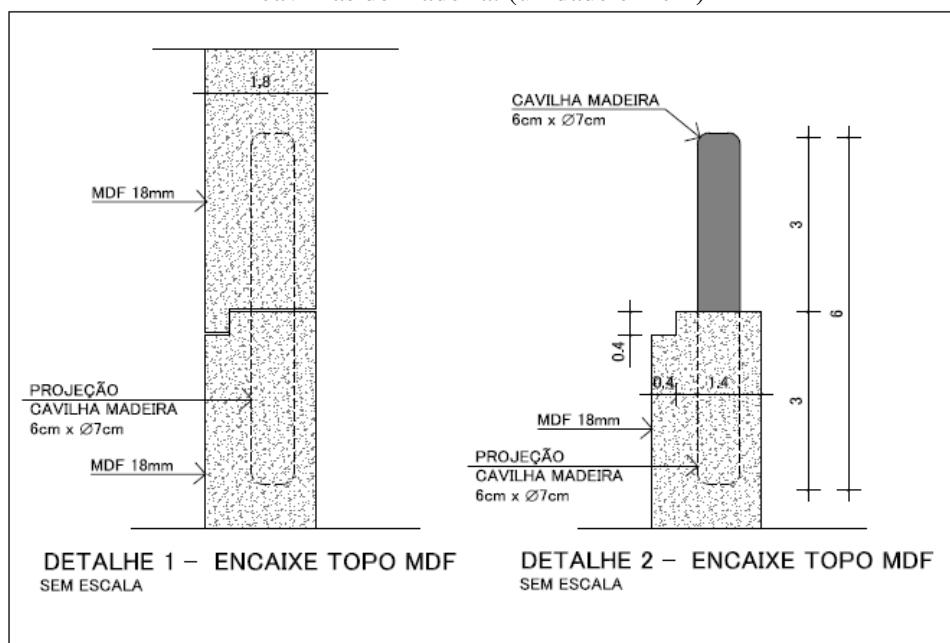
5.3.2 Revestimento do painel

Para o revestimento dos painéis é proposto o uso de chapas de MDF com espessura de 18 mm. Essa espessura foi definida com a intenção de propor maior resistência na utilização de encaixes e cavilhas. As dimensões adotadas para as peças foram condizentes à medida da chapa de MDF (183×273) cm. Para o máximo aproveitamento, foram consideradas peças com (90×90) cm para facilitar o transporte. As dimensões do revestimento ficaram independentes das dimensões da ossatura uma vez que serão necessários requadros com diferentes medidas para a composição do fechamento do ambiente.

Para a fixação das placas de MDF foram parafusadas nos requadros régua de madeira, posicionadas conforme a composição das placas de MDF. Esse posicionamento deverá ser feito por meio de um gabarito no momento da execução na fábrica, permitindo que o requadro esteja finalizado para a montagem na obra.

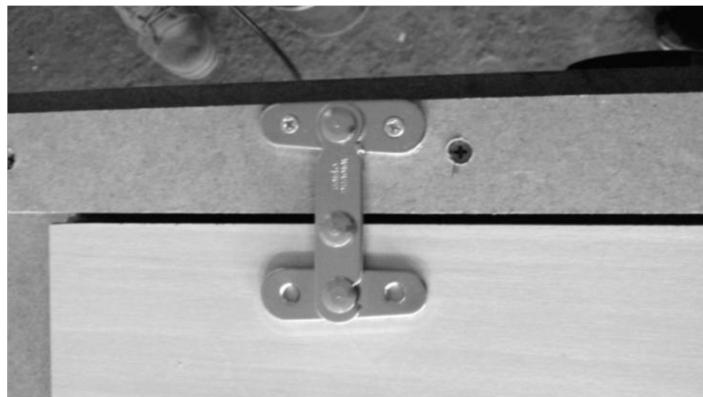
As placas de MDF são apoiadas de topo, com emenda a meia seção. O emprego de cavilhas de madeira, como ilustrado na Figura 55, permite uma maior fixação entre elas, evitando deslocamentos no caso de impactos horizontais. As peças são presas na ossatura do painel por um fecho chato metálico, mostrado na Figura 56, com objetivo de facilitar a montagem e desmontagem. A utilização de cavilhas e do fecho metálico possibilita a segurança ao sistema sem a necessidade de parafusar as placas na estrutura.

Figura 55 - Detalhe do encaixe do topo da placa de revestimento em MDF e a utilização de cavilhas de madeira. (unidade em cm)



Fonte: Autora.

Figura 56 - Fecho metálico para fixação das placas de revestimento.



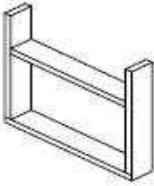
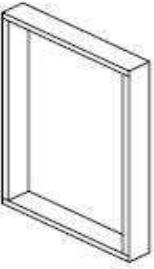
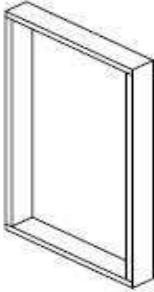
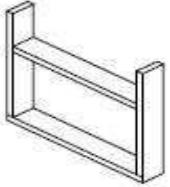
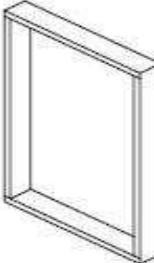
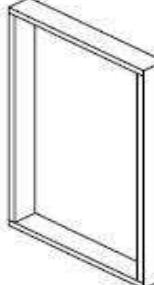
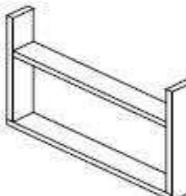
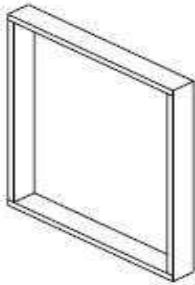
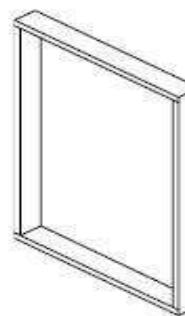
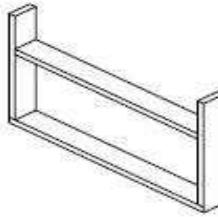
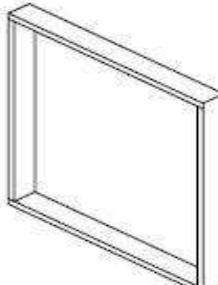
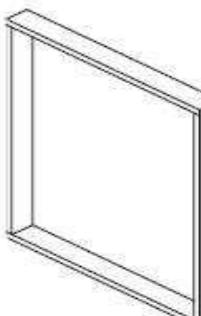
Fonte: Autora.

Para o isolamento acústico, a proposta é utilizar material isolante na camada de ar existente, formada pelos requadros de madeira. Para isolamento contra o fogo, a propõe-se a utilização de selante corta-fogo da 3M (CP 25WB), à base de látex e água que resiste até 4 horas de fogo, conforme especificação do fabricante (ANEXO B).

5.4 Projeto executivo

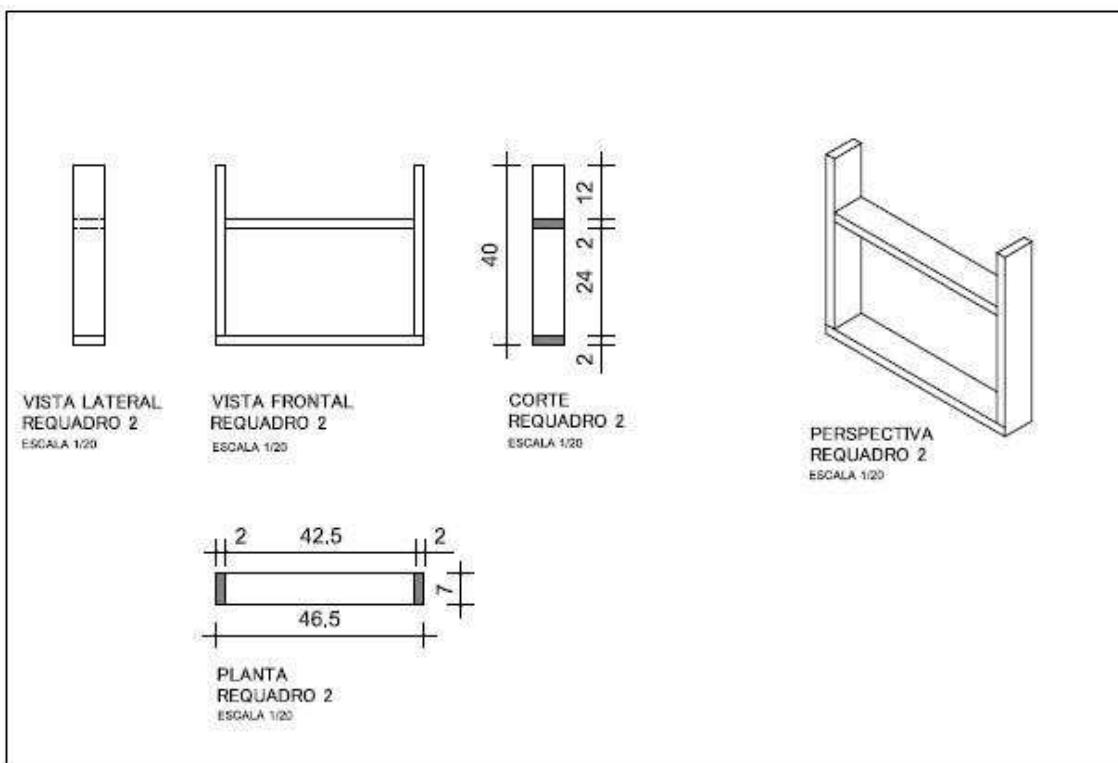
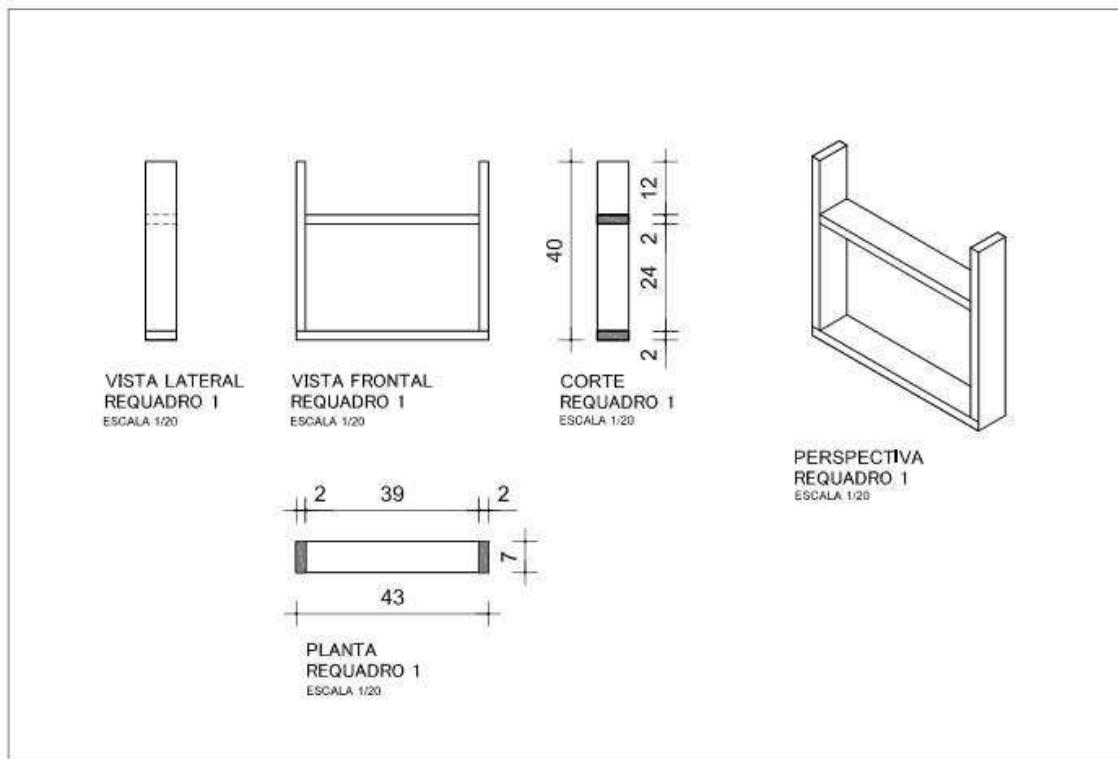
Da Figura 57 à Figura 76 estão as representações gráficas do projeto executivo dos componentes do painel assim como os detalhes das interfaces com sistema de lajes e piso: plantas, elevações, cortes e detalhamentos.

Figura 57 - Quadro com as variações das dimensões dos requadro sem largura e altura.

LARGURA	H=40cm	H=70cm	H=80cm
43cm			
	REQUADRO 1	REQUADRO 5	REQUADRO 9
46,5cm			
	REQUADRO 2	REQUADRO 6	REQUADRO 10
56,5cm			
	REQUADRO 3	REQUADRO 7	REQUADRO 11
66,5cm			
	REQUADRO 4	REQUADRO 8	REQUADRO 1

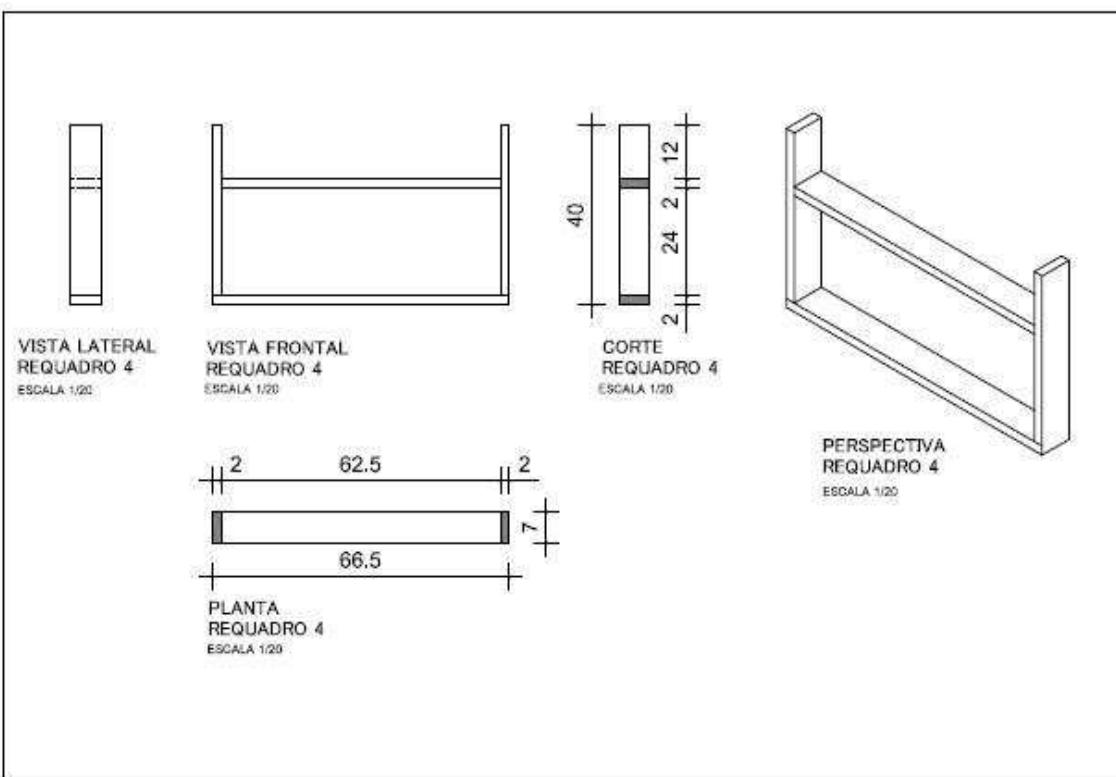
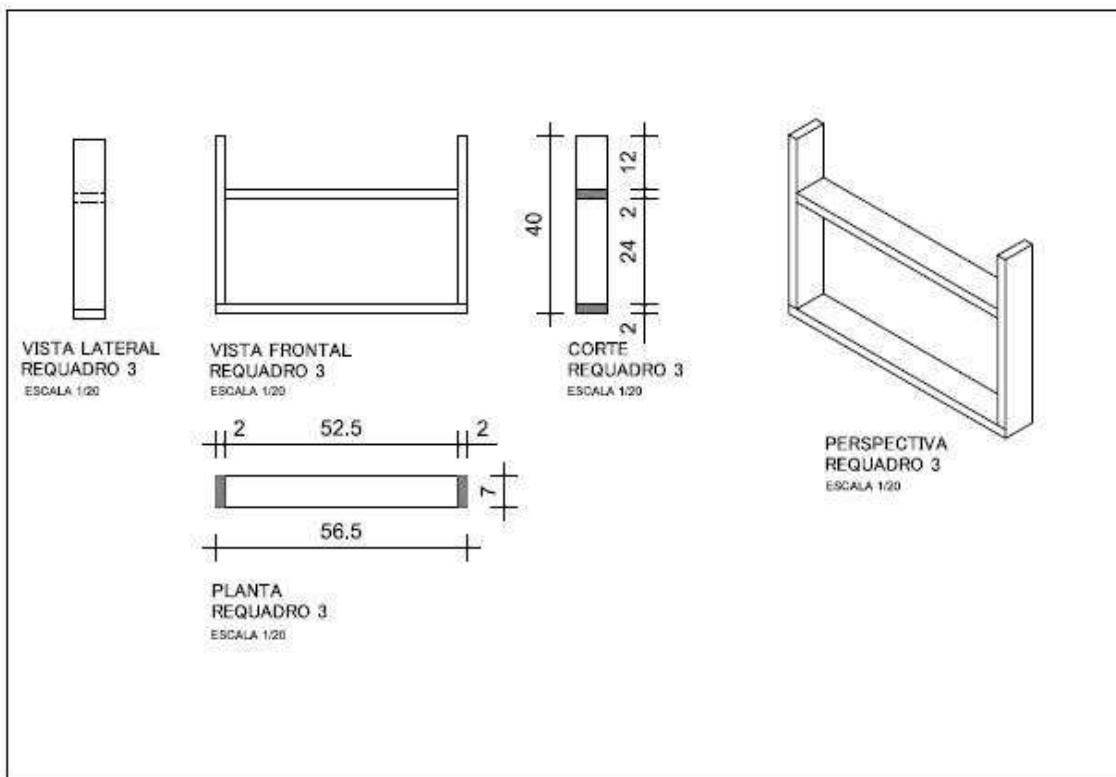
Fonte: Autora.

Figura 58 - Projeto executivo dos requadros 1 e 2 referente à Figura 55 (unidades em cm).



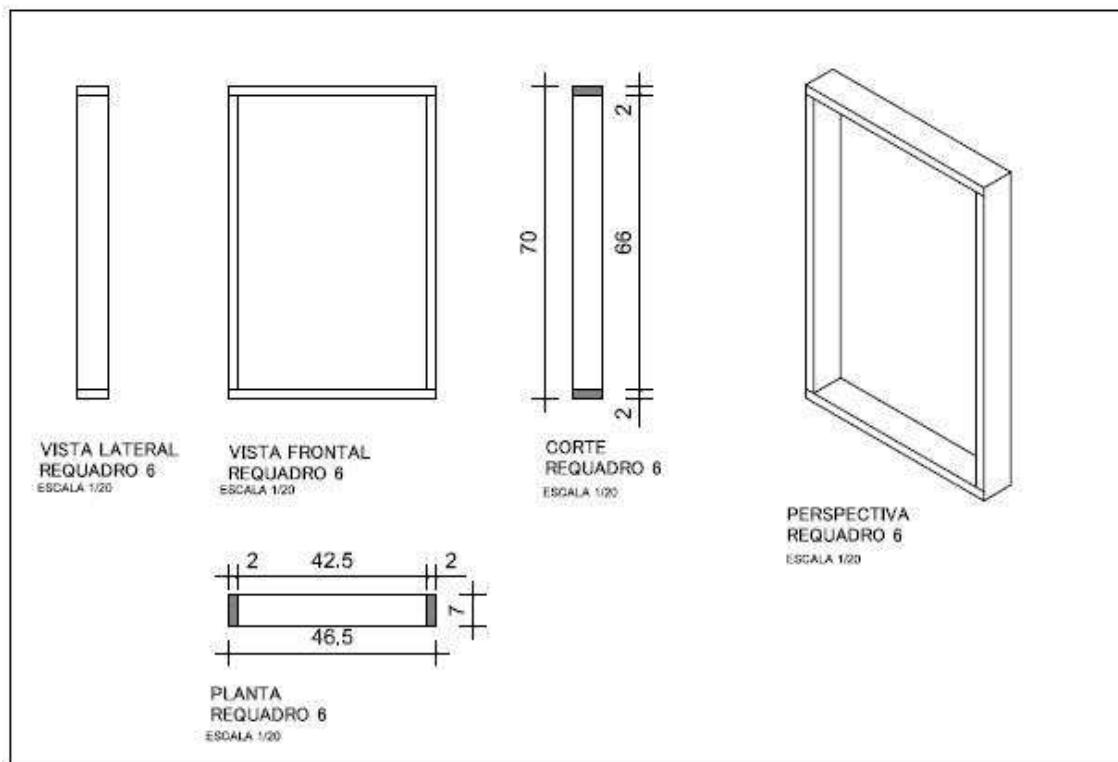
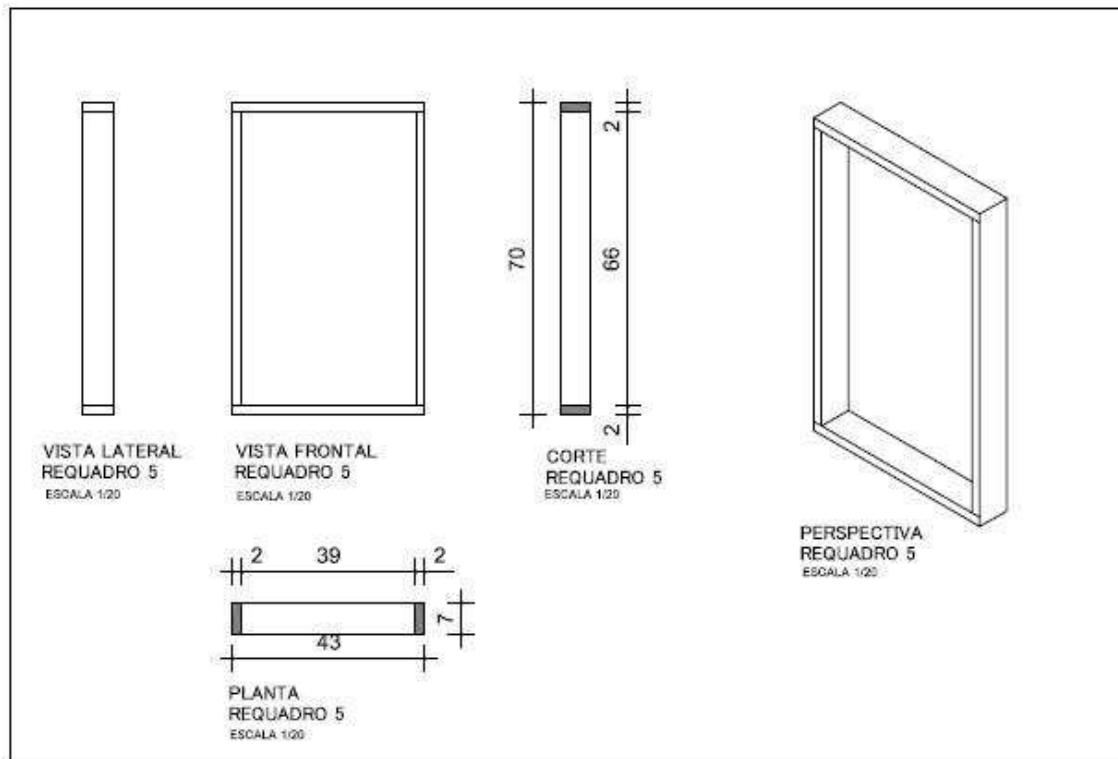
Fonte: Autora.

Figura 59 - Projeto executivo dos requadros 3 e 4 referente à Figura 55 (unidades em cm).



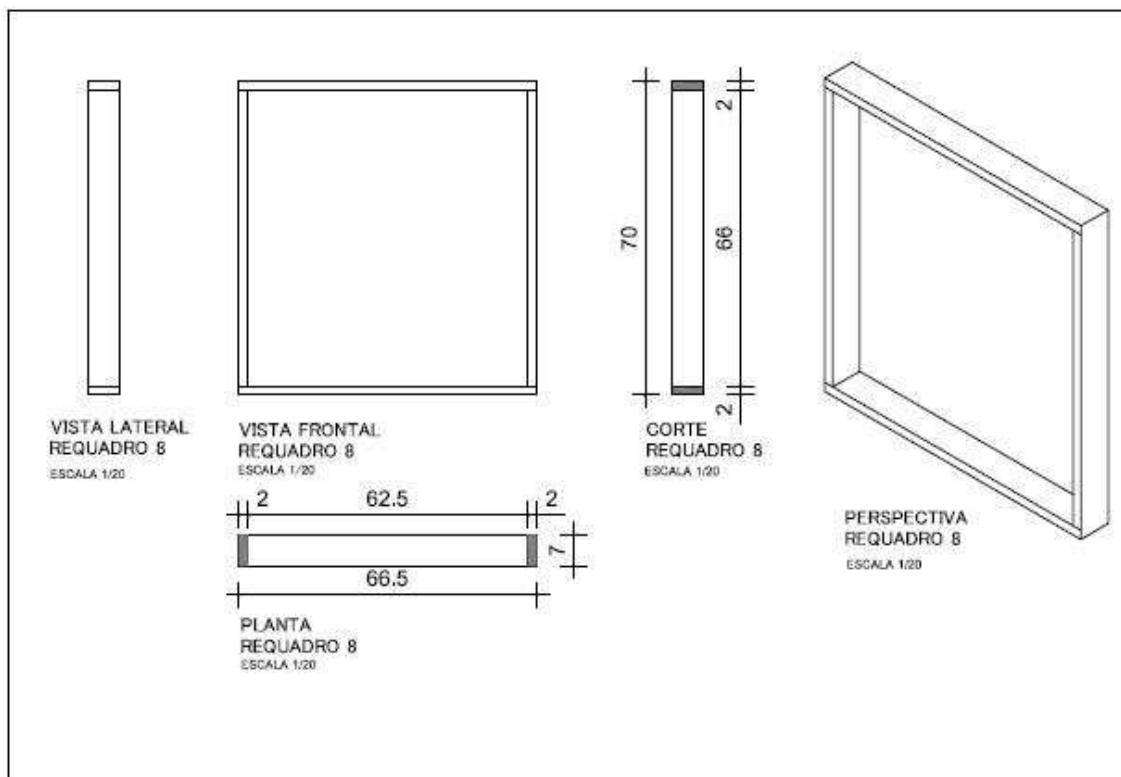
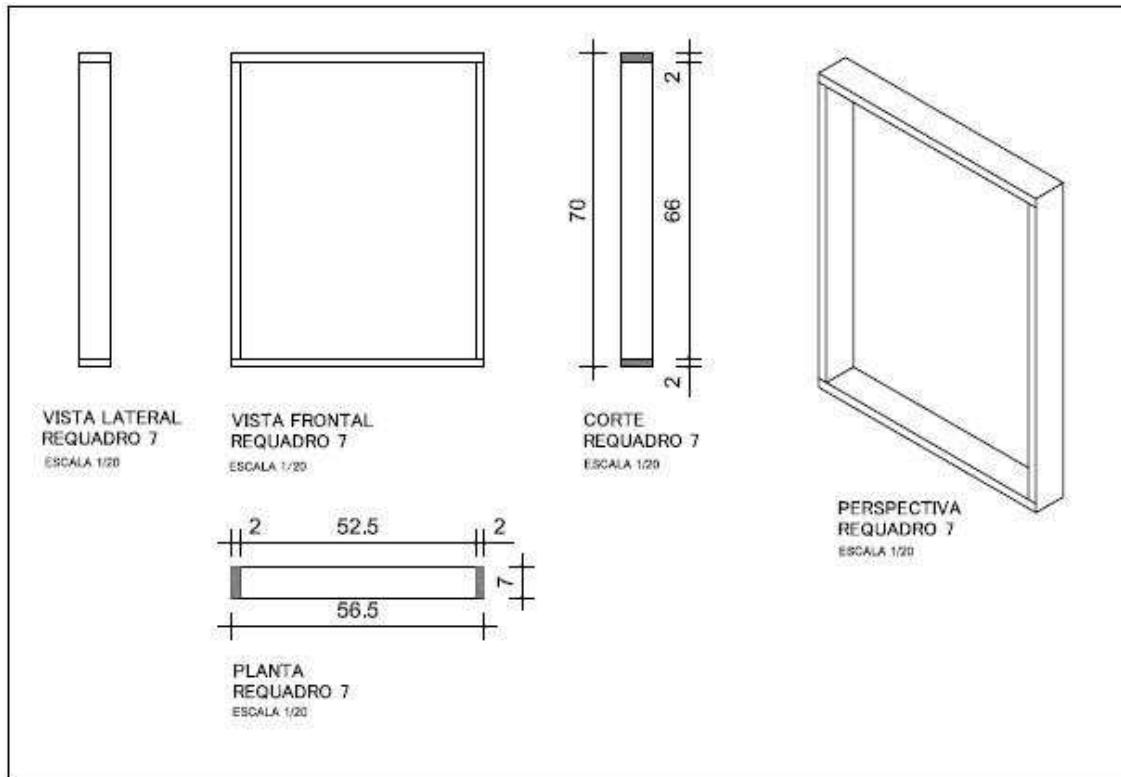
Fonte: Autora.

Figura 60 - Projeto executivo dos requadros 5 e 6 referente à Figura 55 (unidades em cm).



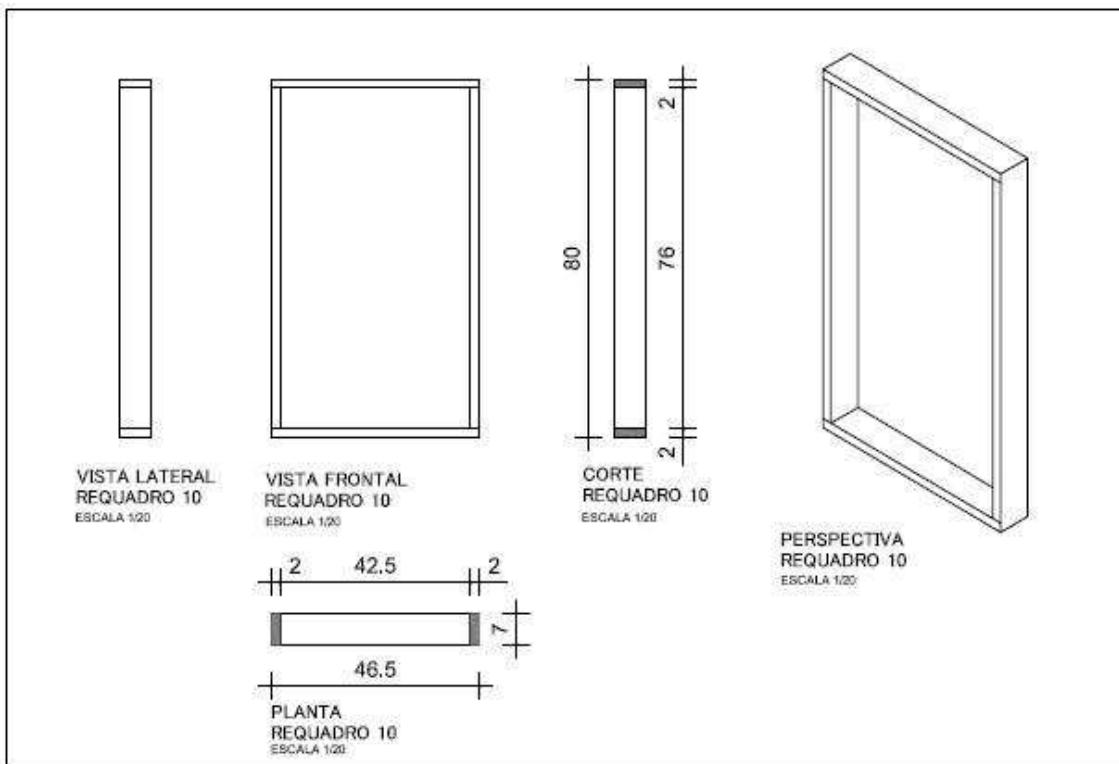
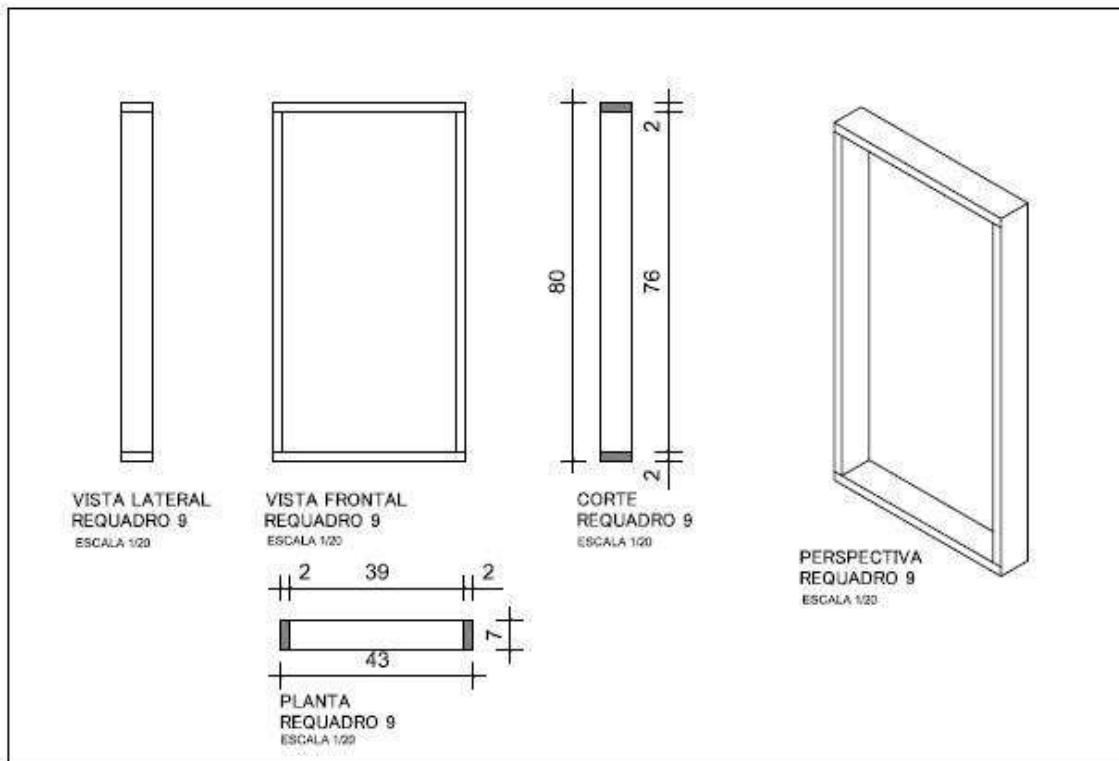
Fonte: Autora.

Figura 61 - Projeto executivo dos requadros 7 e 8 referente à Figura 55 (unidades em cm).



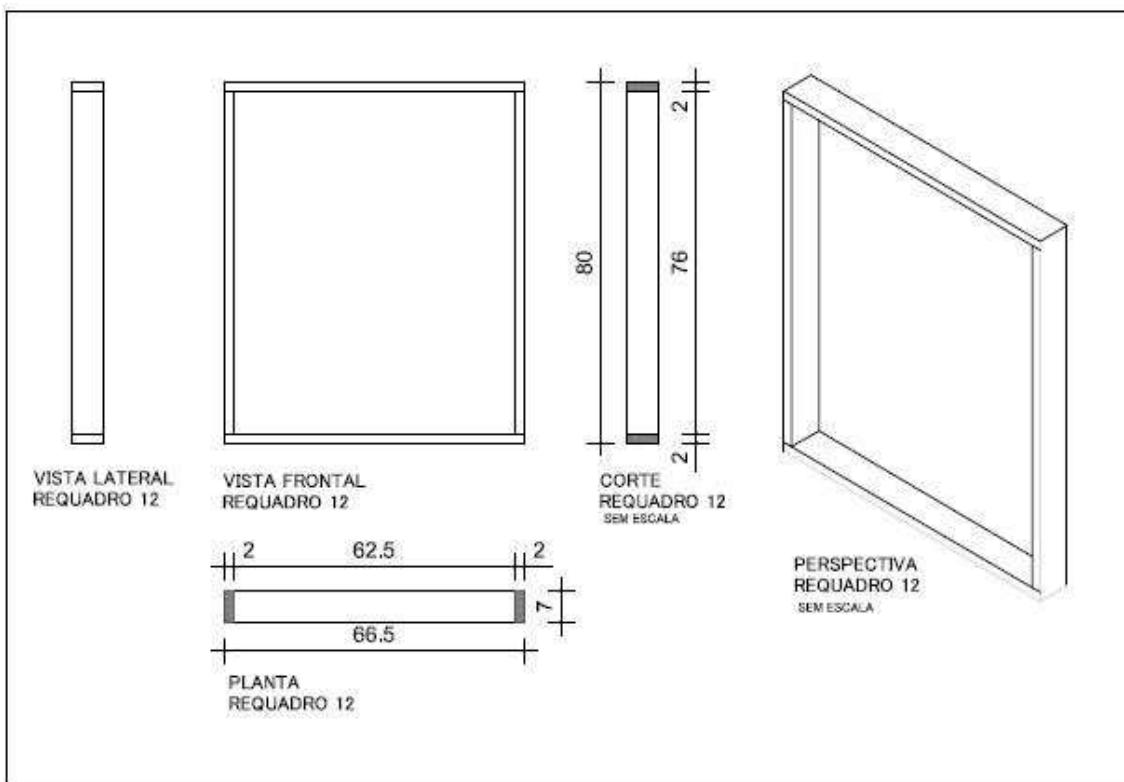
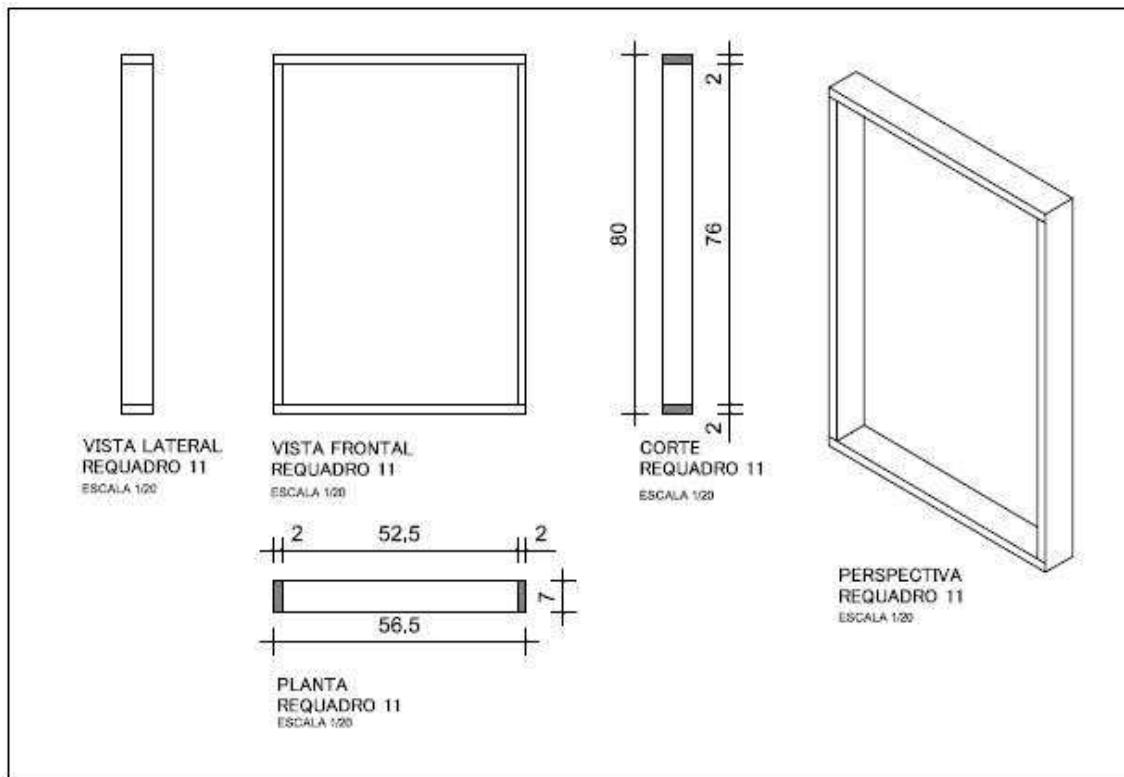
Fonte: Autora.

Figura 62 - Projeto executivo dos requadros 9 e 10 referente à Figura 55 (unidades em cm).



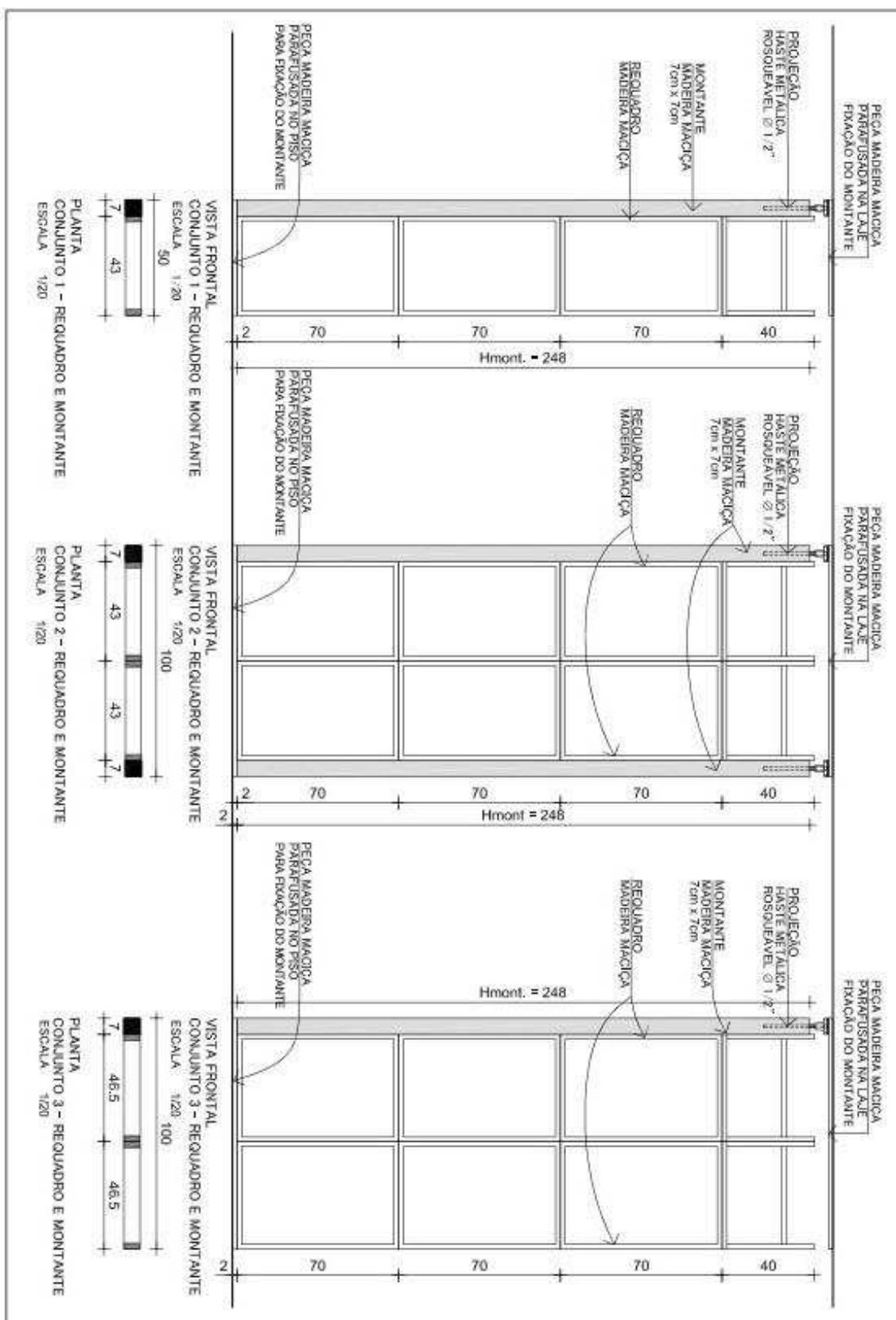
Fonte: Autora.

Figura 63 - Projeto executivo dos requadros 11 e 12 referente à Figura 55 (unidades em cm).



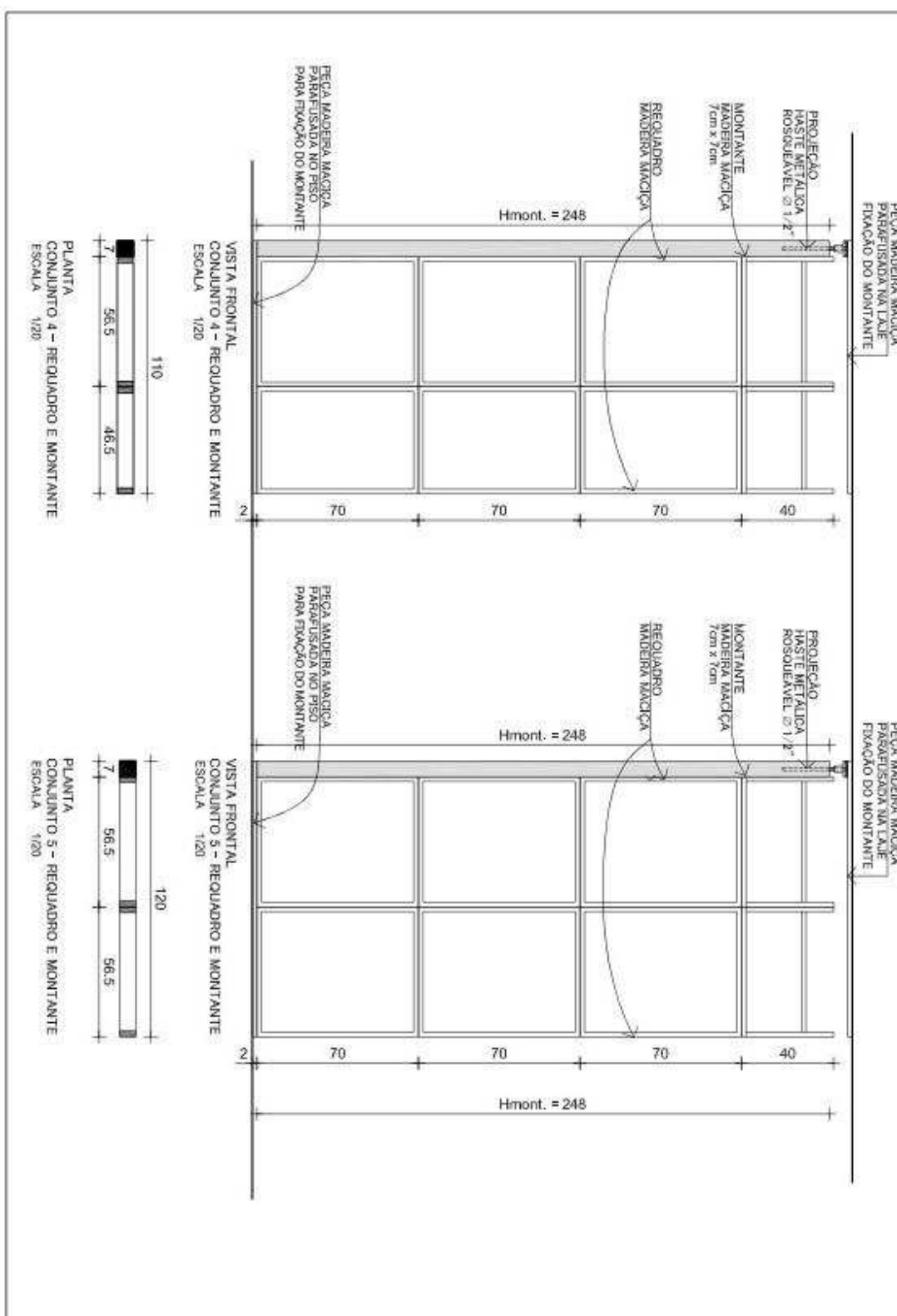
Fonte: Autora.

Figura 64 - Projeto executivo do conjunto 1, conjunto 2 e conjunto 3 (unidade em cm).



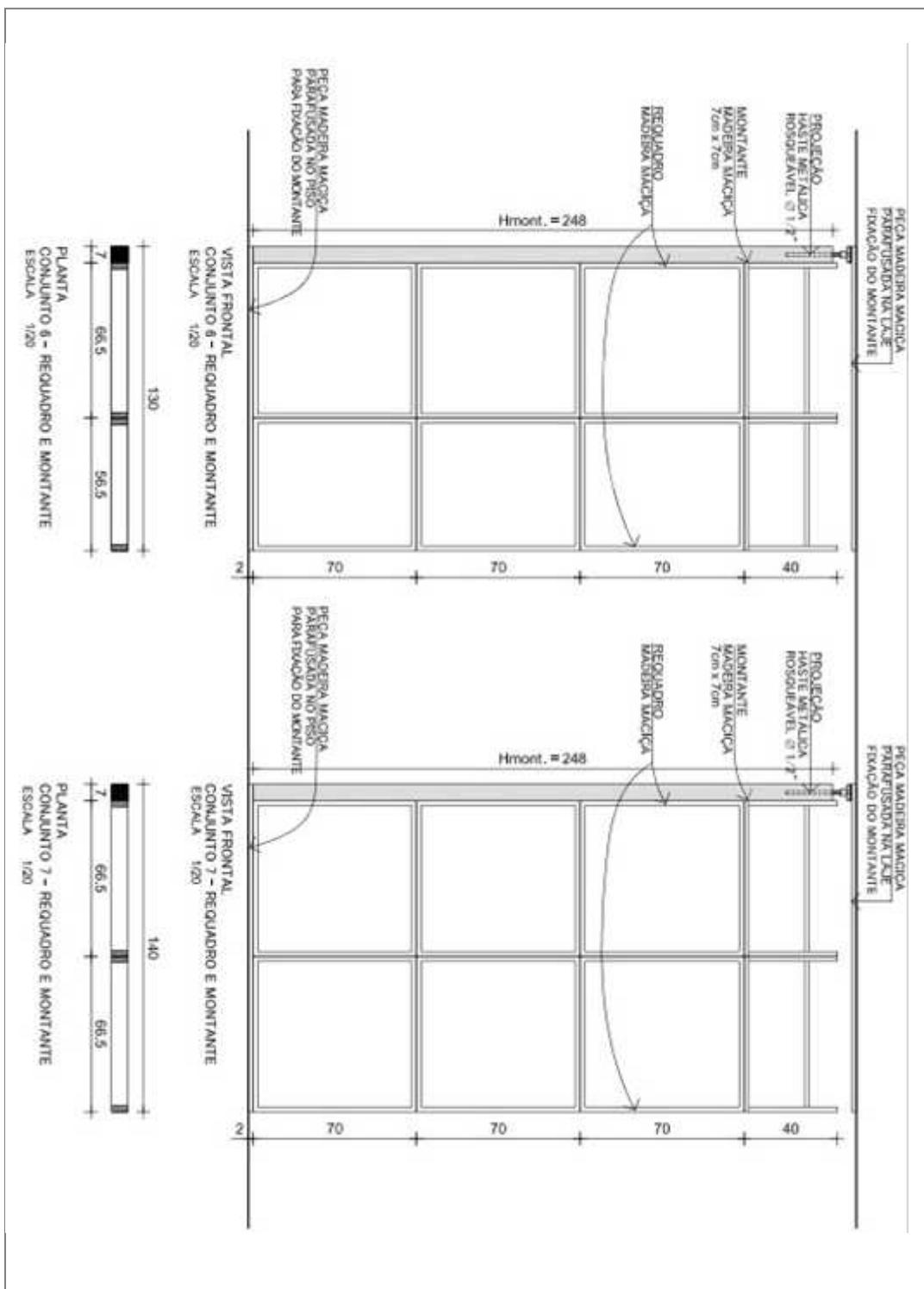
Fonte: Autora.

Figura 65 - Projeto executivo do conjunto 4 e conjunto 5 (unidade em cm).



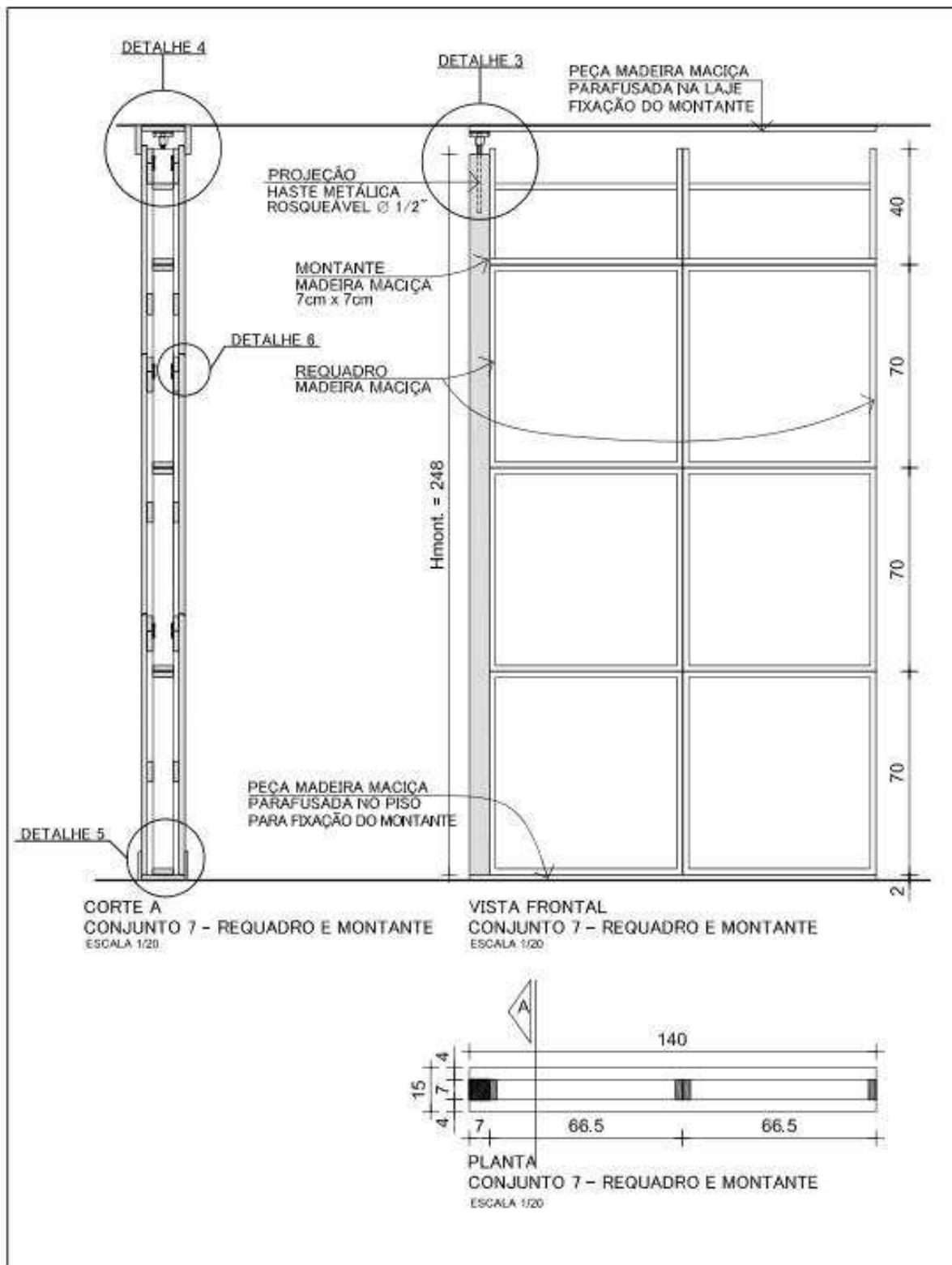
Fonte: Autora.

Figura 66 - Projeto executivo dos conjunto requadro e montante: conjunto 6, conjunto 7. (unidades em cm).



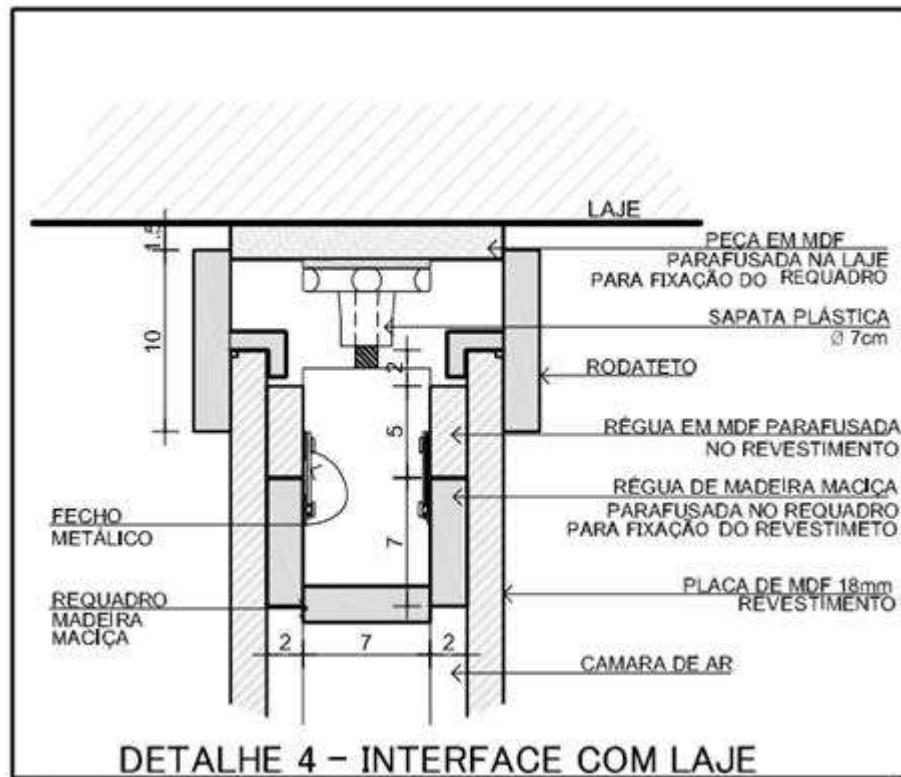
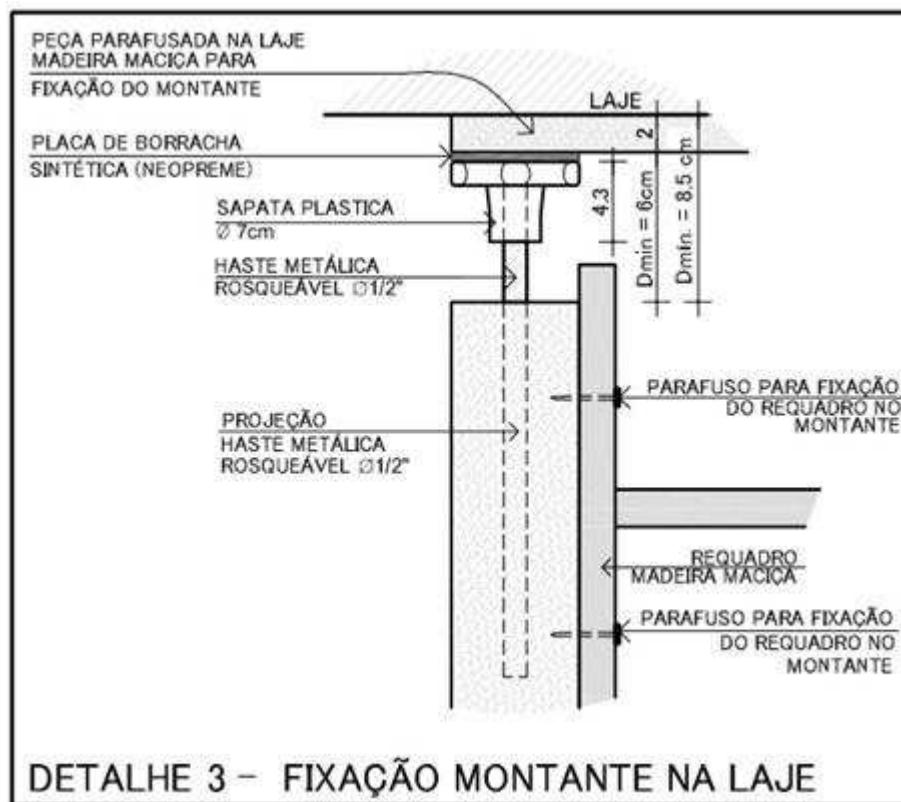
Fonte: Autora.

Figura 67 - Projeto executivo com corte do conjunto 7 e a indicação dos detalhes (unidades em cm).



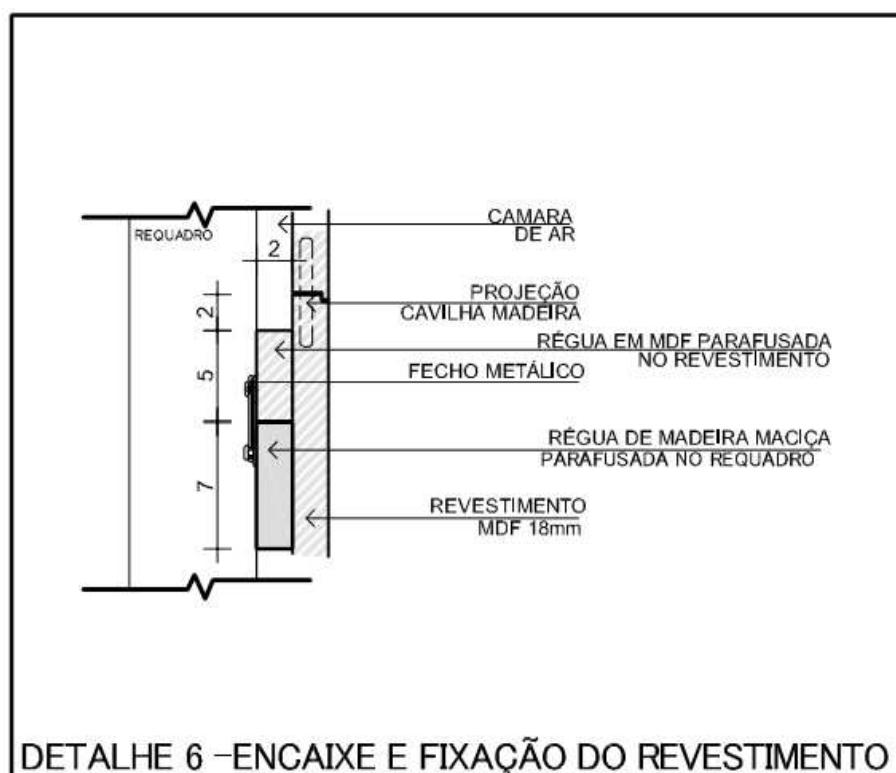
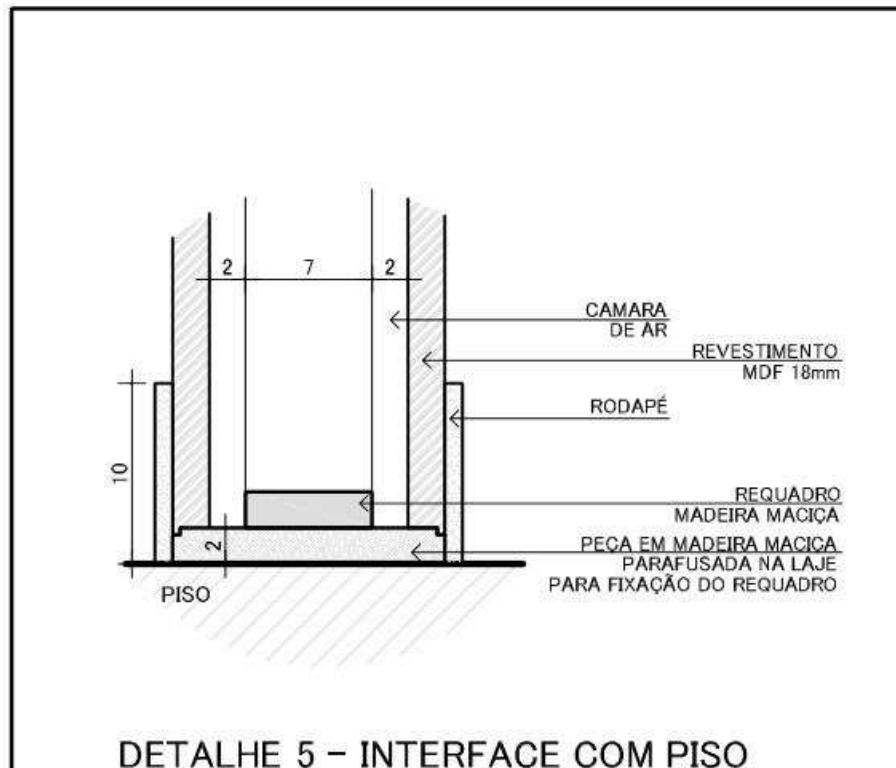
Fonte: Autora.

Figura 68 - Detalhe 3: Fixação montante na laje; Detalhe 4: interface do painel com laje (unidades em cm).



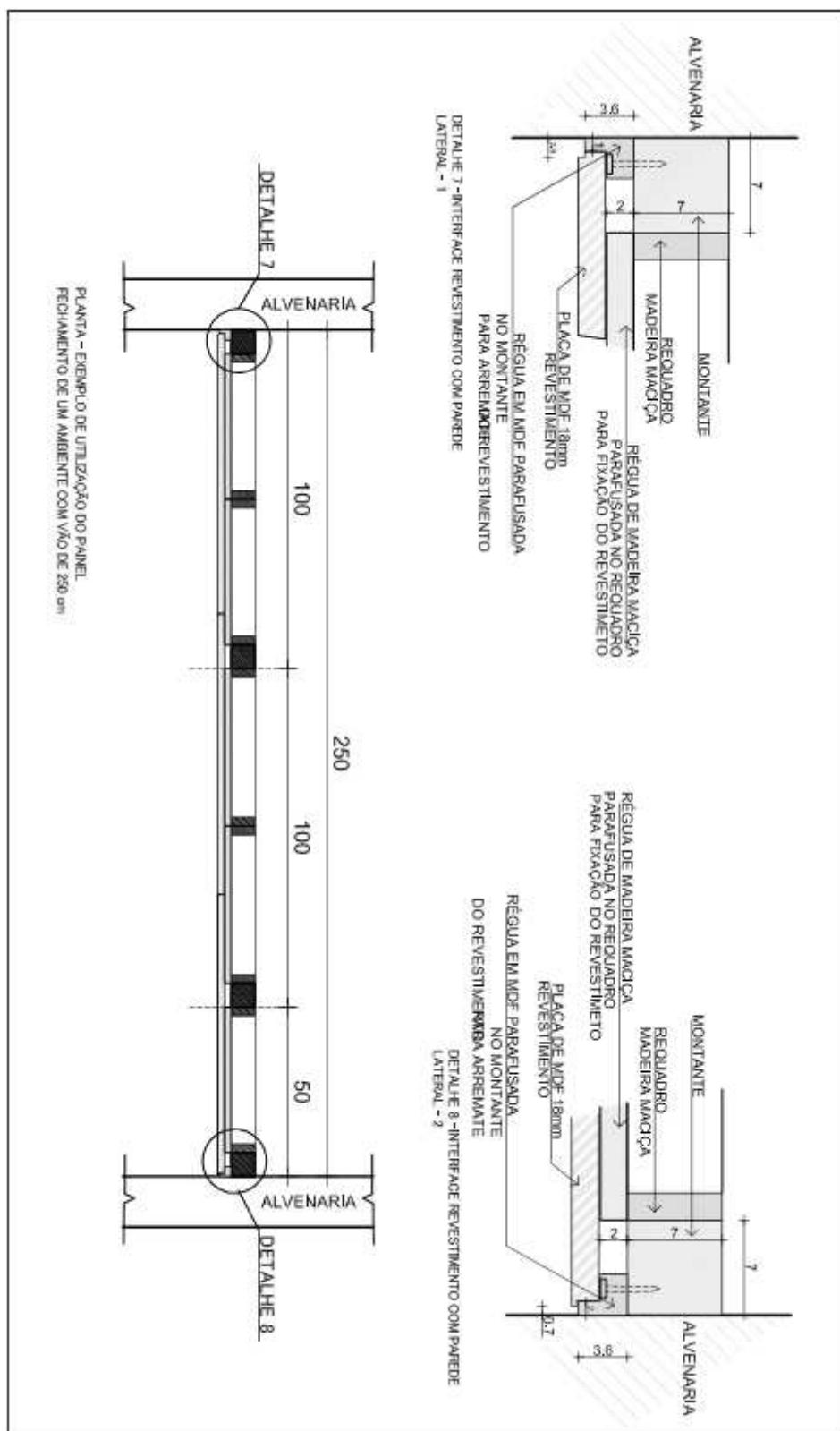
Fonte: Autora.

Figura 69 - Detalhe 5: interface do painel com o piso; detalhe 6: encaixe e fixação do revestimento (unidades em cm).



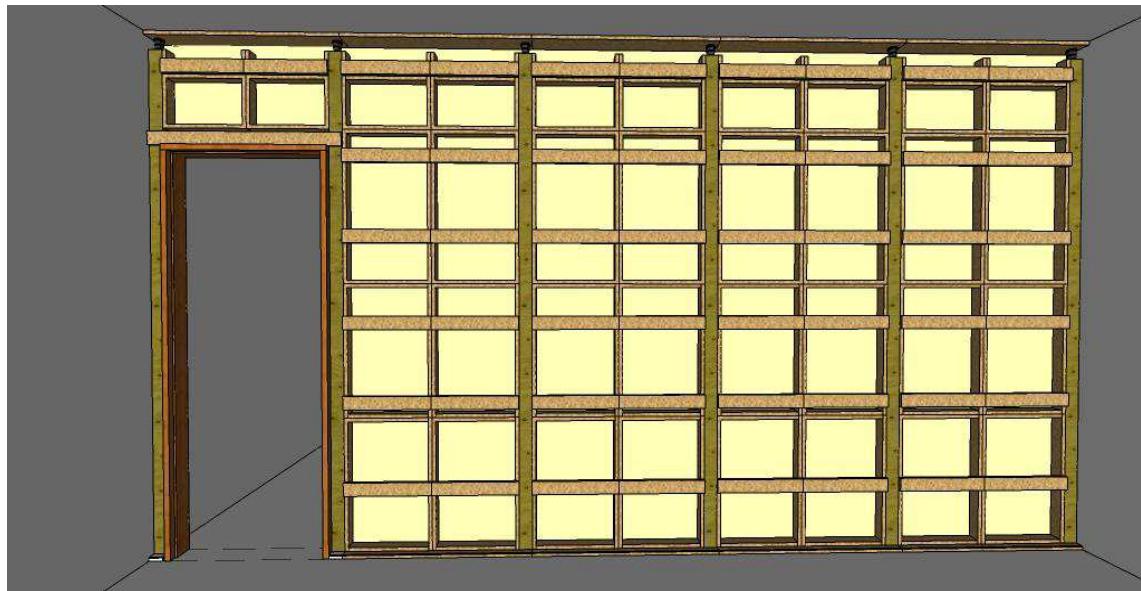
Fonte: Autora.

Figura 70 - Projeto representando interface do painel com a paredes laterais (unidades em cm).



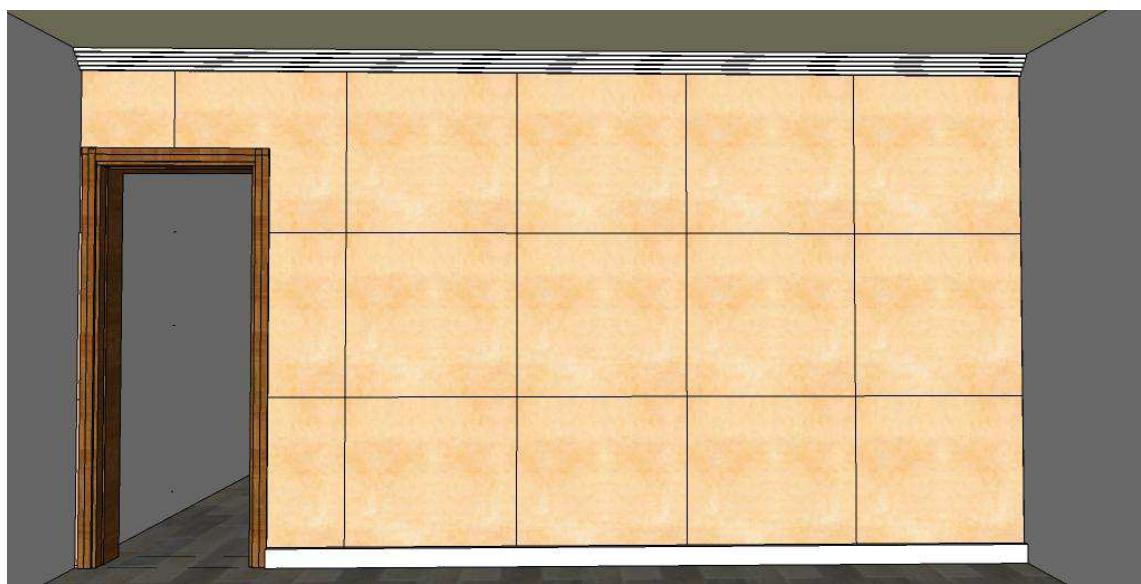
Fonte: Autora.

Figura 71 - Representação gráfica exemplificando a montagem dos componentes do painel em ambiente com utilização de esquadria (portal).



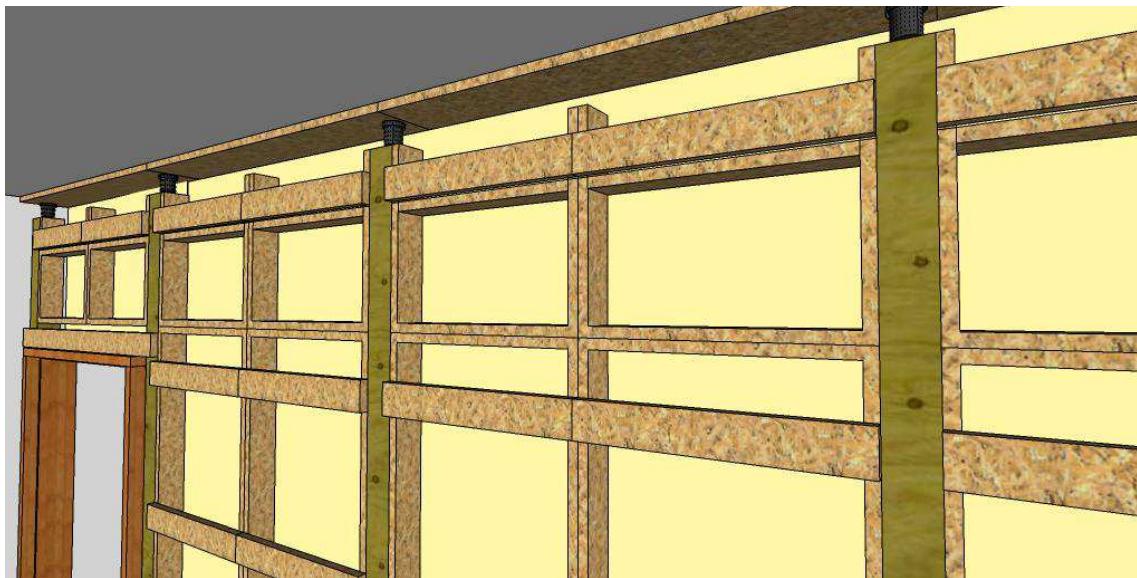
Fonte: Autora.

Figura 72 - Representação gráfica exemplificando o painel com acabamento . Utilização das placas de MDF como revestimento, esquadria (portal), rodapé e rodapé.



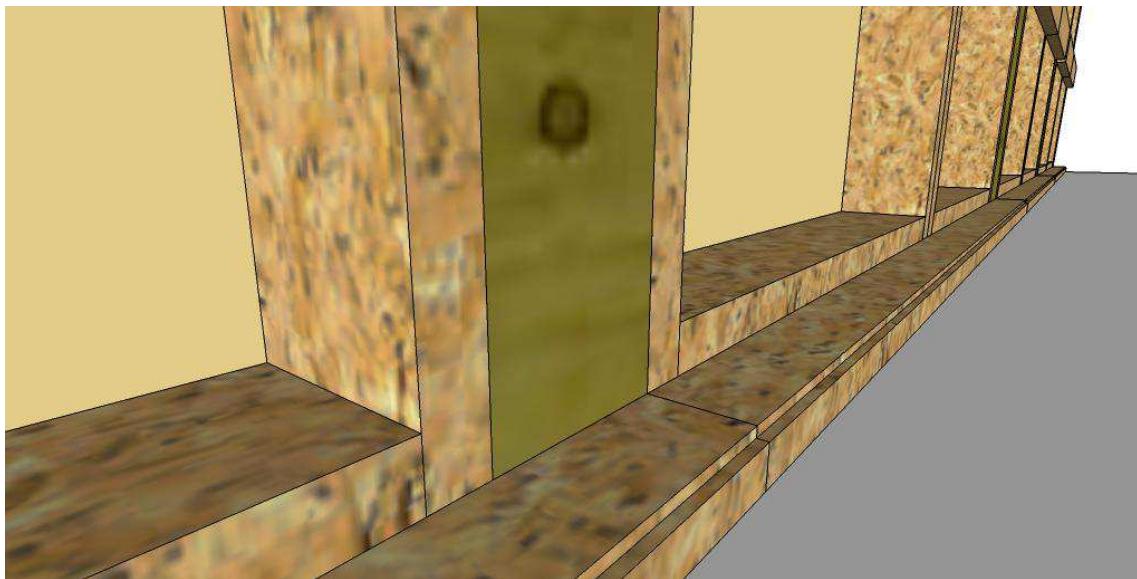
Fonte: Autora.

Figura 73 - Representação gráfica da interface dos componentes do painel na laje.



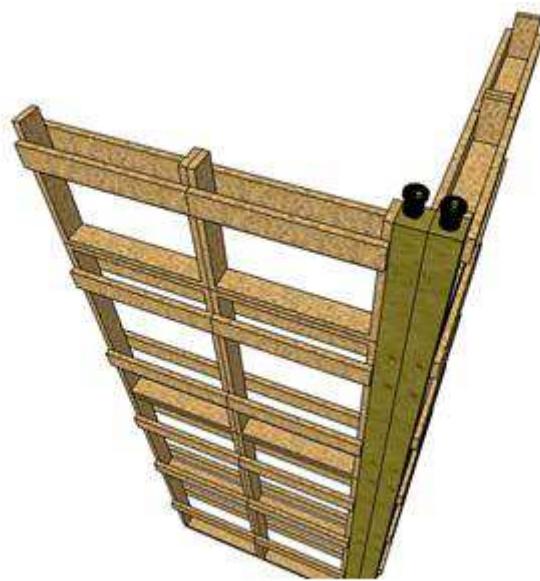
Fonte: Autora.

Figura 74 - Representação gráfica da interface dos componentes do painel no piso.



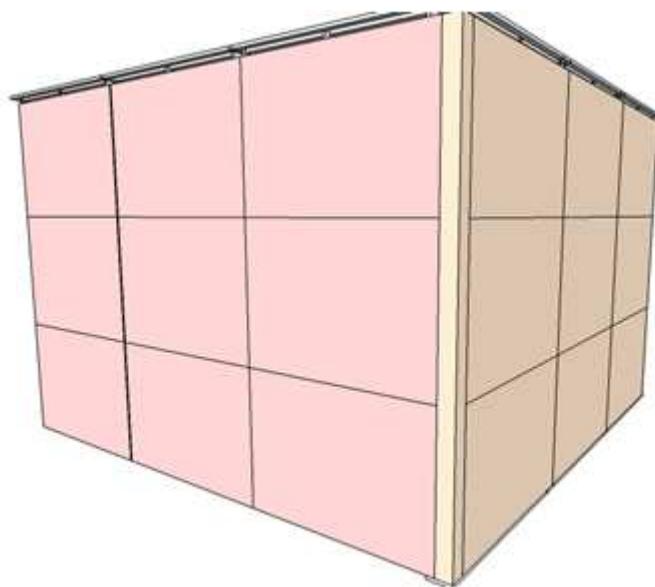
Fonte: Autora.

Figura 75 - Representação gráfica da interface painel com painel: união de dois montantes.



Fonte: Autora.

Figura 76 - Representação gráfica da interface painel com painel: acabamento com perfil em "L" de MDF.



Fonte: Autora.

5.5 Construção de Protótipo

O aprimoramento do projeto executivo foi realizado paralelamente à execução do protótipo que possibilitou a visualização de várias deficiências não observadas quando realizado o primeiro estudo.

O protótipo foi construído em parceria com Laboratório de Modelos e Protótipos (LAMOP) da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e Design do curso de Design da Universidade Federal de Uberlândia, com o auxílio do técnico do laboratório. O objetivo principal do protótipo foi de auxiliar na resolução projetual, e no levantamento dos custos de produção, constituindo parte da metodologia construtiva. Com a intenção de materializar o pensamento, consegue-se perceber e sentir o projeto com maior clareza. Isso influencia nos ajustes necessários dos detalhamentos, o que em maquetes físicas ou eletrônicas não se consegue.

Inicialmente ao se propor a construção do protótipo, intencionava-se perceber o painel visualmente no ambiente. Porém cada etapa da construção, cada ajuste ocorrido, ou na resolução de vários aspectos, garantiram uma melhor eficiência de todo o processo e o aprimoramento construtivo.

Como contribuição podem ser citadas várias situações como:

- A proposta inicial previa trabalhar peças individuais que respeitassem a modulação de 10cm, ou seja, cada componente que compõe o elemento painel teria suas dimensões adequadas à esta modulação. Porém ao se construir o protótipo se esbarrou em questões de medidas oferecidas pelo mercado, o que promoveu uma mudança de conceito desde o início do processo.
- Dimensões dos materiais encontrados no mercado de madeireiras e serrarias – as dimensões dos elementos do projeto foram alteradas para uma otimização no corte das peças utilizadas. Os montantes utilizados para fixar as peças do painel nos sistemas de laje e piso do edifício teriam inicialmente a seção de 10 cm × 10 cm, seguindo a modulação adotada. As peças de Pinus e Eucalipto encontradas tinham a seção de 7 cm × 7 cm, promovendo uma alteração no projeto. Por consequência os requadros de madeira passaram para 7 cm de largura acompanhando os montantes.
- Com as dimensões dos montantes alteradas para 7 cm, a composição do conjunto seguiria da modulação de 10 cm. Para resolver esta situação a

modulação não seria mais da peça individual, mas do conjunto: montante + requadro.

- As réguas de madeira para a fixação do revestimento, inicialmente estariam parafusadas nos montantes, sendo posicionada durante a montagem, numa etapa posterior à colocação dos requadros. Com a construção do protótipo, percebeu-se que fixando as réguas direto nos requadros, reduziria o tempo de montagem, pois já viriam prontas direto da fábrica. Para esta etapa é necessário a utilização de gabaritos, padronizando as dimensões entre as réguas.
- Percebeu-se também a necessidade de alterar o último requadro, rebaixando a peça que faz o fechamento superior 12 cm, como mostra Figura 57 os requadros 1 a 4. Esta alteração foi devido a dificuldades na fixação da placa de revestimento superior.

O protótipo finalizado foi montado no laboratório com intuito de testar a facilidade e agilidade de montagem. Não foi realizado nenhum teste para avaliação do desempenho, ficando a proposta de continuidade para um outro trabalho.

5.5.1 Material Utilizado

Foram utilizados como material:

- Madeira maciça de Pinus: tábua (30cm × 2,5cm × 300cm) e pontalete (7cm × 7cm × 300cm);
- Chapa de MDF de 18mm;
- Parafusos de união;
- Sapata plástica;
- Haste metálica rosqueável de 1/2";
- Fecho metálico

5.5.2 Equipamentos Utilizados

Foram utilizados equipamentos básicos de marcenaria:

- Serra de mesa;
- Esquadrejadeira;
- Desempenadeira;
- Furadeira de mesa;
- Furadeira portátil;
- Parafusadeira portátil;

5.5.3 *Etapas de produção*

Foi construído apenas um modelo de protótipo, utilizando a madeira de Pinus serrada, visto a dificuldade inicial de se encontrar a madeira de Eucalipto nas madeireiras da cidade de Uberlândia, e também da disponibilidade do LAMOP para a execução de um segundo modelo. A madeira serrada de Eucalipto foi encontrada somente na serraria Madesan de Uberlândia, e na empresa Agronelli de Uberaba.

O Pinus comprado em tábua e pontalete foi pré-cortado na madeireira em dimensões pré-determinadas para facilitar o transporte, e posteriormente redivididos nas dimensões para a montagem dos requadros conforme mostra a Figura 77.

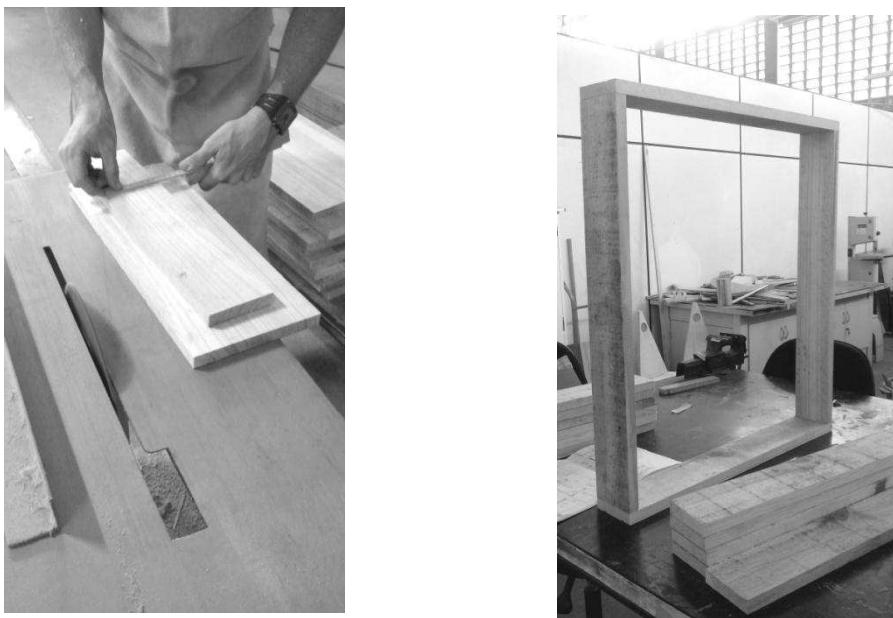
Figura 77 - Beneficiamento madeira Pinus para produção dos requadros.



Fonte: Autora.

A madeira apresentava-se verde, sendo necessário após o corte serem emparelhadas com espaçamento entre elas para a secagem por 5 dias. Após este período, os requadros foram montados com a madeira ainda um pouco úmida, Figura 78, porém considerando a secagem em serviço, haveria pouca variação dimensional, empenamentos ou torção das mesmas. O resultado após uma semana foi positivo, não apresentando alteração ou torção das peças.

Figura 78 - Beneficiamento madeira Pinus para produção dos requadros.



Fonte: Autora.

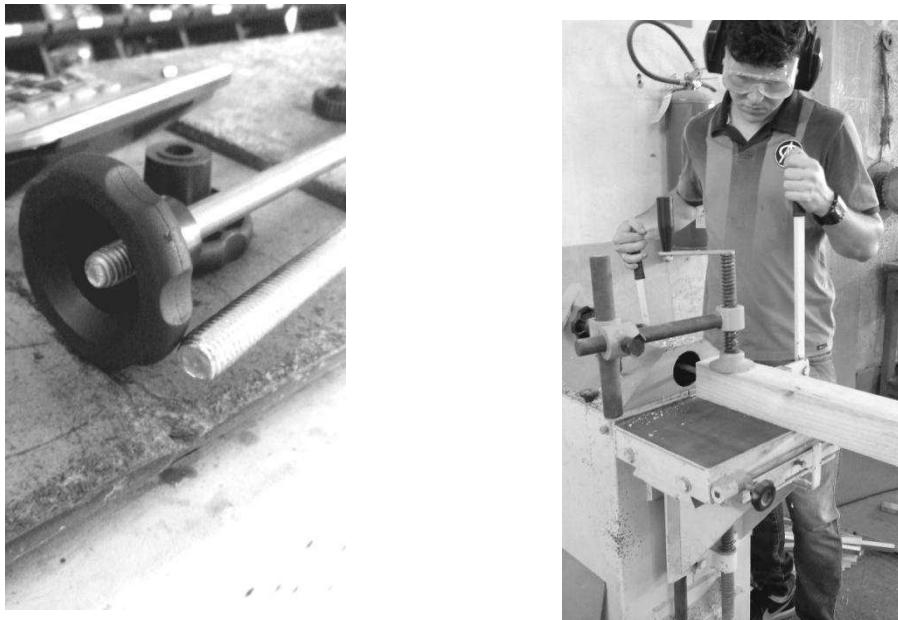
Concluiu-se com isso que a madeira Pinus pode ser comprada ainda verde, caso não haja a madeira seca no mercado, respeitando as condições para secagem num momento anterior à montagem do painel na obra. Torna-se necessário que na fábrica as peças sejam armazenadas adequadamente de forma que a madeira seque em trabalho sem apresentar torções ou empenos.

Quanto ao uso do Eucalipto serrado, segundo informações da serraria da empresa Agronelli, a madeira também pode ser utilizada com a umidade superior a estipulada pela ABNT NBR 7109 :1997, que orienta o uso da madeira com umidade a 12%. A secagem completa da madeira fornecida pela empresa citada acima, ocorre em uso, apresentando um bom aproveitamento e deformações compatíveis com as apresentadas por outros tipos de madeira de qualidade.

Diante disso, uma produção em larga escala, se houver a necessidade, a secagem da madeira pode ser completada após a montagem dos requadros, em área segura, porém antes de serem instaladas na obra para evitar ataque de fungos.

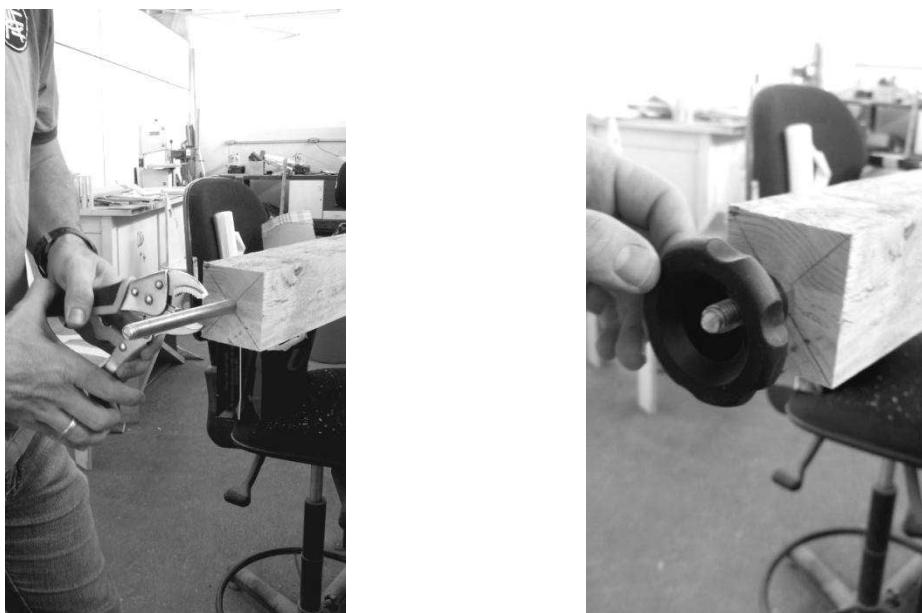
Após corte e montagem dos requadros, foram preparados os pontaletes, cortados e esquadrijados no topo para garantir precisão na instalação. Foram furados com a furadeira de mesa como mostra a Figura 79 em um dos topos para a colocação da haste metálica rosqueável, numa profundidade em torno de 30 cm, deixando a ponta de forma a encaixar a sapata presa por uma porca interna, ilustrado na Figura 80.

Figura 79 -Preparação do montante para receber a haste rosqueável com sapata.



Fonte: Autora.

Figura 80 - Preparação do montante para receber a haste rosqueável com sapata.



Fonte: Autora.

O corte das chapas de MDF entrou como terceira etapa. Foram levadas ao LAMOP já cortadas nas dimensões de (90 × 90) cm. O objetivo dessa dimensão era o

aproveitamento de toda a chapa de MDF (183×273) cm, e também a facilidade de se transportar as peças nessa dimensão. Apresentaram fácil transporte, porém é necessário veículo com carroceria para o deslocamento, além de pelo menos duas pessoas para o manuseio.

As peças foram esquadrejadas e posteriormente passadas na serra de mesa para fazer os rebaixos de encaixe dos topos. Na Figura 81 e na Figura 82a, pode ser observada a placa de MDF na furadeira de mesa para os furos das cavilhas. Ressalta-se nessa fase a importância de um gabarito para marcar as furações, para manter alinhado o furo e as cavilhas, e manter as placas de MDF alinhadas na montagem.

Figura 81 - Preparação da placa de MDF para a furação na furadeira de mesa.



Fonte: Autora.

Na parte posterior da placa de MDF são parafusadas as réguas de MDF para a fixação do fecho metálico, como mostrado na Figura 82b.

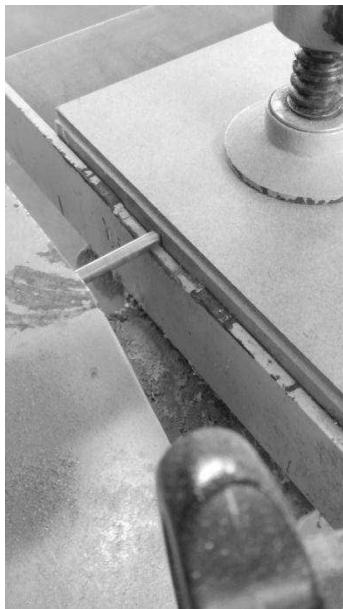
Após o preparo dos materiais seguiu-se a montagem das peças. Os requadros individuais foram presos de dois em dois na horizontal por parafusos de união, seguindo-se na vertical, como na Figura 83.

Prontos os requadros e placas de MDF, seguiu-se a marcação das réguas dos requadros para a fixação dos revestimentos, Figura 84. Esta marcação torna-se mais ágil com a

utilização de gabarito no momento da montagem dos requadros individuais, antes de serem fixados uns aos outros, ainda em fábrica, evitando serem montados em obra e por consequência reduzindo o tempo de montagem.

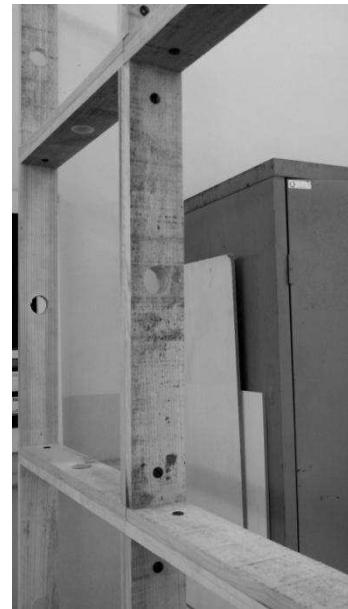
Figura 82 -Preparo das chapas de MDF para uso como revestimento.

- a) Preparação do revestimento com rebaixo das bordas das placas para encaixe de topo.
b) Fecho metálico utilizado para fixar a placa de MDF no requadro.



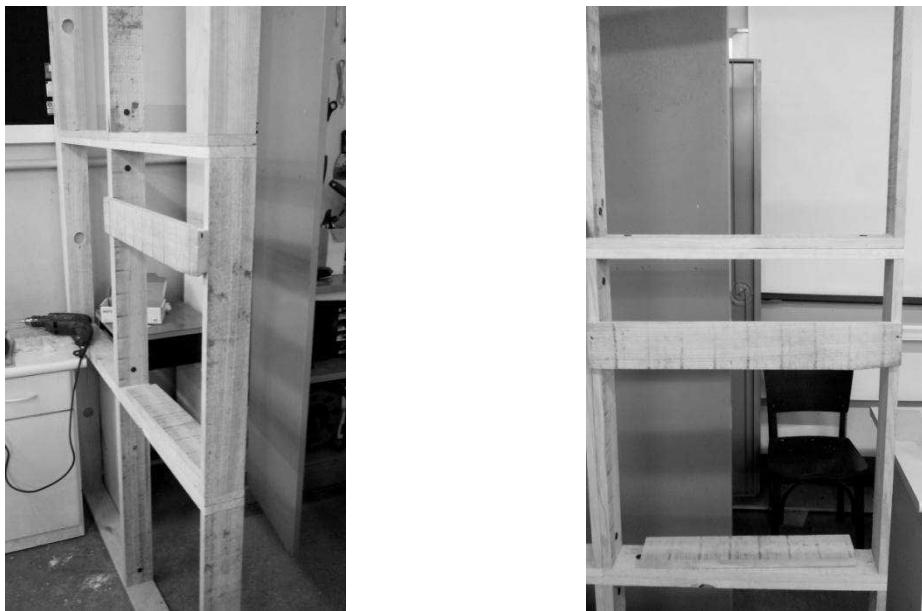
Fonte: Autora.

Figura 83 - Montagem dos requadros com parafusos.



Fonte: Autora.

Figura 84 - Montagem dos requadros e colocação das travessas onde serão fixados os revestimentos em MDF.



Fonte: Autora.

Finalizada esta etapa os pontaletes foram colocados num ambiente do laboratório com pé direito compatível com a altura do montante e montados os requadros presos ao pontalete, seguidas pelas placas de MDF acompanhando a ordem de montagem do painel.

Vale ressaltar a importância que o protótipo apresentou para o aprimoramento projetual e também para a experiência da montagem do painel. Comprovou a viabilidade enquanto facilidade de montagem e desmontagem sem a necessidade de mão de obra especializada, podendo ser oferecido ao usuário um manual de montagem e desmontagem caso queira ele mesmo realizar a execução do protótipo.

Figura 85 - Teste de montagem do painel.



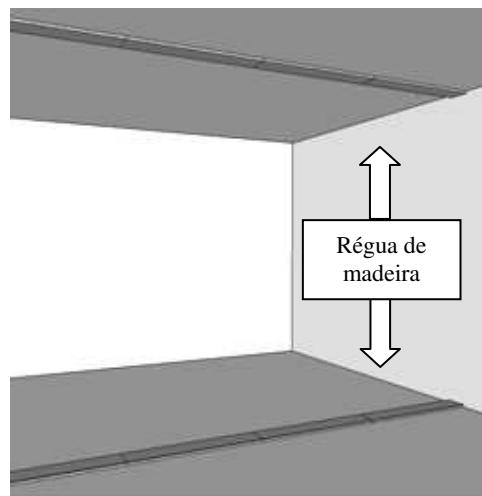
Fonte: Autora.

5.5.4 Etapas de Montagem do Painel

A seguir seguem as etapas de montagem do painel através de ilustrações para fácil entendimento:

1 - Inicialmente parafusa-se as réguas de madeira no piso e na laje (Figura 86);

Figura 86 - Fixação réguas de madeira na laje e no piso.

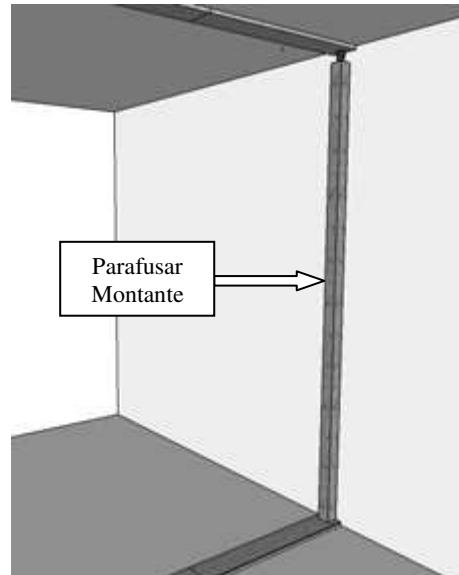


Fonte: Autora.

2 - Parafusa-se o primeiro montante na parede (Figura 87);

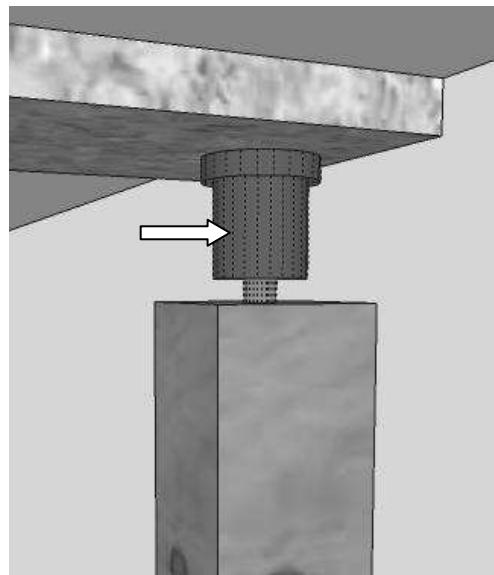
3 - Regulagem do montante na parte superior (Figura 88);

Figura 87 - Fixação do montante na parede existente.



Fonte: Autora.

Figura 88 - Regulagem do montante na laje.

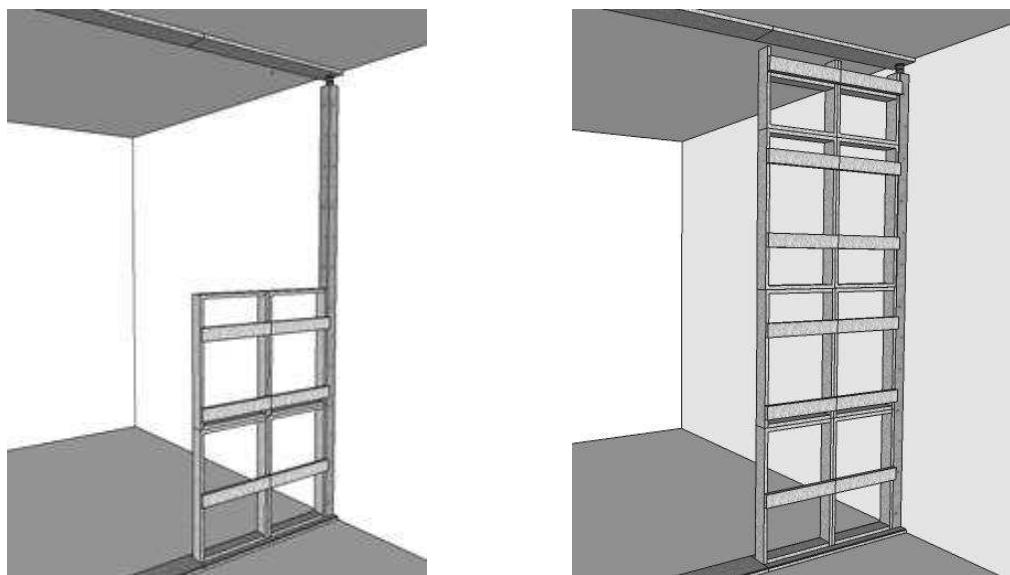


Fonte: Autora.

4 - Preparação do primeiro conjunto de requadros (Figura 89);

5 - Fixação do conjunto de requadros no montante parafusado na parede (Figura 89);

Figura 89 - Colocação e fixação do primeiro jogo de requadros.



Fonte: Autora.

6 - A partir do segundo conjunto de componentes, a união do requadro e montante pode ser realizado antes da fixação do montante no local. Preparação do segundo conjunto de componentes: requadro e montante (Figura 90);

7 - Fixação do segundo conjunto, dando continuidade à montagem do painel: regulagem do montante na parte superior e fixação por parafuso no requadro do primeiro conjunto fixado no local (Figura 91);

Figura 90 - Preparação do segundo conjunto de componentes.

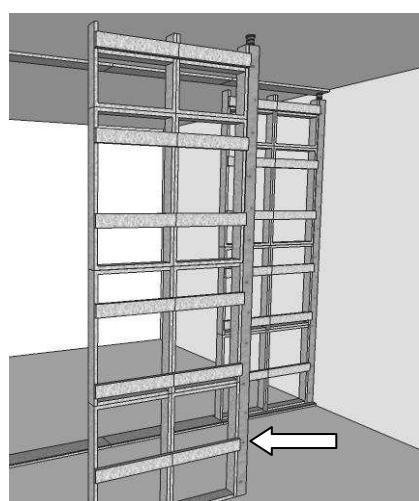
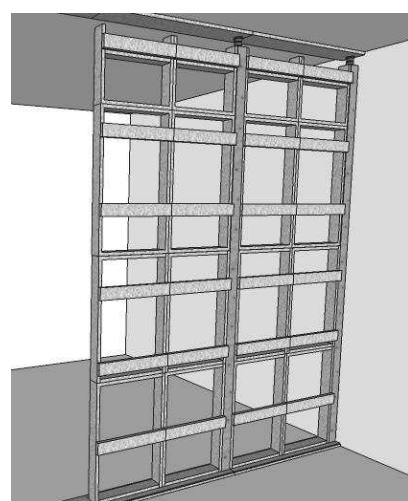


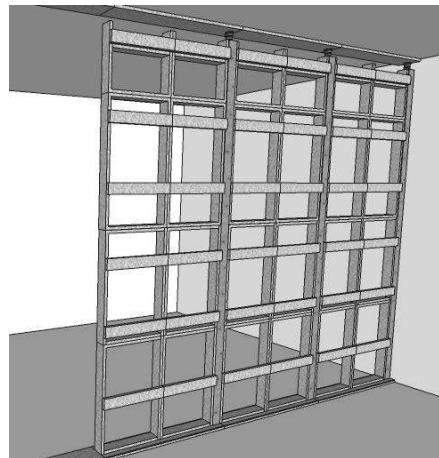
Figura 91 - Colocação e regulagem do segundo conjunto de componentes; Fixação no conjunto anterior por parafusos.



Fonte: Autora.

8 - Os demais conjuntos de componentes continuaram na sequencia, com montagem semelhante ao segundo conjunto (Figura 92);

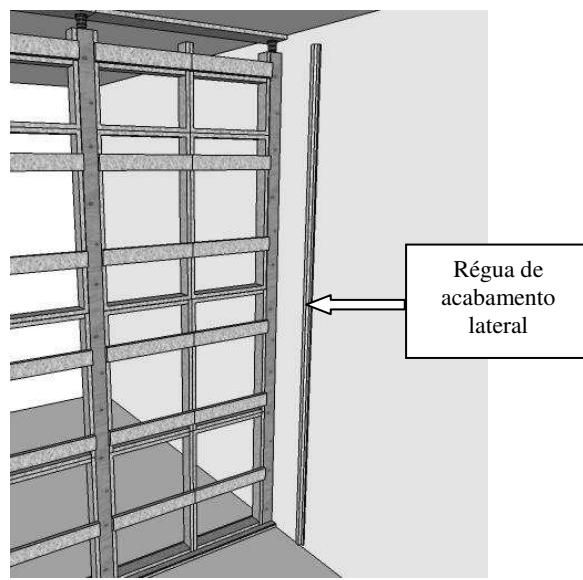
Figura 92 - Colocação do terceiro e demais conjuntos de componentes.



Fonte: Autora.

9 - Fixação por parafuso da régua para acabamento da lateral do painel (Figura 93).

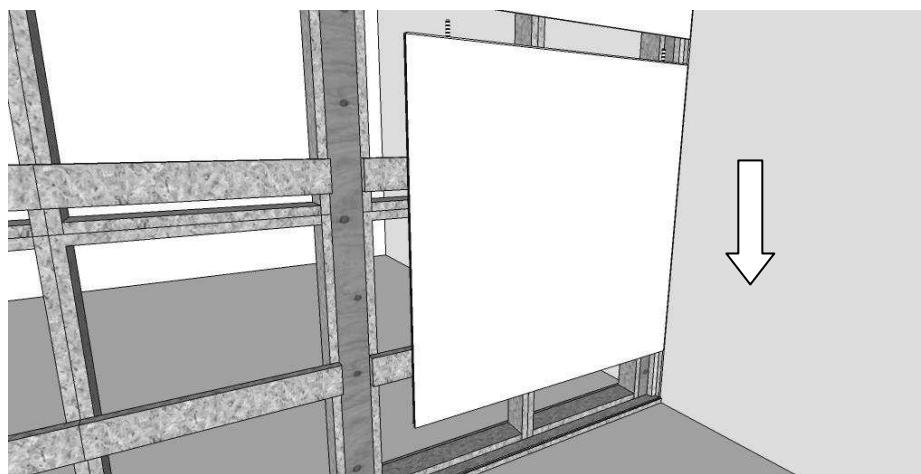
Figura 93 - Fixação da régua de acabamento na lateral.



Fonte: Autora.

10 - Fixação dos revestimentos - coloca-se a primeira placa de MDF conforme a Figura 94 apoiando-a na régua de madeira fixa no piso. Trava-se a placa no requadro através do fecho metálico localizado na parte posterior da placa de MDF.

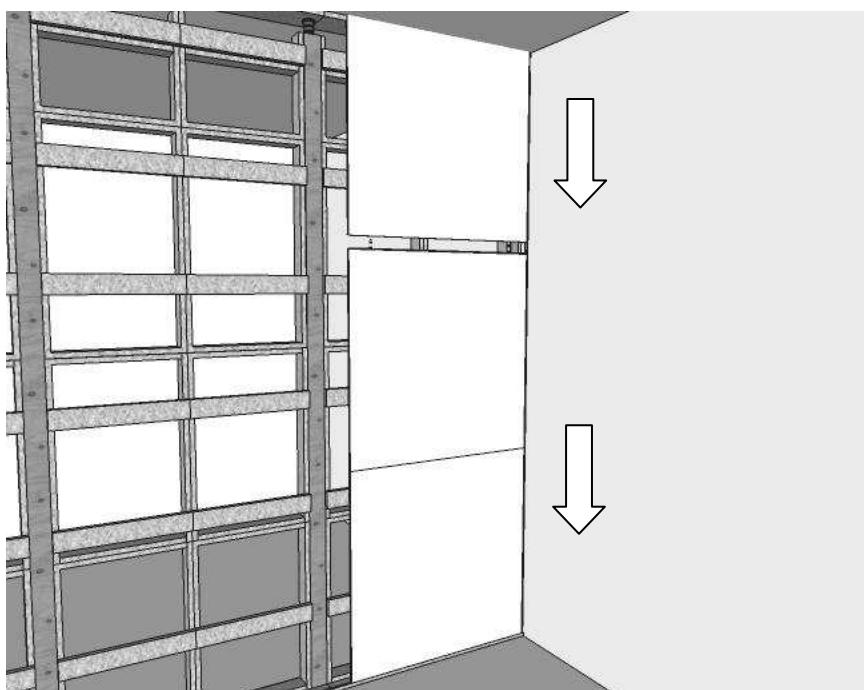
Figura 94 - Colocação primeira placa de MDF e fixação por fecho metálico na parte posterior.



Fonte: Autora.

11 - Na sequencia, coloca-se as outras placas apoiadas umas sobre as outras. A cada placa fixada, trava-se o fecho metálico no requadro, conforme Figura 95.

Figura 95- Colocação e fixação das placas de acabamento.



Fonte: Autora.

5.5.4 Custo para fabricação

Na Tabela 1 segue levantamento do custo para a produção dos painéis, tomando por base a construção do protótipo. Deve ser considerado para este levantamento, que a produção foi realizada de forma artesanal, o que implica numa aumento de custo quando comparado a uma produção industrial.

O cálculo da mão de obra foi baseado num salário de um funcionário, considerando 44 horas semanais trabalhadas e encargos trabalhistas.

Na Tabela 2 segue o levantamento de custo de outros materiais para a construção de paredes para vedação interna, com objetivo de se comparar os valores de investimento.

Através dos custos apresentados pode-se observar que o painel de madeira gera um custo equivalente à 100% do custo de vedações de tijolos cerâmicos. Isso se deve principalmente pelo valor da matéria prima utilizada para fazer o painel de madeira, apresentar um custo elevado quando comparado aos demais materiais de construção.

Tabela 1 - Levantamento de custo da produção de painel leve de madeira.

Descrição	Componentes	Unidade	\$ Material	\$ Mão de Obra	\$ Total	Total Geral
Painel de madeira com revestimento de MDF	Madeira maciça de Pinus ou Eucalipto	m ²	8,37	47,00	5,37	
	MDF para revestimento	m ²	54,80		54,0	132,97
	Haste rosqueável	m ²	3,60		3,60	
	Acessórios (parafusos, sapata, fecho)	m ²	20,00		20,00	

Fonte: Autora.

Tabela 2 - Levantamento de custos de outros materiais para construção de paredes.

Descrição	Componentes	Unidade	\$ Material	\$ Mão de Obra	\$ Total	Total Geral
Parede de alvenaria interna (15cm de espessura)	Tijolos cerâmico (9 x 14 x 29)	m ²	10,71	20,00	30,71	
	Argamassa (1:2:8)	m ²	2,33		2,33	66,33
	Chapisco (1:4)	m ²	2,47		2,47	
	Reboco (1:2:11)	m ²	10,82	10,00	30,82	
Parede de alvenaria interna (15cm de espessura)	Blocos de concreto (9 x 19 x 39)	m ²	18,00	15,00	33,00	
	Argamassa (1:2:8)	m ²	2,50		2,50	54,00
	Reboco em gesso	m ²	5,50	13,00	18,50	
Parede de gesso acartonado (dry wall)	Painel com requadro de metal com revestimento em gesso acartonado	m ²		85,00	85,00	85,00

Fonte: Autora.

5.6 Fornecimento de matéria prima

Quanto ao fornecimento de matéria-prima foi observada uma grande deficiência de madeira de reflorestamento adequada para a utilização na construção civil tanto em madeireiras quanto em serrarias. Uberlândia de uma forma geral é uma cidade que possui um mercado que valoriza o uso das chamadas “madeiras de lei”. Há ainda um preconceito a ser vencido quanto ao uso das madeiras de reflorestamento, como o Pinus e Eucalipto, para a construção civil.

O Pinus e o Eucalipto foram inseridos na região para atender principalmente às indústrias de papel e celulose, sendo posteriormente utilizadas na construção como fôrmulas e escoras. Há aproximadamente duas décadas, o Eucaliptus roliço está sendo inserido no mercado da cidade de Uberlândia, recebendo uma aceitação gradual dos

usuários, devido principalmente ao menor custo quando comparado às outras madeiras de qualidade.

Para o desenvolvimento da pesquisa foram feitas entrevistas com madeireiras e serrarias da região de Uberlândia. Nas madeireiras entrevistadas foi marcante a opinião dos fornecedores quanto ao emprego da madeira de Eucalipto serrado e Pinus na construção civil. O Eucalipto serrado não é comercializado nas madeireiras e o Pinus possui mais aceitação, porém com uso direcionado à construção de fôrmas e escoras. Quanto aos fornecedores, a maioria das madeiras de Pinus provém do sul do país devido às dimensões estreitas das peças fornecidas pelas serrarias da região.

As fazendas de florestas plantadas da região fazem o corte muito precoce das árvores resultando em peças finas. Como as tábuas de pinus são utilizadas para a construção de fôrmas, as dimensões solicitadas variam de 25 cm a 30 cm de largura. Assim a madeireira prefere fazer a compra em estados do sul e pagar o frete mais caro, do que ter peça estreita parada em estoque. Apesar das dificuldades apresentadas estas não representaram empecilhos para a obtenção da matéria prima para a construção dos painéis. Porém as dimensões encontradas foram bem restritas:

- As tábuas apresentavam - (30×2,5×300) cm (largura × espessura × comprimento);
- Os pontaletes apresentaram - (7×7×300) cm de comprimento;

Quanto ao Eucalipto serrado, não há comercialização nas madeireiras da cidade. A serraria Madesan, realiza o processo de serrar o Eucalipto, fornecendo o material principalmente para a indústria de pallets e embalagens. As dimensões encontradas do material foram:

- As tábuas apresentavam – (15×2,5×300) cm (largura × espessura × comprimento);
- Os pontaletes apresentaram - (7×7×300) cm de comprimento

As tábuas de Eucalipto são mais estreitas pois são provenientes de toras finas resultantes do corte das árvores jovens com no máximo 8 anos. E esta diferença entre a largura das madeiras de Pinus e Eucalipto se deve pelo lento crescimento do segundo em comparação ao primeiro. Não recebem o tratamento em autoclaves por ser um processo de alto custo tornando inviável sua comercialização. A única empresa que fornece esses serviços de tratamento em autoclave na cidade é a SEAPE. Segundo representante da

Madesan, os custos da madeira tratada ultrapassam os custos da “madeira de lei” e o mercado não absorve tal matéria prima.

O fornecimento de toras mais grossas pelas florestas plantadas envolve questões que incluem o investimento em plantio de espécies que atendam às exigências de qualidade para o uso na construção civil, e também o investimento em prazos que variam de 12 a 25 anos para cortes de árvores mais robustas. A utilização de elementos com componentes em madeira com dimensões reduzidas possibilita a utilização de árvores com menos tempo de plantio, reduzindo o tempo de investimento.

A SEAPE, uma das empresas fornecedora de Eucalipto roliço na cidade com plantio próprio, faz controle das espécies plantadas, assim como época de corte conforme solicitação do mercado. As toras após corte são secadas ao natural e tratadas em autoclave. A empresa também oferece o serviço de tratamento em autoclave para outras fornecedoras, com um custo girando em torno de R\$1.100,00/m³. Possui projeto para montagem de serraria própria para o fornecimento de madeira serrada, porém sem um prazo determinado para a realização, visto a falta de demanda pelo material.

O produto Eucalipto serrado não comercializado na cidade, possui comercialização em Uberaba, localizada a 100 km de Uberlândia. A empresa Agronelli, apresenta o setor de madeira com plantio próprio e serraria, fazendo o controle tanto do plantio quanto do beneficiamento da madeira fornecida. Comercializa a madeira serrada de Eucalipto tanto para o setor da construção civil quanto para o setor de mobiliário, com o fornecimento de duas espécies. São comercializadas peças como ripas, ripões, caibros, vigotas, vigas, pranchas em medidas apresentadas em catálogo (ANEXOA), com ou sem tratamento em autoclave. O fornecimento ocorre para construtoras que fazem obras nas cidades do estado de São Paulo, Minas Gerais e Goiás, porém não conseguem abertura para a cidade de Uberlândia que possui entre os construtores a preferência pelo concreto ou aço.

O eucalipto não é seco em estufa quando direcionado à construção civil, somente para a linha de mobiliários. A secagem ocorre naturalmente e as toras são serradas com a umidade em torno dos 30% a 50%, acima do que é exigido na norma ABNT NBR 7190:1997. A finalização da secagem da madeira ocorre em uso, sem desvantagens quando consideradas as propriedades a que atendem. Seu aproveitamento é comparado pela empresa com a “madeira de lei” quanto à rachaduras e empenos.

O projeto dos painéis prevê como proposta a utilização das madeiras serradas de Eucalipto e Pinus. Para a utilização da madeira de Pinus serrado, foram consideradas as dimensões comercializadas nas madeireiras da cidade que foram as tábuas ($30 \times 2,5 \times 300$) cm e pontaletes ($7 \times 7 \times 300$) cm. Para a utilização da madeira de Eucalipto serrado foram consideradas as dimensões comercializadas na empresa Madesan: tábuas ($15 \times 2,5 \times 300$) cm, e pontaletes ($7 \times 7 \times 300$) cm.

Para levantamento dos custos a partir da produção do protótipo, foram consideradas as madeiras sem tratamento visto o alto custo para o investimento no tratamento em autoclave.

Porém existe a possibilidade de se fazer parcerias com as florestas de madeira reflorestada e as madeireiras citadas, com objetivo de conseguir matéria prima com mais qualidade e menores custos.

5.7 Resultados e Discussões

O objetivo deste trabalho foi de oferecer alternativas para a utilização de madeira de reflorestamento na construção civil, e como alternativa foi proposto o projeto de paredes de vedação mais leves, de rápida montagem e desmontagem e construção seca, além de verificar a viabilidade construtiva desses painéis na cidade de Uberlândia.

Através do projeto, apresentou-se uma possível solução para o problema levantado. Diante disto e da análise dos elementos constituintes do problema, chegou-se a diretrizes que foram determinantes no direcionamento de soluções, e que correspondessem às expectativas projetuais.

A construção do protótipo, como uma metodologia construtiva, contribuiu para o aperfeiçoamento de algumas etapas do projeto executivo, assim como para o levantamento de custo, mesmo que a produção tenha sido artesanal.

Os componentes desenvolvidos apresentaram vantagens que podem ser exploradas em uma produção industrial, como a facilidade de produção, leveza, facilidade de transporte, otimizando tanto o processo produtivo quanto o custo final apresentado.

Com relação ao fornecimento de matéria-prima, é necessário uma política educativa e incentivadora para a utilização de recursos mais sustentáveis na construção civil, principalmente na cidade de Uberlândia, que apresenta um preconceito quanto a utilização das madeiras de reflorestamento. Vale ressaltar que uma barreira cultural pode ser modificada com esclarecimento e campanhas educativas.

CAPÍTULO 6

Considerações Finais

Este capítulo apresenta as considerações finais do desenvolvimento da proposta apresentada, quanto a utilização de componentes como forma de inserir a madeira de reflorestamento na construção civil.

Os painéis leves de vedação, enquanto componentes de madeira de reflorestamento, aparecem como uma opção na utilização de materiais alternativos, e uma forma de se refletir sobre a arquitetura flexível e sustentável. Permite ao usuário a modificação do layout do ambiente conforme as mudanças das necessidades ou estilos de vida.

Seguem como opção também para uma construção sustentável com a utilização de materiais advindos de fonte renovável e que consumam menos energia e água para a sua produção. Gera menos entulhos através da utilização de elementos que são reaproveitáveis, contribuindo para a redução do volume de lixo que aumenta a cada ano, causando transtorno nos grandes centros urbanos.

Pensar um problema e chegar a uma solução correta ou ideal é um caminho incerto. Mas escolhas devem ser feitas. Este trabalho parte um pouco disso, da escolha de uma dentre as várias soluções a serem apresentadas para a resolução do problema: inserção da madeira de reflorestamento na construção civil. A solução escolhida foi analisada e trabalhada de forma a se tentar resolver as diretrizes apontadas para se chegar a um resultado e se avaliar o quanto é viável a escolha.

O trabalho mostrou que é possível através da elaboração de projetos conseguir a inserção de componentes de madeira na construção civil. É preciso ainda ter uma organização por parte do setor madeireiro na região de Uberlândia para que isto se torne viável em custos.

Mesmo o produto sendo produzido inicialmente com custo mais alto que os demais produtos oferecidos para a vedação, como a alvenaria de blocos cerâmicos ou mesmo a parede de gesso acartonado, deve ser levado em conta os benefícios desse tipo de sistema como:

- Matéria-prima advinda de fonte renovável;
- Material reaproveitável;
- Facilidade de transporte tanto da matéria prima quanto do produto final;

-
- Facilidade de montagem e desmontagem permitindo mais agilidade na obra e, por consequência, redução dos custos;
 - Em caso de reformas não gera entulhos, podendo ser reaproveitado e armazenado;
 - Construção seca, ou seja, sem o consumo de água na execução;
 - Facilidade de montagem e desmontagem permite maior flexibilidade no ambiente e manuseio pelo próprio usuário;

Quanto à produção, as vantagens são:

- Utilização de equipamentos básicos de marcenaria e de fácil aquisição, na etapa do beneficiamento dos componentes e ferramentas manuais elétricas na etapa de montagem;
- Utilização de mão de obra pouco especializada, podendo receber treinamento rápido tanto para a produção quanto para a montagem;
- Com planejamento adequado de produção consegue-se aumentar a escala de produção e diminuir custos;
- Industrialização através da pré-fabricação;
- Indicado o emprego de gabaritos de pré-fabricação para painéis para melhorar a padronização dimensional da ossatura dos componentes;

Quanto ao projeto, as vantagens são:

- A viabilidade do desenvolvimento das interfaces dos painéis propostos em relação a outros sistemas;
- A composição com outros materiais ou componentes como é o caso de esquadrias;
- Em verificação com a ABNT NBR 15575-4:2013 é possível fazer o projeto ou a proposta seguindo como premissa as exigências da norma, mesmo que não tenham ocorridos os testes de ensaios;
- desenvolvimento de componentes – agrega valor à madeira de reflorestamento;
- gera empregos em diversos setores;
- torna-se uma forma de trabalhar no desenvolvimento de tecnologias, projetos e obras que utilizem a madeira;

O fornecimento de material, por mais que ainda seja precário na cidade e região, pode ser melhorado a partir do momento que for exigido matéria prima com qualidade. Foi observado na pesquisa com as madeireiras e serrarias, o pouco interesse dos

construtores e investidores da construção civil em utilizar madeiras de reflorestamento na cidade. Portanto torna-se urgente uma política de incentivo e uma campanha educativa com os profissionais envolvidos no setor da construção civil, ressaltando a importância de se buscar alternativas mais sustentáveis.

Uberlândia como cidade de médio porte, considerada uma das mais importantes economicamente do estado de Minas Gerais, apresenta um forte índice de crescimento na construção civil. Porém está muito aquém na busca de soluções consideradas mais sustentáveis, quando comparada com outras cidades do interior do estado de Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Goiás.

Fazer uma arquitetura sustentável é utilizar corretamente os materiais e utilizar somente a energia necessária para a produção. É fazer escolhas para compor sistemas que reduzam os impactos ambientais e que sejam eficientes energeticamente.

É importante considerar através de uma pré-fabricação aberta, a interação entre os sistemas. É preciso pensar o desenvolvimento de produtos considerando as etapas construtivas e processos mecânicos.

Uberlândia possui três pontos importantes para a exploração da proposta de painéis leves de madeira:

- Promissora na construção civil principalmente de edifícios de apartamentos multifamiliares;
- É considerada um polo em marcenarias, sendo fácil o acesso à mão de obra conhecedora de técnicas construtivas em madeira;
- Possui uma área significativa de florestas plantadas de Eucalipto e Pinus nas proximidades;

Considerando a mão de obra conclui-se que é viável a construção dos painéis de madeira em Uberlândia, uma vez que não é necessário mão de obra especializada e o treinamento para a capacitação para o trabalho é de curta duração. Para a produção é necessário o emprego de ferramentas e equipamentos básicos de marcenaria.

Enquanto viabilidade no fornecimento de matéria prima, é um ponto ainda a ser bastante trabalhado quando se considera a necessidade da proximidade dos fornecedores com a indústria, para a redução de custos com transportes, fretes e redução no consumo de combustível. A falta de interesse de se comercializar a madeira de reflorestamento com maior qualidade é consequência de uma falta de procura. Mudando a forma do setor da construção de absorver o material consegue-se mudar o cenário atual das madeireiras e serrarias, o que pode ser conseguido agregando valor ao produto final.

Com relação ao custo, ainda se torna inviável, devido aos valores da matéria prima, o que implica em produto com preço mais elevado que os outros sistemas existentes. Porém deve ser relevado os benefícios do emprego de painéis leves de vedação interna em madeira de reflorestamento. A viabilidade quanto ao uso é um processo longo, exigindo incentivos e campanhas educativas para profissionais de projeto, construtores e usuários.

Com relação à construção de edifícios multifamiliares, percebe-se uma tendência adotadas por algumas construtoras na cidade, em fornecer apartamentos com opções de escolha do "layout" de distribuição dos ambientes. Porém esses layouts ainda possuem limitações quanto à liberdade de alterações, sendo uma flexibilidade apenas inicial. Como foi visto anteriormente no Capítulo 3, algumas construções em países europeus e mesmo na cidade de São Paulo, já oferecem opções da planta livre para o cliente, permitindo que este organize o seu espaço através de divisórias leves, conforme suas necessidades. Isto fica como sugestão às construtoras da cidade, pensar projetos com plantas livres, que permitam a flexibilidade ao usuário do inicio ao fim da vida útil do edifício.

Outro ponto a ser considerado também na realização dos projetos, é quanto à modulação. Planejar o edifício utilizando de coordenação modular facilita a inserção de componentes pré-fabricados além de incentivar a industria na busca de soluções que atendam a um desenvolvimento sustentável.

Levando em conta tais fatores é interessante considerar um possível desenvolvimento da proposta e torná-la viável, através da criação de um elo entre os profissionais do setor, governo, fornecedores e usuários. É importante o envolvimento do órgãos governamentais, e dos profissionais de projeto em buscar soluções que permitam esta integração.

Fica como sugestão para trabalhos futuros a realização de testes que atendam aos requisitos de desempenho da ABT NBR 15575-4: 2013 quanto à:

- Resistência contra o fogo;
- Isolamento acústico e térmico;
- Segurança estrutural: solicitação de cargas proveniente de peças suspensas atuantes no sistema de vedações; resistência a impacto de corpo mole.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4:** Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575-4:** Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 7190:** Projetos de Estruturas de Madeira. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). Anuário Estatístico ABRAF 2013 ano base 2012. Brasília, 2013. Disponível em: <www.abraflor.org.br/estatisiticas.asp>. Acesso em: 05 mar 2015.

ANDRADE, M.L.V.; RUSCHEL, R.C.; MOREIRA, D.C. *O processo e métodos*. In: KOWALTOWSKI, D.C.C.; MOREIRA, D.C; PETRECHE, J.R.D.; FABRICIO, M.M. (org.). *O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia*. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2011. p 80 - 100.

ANTONANGELO. A.; BACHA, C.J.C. *As fases da Silvicultura no Brasil*. Revista Brasileira de Economia. Rio de Janeiro, v. 52, n. 1, p. 207 - 238, 1998. Disponível em: <www.bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbe/issue/view/2827>. Acesso em: 10 mar 2015.

BARATA, Tomás Q. F. *Propostas de painéis leves de madeira para vedação externa adequados ao zoneamento bioclimático brasileiro*. Tese de doutorado. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2008.

BERRIEL, Andrea. *Arquitetura de madeira: reflexões e diretrizes de projeto para concepção de sistemas e elementos construtivos*. Tese de doutorado. Área de concentração tecnológica e Utilização de Produtos Florestais, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

BERTOLANI, Francisco. *Reflorestamento sob a ótica do real*. Sociedade Brasileira de Silvicultura. Disponível em: <www.sbs.org.br/destaques_florestaplantada.html>. Acesso em: 03 mar. 2015.

BRANCO, Jorge M. *Casas de Madeira. Da tradição aos novos desafios*. In: Seminário Casas de Madeira. Portugal, 2013. p.75-86.

CARNIELLE, Renata O. A. *Caracterização das Construções com Madeira em Uberlândia: Patologias, Projetos e Detalhes*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia. Faculdade de Engenharia Civil. Uberlândia, 2011. 144p.

CARDOSO, Daniel L. A. *Vedações Verticais e suas interfaces no sistema construtivo de edificações*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2007. 168p.

CATÁLOGO DE PRODUTO. *Agronelli Madeiras*. Agronelli. Disponível em: <www.agronellimadeiras.com.br>. Acesso em: 20 dez. 2015.

CÉSAR, Sandro F. *Chapas de madeira para vedação vertical de edificações produzidas industrialmente – Projeto Conceitual*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002. 302p.

CORREA, Lásaro R. *Sustentabilidade na Construção Civil*. Monografia Curso de especialização em Construção Civil. Escola de Engenharia UFMG. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

EL DEBS, Mounir K. *Concreto Pré-moldado: fundamentos e aplicações*. Departamento de Engenharia de Estruturas. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. EESC-USP. 2^a reimpressão. São Carlos, 2000.

EL FUTURO de la construcción con madera. Revista Tectonica n.13. Disponível em: <www.tectonica-online.com/metadossier/es/922/Modulos_prefabricados/Madera>. Acesso em: 30 mar 2015.

FACCA, Claudia A. *O designer como pesquisador: relações entre design, pesquisa e metodologia.* Revista digital. Design, Arte e Tecnologia. Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo. Pontífica Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Universidade Estadual Paulista, Unesp/Bauru. São Paulo, 2008. Disponível em: <portal.anhembi.br/sbds/pdf>. Acesso em: 02 dez. 2015.

FONTENELLE, João H. *Sistemas de fixação e juntas em vedações verticais constituídas por placas cimentícias: Estado da arte, desenvolvimento de um sistema e avaliação experimental.* Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

GALFETTI, Gustau G. *Pisos Piloto: células domésticas experimentales.* Barcelona: Gustavo Gilli, 1997.

GAVA, Maristela. *Viabilidade Técnica e Econômica da Produção de Componentes Construtivos para Habitação Social Utilizando Madeira Serrada de Pinus de Terceira Classe de Qualidade.* Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2005.

GIGLIO, Thalita G. F. *Avaliação do desempenho térmico do painéis de vedação em madeira para o clima de Londrina – PR.* Dissertação de Mestrado. Engenharia de Edificações e Saneamento. Universidade Estadual de Londrina, 2005. 172p.

JORGE, Liziane O. *Estratégias de flexibilidade na arquitetura residencial multifamiliar.* Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

KOKUBUN, Yuri E. *O processo de produção de um sistema construtivo em painéis estruturais pré-fabricados em madeira.* Dissertação de mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. USP. São Paulo, 2014.

KOWALTOWSKI, D.C.C.; BIANCHI, G.; PETRECHE, J.R.D. *A criatividade no processo de projeto.* In: KOWALTOWSKI, D.C.C.; MOREIRA, D.C; PETRECHE,

J.R.D.; FABRICIO, M.M. (org.). *O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia*. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2011.p 21 - 56.

KRONENBURG, Robert. *Flexible: arquitectura que integra el cambio*. Barcelona: Blume, 2007.

LIMA, Vivian Cabral. *Análise Comparativa entre alvenaria em bloco cerâmico e painéis em gesso acartonado para uso como vedação em edifícios: Estudo de caso em edifício de multipavimentos na cidade de Feira de Santana*. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Tecnologia. Universidade de Feira de Santana. UEFS. Feira de Santana, 2012.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura: PLANO ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)*. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Desenvolvimento Agrário, Coordenação da Casa Civil da Presidência da República. Brasília: MAPA/ACS, 2012. 173p. Disponível em <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 03 mar. 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Agenda 21*. Disponível em: <[www.mma.gov.br/responsabilidade-socio-ambiental/agenda 21](http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socio-ambiental/agenda_21)>. Acesso em: 13 fev. 2015.

NETO, Celso.S.A.; NETO, João.F.; NETO, Francisco M.; VITALE, Olivar. *Norma de desempenho: um marco regulatório na construção civil*. Manual de Orientação. 2013. Disponível em: <<http://www.precisao.eng.br/livros/normades/normades.pdf>>. Acesso em 05 mar. 2015.

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEITER, J. C.; FILHO, M. T. *Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de Eucalipto*. Sociedade de Investigações Florestais. Revista Árvore. Viçosa. v.29. n. 1. p. 115-127, 2005. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/rarv/v29n1/24241.pdf>. Acesso em: 20 mar 2015.

PASSARELLI, Rafael N. Cross LaminatedTimber: *Diretrizes para projeto de painel maciço em madeira no Estado de São Paulo*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo. 192 p.

PINTO, Edna M. *Proteção contra incêndio para habitações em madeira*. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

RODRIGUES, Roberto. *Floresta Plantada*. Folha de São Paulo. 20 jun. 2009. Disponível em: www.sbs.org.br/destaques_florestaplantada.html. Acesso em: 03 de março de 2015.

SANT'ANNA, Silvio; MEIRELLES, Célia. *Frank O'Gehry - Los Angeles/2006*. In: III Fórum de pesquisa FAU.MACKENZIE, 2007. Disponível em: <http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/FAU/Publicacoes/PDF_IIIForum_b/MACK_III_FORUM_SILVIO_SANTANNA.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2015.

SANTOS, Maximiliano P.; AGUILAR, Maria Tereza P. *Painéis de madeira como vedação vertical em construções*. Artigo. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, Belo Horizonte, v.14, n.15, dezembro 2007.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. *Fatos e números do Brasil Florestal*. São Paulo, 2008. Disponível em: <www.sbs.org.br/destaques_eucaliptodesp.html>. Acesso em 03 mar. 2015.

SERRADOR, Marcos E. *Sustentabilidade em arquitetura: referências para projeto*. Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

SILVA, C.P.; BARROS, A.P.S; ALMEIDA, A.A.R. *Diferenças de densidade básica (kg/m³) da madeira de Eucaliptus em Relação ao ambiente de plantio e ao tipo de material genético*. Faculdades Integradas de Três Lagoas. Disponível em: <www.aems.com.br/conexao/edicaoatual/sumario/downloads/2013/2/1%20%286%29.pdf>. Acesso em 20 mar 2015.

SILVA, Edna L.; MENEZES, Estera M. *Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação*. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2005.

SILVA, R.D.; INO, A. *Produção de habitação de madeira de floresta plantada: potencial paranaense*. In: V Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre edificações e Comunidades Sustentáveis. 2009. Disponível: <www.iau.usp.br/pesquisa/grupos/habis/biblioteca/digital/artigos/materiais_tecnicas_e_sistemas/Artigo_ELECS2009_Produção%20de%20habitação%20madeira%20plantada_Silva_ino.pdf>. Acesso em: 15 mar 2015.

SOUZA, Roberto de. *Sustentabilidade na Construção*. Mudanças Climáticas, 2008. Disponível em: <<http://www.mudancasclimaticas.andi.org.br>>. Acesso em: 13 fev. 2015.

TANIGUTI, Eliana K. *Método construtivo de vedação vertical interna de chapas de gesso acartonado*. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999. 316p.

VELLOSO, Joana Geraldi. *Diretrizes para construções em madeira no sistema plataforma*. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Dissertação de mestrado. Florianópolis, 2010. 104p.

VILLA, S.; ORNSTEIN, S. W. Qualidade ambiental na habitação: avaliação pós-ocupação. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

WOOD-FRAME – Tecnologia na construção de casas de madeira. Construindo. Disponível em: <www.construindodecor.org/wood-frame-tecnologia-da-construcao-de-casas-de-madeira>. Acesso em: 23 mar 20015.

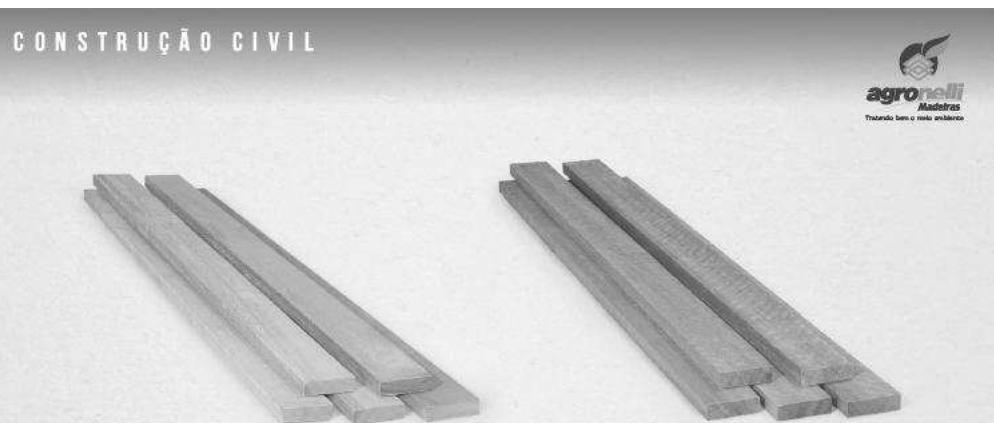
YUBA, Andrea N. *Análise da pluridimensionalidade da sustentabilidade da cadeira produtiva de componentes construtivos de madeira de plantios florestais*. Tese de doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2005. 162p.

ANEXO A

Dimensões madeira serrada de Eucalipto - Catálogo Agronelli

CATÁLOGO DE PRODUTOS

CONSTRUÇÃO CIVIL



agronelli
Madeiras
Tratando bem o meio ambiente

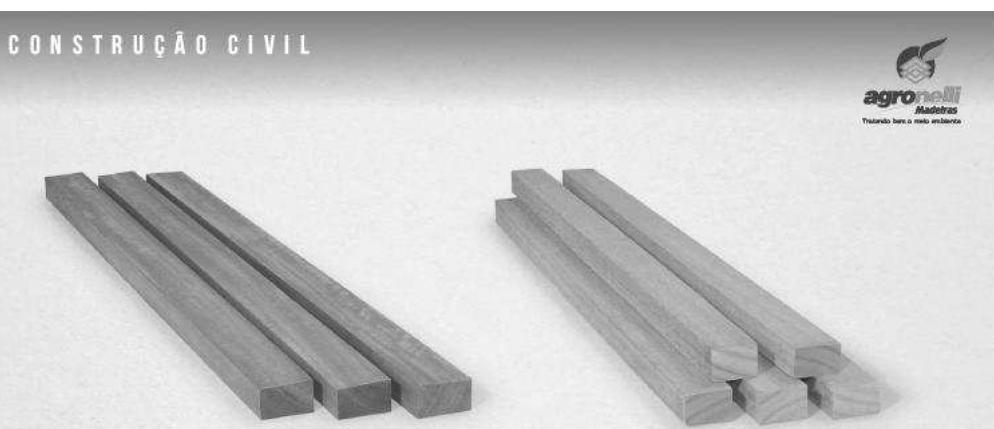
RIPAS

CÓDIGO	TIPO	ESPÉCIE	MEDIDAS	OPCIONAIS
01	○ VERMELHO	EUCALIPTO	0,015 X 0,05 m	Todas podem ser adquiridas in natura ou tratadas em autoclave.
02	○ VERMELHO	EUCALIPTO	0,02 X 0,05 m	
03	○ VERMELHO	EUCALIPTO	0,025 X 0,05 m	
04	○ CITRIODORA	EUCALIPTO	0,015 X 0,05 m	
05	○ CITRIODORA	EUCALIPTO	0,02 X 0,05 m	
06	○ CITRIODORA	EUCALIPTO	0,025 X 0,05 m	

— 10 —

CATÁLOGO DE PRODUTOS

CONSTRUÇÃO CIVIL



agronelli
Madeiras
Tratando bem o meio ambiente

RIPÕES

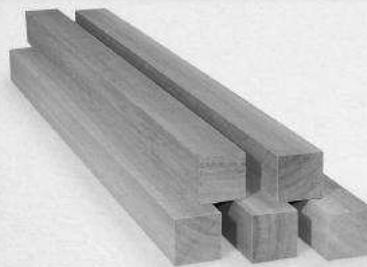
CÓDIGO	TIPO	ESPÉCIE	MEDIDAS	OPCIONAIS
07	○ VERMELHO	EUCALIPTO	0,03 X 0,05 m	Todas podem ser adquiridas in natura ou tratadas em autoclave.
08	○ VERMELHO	EUCALIPTO	0,035 X 0,05 m	
09	○ CITRIODORA	EUCALIPTO	0,03 X 0,05 m	
10	○ CITRIODORA	EUCALIPTO	0,035 X 0,05 m	

— 11 —

Fonte: Catálogo de produto Agronelli.

Dimensões madeira serrada de Eucalipto - Catálogo Agronelli

CONSTRUÇÃO CIVIL



CAIBROS

CÓDIGO	TIPO	ESPÉCIE	MEDIDAS	Opcionais
11	VERMELHO	EUCAIPTO	0,045 X 0,05 m	Todas podem ser adquiridas in natura ou tratadas em autoclave.
12	VERMELHO	EUCAIPTO	0,045 X 0,065 m	
13	VERMELHO	EUCAIPTO	0,045 X 0,065 m	
14	VERMELHO	EUCAIPTO	0,05 X 0,05 m	
15	CITRIODORA	EUCAIPTO	0,05 X 0,07 m	
16	CITRIODORA	EUCAIPTO	0,045 X 0,065 m	
17	CITRIODORA	EUCAIPTO	0,05 X 0,05 m	
18	CITRIODORA	EUCAIPTO	0,05 X 0,07 m	

— 12 —

CONSTRUÇÃO CIVIL



VIGOTAS

CÓDIGO	TIPO	ESPÉCIE	MEDIDAS	Opcionais
19	VERMELHO	EUCAIPTO	0,045 X 0,10 m	Todas podem ser adquiridas in natura ou tratadas em autoclave.
20	VERMELHO	EUCAIPTO	0,045 X 0,14 m	
21	VERMELHO	EUCAIPTO	0,05 X 0,15 m	
22	CITRIODORA	EUCAIPTO	0,045 X 0,10 m	
23	CITRIODORA	EUCAIPTO	0,045 X 0,14 m	
24	CITRIODORA	EUCAIPTO	0,05 X 0,15 m	

— 13 —

Fonte: Catálogo de Produto Agronelli.

ANEXO B

INDICAÇÃO DE MATERIAL PARA AUMENTAR TEMPO DE RESISTENCIA DA MADEIRA CONTRA O FOGO.



Selantes Corta-Fogo

- CP 25WB é um selante intumescente a base de latex e água
- Resiste até 4 horas de fogo
- Adere a maioria das superfícies: concreto, metal, madeira e plástico
- VOC zero
- Não é compatível com tubulações de CPVC (resinas Noveon®)



Selantes Corta-Fogo

- IC 15WB é um selante intumescente a base de latex e água
- Resiste até 3 horas de fogo
- VOC 9,2 g/L
- Compativel com tubulações de CPVC
- Adere a maioria das superfícies: concreto, metal, madeira e plástico

