

ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE CASAS PRÉ-FABRICADAS EM MADEIRA NO BRASIL

VICTOR FRANCISCO SARAIVA LANDIM

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM PROJECTO INTEGRADO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

Orientador: Professor Doutor José Manuel Marques Amorim de
Araújo Faria

JULHO DE 2021

MESTRADO EM PROJETO INTEGRADO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS 2020/2021

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ mprince@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado em Projeto Integrado na Construção de Edifícios – 2020/2021 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2021.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

A meus Pais

Ter um sonho grande dá o mesmo trabalho de ter um sonho pequeno

Jorge Paulo Lemann

AGRADECIMENTOS

Depois de finalizada esta dissertação é praticamente impossível em não me referir a algumas pessoas que foram cruciais ao longo deste processo que possibilitaram o cumprimento deste trabalho.

Aos meus pais pelos valores que me foi passado e a grande importância que devemos dar aos estudos, pois ele é um instrumento de mudança e único legado que vai além de qualquer bem material. Aos meus irmãos, o meu sincero agradecimento por todo o apoio e incentivo durante toda a minha trajetória acadêmica.

Aos meus amigos do curso, por toda a amizade e força de vontade em vencer desafios, que se mostraram constantes, durante os 2 anos de estudos.

Aos professores do curso ao transmitir o conhecimento e aprendizado necessário para minha qualificação e aperfeiçoamento como engenheiro civil.

Por último, gostaria de demonstrar o meu profundo agradecimento ao Professor Doutor Amorim Faria, meu orientador, pelo grande conhecimento disseminado em todas as disciplinas por ele lecionadas, pelo vasto conhecimento em estruturas em madeira e consequentemente pela minha escolha no tema e pelas orientações, apoio e compreensão durante a orientação nos últimos meses.

A todos, o meu mais sincero agradecimento.

RESUMO

Ao utilizar a madeira como material construtivo deve lembrar que este surgiu há milhares de anos e auxiliou o Homem durante todo o seu progresso nas mais diversas partes do mundo, traduzindo todas as suas características sob a forma de armas, casas, meios de transportes e utensílios básicos.

Ao longo dos séculos, a madeira traduziu toda a sua importância e se manteve como um dos principais elementos nas construções de habitações, tendo o seu declínio no início do século XX com o aparecimento do betão armado e todo o progresso industrial, fez com que a madeira viesse a ocupar um papel secundário.

A construção em madeira mesmo com toda a notoriedade do betão permaneceu a ser uma solução ainda muito utilizada em países como Estados Unidos da América, Japão e países Nórdicos. A indústria das habitações construídas em madeira está em crescente aumento, desenvolvendo novos materiais à base de madeira e em novas técnicas construtivas, como é o caso da pré-fabricação. Apoiada também nas constantes preocupações ambientais e questões relacionadas à sustentabilidade, a produção e comercialização do setor de fabricação vêm crescendo bastante, principalmente no território brasileiro.

Este presente trabalho tem como intuito analisar as casas pré-fabricadas em madeira produzidas no Brasil e demonstrar uma maior fiabilidade desta segmentação.

Nesta ótica, é apresentado de forma bem abrangente oito empresas brasileiras que fornecem este tipo de soluções, localizadas nos estados de maior representatividade. Serão demonstrados exemplos reais de casas pré-fabricadas em madeira e casas em alvenaria que são utilizadas no mercado brasileiro utilizando uma breve caracterização das soluções mais gerais.

No decorrer do trabalho será apresentado um projeto de casa padrão fornecido por uma empresa brasileira onde serão apresentadas suas principais características, concepção, métodos construtivos de um exemplo real de uma moradia pré-fabricada em madeira.

Em ordem de analisar a viabilidade das casas pré-fabricadas em madeira e de certa forma desmitificar esse material, foi desenvolvida uma avaliação técnica-econômica avaliando o desempenho do sistema pré-fabricado em madeira e de uma solução tradicional em alvenaria de blocos. A análise técnica foi desenvolvida segundo as exigências, habitabilidade e durabilidade, baseadas no regulamento brasileiro ABNT NBR. De maneira simultânea foi realizado uma consulta relativamente às duas empresas fornecedoras dos dois tipos de sistemas, em madeira e em alvenaria, respectivamente, para obtenção dos preços praticados por elas e realizar uma análise econômica a fim de avaliar a competitividade da solução em madeira frente à solução tradicional em alvenaria.

PALAVRAS-CHAVE: Pré-fabricação, Casas pré-fabricadas em madeira, Casas em alvenaria, Território brasileiro, Análise técnica-econômica.

ABSTRACT

When using wood as a building material, you must remember that it appeared thousands of years ago and has helped man throughout his progress in the most diverse parts of the world, translating all its characteristics in the form of weapons, houses, means of transport and utensils basic.

Over the centuries, wood translated all its importance and remained as one of the main elements in the construction of houses, having its decline in the early twentieth century with the appearance of reinforced concrete and all industrial progress, caused wood to come to play a secondary role.

The wooden construction, even with all the notoriety of concrete, remained a solution still widely used in countries such as the United States of America, Japan and Nordic countries. The wooden housing industry is on the rise, developing new wood-based materials and new construction techniques, such as prefabrication. Also supported by constant environmental concerns and issues related to sustainability, the production and commercialization of the manufacturing sector has been growing a lot, mainly in the Brazilian territory.

This present work aims to analyze the prefabricated wooden houses produced in Brazil and demonstrate a greater reliability of this segmentation.

In this light, eight Brazilian companies that provide this type of solutions, located in the most representative states, are presented in a very comprehensive way. Real examples of prefabricated wooden houses and masonry houses that are used in the Brazilian market will be demonstrated using a brief characterization of the most general solutions.

In the course of the work, a standard house project provided by a Brazilian company will be presented where its main characteristics, design, construction methods of a real example of a prefabricated wooden house will be presented.

In order to analyze the feasibility of prefabricated wooden houses and to some extent demystify this material, a technical-economic evaluation was developed evaluating the performance of the prefabricated wooden system and of a traditional block masonry solution. The technical analysis was developed according to the requirements, habitability and durability, based on the Brazilian regulation ABNT NBR. Simultaneously, a consultation was carried out regarding the two companies that supply the two types of systems, wood and masonry, respectively, to obtain the prices practiced by them and to carry out an economic analysis in order to assess the competitiveness of the wooden solution against the traditional masonry solution.

KEYWORDS: Prefabrication, Prefabricated wooden houses, Masonry houses, Brazilian territory, Technical-economic evaluation.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETO, ÂMBITO E JUSTIFICAÇÃO	1
1.2. BASES DO TRABALHO DESENVOLVIDO	2
1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	2
2. CASAS DE MADEIRA – SÍNTESE HISTÓRICA.....	3
2.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO	3
2.2. TIPOS DE HABITAÇÕES EM MADEIRA	7
2.2.1. CASAS DE TRONCOS – “LOGHOMES”	7
2.2.2. CASAS COM ESTRUTURA EM MADEIRA PESADA – “HEAVY TIMBER”	9
2.2.2.1. Sistema porticado – “Post & Beam”	9
2.2.2.2. Sistema entremado – “Timber Frame”	10
2.2.3. CASAS COM ESTRUTURA EM MADEIRA LEVE – “LIGHT FRAMING”	11
2.2.3.1. Estrutura em balão – “Balloon Frame”	12
2.2.3.2. Estrutura em plataforma – “Platform Frame”	13
2.2.4. CASAS COM ESTRUTURA PRÉ-FABRICADA	14
3. CASAS EM MADEIRA NO BRASIL NA ATUALIDADE	17
3.1. MERCADO NO BRASIL.....	17
3.2. EMPRESAS CONSTRUTORAS DE CASAS DE MADEIRA	19
3.2.1. CASAS TROPICAL – BRASMEREC	19
3.2.2. CASAS RIO	21
3.2.3. DIAMOND HOUSE	23
3.2.4. JB CASAS DE MADEIRA	25
3.2.5. TECVERDE	27
3.2.6. WUNDER HAUS	30
3.2.7. REAL CASAS PRÉ-FABRICADAS	32

3.2.8. MAMUTE	35
3.3. COMPARAÇÃO ENTRE AS EMPRESAS	37

4. CASAS PRÉ-FABRICADAS EM MADEIRA – DECOMPOSIÇÃO EM SUBSISTEMAS

	41
--	----

4.1. OBJETO	41
--------------------------	-----------

4.2. DECOMPOSIÇÃO EM SUBSISTEMAS	41
---	-----------

4.2.1. ESTRUTURA	43
------------------------	----

4.2.1.1. Fundações.....	43
-------------------------	----

4.2.1.2. Superestrutura.....	43
------------------------------	----

4.2.2. ENVOLVENTE EXTERIOR	44
----------------------------------	----

4.2.2.1. Paredes exteriores.....	44
----------------------------------	----

4.2.2.2. Revestimentos e outros elementos singulares da cobertura	44
---	----

4.2.2.3. Aberturas.....	44
-------------------------	----

4.2.3. COMPARTIMENTAÇÃO INTERIOR E REVESTIMENTOS	45
--	----

4.2.4. INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS	45
---	----

4.2.4.1. Rede de abastecimento de água e saneamento.....	45
--	----

4.2.4.2. Eletricidade.....	45
----------------------------	----

4.3. DESCRIÇÃO DA CASA PRÉ-FABRICADA DE MADEIRA TIPO.....	46
--	-----------

4.3.1. TIPOLOGIA DA HABITAÇÃO.....	46
------------------------------------	----

4.3.2. FUNDAÇÕES.....	47
-----------------------	----

4.3.3. SUPERESTRUTURA.....	48
----------------------------	----

4.3.3.1. Paredes estruturais.....	48
-----------------------------------	----

4.3.3.2. Pavimento	50
--------------------------	----

4.3.4. ENVOLVENTE EXTERIOR	51
----------------------------------	----

4.3.4.1. Paredes exteriores.....	51
----------------------------------	----

4.3.4.2. Cobertura	52
--------------------------	----

4.3.4.3. Aberturas.....	54
-------------------------	----

4.3.5. COMPARTIMENTAÇÃO INTERIOR E REVESTIMENTOS	56
--	----

4.3.5.1. Paredes interiores.....	56
----------------------------------	----

4.3.5.2. Pavimentos.....	56
--------------------------	----

4.3.6. INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS	61
---	----

4.3.6.1. Rede de abastecimento de água e saneamento.....	61
--	----

4.3.6.2. Eletricidade.....	62
4.4. METODOLOGIA DE EXECUÇÃO DA OBRA	63
4.4.1. PROCESSO DE MONTAGEM EM OBRA	64
4.4.1.1. Execução do elemento de fundação	64
4.4.1.2. Marcação das paredes (locação)	64
4.4.1.3. Montagem das paredes	65
4.4.1.4. Montagem do entepiso	66
4.4.1.5. Montagem da estrutura da cobertura	66
4.4.1.6. Fixação das esquadrias	66
4.4.1.7. Arremates internos	67
4.4.1.8. Arremates e acabamentos externos.....	67
 5. CASAS DE ALVENARIA DE BLOCOS NO BRASIL.....	 69
5.1. MERCADO NO BRASIL.....	69
5.2. EMPRESAS CONSTRUTORAS DE CASAS DE ALVENARIA	70
5.2.1. FABRILAR.....	70
5.2.2. EMPREITEIRA PILLAR	72
5.2.3. FAZ CASA	74
5.2.4. MG CASAS	76
5.2.5. CASAS CURITIBA	78
5.2.6. MADELOMBA	81
5.2.7. VISUAL	83
5.2.8. ECO TIJOLO FORTALEZA.....	85
5.3. COMPARAÇÃO ENTRE AS EMPRESAS	87
 6. AVALIAÇÃO TÉCNICO – ECONÔMICA	 89
6.1. OBJETO	89
6.2. ANÁLISE TÉCNICA.....	89
6.2.1. SEGURANÇA ESTRUTURAL	91
6.2.1.1. Estabilidade e resistência do sistema estrutural e demais elementos com função estrutural.....	92
6.2.1.2. Deformações ou estado de fissuração do sistema estrutural	92
6.2.1.3. Comparação entre as soluções construtivas	92

6.2.2. SEGURANÇA CONTRA OS RISCOS DE INCÊNDIO	93
6.2.2.1. Reação ao fogo	94
6.2.2.2. Resistência ao fogo	94
6.2.2.3. Comparação entre as soluções construtivas	95
6.2.3. SEGURANÇA NO USO E NA OPERAÇÃO	97
6.2.4. ESTANQUEIDADE À ÁGUA	97
6.2.4.1. Estanqueidade à água da chuva, considerando-se a ação dos ventos, em sistema de vedação verticais externas (fachadas)	98
6.2.4.2. Estanqueidade de vedações verticais internas e externas com incidência direta de água – áreas molhadas.....	99
6.2.4.3. Estanqueidade de sistema de pisos em contato com a humidade ascendente	99
6.2.4.4. Estanqueidade de sistema de pisos de áreas molhadas	99
6.2.4.5. Comparação entre as soluções construtivas	99
6.2.5. DESEMPENHO TÉRMICO	100
6.2.5.1. Requisitos de desempenho no verão	100
6.2.5.2. Requisitos de desempenho no inverno	101
6.2.5.3. Isolamento térmico das paredes exteriores e cobertura.....	102
6.2.5.4. Comparação entre as soluções construtivas	103
6.2.6. DESEMPENHO ACÚSTICO	104
6.2.6.1. Isolação sonora promovida pelos elementos da envoltória (parede e cobertura)	104
6.2.6.2. Isolação sonora promovida pelas paredes internas	104
6.2.6.3. Isolação sonora de lajes de pisos entre as unidades habitacionais.....	105
6.2.6.4. Comparação entre as soluções construtivas	106
6.2.7. DESEMPENHO LUMÍNICO	106
6.2.7.1. Iluminação natural	107
6.2.7.2. Iluminação artificial	108
6.2.7.3. Comparação entre as soluções construtivas	108
6.2.8. SAÚDE, HIGIENE E QUALIDADE DO AR	108
6.2.9. CONFORTO TÁTIL E ANTROPODINÂMICO	109
6.2.9.1. Conforto tátil e adaptação ergonômica.....	109
6.2.9.2. Adequação antropodinâmica de dispositivos de manobra	109
6.2.9.3. Comparação entre as soluções construtivas	110
6.2.10. DURABILIDADE.....	110
6.2.10.1. Vida útil de projeto do edifício e dos sistemas que o compõem	110

6.2.10.2. Comparação entre as soluções construtivas	111
6.2.11. MANUTENIBILIDADE	112
6.2.12. ADEQUAÇÃO AMBIENTAL	112
6.2.12.1. Seleção e consumo de materiais	112
6.2.12.2. Comparação entre as soluções construtivas	113
6.3. ANÁLISE ECONÔMICA	114
6.3.1. ORÇAMENTO FORNECIDO PELAS EMPRESAS.....	115
6.3.1.1. Casa pré-fabricada em madeira – Tecverde.....	115
6.3.1.2. Casa em alvenaria –Casas Curitiba	115
6.3.2. COMPARAÇÃO ENTRE AS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS.....	116
6.4. ANÁLISE GLOBAL DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS	117
 7. CONCLUSÃO	 121
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 125

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Fig.2.1 – Habitações subterrâneas ou “pit house”	3
Fig.2.2 – Habitações asiáticas localizadas na Indonésia.....	4
Fig.2.3 – Igrejas em madeira na Noruega.....	5
Fig.2.4 – Esquema de uma estrutura em “gaiola”	5
Fig.2.5 – Edifícios em Aumale, França	5
Fig.2.6 – Condomínio Puukuokka, na Finlândia.....	6
Fig.2.7 – Esquema estrutural e exemplo de uma casa de troncos	7
Fig.2.8 – Exemplo das formas das seções dos troncos	8
Fig.2.9 – Sistema em “Post&Beam”.....	9
Fig.2.10 – Sistema em “Timber Frame”	9
Fig.2.11 – Sistema em póticos	10
Fig.2.12 – Sistema de entramados	11
Fig.2.13 – Processo de construção do “Balloon Frame”	13
Fig.2.14 – Processo de construção do “Platform Frame”	14
Fig.2.15 – Estrutura do Chalé Colonial Portátil	14
Fig.2.16 – Colocação do módulo em obra	15
Fig.2.17 – Transporte e colocação do módulo em obra	16

CAPÍTULO 3

Fig.3.1 – Sistemas de pré-fabricados	17
Fig.3.2 – Casas em madeira localizadas no Brasil.....	18
Fig.3.3 – Áreas de florestas por região com as principais espécies cultivadas no Brasil.....	18
Fig.3.4 – Exemplo da planta do T2, kit “Monet”, e sua perspectiva em 3D	20
Fig.3.5 – Viga auto-encaixável longitudinal e exemplificação do painel de parede	21
Fig.3.6 – Modelo Da Vinci, exterior e interior, da Casas Tropical	21
Fig.3.7 – Modelo base de projetos da Casas RIO.....	22
Fig.3.8 – Homologação e certificação do IBAMA	23
Fig.3.9 – Modelos Guaratiba, Pontal e Grumari, respectivamente, pela Casas RIO	23
Fig.3.10 – Sede da empresa Diamond House em Minas Gerais	24
Fig.3.11 – Planta e vista do módulo Esmeralda, T3 com um piso	24

Fig.3.12 – Processo de tratamento do Pinus Autoclavado	26
Fig.3.13 – Planta e vista de um módulo, T3 com um piso, localizado na cidade de Muqui.....	26
Fig.3.14 – Habitações em madeira localizadas Colatina e Linhares, respectivamente.....	27
Fig.3.15 – Casa Sunhine com seus diferentes acabamentos e revestimentos	28
Fig.3.16 – Casa Space fornecido pela Tecverde.....	29
Fig.3.17 – Casa Villa com todo o seu esplendor	29
Fig.3.18 – Casa Amelie com sua fachada e seu espaço gourmet	29
Fig.3.19 – Montagem dos painéis na fábrica da Tecverde	30
Fig.3.20 – Casa sede da empresa Wunder Haus, localizada no Rio Grande do Sul.....	31
Fig.3.21 – Realização da montagem de uma casa de madeira pela empresa Wunder Haus.....	31
Fig.3.22 – Casas Aspen Mountain 2 e Casa Canela, respectivamente	32
Fig.3.23 – Mão-de-obra especializada e montantes com encaixes da Real Casas Pré-fabricadas	33
Fig.3.24 – Madeiras empilhadas para secagem da estabilização das fibras ao ar livre.....	34
Fig.3.25 – Planta e fachada da casa padrão C 68-E.....	34
Fig.3.26 – Sede da empresa e equipe técnica.....	35
Fig.3.27 – Sede da empresa Mamute.....	36
Fig.3.28 – Empresa Mamute realizando a montagem de uma casa em madeira.....	36
Fig.3.29 – Planta padrão do modelo Santo Amaro e suas opções de cobertura.....	37

CAPÍTULO 4

Fig.4.1 – Planta do Rés-do-chão	47
Fig.4.2 – Planta do 1º piso	47
Fig.4.3 – Representação do radier em betão e betonagem do radier na obra	48
Fig.4.4 – Representação simplificada da parede estrutural.....	48
Fig.4.5 – Painéis estruturais com frames montados, OSB chapeado	49
Fig.4.6 – Detalhe da fixação da parede externa no elemento de fundação	49
Fig.4.7 – Estrutura que irá suportar o pavimento (entrepiso).....	50
Fig.4.8 – Detalhe de fixação do entrepiso na parede inferior.....	50
Fig.4.9 – Membrana sendo colocada sobre o painel estrutura já com OSB e o painel montado em obra	51
Fig.4.10 – Detalhe da junta aparente e da junta dissimulada	52
Fig.4.11 – Pormenor construtivo da parede exterior.....	52
Fig.4.12 – Estrutura de madeira e içamento da cobertura pronta.....	53
Fig.4.13 – Corte do sistema da cobertura e beiral em habitação unifamiliar	54

Fig.4.14 – Estrutura da parede com abertura de porta e janela.....	54
Fig.4.15 – Pormenor da seção horizontal e vertical da fixação do conjunto porta e batente em madeira na parede interna.....	55
Fig.4.16 – Pormenor da seção vertical da fixação do conjunto de folha porta e batente em alumínio .	55
Fig.4.17 – Pormenor da seção vertical da fixação da janela em alumínio.....	55
Fig.4.18 – Pomenorização do encontro perpendicular entre três painéis de parede	56
Fig.4.19 – Revestimento interno em gesso acartonado	57
Fig.4.20 – Pormenor da interface da parede externa e entrepiso – Áreas secas	57
Fig.4.21 – Pormenor da interface da parede externa e entrepiso – Áreas molhadas	58
Fig.4.22 – Pormenor construtivo da parede interior	58
Fig.4.23 – Pormenor esquemático da área molhada.....	59
Fig.4.24 – Aplicação de pintura betuminosa e mastique de poliuretano – zona do box.....	60
Fig.4.25 – Aplicação da manta asfáltica – zona do box.....	60
Fig.4.26 – Pormenor das camadas de impermeabilização	60
Fig.4.27 – Aspecto final do revestimento cerâmico	60
Fig.4.28 – Kit hidráulico fixado ao painel durante o processo na fábrica.....	61
Fig.4.29 – Pormenor do posicionamento das tubulações hidráulicas e sanitárias.....	62
Fig.4.30 – Instalação interna dos eletrodutos flexíveis no interior da parede e detalhe das caixas elétricas instaladas no revestimento interno (gesso acartonado)	62
Fig.4.31 – Organização dos eletrodutos após a montagem dos painéis.....	63
Fig.4.32 – Tubulações de esgoto colocadas previamente a concretagem da laje de fundação.....	64
Fig.4.33 – Quadro estrutural posicionado e com marcações dos elementos verticais.....	65
Fig.4.34 – Movimentação e montagem dos painéis de parede.....	65
Fig.4.35 – Fixação do entrepiso e fixação do quadro estrutural de entrepiso na soleira superior da parede	66
Fig.4.36 – Acabamentos internos da casa de banho e cozinha.....	67
Fig.4.37 – Pormenor do acabamento externo	67

CAPÍTULO 5

Fig.5.1 – Habitações em alvenaria construídas nas favelas brasileiras	70
Fig.5.2 – Planta e vista de um módulo T2, projeto 68, com dimensões de 85 m².....	71
Fig.5.3 – Habitações em alvenaria de blocos executadas pela Fabrilar.....	71
Fig.5.4 – escada e deck, opções ofertadas pela empresa.....	72
Fig.5.5 – Habitações padrão sendo construídas pela Empreiteira Pillar	73

Fig.5.6 – Casas de alto padrão construídas na serra do Rio de Janeiro.....	73
Fig.5.7 – Sede da empresa Faz Casa	74
Fig.5.8 – Planta e vista de um módulo T3 com dimensões de 114 m ²	75
Fig.5.9 – Habitações em betão armado, blocos térmicos e blocos cerâmicos, respectivamente	76
Fig.5.10 – Kit econômico de casa com 3 fogos e 78 m ²	76
Fig.5.11 – Planta e vista do módulo João Neiva, T2 com 45 m ²	77
Fig.5.12 – Vista superior da sede da empresa.....	78
Fig.5.13 – Kits preparados e transportados para exportação	79
Fig.5.14 – Planta e vista do módulo promocional T2 com 72 m ²	80
Fig.5.15 – Sede e loja da Madelomba	81
Fig.5.16 – habitação standard 3102 com 48 m ²	82
Fig.5.17 – Sede da empresa Visual.....	83
Fig.5.18 – Modelos de Casas Térrea e Sobrados, respetivamente	84
Fig.5.19 – Fabricação e aspecto final do ECO Tijolo.....	85
Fig.5.20 – Instalação da rede elétrica e hidráulica	85
Fig.5.21 – Casa Pacheco e Casa PAS, dois projetos desenvolvidos pela empresa.....	86
Fig.5.22 – Execução dos tijolos ecológicos.....	86

CAPÍTULO 6

Fig.6.1 – Deslocamentos-limites para cargas permanentes e cargas acidentais em geral	92
Fig.6.2 – Velocidade de combustão das coníferas e folhosas	95
Fig.6.3 – Seção da viga de madeira após incêndio e colapso da viga em aço que é sustentada pela viga em madeira	97
Fig.6.4 – Tipos de humedificação de uma parede por águas freáticas e superficiais.....	99
Fig.6.5 – Avaliação de desempenho térmico para condições de verão	101
Fig.6.6 – Avaliação de desempenho térmico para condições de inverno.....	101
Fig.6.7 – Zoneamento bioclimático brasileiro	101
Fig.6.8 – Altura da janela proposta.....	107
Fig.6.9 – Comparativo de conservação de recursos em relação à construção em aço	113
Fig.6.10 – Eficiência energética dos diferentes sistemas	114

ÍNDICE DE QUADROS

CAPÍTULO 2

Quadro 2.1 – Categorização dos sistemas construtivos em madeira [4].....	7
--	---

CAPÍTULO 3

Quadro 3.1 – Características das linhas de construção ofertada pela Diamond House	25
Quadro 3.2 – Quadro resumo dos sistemas construtivos	38

CAPÍTULO 4

Quadro 4.1 – Decomposição da casa pré-moldada em madeira em subsistemas (adaptado de [3])...	42
Quadro 4.2 – Parâmetros urbanísticos de maior importância.....	46

CAPÍTULO 5

Quadro 5.1 – Categorização da promoção Amigo Indica Amigo	79
Quadro 5.2 – Características das linhas de construção ofertada pela empresa Visual	84
Quadro 5.3 – Quadro resumo dos sistemas construtivos	87

CAPÍTULO 6

Quadro 6.1 – Listagem das exigências de desempenho de um sistema	91
Quadro 6.2 – Tempo requeridos de resistência ao fogo (TRRF), em minutos	95
Quadro 6.3 – Condutividade térmica para diversos materiais	96
Quadro 6.4 – Valores de pressão do vento conforme a região do Brasil	98
Quadro 6.5 – Transmissão térmica das paredes externas (adaptado de [46])	102
Quadro 6.6 – Transmissão térmica das coberturas (adaptado de [47])	102
Quadro 6.7 – Condutibilidade térmica e massa volúmica dos materiais (adaptado de [52])	103
Quadro 6.8 – Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa dos quartos para ensaios de campo	104
Quadro 6.9 – Valores mínimos recomendados da diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes para ensaios de campo	105
Quadro 6.10 – Critérios de diferença padronizada de nível ponderado para ensaios de campo.....	105
Quadro 6.11 – Isolamento acústico de alguns materiais de construção	106
Quadro 6.12 – Níveis de iluminação geral para iluminação natural	107
Quadro 6.13 – Níveis de iluminação geral para iluminação artificial	108

Quadro 6.14 – Vida útil de projeto (VUP).....	111
Quadro 6.15 – Preço final da empresa Tecverde.....	115
Quadro 6.16 – Preço final da empresa Casas Curitiba	116
Quadro 6.17 – Quadro comparativo de preços	116
Quadro 6.18 – Resumo das exigências e comparativo entre as soluções construtivas.....	118

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

U - coeficiente de transmissão térmica [$\text{W/m}^2\text{°C}$]

λ – Coeficiente de condutibilidade térmica [$\text{W/m}^2\text{°C}$]

ρ – massa volúmica aparente [kg/m^3]

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira

EN – European Standard

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

CCA – Arsenato de Cobre Cromatado

CCB – Borato de Cobre Cromatado

OSB – Oriented Strand Board

MDF – Medium Density Fiberboard

EPS – Expanded PolyStyrene

PVC – Polyvinyl Chloride

ISO – International Organization Standardization

PU – Poliuretano

DPC – Directiva de Produtos de Construção

CE – Conformité Européene

SINAT – Sistema Nacional de Avaliações Técnica

Rev - Revisão

1

INTRODUÇÃO

1.1. OBJETO, ÂMBITO E JUSTIFICAÇÃO

O tema desta dissertação é “Análise técnica e econômica de casas pré-fabricadas em madeira no Brasil”.

A madeira tem acompanhado o ser humano desde os seus primórdios, compreendido desde sua evolução e participado de forma decisiva para o desenvolvimento da raça humana. Com a sua presença em exuberância, juntamente com algumas especificidades como texturas e formas variadas, além de conferir resistência e fácil manuseio, fez dela um material com bastante uso, desde instrumentos básicos até a sua complexidade em construções de habitações.

O seu emprego na construção civil, é sempre correlacionado aos progressos tecnológicos correntes, juntamente com a pedra e o tijolo, materiais de construção, mais utilizados até início do século XX. Com o desenvolvimento do setor industrial, veio a ser exigido um maior grau de complexidade e uma maior audácia nas suas estruturas, seja em nível de cálculo ou na consolidação dos conhecimentos a cerca das propriedades dos materiais, o betão armado vem ganhando força e expressão, atendendo as necessidades e vindo a tornar-se um dos pilares da construção, relacionado ao desenvolvimento industrial e a utilização da madeira, como material construtivo, entrando em declínio.

Todo este desenvolvimento e consolidação do betão armado, fez com que a madeira viesse a ocupar um papel secundário, sendo seu uso destinado à construção de habitações precárias ou instalações auxiliares. Com todo o desenvolvimento industrial, teve um aumento expressivo do êxodo rural, com o deslocamento das populações das zonas mais interiores para os grandes centros urbanos em busca de melhores condições de vida. Para atender toda esta necessidade de habitação, foi adotado o sistema de pré-fabricação utilizando a madeira pela sua rapidez de execução. Com o avanço do betão, a madeira vem a ganhar uma notabilidade de material de qualidade inferior e procriando uma apreensão no seu emprego, o que conferiu a sua baixa utilização em edifícios de habitação ou emprego em habitações de baixo custo.

Com o avanço da globalização e da tecnologia, alguns conceitos vieram a ser debatidos e questionados pela população. Um deles foi à conscientização das questões ambientais e a busca por novos métodos de preservação veio a permitir um maior e melhor entedimento das propriedades e particularidades da madeira, criando condições para que novos processos construtivos, tal como novos materiais industriais à base de madeira, surgisse. E com isso fosse manifestado um processo inverso da rejeição no emprego de casas de madeira.

Na decorrência desta nova utilização e com o aumento da procura deste tipo de solução, as empresas especializadas em construções em madeira vêm ganhando cada vez mais espaço nos mercados.

Neste contexto, o objeto da dissertação associa-se a realizar uma análise das casas de madeira. Mais especificamente esta dissertação tem como objetivo principal estudar as casas de madeira construídas no sul do Brasil e comparar com outros sistemas construtivos usados no Brasil para o mesmo efeito (casas em alvenaria).

O estudo que foi desenvolvido tem como base uma pesquisa de mercado que foi realizada sobre as principais empresas construtoras deste tipo de soluções no Sul do Brasil.

Esta análise vem a ser sustentada na conjuntura de não haver informações relevantes e objetivas acerca deste tipo específico de solução construtiva. As empresas no mercado brasileiro não dispõem de referências de fácil acesso e esta caracterizando por ser uma solução pouco utilizada, limitando-se ao sul do país, não há muitos assuntos dedicados a este tema.

Todas estas questões tornaram difícil o acesso a informações relevantes e abundantes sobre o setor.

1.2. BASES DO TRABALHO DESENVOLVIDO

O trabalho de estudo e análise que foi desenvolvido nesta dissertação foi desenvolvido tendo como referencial outros trabalhos que discorrem sobre as mesmas temáticas que aqui foram citadas e diversas referências bibliográficas sendo as mais relevantes o livro editado pelo AITIM espanhol “Casas de madeira” [2] e a tese de mestrado do Professor Doutor Amorim Faria “Divisórias leves prefabricadas – Concepção e avaliação da viabilidade de um sistema realizado com base em madeira e derivados” [1].

O essencial para este trabalho foi a realização de uma pesquisa das variadas soluções construtivas à disposição no mercado brasileiro e seguidamente uma pesquisa de desempenho das soluções com base no site das empresas e dos catálogos referentes aos sistemas.

1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação encontra-se organizada em 7 capítulos:

- O presente capítulo 1, destina-se a introdução e nele é feita uma breve descrição do trabalho e sintetiza-se o seu conteúdo;
- No capítulo 2, faz uma síntese geral acerca do objeto de estudo base desta dissertação, as casas de madeira: suas principais características e propriedades, o enquadramento histórico e o desenvolvimento das casas de madeira ao longo do tempo;
- No capítulo 3, é realizada uma síntese dos principais estados brasileiro que fornecem casas pré-fabricadas em madeira, analisando o mercado brasileiro e realizando uma comparação de algumas características das principais empresas;
- No capítulo 4, é definida uma casa padrão pré-fabricada em madeira evidenciando seus sistemas e subsistemas e definindo os vários materiais e elementos constituintes;
- No capítulo 5, de maneira análoga ao capítulo 3, são apresentados de maneira resumida os principais estados que oferecem casas tradicionais em alvenaria, análise do mercado brasileiro e realizando uma comparação de alguns aspectos das principais empresas;
- No capítulo 6, faz-se uma comparação entre um sistema pré-fabricado em madeira e uma solução semelhante em alvenaria, segundo uma avaliação técnica e econômica, usando o modelo de casa pré-fabricada em madeira apresentada no capítulo 4;
- O capítulo 7 apresenta uma síntese do trabalho realizado e as suas principais conclusões bem como uma avaliação sintética do cumprimento dos objetivos inicialmente propostos.

2

CASAS DE MADEIRA – SÍNTESE HISTÓRICA

2.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

A madeira como matéria-prima, é um elemento de construção mais versátil e antigo que tenha sido utilizado pelo homem ao longo de sua história, desde a produção nos mais variados campos como, por exemplo, na fabricação de artefatos bélicos como lanças, porretes e passando pelo campo dos transportes como a produção de canoas e barcos. É quase impossível imaginar o avanço da humanidade sem a utilização da madeira.

Com o início do período neolítico, há cerca de 5000 anos a.C. o ser humano vai deixando de ser nômade e passa a se sedentarizar, começa então a desenvolver atividades de agricultura e pastoreio, ele começa a se relacionar com a natureza e domesticar animais, o que foi fundamental para o crescimento da população e desenvolvimento da sociedade. Com tudo isto, teve a necessidade de construção de abrigos, iniciaram então a construção dos mais variados tipos, em geral utilizando a madeira.

As primeiras habitações realizadas em madeira que são conhecidas são designadas habitações subterrâneas ou "pit house". Este tipo de moradia é marcado por ser fruto de uma escavação onde o seu corpo principal fica abaixo do nível do terreno. Podem assumir geometrias circulares ou retangulares e suas paredes eram feitas de terra. O telhado era composto por troncos e apoiados pela parede de terra e um conjunto de troncos dispostos no centro, de modo que era posto no topo da construção uma abertura onde era colocada uma escada em madeira de acesso para o interior. [10].

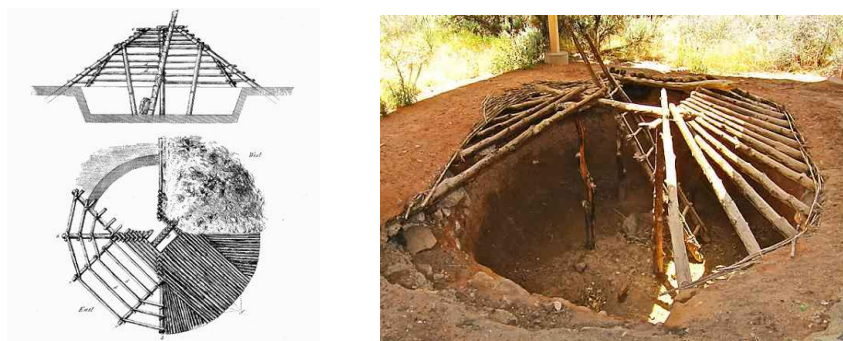


Fig.2.1 – Habitações subterrâneas ou "pit house" [11] [12]

Estes tipos de moradias eram frequentemente encontrados na América do Norte, principalmente no Canadá e norte da Europa, muito comum entre os séculos V e XII. Há alguns arqueólogos que acreditam que estas habitações possuíam um piso elevado para ser usado para armazenar alimentos e manter o pior da umidade do lado externo.

A maneira como as estruturas em madeira vieram a evoluir foram vinculadas por razões políticas e geográficas e principalmente determinadas pela cultura da população que ali residia. As habitações eram construídas com ligações entre as peças de madeira utilizando cordas tecidas com fibras de folhas e tinham algumas necessidades a atender como, por exemplo, a ação dos ventos, a depender da região, o que era alcançado devido à grande flexibilidade e resistência destas uniões.

No continente Asiático, mais precisamente no arquipélago da Indonésia, as moradias apresentavam uma estruturação deslumbrante, onde era nítida a influência do mar e das embarcações em suas vidas. As casas eram construídas em formatos de barcos e voltadas com orientação Norte-sul criando assim menção aos antepassados oriundos da China e Camboja.

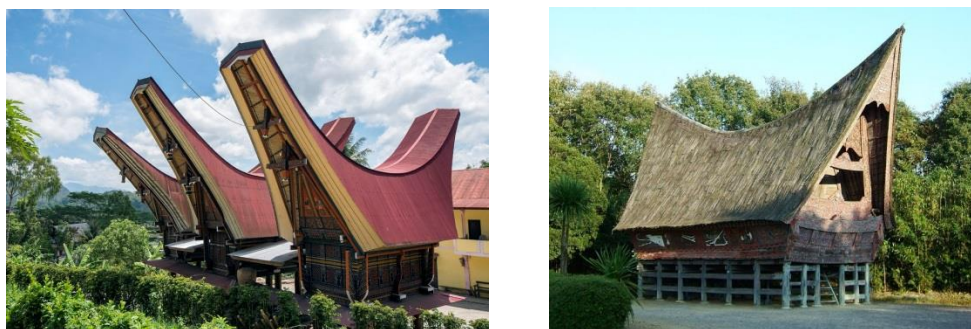


Fig.2.2 – Habitações asiáticas localizadas na Indonésia [8] [9]

Para a construção destes tipos de habitações eram utilizados materiais como o bambu, madeira e algumas fibras vegetais, o que conferiam a elas uma estabilidade a nível estrutural elevada, bem como resistência a intempéries como ação de chuvas e ventos, além de consistir em um método econômico.

No continente Europeu, por sua vez, pela sua fauna, composta basicamente por florestas coníferas e florestas caducifólias, fez com que a madeira viesse a ser utilizada como matéria prima para construção de moradias, podendo ser encontrados diversos registros de construções que utilizaram troncos de árvores. Em torno de 700 a.C. existiu no país polonês, mais precisamente em Biscupin, uma povoação constituída por casas de troncos.

Na Escandinávia, a partir do ano 1000 d.C. era recorrente a utilização de troncos dispostos na horizontal ou vertical para a concepção de casas. Diante disso, a estruturação horizontal dos troncos obteve uma melhor aceitação quando comparado à estruturação vertical dos troncos, devido a uma maior estabilidade estrutural que era conferida às construções. Ao realizar essa disposição na horizontal das peças de madeira foi notado um grande problema que é o caso da estanqueidade à água das chuvas e ao ar associada ao vento.

Devido ao grande problema de ligação entre os grandes troncos horizontais, no sentido de amenizar a situação da estanqueidade da estrutura utilizaram-se telas tecidas, argila ou musgos.

Com o desenvolvimento das técnicas de serragem, a partir do século XV, todos estes problemas vieram a ser resolvidos. Foi observada uma gradual mudança das casas de troncos para casas de tábuas

ou vigas retangulares, que permitam uma melhor união entre si e uma maior estabilidade da habitação. Desta forma estes conceitos, em arquitetura em madeira, foram-se desenvolvendo e passando por uma etapa de construção e concepção com um caráter mais popular à medida que a tecnologia foi avançando.

Na Noruega, existem igrejas com mais de 15 metros de altura e 20 de comprimento que foram construídas inteiramente em madeira. Trata-se de obras muito arrojadas para a época, onde a técnica que foi empregada na construção dos pilares e de todo o esqueleto que fornece sustentação para toda a estrutura é a utilização de tábuas nas paredes e as fundações compostas por pedras para preservar a integridade física dos pilares.



Fig.2.3 – Igrejas em madeira na Noruega [13]

Com a Idade Média chegando ao seu fim, pode ser observado um avanço nas moradias que eram construídas em madeira, um progresso na construção das estruturas em madeira usadas para produzir as paredes. Todas estas construídas preenchendo o espaço existente na madeira com areia ou argila, onde era aplicado um entrelaçado de ripas e tecido firmemente preso à estrutura, pelo interior e também pelo exterior.

Este desenvolvimento foi tanto que no fim da Idade Média, era possível construir edifícios em madeira com até 5 ou 6 pavimentos e muitos destes edifícios perduram até hoje.

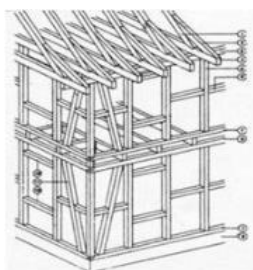


Fig.2.4 – Esquema de uma estrutura em “gaiola” [5]



Fig.2.5 – Edifícios em Aumale, França [14]

Todo o sistema foi empregado pelos portugueses, assumindo uma nomenclatura na região Norte do país, na cidade do Porto, de “taipas” referindo a certo tipo de material utilizado para preenchimento. Na região Sul, mais precisamente na capital, Lisboa, foi denominado de “gaiolas” também em francês “à colombage” remetendo ao aspecto da estrutura de madeira (*gaiola de pombas*).

Contudo, todo este sistema que utilizava a técnica de preencher o espaço da madeira veio a ser sucedido pelo uso das alvenarias e tijolos que se diferenciavam pelas suas características de vencer a retração e a torção, esforços estes que solicitavam em excesso à madeira.

As construções que utilizavam a madeira como matéria-prima vieram a alcançar o seu ápice e conseqüentemente a entrar em declínio no final do século XIX e meados do século XX, com o surgimento de mais um material de construção, o betão armado. Ao longo deste tempo estudos são realizados para compreender melhor todas as suas propriedades e como funciona este material enquanto elemento construtivo.

No Brasil, assim como nos demais países europeus, o betão armado está no cerne da consolidação como sendo um dos poucos sistemas de construção e sendo peça chave na estruturação do campo da arquitetura e engenharia e de quase todas as práticas que ela põe em jogo. Introduzido no início do século XX como um produto patenteado e distribuído por empresas estrangeiras estabelecidas no país e empurrado pela instalação das cimenteiras, em meados dos anos de 1920, o Betão armado tomou conta do mercado brasileiro de construção durante o século XX. O processo de difusão do betão armado ganha maior expressão no ano de 1940 quando o seu uso finalmente é normalizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

Com o avanço rápido do setor industrial, foi-se originando um movimento migratório, onde as populações do interior começam a descolocar-se para os grandes aglomerados urbanos em busca de uma perspectiva de melhoria na qualidade de vida e em busca de trabalho. Geralmente, essa mão de obra migrante é desqualificada profissionalmente e o custo alto das moradias nos grandes centros urbanos e a necessidade de se estabelecerem faz com que seja preciso criar habitações sociais através dos pré-fabricados em madeira, pois apresentam um custo baixo e uma rápida execução.

As construções em madeira ficam então relacionadas a habitações de baixa qualidade e precárias, conceitos estes que perduram até os dias atuais.

Nos Estados Unidos da América, Japão e nos Países Nórdicos, as construções de moradias em madeira representam hoje ainda cerca de 80% das habitações residenciais, o que mostra que em média, este tipo de material continua a preservar a sua notoriedade e qualidade irrefutável, ao menos no que se refere à relação custo/qualidade.



Fig.2.6 – Condomínio Puukuokka, na Finlândia [15]

A figura 2.6 exemplifica um edifício multifamiliar de 6 a 8 pavimentos que foi construído na Finlândia, totalmente em madeira, onde estes tipos de construções se mostram muito eficientes tanto no custo, como no prazo de execução, quando comparadas com edifícios semelhantes com estruturas em betão ou em aço.

2.2. TIPOS DE HABITAÇÕES EM MADEIRA

As construções em madeira podem ser categorizadas seguindo um princípio qualitativo. Podem ser agrupadas em três grupos: casas de troncos (“Loghomes”), casas com estrutura em madeira pesada (“Heavy Timber”) e casas com estrutura de madeira leve (“Light Framing”).

Contudo, indica-se abaixo ([4], [5]), uma suplementação a estes tipos já existentes onde a classificação final foi uma adaptação do que foi proposto, pois com o desenvolvimento da tecnologia, vieram a ser criados novos sistemas em que o nível de desenvolvimento e as tecnologias que foram utilizadas não devem ser incorporadas em nenhum dos tipos acima referidos.

Este agrupamento chega então a incorporar os sistemas com estruturas pré-fabricadas as quais são o objeto de estudo principal deste trabalho.

Quadro 2.1 – Categorização dos sistemas construtivos em madeira [4]

Tipo de estrutura	Sistemas tipo
Casas de Troncos	
Estrutura em madeira pesada	Porticado – “Post&Beam”
	Entramado – “Timber Frame”
Estrutura em madeira leve	Estrutura em Balão – “Balloon Frame”
	Estrutura em Plataforma – “Platform Frame”
Estrutura pré-fabricada à base de módulos	Módulos de pequenas dimensões
	Módulos de grandes dimensões
	Módulos tridimensionais

2.2.1. CASAS DE TRONCOS – “LOGHOMES”

Este tipo de sistema construtivo que tem como base à utilização de toros ou troncos se aproxima muito em nível estrutural aos muros construídos com alvenaria. Esta técnica construtiva dispõe os troncos de maneira horizontal, método mais comum, devido a uma maior estabilidade estrutural, embora a disposição vertical dos mesmos é uma maneira corretamente utilizada, vindo como alternativa.

Esta sistematização técnica difere um pouco das outras metodologias porque ele dislumbra toda a sua vivacidade com o mínimo de tratamento, para condicionar como matéria prima o resultado final. Elemento construtivo condenado a uma posição de coadjuvante na indústria da construção num passado, neste tipo de construção veio a exacerbar toda a sua rudimentação e expressividade de modo

artesanal. Importante ressaltar que este é o único sistema onde não há necessidade de utilização de qualquer tipo de revestimento ou acabamento.



Fig.2.7 – Esquema estrutural [2] e exemplo de uma casa de troncos [16]

Partindo de um olhar estático, a madeira vem a trabalhar de maneira perpendicular à direção das fibras, desta maneira, obtém-se um rendimento menor que no sentido longitudinal em cerca de 20 a 30 vezes, pois só são aproveitados 5% da capacidade resistente celular, [2].

Nos troncos de madeira, por estarem sujeitos a um complexo processo de secagem, vêm a resultar variações dimensionais significativas das paredes e com isto resulta em um afastamento entre as peças, fazendo com que a construção venha a sofrer uma eventual perda de estabilidade em geral localizada, podendo por vezes ser global. Hoje em dia, toda esta dificuldade foi minimizada, pois se tem um conhecimento maior das propriedades da madeira, com destaque para a fase de colocação da mesma em obra.

A geometria arredondada e levemente cônica que os troncos apresentam, faz com que este tipo de sistema, venha a permitir a ligação completa entre as peças, tendo como base um projeto muito bem estruturado mantendo atenção aos movimentos entre os troncos que podem causar ações de oscilação principalmente nos cantos das paredes onde é realizado o travamento e ligação dos mesmos. Nestes pontos, as cabeças com seus encaixes especiais são logo travadas. Nos dias atuais, esta dificuldade pode ser vencida, pois o tronco passou a ser manufaturado e passou a ser utilizado com uma ou mais faces retangulares, vindo a possibilitar uma maior superfície de apoio e maior estabilidade da estrutura.

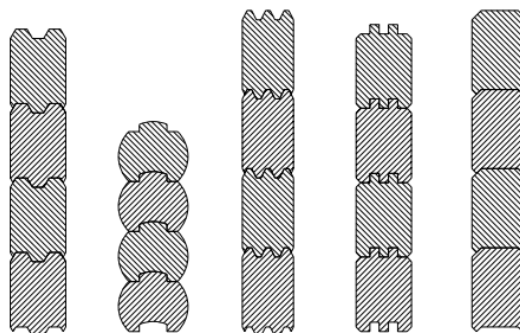


Fig.2.8 – Exemplo das formas das seções dos troncos [2]

2.2.2. CASAS COM ESTRUTURA EM MADEIRA PESADA – “HEAVY TIMBER”

Este tipo de edificação veio a surgir como uma necessidade que o ser humano encontrou em obter um produto com características construtivas mais robustas, originais e únicas, uma vez que esta tem seu início nas casas de troncos, vindo a superar tanto na idealização arquitetônica como na complexidade estrutural.

O sistema visa usar toda a potencialidade das características resistentes da madeira, que é empregue como elemento estrutural puro e suas peças que são dispostas a atuar na direção paralela às fibras e compondo estruturas mistas com outros tipos de materiais, como por exemplo, os muros de carga. Isto vem a possibilitar a adoção de aberturas maiores e edifícios com altura de até seis andares. Com isso vêm a suprir todas as deficiências estruturais dos sistemas com pior desempenho.

Com toda a sua aceitação, vem a começar um processo de globalização e expansão principalmente na Europa até América do Norte e todo território asiático. Com o avanço de novas tecnologias, começa a surgir novos materiais de construção, em especial o betão armado, e com isto tem início ao declínio desse sistema que se manteve até o século XIX.

Tendo como seus princípios toda a sua complexidade e artesanidade, veio a ser viável toda a sua segregação física entre todos os seus componentes (estrutura, envolvente e revestimentos). Todas essas especificidades vieram a tornar possível que as peças fossem cortadas e montadas “in situ”. Como o sistema embora fosse considerado demasiado complicado, todo o conjunto poderia ser facilmente subdivididos por partes e todas estas peças poderiam ser desmontáveis e transportáveis, tendo a possibilidade de ser montada noutro lugar, isto fez com que ele se tornasse bastante competitivo frente a outros, otimizado pelos diversos níveis de industrialização e por inserção na pré-fabricação.

Podemos subdividir este tipo de solução construtiva em dois grandes grupos de soluções: o sistema porticado (“Post&Beam”) e o sistema entremado (“Timber Frame”). Todas estas estruturas citadas possuem em comum a utilização em grandes elementos de madeira com elevado peso próprios.

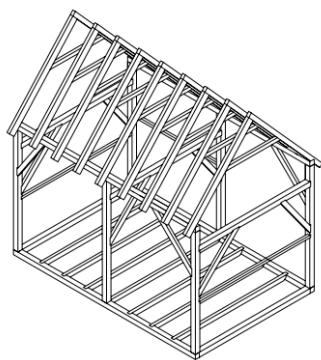


Fig.2.9 – Sistema em “Post&Beam” [2]

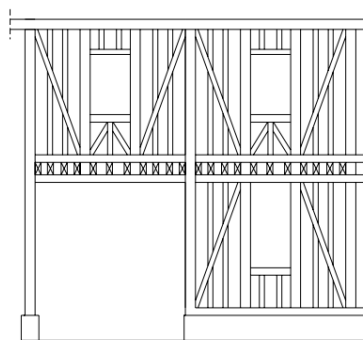


Fig.2.10 – Sistema em “Timber Frame” [2]

2.2.2.1. SISTEMA PORTICADO – “POST&BEAM”

Como o próprio nome já sugere, temos aqui, um sistema composto por um conjunto de pórticos que formam um conjunto rígido, autoportante e com uma desvinculação total da estrutura e dos revestimentos.

Os elementos construtivos, nomeadamente as vigas e os pilares, apresentam grandes dimensões possam permitir a obtenção de vãos com dimensões significativas para que assim possam a ficarem

apararentes. Os revestimentos, as placagens, podem ser removidos com facilidade e tendem a funcionar como elementos de decoração e para definição dos ambientes. A rigidez que o pórtico apresenta é alcançada graças aos elementos diagonais que trabalham como suportes no sentido em que são inseridas, conforme mostrada na figura 2.11.

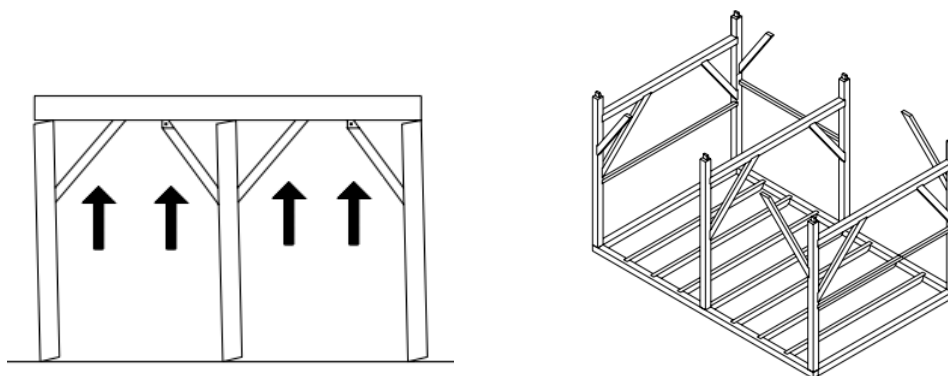


Fig.2.11 – Sistema em pórticos [2]

À medida que a tecnologia vem a progredir vem estimular o mercado a desenvolver novas soluções de materiais à base de derivados de madeira, como é o caso dos lamelados colados. Ainda ressaltando toda esta evolução no segmento não pode deixar de incluir o desenvolvimento dos desenhos assistido por computador (CAD) que veio para facilitar os desenhos técnicos, em especial os pormenores construtivos.

2.2.2.2. SISTEMA DE ENTRAMADO – “TIMBER FRAME”

Este tipo de sistema em nível estrutural vem a se diferir do sistema porticado, mencionado anteriormente, pois apresenta elementos na vertical. Na horizontal e diagonal, desta forma, cria uma estrutura portante estável no próprio plano.

Podem ser notadas algumas outras diferenças em nível estrutural como é o caso dos elementos que trabalham diagonalmente no travamento que incorpora os planos completos que vem a assumir a forma de muros diferente do sistema porticado, onde a madeira vem a trabalhar na direção das fibras e as ligações que são do tipo macho-fêmea, que normalmente tendem a ser menos complexas quando comparado ao sistema porticado.

O conjunto acima ainda apresenta uma redução no pé direito reduzido devido à utilização de elementos de grandes dimensões os quais vem a implicar dretamente no peso da estrutura.

No caso dos revestimentos, estes seguem a premissa que tem os espaços vazios precisam ser preenchidos com material apropriado, sendo madeira ou cerâmica, por exemplo, e ainda toda a estrutura pode ficar à vista ou sendo encoberto por algum tipo de revestimento, como é o caso dos folheados.

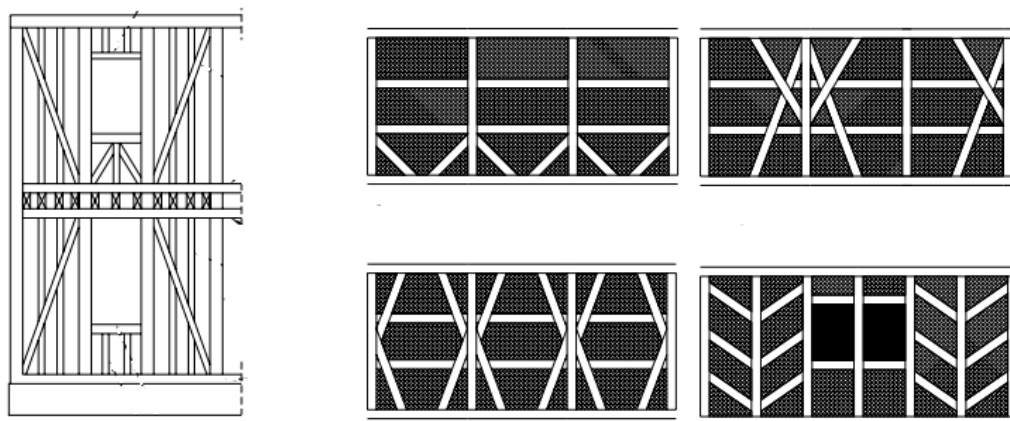


Fig.2.12 – Sistema de entramados [2]

2.2.3. CASAS COM ESTRUTURA EM MADEIRA LEVE – “LIGHT FRAMING”

O sistema com estruturas em madeira leve, se perpetua como sendo a evolução da madeira como material construtivo estrutural para elaboração de edifícios. Tem sua origem na América do Norte no século XIX como resultante diretamente de dois fatores: a disponibilidade de produtos industrializados normalizados, madeira serrada e pregos, e a necessidade de possuir um sistema de construção que fosse rápida para que as atendessem a escassez de moradias devido à acelerada e elevada colonização do Oeste dos Estados Unidos da América [2].

Fruto de uma evolução da madeira pesada (“Heavy Timber”) veio a evidenciar uma nova concepção no que diz respeito à estruturação. Com a inserção de novos elementos estruturais especificamente, os muros, lajes e coberturas que quando unidos proporcionam a estruturação espacial, se assemelhando muito às práticas atuais em betão armado. Agora com novos elementos incorporados é possível utilizá-los com dimensões reduzidas de forma mais generalizada, uma vez que a carga é distribuída e conduzida por uma quantidade maior de elementos.

Um dos desafios que foram vencidos neste novo tipo de solução construtiva graças à evolução dos processos construtivos que passou de um sistema basicamente artesanal para utilização de produtos com certificação e industrializados, o qual vinha com diferencial de agora ser possível à realização de um melhor planejamento para retirar toda e qualquer prática que possa ocasionar desperdício ou atrasar o prazo de fabricação. Com toda esta revolução, foi estabelecida uma nova organização referente a modulações e pré-fabricação.

Com a adesão de geometrias menos complexas, devido à utilização de madeira propriamente serrada, adotando uniões mais simples, dispensando as juntas e encaixes especiais, empregando aos pregos e cavilhas, quase que exclusivamente, isentando assim uma mão-de-obra mais especializada. Desta forma o prazo da obra foi conseqüentemente diminuído, tornando a construção mais econômica.

Com relação às instalações, neste tipo de sistema ficou mais acessível quando comparado com seus sucessores, pois possuem uma cavidade que vem a admitir a passagem das instalações como o seu revestimento com um isolante térmico, a fim de evitar uma perda da inércia térmica.

Quando se trata da parte de detalhamento em nível de projetos, pode-se garantir que se tenha uma vasta versatilidade desde o momento que se inicia o desenho ou até mesmo em posteriores modificações que venha a ocorrer. Com a quantidade enorme de várias peças de madeira que são utilizadas e com a rigorisidade maior que cada vez mais são exigidas das peças, em questão de

controle, recepção e armazenamento das mesmas, é solicitado que se venha a ter uma pormenorização mais elevado nos desenhos (detalhes construtivos especiais).

Com este tipo de construção e nos dias atuais, fica-se evidente a importância que se é dada a organização do estaleiro, pois as madeiras, são materiais os quais precisam ter um controle especial, seja na sua chegada a obra, na sua aplicação ou até mesmo na sua conservação no estoque da obra. É preciso analisar as condições do ambiente, pois quaisquer humidade podem acarretar alterações em suas dimensões.

As estruturas leves estão associadas as indústrias de revestimentos e acabamentos, pois em questões de estética não podem está à vista, pois sem a presença destes instrumentos, são encaradas como soluções esteticamente inaceitáveis.

A construção em madeira quando comparada com a construção tradicional, em termos de durabilidade devem-se equiparar, pois não há motivos para as casas derivadas deste material apresentar uma duração menor tendo as manutenções corretas e adequadas. Podemos destacar os Estados Unidos da América, Rússia e Escandinávia onde há construções com quase 200 anos.

Podemos dividir as estruturas leves em dois grandes grupos: “Balloon Frame” (estrutura balão) e “Platform Frame” (estrutura plataforma).

2.2.3.1. ESTRUTURA EM BALÃO – “BALLOON FRAME”

Este tipo de construção é o sistema original que vem originar as estruturas leves. Teve seu criador e desenvolvedor o engenheiro civil de Chicago, Estados Unidos da América, o qual ficou famoso por realizar empreitadas e negócios no ramo da madeira para construções, George Washington no ano de 1830. [5].

A madeira como material construtivo depois da decadência monumental veio dar o seu lugar ao ferro, para o aço e por fim ao betão, teve uma aplicação enorme numa arquitetura vernacular americana como um produto deste sistema.

Caracteriza-se por apresentar suas fachadas compostas por montantes contínuos ao longo da sua altura, geralmente dos pavimentos. É um sistema mais complicado de realizar a montagem, com pouco espaço para a pré-fabricação.

A sua complexidade está no fato dos montantes apresentarem uma altura elevada, em torno de dois pisos, o sacrificio em obter peças de madeira que apresente geometria e especificidade apropriadas para compor a estrutura e o fato de todos os elementos terem a necessidade de serem montados de maneira simultânea.

Neste tipo de projeto é possível notar que as vigas onde estão assentadas as lajes conectaram diretamente aos montantes, sendo travadas por tábuas transversais, e desta maneira formando os pisos. Apresentam suas paredes, pavimentos e cobertura composta por vigas e montatens de pequenas secções e são fixadas exclusivamente por pregos.

Por fim, este tipo de sistema apresenta algumas carências, entre elas, a sua resistência ao fogo visto que não oferece um corte físico que seja bem definido entre os pisos da construção, a qual, pose exemplo, se houvesse um caso de fogo em algum dos pisos, ele de forma rápida se disseminasse para o outro.

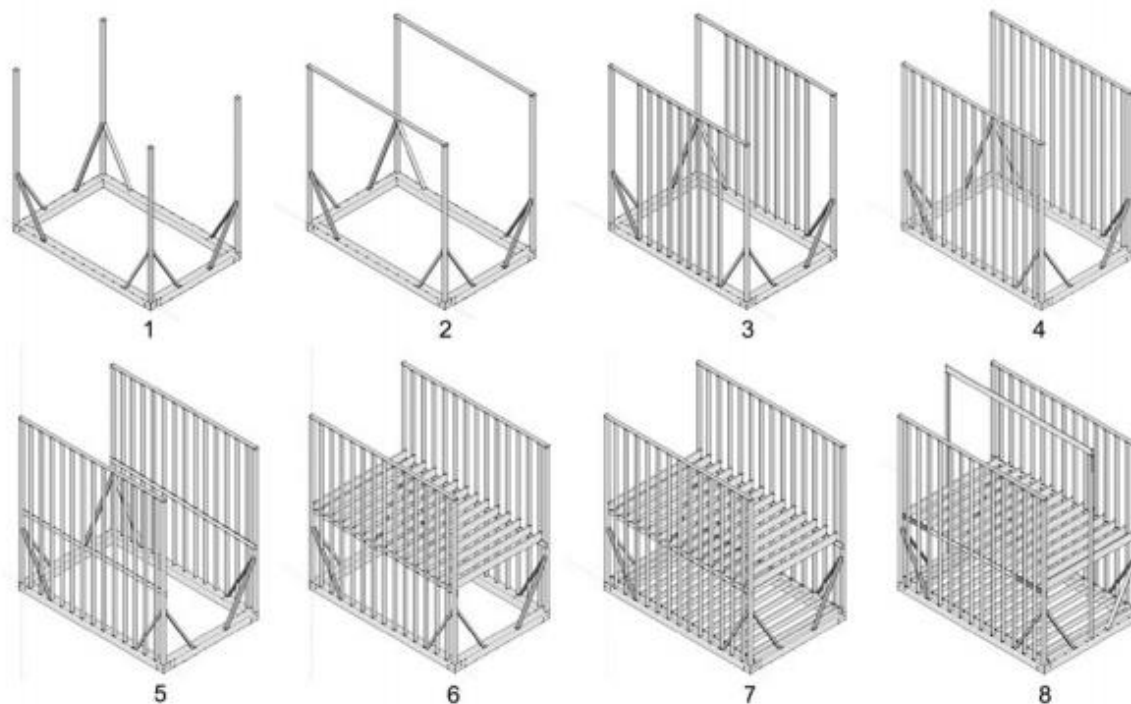


Fig.2.13 – Processo de construção do “Balloon Frame” [17]

2.2.3.2. ESTRUTURA EM PLATAFORMA – “PLATFORM FRAME”

As construções em estrutura em plataforma vieram a surgir como sendo uma evolução das estruturas em balão na ordem de tentar resolver os problemas ocasionados pelo sistema anterior, por exemplo, o fato de ter se tornado altamente padronizado juntamente com sua clareza e facilidade, tem feito com que este venha a ser mais utilizado que o próprio sistema o qual ele veio a substituir.

A estrutura neste tipo de sistema vem a se distinguir da estrutura em balão, pois nela se a madeira tem um papel principal na função de revestir a estrutura utilizando placas onde originalmente era constituído por madeira maciça e nos dias atuais este material foi substituído por derivados de madeira. O desempenho conjunto da estrutura como um corpo único parte da fundação e finaliza na cobertura, é assegurado pelo revestimento. Estas placas agem como um muro de suporte que ainda tenha a possibilidade de vir a apoiar as plataformas ao nível de cada piso e alturas dos pisos se equiparam a altura destes montantes. Esta segregação física dos pavimentos vem a assegurar uma redução no caso de ocorrer um alastramento do fogo entre os pavimentos, pois é conseguido obter uma maior estanqueidade, caso venha a ter um incêndio.

Para realizar a montagem deste tipo de sistema pode-se recorrer ao desmembramento das peças de dimensões elevadas, tornando-o mais simples. A construção é realizada pela elevação das plataformas que vão sendo apoiadas pelas paredes e por fim sendo travadas até o nível da cobertura.

Por fim, o sistema “Platform Frame” vem se tornando mais enquadrando mais para utilizar a pré-fabricação, pois vem apresentando elementos de menores proporções, que em sinergia ao método simples de execução do sistema, é possível diminuir os prazos e custos.

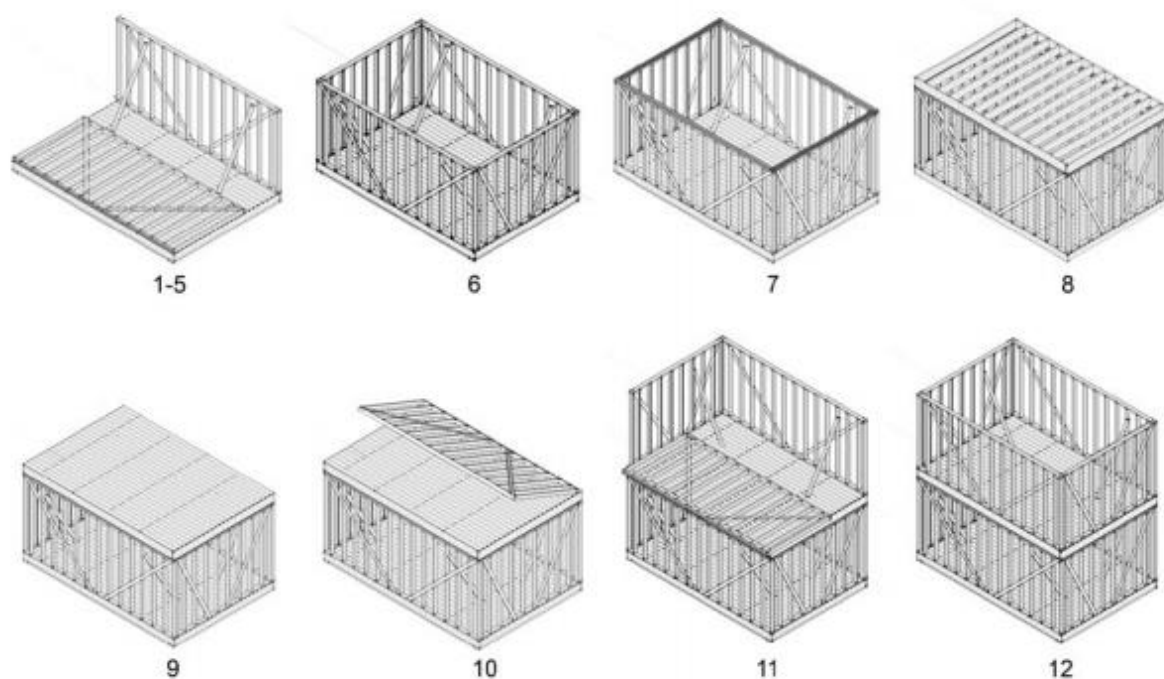


Fig.2.14 – Processo de construção do "Platform Frame" [17]

2.2.4. CASAS COM ESTRUTURA PRÉ-FABRICADA

A pré-fabricação vem a surgir como um processo totalmente natural em consequência da evolução da construção em madeira.

Um dos primeiros registros que se tem da pré-fabricação e que é considerado o mais antigo nesta área se tratava de um chalé colonial portátil que foi desenvolvido em 1833. A construção foi projetada pelo então carpinteiro Herbert John Manning, que apresentou o seu filho, que imigrava de Londres para Austrália. O primeiro exemplar se tornou um enorme sucesso e o carpinteiro terminou por desenvolver uma série de modelos de variados tamanhos e custos variados. Diversas habitações foram encaminhadas para o país australiano nos anos seguintes. As técnicas construtivas que foram empregadas na casa indicam o indício da pré-fabricação, mesmo antes de existir este termo.



Fig.2.15 – Estrutura do Chalé Colonial Portátil [18]

O desenvolvimento da pré-fabricação vem a acontecer, numa maior proporção, basicamente pelas necessidades de uma reconstrução em nível global das cidades após os acontecimentos das Guerras Mundiais, Primeira (1914-1918) e Segunda (1939-1945), quando vários países que devastados pelos resultados das guerras e passando por um processo de recuperação, tinham a necessidade de suprir certa carência habitacional utilizando métodos construtivos mais simples. Era necessário construir em larga escala, de modo rápido e econômico. Em torno dos anos de 1930, foi desenvolvido diversos programas de construção em massa na Europa (principalmente na França), Rússia e Japão.

As construções em pré-fabricados vêm a ser caracterizados por aquelas em que toda a construção se dar de maneira integrada. Os materiais são resultados de um alto índice de pré-fabricação sendo que no próprio local é as operações de montagem e com um número menor de cortes e serragem.

Este tipo de sistema pode ser classificado, de uma maneira proposta, em módulos de pequenas dimensões, grandes dimensões e tridimensionais. À medida que o grau de pré-fabricação vem a surgir um número alto de variações que podem vir a limitar este tipo de sistema. A escolha do grau de industrialização do sistema vem a depender de fatores que estão correlacionados com a realidade técnica da construção local e da qualidade da mão-de-obra.

O sistema que utiliza módulos de pequenas dimensões é caracterizado por usar painéis com medidas de altura e largura de 2,8m e 1,2m, respectivamente. Os sistemas de estruturas leves se equiparam com este tipo de sistema, onde os pés direito e o projeto arquitetônico vão limitar as dimensões dos painéis.

Por apresentar proporções reduzidas este tipo de sistema vem a apresentar uma maior flexibilidade na aquisição de estruturas mistas, quando equiparado a outros tipos de sistemas em pré-fabricação.

O sistema que utiliza módulos de grandes dimensões, em sua essência, busca evoluir para adquirir padrões verticais dos edifícios. 3 metros e 6/7 metros de largura, respectivamente, são as medidas que são geralmente concebidas.

No quesito montagem, este tipo de sistema de módulo grande, tem uma montagem em obra rápida e fácil, pois quando realizada as fiadas sob as fundações ou estruturas de apoio, ocorrem de uma maneira acelerada. É possível ainda, eliminar o trabalho em obra de abertura nas fachadas que podem decorrer ainda na fábrica, tornando este tipo de sistema interessante. No que se trata dos subsistemas, como são os casos das instalações elétricas e hidráulicas, estas podem já vir instalados nos componentes do módulo ou serem adicionadas posteriormente, após a finalização da implantação dos módulos.



Fig.2.16 – Colocação do módulo em obra [19]

Os módulos que apresentam características tridimensionais vêm a ser os mais inovadores e ousados a utilizar ao máximo as propriedades dos pré-fabricados. As dimensões deste tipo de módulo podem variar de acordo com o produtor e a necessidade do consumidor.

Os módulos são construídos nas fábricas como sendo unidades individualizadas como salas ou cozinhas, por exemplo. Depois de finalizados, estes são transportados por meio de caminhões até a obra e geralmente são apoiados em estruturas a ficarem levemente elevados em relação ao nível do solo, o qual irá permitir minimizar ataques ambientais e o efeito de desgaste com este contato direto com o solo.



Fig.2.17 – Transporte e colocação do módulo em obra [20]

A quantidade de mão-de-obra para realizar a obra, juntamente com sua construção, está diretamente relacionada à quantidade de insumos de pré-fabricados, apontamentos importantes para serem levados em conta quando se trata de estruturas pré-fabricadas.

Os painéis podem assumir pequenas ou grandes dimensões, e a depender desta é preciso um enfoque maior quando for realizar o transporte, pois poderá a vir ocorrer qualquer avaria nos elementos, o que pode vir a prejudicar o prazo da obra, pois as peças são conferidas na fábrica.

3

CASAS EM MADEIRA NO BRASIL NA ATUALIDADE

3.1. MERCADO NO BRASIL

O Brasil passou por um período de elevado crescimento histórico com uma maior repartição das rendas, incentivos à indústria e uma maior linha de crédito. Na construção civil foi possível acompanhar todo o seu crescimento, estagnação e hoje uma retomada progressiva, recebendo investimentos na infraestrutura do setor. A construção de habitações, uma tendência que vem se mostrando em crescimento acelerado e tentando se manter pelos próximos anos, para tentar atender a alta demanda que o setor enfrenta.

O processo de construção de pré-fabricados ganhou novos componentes e tecnologias, especialmente relacionado às habitações de baixo custo, nos últimos dez anos. É preciso que o sistema para ter espaço e reconhecimento no setor brasileiro, é necessário que venha a apresentar um baixo custo, boa qualidade e principalmente uma adequação aos sistemas de financiamento existentes no Brasil.

O sistema de pré-fabricados em madeira vem sendo utilizado há anos em países como Estados Unidos da América, cerca de 95% das casas construídas que utilizam esta tecnologia, em larga escala também em alguns países da Europa, especialmente nos Países Nórdicos e nesses últimos anos vem ganhando espaço no mercado brasileiro. [20]



Fig.3.1 – Sistemas de pré-fabricados [21]

A elevada procura por construções leves no país vem se difundindo na indústria pelas suas inúmeras vantagens e como uma alternativa aos sistemas tradicionais na construção civil, como o caso de

alvenarias ou estruturas em betão, mais demoradas e que geram mais resíduos e agressões ambientais pela alta emissão de dióxido de carbono. A grande dificuldade para implantação deste tipo de sistema de construções no Brasil deve-se ainda pelo custo de produção de uma casa, levando em consideração o tipo de mão-de-obra e materiais utilizados.

O sistema de pré-fabricados não possui normatização técnica no Brasil e segue algumas diretrizes como referências técnicas para este tipo de sistema que é produzido. No Brasil, este tipo de sistema que vem a utilizar a madeira como principal elemento construtivo, vem sendo utilizada tanto para habitações de alto padrão, quanto para habitações de caráter social.



Fig.3.2 – Casas em madeira localizadas no Brasil [21]

As áreas de florestas plantadas por eucalipto e pinus apresentam um maior destaque e expressão no cenário brasileiro. Outras espécies também plantadas merecem um destaque em consequência de sua importância econômica e seu crescimento rápido em algumas áreas com florestas plantadas, como por exemplo, acácia, seringueira e araucária.

O estado de São Paulo, em especial, existe uma concentração alta de florestas plantadas ocupando um patamar de quase 5% do território paulista. Sua indústria de madeira processada e industrializada vem a corresponder a uma porção ampla do setor florestal que tem sua atenção voltada aos Produtos de Maior Valor Agregado – PMVA, tais como casas, móveis, pisos, esquadrias e até embalagens.

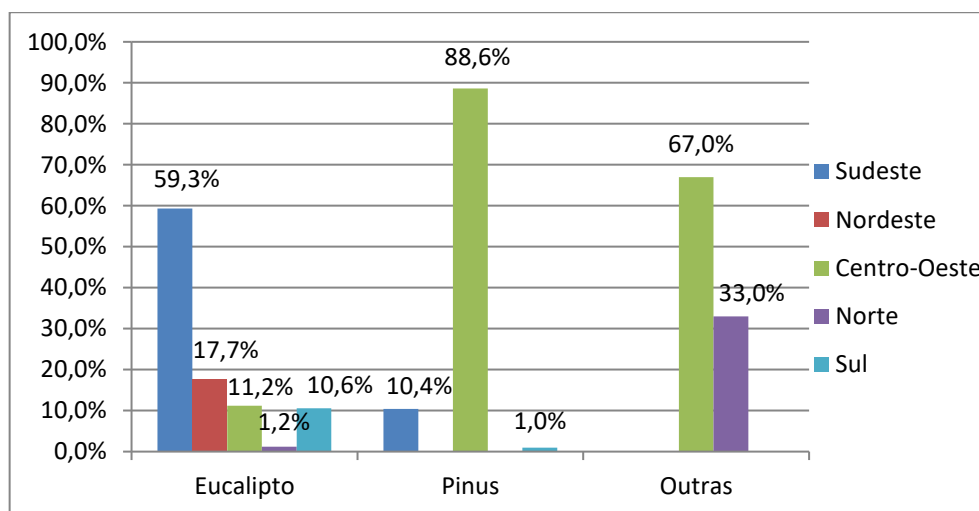


Fig.3.3 – Áreas de florestas por região com as principais espécies cultivadas no Brasil [21]

O uso da madeira como elemento estrutural, no Brasil, ainda é relacionada ao desconhecimento e associada às idéias equivocadas, como por exemplo, a de construir com madeira implica necessariamente no desmatamento de áreas verdes preservadas. É necessária ainda muita estratégias sólidas para o que este tipo de construção venha a se fortalecer tanto em nível estadual quanto a nacional.

O Brasil tem tudo para se tornar uma grande potência neste setor, com possibilidade de vir a assumir a liderança no mercado pela presença de dois requisitos de relevância importância: a base florestal e um bom sistema de educação superior.

3.2. EMPRESAS CONSTRUTORAS DE CASAS DE MADEIRA

Nesta seção do trabalho foi buscado explorar exemplos reais e ilustrativos, de empresas responsáveis pela fabricação de casas pré-fabricadas em madeira, que oferecem na prática algumas possibilidades de construção ou até mesmo de personalização das casas.

As empresas foram selecionadas reduzindo o âmbito nacional para alguns estados mais centrais e com maior tradição em realização destes tipos de sistemas construtivos.

A coleta dos dados foi realizada baseada nas informações contidas nas bases de dados das empresas (Website).

3.2.1. CASAS TROPICAL – BRASMER

A Casas Tropical é uma empresa 100% brasileira, com sede localizada em Atibaia, Estado de São Paulo. A empresa é integrada ao grupo Brasmerc, especializada no comércio e fabricação de kits de casas pré-fabricadas, madeiras serradas, materiais de acabamento, fornecendo materiais de altíssima qualidade e renome, assim como acessórios-técnicos-comercial, para que todas as suas necessidades sejam atendidas dentro do que o Brasil pode oferecer neste tipo de segmento. [22]

A empresa tem tradição em utilizar em suas construções madeiras duras ou pesadas, cujas espécies dentre as mais conhecidas estão Maçaranduba, Ipê, Jatobá e Angelim.

Em relação com os clientes e toda a construção em si, a empresa vem a oferecer a modalidade de kit de casa pré-fabricada em madeira maciça, além de uma planta sugestiva de fundação, planta de montagem com todos os detalhes construtivos para montagem dos kits e a quantificação de todos os materiais para término da obra. De posse desses dados, o cliente e o responsável pela realização da obra (arquiteto ou engenheiro) têm plenas condições de optar o material de acabamento que melhor atenda as suas necessidades, como por exemplo, pisos cerâmicos, telhas, materiais elétrico e hidráulico, desta forma, proporcionando uma relativa redução do custo final do empreendimento.

Neste tipo de solução construtiva é caracterizada por não apresentar pilares transmitindo suas cargas concentradas para determinados pontos da estrutura, estes que deveriam ser reforçados na base para transmitir ao solo todo o peso estrutural. As paredes apresentam um comportamento auto-portante, o que significa que elas vêm a se sustentar e servem de apoio para a cobertura.

É apresentado um total de 35 soluções construtivas disponíveis como sugestões para os clientes que atendam os critérios de conforto, design e comodidade. Ressaltando que os projetos padrão podem ser

adaptados de acordo com as necessidades dos clientes. As plantas disponíveis estão assim divididas e classificadas tendo em consideração o número de quartos:

- 7 T1, com opções de 26m² a 42m²;
- 15 T2, com opções de 51m² a 120m²;
- 7 T3, com opções de 84m² a 135m²;
- 4 T4, com opções de 101m² a 220m²;
- 2 T5, com opções de 238m² e 320m²;

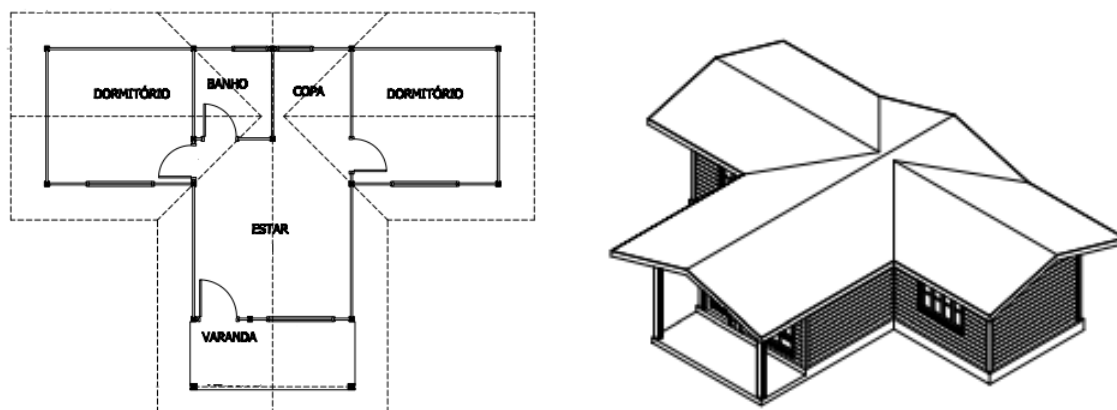


Fig.3.4 – Exemplo da planta do T2, kit “Monet”, e sua perspectiva em 3D [22]

Com relação ao impacto ambiental causado pela implantação da moradia, a Casas Tropical garante que estes são mínimos. A habitação é disposta numa fundação (proposta pela empresa) ficando levemente acima do solo. Montagem dos módulos são realizadas “in loco”, sendo estas transportadas por caminhões e armazenadas na obra longe dos agentes exteriores que possam vir a degradar todo o material, como umidade e insolação direta.

Os kits podem ser divididos em vários subsistemas como as paredes, montantes, frechal, vigas, soleiras de portas e janelas, esquadrias, rodapés e etc.

A utilização dos kits para confecção das moradias permite uma rapidez na execução quando comparado às sistemas tradicionais, uma maior qualidade, menos custos com mão-de-obra e menor índice de desperdícios.

A Casas Tropical tem como característica forte sua forte preocupação ambiental e suas técnicas de sustentabilidade. Todo material utilizado, no caso as madeiras, vem das florestas naturais da Amazônia, a maior região produtora de madeira pesada. A extração da madeira obedece a uma forma sustentada, ou seja, é realizado um manejo do ecossistema de maneira constante e de forma racional, através do corte seletivo de árvores adultas, sem agredir de maneira incisiva a fauna e flora remanescentes. [22].

A maioria dos componentes dos kits é utilizada para sua fabricação espécies como Maçaranduba e Angelim.

Os painéis de paredes internas e externas são uma parte relevante no processo construtivo e merece uma breve exposição. As paredes são compostas por vigas e planadas com encaixes longitudinal do tipo macho-fêmea. A junção entre os painéis é feita por meio de peças de ligação (montantes), com altura variável, a depender da quantidade de vigas que irá compor o painel da parede.



Fig.3.5 – Viga auto-encaixável longitudinal e exemplificação do painel de parede [22]

Sobre este sistema construtivo é conveniente falar que apresenta um bom desempenho ao nível de isolamento térmico e acústico, e que sua estrutura leve foi desenvolvida para bons desempenhos ao nível do comportamento sísmico.

Os projetos inovadores da *Casas Tropical* devido aos seus materiais de excelência, conseguiu atingir um certo nível de satisfação de seus clientes sendo reconhecida no mercado nacional e internacional, vindo a exportar e ser comercializado para todos os continentes.



Fig.3.6 – Modelo Da Vinci, exterior e interior, da Casas Tropical [22]

3.2.2. CASAS RIO

A Casas RIO é uma empresa brasileira, que tem sede no bairro Recreio dos Bandeirantes, localizado na cidade e Estado do Rio de Janeiro. Tem como sua marca a construção o sistema de casas pré-fabricadas em madeira, desde a oferta de charmosos chalés até casas modernas e de arquitetura contemporânea, não havendo perda do conforto e acolhimento que as casas em madeira proporcionam aos seus clientes.

Ela vem a trabalhar no mercado utilizando madeiras de manejo florestais duras e pesadas como a Grápia, Tauari, Angelim e Canelão. E se destacou também pelo uso de madeiras de reflorestamento como o Pinus, utilizado largamente na construção civil e recebendo uma classificação de softwood. Seu manejo, e sua utilização em diversas áreas, são garantidos por ser de reflorestamento, ter um rápido crescimento e uma baixa necessidade de um solo rico em nutrientes.

Como no modelo anterior, a Casas RIO vem se caracterizar por ser uma empresa que comercializa e realiza a montagem das moradias sob a forma de kits, com projetos bases que podem ser modificados de acordo com as necessidades dos clientes.

A habitação é entregue desde a fundação até ao nível dos acabamentos, mas possui um diferencial, que o cliente pode optar pela não aplicação de um determinado revestimento, ou acessório hidráulico, por exemplo, uma torneira de bancada, e automaticamente obter um desconto no preço final relativo a determinado produto.

É apresentado um total de 06 soluções construtivas partindo de quatro modelos básicos de design, como sugestões para os clientes para atender questões como conforto e comodidade, como já citados antes. Os projetos bases foram definidos partindo de alguns critérios, sendo eles:

- Modelo Guaratiba, casas térreas acima de 50m² (com opções de 60m² e 199m²);
- Modelo Grumari, casas térreas ou lofts até 50m² (com opções de 32m² a 45m²);
- Modelo Pontal, casas duples tipo sobrado (com opção de 206m²);
- Modelo Recreio, Casas térreas ou duplex em placas de betão;



Fig.3.7 – Modelo base de projetos da Casas RIO [23]

A empresa fica responsabilizada pelo fornecimento e montagem da habitação pré-moldada no local indicado. Sistema construtivo representado por uma fundação do tipo baldrame com 40 cm acima do nível do solo, paredes em pinus autoclavado com espessura padrão e com encaixes entre montantes maciços e cobertura em madeira, podendo optar pela tradicional ou pela de reflorestamento, além de uma manta térmica. Todas as instalações elétricas e hidráulicas são fornecidas e devidamente instaladas, mas fica a cargo do cliente a responsabilidade de ligação à rede de distribuição.

A Casas RIO tem uma preocupação ambiental em utilizar madeiras devidamente fiscalizadas pelo IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, e possuir um projeto de manejo sustentado, de forma que venha a garantir uma perenidade da fonte, tant pela reposição quanto pela indução da recuperação natural das áreas que foram exploradas. As madeiras duras são provenientes do estado do Pará e do Mato Grosso e as madeiras de reflorestamento são oriundas da região sul e oeste do Brasil.



Fig.3.8 – Homologação e certificação do IBAMA [23]

As vantagens da utilização do sistema desta empresa podem garantir e resumir em:

- Maior rapidez de construção frente aos outros tipos de construção convencionais;
- Facilidade de manutenção e baixos custos de preservação;
- Possibilidade de alterações futuras;
- Elevada durabilidade;
- Utilização de materiais ecológicos;

Uma interação forte é promovida entre o cliente e empresa de forma a tornar o processo de aquisição, construção e entrega do empreendimento da forma mais transparente possível e troca de informações mais eficientes.



Fig.3.9 – Modelos Guaratiba, Pontal e Grumari, respectivamente, pela Casas RIO [23]

3.2.3. DIAMOND HOUSE

A Diamond House é uma empresa brasileira, localizada na cidade de Belo Horizonte, estado de Minas Gerais, está presente no segmento de casas pré-fabricadas e se firmando como uma companhia de maiores prestígios nacional.

Há mais de 25 anos no mercado da pré-fabricação, a qualidade dos serviços prestados pela Diamond House fez com que a mesma adquirisse vários prêmios e certificações que reafirmaram sua posição perante o mercado imobiliário. Oferece um atendimento diferencial aos seus clientes acompanhando de perto cada projeto. Empresa especializada em executar projetos base, com mais de dez opções ou tem a opção de personalização, onde o cliente pode idealizar tudo na planta.



Fig.3.10 – Sede da empresa Diamond House em Minas Gerais [24]

Uma das filosofias da empresa é prezar a exploração racional e de forma consciente dos recursos naturais sem vir a alterar o seu ciclo natural de renovação. É estimulada a conscientização em todos em torno da matéria prima, madeira, em todos que lá trabalham.

A empresa investe em madeiras maciças com certificados de qualidade. Todos os fornecedores de madeira da Diamond House são licenciados e atuam sob as normas do Governo Federal e fiscalizados pelo IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

Os projetos são desenvolvidos utilizando métodos construtivos e estruturais que venham a garantir toda a eficácia do sistema construtivo em madeira. A fim de garantir a satisfação e sua excelência em atendimento, é ofertado casas que variam de 60m² a 250m² de área construída, dispostas em habitações com até cinco quartos distribuídos em até dois pavimentos.

É apresentado um total de 15 soluções construtivas, sendo 12 plantas base de moradias e 3 referente a espaço gourmet, todas essas como solução para que sejam atendidas as necessidades e satisfação dos clientes. A empresa como já dito anteriormente, oferece projetos personalizados. As plantas que estão disponíveis estão categorizadas levando em consideração o número de quartos, conforme apresentado abaixo:

- 1 T2, com opção de 73m²;
- 6 T3, com opções de 111m² a 225m²;
- 4 T4, com opções de 109m² a 246m²;
- 1 T5, com opção de 250m²;
- 3 espaço gourmet, com opções de 53m² a 77m²;
-



Fig.3.11 – Planta e vista do módulo Esmeralda, T3 com um piso [24]

A Diamond House Oferece além das plantas base e opções de personalização, uma classificação para designar as construções que serão construídas. Esses módulos podem ser classificados em linha clássica, linha econômica e linha popular.

A linha clássica é caracterizada por apresentar montantes e paredes com maiores espessuras do mercado e a linha com maior isolamento térmico e acústico. Buscando atingir um público que preza por qualidade e requinte em todo o processo de construção. Disponibiliza uma garantia especial de quinze anos.

A linha econômica apresenta todas as características da linha clássica, se diferenciando apenas na espessura das paredes, nesta linha são menos densas, e um grau de isolamento térmico e acústico menor. É indicado para os clientes que pensam em construir as habitações em locais onde não apresenta variações térmicas significativas ou elevado grau de ruídos. Ofertado uma garantia especial de dez anos.

Por fim, a linha popular, como o próprio nome já sugere vem a se distinguir-se das outras duas linhas por quase todos os componentes, reduzindo espessura dos montantes e mantendo as mesmas propriedades de paredes da linha econômica. Linha padrão utilizada no mercado geral. Proporcionado uma garantia especial de cinco anos.

Quadro 3.1 – Características das linhas de construção ofertada pela Diamond House

Linha de construção	Dimensão do montante	Espessura da parede	Garantia fornecida
Clássica	13 x 13 cm	4,5 cm	15 anos
Econômica	13 x 13 cm	3,5 cm	10 anos
Popular	10,5 x 10,5 cm	3,5 cm	05 anos

Em relação ao processo de construção, não se difere muito ao que já foi apresentado neste presente trabalho, o cliente opta por uma solução de seu agrado ou realizar uma personalização e esta é encaminhada ao local de construção, por meio de caminhões. Esses materiais são contabilizados em formato de kits, onde cada um deles, são compostos por diversos elementos construtivos, desde a sua fase inicial de fundação, até a etapa final de acabamento. Uma lista com a relação de materiais que serão utilizados é fornecido ao cliente.

3.2.4. JB CASAS DE MADEIRA

Empresa voltada para o mercado de casas pré-fabricadas em madeira, sediada na cidade de Vila Velha, pertencente ao estado do Espírito Santo.

A JB Casas de Madeira vem se estabelecendo como a empresa que mais vende casas em madeira no estado. Fundada no ano de 2003, ela apresenta aos seus clientes, toda a versatilidade e qualidade nas construções de habitações em madeira, seja utilizando madeiras maciças (Garapá) ou madeiras de reflorestamento (Pinus Autoclavado).

Oferecido ao cliente todo um atendimento personalizado ao projeto e rigorsa equipe supervisão e manutenção da obra, uma praticidade e rapidez de execução, alinhando prazo e custo, uma mão-de-

obra totalmente especializada e treinada para executar a construção com total qualidade e segurança e por fim uma garantia de 05 anos para suas moradias.

Apresenta também, como as demais empresas do segmento, toda uma preocupação e conscientização ambiental, em utilizar para construção de suas habitações, todo um manejo especial e atenção para madeiras maciças e madeiras de reflorestamento, como é o caso do Pinus.

Vem a se diferenciar das demais, pois utiliza o Pinus Autoclavado, ou seja, é realizado um procedimento a vácuo ou sob pressão em autoclave onde é utilizado produtos preservativos. Este tipo de método consiste em trocar a seiva existente por uma solução que contém material preservante, o CCA – Arsenato de Cobre Cromatado e CCB – Borato de Cobre Cromatado. Quando a secagem é finalmente finalizada, os elementos conservantes ficam concentrados no interior da madeira e desta maneira, faz com que ela venha a ter mais resistência à ação de fungos, insetos e ao apodrecimento.



Fig.3.12 – Processo de tratamento do Pinus Autoclavado [25]

A empresa JB Casas de Madeira conta com mais de 400 empreendimentos construídos, tanto no estado do Espírito Santo como em outros em Estados vizinhos tais como Bahia, Minas Gerais e São Paulo. Neste estado apresenta um total de 24 plantas base para a construção de habitações, reforçando que ainda é possível realizar uma customização as plantas de acordo com as necessidades dos consumidores. Os projetos que podem ser consultados e estão disponíveis estão classificados de acordo com o número de quartos, conforme mostrado abaixo:

- 8 T2, com opções de 65m² a 138m²;
- 11 T3, com soluções de 63m² a 130m²;
- 5 T4, com opções de 134m² a 167m²;

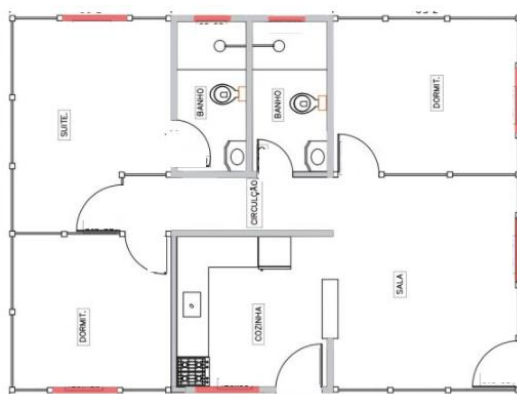


Fig.3.13 – Planta e vista de um módulo, T3 com um piso, localizado na cidade de Muqui [26]

É apresentada uma dinâmica com o cliente onde a empresa mostra suas numerosas propostas de planta e caso o cliente queira personalizar, é permitido, pois com uso de ferramentas é possível criar projetos que estejam atrelados ao valor de orçamento disponibilizado por ele, para assim, chegar a um resultado de forma mais assertiva na idealização desse projeto.

É proposta também uma visita ao terreno de construção, para que a equipe da JB Casas de Madeira, possa vir a enxergar as características do local na hora de realizar a concepção da planta, como orientação solar, topografia e vegetação, por exemplo. Depois de realizado a visita, a empresa mostra ao cliente um estudo prévio com as diretrizes iniciais do projeto e uma apresentação em 3D para facilitar a sua percepção.

Realizado estas etapas e com todos os projetos em mãos, a empresa elabora um orçamento mais detalhado da moradia, juntamente com isso, é realizado um cronograma físico-financeiro para que o cliente tenha a possibilidade de acompanhar melhor a obra.

Em nível de construção, enquanto é realizada a preparação do terreno e a fundação, os componentes da madeira já serão providenciados. Desta maneira, consegue garantir que os materiais construtivos assim que chegar a obra já sejam utilizados.

Assim que finalizada a obra é entregue ao cliente o Manual do Proprietário e um plano de manutenção periódica, caso seja de interesse do mesmo. Esse plano conta com algumas especialidades como aplicação da pintura periódica, manutenção hidráulica e elétrica, limpeza da fossa séptica e regulação das esquadrias.



Fig.3.14 – Habitações em madeira localizadas Colatina e Linhares, respectivamente [26]

3.2.5. TECVERDE

A Tecverde tem sede na cidade de Curitiba, pertencente ao estado do Paraná e atua no mercado há 12 anos. Pode-se dizer que esta empresa é referência no segmento de casas pré-fabricadas em madeira no cenário nacional. As habitações possuem uma característica de serem construídas de forma rápida, além de serem sustentáveis, apresentam como fator diferencial o seu processo fabril integrado em uma unidade central, onde todas as suas atividades executadas e são inteiramente supervisionadas, utilizando mão-de-obra altamente qualificada.

A empresa utiliza em suas construções madeiras de reflorestamento, como é o caso do Pinus Autoclavado, além de outros derivados como OSB – Oriented Strand Board ou aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas.

São nacionalmente conhecidos pela sua forte atuação nas práticas sustentáveis, onde é pautado num sistema de construção seco, onde possibilita a redução de até 90% no uso de água, quando comparando a um sistema em alvenaria, por exemplo.

São disponibilizadas algumas opções de casas, com a possibilidade de o cliente realizar a personalização de parcial, ou produzir uma casa totalmente exclusiva. Apresenta um total de 22 soluções construtivas divididas em casas, prédios e sobrados. Com mais de 4500 empreendimentos construídos ao longo do território brasileiro. As plantas podem ser divididas e receber uma classificação levando em consideração a quantidade de quartos:

- Casas (10 T2, com opções de 39m² a 70m²);
- Prédios (5 T2, com opções de 42m² a 64m²);
- Sobrados (6 T2, com opções de 55m² a 90m² e 1 T3, com opção de 121m²);

A Tecverde vem a ofertar uma linha de casas denominada Contemporânea, que engloba quatro modelos de projetos de casas, casa Sunshine, casa Space, casa Villa e casa Amelie, que em parceria com alguns escritórios de arquitetura, foram desenvolvidos em Curitiba.

As grandes quantidades de diferentes acabamentos externos e variações volumétricas possíveis na casa Sunshine, podem ser visualizados na figura 3.12. A planta inicial da casa possui 452m², com a possibilidade de adição de módulos. O modelo apresenta uma infraestrutura que está totalmente preparado para receber mais quatro cômodos extras, com a possibilidade de vir a ser uma moradia evolutiva de acordo com a necessidade dos ocupantes.



Fig.3.15 – Casa Sunshine com seus diferentes acabamentos e revestimentos [27]

As casas Space se caracterizam por uma arquitetura mais contemporânea em comparação a casa Sunshine. Requer dimensões mínimas do terreno para implantação de 15m de frente com 25m de fundo e área construída de 309m². Apresenta três espaços que podem vir a ser adicionados módulos que poderiam ser: espaço gourmet, SPA e outra suíte.



Fig.3.16 – Casa Space fornecido pela Tecverde [27]

A casa Villa tem 208m² de área construída, que podem vir a ser construída em terrenos de 13 x 20 m ou maiores. Este projeto foi desenvolvido pela equipe da Tecverde em parceria com escritório de arquitetura Arquea e que permite diferentes opções de volumes, assim como a flexibilidade no layout construtivo.



Fig.3.17 – Casa Villa com todo o seu esplendor [27]

Por fim é apresentada a casa Amelie, com uma área construída de 240m² e que pode ser desenvolvida num terreno com dimensões 11 x 21 m ou maiores. Existe também a opção de adicionar módulos adicionais que podem aumentar a área interna da casa. Projeto desenvolvido em parceria com Cunha arquitetura.

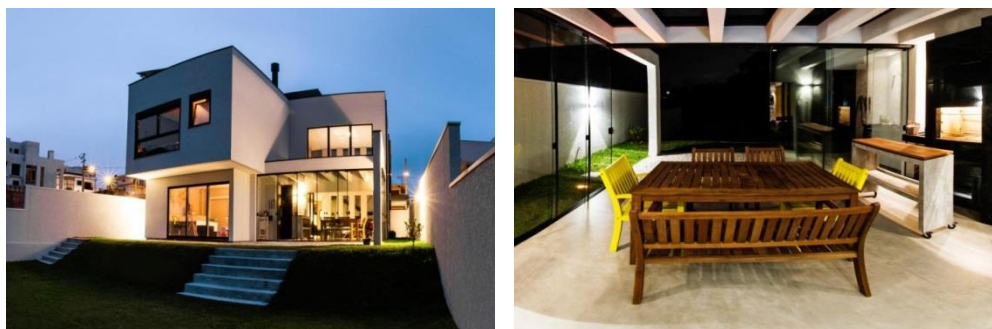


Fig.3.18 – Casa Amelie com sua fachada e seu espaço gourmet [27]

A construtora Tecverde detém uma fábrica na região metropolitana de Curitiba, que conta com uma equipe altamente especializada de arquitetos, engenheiros, onde desenvolvem todos os projetos arquitetônicos e estruturais, assim como o acompanhamento da obra, pormenorizando todo o sistema construtivo e instruções de montagem.

As moradias são desenvolvidas baseadas nos sistemas construtivos em painéis, compostos por painéis de parede e piso que são confeccionados e montados na própria fábrica e enviados para o canteiro de obra. No local para instalação da habitação, é posto sobre a fundação já executada. Os principais materiais utilizados além da madeira Pinus Autoclavada, são as placas de OSB, chapas estruturais para composição das paredes internas.

Toda a casa é entregue praticamente pronta. As paredes são entregues abertas para que as instalações hidráulicas e elétricas sejam finalizadas no local. Os revestimentos externos e internos possuem a função de proporcionar um conforto térmico aos moradores, mantendo a temperatura interna sem variações devido ao isolamento e tecnologias auxiliares, como por exemplo, os painéis solares e janelas de vidro duplo, se necessário.



Fig.3.19 – Montagem dos painéis na fábrica da Tecverde [27]

Quanto à flexibilidade de plantas, em cada projeto não se têm muitas possibilidades de manipulação dos volumes, e com isso os arranjos espaciais ficam mais restritos. É permitido adicionar ou retirar volumes. Além das variações que são mostradas no Website da empresa Tecverde, a mesma encontra-se aberta e disponível para sugestão e ajuste de projeto. Ressaltando que essas mudanças devem ser informadas na fase de concepção inicial do projeto, para que a estrutura da casa já se encontre finalizada para receber estas novas cargas e ligações.

3.2.6. WUNDER HAUS

Empresa com foco em casas pré-fabricadas em madeira, instalada na cidade de Porto Alegre, fazendo parte do estado do Rio Grande do Sul.

Está presente no mercado há alguns anos, a empresa conta com o toque especial da arquiteta Karin Lauer, a qual demonstra sua paixão pela madeira nos projetos que desenvolve. Projetos de casas pré-fabricadas em madeira inspiradas em suas viagens pela Alemanha, França e Estados Unidos da América.

A Wunder Haus, como o próprio nome já diz, “casa maravilhosa”, traduzido do alemão. Foi fundada com o intuito de projetar, construir e comercializar habitações que tivesse certo diferencial na

construção civil, para que assim seja possível proporcionar ao seu cliente uma atmosfera de beleza, satisfação e acochego que só a madeira pode oferecer. [28]



Fig.3.20 – Casa sede da empresa Wunder Haus, localizada no Rio Grande do Sul [28]

Com base em um sistema de construção que foi exportado para América Latina, tem seus diferenciais a possibilidade de construir casas mais de um piso. As casas que são construídas utilizando esse modelo construtivo utilizam pranchas de madeira maciças densas empregadas na posição horizontal que podem resultar em paredes simples ou duplas.

Além do fato do cliente adquirir um excelente produto, ele conta com uma garantia de ter sua obra executada por uma empresa especializada em construção civil. Todo o empreendimento é supervisionado por arquitetos e engenheiros altamente especializados.

Com a conscientização ambiental e a forma racional de explorar a floresta, denominado manejo, a Wunder Haus apenas comercializa com outras empresas que tenham certificação ambiental expedido pelo IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

Com um total de 32 empreendimentos que foram construídos em alguns outros estados do território brasileiro, não se limitando apenas ao seu estado de origem. Ela conta com um sistema de desenho livre, ou personalização total, onde o cliente coloca no papel todas as suas necessidades e a empresa vai colocar em prática, analisando cada projeto como uma oportunidade de vir a desenvolver um espaço que seja voltado para uma circunstância única. Focar na singularidade de cada cliente, com todas as suas expectativas, sonhos e um espaço no planeta terra para chamar de lar. Essa é a filosofia da empresa.

Esta vem a oferecer aos seus clientes três tipos de modalidades de construção, métodos construtivos, para que eles se sintam bem à vontade e optem para o que mais os agrade. Podem se escolher entre o projeto e execução global da obra, projeto e execução parcial da obra ou projeto e kits de madeiras.



Fig.3.21 – Realização da montagem de uma casa de madeira pela empresa Wunder Haus [28]

O projeto e execução global da obra se caracterizam pelo fornecimento do lote onde será construído a habitação, pelo cliente, e a Wunder Haus se compromete em projetar e construir a moradia sem que tenha qualquer envolvimento do cliente. Todos os serviços e materiais são fornecidos e previamente dispostos num Memorial Descritivo definido entre as partes, empresa e cliente. Este engloba todo o projeto, desde a fundação até as instalações elétricas e hidráulicas.

O projeto e execução parcial da obra se definem como caso o cliente venha a optar por apenas alguns itens ou serviços, por exemplo, o projeto, o fornecimento do kit de madeira e a montagem do kit, ficando a cargo dele os serviços de acabamento da obra.

E por fim, tem-se o projeto e kit de madeiras, onde o cliente realiza o contrato de projeto e o conjunto de madeiras de sua residência, mas toda a execução da obra, até mesmo a montagem do kit, ficará por conta dele. Importante ressaltar a importância de realizar a construção com mão-de-obra especializada e do responsável técnico acompanhado, para que sejam respeitadas todas as orientações para montagem dos kits de madeiras.

A empresa tem os diferenciais nas técnicas de gestão e execução de cada casa, além de contar com vários projetos únicos desenvolvidos exclusivamente para cada cliente, faz com que a Wunder Haus se torne referência em todo o estado. Além da grande satisfação que seus clientes garantidos, uma das razões desse grande crescimento no mercado de construções gaúchas e do aumento significativo no número de vendas.



Fig.3.22 – Casas Aspen Mountain 2 e Casa Canela, respectivamente [28]

3.2.7. REAL CASAS PRÉ-FABRICADAS

A empresa localizada no estado de Santa Catarina surgiu de uma necessidade de seus idealizadores em vir a fazer parte da construção de sonhos que se venha a realizar como uma meta de vida, o sonho de ter sua casa própria, de encontrar um espaço único inteiramente seu quase que exclusivo. Um lar, um estilo de vida, enfim, um anseio que todos nos buscamos alcançar, e nesta jornada, a Real Casas Pré-fabricadas tem um compromisso de fazer com que o processo seja o mais interativo, amigável com seus clientes.

Com isso, com esse desejo de um atendimento personalizado e buscando atingir a excelência, que no ano de 2010 surge então a empresa líder no ramo de casas em madeira. Visando sempre oferecer aos seus clientes o melhor custo/benefício no mercado de casas de madeira.

A busca continua pela melhoria tanto nos serviços prestados, como nos projetos ou nas parcerias com os fornecedores, fez com que a empresa venha a oferecer um produto de elevada qualidade para o seus clientes, os que têm dado uma opinião altamente positivo acerca da mesma.

É oferecida a opção de kit de madeiramento completo da casa, podendo ser vendido independente ou em painéis, trazendo uma economia de 30% no valor final da obra para o cliente. É entregue um manual de montagem e caso seja preciso é indicado profissionais especializados para realizar o acompanhamento da obra ou realizar um suporte técnico até a conclusão da mesma.

Presente no ramo da construção civil no segmento de casas pré-fabricadas em madeira. Tem seu diferencial, pois possui fábrica própria, onde tudo que é de madeira é produzido lá e desta maneira é comercializado todos os kits de madeiramento de todos os projetos padrão que estão expostos no Website.

A Real Casas Pré-fabricadas é uma das poucas empresas no Brasil a deter uma fábrica de proveito da madeira junto ao seu escritório, para que os clientes que tenha interesse possam assim realizar uma visitar “in loco”, para que possam acompanhar a situação que as madeiras são produzidas, além de assegurar o rigoroso padrão de qualidade com a umidade e conferir os processos de lixamento das paredes. São produzidos materiais de altíssima qualidade, como montantes estruturais providas de cavidades para encaixe, assoalhos, forros, cantoneiras, janelas, portas, além das paredes já mencionadas. [29]



Fig.3.23 – Mão-de-obra especializada e montantes com encaixes da Real Casas Pré-fabricadas [29]

A empresa possui certificação perante o IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e várias parcerias com entidades financiadoras, entre elas a Caixa Econômica Federal.

É utilizada para construção de suas casas, madeiras maciças e madeiras de reflorestamento sustentável do tipo Eucalipto, uma madeira com alto poder de durabilidade e umas das melhores de reflorestamento, juntamente com o Pinus. Uma das filosofias da empresa é toda a preocupação ambiental e garantir o uso racional de explorar as florestas. É fornecida uma garantia de 60 anos para as habitações.

A grande qualidade do material fornecido é uma de suas marcas e o seu comprometimento com o seu cliente é um dos principais fatores que faz com que ela seja a líder do mercado no estado, é necessário que sejam tomadas algumas precauções. É realizado um processo para secar de maneira adequada o

Eucalipto. Uma madeira que contém umidade, ou “madeira verde” como é conhecida, pode vir a empenar ou a fissurar, com certa facilidade. O processo de secagem é importante para garantir a sua elevada durabilidade e acabamento, são dispostas empilhadas, após essa etapa as madeiras vem a ficar cerca de oito meses ao ar livre, exposta às intempéries, para que ocorra a secagem da estabilização das fibras. Por fim, estas vão à estufa, onde passam cerca de duas a três semanas em uma temperatura razoável para que a umidade ainda existente possa ser retirada e assim possa seguir para beneficiamento nas fábricas.



Fig.3.24 – Madeiras empilhadas para secagem da estabilização das fibras ao ar livre [29]

Os kits das casas são comercializados com opções de utilizar paredes simples e paredes duplas e conta com mais de 120 empreendimentos construídos ao longo do estado catarinense e em todo território nacional. Traz opções de plantas padrão, onde o cliente pode escolher entre as dezenas de opções a que mais o agrada ou pode recorrer à alternativa de 100% de personalização, onde com ajuda dos arquitetos da empresa, poderá colocar no projeto todas as suas necessidades e criar uma habitação toda exclusiva.

A Real Casas Pré-fabricadas oferece uma quantidade total de 100 plantas base para a construção de moradias. Os projetos podem ser examinados e estão disponíveis no Website e estão classificados baseados no número de quartos que a casa oferece, conforme mostrado abaixo:

- 15 T1, com opções de 16m² a 274m²;
- 37 T2, com opções de 34m² a 315 m²;
- 37 T3, com opções de 64m² a 270m²;
- 11 T4, com opções de 109m² a 330m²;



Fig.3.25 – Planta e fachada da casa padrão C 68-E [29]

No que diz respeito às moradas personalizadas, pode-se contratar um projeto com 100% de personalização, com dito anteriormente, seguindo algumas etapas como descrever as suas necessidades, características do terreno, a equipe técnica vai realizar um esboço contendo todas as idéias e sugestões e passadas para o cliente que irá analisar e caso venha a atender seus propósitos este é aprovado e volta para quipe para que seja elaborado um projeto mais completo e detalhado.

Em termos de moradias pré-fabricadas, o estado de Santa Catarina, está muito bem assistido, com a empresa Real Casas Pré-fabricadas, se destacando pela sua fábrica própria voltada para o beneficiamento de toda a matéria-prima, uma das poucas empresas do Brasil e do segmento que dispõe de uma produção própria e apenas com esta fábrica é possível atingir a excelência e qualidade nos seus produtos.

Conta com uma equipe altamente treinada prontamente a atender as demandas e necessidades do mercado local e nacional, produzindo os melhores produtos devido ao treinamento e busca pelo aperfeiçoamento constante. Além de possuir na empresa uma equipe exclusiva de projetistas para cuidar exclusivamente do projeto de cada cliente.

Estes são alguns dos diferenciais que faz com que a empresa seja líder do mercado e consiga um diferencial nas casas em relação aos demais concorrentes.



Fig.3.26 – Sede da empresa e equipe técnica [29]

3.2.8. MAMUTE

A Mamute empresa localizada na cidade de Fortaleza, pertencente ao estado do Ceará, nordeste brasileiro. Com grande tradição no segmento de construção de casas de madeira fornece aos seus clientes o que tem de mais atual e inovador no ramo da industrialização de casas pré-fabricadas em madeira.

Presente no mercado há alguns anos, a empresa conta um corpo técnico, de diretores e técnicos, altamente especializada que faz um trabalho contínuo de pesquisas para aprimorar e desenvolver de uma maneira flexível e com total harmonia as técnicas exclusivas de pré-fabricação, fornecimento e montagem de moradias, assim como os kits de madeiramento no geral, sendo industrializados ou manufaturados.

Com a qualidade, garantia e conforto que são proporcionados, à empresa desenvolve em paralelo, a adequação dos mais diversificados projetos partindo de uma filosofia dinâmica para compra das habitações, empreendimentos turísticos do setor privados e estruturas de madeira e obras civis complementares, sempre buscando alcançar como fundamento o comprometimento de sua excelência técnica no trabalho prestado.



Fig.3.27 – Sede da empresa Mamute [30]

Empresa voltada a trabalhar com madeiras de reflorestamento do tipo Pinus e Eucalipto tratados, mais especificamente na linha Rústica, contudo eventualmente são utilizadas madeiras maciças, pesadas, inclusive de aparência mais exótica e de cor clara como é o caso da Sapucaia, Timborana e Piquiá. Todo um manejo sustentável é realizado pela empresa e por serem fornecedores, os quais têm pareceria e todas as madeiras utilizadas contam as liceções e certificações exigidas pelo IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, desse modo vem a evitar o abate desregulado e criminoso das árvores, além de proteger as florestas tropicais.

A idéia é aproveitar ao máximo o rendimento madeireiro das florestas nativas e reflorestadas sem vir a impacta-las, mantendo e salvando toda a cobertura florestal.

No que se refere à segurança, única empresa do Brasil, a fornecer nos seus kits, paredes que têm resistência a tiros (calibre 38), detalhe muito importante para assegurar a integridade física dos clientes, as portas e janelas tem a possibilidade de serem instaladas grades posteriormente caso seja de interesses dos clientes.

Em relação ao fogo, a alta densidade da madeira utilizada, este só poderia ter início decorrente de fogo com pressão, como um maçarico, por exemplo. Ainda como prevê a legislação de prevenção e segurança contra incêndios, todos os kits são fornecidos com o produto CKC-VR ®. Todas as madeiras apresentaram uma porcentagem muito baixa de deformação quando foram expostas a altos índices de impacto de calor, e garantido pela empresa que suas casas em madeira são tão seguras quanto às casas construídas com alvenaria [30].

Todas as casas são fornecidas uma garantia de 30 anos contra cupins, quebras e empenamentos, sendo única empresa do mercado a garantir esta extensão. A vida útil das casas está estimada em mais de 300 anos.



Fig.3.28 – Empresa Mamute realizando a montagem de uma casa em madeira [30]

Podem ser adquiridos os serviços de contratação total dos serviços, onde a empresa realiza todo o empreendimento desde a fundação até os acabamentos, ou contratado a fabricação, fornecimento e montagem de madeiras sob a forma de kits. São Englobados decks, tábuas, vigamentos, coberturas, engradamentos e assoalhos, nos kits.

É disponibilizado um total de 12 projetos base para construção. Os clientes podem conferir todos os projetos que foram desenvolvidos no Website da empresa e estes podem ser divididos com base na quantidade de quartos que a moradia vem a oferecer, conforme listado abaixo:

- 6 T1, com opções de 20m² a 72m²;
- 4 T2, com opções de 60m² a 115m²;
- 2 T3, com opção de 100m²;



Fig.3.29 – Planta padrão do modelo Santo Amaro e suas opções de cobertura [30]

3.3. COMPARAÇÃO ENTRE AS EMPRESAS

Os sistemas construtivos que foram apresentados na seção anterior buscam ser uma amostra reduzida, dos sistemas em pré-fabricação produzidos nos estados de maior representatividade e mais desenvolvidos do cenário brasileiro.

É apresentado um quadro que de maneira resumida representar as principais características das empresas, onde será possível realizar uma comparação simples entre as soluções apresentadas. (Quadro 3.2).

Quadro 3.2 – Quadro resumo dos sistemas construtivos

Sistemas	Madeira ou derivado	Modelos	Caracterização técnica do material	Garantia
Casas Tropical	Madeira maciça (Maçaranduba, Ipê, Jatobá e Angelim)	35 Modelos standard e desenho livre	Satisfatória	Não especificado
Casas Rio	Madeira maciça (Grápia, Tauari, Angelim e Canelão) e Madeira de reflorestamento (Pinus)	6 Modelos standard e desenho livre	Insatisfatória	Não especificado
Diamond House	Não especificado	15 Modelos standard e desenho livre	Satisfatória	De 5 a 15 anos (depende da solução)
JB Casas de Madeira	Madeira maciça (Garapá) e Madeira de reflorestamento (Pinus)	24 Modelos standard e desenho livre	Insatisfatória	5 anos
Tecverde	Madeira de reflorestamento (Pinus) e OSB	22 Modelos standard e desenho livre	Satisfatória	Não especificado
Wunder Haus	Madeira maciça (não especificado)	32 Modelos standard e desenho livre	Insatisfatória	Não especificado
Real Casas Pré-fabricadas	Madeira maciça (não especificado) e Madeira de reflorestamento (Eucalipto e Pinus)	100 Modelos standard e desenho livre	Insatisfatória	60 anos
Mamute	Madeira maciça (Sapucaia, Timborana e Piquiá) e Madeira de reflorestamento (Eucalipto e Pinus)	12 Modelos standard e desenho livre	Insatisfatória	30 anos

Durante o desenvolvimento desta pesquisa acerca dos sistemas construtivos foi possível verificar que algumas empresas especificam de forma deficiente os materiais e soluções construtivas que foram utilizados, dimensões, garantias estabelecidas pelas empresas e outros fatores que dificultam a tomada de decisão por parte dos clientes. Muitos Websites de empresas brasileiras apelam para o caráter estético final das estruturas e não chegam a fornecer informações necessárias para o cliente possa realizar uma verificação técnica dos sistemas ofertados.

Precisam urgentemente ser remodelados e constar informações básicas como materiais, métodos construtivos, garantias estabelecidas e não apenas portfólio com fotos. Por este motivo foi adicionado duas colunas no quadro 3.2 no que diz respeito às qualidades de informações técnicas que foram que são disponibilizadas pelas empresas sobre os sistemas e a informações sobre a garantia fornecida por elas aos sistemas.

As empresas Mamute e Real Casas Pré-fabricadas forneceram uma garantia de 30 e 60 anos, respectivamente, o que é considerado um pouco defasado quando comparado com soluções similares, mas de outras empresas, indicando um despreparo e falta de rigor na maneira que foi abordado pelo setor comercial, que sustenta um alto desconhecimento e passa adiante para os potenciais clientes, critérios básicos deste tipo de soluções construtivas.

Relativamente sobre as outras empresas é importante garantir que estes tipos de sistemas de uma maneira geral não fornecem informações claras sobre o período de garantia das habitações, das empresas consultadas apenas metade fornece tal informação ao cliente.

É relevante referir que quando é abordado o tema de caracterização técnica dos materiais, toda a investigação que foi realizada para cada solução construção, teve em comum o mesmo ponto de partida, com isso, foi possível avaliar se as empresas partindo das mesmas informações conseguiram deixar de forma clara tal informação e transmitir para o cliente, assim como todo o seu processo construtivo. Este tipo de estudo vem a permitir qualificar a coesão e veracidade que estas informações são transmitidas para os seus clientes.

As empresas que foram aqui listadas, como já mencionadas anteriormente, foram pelo grau de desenvolvimento que as cidades onde estão localizadas as suas sedes se encontram. Existem muitas outras empresas com os mesmos sistemas construtivos que não foram abordados pelo grau de vendas, portes e satisfação do consumidor final, por isso estas mereceram uma atenção especial.

4

CASAS PRÉ-FABRICADAS EM MADEIRA – DECOMPOSIÇÃO EM SUBSISTEMAS

4.1. OBJETO

Pretende nesta parte do trabalho realizar uma descrição detalhada tecnológica uma casa pré-fabricada em madeira, da empresa Tecverde, localizada na região metropolitana de Curitiba, estado do Paraná. Este capítulo servirá como descrição do sistema de casas em madeira para que nos seguintes possa se realizar uma comparação com um sistema tradicional em alvenaria, partindo dos aspectos econômicos, tecnológicos e exigências funcionais.

Para que seja possível realizar uma análise das propriedades dum dado elemento construtivo, independentemente de sua natureza, é necessário realizar um entendimento e um estudo acerca dos diferentes elementos que os constituem. O conteúdo do tópico 4.2 vai ter o propósito de realizar um desmembramento da construção em subsistemas que seja comum a qualquer tipo de habitação em madeira. Em virtude da categorização dos elementos construtivos, é apresentado no tópico 4.3 uma casa de madeira pré-fabricada padrão, detalhando cada elemento que o compõe.

4.2. DECOMPOSIÇÃO EM SUBSISTEMAS

Quando são usados dois elementos ou mais combinados entre si, temos uma denominação de sistema. Um prédio, por exemplo, pode ser considerado um sistema, pois pode ser segregado em vários elementos simples.

No momento em que visualizamos o prédio como um conjunto de células particulares não sobrepostas e que se complementam entre si, estamos querendo fazer uma abordagem celular do prédio e que todos os elementos particulares que compõem o edifício são os seus subsistemas [1].

Na ótica da funcionalidade, podemos a vir encarar o edifício, como entidades e não subsistemas. Uma entidade corresponde a uma subdivisão funcional que garante mais de uma função com qualidades que se assemelham e que sejam fundamentais para garantir as necessidades dos utentes. Estas exigências estão diretamente ligadas a exigências funcionais dos utentes.

As entidades podem ser divididas eventualmente em entidades principais:

- Estrutura;
- Envolvente exterior;
- Compartimentação exterior à envolvente;

- Compartimentação interior à envolvente;
- Instalação e equipamentos diversos;

Para realização de caracterização econômica e tecnológica, a perspectiva celular é considerada a mais adequada, contudo a divisão em entidades funcionais vem a ser a mais indicada para realização da análise das exigências funcionais. Uma vez que o estudo que pretende ser realizado vem a englobar todas as questões mencionadas, o modelo organizativo é uma opção mista dos dois pontos de vista e que se adapta ao tipo de construção em estudo.

Quadro 4.1 – Decomposição da casa pré-moldada em madeira em subsistemas (adaptado de [3])

	Subsistemas	Elementos de construção
A. Estrutura	A.1. Fundações	Fundações
	A.2. Superestrutura	Paredes Estruturais
		Pavimento
		Estrutura de suporte da cobertura
B. Envolvente exterior	B.1. Paredes exteriores	Revestimentos
	B.2. Cobertura	Revestimentos e outros elementos
	B.3. Aberturas	Portas
		Janelas
C. Compartimentação interior e revestimentos	C.1. Paredes interiores	
	C.2. Paredes exteriores	
	C.3. Pavimento	
	C.4. Aberturas	Portas
	C.5. Escadas	
D. Instalações e equipamentos	D.1. Água e saneamento	Distribuição de água
		Águas pluviais
		Saneamento
	D2. Eletricidade	

4.2.1. ESTRUTURA

4.2.1.1. FUNDAÇÕES

A construção quem vem a suportar o peso da estrutura e manter ela fixa e nivelada no terreno recebe o nome de fundação. Uma de suas características é transmitir ao solo toda a carga proveniente da edificação. É imprescindível que a fundação seja executada de maneira correta, a fim de evitar eventuais problemas futuros, pois se tratam de elementos que geram elevados custos e são de difícil de resolver.

Geralmente se opta por utilizar sapatas contínuas para habitações em madeira, mas vale lembrar que pode variar de acordo com o tipo do solo, no Brasil para estes tipos de construções vêm se utilizando muito o radier, pois assim como as sapatas contínuas, é indicado para estruturas que vem a utilizar paredes resistentes, não utilizando pilares ou vigas.

Em muitos casos, quando não é possível utilizar um desses dois métodos mencionados anteriormente, são empregadas outras soluções como, por exemplo, a realização da fundação através de estacas ou recorrido ao ensoleiramento geral.

Como as habitações em madeira se caracterizam por apresentar um peso próprio bem menor quando comparado as construções tradicionais em alvenaria, as dimensões da sapata, de uma maneira geral, são também menores do que são empregados nas moradias que com estrutura em betão armado.

4.2.1.2. SUPERESTRUTURA

- PAREDES ESTRUTURAIS

Como já foram faladas anteriormente, as paredes estruturais podem vir a funcionar como muros de carga que transmitem as forças em toda a sua extensão até às fundações. Nas casas pré-fabricadas são não diferentes.

As paredes que tem como função estrutural tem sua espessura bem superior e são compostos por materiais de elevada resistência mecânica, por exemplo, madeiras maciças e madeiras lameladas, e normalmente são utilizadas as paredes duplas, igualmente utilizadas nas habitações tradicionais em alvenaria.

- PAVIMENTO

A base horizontal das construções pode ser denominada de pavimento. Ele vem a se caracterizar como sendo o primeiro nível onde tem o contato das cargas do mobiliário e instalações. Em seguida as cargas são transmitidas às paredes exteriores ou às vigas, a depender da maneira que foi feita a concepção do sistema.

Nos sistemas pré-fabricados, os pavimentos são geralmente compostos por vigas dispostas em uma dada direção que vem a indicar o sentido que as cargas irão ser transmitidas, sendo comparado de maneira análoga as ações das armaduras numa laje em betão.

Quando se executa um pavimento é importante estudar se vai ser necessário realizar uma abertura para inserção de uma caixa de escada para realizar a comunicação entre os pisos. No que se referem às exigências funcionais, os pavimentos podem apresentar exigências variadas de acordo com a sua disposição no piso térreo ou em algum piso acima.

- ESTRUCTURA DE SUPORTE DA COBERTURA

As estruturas que fornecem suporte à cobertura seguem o mesmo princípio estrutural que os pavimentos, contudo não apresentam uma superfície plana e sim uma superfície inclinadas que vão compor a cobertura simples, pode ser duas ou quatro águas, por exemplo.

As paredes exteriores ou pilares intermediários estão conectados as vigas principais. Fixados de maneira transversal aos vigamentos, estão dispostos os caibros, que tem como função ligar as extremidades superiores de cada água entre si e fixando as extremidades inferiores na parede exterior.

Este tipo de solução é possível utilizar o espaço de desvão localizado abaixo das águas da cobertura, o qual geralmente não é utilizado ou quando é usado, normalmente como depósito de materiais.

4.2.2 ENVOLVENTE EXTERIOR

4.2.2.1. PAREDES EXTERIORES

Em uma determinada edificação as paredes exteriores podem vir a ter funções variadas. Embora tenha se restringido no ponto anterior em paredes exteriores e interiores, estas podem vir a desempenhar funções estruturais, a depender do tipo de solução construtiva adotada e podem ser usadas para ocultar as instalações de natureza hidráulicas e elétricas, por exemplo.

Nas habitações pré-fabricadas, podem vir a assumir funções estruturais ou apresentar características meramente de enchimento e de acabamento. Em algumas soluções de pré-fabricação, a madeira pode ser bem expressiva e dispensar o uso de materiais para acabamento.

4.2.2.2. REVESTIMENTOS E OUTROS ELEMENTOS SINGULARES DA COBERTURA

O telhado é a forma expressiva mais habitual que é utilizada neste tipo de solução construtiva e pode ser definido por apresentar até mais de um plano inclinado quando comparado com outras soluções correntes, como é o caso de lajes com coberturas planas ou cúpulas, esse plano inclinado recebe o nome de água.

Proteger a habitação contra intempéries do ambiente externo, garantir a integridade física do espaço interno e garantir aos utentes no interior uma privacidade e um conforto térmico e acústico, são umas das principais funções da cobertura. Além de realizar a captação das águas pluviais. Normalmente pode ser composto por telhas, ripas de madeira, caibro. As chaminés, os rufos e platibandas, podem ser exemplos de elementos singulares que podem compor a coberta.

Nas coberturas inclinadas é necessário que seja criada uma base com estruturas triangulares para suporte, a fim de garantir a sua total funcionalidade. Em soluções de pré-fabricação, não é preciso realizar o nivelamento nas paredes ou qualquer tipo de ajuste.

4.2.2.3. ABERTURAS

As ligações entre dois espaços particulares, no interior da habitação serão entre espaço interior e interior e na envolvente exterior se caracterizará por ser entre espaço exterior e interior, sendo mais comum o uso de portas, janelas e clarabóias.

Na indústria de pré-fabricados os processos que envolvem aberturas são muitos variados. Os módulos tridimensionais irão para a obra com as aberturas já realizadas, os de grande dimensão vão para a

obra com os cortes já sinalizados e por último e o que despense mais tempo e trabalho, pois vai ter a necessidade de realizar o corte na obra, são os de pequenas dimensões.

4.2.3 COMPARTIMENTAÇÃO INTERIOR E REVESTIMENTOS

As paredes interiores se caracterizam por realizar a divisão interna numa habitação, não tendo uma expressividade em termos de exigências como as paredes exteriores.

Os sistemas construtivos que contam com a pré-fabricação dos seus elementos diversas vezes utilizam sistemas alternativos, com painéis contínuos duplos com isolamento no seu interior, em derivados da madeira, sendo o OSB, o material mais utilizado e em larga escala, e a madeira lamelada colada. [4]

Sistemas que utilizam estruturas análogas as porticadas, são empregadas travessas superiores e inferiores e são fixados a montantes verticais. No seu interior, para realizar o seu preencimento, é utilizado um material de isolamento e aplicado sob essas paredes uma variedade de revestimentos que podem variar sua natureza, ficando a cargo do construtor.

4.2.4 INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS

As instalações e equipamentos englobam toda a rede de distribuição de água, de saneamento básico e de eletricidade e a demais equipamentos que tem como finalidade melhorar a qualidade e conforto interno do utente como ventilação, internet e aquecimento, por exemplo.

4.2.4.1. REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO

Com habitações construídas á base de madeira maciça tem o inconveniente da dificuldade de passar as instalações por elas.

Para minimizar esse problema, uma solução que foi adotada é a implementação das áreas técnicas, que necessitam de um número de tubagem como cozinha e instalações sanitárias, concentradas numa mesma zona da habitação.

O sistema que compreende a rede de saneamento deverá ser a primeira a ser instalada devido as suas tubagens de grandes espessuras e rigidez.

O sistema de abastecimento de água é de uma fácil instalação, contudo as tubagens que são mais utilizadas são rígidas, mas podem ser facilmente alterada por outras mais moldáveis. É comum uso misto. A utilização de um sistema que abranja tanto tubos rigidizados como os tubos mais flexíveis.

4.2.4.2. ELETRICIDADE

As instalações elétricas numa habitação em madeira se indentificam as mesmas limitações que as redes de abastecimento de água e saneamento. Elas precisam estar presentes em todas as áreas da casa, mas encontram a restrição de passar os cabos elétricos pelas paredes maciças.

Para mitigar esse problema, foi pensando na utilização de materias derivados da madeira que apresentasse uma maior leveza, criando compartimentos ou aproveitando espaços na própria estrutura.

Nas soluções pré-fabricadas é comum o uso de paredes de painéis duplos, onde os cabos são dispostos no espaço de ar.

Os novos materiais à base de madeira são mais suscetíveis para eventuais problemas decorrentes de rasgos nos painéis. É importante que as instalações sejam bem protegidas e não fiquem expostos e fixados com ligadores metálicos, ou com os cabos bem dobrados para não vir a ser puxado e ter sua integridade física comprometida.

4.3. DESCRIÇÃO DA CASA PRÉ-FABRICADA DE MADEIRA TIPO

Anteriormente é apresentada a decomposição de uma casa pré-fabricada em vários subsistemas. Esta seção do capítulo tem como objetivo caracterizar uma casa pré-fabricada de madeira que servirá como base para um estudo para futuras comparações com outros sistemas. A habitação conta com uma área construída de 90m².

Foi selecionada uma casa tipo da empresa Tecverde, localizado no estado do Paraná. Foram levadas em consideração as soluções que o mercado mais busca neste tipo de tecnologia, considerando soluções standard em kits, com outras palavras, sistemas padrões industrializados prontos para montagem num determinado local.

4.3.1 TIPOLOGIA DA HABITAÇÃO

A casa em madeira é destinada a habitação unifamiliar do tipo T2. A proposta da moradia tipo é apresentada num quadro resumo abaixo (Quadro 4.2) observando alguns parâmetros.

Quadro 4.2 – Parâmetros urbanísticos de maior importância

Denominação	Quantidade
Área de implantação da habitação (m ²)	90.00
Área total de construção (m ²)	150.00
Número total de pisos	2
Número de pisos acima do nível do terreno	2
Número de pisos abaixo do nível do terreno	0
Número de fogos	3
Uso a que se destina	Habitação

A moradia é composta por dois pisos, onde o arquiteto teve a atenção de distribuir bem as zonas. O primeiro pavimento é composto uma por uma cozinha, sala de jantar e sala de estar, casa de banho de serviço no interior e um espaço gourmet no exterior. No segundo piso é composta pela zona privativa da residência, com dois quartos sendo um deles integrado com uma casa de banho, um escritório e uma casa de banho a parte.

A moradia encontra-se localizada na região metropolitana de Curitiba, num bairro de alto padrão, estado do Paraná. Foi desenvolvido pela empresa Tecverde.

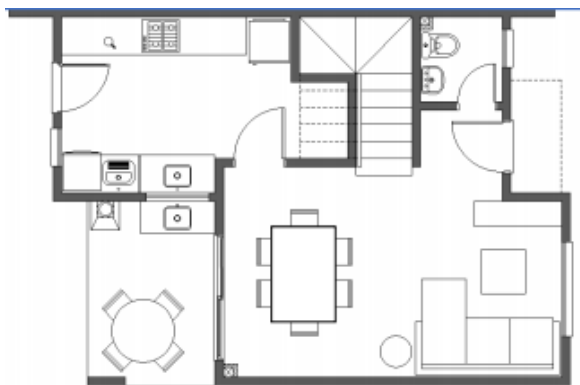


Fig.4.1 – Planta do Rés-do-chão [27]

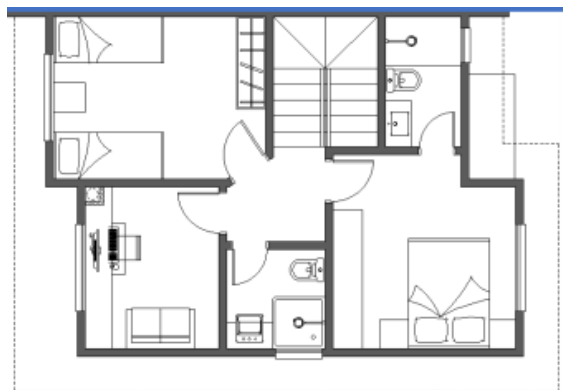


Fig.4.2 – Planta do 1º piso [27]

4.3.2 FUNDAÇÕES

Para a realização de uma edificação é composta por uma série de fases, dentre elas a fundação, estágio inicial de todo o processo. Qualquer estrutura tem a necessidade de ficar apoiada no terreno, mas o terreno é, por natureza, um “material” que tem uma resistência baixa e se deforma com mais facilidade quando comparado aos restantes dos materiais da estrutura, com isso, se faz necessário adotar apoios, também chamado de fundações. Estas são encarregadas de transmitir ao solo as tensões com a sua resistência e com sua deformabilidade.

A geometria das fundações está diretamente associada às cargas e o tipo do solo. Uma fundação padrão é uma combinação de vários elementos originando uma estrutura final em betão armado. Os materiais mais utilizados incluem Betão, armadura, cofragem, pedra, argamassa e parafusos para realizar ancoragem.

Levando em conta que o terreno onde será executada a construção é adequado e suficientemente resistente, o sistema radier é o bastante para fundação.

Todo o sistema construtivo da empresa Tecverde é executado em sistema radier de betão, conforme mostrado na figura 4.2. As construções executadas pela empresa apresentam um peso consideravelmente inferior quando comparado às estruturas tradicionais em alvenaria, é possível simplificar esse sistema devido ao baixo peso dos componentes que compõem a moradia, e com isso, diminuir a carga que é suportada pela fundação.

No caso da obra ser construído em terrenos planos, poucos acidentados e dependendo das características do solo, o sistema radier é a solução construtiva mais executável e que despende menos tempo para realizar, além de possuir duas funções, a primeira de servir de fundação propriamente dita e a segunda de servir de piso para o pavimento térreo da obra.

Geralmente o radier é assentado sobre uma base de saibro compactado e é definido como sendo uma laje maciça de 12 cm de altura com tela de armadura na parte superior e inferior. Ainda durante a fase de execução da fundação são inseridas as esperas para as instalações elétricas e hidrosanitárias.



Fig.4.3 – Representação do radier em betão e betonagem do radier na obra [27]

4.3.3 SUPERESTRUTURA

4.3.3.1. PAREDES ESTRUTURAIS

As paredes estruturais são compostas por quadro estrutural formado por peças de madeira serrada. Apresentam elementos verticais, intitulados de montantes, elementos horizontais localizados na porção superior e inferior, intitulados soleiras ou travessas. O espaçamento entre os montantes é determinado por cálculo estrutural, sendo o máximo permitido de 600 mm.

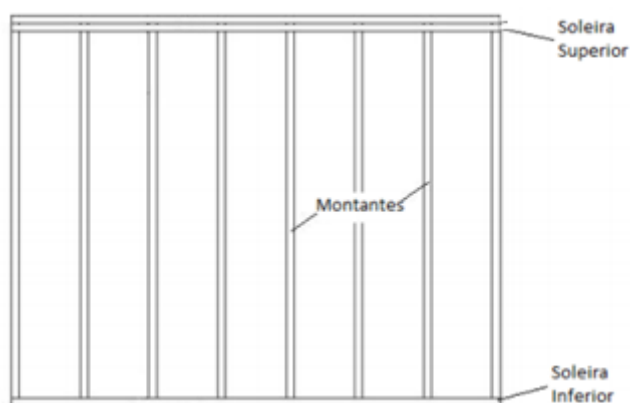


Fig.4.4 – Representação simplificada da parede estrutural [6]

A base dos quadros estruturais do pavimento térreo, no encontro com a fundação, é tratada com manta asfáltica e impermeabilizada até a altura de 200 mm em ambos os lados.

O fechamento da face externa das paredes é composto por chapas de OSB estrutural, com uma espessura de 9,5 mm são alinhados aos quadros estruturais e são presos por elementos de fixação. O fechamento da face interna segue o mesmo princípio da face externa, são utilizados chapas de OSB estrutural também de 9,5 mm de espessura e presos com elementos de fixação.

Para realização do contraventamento das peças estruturais são empregados chapas de OSB. Devem ser do tipo 2, para utilização em ambientes secos, e do tipo 3, para utilização em ambientes externo e interno em áreas molhadas, segundo EN 300. Devem ainda ter um tratamento inseticida, conforme a ABNT NBR 16143.



Fig.4.5 – Painéis estruturais com frames montados, OSB chapeado [27]

Os elementos de fixação englobam todos os mecanismos de encaixe, cavilha, parafusos, prego anelado, grampos metálicos, gancho de ancoragem, chumbador, cantoneira metálica, pino e etc. Os tipos de fixação são os mais variados, sendo mais específicos de acordo com o componente de madeira que cada sistema irá utilizar. As cantoneiras metálicas são fixadas à soleira inferior e aos montantes do quadro estrutural utilizando pregos anelados e ao elemento de fundação por meio de chumbadores.



Fig.4.6 – Detalhe da fixação da parede externa no elemento de fundação [27]

Os painéis de OSB foram produzidos com o objetivo de aprimorar a resistência mecânica exigida para fins estruturais, características esta que não pode ser encontrada nem nas chapas de madeira aglomerada e nem nas chapas de MDF. As chapas de OSB apresentam uma resistência à flexão estática não muito elevada quando comparada as madeiras sólidas, contudo se equipara à dos compensados estruturais.

É realizado todo um rígido controle de qualidade acerca desses painéis estruturais que visa abranger ensaios frequentes de compressão, ensaios de retenção do tratamento químico, controle do número, posição e tipologia dos nós e por último é realizado um controle de qualidade para estudo para saber se as peças sofreram qualquer tipo de empenamento e absorção de água.

4.3.3.2. PAVIMENTO

As habitações que possuem um único piso possuem seu pavimento estruturado no próprio elemento de fundação, no próprio sistema radier. Sendo feito todo um tratamento abordado nos tópicos seguintes.

Quando a moradia apresenta mais de um piso, o pavimento superior é executado com o que chamamos de entrepiso, ou seja, um quadro estrutural composto por barrotes de 45mm x 190mm, seguindo o mesmo princípio. Sua face superior recebe uma chapa de OSB com espessura de 18,33 mm para áreas secas e, nas áreas molhadas (casa de banho), é composto por uma chapa de compensado multilaminada em madeira Pinus com espessura de 18 mm.



Fig.4.7 – Estrutura que irá suportar o pavimento (entrepiso) [27]

O entrepiso pode apresentar uma altura ou espessura de seus painéis de acordo com o vão a ser vencido e da carga que deverá suportar. As madeiras podem apresentar diversos diâmetros no mercado o que pode vir a condicionar esse entrepiso, além das suas demais camadas que fazem parte de sua composição, poderá apresentar uma espessura final entre 21 cm e 32 cm.

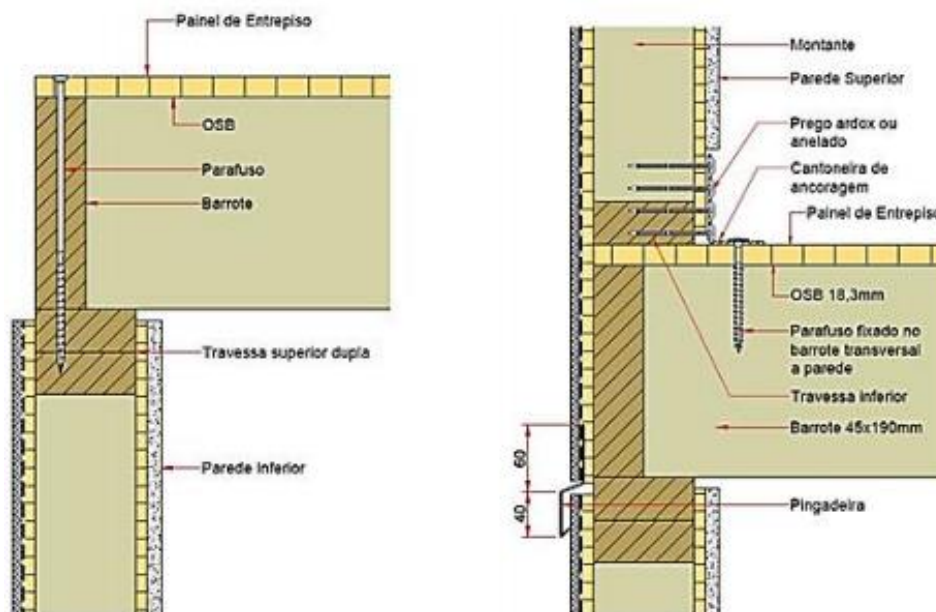


Fig.4.8 – Detalhe de fixação do entrepiso na parede inferior [27]

Os painéis de entrepiso seguem um alinhamento conforme as soleiras superiores das paredes dos pavimentos inferiores. Para realização da fixação do entrepiso com as soleiras superiores é realizada com parafuso metálico e com espaçamento de acordo com o projeto estrutural. A fixação das paredes do pavimento superior com o entrepiso é realizada com auxílio de cantoneiras metálicas de ancoragem. As cantoneiras metálicas são fixadas à soleira inferior e aos montantes do quadro estrutural utilizando pregos anelados e ao entrepiso com auxílio de parafusos.

4.3.4 ENVOLVENTE EXTERIOR

4.3.4.1. PAREDES EXTERIORES

Como já foram mencionadas anteriormente as paredes exteriores desempenha diversas funções numa edificação. Como envoltórios exteriores, além da função básica e primordial de qualquer envoltório de vir a proteger o espaço interior dos agentes externos, as paredes desenvolvem também a funcionalidade de revestir e isolar. É aplicado entre as placas de estrutura e as chapas de OSB.

Para realizar a proteção dos painéis verticais contra a ação de intempéries, estes precisam receber um revestimento externo formado basicamente por um material impermeabilizante e os acabamentos. O material impermeabilizante utilizado é uma membrana hidrófuga que tem como função evitar que a água proveniente da chuva e a humidade venha a penetrar na parede, garantindo assim uma maior proteção e durabilidade a estrutura. São fixados sob os painéis OSB por meio de grampos.



Fig.4.9 – Membrana sendo colocada sobre o painel estrutura já com OSB e o painel montado em obra [27]

Após a aplicação da membrana hidrófuga, são aplicadas chapas de revestimento, placas cimentícias classe A3 de 8 mm de espessura e realizado um tratamento nas juntas entre as placas. As juntas podem ser do tipo aparente ou dissimulada. Para o tratamento das juntas do tipo aparente, precisam ter de 3 mm a 5mm de espessura e consiste basicamente na aplicação de selante a base de poliuretano com 24 horas de tempo de cura.

Para o tratamento da junta do tipo dissimulada, consiste basicamente em aplicar uma massa de base acrílica nas juntas das placas cimentícias, em seguida realizar a aplicação de uma fita telada de fibra de vidro em toda a superfície da junta coberta com argamassa polimérica de base cimentícia (base coat). É aplicada uma primeira camada de argamassa polimérica sobre a placa cimentícia e juntas, na sequência aplica-se a tela de fibra de vidro e aplica outra camada de argamassa polimérica finalizando a cobertura total da tela.

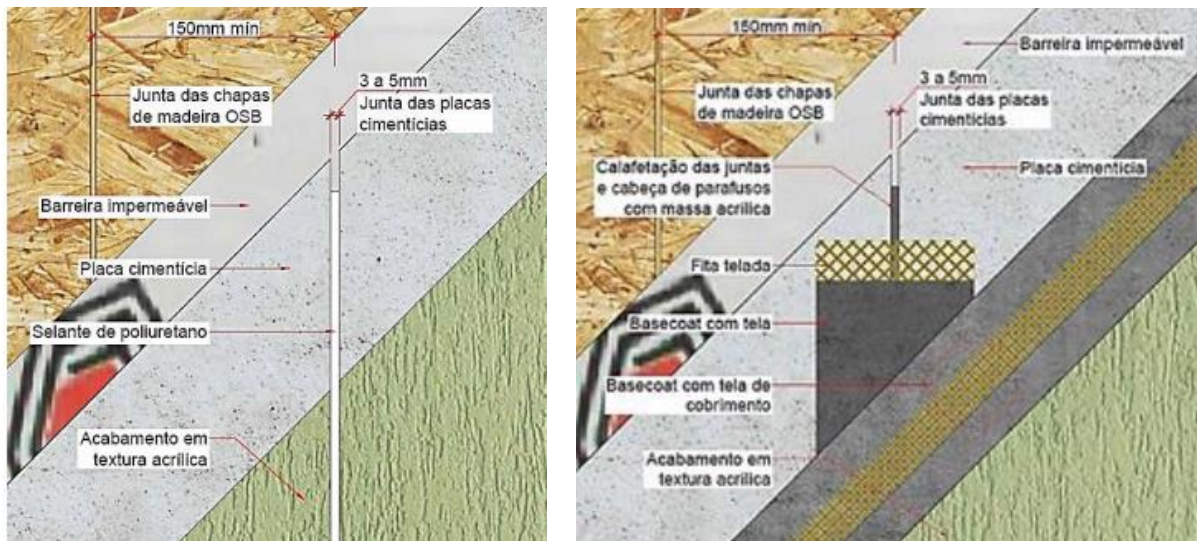


Fig.4.10 – Detalhe da junta aparente e da junta dissimulada [27]

A figura 4.12 apresenta de forma esquemática a composição das paredes externas da habitação unifamiliar avaliada em dois pavimentos, caso de estudo deste trabalho.

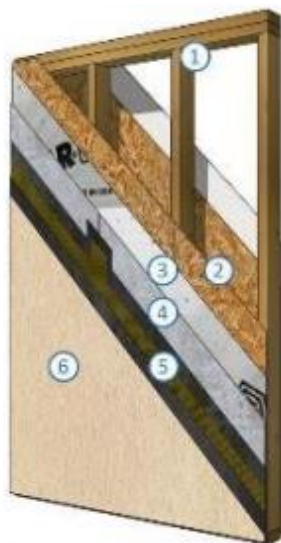


Fig.4.11 – Pormenor construtivo da parede exterior [27]

- 1 – Estrutura de madeira autoclavada
- 2 – Chapa de madeira OSB (9,5mm)
- 3 – Barreira impermeável
- 4 – Placa cimentícia (8mm)
- 5 – Base coat com tela de vidro (5mm)
- 6 – Acabamento em textura acrílica (3mm)

4.3.4.2. COBERTURA

Para realizar a construção da casa padrão visto que terá um 1º pavimento superior, e como, não se faz necessária a adoção de uma estrutura de suporte que venha a possibilitar o espaço livre que tem entre as águas do telhado. Foi optado por um sistema simples para atender essas necessidades com base de estruturas triangulares de suporte.

Os elementos podem ser realizados com painéis, treliças industrializadas de madeira, por exemplo. Composto por cumeeira, viga, terço, caibro, ripa, sarrafo, todos os elementos com resistência natural ao ataque de organismos xilófago ou tratado quimicamente sob pressão.

As treliças em madeiras são todas pré-fabricadas e posteriormente são transportadas para a obra, onde são erguidas e são fixadas sobre as paredes da moradia, figura 4.12. As peças de materiais que compõem a treliça são conectadas por chapas dentadas. O contraventamento das treliças é realizado as chapas OSB, seguindo o mesmo princípio das paredes e entepiso, e são dispostos sob as mesmas.



Fig.4.12 – Estrutura de madeira e içamento da cobertura pronta [27]

A ligação nas paredes estruturais pode que dependendo do tipo sistema e das características do material pode vir a ser por parafusos ou tirantes metálicos, que tem como função abosrover as variações dimensionais das paredes estruturais.

Em edificações unifamiliares o telhado é composto por telhas cerâmicas com 20 mm de espessura que é aplicado sobre o ripamento sendo o beiral de 600 mm de projeção horizontal. Sob o sistema de cobertura é executado um forro em gesso ou em régua PVC, aplicado uma manta de lã de vidro com 89 mm de espessura.

Entre as telhas e os painéis de OSB, é necessário ser aplicado um material de isolamento térmico-acústico e também um material impermeabilizante. Os materiais impermeabilizante precisam ser aplicados antes da fixação das ripas e necessitam ter suas extremidades sobrepostas a fim de evitar que a água proveniente do lado exterior venha a penetrar o lado interno. Após a colocação dos materiais isolantes, segue a colocação das ripas onde as telhas cerâmicas ficam apoiadas.

Nas edificações unifamiliares sobre a estrutura em madeira que compõe a estrutura, são aplicadas chapas de OSB com espessura de 11 mm e, sobre esta, é aplicada uma barreira impermeável (sistema de telas que deverá ser preferencialmente permeável ao vapor). Sobre a estrutura é aplicado um forro duplo com chapas de gesso em drywall com 12,5 mm de espessura. O telhado é composto por telhas cerâmicas com 20 mm de espessura, possuindo um beiral com uma projeção de 800 mm em todo o perímetro da edificação, recebendo um forro em régua de PVC de 8 mm de espessura

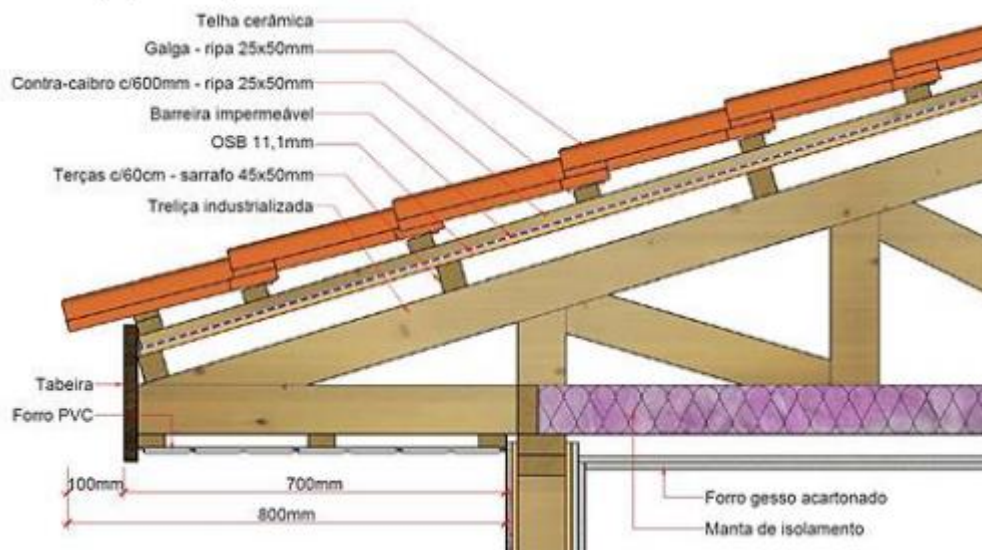


Fig.4.13 – Corte do sistema da cobertura e beiral em habitação unifamiliar [27]

4.3.4.3. ABERTURAS

Qualquer tipo de comunicação direto do interior da moradia com destino ao seu exterior, como portas e janelas, recebe a designação de aberturas. Uma pormenorização muito detalhada é imprescindível para execução correta deste tipo de elementos.

As aberturas para portas e janelas solicitam vergas de madeira que tenham a capacidade de vencer os vãos onde não há a presença de montantes. Consequentemente, quanto for maior o vão a ser preenchido pela esquadria, maior será a quantidade de montantes laterais à abertura e maior será a verga. Geralmente as aberturas com até 3 metros de vão são resolvidas sem muita dificuldade. As vergas tem como função estruturar a parte superior das aberturas e ficam apoiadas nos umbrais, peças que se assemelham aos montantes, mas tem altura restritas ao nível da verga. Cada umbral precisa ser fixado ao montante adjacente. A contraverga, peça única de mesma seção dos montantes é inserida com seu maior eixo de inércia na posição horizontal e ficam apoiadas sobre os montantes interrompendo-se na altura do peitoril da janela.

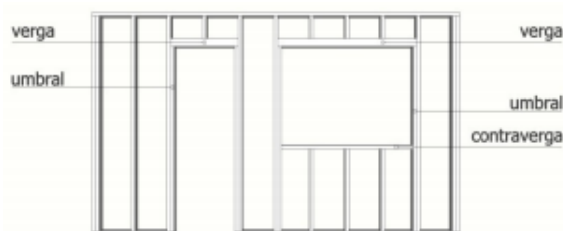


Fig.4.14 – Estrutura da parede com abertura de porta e janela [27]

Quando for realizar a instalação do conjunto de folha de porta e batente em madeira, deve proceder fixando o batente aos montantes e as vergas, os ficando com parafusos bicromatizados. Sua vedação aos montantes e as vergas deve ser executada com espuma de poliuretano, aplicando em torno o perímetro externo e interno, conforme demonstrado na figura 4.14.



Fig.4.15 – Pormenor da seção horizontal e vertical da fixação do conjunto porta e batente em madeira na parede interna [27]

Os vão das portas, localizados na parte externa, necessitam que seja instalado um contramarco em alumínio fixado com auxílio de parafusos metálicos de rosca, sendo a vedação do contramarco e o quadro estrutural da parede executada por uma fita selante adesiva acrílica. A porta é vedada externamente por um selante à base de poliuretano, aplicado em todo o perímetro entre o batente e o contramarco, conforme mostrado na figura 4.15.

Os vão das janelas utilizam contramarcos em alumínio fixados com parafusos metálicos de rosca, o contramarco e o quadro estrutural são vedados por meio de uma fita selante adesiva acrílica. Na parte inferior do contramarco, uma pingadeira em alumínio é instalada utilizando o selante à base de poliuretano. A janela é vedada externamente com selante a base de poliuretano aplicado em todo o perímetro entre o caixilho e o contramarco, conforme mostrado na figura 4.16.

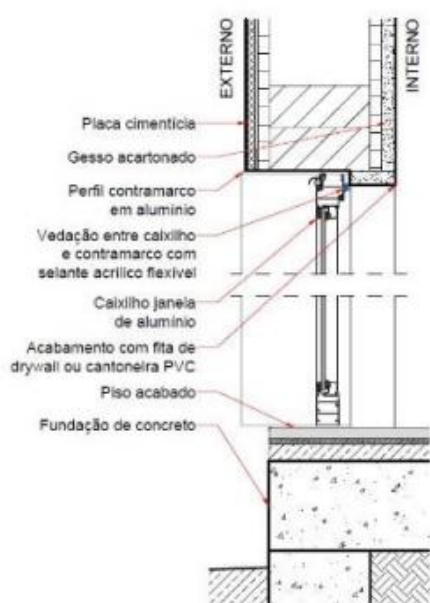


Fig.4.16 – Pormenor da seção vertical da fixação do conjunto de folha porta e batente em alumínio [27]

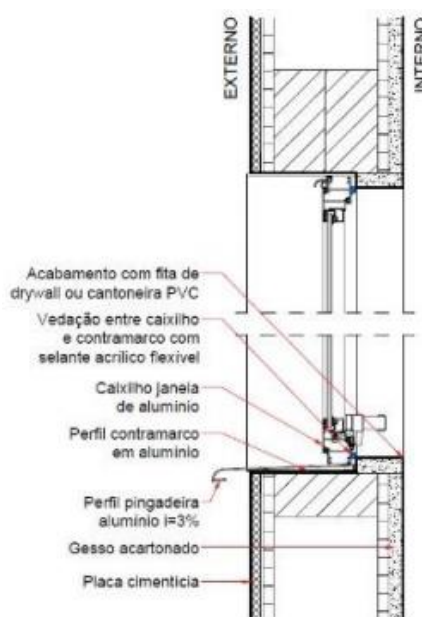


Fig.4.17 – Pormenor da seção vertical da fixação da janela em alumínio [27]

Todo o procedimento de abertura é realizado na própria fábrica, por se tratar de um sistema pré-fabricado. Os módulos pré-fabricados já seguem para obra prontos para posterior instalação. Caso se trate de módulos pequenos (de ajuste), estes são confeccionados no local de aplicação.

4.3.5 COMPARTIMENTAÇÃO INTERIOR E REVESTIMENTOS

4.3.5.1. PAREDES INTERIORES

As paredes interiores apresentam tem como função realizar as separações internas dos fogos dentro da habitação e não tem a função de se caracterizarem por apresentar todas as exigências funcionais em das paredes exteriores.

A estrutura das compartimentações interiores é análoga à envolvente externa. Apresenta uma composição com estruturam em madeira autoclavada e para fechamento e contraventamento são empregadoa as chapas de OSB, conforme já detalhado anteriormente. A fixação desses painéis também se assemelha com os painéis estruturais, conforme mencionado anteriormente também.

Os encontros entre os painéis interiores entre si e com os painéis externam podem ocorrer de maneira lateral ou vertical. Quando realizar de forma lateralmente, são unidos de maneira simples utilizando pregos e parafusos fixando os montantes externos de cada painel lado a lado. Quando o encontro entre paiéis acontece de modo perpendicular, se faz necessário acrescentar peças de madeira entre os montantes para vir a ajudar a junção dos painéis e essa peça tem as mesmas características dimensionais que o montante. No encontro entre três painéis, por exemplo, conforme mostrado na figura 4.18.

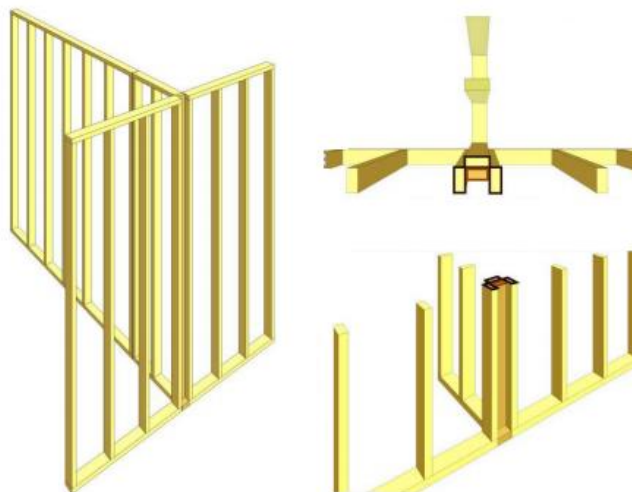


Fig.4.18 – Pomenorização do encontro perpendicular entre três painéis de parede [6]

Após a inserção de todas as paredes internas e realização de todas as uniões entre elas e as paredes externas, é inserida uma soleira superior que é adicionada sobre a própria soleira superior dos painéis vindo a formar uma soleira superior dupla que tem como função auxiliar a rigidez e estabilidade das paredes.

Para proteger esses painéis internos é aplicado um revestimento interno que deverá estar de acordo com as boas práticas de execução e normas relacionadas.

No caso da habitação em estudo, foi realizado um revestimento em chapas em gesso acartonado com 12,5 mm de espessura do tipo Standard para áreas secas e de 12,5 mm de espessura Resistente Humidade para áreas molhadas. É realizado todo um tratamento nas juntas das placas de gesso acartonado semelhante ao que foi aplicado no revestimento exterior nas placas cimentícias.



Fig.4.19 – Revestimento interno em gesso acartonado [27]

Nas áreas molhadas é adotada uma membrana de impermeabilização sobreposta às paredes de gesso acartonado com 200 mm sobrepondo a parede e 200 mm sobrepondo o piso a fim de evitar quais problemas relacionados à humidade e uma tela de reforço em todas as arestas e na transição do gesso com proteção mecânica do piso.

Depois de finalizado a etapa de aplicação do revestimento interno, vem à escolha dos acabamentos. Estes variam em função das características do ambiente. Para ambientes secos é utilizados uma pintura acrílica com 3 mm de espessura.

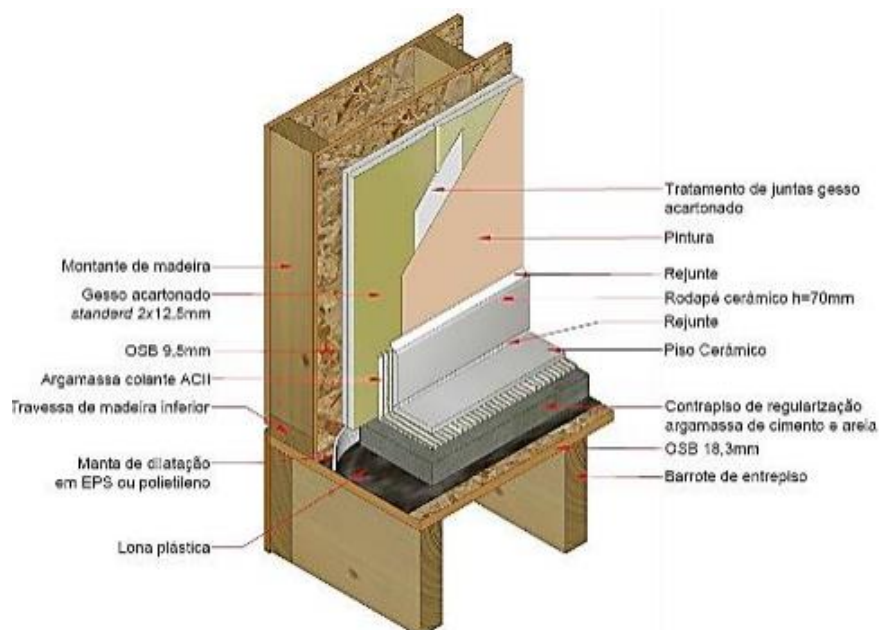


Fig.4.20 – Pormenor da interface da parede externa e entrepiso – Áreas secas [27]

As áreas molhadas merecem uma atenção maior, então foi adotado um acabamento utilizando placas cerâmicas para piso e teto, se diferenciando assim das áreas secas.

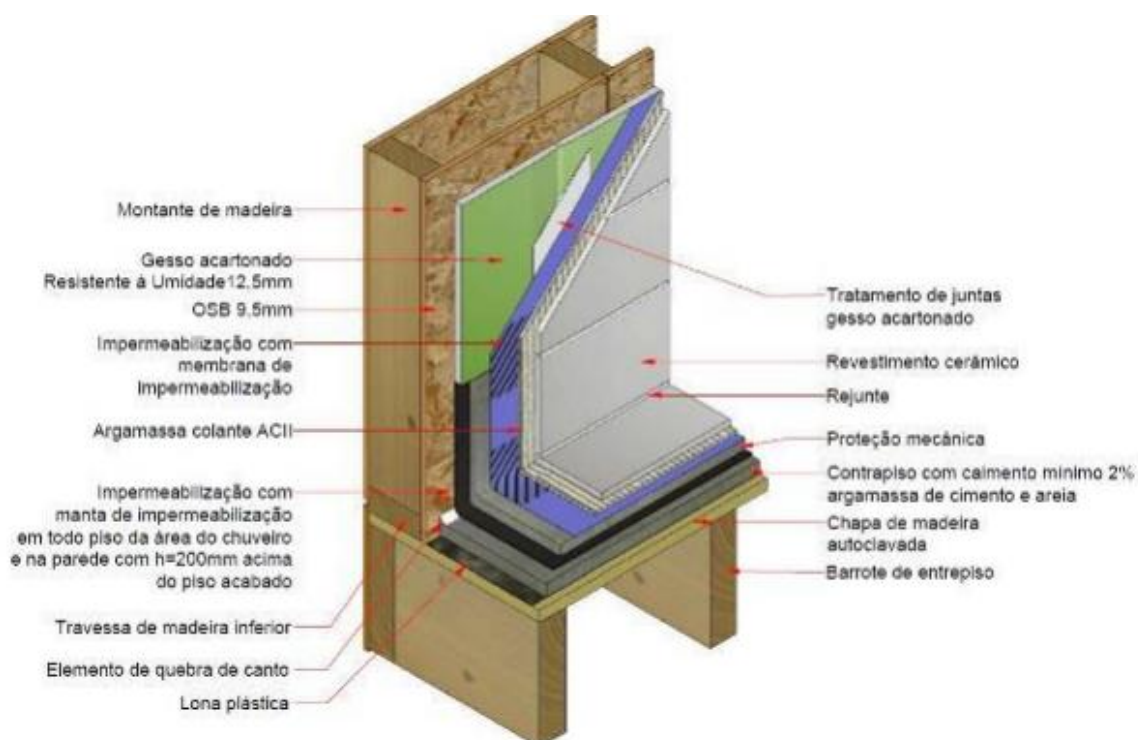
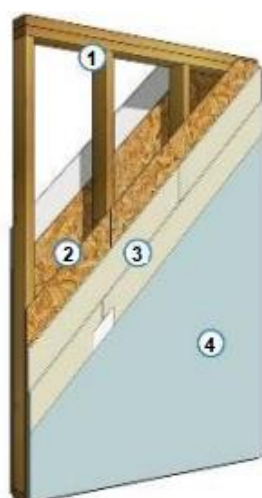


Fig.4.21 – Pormenor da interface da parede externa e entrepiso – Áreas molhadas [27]

A figura 4.22 apresenta de forma esquemática a composição das paredes internas da habitação unifamiliar avaliada em dois pavimentos, caso de estudo deste trabalho.



- 1 – Estrutura de madeira autoclavada
- 2 – Chapa de madeira OSB (9,5mm)
- 3 – Chapa de gesso acartonado (12,55mm)
- 4 – Acabamentos em pintura acrílica – áreas secas e acabamento em placas cerâmicas – áreas molhadas

Fig.4.22 – Pormenor construtivo da parede interior [27]

4.3.5.2. PAVIMENTOS

Os pavimentos como já mencionados anteriormente tem uma grande responsabilidade nas habitações, que é de transmissão das cargas para o nível inferior (vigas e paredes), se existir, ou diretamente ao terreno caso se trate de uma habitação de único piso.

Os pisos podem se dividir em áreas secas e áreas molhadas em nível de revestimentos, assim como a compartimentação interior, mencionado no tópico anterior.

No que diz respeito às áreas molhadas o quadro estrutural do entrepiso é composto por barrotes de madeira serrada e por chapas de compensado tratada. Sobre essas chapas de compensado é inserida uma lona plástica (filme de polietileno). Na área de encontro entre a base das paredes e contrapiso é executada uma manta de dilatação em EPS com espessura mínima de 4 mm. Em seguida é aplicado um contrapiso de base cimentícia com 40 mm de espessura. Uma pintura betuminosa em todo o seu entorno e no encontro com as paredes é aplicado um mastique a base de elastômeros de poliuretano (PU). Toda a área do box é limitada por uma peça de madeira denominada de sóculo e incorporada por uma manta asfáltica de 3 mm de espessura de impermeabilização e com 200 mm de altura sobre as paredes. É aplicada uma proteção mecânica (argamassa cimentícia) sobre essa camada de impermeabilização, como 20 mm de espessura de maneira para que seja obtido um caimento para o ralo. É aplicada em todo o contrapiso, depois de realizado a cura, uma membrana de impermeabilização de base acrílica. Em complementação, é executada uma tela de reforço em todos os cantos e nos encontros entre as chapas de gesso acartonado e a proteção mecânica, conforme foi dito no tópico anterior. Os acabamentos ficam a cargo dos revestimentos cerâmicos.

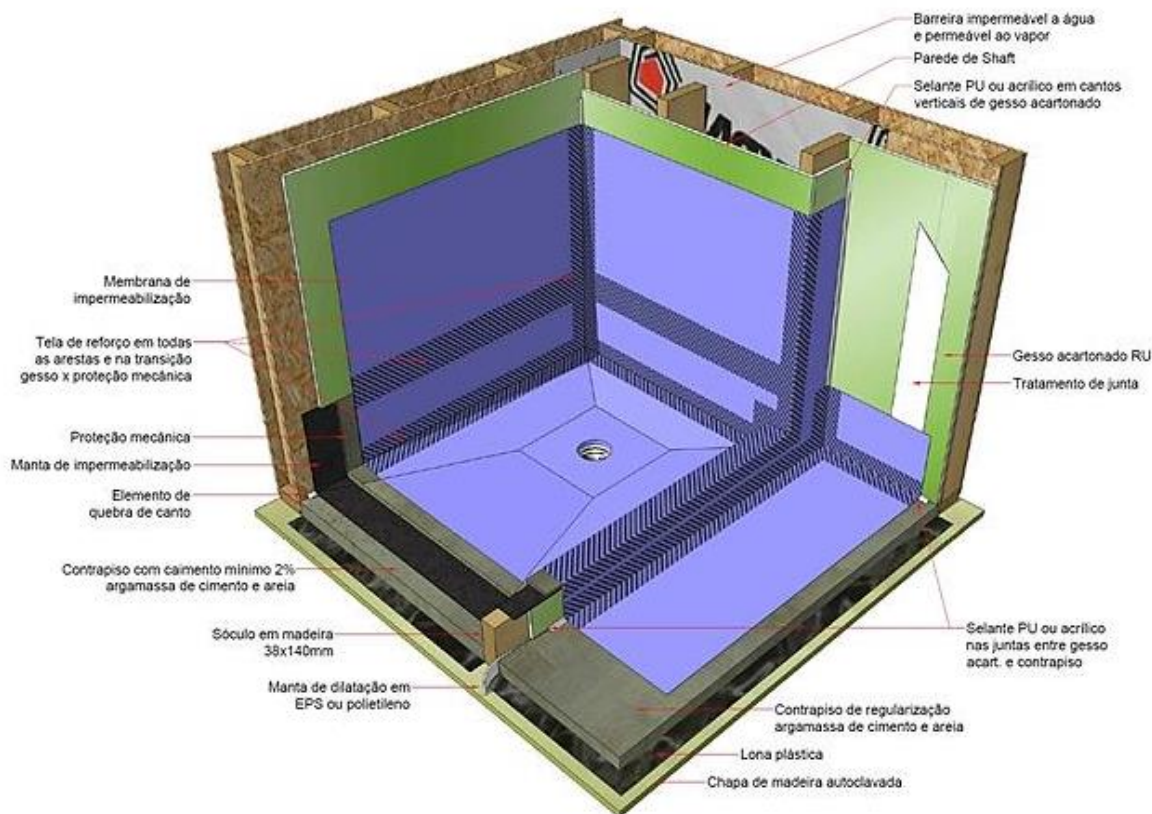


Fig.4.23 – Pormenor esquemático da área molhada [27]

A aplicação das etapas de impermeabilização que são desenvolvidas em obra pode ser visualizada conforme mostram as figuras 4.24 a 4.26. A figura 4.27 apresenta o aspecto final com o revestimento cerâmico aplicado.



Fig.4.24 – Aplicação de pintura betuminosa e mastique de poliuretano – zona do box [27]



Fig.4.25 Aplicação da manta asfáltica – zona do box [27]



Fig.4.26 – Pormenor das camadas de impermeabilização [27]



Fig.4.27 Aspecto final do revestimento cerâmico [27]

Nas áreas secas, o processo é um pouco diferente. O quadro estrutural é composto por barrotes de madeira serrada e por chapas de OSB. É aplicada uma lona plástica (filme de polietileno). No encontro entre as paredes e o contrapiso é aplicada uma manta de dilatação em EPS com 4 mm de espessura mínima. O acabamento é realizado por meio de um revestimento cerâmico no contrapiso e nas paredes recebe a pintura acrílica, conforme mencionado anteriormente.

4.3.6 INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS

Quando se trata das especialidades, mais especificamente, instalações, é importante ressaltar que uma habitação em madeira, seja ela pré-fabricada ou não, quando comparada a uma solução tradicional, necessita da mesma tipologia de instalações. Contudo, todo o processo para incorporação dessas instalações requer um pouco mais de atenção devido ao trabalho que é a sua implantação.

Visto que no Brasil esse tipo de habitação está ganhando expressão em algumas regiões do país, em especial no interior de alguns estados da região Sudeste e na região Sul, o mercado e as empresas tem apropriados soluções alternativas e que melhor se adaptem a esse tipo de solução construtiva.

A maior parte das empresas especializadas em casas pré-fabricadas em madeira trata das moradias desde seu início até a entrega final ao cliente. A venda de kits também é um ponto forte na entrega desse tipo de moradias e que engloba as instalações e equipamentos. É apresentado a seguir todos os pormenores construtivos relativos às instalações.

4.3.6.1. REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO

No que se refere ao sistema de canalização da habitação em casas de madeira, tem o inconveniente de introduzir as tubulações através das paredes de madeira. As instalações de abastecimento de água e saneamento para esta moradia em estudo não se distingue de uma solução tradicional em alvenaria.

O uso de paredes vem a agregar toda a praticidade e velocidade à construção em reparos ocasionais ao possibilitar embutir as instalações nos vãos internos aos montantes.

A instalação hidráulica assim como elétrica é inserida nos painéis Tecverde ainda na fábrica, e com isso vem a permitir que seja realizado um maior controle de qualidade desses sistemas por meio da realização de testes de estanqueidade e pressão de ar.



Fig.4.28 – Kit hidráulico fixado ao painel durante o processo na fábrica [27]

As instalações hidrossanitárias são desenvolvidas entre os montantes das paredes, entre o forro e os barrotes do entrepiso. Todo o sistema foi desenvolvido com tubos em PVC. Os ramais de distribuição de água de abastecimento são fixados à estrutura interna da parede por meio de fitas metálicas e aparafusadas. As tubulações de esgoto são alocadas em shafts, externamente às paredes devido aos seus maiores diâmetros. Nos shafts estão previstos a instalação de janelas de inspeções e manutenções. Na figura 4.29 pode ser visto as tubulações alocadas nos shafts.

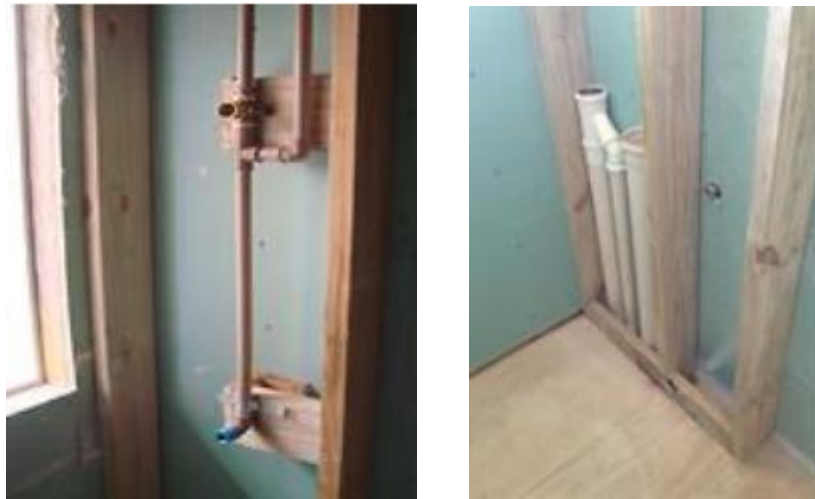


Fig.4.29 – Pormenor do posicionamento das tubulações hidráulicas e sanitárias [27]

4.3.6.2. ELETRICIDADE

Todo o sistema elétrico e seus respectivos componentes seguem os critérios estabelecidos pela NBR 5410 (2004). Todos os cabos são protegidos por eletrodutos flexíveis com diâmetro de 25 mm que se estendem pelo montante dos painéis de parede. No decorrer da produção dos painéis na fábrica, todos os eletrodutos são fixados por meio de fitas metálicas no interior dos montantes das paredes.

Devem ser realizados aberturas de até 3 cm de diâmetro no centro das peças dos montantes para que seja realizado a passagem dos eletrodutos. Neste projeto de habitação foi adotado uma proposta de evitar passagem dos eletrodutos com cabeamento pelos painéis com porta e janelas.

Logo em seguida a esses procedimentos mencionados anteriormente ocorre os fechamentos completo das paredes com as chapas OSB e em seguida é colocado a placa de revestimento interno (gesso acartonado).



Fig.4.30 – Instalação interna dos eletrodutos flexíveis no interior da parede e detalhe das caixas elétricas instaladas no revestimento interno (gesso acartonado) [27]

No canteiro de obras, logo após a realização da montagem, é realizada a fixação dos eletrodutos no forro para passagem a passagem dos cabos de luz, telefone, tv a cabo, internet. A figura 4.31 demonstra a organização dos eletrodutos após a montagem dos painéis, antes da colocação do forro e/ou entrepiso superior.



Fig.4.31 – Organização dos eletrodutos após a montagem dos painéis [27]

É importante que tenha a intervenção de um engenheiro especializado e um arquiteto para desenvolvimento do projeto, no que diz respeito às instalações elétricas para que todas as redes fiquem de maneira integrada e acomodada na habitação, de forma que não prejudique a estética geral dos espaços. Nesta ótica é dada uma maior importância à questão da iluminação dos ambientes.

4.4. METODOLOGIA DE EXECUÇÃO DA OBRA

Todo o processo de produção dos painéis de parede e entrepiso são realizados de maneira industrial, executado em unidade fabril utilizando linhas de produção, armazenados e posteriormente transportados para a obra.

Os elementos (painéis de paredes e painéis de entrepisos) que são confeccionados em fábrica recebem uma identificação para que seja possível rastrear e facilitar o posicionamento de montagem na obra. É importante lembrar que é realizada previamente uma inspeção a todos os componentes para atestar o cumprimento de projeto e requisitos estabelecidos nos procedimentos de controle.

Um caminhão equipado com guindaste é encarregado de realizar o transporte de todos os painéis paredes e entrepiso, sendo o descarregamento desses componentes de acordo com o plano de montagem estabelecido.

É importante que a obra tenha acessos que sejam compatíveis aos veículos de transporte e uma estrutura que seja capaz de proteger os materiais contra ação de intempéries dos painéis de parede e piso no decorrer ao procedimento de montagem.

Para obter uma otimização dos acabamentos, demais revestimentos cerâmicos, os arremates de entrepiso na face externa, pelas placas cimentícias e o seu respectivo acabamento externo de

argamassa polimérica (base coat) e pintura acrílica são realizados logo após a montagem final das paredes e da cobertura.

4.4.1 PROCESSO DE MONTAGEM EM OBRA

4.4.1.1. EXECUÇÃO DO ELEMENTO DE FUNDAÇÃO

Em mãos com o projeto de fundação, se inicia a escavação do terreno para realização da fundação do tipo radier. Este tipo de fundação utiliza a própria fundação para servir de piso para a edificação. Após execução da fundação radier, é realizado uma cura para prosseguir para próxima etapa.

As esperas dos coletores de esgoto (saneamento) e tubulações de abastecimento de água devem estar integradas na laje de fundação. Dessa maneira, é extremamente necessário que eles sejam dispostos com extrema precisão para que os pontos de esgoto consigam garantir que as tubulações verticais, com, por exemplo, os lavatórios, venham a coincidir com as paredes que futuramente estão posicionadas.

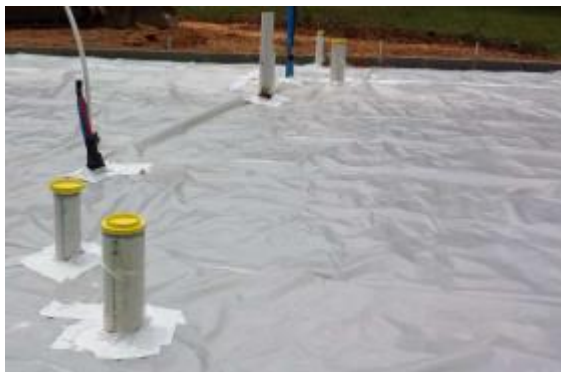


Fig.4.32 – Tubulações de esgoto colocadas previamente a concretagem da laje de fundação [27]

4.4.1.2. MARCAÇÃO DAS PAREDES (LOCAÇÃO)

Uma das primeiras etapas da construção pré-fabricada, após executada a fundação. É importante que a fundação tenha sido executada com qualidade, pois a marcação das paredes será feita com base no radier existente.

No local onde as paredes irão ser alocadas, é realizada a aplicação de uma tinta impermeabilizante de base betuminosa.

Antes de iniciar de fato a marcação das paredes, é necessário checar as dimensões da laje de fundação para verificar quaisquer possíveis desvios dimensionais e realizar qualquer tipo de ajuste, caso necessário.

As paredes externas são as primeiras a serem marcadas, realizando uma marcação em dois pontos correspondentes a espessura dos montantes mais a espessura da chapa de OSB. Com relação a esses pontos, é então traçado uma linha e deverá ser repetido ao longo de todo o perímetro da construção, conforme o projeto.

As paredes internas são recomendadas que se iniciasse a marcação pelas de maiores dimensões, até que estejam todas marcadas. São traçadas linhas paralelas distanciadas das espessuras das soleiras.



Fig.4.33 – Quadro estrutural posicionado e com marcações dos elementos verticais [27]

4.4.1.3. MONTAGEM DAS PAREDES

Os painéis de paredes são devidamente apoiados sobre a fundação ou entrepiso. Logo em seguida é realizada a checagem do nível vertical e esquadro entre os painéis para que seja realizada a fixação dos mesmos em pelo menos quatro pontos de fixação. Quando se tem terminado toda a montagem das paredes, inicia então a verificação as medidas das diagonais inferiores e superiores e caso necessite realizado os devidos ajustes.

Após toda essa conferência (diagonais e esquadros) os painéis de paredes são devidamente fixados ao elemento de fundação de modo que sejam utilizadas cantoneiras metálicas com largura de 40 mm e altura mínima de 120 mm. Estas cantoneiras são fixadas as soleiras inferiores do quadro estrutural por meio de pregos anelados e ao elemento de fundação por meio de chumbadores com diâmetros de 7,5 mm.

O dimensionamento e espaçamento são conforme o projeto estrutural (máximo de 1500 mm). A figura 4.34 demonstra a movimentação e montagem das paredes.



Fig.4.34 – Movimentação e montagem dos painéis de parede [27]

4.4.1.4. MONTAGEM DO ENTREPISO

Os painéis de entrepiso são nivelados conforme as soleiras superiores das paredes do pavimento térreo, de maneira que seja deixada uma junta de 4 mm entre cada quadro estrutural que vem a compor o entrepiso. Afixação nas soleiras superiores das paredes do pavimento térreo é realizada com parafuso metálico de cabeça escareada.

Após a conclusão do serviço anterior, é iniciada a montagem do forro em chapas de gesso acartonado na face inferior do entrepiso.



Fig.4.35 – Fixação do entrepiso e fixação do quadro estrutural de entrepiso na soleira superior da parede [27]

4.4.1.5. MONTAGEM DA ESTRUTURA DA COBERTURA

Finalizada a etapa anterior, se procede para a montagem das tesouras em madeira da estrutura da cobertura. Sua fixação é realizada utilizando parafusos metálicos nas soleiras superiores das paredes, conforme o projeto específico da cobertura e projeto estrutural.

Dependendo do tipo de telha que será utilizado, pode se ter uma espaçamento que varia entre 60cm e 120 cm, por se tratar de uma cobertura leve existe uma redução nas cargas nos nós das treliças diminuindo o espaçamento entre elas. Com a utilização de treliças industrializadas é possível reduzir o peso da cobertura em até 40%, pois os componentes que compõem as seções apresentam pequenas dimensões.

A cobertura finalizada então com auxílio do guindaste é inserida na habitação, realizando suas funções básicas como a proteção da moradia contra ação de intemperismo ocasionado por fatores externos e garantir a integridade física do espaço interior.

4.4.1.6. FIXAÇÃO DAS ESQUADRIAS

Com a cobertura finalizada, da-se prosseguimento a etapa seguinte que é a fixação das esquadrias tanto no exterior, como no interior, conforme explicado no item 4.3.4.3.

4.4.1.7. ARREMATES INTERNOS

Uma sequência de serviços é executada após a realização da fixação das esquadrias. É iniciado o tratamento das juntas dissimuladas das chapas de gesso acartonado conforme direciona a ABNT NBR 15758-1, em seguida é executada a impermeabilização dos pisos e das paredes e por fim é aplicado os revestimentos cerâmicos de piso e paredes, nas áreas molhadas e pintura nas áreas secas.

Por fim, restam apenas os serviços de instalação de aparelhos sanitários e acessórios elétricos, acabamentos em geral.



Fig.4.36 – Acabamentos internos da casa de banho e cozinha [27]

4.4.1.8. ARREMATES E ACABAMENTOS EXTERNOS

Por fim e não menos importante, são executados os arremates e acabamentos externos, é executado a aplicação das cantoneiras de PVC nas extremidades e realização da pintura com textura acrílica nos painéis de paredes exteriores.

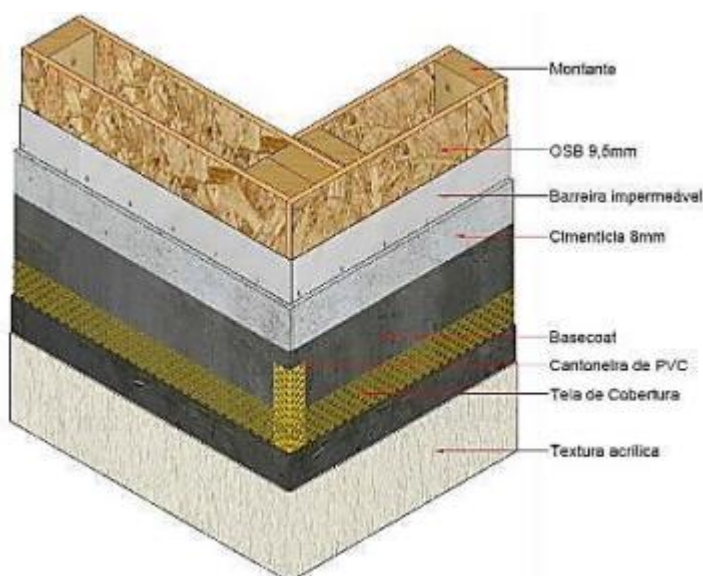


Fig.4.37 – Pormenor do acabamento externo [27]

5

CASAS DE ALVENARIA DE BLOCOS NO BRASIL

5.1. MERCADO NO BRASIL

As habitações brasileiras no decorrer dos séculos foram fortemente influenciadas por fatores correlacionados aos processos históricos. A herança de colônia extrativista, as variadas culturas que habitaram o Brasil, além da forte participação indígena e africana, tiveram seus papéis fundamentais para a construção contemporânea configuração populacional brasileira.

Os portugueses trouxeram para o território brasileiro uma tecnologia de construção com uma maior complexidade, com base fundamentalmente no emprego de tijolos e blocos. Durante esse período, estas técnicas construtivas, oriundas da Europa e que foram adaptadas ao meio e às condições de trabalho nas colônias, eram direcionadas para as construções de igrejas, fortalezas, edifícios.

Em meados da década de 60 são inserida no mercado brasileiro por meio da alvenaria estrutural em blocos, edificações baseando sua tecnologia e procedimentos em normas norteamericanas. O estado de São Paulo, começou a utilizar em larga escala, sendo estado pioneiro, e se baseando suas construções em normas da Inglaterra, Alemanha, entre outros Países europeus.

Com a crescente alta da população brasileira nos últimos anos, houve um consequente aumento da urbanização. Com isso, a procura por habitações chegou a sofrer um expressivo aumento, em conjunto com as elevadas taxas de urbanização, especialmente pelos centros de porte médio e grande.

O Brasil como país, apresenta um déficit habitacional que está diretamente ligado a habitações que se encontram em risco, onde há a necessidade de uma nova construção, o elevado valor de arrendamento urbano, que corresponde a uma parcela da população que habita casas arrendadas com um valor aproximadamente de 30% ao valor de sua renda e ao elevado adensamento de domicílios arrendados, o qual corresponde aos domicílios arrendados que possuem mais de três moradores por fogo. De acordo os estudos da FGV – Fundação Getúlio Vargas, o Brasil apresenta um déficit habitacional em torno de oito milhões de moradias.

Cerca de 60% das construções habitacionais brasileiras são caracterizadas pelas autoconstruções, onde as decisões sobre o projeto e construção são tomadas pelos usuários ou proprietários construtores. Geralmente são desenvolvidos e realizados sem regulações de ordem arquitetônica e urbanística, utilizando recursos precários e conhecimento oriundos de uma experiência empírica imediata, que muitas vezes resulta em desastres. As favelas são os locais onde se tem a maior ocorrência dessa autoconstrução.



Fig.5.1 – Habitações em alvenaria construídas nas favelas brasileiras [31] [32]

As construções tradicionais em alvenaria de blocos se caracterizam por ser o sistema construtivo mais empregado nacionalmente para a vedação internamente e externamente, ele está enraizado na cultura brasileira. Os elementos que são utilizados são de valor econômico reduzido, são resistentes, apresenta um bom desempenho térmico e acústico, além de ser de fácil aquisição no mercado brasileiro.

5.2. EMPRESAS CONSTRUTORAS DE CASAS DE ALVENARIA

Nesta seção do trabalho foi buscado explorar exemplos reais e ilustrativos, de empresas responsáveis pela execução de habitações em alvenaria de blocos, que oferecem na prática algumas possibilidades de construção ou até mesmo de personalização das casas.

As empresas foram selecionadas reduzindo o âmbito nacional para alguns estados mais centrais e com maior tradição em realização destes tipos de sistemas construtivos.

A coleta dos dados foi realizada baseada nas informações contidas nas bases de dados das empresas (Website).

5.2.1. FABRILAR

A Fabrilar é uma empresa brasileira presente no mercado há mais de vinte anos, e tem sua sede localizada na cidade de São Paulo, pertencente ao estado de São Paulo. Uma empresa que visa a busca crescente pela inovação e oferece projetos únicos para os seus cliente, com preços acessíveis, além de desing atrativo.

A empresa oferece todos os serviços para a construção da habitação, além de realizar todos os procedimentos técnicos para realização da habitação, tais como a limpeza do terreno. Apresentam um prazo de entrega determinado, mediante a fechação do contrato e uma maior comodidade ao cliente, com um corpo de arquitetos e engenheiros que irão realizar o acompanhamento da obra. Todos os fatores burocráticos mediante a câmara são assumidos por parte da empresa.

Em parcerias com fornecedores e prestadores de serviço, a Fabrilar apresenta uma larga experiência no setor de construção tradicional em alvenaria, se responsabiliza ainda pela compra da matéria-prima, além de seu armazenamento no canteiro de obras e uso do material de construção.

É apresentado um total de 86 soluções construtivas disponíveis como sugestões para os clientes que atendam os critérios de conforto, design e comodidade. Ressaltando que os projetos padrão podem ser

adaptados de acordo com as necessidades dos clientes. As plantas disponíveis estão assim divididas e classificadas tendo em consideração o número de quartos:

- 1 T1, com opção de 72m²;
- 22 T2, com opções de 53m² a 223m²;
- 58 T3, com opções de 67m² a 324m²;
- 4 T4, com opções de 132m² a 235m²;
- 1 T5, com opção de 376m²;



Fig.5.2 – Planta e vista de um módulo T2, projeto 68, com dimensões de 85 m² [33]

Como já mencionado anteriormente a empresa fornece o material, mão-de-obra, além de um memorial descritivo com as etapas e materiais que serão utilizados na construção da habitação. A personalização 100% da moradia é uma opção válida, de acordo com as necessidades do cliente.

É dada uma atenção especial ao processo construtivo que conta com a execução de uma fundação do tipo Baldrame, composta por estacas e sapatas e com uma altura de 20 cm acima do solo. Todas as paredes da casa seguem as orientações da ABNT e são realizadas com bloco estruturais cerâmicos de 11,5 cm de espessura. A estrutura da cobertura conta com um sistema todo em madeira maciça devidamente tratada, serrada e com a certificação emitada pelo IBAMA e telhas do tipo Portuguesa.

O grande diferencial fornecido pela empresa se encontra na parte de revestimentos, onde fornece ao cliente uma linha de crédito para que ele compre o revestimento que tenha interesse, Por exemplo, para os revestimentos de piso o cliente terá a quantia de R\$ 40,00 reais de crédito por m² para comprar o piso que desejar. A empresa ainda fornece um brinde de 15 pontos de tomadas a mais, distribuídos pela residência. Todas as habitações são fornecidas uma garantia de 5 anos.



Fig.5.3 – Habitações em alvenaria de blocos executadas pela Fabrilar [33]

5.2.2. EMPREITEIRA PILLAR

A Empreiteira Pillar, empresa localizada na serra carioca, mais precisamente na cidade de Petrópolis, fazendo parte do estado do Rio de Janeiro. Empresa com 17 anos de atuação no mercado, atuando na área de engenharia e prestação de serviços da construção civil, surgiu a partir de uma união de engenheiros, arquitetos e projetistas que atuantes em grandes obras e projetos.

Com muito profissionalismo é buscado transmitir para seus clientes um serviço com extrema qualidade e dedicação visando a sua satisfação. É ofertado orçamentos bem dimensionados, justos e muito transparentes, serviços muito bem planejados, e uma garantia com assistência profissional atuante na área.

A empresa visando atuar e suprir a lacuna no mercado que apresentava deficiência, busca com suas bases sólidas para consultorias, gerenciamentos e laudos técnicos, com base nesses pontos.

Atuante no segmento de casas de alvenaria oferece ao cliente a possibilidade de construção de habitações tradicionais em alvenaria e a pré-fabricação em módulos de betão. Além de ser uma das maiores empresas no estado especializado em construções de escadas e decks em madeira.

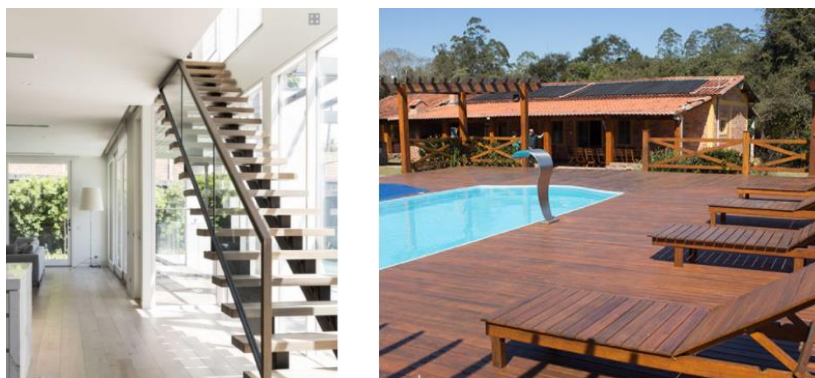


Fig.5.4 – escada e deck, opções ofertadas pela empresa [34]

As casas de alvenaria, contam com um sistema de paredes construídas com bloco cerâmicas, utilizadas para projeto mais simples até as moradias com padrões mais elevados. Na construção de casas o cliente tem a liberdade de personalização de 100% do seu projeto, tem a possibilidade de alteração ou modificação de layout mesmo depois de seu imóvel finalizado ou optar por uma das soluções já definidas de plantas padrão oferecidas pela empresa.

É apresentado um total de 9 soluções construtivas disponíveis como sugestões para os clientes que atendam os critérios de conforto, design e comodidade. Ressaltando que os projetos padrão podem ser adaptados de acordo com as necessidades dos clientes. As plantas disponíveis estão assim divididas e classificadas tendo em consideração o número de quartos:

- 1 T1, com opção de 70m²;
- 3T2, com opções de 63m² a 210m²;
- 4 T3, com opções de 57m² a 340m²;
- 1 T4, com opções de 142m² a 256m²;



Fig.5.5 – Habitações padrão sendo construídas pela Empreiteira Pillar [34]

Os serviços que são ofertados para a construção da habitação, incluem desde a realização da fundação até a entrega das chaves por parte da empresa ao cliente. É fornecida a opção de aquisição de kits pelos clientes que tenham a construção realizada e queiram adquirir sistemas construtivos, como coberturas ou lajes, em nível de acabamentos queiram adquirir pisos e revestimentos, ou até compor na sua residência esquadrias em madeira, têm essa possibilidade.

É prestado um acompanhamento total ao cliente, onde os arquitetos e engenheiros realizam um acompanhamento total da obra, realizando cronogramas que condiz com a realidade desse cliente. Reuniões são realizadas para passar a real situação da construção para o cliente e importante ressaltar que o cliente não precisa arcar com mão-de-obra e nem materiais, todos fornecido pela empresa e armazenado no terreno.

Para maior comodidade e caso o cliente tenha interesse em financiamento, a Empreiteira Pillar tem uma linha de crédito especial com o banco da Caixa Econômica Federal, fornecendo aos seus clientes valores de crédito abaixo do que são prestados ao mercado, com taxas de juros reduzidas.

É fornecido pela Empreiteira Pillar uma garantia para todos os serviços prestados de construção de 5 anos, e um prazo para entrega da obra de 120 dias para habitações até 150 m² e pode chegar a 160 dias para moradias com dimensões maiores.



Fig.5.6 – Casas de alto padrão construídas na serra do Rio de Janeiro [34]

5.2.3. FAZ CASA

Empresa presente no mercado nacional de construção civil desde 1986, a Faz Casa já realizou construções em quase todo território brasileiro e em diversos países da América Central, África e até mesmo na Europa.

A Faz Casa atua no segmento de habitação unifamiliares com um ou mais pavimentos, se destacando pelo seu método de trabalho, que vem a proporcionar ao cliente uma obra com total segurança, rápida e por um preço acordado, sem variações para o mesmo. A empresa utiliza materias de altissima qualidade, segue todas as legislações em vigor, e cumpre todo o orçamento planejado, é um das garantias que são fornecidas para os clientes.

Foi inserida no mercado pelas construções com sistemas em casas de madeira maciça e atualmente evolui para o sistema em pré-fabricação em madeira empregando madeiras de reflorestamento tratadas em autoclave e casas em alvenarias.



Fig.5.7 – Sede da empresa Faz Casa [35]

As construções com alvenaria utilizando blocos podem vir a apresentar dois padrões que se assemelham muito, mas se diferem quanto a sua execução, o primeiro é um sistema convencional realizado todo em obra, com equipes especializadas. Contudo para obter uma maior agilidade e menor desperdício, é utilizada uma argamassa polimérica pronta, com minerais impermeabilizantes, que desenvolvem uma cura mais acelerada e são executados por pressão. Todos esses fatores vêm a reduzir o prazo da obra e consequentemente seu custo.

O segundo método, consiste na industrialização da alvenaria em blocos, seu grande diferencial, contrariando o primeiro método que consiste na execução “in loco”, todas as paredes em alvenaria é realizada na própria fábrica e em seguida transportada para obra para ser aplicadas utilizando guias, caminhões ou guindastes. Pelo fato de serem içadas, tanto as paredes como as lajes recebem um reforço adicional na sua armadura e ao invés de utilizar argamassa convencional, é aplicado betão usinado de alta densidade.

Esse sistema que é amplamente difundido na Europa vem a economizar recursos de prazo e mão-de-obra, além de vir a mitigar todo o desperdício normal do sistema convencional, com a possibilidade de ganhar um prazo maior e redução direta nos custos.

Como já dito anteriormente, a Faz Casa atua no mercado tanto de casas pré-fabricadas em madeira como na execução de habitações em alvenaria. São mais de seis mil moradias entregues no Brasil e no exterior.

Uma das filosofias que é utilizada nos projetos das futuras casas é a utilização de conceito que é definido como arquitetura inteligente. Uma arquitetura que reúne toda a sua contemporaneidade conforme o estilo de vida da família que ali irão habitar. Minimizar os espaços de transição entre os ambientes e reduzir o desperdício dos materiais por meio de um uso racional, evitando assim gastos desnecessários.

O cliente tem a opção de escolher dentre as variadas plantas padrão com habitações de um ou mais pavimentos, entre dois e três quartos, que melhor atenda as necessidades da família distribuída nesse sistema construtivo corrente, que é a habitação em alvenaria de blocos. Caso tenha interesse, pode vir a optar por uma planta 100% personalizada, contando com um projeto único desenvolvido pelo gabinete de arquitetura da empresa.

É disponibilizada ao cliente um total de 18 soluções construtivas padrão como sugestões para vir a atender os critérios de conforto, design e comodidade. Como já mencionado anteriormente, as plantas padrão podem vir a ser adaptadas de acordo com as necessidades dos utentes. As plantas estão disponíveis e classificadas levando em consideração a quantidade do número de quartos:

- 2 T2, com opções de 86m² e 95m²;
- 9 T3, com opções de 112m² a 266m²;
- 7 T4, com opções de 127m² a 267m²;



Fig.5.8 – Planta e vista de um módulo T3 com dimensões de 114 m² [35]

A empresa conta com uma equipe altamente treinada de engenheiros e arquitetos que irão realizar o acompanhamento periódico da obra e relatar tudo para o cliente. É contado com uma execução de 100% dos serviços, ou seja, é realizado trabalhos de fundação até o nível dos acabamentos, com entrega das chaves para os clientes.

A Faz Casa conta com uma parceria de anos para linha de crédito de financiamento com a Caixa Econômica federal, proporciona aos seus cliente uma redução nos juros para aquisição de sua moradia, além de

5.2.4. MG CASAS

A MG Casas foi fundada no ano de 2001 e desde então vem aperfeiçoando e buscando inovar as suas construções de residências utilizando blocos cerâmicos e pré-fabricação. A empresa conta com um portfólio com mais de 1.000 obras executadas, e procura transmitir essa satisfação dos seus clientes para o restante do território brasileiro, com atuação em seis estados da federação.

A grande abundância em sistemas construtivos faz com que a empresa tenha uma infinidade de variedades para fornecer ao seu cliente, com as mais diversas opções como habitações composta por betão armado, utilizando blocos cerâmicos, blocos térmicos e até atuando no segmento de casas em madeira.



Fig.5.9 – Habitações em betão armado, blocos térmicos e blocos cerâmicos, respectivamente [36]

É oferecida pela empresa a opção de venda de kits de paredes com aberturas, onde o cliente pode optar pela aquisição do kit para o local que seja de seu interesse. Está incluso no kit toda a armação da fundação, os pilares das paredes e as paredes com suas devidas aberturas (portas e janelas). Os clientes de outras cidades ou estados podem realizar a compra on-line do kit no próprio Website da empresa, a qual enviará o kit.

Caso o cliente não queira adquirir o kit pronto das paredes com as aberturas, pode ser adquirido outro tipo de kit, o econômico. Este se refere a uma habitação com três fogos e 78 m², que estão inclusos os itens de fundação do tipo radier, paredes em blocos de alvenaria cerâmica, laje pré-fabricada ou telhado tradicional, instalações elétricas e hidráulicas e contrapiso usinado. O cliente deve ter atenção que não é ofertado acabamentos em geral (Revestimentos, pinturas, portas, janelas, louças, cabos elétricos) e o prazo de entrega da obra é de 120 dias, considerando o terreno plano e limpo.

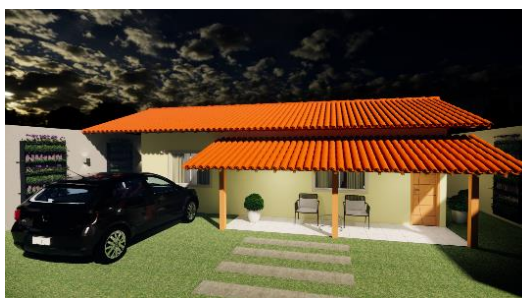


Fig.5.10 – Kit econômico de casa com 3 fogos e 78 m² [36]

A empresa vem a oferecer ao cliente um total de 33 soluções construtivas padrão como alternativas para que assim seja atendidos os parâmetros de design, conforto e comodidade. É possível ainda que caso seja interesse do cliente, este pode vir a modificar o projeto de acordo com suas necessidades ou elaborar junto à equipe de arquitetos da empresa um projeto 100% personalizado, caso nenhum disponibilizado venha a satisfazer a relação custo/benefício. É apresentada uma opção de realizar on-line esse atendimento, visando maior comodidade e conforto do cliente.

As plantas estão todas disponíveis e podem ser classificadas levando em consideração a quantidade do número de quartos que cada habitação possui:

- 4 T1, com opções de 25m² e 30m²;
- 12 T2, com opções de 36m² a 110m²;
- 14 T3, com opções de 45m² a 185m²;
- 3 T4, com opções de 130m² a 153m²;



Fig.5.11 – Planta e vista do módulo João Neiva, T2 com 45 m² [36]

É ofertado também pela MG Casas, um programa denominado Programa Construir Módulo Terrenos, onde é disponibilizado um técnico para realizar uma vistoria técnica no terreno que o cliente pretende realizar a construção para avaliação e indicações de soluções de melhoria, se necessário. Caso o cliente não possua um terreno e queira realizar a compra, o técnico é disponibilizado para acompanhar o mesmo ao terreno. Uma equipe parceira de corretores pode vir a auxiliar o cliente na aquisição do terreno.

O formato de entrega das residências é o padrão semi-pronto, que incluem a fundação, paredes, laje, instalações elétricas e hidráulicas. Os acabamentos são adicionados de acordo com a avaliação de cada projeto. É fornecida uma garantia de 5 anos para as habitações. A durabilidade da moradia é calculada para ser superior aos 50 anos de utilização.

Para maior comodidade dos clientes e para garantir uma maior segurança, são definidos num contrato os pagamentos durante o andamento na obra, que são divididos de maneira a ficar proporcionais aos serviços que estão sendo executados e são condicionados ao andamento das atividades. A empresa conta com uma linha de financiamentos, como as demais empresas mencionadas anteriormente, além da Caixa Econômica Federal, mais sete instituições financeiras.

5.2.5. CASAS CURITIBA

A Casas Curitiba, localizada na cidade do Paraná, fazendo parte do estado de Curitiba, está há muitos anos ofertando aos seus clientes as melhores opções de moradias no ramo das construções tradicionais utilizando bloco cerâmicos ou na pré-fabricação utilizando sistemas como Stell Frame ou pré-fabricação utilizando a madeira como matéria-prima, seja ela construída no campo ou na praia.

Com uma equipe composta por profissionais altamente capacitados e especializados, a empresa está presente no segmento de habitações residenciais há mais de 20 anos, sendo referência nacional e internacional na questão qualidade. E voltado para o cliente é oferecido total transparência na elaboração dos contratos, além de toda atenção voltada aos mínimos detalhes.



Fig.5.12 – Vista superior da sede da empresa [37]

Ao longo dos anos a empresa veio a conquistar a confiança e total respeito perante o mercado brasileiro, através de sua qualidade em entrega das moradias e dos serviços prestados, com a satisfação e recomendação dos milhares de clientes.

Devido a essa grande ascensão e elevado crescimento, a marca veio ser reconhecida internacionalmente e atualmente é mantido um processo de exportação com total eficiência e é possível o cliente receber as casas em qualquer lugar do planeta e hoje um de seus maiores mercados internacional é o continente europeu, em especial para os países da Península Ibérica, como Portugal e Espanha.

Através da conquista das certificações ISO, aumento nos padrões de qualidade e um atendimento voltado às exigências legais e ambientais, fizeram com que a empresa Casas Curitiba viesse a se tornar uma das empresas brasileiras de maior referência no mercado nacional, quando o assunto é exportação. Toda a experiência do processo torna um processo tranquilo para os consumidores de outros países e com isso é viável atingir níveis de altos de satisfações e garantias que já são reconhecidas nacionalmente.

Todo o cuidado, desde o momento de compra dos materiais, processo de fabricação, todo o invólucro e todo o envio dos kits construtivos, são notáveis em cada fase do processo, e principalmente no resultado final do empreendimento.

Todos os projetos são adaptados de acordo com cada particularidade de cada contratação, e são executados projetos com total personalização, de maneira que a fornecer ao cliente externo, o melhor processo de compra e experiência, vindo a superar as expectativas de um público que esta cada vez exigindo mais.



Fig.5.13 – Kits preparados e transportados para exportação [37]

A empresa com um diferencial de atrativo para convidar novos clientes, que foi denominado Programa Mais, onde foram concedidos 5% de desconto aos primeiros clientes que assinassem contrato, onde nove clientes fecharam a parceria.

Nessa segunda edição, que foi chamada de Amigo Indica Amigo, onde traz benefícios exclusivos para os clientes e suas respectivas indicações. São separados alguns prêmios de acordo com o tipo de projeto que vai ser construído, após o fechamento do mesmo os prêmios são entregues e podem ser classificados em quatro categorias, sendo:

Quadro 5.1 – Categorização da promoção Amigo Indica Amigo

Categoria	Dimensões das casas	Prêmios
Bronze	Casas populares, Standard ou até 80m ²	1 Kit para churrasco personalizado
Prata	81m ² a 150m ²	1 Smart Tv 40" ou Vale-compras na FNAC de R\$ 2.000,00 Reais
Ouro	151m ² a 250m ²	1 Smart Tv 48" ou Vale-compras na FNAC de R\$ 3.000,00 Reais
Diamante	Acima de 251m ²	1 Smart Tv 55" ou Vale-viagem de R\$ 5.000,00 Reais

Por última é ofertado outra promoção utilizando alvenaria em blocos para construção das casas onde não é permitido realizar ou solicitar quaisquer alterações no projeto construtivo. As moradias variam de 50m² a 80m².

São oferecidas ao cliente um total 24 soluções construtivas padrão para que o cliente possa vir a atender todos os requisitos de design e conforto. Caso não seja de seu interesse ou não atenda as suas necessidades, pode vir juntamente ao gabiente de arquitetura da empresa, modificar o projeto ou elaborar um projeto único, 100% personalizado. Para maior comodidade desses clientes e evitar que todo o transtorno de locomoção, essa consultoria poderá ser realizada de maneira on-line através do Website.

As Plantas estão todas disponíveis e são categorizadas levando em conta a quantidade do número de quartos que as habitações dispõem:

- 9 T2, com opções de 51m² e 112m²;
- 11 T3, com opções de 66m² a 166m²;
- 4 T4, com opções de 135m² a 278m²;

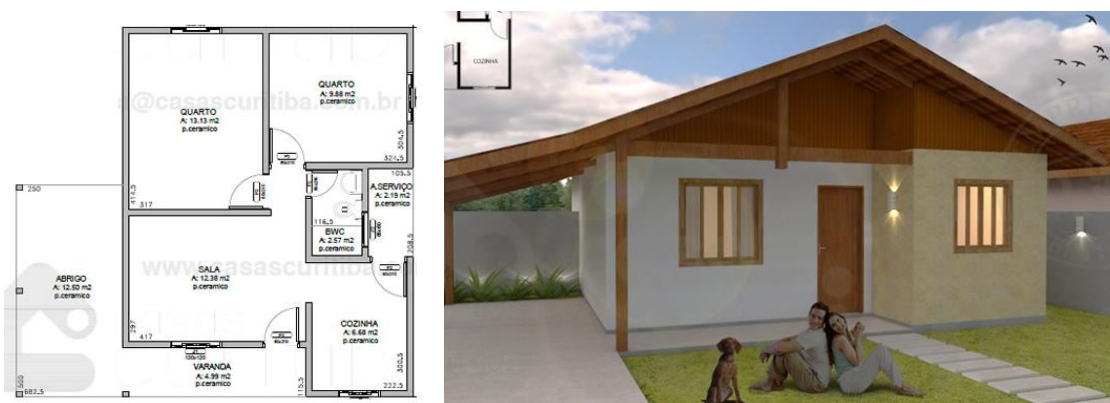


Fig.5.14 – Planta e vista do módulo promocional T2 com 72 m² [37]

No momento que as residências são entregues, a Casas Curitiba realiza serviços de assistência técnica nas moradias pelo prazo de seis meses para os denominados vícios ocultos redibitórios, ou seja, os que não são passíveis de serem enxergados por ocasião de entrega das chaves. A garantia que é fornecida para as casas são de 05 anos, conforme a lei vigente no Brasil.

É disponibilizada ao cliente uma plataforma no Website de apoio para realizar consultas para acompanhamento de manutenções em andamento, realizar contato com os técnicos da empresa e laudo técnico das vistorias, assim como acompanha o cronograma físico e financeiro para cada etapa construtiva da obra em curso, no caso de se tratar da construção da moradia.

O pagamento pode ser facilitado, pois a empresa possui parceria com Caixa Econômica Federal, com isso é possível definir melhores condições de pagamento e financiamento do imóvel com as melhores taxas.

5.2.6. MADELOMBA

A Madelomba é uma empresa localizada na cidade de Novo Hamburgo, que integra a região Sul, mais especificamente o estado do Rio Grande do Sul. Presente no mercado há alguns anos, esta empresa apresenta um caráter bastante versátil.

A empresa é destaque na venda de materiais de construção e na construção de habitações em alvenaria e madeira. É disponibilizada para os clientes uma grande variedade de materiais de construção, desde material bruto, pisos e revestimentos, até uma completa linha de ferramentas, ferragens e materiais elétricos e hidráulicos, tudo para que a obra seja executada com total qualidade e no prazo acordado.

Surgiu com a grande procura dos clientes que realizavam suas compras de materiais de construção por habitações que unisse qualidade e um custo não tão elevado o qual era praticado no mercado. Buscando atender as necessidades dos mesmos e com uma visão mais expandida e visionária, a Madelomba, dessa forma, resolveu ingressar no mercado de construção de moradias e há anos vem executando suas casas pelo estado.



Fig.5.15 – Sede e loja da Madelomba [38]

As moradias são construídas em toda a cidade de Porto Alegre, na serra gaúcha e em por toda extensão litorânea do estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Todas as construções são utilizadas materiais de altíssima qualidade e todos os prazos de entregas são rigorosamente respeitados.

As habitações em madeira maciça são um grande atrativo aos clientes também, pois apresenta um elevado padrão de qualidade e atingindo um alto grau de satisfação dos seus clientes. Estes que obtêm uma grande comodidade em não ter que se preocupar como aquisição de materiais ou realizar acompanhamento da obra, tudo garantido pela própria empresa no ato de fechamento de contrato.

Atualmente o grande público que concentra as transações de habitações em alvenaria é composto por construtoras, imobiliárias e pessoas que estão à procura de adquirir sua moradia própria. Por estar sempre buscando e promovendo o aprimoramento contínuo do sistema de gestão de qualidade, garantindo a total satisfação dos clientes, com projetos e execução de habitações em alvenaria, de acordo com as especificações, prazos e de acordo com suas necessidades, são algumas da política de qualidade da empresa.

São oferecidas ao cliente um total 21 soluções construtivas padrão para que o cliente possa vir a atender todos os requisitos de design e conforto. O cliente pode optar pelas plantas padrão, ou caso queira realizar alterações, pode vir a realizar alterações nas plantas, alterações na fachada de suas casas ou até mesmo vir a elaborar em conjunto com o gabinete de arquitetura da empresa, Projetos individuais, personalizando a casa para que dessa maneira tudo fique do jeito que o cliente deseja, atendendo as suas reais necessidades.

As Plantas estão todas disponíveis e são categorizadas levando em conta a quantidade do número de quartos que as habitações dispõem:

- 1 T1, com opção de 40m²;
- 13 T2, com opções de 48m² a 97m²;
- 6 T3, com opções de 80m² a 154m²;
- 1 T4, com opção de 302m²;



Fig.5.16 – habitação standard 3102 com 48 m² [38]

Cada projeto é pensando e vindo a ser executado por uma equipa de profissionais com variadas especialidades que abragem todas as etapas da obra. Todo o projeto, a menos que sofra alteração, o valor acordado no contrato, após iniciado a obra, permanece o mesmo até a entrega da residência pronta.

É vendido pela empresa habitações sem a possibilidade de venda de kits, ou seja, as casas são vendidas por completo. É realizado desde a fundação até ao acabamento final, sendo por último a entrega das chaves ao cliente. São entregues todos os componentes da residência incluindo acabamentos como pisos, revestimentos, instalações elétricas e hidráulicas.

O grande compromisso da empresa é fornecer uma habitação com qualidade, design, conforto ao seu cliente para que ele venha dessa forma a usufruir todo o espaço com total segurança e comodidade de uma obra 100% entregue e finalizada.

Para maior segurança e como atrativo ao público que deseje se tornar novos clientes, são disponibilizados algumas simulações no Website para que esse cliente em potencial tenha a possibilidade de realizar simulações com algumas instituições financeiras com valores que desejem oferecer de entrada. A Madelomba possui parcerias de financiamento e linhas de crédito com os principais bancos que operam no território brasileiro.

5.2.7. VISUAL

Uma empresa familiar, tradicionalmente passada de pai para filho, presente no mercado há alguns anos e localizada na cidade de Brusque, pertencente ao estado de Santa Catarina. Com uma equipe de arquitetos, engenheiros, projetistas, carpinteiros e marceneiros, são colocados em prática toda a profissionalidade, experiência e admiração pelo ofício em cada projeto.

A Visual iniciou sua atividade no norte de Santa Catarina, busca pela qualidade de suas construções e sempre procurando atender aos clientes de forma que eles tenham uma experiência com total segurança ao adquirir seu sonho de uma moradia própria.



Fig.5.17 – Sede da empresa Visual [39]

Toda administração é realizada por parte da empresa, desde a fundação até a entrega das chaves, ofertando tanto construções com projetos padrão quanto projetos personalziados e exclusivos. É oferecido ao cliente casas construídas com diversos elementos como madeira, alvenaria ou mistas.

A empresa conta em sempre superar as expectativas de seus clientes e contribuir para o crescimento sustentável do planeta.

Uma responsabilidade ecologica, assim como uma consciência ambiental é pregada pela empresa na atuação no segmento de casas pré-fabricadas em madeira. É conhecida a importância de explorar os recursos naturais com toda a responsabilidade e com equilíbrio, para que dessa maneira possa garantir um futuro melhor.

Um grande diferencial da empresa é sua versatilidade de trabalhar com kits de madeiramento além de kits de alvenaria, ofertando ao cliente as duas opções que melhor atenda suas necessidades. Dentre essas opções que podem vir a serem escolhido como os kits que envolvem casas térreas, chalés e sobrados.

São oferecidas ao cliente que queira construir sua moradia em alvenaria, duas linhas de casas, Casa Térrea e Sobrados, respectivamente. Todas as duas opções incluem projetos padrão, com a possibilidade de alterações na planta e uma total personalização, caso necessário.

Dentre de cada categoria existe três opções de casas que poderão ser construídos pelo cliente. A tabela 5.2 pode ser observada uma categorização das casas.

Quadro 5.2 – Características das linhas de construção ofertada pela empresa Visual

Linhas de construção	Modelos das casas	Garantia fornecida
Térrea	Gaivotas	5 anos
	Bombinhas	5 anos
	Florianópolis	5 anos
Sobrados	Niterói	5 anos
	Jurerê	5 anos
	Penha	5 anos

São oferecidas ao cliente um total 6 soluções construtivas padrão para que o cliente possa vir a atender todos os requisitos de design e conforto. Modificações na planta padrão podem ser realizadas, apenas na fase de concepção de projeto e não após o início da obra. Caso seja de interesse do cliente, poderá realizar um personalização de 100% do imóvel, como já mencionado anteriormente.

As Plantas estão todas disponíveis e são categorizadas levando em conta a quantidade do número de quartos que as habitações dispõem e as categorias que fazem parte, como dito acima:

- 1 T1, com opção de 56m²;
- 1 T2, com opções de 60m² a 97m²;
- 4 T3, com opções de 90m² a 141m²;

A empresa Visual constroi realiza as suas construções com suas fundações em alvenaria, compostos por sapatas e um piso em betão com malha estrutural e altura variando de 5cm a 8cm. É garantida ao cliente a entrega total da obra por parte da empresa até o nível dos acabamentos, com um diferencial garantido com que o cliente tenha liberdade de escolher o acabamento ou revestimento que mais o agrade e atenda suas necessidades, por meio de uma linha de crédito fornecido pela empresa. Todas as habitações são fornecidas uma garantia de 05 anos.



Fig.5.18 – Modelos de Casas Térrea e Sobrados, respetivamente [39]

5.2.8. ECO TIJOLO FORTALEZA

Uma empresa presente no mercado cearense no segmento de construção de casas em alvenaria há alguns anos e com sede na cidade de Fortaleza, região metropolitana do estado do Ceará. É desenvolvido em suas fábricas produtos de altíssima qualidade, utilizando um processo automatizado e sempre buscando a preservação ambiental e ecológica, desde sua fabricação até a utilização dos produtos na obra.

Todos os tijolos ecológicos são sujeitos a um processo de controle para que assim seja garantido um padrão elevado de qualidade, excelência e resistência, cumprindo as normas técnicas em vigor.

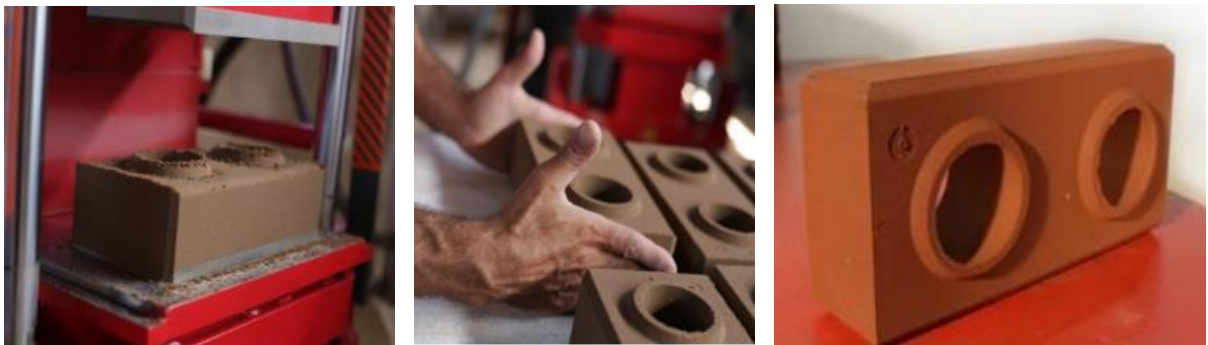


Fig.5.19 – Fabricação e aspecto final do ECO Tijolo [40]

O Tijolo Ecológico veio a se mostrar mais resistente, seguro e prático quando comparado ao tijolo comum. Ele alcançou uma resistência superior à alvenaria tradicional, o que veio a garantir uma maior durabilidade e segurança para a obra. Atendeu aos parâmetros de resistência conforme a NBR 8492/12. Um fator que aumenta ainda mais sua resistência na hora de executar o empreendimento é o fato de ter a facilidade de introduzir os pilares de sustentação que auxiliam a realizar uma melhor distribuição do peso ao longo da construção.

Outra vantagem de utilizar esse tipo de material é que os furos dos tijolos formam câmaras térmicas fazendo com o que o calor ou frio não venha a adentrar internamente na residência e estes mesmos furos favorecem a evaporação do ar, evitando a formação de umidade nas paredes e no interior da habitação.

Para introdução do sistema elétrico e hidráulico, pode se fazer uso dos furos nos blocos para que assim seja evitada a violação da integridade física do material. Na figura 5.20 pode ser observada a implantação do sistema elétrico e hidráulico.



Fig.5.20 – Instalação da rede elétrica e hidráulica [40]

A ECO Tijolo Fortaleza parte do princípio de vir a oferecer aos seus clientes, alternativas de construções sustentáveis, de maneira que seja possível possibilitar uma qualidade de vida e um maior bem estar.

Com um total de 7 empreendimentos que foram executados em algumas cidades do estado, a empresa conta com um sistema de desenho livre, ou personalização total, onde é possível que o cliente coloque no papel todas as suas necessidades. O foco na total singularidade e exclusividade de cada projeto, buscando atender todas as expectativas e sonhos que são depositados pelos clientes, é uma das filosofias da empresa.



Fig.5.21 – Casa Pacheco e Casa PAS, dois projetos desenvolvidos pela empresa [40]

O grande foco são habitações unifamiliares, multifamiliares, além de centros comerciais. É oferecido também serviços de consultoria por meio de profissionais que são atuantes na construção civil, como engenheiros, arquitetos e designers. Desta maneira, é possível fornecer um atendimento completo aos clientes.

É fornecido ao cliente um serviço desde a execução da fundação até em nível de acabamento e entrega das chaves, desta maneira é garantido uma maior comodidade e conforto para o cliente. Além de uma redução nos custos ao utilizar os tijolos ecológicos, foi observado uma economia que pode variar de 15% a 30% em relação a outros sistemas construtivos, além de reduzir o tempo de obra.

Materia simples, econômico, ecológico e resistente, tornando o canteiro de obra mais limpo, tornando mais produtivo e simples a execução, pois o processo de assentamento é de fácil execução, desperdício zero, não vem causar impacto ambiental e tem a possibilidade de dispensar acabamento já que pode ser deixado aparente devido ao seu acabamento final.

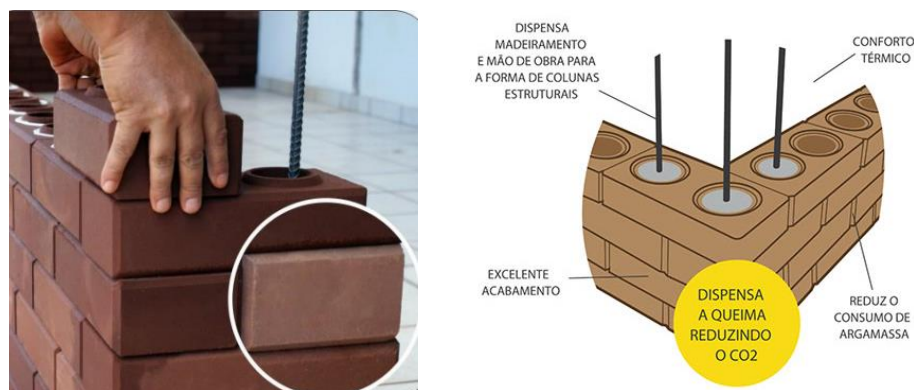


Fig.5.22 – Execução dos tijolos ecológicos [40]

5.3. COMPARAÇÃO ENTRE AS EMPRESAS

Os sistemas construtivos que utilizam a alvenaria em blocos que foram apresentados se remetem a uma pequena amostra dos sistemas em alvenaria que são desenvolvidos nos estados com maior expressão e mais desenvolvidos no território brasileiro.

Conforme demonstrado anteriormente na seção 3.3 que de uma forma resumida vem a evidenciar as principais características das empresas e foi possível elaborar com as soluções apresentadas realizar uma comparação simples entre elas, segundo o quadro 5.3.

Quadro 5.3 – Quadro resumo dos sistemas construtivos

Sistemas	Material utilizado	Modelos	Caracterização técnica do material	Garantia
Fabrilar	Blocos cerâmicos 11,5 cm de espessura	86 Modelos standard e desenho livre	Satisfatória	5 anos
Empreiteira Pillar	Blocos cerâmicos (espessura não informada)	9 Modelos standard e desenho livre	Insatisfatória	5 anos
Faz Casa	Blocos cerâmicos (espessura não informada)	18 Modelos standard e desenho livre	Insatisfatória	Não especificado
MG Casas	Blocos cerâmicos (espessura não informada)	33 Modelos standard e desenho livre	Insatisfatória	5 anos
Casas Curitiba	Blocos cerâmicos 11,5 cm de espessura	24 Modelos standard e desenho livre	Satisfatória	5 anos
Madelomba	Blocos cerâmicos (espessura não informada)	21 Modelos standard e desenho livre	Insatisfatória	Não especificado
Visual	Blocos cerâmicos (espessura não informada)	6 Modelos standard e desenho livre	Satisfatória	5 anos
ECO Tijolo Fortaleza	Tijolos ecológicos 12,5 cm de espessura	desenho livre	Insatisfatória	Não especificado

No decorrer do processo de desenvolvimento desta pesquisa sobre os sistemas construtivos foi possível verificar que muitas empresas especificam de forma insatisfatória os materiais e soluções construtivas ou não vêm a fornecer quaisquer informações acerca dos produtos que foram utilizados, como dimensões, garantias que são estabelecidos pelas empresas e mais outros aspectos que vem a dificultar uma possível tomada de decisão ou influenciar de forma negativa o poder de escolha por parte dos clientes. Vários Websites das empresas brasileiras recorrem ao acabamento final dos empreendimentos e não dispõem de informações técnicas necessárias para que os clientes tenham a possibilidade de verificar tecnicamente os sistemas que são disponibilizados.

Assim como os Websites que fornecem casas pré-fabricadas em madeira, os Websites que dispõem de casas de alvenaria tem a necessidade de serem revisados e reorganizados para dispor de informações básicas como memorial descritivo, processos construtivos e não apenas portfólios contendo algumas poucas fotos. O quadro 5.3 procurou seguir a mesma linha de raciocínio do quadro 3.2 no que se refere às qualidades de informações técnicas acerca dos sistemas construtivos, garantia que são estabelecidas pelas mesmas, além do tipo de material que foi utilizado.

As empresas Faz Casa e Madelomba são as empresas que menos fornecem informações básicas para seus clientes, com ênfase apenas nos portfólios que provavelmente dispõem de fotografias. O setor de marketing digital que cuida das informações prestadas aos clientes, apresenta um alto desconhecimento e despreparo que passa a frente para os potenciais clientes, critérios básicos sobre as construções.

No que diz respeito às informações técnicas sobre o material utilizado, de uma maneira geral não fornecem informações precisas e apenas três empresas das oito pesquisadas dispõem de tal informação para o cliente.

Todas as empresas que aqui foram mencionadas, analogamente como feito no capítulo 3, foram selecionadas pelo nível de desenvolvimento que as cidades onde são fixadas suas sedes se encontram. Há diversas empresas com os mesmo tipos de sistema construtivo que não foram mencionadas pelo nível de suas vendas, pela sua dimensão e nível de satisfação dos clientes, por estas razões estas se destacaram e foi dada devida atenção.

6

AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA

6.1. OBJETO

O capítulo tem como objetivo avaliar as características técnicas do sistema construtivo pré-fabricado em madeira que foi detalhado no capítulo 4, com uma solução em alvenaria equivalente e que é produzido por uma empresa localizada na mesma cidade, apresentada no capítulo 5.

No tópico 6.2 é realizada uma investigação das inúmeras características que possam vir a qualificar o desempenho das soluções. Podemos classificar essas características em três grupos de exigências: exigência de estabilidade; exigência de habitabilidade; exigência de durabilidade. Pode ainda listar as sub-exigências e realizar uma respectiva análise comparando entre si os dois sistemas e relatando as vantagens, desvantagens e algumas recomendações.

As regras e exigências a serem consideradas e que venham permitir avaliar quantitativamente e qualitativamente, utilizando como base regulamentações nacionais e europeias, entre as quais as normas em vigor no Brasil, a legislação nacional ABNT NBR's.

No tópico 6.3 decorre uma análise econômica, por meio de uma comparação de preços da casa pré-fabricada em madeira da empresa Tecverde praticado no mercado curitibano com sua equivalência em alvenaria de blocos da empresa Casas Curitiba.

Por último no tópico 6.4 é realizada uma análise de caráter global final dos produtos investigados e tirado suas respectivas conclusões.

6.2. ANÁLISE TÉCNICA

As exigências funcionais desempenham uma grande importância para o processo construtivo, pois são elas que buscam atender as necessidades dos moradores que habitam o espaço interno dos edifícios.

Uma sinergia entre os mais variados órgãos que quando operam em conjunto realizam ações fundamentais para uma satisfação das necessidades dos utentes, atividade a qual engenheiros e arquitetos procuram atender da melhor maneira. [4]

O nível da eficiência dos sistemas construtivos, como um mecanismo para avaliação quantitativa e qualitativa, foi resultado do uso das exigências funcionais aplicadas aos elementos de uma construção, que de maneira geral vem a permitir que resguardar a segurança e saúde dos moradores e garantir a competência e totalidade dos projetistas e construtores.

Tudo isto foi possível, pois são realizados cálculos e ensaios empíricos utilizando experimentos, que resulta na concepção de documentos normativos e regulamentadores onde será reunido num documento organizado que terá como função orientar a construção.

Algumas exigências funcionais que são tidas como as mais essenciais, como por exemplo, estruturais, de segurança contra incêndio, saúde, higiene e de impacto ambiental, existem geralmente documentos que vem a regular. Os demais parâmetros de avaliação das exigências, necessariamente, precisam ser recolhidos a partir de normas, especificações ou outros documentos de caráter pré-normativos.

Os sistemas de classificação que tem como objetivo realizar uma avaliação técnica perante a conformidade de um produto da construção civil com um conjunto definido de normas ou especificações técnicas foi desenvolvido, pois foi registrado um elevado aumento dos produtos.

Na Europa foi criada uma DPC – Diretiva de Produtos de Construção, que é responsável por conceder as denominações de “certificado de conformidade CE” e “declaração de conformidade CE”. Uma das duas declarações tem a possibilidade de fornecer ao produto o direito de ser marcado com a marcação CE.

O Brasil, analogamente às marcações CE europeias, tem um órgão governamental responsável por designar tais atribuições e marcações, denominado por INMETRO [41]

Podemos destacar algumas competências e atribuições do órgão como:

- Executar as políticas nacionais de metrologia e qualidade;
- Verificar e fiscalizar a observância das normas técnicas e legais, no que se refere às unidades de medida, métodos de medição, instrumentos de medição e produtos pré-medidos;
- Manter e conservar os padrões das unidades de medida, assim como implantar e manter a cadeia de rastreabilidade dos padrões das unidades de medida no país, de forma a tornar-las harmônicas internamente e compatíveis no plano internacional, visando a sua aceitação universal;
- Planejar e executar as atividades de pesquisa, ensino e desenvolvimento tecnológico em Metrologia e Avaliação da Conformidade;
- Apoiar a inovação tecnológica na indústria nacional;

Nos últimos anos, para realizar avaliação das exigências das construções, outras definições tem sido utilizadas, como é o caso da exigência de desempenho. Podemos avaliar essa exigência de maneira quantitativa e qualitativa um elemento que esteja na etapa de construção.

Na presente dissertação, será realizado uma avaliação do desempenho, no que diz respeito à uma comparação, de caráter qualitativo, entre a solução do sistema pré-fabricado em madeira e a solução tradicional em alvenaria de blocos.

No Brasil, atualmente, não há documentos específicos que visem regulamentar as habitações em madeira, são utilizados regulamentos mais amplos como a ABNT: NBR's e Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos – Diretriz SINAT N° 005 – Rev.02. [42]

Uma análise mediante uma comparação das exigências, as quais no quadro 6.1, será realizado uma listagem das exigências de desempenho dos sistemas construtivos as quais estão dispostas no regulamento geral da ABNT NBR 15575-1, adaptada de [43].

Quadro 6.1 – Listagem das exigências de desempenho de um sistema

Tipos	código	Exigência de desempenho
Exigências de segurança	1	Segurança estrutural
	2	Segurança contra riscos de incêndio
	3	Segurança no uso e na operação
	4	Estanqueidade à água
Exigências de habitabilidade	5	Desempenho térmico
	6	Desempenho acústico
	7	Desempenho Lumínico
	8	Saúde, higiene e qualidade do ar
	9	Conforto tátil e antropodinâmico
Exigências de durabilidade	10	Durabilidade
	11	Manutenibilidade
	12	Adequação ambiental

6.2.1. SEGURANÇA ESTRUTURAL

As exigências que são relativas a questões de níveis estruturais estão correlacionados de maneira direta com os elementos primários, que tem como função sustentar a edificação desde a fundação até a cobertura. As edificações devem ser elaboradas de maneira que venha a assegurar os estados limites últimos e os estados limite de serviço ou de utilização.

Toda edificação deve ser pensada para que venha a atender durante sua vida útil de projeto, sob as diversas condições de exposição (ação do peso próprio, sobrecargas de utilização, atuações do vento, que a depender da região e da exposição da fachada de um edifício pode vir a representar danosa, em especial aos panos de revestimento).

6.2.1.1. ESTABILIDADE E RESISTÊNCIA DO SISTEMA ESTRUTURAL E DEMAIS ELEMENTOS COM FUNÇÃO ESTRUTURAL

As edificações apresentam um nível específico de segurança contra a ruína, levando em conta as combinações de carregamento de maior probabilidade de ocorrência, com outras palavras, aquelas que se referem ao estado-limite último. [44]

Os elementos com função de vedação (paredes e divisórias não estruturais) precisam ter a competência de propagar para a estrutura o seu peso próprio e os esforços do meio externo que incidem diretamente sobre eles, em consequência de sua utilização.

6.2.1.2. DEFORMAÇÕES OU ESTADOS DE FISSURAÇÃO DO SISTEMA ESTRUTURAL

As edificações não devem ocasionar deslocamentos ou fissuras excessivas aos elementos de construção que estão correlacionados ao sistema estrutural, levando em conta a atuação das ações permanentes e de utilização, nem impossibilitar o funcionamento de elementos e componentes do edifício, como por exemplo, portas e janelas, nem interferir no funcionamento das instalações, com outras palavras, aqueles que se referem ao estado-limite de serviço ou utilização. [44]

Razão da limitação	Elemento	Deslocamento-limite	Tipo de deslocamento
Visual/insegurança psicológica	Pilares, paredes, vigas, lajes (componentes visíveis)	$L/250$ ou $H/300^{(1)}$	Deslocamento final incluindo fluência (carga total)
Destacamentos, fissuras em vedações ou acabamentos, falhas na operação de caixilhos e instalações	Caixilhos, instalações, vedações e acabamentos rígidos (pisos, forros etc.)	$L/800$	Parcela da flecha ocorrida após a instalação da carga correspondente ao elemento em análise (parede, piso etc.)
	Divisórias leves, acabamentos flexíveis (pisos, forros etc.)	$L/600$	
Destacamentos e fissuras em vedações	Paredes e/ou acabamentos rígidos	$L/500$ ou $H/500^{(1)}$	Distorção horizontal ou vertical provocada por variações de temperatura ou ação do vento, distorção angular devida ao recalque de fundações (deslocamentos totais)
	Paredes e acabamentos flexíveis	$L/400$ ou $H/400^{(1)}$	

H é a altura do elemento estrutural

L é o vão teórico do elemento estrutural

⁽¹⁾ Para qualquer tipo de solicitação, o deslocamento horizontal máximo no topo do edifício deve ser limitado a $H_{total} / 500$ ou 3 cm, respeitando-se o menor dos dois limites.

NOTA Não podem ser aceitas falhas, a menos daquelas que estejam dentro dos limites previstos nas normas prescritivas específicas.

Fig.6.1 – Deslocamentos-limites para cargas permanentes e cargas acidentais em geral [44]

6.2.1.3. COMPARAÇÃO ENTRE AS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

O sistema construtivo em pré-fabricação em madeira e o sistema construtivo tradicional em alvenaria de blocos apresentam sistemas estruturais complementamente diferentes. As moradias em pré-fabricadas em madeira apresentam suas paredes externas do tipo estruturais e resistentes por si só, respondem bem aos esforços horizontais e verticais e transmitem esses esforços ao longo dos elementos da fundação, se assemelhando com as construções de alvenaria de blocos, que por sua vez podem vir a ser constituídas por blocos estruturais ou convencionais. No caso das construções em alvenaria utilizam blocos convencionais e uma estrutura reticulada em betão armado (pilares, vigas, etc) que assegura todas as ações, e a alvenaria desempenha uma função simples de vedação e não estrutural.

No quesito de estabilidade estrutural, é admitido que tanto o sistema pré-fabricado em madeira quanto o sistema em alvenaria atenderá as necessidades que foram projetadas, pois foram projetados, dimensionados a vir a atender as normas e regulamentos em vigor.

Os critérios que buscam atender o estado-limite último tem como função atender o que está disposto nas normas que tratam da estabilidade e segurança estrutural para todos os componentes estruturais da edificação habitacional, é atendido nos dois sistemas, porém no caso específico das casas pré-fabricadas em madeira há algumas considerações a serem feitas. Primeiro devem ser realizado o dimensionamento dos chumbadores, dimensionamento dos dispositivos de fixação entre as chapas de madeira de contraventamento e peças do quadro estrutural, o número, o distanciamento e o tipo de

ganchos de ancoragem ou chumbadores empregados como dispositivos de fixação dos quadros estruturais à fundação. Segundo, caso se trate de um edifício multifamiliares em madeira, algumas premissas devem ser consideradas como a ancoragem das paredes à fundação, considerando ações de cargas verticais e horizontais, observando as regiões de cantos e de vãos de janelas e portas, apoio contínuo das paredes sobre o piso, sem pontos de carregamento concentrado (cargas uniformemente distribuídas). [42]

No que se trata de atender o estado-limite de serviço, que diz respeito sobre a ação de cargas gravitacionais, de vento e temperatura, recalques diferenciais das fundações ou demais esforços que as construções estão sujeitas a serem solicitadas, as duas soluções construtivas atendem ao critério e não apresentam deslocamentos maiores do que são estabelecidos e foram causadas fissuras excessivas aos elementos de fechamento que são associados ao sistema estrutural.

6.2.2. SEGURANÇA CONTRA RISCOS DE INCÊNDIO

Uma das exigências mais importantes para a concepção de uma edificação é a sua segurança ao fogo, e as estruturas em madeiras por sua vez são mal interpretadas e receberam um baixo reconhecimento no quesito desempenho.

A edificação deve ser projetada para que seja possível garantir por um período determinado de tempo uma estabilidade, viabilizando a evacuação com total segurança, mitigando a propagação do fogo e do fumo no interior da construção e restringindo a propagação do fogo à construção adjacente.

A legislação e normas que tratam do assunto de segurança contra incêndios podem ser localizadas em uma grande quantidade de documentos avulsos de NBR's. a ABNT NBR 15575-1 [44], é um dos principais documentos, e no que diz respeito de avaliar a reação ao fogo e resistência ao fogo dos demais elementos, os documentos ABNT NBR 15575-3 [45], ABNT NBR 15575-4 [46] e ABNT NBR 15575-4 [47].

Reação ao fogo e a resistência ao fogo são duas classificações muito particulares dos materiais quando se tem como objetivo realizar uma avaliação do risco de incêndio. Os requisitos de segurança contra incêndio da norma ABNT 15575-1 [44] podem ser expressos por:

- Proteger a vida dos ocupantes das edificações, em caso de incêndio;
- Dificultar a propagação do incêndio, reduzindo danos ao meio ambiente e ao patrimônio;
- Proporcionar meios de controle e extinção do incêndio;
- Fornecer condições de acesso para as operações do Corpo de Bombeiros;

Os requisitos de segurança contra incêndio dos elementos construtivos que são considerados mais importantes podem ser pautados por:

- Reação ao fogo dos materiais de acabamentos dos pisos, tetos e paredes;
- Facilidade de fuga, realizando avaliação das características da capacidade dos materiais de acabamento dos pisos, tetos e paredes de produzirem fumos;
- Resistência ao fogo dos elementos construtivos, em especial aos elementos estruturais e dos elementos de divisões internas;

6.2.2.1. REAÇÃO AO FOGO

A reação ao fogo pode ser definida como o contributo que um determinado material pode dar para o surgimento, desenvolvimento e deflagração de um incêndio.

Quando se tem como objetivo realizar uma avaliação da reação ao fogo de um dado material, é necessário realizar ensaios seguindo diretrizes e especificações da ABNT NBR 9442 e EN 13823. Os materiais de acabamentos antes de serem submetidos a ensaios podem receber uma classificação que varia de acordo com sua tipologia.

As superfícies internas das vedações verticais externas e ambas as superfícies das vedações verticais internas, podem ser classificadas como:

- I, II ou III A, quando estiverem associadas a espaços de cozinha;
- I, II A, III A ou IV A, quando estiverem associados a outros locais internos da habitação exceto cozinhas;
- I ou II A, quando estiverem associados a locais de uso comum da edificação;
- I ou II A, quando estiverem associados ao interior das escadas;
- I, II A ou III A, quando se tratar dos materiais empregados no interior das paredes internas ou externas;

As superfícies externas das vedações verticais externas que constitui a fachada devem ser categorizadas como I, ou II B.

A face inferior do sistema piso (camada estrutural) devem ser classificados como:

- I, II A, quando estiverem associadas a espaços de cozinha;
- I, II A, III A, quando estiverem associados a outros locais internos da habitação exceto cozinhas;
- I ou II A, quando estiverem associados a locais de uso comum da edificação;
- I ou II A, quando estiverem associados ao interior das escadas;
- I, II A ou III A, quando se tratar dos materiais empregados no interior das paredes internas ou externas;

A face superior do piso, composto pela camada de acabamento que inclui todas as camadas seguintes que podem intervir no comportamento de reação ao fogo, devem ser classificados como I, II A, III A ou IV A em todos os locais da habitação, com exceção do interior das escadas que devem ser classificados como I ou II A.

6.2.2.2. RESISTÊNCIA AO FOGO

A resistência ao fogo pode ser entendida como o tempo em minutos no qual um determinado sistema construtivo consegue manter, em condições de fogo, atender as exigências que lhe são demandadas como estabilidade, estanqueidade e isolamento térmico.

A ABNT NBR 14432 [48], busca avaliar a resistência ao fogo dos materiais de construção e vem a especificar os métodos de ensaio e quais os requisitos que serão utilizados para avaliação. Os critérios de resistência ao fogo que está presente nesta Norma são baseados na severidade ou potencial destrutivo dos incêndios, que são vinculados por fatores, entre outros, correlacionados a: tipo de ocupação, área, profundidade do subsolo, altura da edificação, facilidade de acesso para o combate ao incêndio.

São utilizados escalões de tempo que são mais utilizados como 30, 60, 90, 120 e 180, que corresponde o número ao limite inferior do período em que cada escalão está inserido.

Para cada tipologia de habitação em estudo, unifamiliar, que estão dispostos no presente regulamento e suas principais exigências, estão demonstradas na figura 6.2.

Quadro 6.2 – Tempo requeridos de resistência ao fogo (TRRF), em minutos [48]

Ocupação	Profundidade do solo			Altura da edificação			
	$h > 10m$	$h \leq 10m$	$h \leq 6m$	$6m \leq h \leq 12m$	$12m \leq h \leq 23m$	$23m \leq h \leq 30m$	$h > 30m$
Residencial	90	60	30	30	60	90	120

A Norma ainda prevê valores de resistência ao fogo que precisam ser atendidos e são definidos em função dos sistemas construtivos, por exemplo, estabelece valores de tempo requerido por um período mínimo para pavimentos, paredes e sistema de cobertura de 30 min, 30min e 30 min, respectivamente. Ressaltando que os respectivos períodos mínimo de tempo variam de acordo com o tipo e ocupação do edifício em função da profundidade do solo e sua respectiva altura.

6.2.2.3. COMPARAÇÃO ENTRE AS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

Quando pensamos em realizar uma análise do comportamento perante o fogo ao utilizar a matéria-prima madeira como principal elemento construtivo, deve ter atenção aos problemas que geralmente lhe são conferida. A madeira é um elemento construtivo que é bastante combustível, que em torno dos 280° C começa a entrar no seu processo de combustão, mas há uma formação de uma camada de carvão que minimiza o processo e vem a desacelerar a velocidade de carbonização média para valores entre 0,6 e 0,7 mm/min. [7]

A madeira permite manter toda sua estabilidade, em decorrência deste processo de carbonização, o que garante tempo suficiente para uma total evacuação com segurança da edificação. Com o controle da propagação do incêndio, as moradias pré-fabricadas em madeira tem a possibilidade de ficar disponíveis para uso em um tempo reduzido realizando um processo de decapagem da camada de que foi afetada pela carbonização e aplicando um verniz nas peças em madeira.

Os sistemas construtivos que utilizam madeiras provenientes de florestas coníferas, folhosas e seus derivados, apresentam velocidades de combustão diferentes apresentam valores de velocidades inversamente proporcionais aos valores de densidades. As coníferas apresentam valores superiores de velocidade da combustão, sendo a madeira serrada oriundas das florestas coníferas com valores entre 0,65 a 0,8 mm/min.

Especificação	Material	β_0 (mm/min.)	β_n (mm/min.)
coníferas	MLC, densidade $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
	Madeira serrada, densidade $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,8
folhosas	Madeira serrada ou MLC, densidade $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
	Madeira serrada ou MLC, densidade $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,5	0,55

Fig.6.2 – Velocidade de combustão das coníferas e folhosas [49]

Uma avaliação corrente a resistência ao fogo, é mais utilizada, pois no interior das habitações, há sempre materiais que são combustíveis como mobiliários e tecidos, e desta forma é quase impossível evitar o desencadeamento do incêndio. Tanto no sistema construtivo pré-fabricado em madeira como no sistema tradicional em alvenaria, a possibilidade de vir a ocorrer um incêndio provém dos elementos que se encontram no seu interior.

Realizando uma análise ao sistema de pré-fabricação em madeira e o sistema construtivo em alvenaria é possível verificar que ambos os sistemas atendem às exigências mínimas, apesar de que se houver um incêndio com elevadas temperaturas, a madeira vai apresentar um melhor desempenho frente ao fogo que a alvenaria. Quando há incêndios que apresentam temperaturas superiores a 1000° C, outros materiais construtivos apresentam grande perda de desempenho, como é o caso do betão que chega a perder 90% da sua resistência aos 540° C e o aço que apresenta uma perda entre os 500 e 700° C, enquanto que a madeira preserva suas características de resistência embora tenha sua espessura reduzida.

Segundo a ABNT NBR 14432 as vedações verticais internas ou externas de uma habitação unifamiliar devem possuir uma classificação de resistência ao fogo de 30. Quando é adotada uma solução em alvenaria, o pano exterior de 11,5cm atende exatamente essa classificação. Outro fator que vem a influenciar é a condutividade térmica dos materiais, que é responsável pela habilidade dos materiais de conduzir energia, e no caso de um incêndio se propagará mais rapidamente pelo material. O quadro 6.3 demonstra alguns valores de condutividade térmica para diversos materiais.

Quadro 6.3 – Condutividade térmica para diversos materiais [50]

Material	Kg / m ³	W / m.K
Madeira resinosa e folhosa de baixa densidade	≤ 500	0,13
Madeira resinosa e folhosa de média densidade	≤ 600	0,15
Madeira resinosa e folhosa de alta densidade	≤ 700	0,18
Madeira resinosa e folhosa de altíssima densidade	> 1000	0,23
Bloco cerâmico (tijolo furado)		0,90
Pedra		1,15 ≤ 3,00
Betão e bloco de betão		1,40 ≤ 1,75
Aço		50,00
Alumínio		230,00

As construções que utilizam sistemas construtivos tradicional em alvenaria são atualmente construídas utilizando aço em betão armado, e geralmente, quando se tem elevadas temperaturas, o aço dilata e vem a ocasionar fissuras e rachaduras nas paredes, fazendo com que o sistema da parede venha a ruir, acarretando prejuízos à integridade física da parede, muitas vezes irreversíveis.

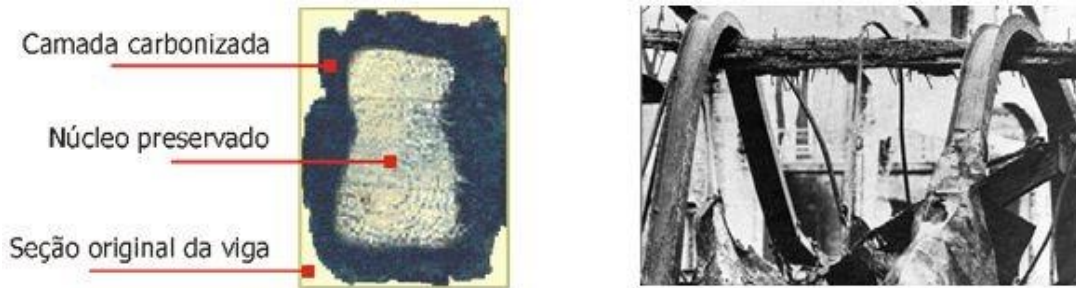


Fig.6.3 – Seção da viga de madeira após incêndio e colapso da viga em aço que é sustentada pela viga em madeira [50]

6.2.3. SEGURANÇA NO USO E NA OPERAÇÃO

A segurança no uso e na operação dos sistemas construtivos e seus respectivos componentes da edificação habitacional devem levar em consideração na concepção do projeto, particularmente no que diz respeito a agentes agressivos, por exemplo, proteção contra queimaduras e pontos e bordas cortantes.

Os sistemas construtivos não devem expor: Rupturas, instabilidades, tombamentos ou quedas que venham colocar o utente numa situação de risco a sua integridade física, apresentar partes expostas cortantes ou perfurantes e nem deformações ou defeitos acima dos limites especificados nas ABNT NBR 15575-2 e ABNT NBR 15575-6.

Devem-se realizar algumas premissas de projeto e na sua execução para dessa forma mitigar, durante o uso da edificação o risco de quedas de pessoas em altura em quaisquer partes que seja elevada na construção, ter acesso controlado aos locais de risco de queda, vindo a instalar proteções ao nível da fachada, peitoris e janelas.

Estas exigências são comumente avaliadas por peritos no local não havendo disposições regulamentares que sejam aplicadas.

No que diz respeito à análise da segurança no uso e operação das edificações, é considerado que ambos os sistemas construtivos vem a respeitar as condições de segurança. Este tipo de exigência é algo que depende muito mais da qualidade geral das construções e de uma boa realização da concepção do projeto, do que dos tipos de sistemas construtivos.

A casa pré-fabricada em madeira pode vir a apresentar mais facilmente arestas que sejam cortantes e com ligações que não tenham sido bem executadas do que na solução em alvenaria que pode vir a apresentar um rebocos mal aplicado.

6.2.4. ESTANQUEIDADE À ÁGUA

A exposição à água de chuva, à humidade oriunda do solo e aquela originada da utilização da edificação habitacional precisam ser levadas em consideração na hora de elaborar o projeto, pois a humidade vem a acelerar os mecanismos de deterioração e leva as perdas das condições de habitabilidade e de higiene do espaço construído.

Os edifícios devem considerar duas fontes de humidade:

- Externa, como ascensão de humidade do solo pelas fundações e infiltrações de água da chuva ou lavagem pelas fachadas, lajes expostas à cobertura;

- Interna, como água, em decorrência da utilização dos mecanismos de lavagem dos ambientes, vapores de água originados pelas condições normais de uso no dia-a-dia, condensação de vapores de água e vazamentos das instalações hidrossanitárias;

6.2.4.1. ESTANQUEIDADE À ÁGUA DA CHUVA, CONSIDERANDO-SE A AÇÃO DOS VENTOS, EM SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS EXTERNAS (FACHADAS)

Conforme a região de exposição ao vento e chuvas, os sistemas de vedações verticais externas (fachada) da edificação habitacional, que inclui a junção entre a janela e a parede, precisam manter-se estanques e não mostrar infiltrações que venham a possibilitar escorrimentos ou formação de gotas de água que possam aderir na face interna, podendo ocasionar pequenas manchas de humidade.

As janelas não podem apresentar infiltrações que venha a ocasionar o escorrimento de água pelas paredes ou componentes sobre os quais estejam aderidos, quando são sujeitos à vazão de água e às pressões de ensaio correlacionadas às regiões do Brasil onde é utilizada conforme mostrada na tabela 6.4.

Quadro 6.4 – Valores de pressão do vento conforme a região do Brasil [51]

Número de pavimentos	Altura Máxima	Região do país	Pressão de ensaio (P_e) $P_e = P_p \times 1,2$	Pressão de segurança (P_s) $P_s = P_e \times 1,5$	Pressão de água (P_a) $P_a = P_e \times 0,20$
Até 02	6 m	I	350	520	60
		II	470	700	80
		III	610	920	100
		IV	770	1160	130
		V	950	1430	160

As janelas podem receber as seguintes designações de acordo com o nível de desempenho: Mínimo (M), onde a passagem de água é permitida entre os perfis da janela, contanto que não chegue a ultrapassar a face interna da parede; Intermediário (I), onde o acúmulo de água é permitido apenas no perfil do marco; e por último, tem-se o Superior (S), onde a passagem de água em qualquer parte da janela não é permitida, devendo ser estanque.

Os projetos devem apresentar vir a especificar pormenores que venham a auxiliar a estanqueidade à água da envolvente, como por exemplo, pingadeiras, pormenores no encontro da fachada com a calçada externa, beirais de telhados. É muito importante que os projetos venham a mostrar pormenores de soluções do encontro da base da parede e o pavimento exterior e que venham a especificar se tem algum sistema de impermeabilização ou não.

6.2.4.2. ESTANQUEIDADE DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS E EXTERNAS COM INCIDÊNCIA DIRETA DE ÁGUA – ÁREAS MOLHADAS

A quantidade de água que vem a adentrar não deve exceder a 3 cm³, por um período de 24 horas, e uma área exposta de com dimensões de 34cm x 16 cm.

O projeto deve apresentar especificações de pormenores construtivos que venham a mitigar o encontro da base da parede com a água que eventualmente pode acumular no piso.

6.2.4.3. ESTANQUEIDADE DE SISTEMA DE PISOS EM CONTATO COM A HUMIDADE ASCEDENTE

Os pavimentos que estejam em contato direto com o solo precisam ser estanques à água, levando em conta a altura do lençol freático no local da obra. Machas de humidade e qualquer tipo de empoçamento não são tolerados.

Os projetos devem admitir soluções para evitar a ascensão por capilaridade da humidade da fundação para as paredes, como por exemplo, aderir um sistema de impermeabilização. Medidas passivas de proteção que estejam relacionadas ao encontro da base da parede e o elemento de fundação precisa ser previstos no projeto.

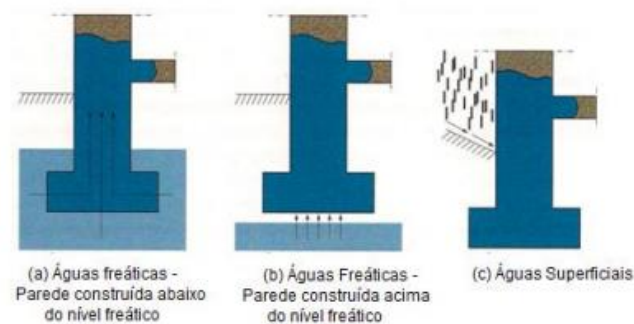


Fig.6.4 – Tipos de humedificação de uma parede por águas freáticas e superficiais [4]

6.2.4.4. ESTANQUEIDADE DE SISTEMA DE PISOS DE ÁREAS MOLHADAS

Os pisos que compõem as áreas molhadas tem que impedir o aparecimento de humidade, fazendo com que a superfície inferior e as interfaces entre as paredes e os pisos adjacentes permaneçam secas, quando submetidos a uma lâmina de água com 10 mm, pelo menos, em sua cota mais alta, durante um período de tempo de 72 horas.

Após a aplicação corretamente do ensaio, o piso no seu ponto mais alto, com lâmina de água de no mínimo 10 mm, passados as primeiras 24 horas da retirada da água, problemas como bolhas, fissuras, empoamentos, destacamentos, eflorescências e desagregação superficial, não serão tolerados.

6.2.4.5. COMPARAÇÃO ENTRE AS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

A probabilidade de ocorrência de infiltração de água seja pela envolvente, cobertura, fundações, é basicamente a mesma, seja num sistema pré-fabricado em madeira ou num sistema tradicional em alvenaria.

A membrana impermeável aplicado à estrutura em madeira da casa pré-fabricada e o revestimento em argamassa “basecoat” aplicado diretamente sobre as placas cimentícias fornecem uma maior segurança e um maior desempenho frente à estanqueidade a água.

As aberturas como janelas, portas, clarabóias, independem do tipo de sistema construtivo que será executado, limitando apenas a qualidade e estanqueidade que são apresentadas pelas empresas que fornecem os materiais.

Como dito anteriormente, em nível de projeto, precisa ser previstos maneiras para que não ocorra um acúmulo de água perto destes aparelhos de aberturas, como por exemplo, pingadeiras, ou pormenores que venham evidenciar o encontro entre paredes e a base da fundação ou piso. Neste aspecto, ambas as soluções apresentam o mesmo nível de desempenho.

Tanto no sistema em pré-fabricação como no sistema em alvenaria é importante realizar a preparação e execução do sistema de águas pluviais, desde a cobertura até o nível do terreno, além de prevenir as humidades ascensionais na altura das fundações. Em ambos os sistemas são evidenciados uma impermeabilização do elemento de fundação ao encontro das paredes de fachada, além de ser aplicado um sistema de impermeabilização que utiliza manta asfáltica nas áreas molhadas.

6.2.5. DESEMPENHO TÉRMICO

Avaliarmos um desempenho térmico de uma habitação consiste tanto na fase de projeto, quanto na fase pós-construção. Referente às habitações que tenha sido construída podem ser realizadas medições “in loco” utilizando variáveis representativas de desempenho, enquanto que na etapa de projeto a avaliação pode ser realizada com auxílio de simulações computacionais ou através cumprimento das diretrizes construtivas que estão dispostas no regulamento.

Para realizar a avaliação desta exigência é utilizada a norma ABNT NBR 15220-3 e ABNT NBR 1575, que apresenta recomendações quanto ao desempenho térmico de habitação unifamiliares. Apresenta também um Zoneamento Bioclimático Brasileiro, onde são realizadas recomendações de diretrizes construtivas e alguns pormenores de estratégias de condicionamento térmicos.

É proposto no regulamento uma divisão do território brasileiro em oito zonas homogêneas referente ao clima e, para cada uma desta zona, é realizado um conjunto de recomendações técnico-construtivas que vem a otimizar o desempenho térmico das habitações.

6.2.5.1. REQUISITOS DE DESEMPENHO NO VERÃO

Os requisitos de desempenho no verão têm como objetivo demonstrar condições térmicas na porção interna da habitação que sejam superiores ou se iguale às do ambiente externo.

O valor máximo diário da temperatura do ar interior de ambientes com uma permanência prolongada, como por exemplo, salas e quartos, sem considerar a presença de fontes internas de calor, como utentes, lâmpadas, outros equipamentos em geral, devem ser sempre inferiores ou se igualar ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior.

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$	$T_{i,máx.} \leq T_{e,máx.}$

Fig.6.5 – Avaliação de desempenho térmico para condições de verão [43]

6.2.5.2. REQUISITOS DE DESEMPENHO NO INVERNO

Os requisitos de desempenho no inverno têm como objetivo demonstrar as condições térmicas na porção interna da habitação superiores que a do ambiente externo no dia normal de inverno.

Os valores mínimos diários da temperatura do ar interior dos espaços internos com uma permanência prolongada como salas e quartos, devem ser sempre superiores ou se igualar à temperatura mínima aumentada de 3° C.

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas bioclimáticas 1 a 5	Zonas bioclimáticas 6, 7 e 8
M	$T_{i,mín.} \geq (T_{e,mín.} + 3^{\circ}\text{C})$	Nestas zonas, este critério não pode ser verificado

Fig.6.6 – Avaliação de desempenho térmico para condições de inverno [43]

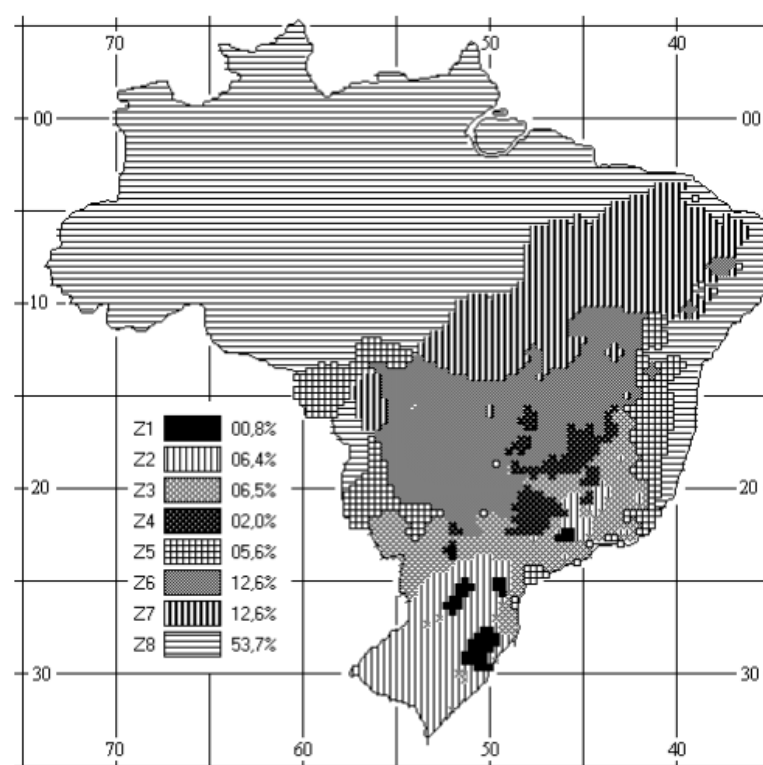


Fig.6.7 – Zoneamento bioclimático brasileiro [52]

6.2.5.3. ISOLAMENTO TÉRMICO DAS PAREDES EXTERIORES E COBERTURA

A função do isolamento térmico numa edificação tem como objetivo impedir que dois espaços com temperaturas diferentes tivesse uma alta troca de energia ocasionada pela radiação ou convecção, reduzindo o conforto da moradia e a eficiência dos sistemas de aquecimento.

Na ordem de realizar uma avaliação de como um elemento construtivo possibilita a troca de energias entre os diferentes espaços, foi necessário ser criado parâmetros que pudesse avaliar esses indicadores. O de maior relevância é o coeficiente de transmissão térmica (U) [$W/m^2 \cdot ^\circ C$], que tem como objetivo avaliar a quantidade de calor por unidade de tempo que vem atravessar numa superfície de área unitária de um elemento por unidade de diferença de temperatura entre os espaços que ele vem a dividir. [4]

Precisamos conhecer alguns outros valores como resistência térmica das camadas que constitui a parede. O coeficiente de transmissão, U , é demonstrado através da fórmula 6.1, onde é obtido pelo inverso do somatório das resistências das camadas. A resistência de cada camada é obtida pela razão da sua espessura pela condutibilidade térmica do material que a compõe.

$$U = \frac{1}{R_{se} + \sum R_j + R_{si}} \quad (6.1)$$

São consideradas ainda as resistências consoante a disposição dos elementos construtivos, chamados por resistências térmicas superficiais (R_{se} e R_{si}).

Os valores máximos que são admissíveis para a transmissão térmica (U) das paredes externas são apresentados no quadro 6.5. Considera-se α como a absorptância da radiação solar da superfície externa da parede.

Quadro 6.5 – Transmissão térmica das paredes externas (adaptado de [46])

Transmissão térmica (U) $W/m^2 \cdot ^\circ C$		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
$U \leq 2,5$	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$
	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$

Os valores máximos que são admissíveis para a transmissão térmica (U) das coberturas, levando em conta o fluxo térmico descendente, em função das zonas bioclimáticas, estão dispostos no quadro 6.6, onde α como a absorptância da radiação solar da superfície externa da cobertura e FV corresponde ao fator de correção da transmitância.

Quadro 6.6 – Transmissão térmica das coberturas (adaptado de [47])

Transmissão térmica (U) $W/m^2 \cdot ^\circ C$				
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8	
$U \leq 2,30$	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$
	$U \leq 2,3$	$U \leq 1,5$	$U \leq 2,30 \cdot FV$	$U \leq 1,5 \cdot FV$

6.2.5.4. COMPARAÇÃO ENTRE AS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

No que se refere ao desempenho térmico na edificação, tanto as habitações pré-moldadas em madeira ou como as construções tradicionais em alvenaria, atendem as exigências de conforto, quando submetidas ao regulamento em vigor.

A grande diferença encontra-se nas propriedades térmicas dos materiais que constitui cada tipo de habitação. A habitação pré-moldada em madeira apresenta uma composição onde o conjunto apresenta bom conforto térmico.

No quesito isolamento térmico, os dois sistemas construtivos são passíveis de considerações. O material madeira de acordo com suas características físicas e propriedades apresentam valores de condutibilidade térmica bem inferiores, sendo considerado um bom isolante, com condutibilidade quase oito vezes menor que os bloco cerâmicos e quase treze vezes menor que o betão, conforme mostado no quadro 6.7

Quadro 6.7 – Condutibilidade térmica e massa volúmica dos materiais (adaptado de [52])

Materiais	Condutibilidade térmica λ (W/m.°C)	Massa Volúmica ρ (Kg/m³)
Cerâmica	1,05	1600
Fibro-cimento	0,95	1900
Madeira	0,14	600
Chapa de OSB	0,13	600
Argamassa ver. “Base coat”	0,06	1000
Pintura acrílica	0,20	1050
Reboco	0,70	2000

As soluções construtivas que utilizam a pré-fabricação em madeira como sistema, apresenta sua envolvente constituída pelos elementos conforme expressado anteriormente, e apresenta valores do coeficiente térmico (U), cujo valor de U é de 0.72 W/m².°C.

As habitações tradicionais em alvenaria apresentam um coeficiente U das soluções das paredes exteriores, onde são apresentadas em paredes simples de 11,5 cm de tijolo, com 2 cm de reboco pela parte interna e externa e 3 cm de pintura acrílica em ambos os lados. O valor obtido para essa solução tradicional em alvenaria é de 1,47 W/m².°C.

Em ambas as situações, o valor de coeficiente de transmissão térmica não chegou a ultrapassar o valor máximo estabelecido pelo zoneamento bioclimático exigido pela ABNT NBR 15220-3, isto é, para a cidade de Curitiba, onde estão localizadas as sedes das empresas, zona 1, não ultrapassou o valor de 2,5 W/m².°C.

No que se refere à inércia térmica das edificações, a madeira apresenta uma inércia térmica, relativa baixa, para as suas soluções, embora variável a depender da densidade da madeira que foi utilizada. Pode se dizer que é relativamente inferior a das soluções tradicionais em alvenaria.

Por esta razão, o sistema pré-fabricado em madeira é composto por outros materiais que faz com que aumente a massa específica e consequentemente a inércia térmica do sistema como um todo. O sistema em madeira apresenta um coeficiente térmico duas vezes menor que as casas em alvenaria, fazendo com que as casas em madeira tenha um desempenho térmico melhor, fazendo com que as casas em alvenaria tenha necessidade de um custo energético maior para aquecer e arrefecer.

6.2.6. DESEMPENHO ACÚSTICO

O quesito ruído é um problema da atualidade que vem sendo associado a número elevado de doenças como estresse, cansaço. Os centros urbanos vêm sendo caracterizado como a grande onda de crescimento dos ruídos que vem sendo emitidos diariamente, e com isso é gerada um grande receio de implantação de novas casas nesses grandes centros urbanos.

A habitação tem que apresentar um nível de isolamento acústico que seja apropriado das vedações externas, no que diz respeito aos ruídos aéreos oriundos do exterior da habitação, e um nível de isolamento acústico conveniente entre os espaços comuns e privativos e entre os espaços privativos de unidades autônomas distintas.

6.2.6.1. ISOLAÇÃO SONORA PROMOVIDA PELOS ELEMENTOS DA ENVOLTÓRIA (PAREDE E COBERTURA)

Os elementos que constitue a envoltória (fachada e cobertura), na área dos quartos, precisam atender aos parâmetros mínimos que são dispostos no regulamento ABNT NBR 15575-4. O quadro 6.8 está transcritos os valores mínimos de desempenho acústico. Importante ressaltar que para as vedações externas de salas, cozinhas, casas de banho e eventual lavanderia, não existem requisitos específicos. Todos os ensaios são realizados com portas e janelas fechadas e realizadas medições em campo

Quadro 6.8 – Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa dos quartos para ensaios de campo [46]

Classe do ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,W}$ dB
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	≥ 20
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 25
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥ 30

6.2.6.2. ISOLAÇÃO SONORA PROMOVIDA PELAS PAREDES INTERNAS

O sistema que compõe as vedações verticais internas precisam atender os valores mínimos que estão dispostos no regulamento da ABNT NBR 15575-4. O quadro 6.9 vem transcrever esses valores mínimos de desempenho. Todos os ensaios são realizados com porta e janelas fechadas e realizados medições em campo.

Quadro 6.9 – Valores mínimos recomendados da diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes para ensaios de campo [46]

Elemento	$D_{nT,W}$ (dB)
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja quarto	≥ 40
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser quarto	≥ 45
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadarias dos pavimentos	≥ 40
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadarias dos pavimentos	≥ 30
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, tais como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, casas de banho e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	≥ 45
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ($D_{nT,W}$ obtida entre as unidades)	≥ 40

6.2.6.3. ISOLAÇÃO SONORA DE LAJES DE PISOS ENTRE UNIDADES HABITACIONAIS

O som aéreo que é resultado de ruídos de utilização normal como conversas, televisores, música impactos, caminhar ou até queda de possíveis objetos, devem ser mitigados.

O isolamento sonoro do piso, ou conjunto de piso e forro da unidade de habitação, precisa atender a disposição legal que está disposto no regulamento ABNT NBR 15575-3, que trata da diferença de nível sonoro ponderada, conforme mostrado no quadro 6.10.

Quadro 6.10 – Critérios de diferença padronizada de nível ponderado para ensaios de campo [45]

Elemento	$D_{nT,W}$ (dB)
Sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas, no caso de pelo menos um dos ambientes ser quarto	≥ 45
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos	≥ 40
Sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas, nas situações onde não haja ambiente quarto	
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, casas de banho e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	≥ 45

Para que seja possível avaliar o nível de isolamento de um material, devem ser cumprida exigência da diferença de nível sonoro no exterior e o nível de um som que seja harmonizável para um dado espaço. Os materiais podem apresentar alguns níveis de desempenho de isolamento acústico que estão garantidos no quadro 6.11.

Quadro 6.11 – Isolamento acústico de alguns materiais de construção [4]

Material	Espessura (cm)	Isolamento acústico (dB)
Alvenaria de tijo maciço	30	53
Betão-laje em pavimento	20 - 30	68
Vidro de janela	0,18 – 0,38	24
Aglomerado de madeira	6,5	20
Chapas de fibra de madeira	1,2	18

Se as aberturas não apresentarem um bom desempenho acústico, pode se obter um bom nível de isolamento acústico das paredes, mas caso as soluções de portas ou janelas forem mal elaboradas pode acarretar numa perda de até de 10% no desempenho dessa parede.

6.2.6.4. COMPARAÇÃO ENTRE AS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

Para cumprimento das disposições legais dispostas no regulamento, é visto que as duas soluções construtivas atendem as normas em vigor, no que diz respeito às construções de paredes exteriores, paredes interiores e sistemas de pisos.

A qualidade e o tipo com que as portas e janelas são dispostas na fachada da edificação podem vir a prejudicar o nível de desempenho daquelas e isso independe do tipo de sistema construtivo.

As casas pré-fabricadas em madeira utilizam outros elementos para constituir os panos de fachada e piso, visto que a madeira como elemento construtivo e utilizada de maneira isolada é contra-indicada na questão de isolamento acústico e bom como absorventes acústicos. Ela tem a capacidade de reduzir o nível sonoro que incide diretamente sobre as paredes exteriores e interiores, devido a sua leveza.

Nas soluções tradicionais em alvenaria, podemos relatar que as fissuras ou juntas de argamassa ds blocos cerâmicos que forem mal executadas podem vir a acarretar problemas no desempenho acústico, como a diminuição do isolamento acústico da fachada.

Em resumo, podemos considerar que ambas as soluções, tanto o sistema pré-fabricado, como o sistema tradicional em alvenaria, possuem um desempenho acústico relativamente equivalente.

6.2.7. DESEMPENHO LUMÍNICO

No decorrer do dia, os compartimentos interno da habitação precisam receber uma iluminação natural apropriada, que seja proveniente do exterior ou indiretamente, através de espaços adjacentes.

Durante o período noturno, o sistema de iluminação artificial precisa promover condições no interior que sejam aceitáveis para que os utentes venham a ocupar os compartimentos e tenha a possibilidade de circular nos espaços com segurança.

6.2.7.1. ILUMINAÇÃO NATURAL

Ao longo do dia, como dito anteriormente os espaços internos precisam receber iluminação natural oriunda do espaço externo, e no quadro 6.12 estão listado estas premissas.

Quadro 6.12 – Níveis de iluminação geral para iluminação natural [43]

Dependência	Iluminação geral (lux) para o nível de desempenho M
Sala de estar Dormitório Copa/cozinha Área de serviço	≥ 60
Casa de banho Corredor ou escada interna à unidade Corredor de uso comum (prédios) Escadaria de uso comum (prédios) Garagens/estacionamentos (demais ambientes)	Não requerido

Os requisitos de iluminação natural podem ser atendidos de acordo com uma correta ordenação dos espaços internos, relevante a arquitetura, uma correta orientação geográfica da habitação, correto dimensionamento e disposição das aberturas, os tipos de janelas e envidraçados, rugosidade e cores dos elementos como paredes, tetos e pisos.

Nos conjuntos de edifícios habitacionais, tem que se ter um cuidado a mais, pois a eventual implantação e suas respectivas caixas de escadas ou outras construções, não devem afetar os níveis mínimos de desempenho de iluminância que estão estabelecidos no regulamento.

É proposto que a iluminação natural dos ambientes internos como sala de estar e quartos seja provida de vãos de portas e janelas. No que se refere às janelas, é aconselhado que a cota do peitoril esteja localizada até 100 cm do piso interno, e a cota da testeira do vão localizada até 220 cm partindo do piso interno, conforme mostrado na figura 6.8.

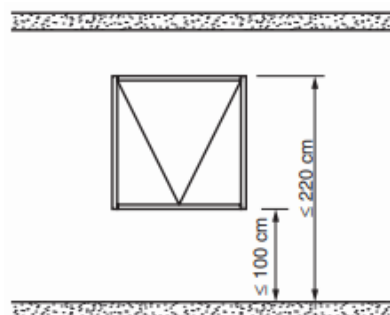


Fig.6.8 – Altura da janela proposta [43]

6.2.7.2. ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

A iluminação artificial tem como objetivo proporcionar condições de iluminação de maneira que venha a assegurar uma ocupação interna e circulação nos ambientes por parte dos utentes com total segurança.

Os níveis de iluminação artificial que é proposto para os diversos ambientes da habitação devem atender o regulamento em vigor e estão dispostos no quadro 6.13.

Quadro 6.13 – Níveis de iluminação geral para iluminação artificial [43]

Dependência	Iluminação geral para o nível mínimo de desempenho lux
Sala de estar Dormitório Casa de banho Área de serviço	≥ 100
Copa/cozinha	≥ 200
Corredor ou escada interna à unidade Corredor de uso comum (prédios) Escadaria de uso comum (prédios) Garagens/estacionamentos internos e cobertos	≥ 75
Garagens/estacionamentos descobertos	≥ 20

6.2.7.3. COMPARAÇÃO ENTRE AS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

Quando nos referimos ao desempenho lumínico de uma habitação, seja ela pré-fabricada em madeira ou construída com técnicas tradicionais em alvenaria de blocos, este tipo de desempenho está relacionado a fatores como arquitetura da edificação, das soluções que foram utilizadas como revestimento, orientação geográfica da habitação e até da tipologia da janela que será aplicada do que dos sistemas propriamente ditos.

Com isso, ambas as soluções tem a possibilidade de atender de maneira fácil os requisitos mínimos de desempenho quando concebidos com um projeto bem planejado.

6.2.8. SAÚDE, HIGIENE E QUALIDADE DO AR

A qualidade do ar no interior das habitações está diretamente relacionada à pureza do ar.

Devem-se ser assegurados que os materiais, equipamentos e sistemas utilizados na habitação não devem permitir a liberação de produtos que poluam o ar em espaços confinados, produzindo níveis de poluição superiores daqueles analisados no entorno.

Os gases referentes ao escapamento dos veículos e outros equipamentos não devem alastrar para a área interna das habitações. O sistema de ventilação ou exaustão de garagens internas precisa assegurar a evacuação total dos gases poluentes gerados por esses veículos e equipamentos.

No que se refere às habitações pré-fabricadas em madeira, esta apresenta um melhor conforto higrotérmico, pois tem a característica natural de controlar a humidade no interior da casa. Ainda apresenta uma capacidade de formação de pó, devido às propriedades eletrostáticas.

Para que se garanta uma boa salubridade no interior da edificação habitacional, o essencial é que se tenha uma ventilação adequada.

Uma correta disposição dos ambientes internos, admissão e exaustão do ar bem estudado e estruturado quando se diz respeito a ventilação passiva ou natural na habitação, uso de filtros, são algumas medidas para se ter uma boa ventilação.

6.2.9. CONFORTO TÁTIL E ANTROPODINÂMICO

Para que sejam verificados os critérios das exigências dos utentes em relação ao conforto tátil e antropodinâmico são geralmente estabelecidos pelas respectivas Normas estabelecidas dos componentens, assim como nas NBR's.

Quando se trata de edificações de carácter habitacional que tem como público alvo com deficiências físicas e pessoas com mobilidade reduzida (PMR), os dispositivos de manobra, apoios, alças e demais equipamentos precisam cumprir às exigências dispostas no regulamento ABNT NBR 9050 [54].

6.2.9.1. CONFORTO TÁTIL E ADAPTAÇÃO ERGONÔMICA

O conforto tátil e adaptação ergonômica tem o intuito de não atrapalhar as atividades diárias dos utentes, das edificações habitacionais, no que se refere às ações simples do dia-a-dia como caminhar, apoiar, limpar e outras atividades similares.

Os elementos, equipamentos ou quaisquer componentes e utensílios que integram a edificação não devem apresentar rugosidades, conturbações ou outras anomalias.

Os componentes e itens que fazem parte da habitação como puxadores, trincos, precisam ser planejados, executados e montados de maneira que não venha causar qualquer tipo de lesão ao utente.

O entendimento puramente da estética, das superfícies das camadas dos revestimentos, apesar de apresentar um olhar subjetivo, há algumas características que é possível controlar de maneira rigorosa, como regularidade e homogeneidade.

As camadas dos revestimentos representam uma parcela relativamente alta das superfícies de uma moradia e precisam, dentro de sua especificidade, ser levado em consideração.

6.2.9.2. ADEQUAÇÃO ANTROPODINÂMICA DE DISPOSITIVOS DE MANOBRA

As adequações antropodinâmicas dos dispositivos de manobra têm como objetivo que os dispositivos venham cumprir as exigências de tamanho e forma compatível com a anatomia humana, ou seja, que o utente não venha a realizar esforços demasiados para manobrar ou movimentar algum destes elementos.

6.2.9.3. COMPARAÇÃO ENTRE AS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

Quando é referido ao conforto tátil e antropodinâmico de um revestimento, elementos ou de acessórios da construção, precisa ser levado em consideração alguns fatores como planicidade e regularidade dos revestimentos, o nível de rugosidade que os elementos e equipamentos de manobra apresentam, dentre outras características. Enquanto que certas características podem ser geralmente consideradas benéficas, outras podem ser vir a ser consideradas mais subjetivas.

Analizando a solução construtiva em pré-fabricação em madeira e a solução tradicional em alvenaria, é possível perceber que estas exigências estão mais relacionadas ao tipo de revestimentos que serão aplicados e o sua situação de conservação.

O mesmo se aplica aos elementos de manobra, como puxadores, trincos ou equipamentos de hidráulica como é o caso dos registros, está intimamente ligado à qualidade do material, a maneira como foi pensado, executado e montado no local, do que propriamente o tipo de solução construtiva.

6.2.10. DURABILIDADE

A durabilidade de uma edificação e de seus respectivos sistemas pode ser entendida como a capacidade que um elemento ou sistema tenha de atender às exigências que são solicitadas. Caso haja degradação do elemento para um estado de desempenho que não seja satisfatório, ou obsolescência das funcionalidades, podemos dizer que está havendo perda da durabilidade.

A vida útil do empreendimento pode ser compreendida como o período de tempo entre o início da operação e instante em que deixa de apresentar um desempenho que não atenda aos parâmetros estabelecidos pelos utentes. A vida útil são valores teóricos estabelecidos pelos projetistas, construtoras e incorporadoras atendendo às Normas Brasileiras ou internacionais.

Além de verificar as características dos elementos, são verificados os seguintes aspectos para análise da durabilidade: [42]

Verificação da existência e coerência das especificidades e premissas que os projetos apresentam ao atendimento da vida útil de projeto (VUP);

- Resistência aos organismos xilófagos dos componentes da madeira;
- Resistência à corrosão dos dispositivos de fixação;
- Resistência à exposição aos raios ultravioletas dos componentes de acabamento externos;
- Resistência das paredes de fachada à ação de calor e choque térmico;
- Comportamento das juntas de vedação externa e interna;

6.2.10.1. VIDA ÚTIL DE PROJETO DO EDIFÍCIO E DOS SISTEMAS QUE O COMPÕEM

Os projetos precisam classificar o valor teórico para estabelecer a vida útil de projeto (VUP) para cada um dos sistemas que o compõem, que não seja inferiores aos valores estabelecidos e dispostos no regulamento ABNT NBT 15575-1.

Precisam ser projetados para que estes sistemas apresentem uma durabilidade que seja condizente com a vida útil de projeto (VUP) que serão considerados nos projetos.

O quadro 6.14 apresenta valores mínimos de vida útil de projeto para cada especialidade e sistemas. Caso estes valores não sejam indicados em projeto, serão utilizados os valores de referência que são apresentados no quadro 6.14 como valores de referência para desempenho mínimo.

Quadro 6.14 – Vida útil de projeto (VUP) [43]

Sistema	VUP mínima em anos
Estrutura	≥ 50
Pisos internos	≥ 13
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20

As habitações devem sempre atender aos requisitos de VUP estabelecidos no quadro 6.14. Caso os valores adotados pelas edificações sejam superiores aos valores estabelecidos na Norma, estes precisam ser apresentados no projeto. Todos os sistemas precisam ser pormenorizados e explicados muito bem para que seja possível realizar uma análise da vida útil de projeto do empreendimento.

6.2.10.2. COMPARAÇÃO ENTRE AS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

As características dos materiais de construção e dos sistemas adotados irão essencialmente condicionar a durabilidade de uma habitação. Levando em consideração os materiais empregados nas construções de ambos os sistemas, e realizando uma análise isolada do material principal de cada uma delas, podemos concluir que a madeira apresenta uma durabilidade inferior quando comparada com os materiais como o tijolo e betão. Mas os parâmetros como qualidade de execução, medidas para conservação e manutenção se configuram como fatores de maior relevância do que a resistência destes materiais.

Nas construções pré-fabricadas em madeira a espessura da madeira que é empregada influencia diretamente sua durabilidade, assim como o local que será implantado a mesma, pois o clima vai influenciar muito, assim com a pormenorização construtiva. As madeiras de reflorestamento utilizadas na construção das casas pré-fabricadas passam por um processo de autoclave, fazendo com que essa madeira tenham uma maior durabilidade, prevenindo o seu apodrecimento e reduzindo o ataques por organismos xilófagos.

Observando os quadros 3.2 e 5.3 pode ser verificado que as casas pré-fabricadas em madeira vêm a apresentar uma garantia relevante e algumas empresas apresentam valores em torno dos 15 a 30 anos. Nas construções tradicionais em alvenaria, é verificado que as garantias que são fornecidas, são garantias obrigatórias por lei, em torno dos 5 anos, com ordem de grandezas bem diferente das casas pré-fabricadas.

Podemos concluir que a durabilidade de ambas as soluções não é uma situação de fácil análise quando se pretende compara-las, mas podemos afirmar que essas durabilidades são semelhantes. É necessário realizar um bom planejamento do projeto para que este venha a atender as exigências da melhor maneira possível e que os procedimentos técnicos de manutenibilidade sejam cumpridos no tempo certo pelos construtores, pois as estruturas em madeira demanda um maior rigor nas suas manutenções.

6.2.11. MANUTENIBILIDADE

A manutenibilidade de um edifício tem como objetivo que tanto no projeto como no manual de uso, sejam estabelecidos, ações, manutenção do sistema construtivo e os prazos de vida útil de projeto para as diferentes partes que compõem o sistema construtivo, onde seja especificado o plano de manutenção a ser utilizado, com as práticas necessárias e os materiais a serem utilizados em limpezas, serviços de manutenção preventiva e quaisquer consertos ou substituições.

Além de tudo que já foi dito, precisa apresentar informações importantes sobre o manuseio e uso, como fixação de elementos suspensos, localização das instalações elétricas, hidráulicas e gás, maneiras corretas de realizar inspeção e manutenções nessas instalações, cuidados que devem ser levado em conta com as paredes de fachada e das paredes internas, entre outras considerações que sejam relevantes ao uso dos sistemas construtivos.

O manual deve ser fornecido pela construtora ou incorporadora e deve atender ao regulamento disposto na ABNT NBR 14037 [55].

A solução pré-fabricada em madeira e a solução tradicional em alvenaria apresentam acabamentos adequados em todos os seus espaços que necessitam de uma constante manutenção. Nos espaços internos tanto as casas em madeira como as casas em alvenaria apresentam paredes internas revestidas com materiais de fácil limpeza.

No nível das manutenções, pode se dizer que ambas as soluções apresentam o mesmo grau e a mesma necessidade de cumprimento do plano de manutenção para os diversos materiais que compõem cada sistema, mas a habitação pré-fabricada em madeira, necessita de uma manutenção periódica de 3 em 3 anos. No interior das habitações, a manutenção de ambas as soluções é relativamente fácil.

6.2.12. ADEQUAÇÃO AMBIENTAL

As técnicas que são utilizadas para analisar e avaliar o impacto ambiental gerado a partir das atividades da cadeia produtiva da construção civil é alvo de pesquisa e estudo ao longo dos anos no território brasileiro.

Os empreendimentos e suas respectivas infraestruturas, como por exemplo, arruamentos, redes de drenagem e abastecimento de água, telefonia, precisam ser pensadas, executadas e conservadas de maneira a mitigar as transformações no ambiente.

6.2.12.1. SELEÇÃO E CONSUMO DE MATERIAIS

É aconselhado que as habitações sejam executadas através de uma exploração e consumo racionalizado dos recursos naturais, com o intuito de causar um menor impacto ambiental, menor consumo de água, de energia e matérias-primas. Caso seja possível, deve se optar por utilizar materiais que causem um menor impacto ambiental, considerando sua exploração até a sua aplicação final.

Na utilização da matéria-prima madeira, é recomendado utilizar as que tenham origem confirmada mediante documentação, apresentação de certificação legal ou que sejam oriundas de manejo aceito pelos órgãos competentes, como é o caso das madeiras de reflorestamento.

Ainda é aconselhado optar por madeiras que não estejam configuradas como madeira em extinção, dando prioridade a espécies alternativas.

Um sistema de gestão de resíduos deve ser instalado no decorrer da execução da obra, com intuito de reduzir a sua geração e possibilitar a separação de forma correta para facilitar a reutilização, reciclagem ou a distribuição nos locais adequados.

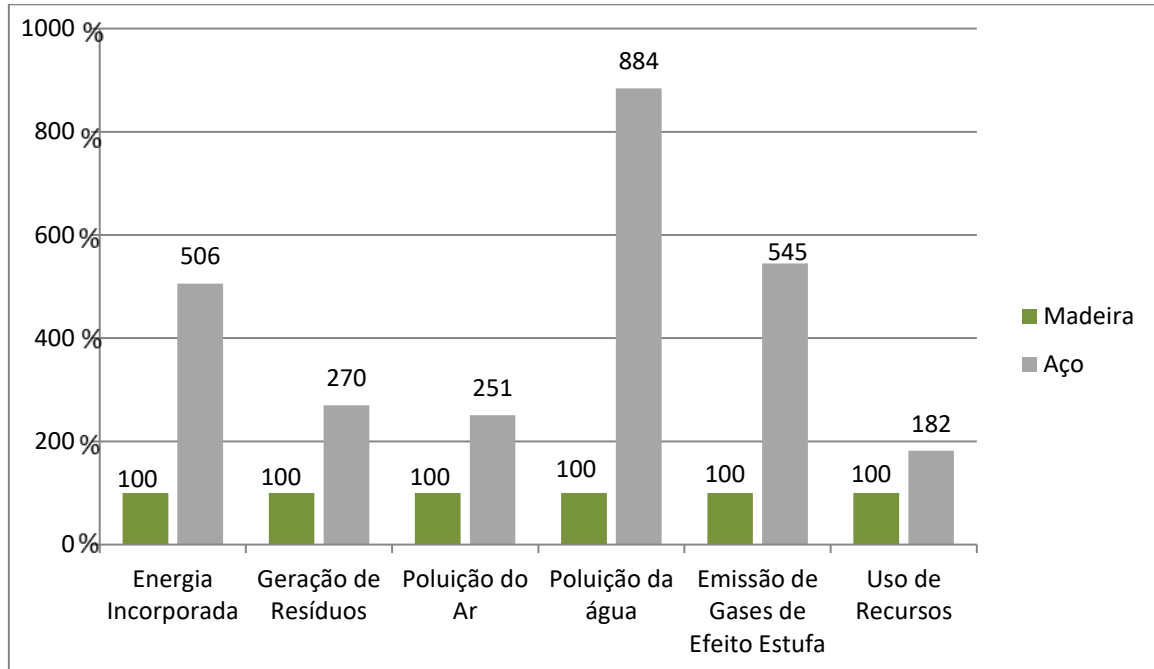


Fig.6.9 – Comparativo de conservação de recursos em relação à construção em aço [27]

6.2.12.2. COMPARAÇÃO ENTRE AS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

A madeira como já é conhecido é um dos únicos materiais totalmente naturais e renováveis que é empregado na construção civil. Os processos de conversão das árvores em madeira dependem um consumo mínimo de energia, se for comparar com outros tipos de sistemas construtivos, por exemplo, sistema em alvenaria.

Na construção civil, podemos citar o alumínio que é quase 100% recuperável, materiais à base de plástico e vidro também podem vir a ser recuperado, diferente dos tijolos cerâmicos e do betão, que o procedimento é mais difícil de executar.

A madeira proveniente do reflorestamento, além de emitir dióxido de carbono em até 105 vezes menor do que as madeiras nativas serradas recebe uma atribuição neutra em carbono, visto que o gás carbônico produzido pelo seu transporte e beneficiamento é praticamente compensado no decorrer da sua fase de crescimento, gerando um saldo deste gás na atmosfera de aproximadamente zero.

É visto também que a madeira apresenta uma energia incorporada, ou seja, demandar uma quantidade de energia direta ou indiretamente menor para erguer uma edificação, quando comparada com outros sistemas construtivos. O mesmo se aplica a energia operacional, que se caracteriza pela quantidade de energia utilizada durante a vida útil da edificação, isto é, na pós-ocupação. Essas diferenças de energias demandadas estão apresentadas na figura 6.10.

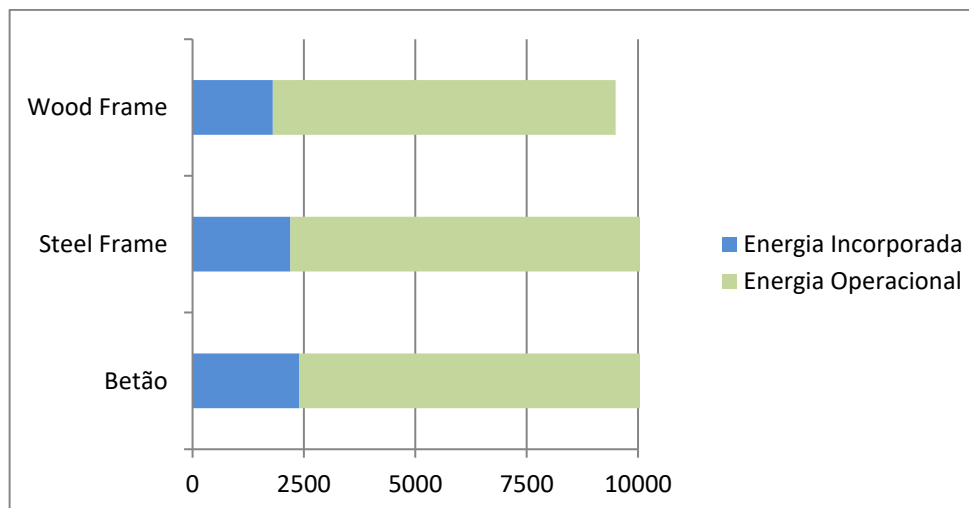


Fig.6.10 – Eficiência energética dos diferentes sistemas [27]

É de conhecimento, que os Estado Unidos da América, os produtos perfazem 47% de todos os materiais que são produzidos, sendo consumidos apenas 4% do total de energia necessária para produzir os outros materiais. [4]

6.3. ANÁLISE ECONÔMICA

O objetivo da análise econômica foi concebido de forma que fosse possível realizar uma comparação entre o sistema de pré-fabricação em madeira desenvolvida pela empresa Tecverde apresentada no capítulo 4 e uma solução tradicional em alvenaria desenvolvida pela empresa Casas Curitiba mencionada no capítulo 5.

Foi realizado um contato direto com as duas empresas curitubanas para obtenção dos orçamentos, visto que nos seus domínios de Website não é fornecido valores de referência. Esta foi uma tarefa arduosa pela falta de informação que são fornecidas pelas empresas, são disponibilizados catálogos apresetando as soluções, mas não há sequer qualquer publicação com tabelas de preços, incluindo nos melhores dos casos, processo construtivo.

Foi realizado um contato via e-mail com as empresas, visto que a distância que as empresas se localizam numa região distante impossibilitando uma visita técnica.

Por questões de confidencialidade, foi estabelecido que não fosse realizada qualquer referência ao nome dos modelos escolhidos para respeitar seu sigilo, uma vez que, não está público nos seus domínios da internet.

Todos os preços apresentados a seguir referem-se da aquisição das duas moradias, em pré-fabricação em madeira e em alvenaria de blocos, incluindo o transporte dos materiais até o local indicado, mão-de-obra, e execução total da obra, desde sua etapa da fundação até o nível dos acabamentos.

Desta maneira foi possível realizar uma comparação plausível entre as duas soluções, com valores fidedignos e reais, fazendo com que essa comparação fique o mais próximo da realidade brasileira atual.

Todos os valores demonstrados e fornecidos pelas empresas se baseiam num valor monetário expressado em reais.

6.3.1. ORÇAMENTOS FORNECIDOS PELAS EMPRESAS

6.3.1.1. CASA PRÉ-FABRICADA EM MADEIRA – TECVERDE

A empresa Tecverde utiliza metodologia de construção de suas habitações com base na modulação tridimensional, sendo acopláveis superiormente, atendendo as premissas de projeto. O preço médio fornecido pela empresa para a construção é de 396.000,00 reais, que inclui:

- Fundação do tipo radier;
- Paredes estruturas em montantes de madeiras autoclavada;
- Isolamento térmico-acústico;
- Chapas em OSB para fechamento das paredes;
- Instalação da membrana hidrófuga;
- Placas cimentícias para fechamento externo;
- Placas em gesso acartonado para fechamento interno;
- Revestimentos exteriores e interiores em pintura acrílica;
- Sistema de cobertura com isolamento térmico;
- Instalações elétricas;
- Instalações hidráulicas (abastecimento e drenagem);
- Caixilharia em alumínio com elevada qualidade;
- Projeto de arquitetura e outras especialidades;

Não estão incluído no preço os seguintes itens:

- Condicionamento do terreno;
- Levantamento topográfico;

Com o objetivo de determinar o preço por metro quadrado desta empresa foi realizado uma divisão do preço total da moradia pela sua área. O preço atingido é de 2.200 reais por metro quadrado. O prazo fornecido pela empresa para execução total do empreendimento é de 15 semanas.

Quadro 6.15 – Preço final da empresa Tecverde

Preço Unitário (R\$/m ²)	Área total (m ²)	Preço Global (R\$)
2.200,00	180	396.000,00

6.3.1.2. CASA EM ALVENARIA – CASAS CURITIBA

Esta empresa também localizada na cidade de Curitiba apresenta praticamente a mesma configuração em planta que a empresa Tecverde que fornece casas pré-fabricadas em madeira. Os preços que são demonstrados incluem os seguintes itens:

- Fundação em sapatas;
- Cobertura realizada em estrutura em madeira com isolamento térmico;
- Paredes exteriores e interiores com 11,5 cm de espessura;
- Instalações elétricas;
- Instalações hidráulicas (abastecimento e drenagem);
- Caixilharia em alumínio com elevada qualidade;
- Fornecimento das ferragens;

- Aplicação de pintura nas paredes externas;
- Aplicação das Loças e metais;

Não estão incluído no preço os seguintes itens:

- Ligação da rede de drenagem e abastecimento de água à rede;
- Local previsto no terreno para armazenamento de materiais;
- Material bruto para fundação;
- Aplicação de calhas ou rufos para recolhimento de águas pluviais;
- Regularização do terreno;

A empresa Casas Curitiba fornece um tipo de serviço baseado no chave-na-mão. Foi concedido um valor por metro quadrado de 1849,50 reais. O prazo estimado para execução de todo o empreendimento é média de 32 semanas. Os custos finais ao cliente estão apresentados no quadro 6.16.

Quadro 6.16 – Preço final da empresa Casas Curitiba

Preço Unitário (R\$/m ²)	Área total (m ²)	Preço Global (R\$)
1.849,45	180	332.900,00

6.3.2. COMPARAÇÃO ENTRE AS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

Tomando como base os valores de preço global dos sistemas construtivos que foram apresentados na seção anterior, no qual analisando os seus respectivos valores, foi possível realizar uma avaliação quantitativa dos preços e classificar as duas soluções no que diz respeito aos preços que são praticados, conforme apresentado no quadro 6.17.

Quadro 6.17 – Quadro comparativo de preços

	Casa Pré-fabricada	Casa em alvenaria
Preço (R\$/m ²)	2.200,00	1.849,45

Ao analisar o quadro acima, é possível constatar uma grande disparidade entre os valores praticados no mercado para as casas pré-fabricadas em madeira e casas utilizando sistema padrão em alvenaria. Pode ser verificado que o preço por metro quadrado em média para os sistemas em pré-fabricação em madeira é aproximadamente de 19% mais caro do que os sistemas em alvenaria.

Os preços praticados pela empresa que fornece casa em alvenaria fica sempre entre 1,6 e 1,9 mil reais por metro quadrado, sendo condicionado claramente pela qualidade de execução pretendida, e materiais que serão utilizados, como por exemplo, os acabamentos, que representam um valor consideravelmente oneroso dentro do custo global.

No que diz respeito às construções pré-fabricadas em madeira é possível constatar que a empresa apresenta um custo bastante elevado, que não é capaz de concorrer com as soluções em alvenaria e talvez com outras empresas que estão no mercado de casas pré-fabricadas.

Os preços praticados pela empresa que fornece casa pré-fabricada em madeira ficam sempre entre 2,1 e 2,4 mil reais por metro quadrado, sendo também condicionado pela qualidade do material, transporte e qualidade na execução.

As empresas de habitações pré-fabricadas em madeira e de habitações tradicionais em alvenaria apresentam diferenças que podem ser explicadas pelo próprio sistema construtivo que foi adotado, mão-de-obra empregada e condições do terreno que serão construídas.

A configuração das duas soluções construtivas são basicamente as mesmas, se diferenciado apenas no sistema estrutural basicamente, uma fazendo uso da madeira e outra recorrendo ao uso de blocos cerâmicos. As soluções apresentam serviços que não são fornecidos e não se caracterizam por serem os mesmos, os que fazem com que algumas soluções, principalmente a construção em pré-fabricação venha a onerar, como por exemplo, o fornecimento das instalações por completo da rede hidráulica e elétrica.

Quando se trata do quesito de manutenibilidade, assunto tratado na seção anterior, as habitações em madeira necessitam de uma manutenção com maior periodicidade que as casas em alvenaria. Fator este que não caracteriza negativamente o sistema construtivo em madeira, pois geralmente é considerado, diferente das habitações em alvenaria que as interferências são de caráter corretivo e não preventivas, fazendo com que encareça mais os custos.

Além dos custos de manutenção, é preciso considerar os custos de manutenção das condições de normal conforto térmico ao longo do tempo, considerando os custos energéticos relacionados aos sistemas de aquecimento no inverno e arrefecimento no verão. Estas despesas são condicionadas ao nível de composição de sua envolvente. As habitações pré-fabricadas em madeira, revestidas por chapas OSB e placas cimentícias, possuem um desempenho melhor que as casas em alvenaria tradicional com blocos, pois estas possuem uma composição em pano simples, emboço e pintura.

As casas em alvenaria para ficar válida e conseguir concorrer com as casas pré-fabricadas em madeira precisaria ter em sua composição um isolamento térmico e ser composta por pano duplo de alvenaria, visto que esta última opção se torna quase inviável pelo bioclima do Brasil.

Para ser possível realizar uma análise técnico-econômica mais exaustiva e conclusiva, é preciso reunir um conjunto grande de requisitos que precisam ser levados em consideração, os quais podem se apresentar diferentes níveis de importância de acordo com cada cliente e suas necessidades.

6.4. ANÁLISE GLOBAL DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

Nesta seção do capítulo é pretendido sintetizar uma análise realizada por meio de uma comparação entre as soluções construtivas. Neste intuito foi desenvolvido um quadro resumo (quadro 6.18) apresentando as exigências mencionadas e o comportamento das soluções construtivas. Foi formulado um sistema de classificação com o objetivo de vir a englobar as soluções em pré-fabricação em madeira (Mad) e a solução tradicional em alvenaria (Alv).

Desta maneira ao comparar os dois sistemas, quando o seu comportamento for ruim apresenta um 0, quando for suficiente 1 e quando for o melhor dos sistemas 2. No caso de comportamento semelhante entre as soluções é posto um sinal de igual (=).

Quadro 6.18 – Resumo das exigências e comparativo entre as soluções construtivas

#	Exigência de desempenho	Sub-exigência	Mad	Alv
1	Estabilidade estrutural	Estabilidade e resistência do sistema estrutural e demais elementos com função estrutural	=	=
		Deformações ou estados de fissuração do sistema estrutural	=	=
2	Segurança contra riscos de incêndio	Reação ao fogo	1	2
		Resistência ao fogo	=	=
3	Segurança no uso e na operação		=	=
4	Estanqueidade à água	Estanqueidade à água da chuva considerando-se a ação dos ventos em sistemas de vedações verticais externas	2	1
		Estanqueidade de vedações verticais internas e externas com incidência direta de água – áreas molhadas	2	1
		Estanqueidade de sistema de pisos em contato com a humidade ascendente	2	2
		Estanqueidade de sistema de pisos de áreas molhadas	2	2
5	Desempenho térmico	Requisitos no verão	2	1
		Requisitos no inverno	2	1
		Isolamento térmico das paredes exteriores e cobertura	2	0
6	Desempenho acústico	Isolação sonora promovida pelos elementos da envoltória	2	1
		Isolação sonora promovida pelas paredes internas	=	=
		Isolação sonora de lajes de pisos entre unidades habitacionais	=	=
7	Desempenho lumínico	Iluminação natural	=	=
		Iluminação artificial	=	=
8	Saúde, higiene e qualidade do ar		2	1
9	Conforto tátil e antropodinâmico	Conforto tátil e adaptação ergonômica	=	=
		Adequação antropodinâmica de dispositivos de manobra	=	=
10	Durabilidade	Vida útil de projeto do edifício e dos sistemas	1	2
11	Manutenibilidade		2	1
12	Adequação ambiental	Seleção e consumo de materiais	2	0

Ao analisar o quadro acima podemos verificar que a construção em pré-fabricação em madeira, buscam atender a todas as exigências que são estabelecidas para um sistema de construção tradicional, tendo um desempenho superior que as casas em alvenaria que são construídas no Brasil. Vindo a se destacar no desempenho térmico, qualidade do ar e sustentabilidade, com performances excelentes.

De maneira semelhante, as construções pré-fabricadas em madeira buscou minimizar todas as dificuldades que no passado dificultavam sua aquisição, construção e até concepção, pois a madeira por muitos anos vinha sendo visto como um material marginalizado perante os demais, e hoje é fornecidas casas com desempenhos ótimos em nível térmico, acústico e de estanqueidade à água.

Em nível econômico, os dois sistemas construtivos apresentam diferenças, apesar das soluções em madeira terem um custo de investimento mais elevado que as soluções tradicionais em alvenaria, e não podendo competir de maneira análoga, quando os custos se associam a questões de manutenção e utilização da moradia, as casas em madeira se apresentam como um forte adversário.

O tempo de execução é um dos pontos que mais chamam a atenção dos clientes. Por se tratar de um sistema industrializado, as casas pré-fabricadas em madeira possibilita um processo de execução bastante simples e com um prazo de conclusão bastante rápido quando comparado com o sistema tradicional em alvenaria e com isso consegue disponibilizar em pouco tempo ao cliente.

Atualmente com as grandes preocupações ambientais, as casas em madeira vêm se destacando de maneira positiva como sendo empreendimentos que mais respeita as questões ambientais principalmente pela sustentabilidade na obra. A madeira como material construtivo se caracteriza por ser um elemento renovável, apresenta um baixo consumo energético na sua utilização quando comparado com outras soluções construtivas.

A grande falta de transparência em nível de apresentação de dados e metodologias de trabalhos por parte das empresas fornecedoras tanto de casas pré-fabricadas e casas em alvenaria, foi um dos fatores que veio a dificultar a pesquisa e desenvolvimento deste trabalho.

Visto que com tudo que foi apresentado até o presente momento, pode ser verificado que as construções pré-fabricadas em madeira estarão sempre muito associadas ao seu ambiente, cheiro, toda a arquitetura envolvida, pontos que são muito atrativos e que criam uma eventual sensação especial de bem-estar e equilíbrio com a natureza. Por parte do cliente, uma avaliação dos benefícios e inconvenientes, será sempre de total ajuda e conduzirá normalmente a última palavra.

7

CONCLUSÃO

Esta seção do trabalho apresenta os resultados e conteúdos principais dos capítulos anteriores, de maneira resumida e realizando uma análise breve das conclusões mais relevantes à cerca das casas pré-fabricadas no Brasil, quando comparadas com construções mais tradicionais em alvenaria.

A dissertação tem como ponto principal o enfoque sobre as casas pré-fabricadas, habitações estas que surgiram a partir do progresso industrial ocorrido no Mundo entre o final dos anos 1800 e meados de 1900. A madeira passou a ser considerado um material marginalizado devido ao surgimento do betão armado, e as casas que utilizavam a madeira como material construtivo passaram a ser vistas como habitações precárias ou dedicadas a fins menos nobres como espaços de apoio, devido ao crescente desenvolvimento do setor industrial, em conjunto com conhecimento sobre as propriedades do betão.

A madeira como matéria-prima e consequentemente como material construtivo, começou a ganhar novamente o espaço entre os materiais construtivos mais utilizados devido ao grande cuidado com as questões ambientais, os progressos tecnológicos que o mundo estava passando e a grande demanda dos grandes centros urbanos por habitações mais baratas e que fossem executadas em um menor tempo possível. Tudi isso fez com que este material viesse a ter um maior destaque e uma maior importância no que se refere à escolha como material base estrutural das construções.

Além de ser um material renovável, estudos realizados desmontram que as madeiras brasileiras provenientes de reflorestamento possuem uma emissão 105 vezes menor que as madeiras nativas e são consideradas neutras em emissão de carbono visto que, considerando a não necessidade do seu transporte e beneficiamento, se compensa totalmente as emissões que ocorrem ao longo de sua fase de crescimento. [56]

Durante o desenvolvimento deste trabalho houve um cuidado na busca de sistemas pré-fabricados em madeira no mercado brasileiro que fossem fornecidos pelos estados de maior notoriedade e mais desenvolvidos no cenário nacional, de modo que fosse possível realizar uma analogia com casas tradicionais em alvenaria e uma avaliação técnica e econômica.

Foi constatado que os clientes brasileiros estão cada vez mais procurando casas pré-fabricadas em madeira, seja elas localizadas nos grandes centros urbanos ou nas áreas de serra, e a indústria brasileira, no setor imobiliário, está vindo a se consolidar e a realizar parcerias com outras empresas que antes se limitavam apenas a construir casas em alvenaria.

Grandes estudos e investigação estão sendo realizados por todo o país para suprir as deficiências destas, e a investir em métodos construtivos pré-fabricados, com destaque para a madeira, de maneira a que se consiga melhorar a produtividade econômica e a qualidade final das casas unifamiliares.

As soluções construtivas que foram apresentadas nesta dissertação possuem características, processos de construção e materiais, baseados e originados em países estrangeiros onde a indústria de construção

em madeira é mais desenvolvida e com certa tradição, como Estados Unidos da América, Espanha e países europeus do Centro e Norte, entre outros.

As empresas brasileiras têm esses países como referência a fim de utilizar materiais inovadores, minimizar as deficiências e melhorar o processo de construção.

De maneira a vir a equiparar as duas soluções, é possível notar que as casas pré-fabricadas em madeira têm a sua principal preocupação mais voltada para a sustentabilidade e para um maior e melhor controle e redução de resíduos no canteiro da obra e possuem um menor prazo de execução, comparado com as casas em alvenaria, embora necessitem de mão-de-obra com uma muito maior especialização e capacidades técnicas.

Sob o ponto de vista estrutural, e graças ao grande avanço das tecnologias dos materiais, a madeira e seus derivados passaram a possuir uma resistência tão boa quanto aos blocos cerâmicos, sendo possível executar estruturas semelhante a casas em alvenaria, mas com uma maior leveza.

Uma das grandes preocupações associadas a construir e adquirir uma construção pré-fabricada em madeira é o receio à cerca de seu comportamento em relação ao fogo mas, apesar da madeira ser um material bastante combustível, quando o fogo se alastra pelo material este em contato com as chamas origina uma camada de carbonização que dificulta ou atrasa a propagação da combustão.

Estas propriedades ainda são melhoradas, pois é realizado um processo de autoclavação o que confere às madeiras uma maior resistência, além que são aplicados revestimentos que garantem à habitação um desempenho equivalente às casas tradicionais em alvenaria.

O desempenho térmico é mais elevado nas habitações em madeira visto que as habitações em alvenaria do Brasil não apresentam qualquer tipo de isolamento térmico e os panos que compõem as casas se tratam de pano simples, conferindo um menor conforto térmico.

As habitações pré-fabricadas em madeira proporcionam uma melhor qualidade interna do ar, pois conseguem regular melhor a humidade do ar, devido às propriedades físicas da própria madeira.

Nos quesitos acústicos, naturalmente as casas em madeira apresentam pior desempenho em termos de isolamento, embora a madeira em si seja uma boa fonte de absorção sonora. Pensando nisso, as empresas brasileiras de pré-fabricação fornecem aos seus clientes soluções em madeira, mas incorporadas com outros elementos de revestimento como placas cimentícias no exterior e placas de gesso acartonado no interior atestando um maior nível de isolamento, se equiparando ou até superando as moradias em alvenaria.

A manutenibilidade das estruturas pré-fabricadas em madeira é uma das outras preocupações que se tem ao adquirir uma casa deste tipo. Estas passam a impressão de fragilidade quando comparadas com as casas em alvenaria, mas é importante lembrar que a madeira passa por um processo em autoclave o qual faz com que as madeiras tenham uma maior resistência em termos de durabilidade a ataques de organismos xilófagos. A manutenção deste tipo de casas é diferente de outras soluções construtivas e necessita de uma periodicidade mais apertada o qual não se traduz no entanto num aumento excessivo dos custos. Nas casas de alvenaria esta manutenção regular geralmente não ocorre e quando acontece já se configura como de correção de um problema ou anomalia relativamente grave, fazendo com que os custos venham a ser mais elevados, comparados com os sistemas em madeira.

No panorama econômico, que normalmente é o que chama atenção do cliente no primeiro momento, os sistemas em pré-fabricação apresentam um preço mais elevado que as construções tradicionais em alvenaria, não conseguindo competir com elas. Apresentam diversas vantagens como já dito anteriormente, principalmente no prazo de construção tornando-a bastante atraente.

O Brasil, por ser um país demasiado grande, apresenta certa deficiência em expandir este tipo de solução para os demais estados, mas aos poucos, este tipo de sistema vem ganhando mais espaço no mercado nacional e um crescente interesse por parte dos clientes.

Como conclusão final deste trabalho desenvolvido podemos afirmar que a Construção de habitações em madeira, como material construtivo base, apresenta muito boas características de resistência e beleza e está em um processo constante de melhoria.

Espera-se ter conseguido contribuir com este trabalho para um melhor conhecimento desta alternativa construtiva para habitações unifamiliares no Brasil, com destaque para os estados do Sul e Sudoeste.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Amorim Faria, J. *Divisórias leves prefabricadas – Conceção e avaliação da viabilidade de um sistema realizado com base em madeira e derivados*, Dissertação de Doutoramento, FEUP, 1996.
- [2] Sánchez, J., Martitegui, F., Martitegui, C., Alvarez, M., Sánchez, F., Nevado, M. *Casas de madeira*, Asociación de investigación técnica de las industrias de la madera y corcho. AITIM, 1995.
- [3] Mendez Vaz, S. *Avaliação técnica e económica de casas pré-fabricadas em madeira maciça*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2008.
- [4] Torres Caridade, J. *Sistemas construtivos modernos em madeira*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2010.
- [5] Amorim Faria, J. *Construir com madeira*. 7as Jornadas de construções civis. 16 de Dezembro de 1999, FEUP, Porto.
- [6] Rosa Espíndola, L. *Habitação de interesse social em madeira conforme os princípios de coordenação modular e conectividade*. Dissertação de Mestrado, UFSC, 2010.
- [7] Cruz Lina Nunes, H. *A madeira como material de construção*. <http://www.oasrn.org/3R/conteudos/areareservada/areareservada8/Madeira%20material%20de%20construcao-%20HC.pdf>. 16/04/2021.
- [8] <https://www.flickr.com/photos/fdecastrob/28858994624>. 01/03/2021.
- [9] <https://www.pinterest.pt/pin/446771225506840842/>. 01/03/2021.
- [10] Allan Mackie, B. *The owner-built log house*. Firefly Books, 2001.
- [11] <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/sod-houses>. 28/02/2021.
- [12] <http://www.underground-homes.com/pit-houses.htm>. 28/02/2021.
- [13] <https://www.tudoporemail.com.br/content.aspx?emailid=9292>. 02/03/2021.
- [14] <https://www.pagesjaunes.fr/>. 02/03/2021.
- [15] <https://oopeaa.com/project/puukuokka-housing-block/>. 03/03/2021.
- [16] <https://maderabrasil.com.br/casa-de-toras-e-troncos-em-curitiba/>. 03/03/2021.
- [17] <http://ncpe.us/wp-content/uploads/2012/07/Obrien.pdf>. 08/03/2021.
- [18] <http://quonset-hut.blogspot.com>. 10/03/2021.
- [19] <http://www.tisem.pt/>. Site da empresa portuguesa TISEM que representa em Portugal a KLH, estruturas em painéis maciços de madeira lamelada colada
- [20] <https://www.jular.pt/>. Site da empresa portuguesa Jular que representa em Portugal sistema construtivo pré-fabricado, modulação tridimensional.
- [21] <http://www.remade.com.br/revista-madeira>. 10/03/2021.
- [22] <https://www.casastropical.com.br/>. Site da empresa brasileira Casas Tropical responsáveis pela venda de kits de casas pré-fabricadas, localizadas no Estado de São Paulo.
- [23] <https://www.casaspre-rio.com>. Site da empresa brasileira Casas RIO responsáveis por vendas de casas pré-fabricadas em madeira no Estado do Rio de Janeiro.

- [24] <https://www.casaprefabricada.com.br/>. Site da empresa brasileira Diamond House encarregada de vender linhas de casas de madeira pré-fabricadas no estado de Minas Gerais.
- [25] <https://www.youtube.com/watch?v=PcmVtesUQEE&t=11s> .Simulador do tratamento do Pinus Autoclavado pela empresa Montana Química. 16/03/2021.
- [26] <https://www.jbcasas.com.br/>. Site da empresa brasileira JB Casas de Madeira responsável por fornecer habitações em madeira no estado do Espírito Santo.
- [27] <https://www.tecverde.com.br/>. Site da empresa brasileira Tecverde que desenvolve casas, prédio e sobrados em pré-fabricação de madeira sediada no estado do Paraná.
- [28] <http://wunderhaus.com.br/>. Site da empresa brasileira Wunder Haus que constroi casas pré-fabricadas em madeira no estado do Rio Grande do Sul.
- [29] <http://www.realcasas.com.br/>. Site da empresa brasileira Real Casas Pré-fabricadas que constroi casas pré-fabricadas sob a forma de kits no estado de Santa Catarina.
- [30] <http://www.cbc-incorporacoes.com/>. Site da empresa brasileira Mamute que além de casas pré-fabricadas, tem seus empreendimentos voltados para o ramo hoteleiro, sediado no estado do Ceará.
- [31] <https://www.giromarilia.com.br/noticia/giro-cidades/projeto-viabilizara-acesso-a-internet-para-milhares-de-familias-de-favelas-em-sp/37738>. 15/04/2021.
- [32] <http://paineira.usp.br/aun/index.php/2018/08/24/casas-autoconstruidas-necessitam-de-reformas-estruturais/>. 15/04/2021.
- [33] www.fabrilar.com.br/. Site da empresa brasileira Fabrilar que executa casas de alvenaria de blocos sítadas no estado de São Paulo.
- [34] <https://empreiteirapillar.com.br/>. Site da empresa brasileira Empreiteira Pillar que desenvolve casas em alvenarias e outras soluções construtivas, localizada no estado do Rio de Janeiro.
- [35] <https://fazcasa.com.br/>. Site da empresa brasileira Empreiteira Faz Casa que executa casas tanto no segmento de pré-fabricação como no sistema tradicional em alvenaria, localizado no estado de Minas Gerais.
- [36] <https://mgcasaspre.com/>. Site da empresa brasileira Empreiteira MG Casa que executa casas em alvenaria e se difere das demais por empresas por apresentar construções utilizando sistemas construtivos em betão armado, blocos térmicos e pré-fabricação usando madeira, localizada no estado do Espírito Santo.
- [37] <https://www.casascuritiba.com.br/>. Site da empresa brasileira Empreiteira Casas Curitiba que executa casas em alvenaria, pré-fabricação em madeira e construções em steel frame Localizada no estado do Paraná.
- [38] <https://madelombacasaeconstrucao.com.br/>. Site da empresa brasileira Madeloomba que executa casas em alvenaria e em madeira maciça, além da venda de materiais de construção. Localizada no estado do Rio Grande do Sul.
- [39] <https://www.visualcasasesobrados.com.br/>. Site da empresa brasileira Visual que executa casas em alvenaria e em madeira maciça. Localizada no estado de Santa Catarina.
- [40] <https://www.ecotijolo.com.br/>. Site da empresa brasileira ECO Tijolo Fortaleza que executa casas em alvenaria utilizando seus tijolos ecológicos localizado no Ceará.

- [41] <https://www.gov.br/inmetro/>. 14/04/2021.
- [42] Diretriz SINAT N° 005 – Rev. 02 – Diretrizes para avaliação técnica de produtos: Sistemas construtivos estruturados em peças leves de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas, SINAT, 2017.
- [43] NBR 15575-1 – Edificações habitacionais – Parte 1: Requisitos gerais, ABNT, 2013.
- [44] NBR 15575-2 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais, ABNT, 2013.
- [45] NBR 15575-3 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos, ABNT, 2013.
- [46] NBR 15575-4 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE, ABNT, 2013.
- [47] NBR 15575-5 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas, ABNT, 2013.
- [48] NBR 14432 – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimentos, ABNT, 2001.
- [49] [http://fipai.org.br/Minerva%2003\(02\)%2001.pdf](http://fipai.org.br/Minerva%2003(02)%2001.pdf). 16/04/2021.
- [50] <http://estruturasdemadeira.blogspot.com/2013/>. 16/04/2021.
- [51] NBR 10821-2 – Esquadrias para edificações – Esquadrias externas – Parte 2: Requisitos e classificação, ABNT, 2017.
- [52] NBR 15220-3 – Desempenho térmico de edificações – Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, ABNT, 2003.
- [53] <https://www.sience.com.br/blog/acessibilidade-na-construcao-regras-para-edificios/>. 21/04/2021.
- [54] NBR 9050 – Acessibilidade a edificações, mobiliários, espaços e equipamentos urbanos – ABNT, 2020.
- [55] NBR 14037 – Manual de operação, uso e manutenção das edificações – Conteúdo e recomendação para elaboração e apresentação, ABNT, 1998.
- [56] <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/95469?locale-attribute=en>. 28/04/2021.