



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL E CONSTRUÇÃO CIVIL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL:**  
**ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL**

**MARIANA DE ARAÚJO LEITE**

**CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES PRÉ-FABRICADAS EM *WOOD FRAME* PARA  
HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NO ESTADO DO CEARÁ: ANÁLISE DA  
VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA, TÉCNICA E AMBIENTAL**

**FORTALEZA**

**2017**

MARIANA DE ARAÚJO LEITE

CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES PRÉ-FABRICADAS EM *WOOD FRAME* PARA  
HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NO ESTADO DO CEARÁ: ANÁLISE DA  
VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA, TÉCNICA E AMBIENTAL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

L554c Leite, Mariana de Araújo.

Construção de edificações pré-fabricadas em wood frame para Habitação de Interesse Social no Estado do Ceará : Análise da viabilidade econômico-financeira, técnica e ambiental / Mariana de Araújo Leite. – 2017.

217 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Fortaleza, 2017.

Orientação: Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini.

1. Sistema construtivo wood frame. 2. Análise de viabilidade. 3. Construção em madeira. 4. Habitação de Interesse Social. 5. Industrialização da construção. I. Título.

CDD 624.1

---

MARIANA DE ARAÚJO LEITE

CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES PRÉ-FABRICADAS EM *WOOD FRAME* PARA  
HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NO ESTADO DO CEARÁ: ANÁLISE DA  
VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA, TÉCNICA E AMBIENTAL

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Civil: Estruturas e Construção Civil da  
Universidade Federal do Ceará, como requisito  
parcial para a obtenção do Título de Mestre em  
Engenharia Civil. Área de concentração:  
Construção Civil

Aprovada em: 18/05/2017

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Marcos Ronaldo Albertin  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Humberto Ramos Roman  
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

---

Prof. Dr. Ricardo André Fiorotti Peixoto  
Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)

A todos aqueles que querem fazer do mundo  
um lugar melhor

## AGRADECIMENTOS

À Deus, sempre bondade e justiça, que me proporcionou o dom da vida e a capacidade de escolher o caminho do bem.

Aos meus pais, por me propiciarem as condições de me desenvolver como pessoa e como profissional, sempre me apoiando e me dando o maior tesouro do mundo: o amor.

Ao meu irmão, pelo apoio e paciência nas horas difíceis, sendo fundamental na minha estrutura familiar, complementando a energia de amor.

Ao Professor Bertini, profissional dedicado, pessoa excepcional, amigo para além do mestrado, por me ajudar na minha busca por um mundo melhor.

Ao Marcelo Sacco, ao Ivan Cavalvante e a todos os profissionais da TETTI pelo empenho e disponibilidade em me introduzir ao mundo do *wood frame*.

Ao Waldemar Gehring Junior, pela atenção e ensinamentos em dias tão corridos, obrigada pelas lições sobre a natureza da madeira.

Ao Guilherme Stamato, pela ajuda atenciosa em cada encontro.

À Empresa Tecverde pelo empenho em me ajudar a cumprir nossa missão em comum: disseminar a construção em *wood frame* para tornar o setor da construção civil mais industrializado e sustentável.

À Carla Monich e à Mariana Cavanha, engenheiras da Tecverde, pelo carinho como eu fui recebida e por todo retorno que me foi dado, gratidão por me ajudar a enriquecer este trabalho com toda a experiência vivenciada.

À Sguario, por abrir suas portas de forma tão gentil e solícita.

Ao Euclesio Manoel Finatti minha gratidão especial, seu cuidado comigo e seu exemplo de vida me fizeram acreditar em um mundo bom! Sem suas palavras este trabalho não teria o mesmo peso.

À Marina Rêgo, amiga e sócia, a empolgação que eu via em seus olhos impulsionava minha escrita e minha vontade de fazer cada vez melhor.

Ao Hugo, meu companheiro nas alegrias e nos momentos difíceis, obrigada por ser meu porto seguro mesmo com tantos desafios no seu caminho, me sinto protegida e acolhida!

A todos os professores e colegas do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará que contribuíram para minha formação como mestre em engenharia civil.

E a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram na elaboração e para o sucesso desta dissertação.

## RESUMO

Vários estudos apontam diferentes sistemas construtivos eficientes para a construção de Habitações de Interesse Social (HIS), porém é comum a todos estes o fator da industrialização da construção. É nesse contexto que é possível destacar o sistema *wood frame* pré-fabricado, objeto de estudo da pesquisa em questão, solução que se adequa à demanda da construção para HIS por vários fatores, como os relacionados à produtividade, qualidade, rapidez, ganhando destaque pelo fator sustentável. Esse sistema é uma solução construtiva ainda relativamente nova no Brasil, apesar de não se tratar de uma novidade em relação ao mundo. Ainda não ganhou espaço em todos os estados brasileiros, estando concentrado no sul e sudeste do país, onde estão localizadas as fábricas de pré-fabricação dos painéis em madeira. Assim, a pesquisa tem como meta analisar a viabilidade econômico-financeira, técnica e ambiental, e as implicações da utilização do sistema construtivo *wood frame* em forma de painéis pré-fabricado na construção de Habitações de Interesse Social (HIS) no Estado do Ceará. Para isso, inicialmente foram realizadas visitas técnicas em empresas brasileiras representantes de todas as etapas do ciclo de produção de edificações em *wood frame*. A partir dessas visitas, analisou-se fatores técnicos de maior destaque e questões sobre os impactos ambientais do sistema, buscando adaptar para a realidade do Estado do Ceará, visando a análise de viabilidade técnica e ambiental. Como continuidade, elaborou-se cenários hipotéticos para análise dos custos da implantação deste sistema no Estado do Ceará, buscando analisar a viabilidade econômico-financeira. Além da abrangência nacional, buscou-se um olhar para as práticas internacionais, referências no assunto, de forma a comparar com a produção brasileira, visando uma caracterização mais realista, abordando vantagens e limitações percebidas. Os resultados apontaram que é viável, dentro dos aspectos estudados, a implantação do sistema *wood frame* no Ceará para a tipologia HIS, obedecendo as limitações estabelecidas no trabalho. Apontam ainda que há a necessidade de uma maior divulgação do sistema, suas características e possibilidades de uso, para que o conhecimento gere nos profissionais da construção civil e na população em geral maior interesse e confiança, tornando o *wood frame* uma possibilidade real para todos os lugares do Brasil. Conclui-se que este é um trabalho inicial visto que no Estado do Ceará é o primeiro estudo sobre o assunto, o que fornece a possibilidade de ser continuado, aperfeiçoado e desenvolvido a partir de outras vertentes e visões de outros autores.

**Palavras-chave:** Sistema construtivo *Wood frame*; Viabilidade; *Panelized home*; Madeira; Habitação de Interesse Social; Pré-fabricação em madeira.

## ABSTRACT

Several studies point to different efficient building systems for the construction of Habitation of Social Interest (HIS), but is common to all these the construction industrialization factor. In this context, it is possible to highlight the prefabricated wood frame system, object of study of the research in question, a solution that is adequate to the construction demand for HIS due to several reasons, such as those related to productivity, quality, speed, gaining prominence by the sustainable factor. This system is a constructive solution still relatively new in Brazil, although it is not a novelty to the world. It has not yet gained space in all Brazilian states, being concentrated in the south and southeast regions of the country, where the pre-fabrication factories of wood frame panels are located. Thus, the research aims to analyze the economic-financial, technical and environmental feasibility and the implications of the use of the prefabricated wood frame construction system in the construction of Habitation of Social Interest (HIS) in the State of Ceará. For this, initially technical visits were made in Brazilian companies that representing all stages of the cycle of production of buildings in wood frame system. From these visits, technical factors of greater prominence and questions about the environmental impacts of the system were analyzed, seeking to adapt to the reality of the Ceará State, aiming the analysis of technical and environmental feasibility. As a continuity, hypothetical scenarios were elaborated to analyze the costs of the implementation of this system in the State of Ceará, seeking to analyze the economic-financial feasibility. In addition to the national scope, it was sought to observe some international practices, references in the subject, in order to compare with Brazilian production, aiming a more realistic characterization, addressing perceived advantages and limitations. The results indicated that it is feasible, within the studied aspects, the implantation of the wood frame system in Ceará for the HIS typology, obeying the limitations established in the work. Also indicate that there is a need for wider dissemination of the system, its characteristics and possibilities of use, so that the knowledge manages in the construction professionals and the general population increased interest and confidence, making the wood frame is a real possibility for all the Brazilian regions. It is concluded that this is an initial work since in the State of Ceará is the first study on the subject, which provides the possibility of being continued, improved and developed from other strands and visions of other authors.

**Keywords:** Wood frame; Feasibility; Construction system; Panelized home; Wood; Habitation of Social Interest; Prefabrication in wood.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de ferramenta <i>Business Model Canvas</i> .....	34
Figura 2 – Tipos de edificação em madeira com construção <i>in loco</i> .....	46
Figura 3 – Exemplo de estrutura de edificação em toras em construção .....	46
Figura 4 – Exemplo de edificação em madeira no sistema <i>post and beam</i> .....	48
Figura 5 – Exemplos de construção em madeira no sistema <i>timber frame</i> .....	49
Figura 6 – Primeira obra no sistema <i>ballon frame</i> .....	51
Figura 7 – Exemplo de construção em madeira no sistema plataforma .....	52
Figura 8 – Descrição dos elementos dos sistemas em madeira leve .....	53
Figura 9 – Tipos de edificações industrializadas em madeira .....	59
Figura 10 – Exemplo de construção com painéis em <i>wood frame (panelized home)</i> .....	60
Figura 11 – Exemplos de edificações em módulos tridimensionais.....	61
Figura 12 – Sistemas construtivos em madeira predominantes no Brasil (anterior à implantação do sistema em madeira leve).....	62
Figura 13 – Resumo dos procedimentos metodológicos .....	67
Figura 14 – Localização das visitas técnicas em São Paulo.....	76
Figura 15 – Localização das visitas técnicas no Paraná .....	76
Figura 16 – Uso de <i>Kanban</i> na empresa Tecverde.....	85
Figura 17 – Experiência de desempenho térmico.....	96
Figura 18 – Modelo de negócio pelo Método Canvas.....	104
Figura 19 – Projeto modelo de casa térrea popular, padrão MCMV.....	105
Figura 20 – Tamanho do mercado alvo do negócio em estudo.....	112
Figura 21 – Gráfico de tendência do crescimento do VPL com o nº de casas vendidas.....	132
Figura 22 – Comparação de valores de <i>Payback</i> .....	133
Figura 23 – Gráfico de comparação da TIR nos três cenários.....	133
Figura 24 – Comparativo de resultados de VPL e TIR de cenário modificado.....	134
Figura 25 – Troncos de madeira dispostos para beneficiamento.....	153
Figura 26 – Troncos separados de acordo com sua classificação de tamanho.....	154
Figura 27 – Tronco de madeira sendo medido a laser para otimizar corte.....	155
Figura 28 – Serra de fita utilizada para o corte da madeira.....	156
Figura 29 – Placas de madeira, resultado de segundo corte, sendo analisadas .....	156
Figura 30 – Peças de madeira separadas mecanicamente.....	157
Figura 31 – Peças de madeira sendo empilhadas .....	158

Figura 32 – Lotes de peças de madeira.....	158
Figura 33 – Câmara de secagem de peças de madeira .....	159
Figura 34 – Tipos de aproveitamento de resíduos de madeira .....	160
Figura 35 – Câmara de secagem de peças de madeira da empresa Fuste.....	161
Figura 36 – Peças de madeira empilhadas, prontas para processo de secagem.....	162
Figura 37 – Interface de software para controle de câmara de secagem da madeira .....	163
Figura 38 – Dados de entrada de software de secagem de madeira .....	164
Figura 39 – Sequência do processo de proteção de peças de madeira .....	165
Figura 40 – Fábrica de painéis da Tetti .....	166
Figura 41 – Equipamentos utilizados na fábrica da empresa Tetti.....	167
Figura 42 – Exemplo de projetos de um painel em <i>wood frame</i> .....	168
Figura 43 – Disposição das peças da estrutura na mesa de montagem .....	169
Figura 44 – Junção das peças com pregos galvanizados .....	170
Figura 45 – Estrutura de painel de <i>wood frame</i> comprimido em mesa de montagem .....	171
Figura 46 – Medição de diagonais de estrutura comprimida.....	171
Figura 47 – Placas de OSB na estrutura em esquadro.....	171
Figura 48 – Fixação de placas de gesso no painel.....	172
Figura 49 – Movimentação dos painéis em <i>wood frame</i> .....	173
Figura 50 – Execução de segunda face com painel em pé ou deitado.....	173
Figura 51 – Região interna finalizada de painéis em <i>wood frame</i> .....	173
Figura 52 – Acabamento da face externa do painel de <i>wood frame</i> .....	174
Figura 53 – Aspecto final do painel de <i>wood frame</i> com acabamento externo em EIFS.....	175
Figura 54 – Transporte dos painéis em caminhão .....	176
Figura 55 – Banheiros prontos em módulos tridimensionais no sistema <i>wood frame</i> .....	176
Figura 56 – Escritório da empresa Tecverde .....	178
Figura 57 – Fábrica de painéis em <i>wood frame</i> da Tecverde .....	178
Figura 58 – Fundação de casa em <i>wood frame</i> .....	181
Figura 59 – Guindaste Hidráulico de Cabo IMK 30.5 E.....	182
Figura 60 – Limpeza do Radier para receber os painéis.....	183
Figura 61 – Ajuste do prumo do primeiro painel ao Radier (fundação) .....	184
Figura 62 – Ajuste da malha de fibra de vidro ao Radier (fundação) .....	184
Figura 63 – Nivelamento da face do painel com a face do Radier (fundação).....	185
Figura 64 – Alocação de painel em <i>wood frame</i> no Radier (fundação) .....	186
Figura 65 – Materiais utilizados na fixação dos painéis.....	187

Figura 66 – Fixação dos painéis .....	188
Figura 67 – Último painel sendo alocado, dando forma à edificação em <i>wood frame</i> .....	189
Figura 68 – Montagem da cobertura da edificação em <i>wood frame</i> .....	190
Figura 69 – Ancoragem da edificação em <i>wood frame</i> .....	190
Figura 70 – Etapas finais: telhas e fita para tratamento de juntas das placas de gesso .....	191
Figura 71 – Casas em <i>wood frame</i> com estrutura pronta .....	191
Figura 72 – Casa em <i>wood frame</i> finalizadas.....	192
Figura 73 – Interior parcialmente pronto de casa em <i>wood frame</i> .....	192
Figura 74 – Primeiro bloco do edifício em <i>wood frame</i> .....	193
Figura 75 – Segundo bloco do edifício em <i>wood frame</i> .....	194
Figura 76 – Sistemas de acabamento e isolamento externos de painéis em <i>wood frame</i> .....	195
Figura 77 – Cuidados para o bom funcionamento do sistema de isolamento externo .....	197
Figura 78 – Caixa e estrutura de escada em <i>wood frame</i> .....	198
Figura 79 – Instalações elétricas em pavimento superior.....	198
Figura 80 – Instalações elétricas e hidráulicas em banheiro da edificação .....	199
Figura 81 – Demonstração de segurança na fixação de objetos nas paredes .....	199
Figura 82 – Dupla camada de gesso acartonado no acabamento interno dos edifícios.....	200
Figura 83 – Tratamento de juntas de placas de gesso de parede e de forro.....	201
Figura 84 – Apartamento com acabamento interno finalizado.....	202
Figura 85 – Casas, construídas com o sistema <i>wood frame</i> , em uso na cidade de Curitiba...	202
Figura 86 – Fixação de objetos suspensos nas paredes .....	203
Figura 87 – Instalação de tomada, danificando acabamento de parede.....	204
Figura 88 – Stand da ReThink Wood .....	206
Figura 89 – Maquete de edifício em madeira .....	207
Figura 90 – Etapas de utilização da metodologia de modelagem BIM.....	212
Figura 91 – Prédio em <i>wood frame</i> e concreto nos Estados Unidos .....	213
Figura 92 – Edificação mista em blocos de concreto e madeira em Santa Bárbara/CA .....	214
Figura 93 – Edificação em <i>wood frame</i> em Santa Bárbara/CA.....	215
Figura 94 – Prédio em <i>wood frame</i> nos Estados Unidos.....	216

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos tipos de edificação em madeira estrutural.....	44
Tabela 2 – Resumo das empresas e edificações onde foram realizadas as visitas técnicas .....	75
Tabela 3 – Resultados da visita técnica à empresa Sguario .....	78
Tabela 4 – Resultados da visita técnica à empresa Fuste .....	80
Tabela 5 – Resultados da visita técnica à empresa Tetti .....	82
Tabela 6 – Resultados da visita técnica à empresa Tecverde .....	84
Tabela 7 – Resultados da visita técnica às casas em execução em Itapeva (SP).....	86
Tabela 8 – Resultados da visita técnica ao Edifício em <i>wood frame</i> em Araucária (PR) .....	88
Tabela 9 – Resultados da visita técnica às casas em uso em Curitiba (PR) .....	90
Tabela 10 – Cálculo da estimativa da inflação .....	117
Tabela 11 – Resumo dos valores estimados de investimento inicial.....	119
Tabela 12 – Custos com MD para uma unidade habitacional .....	120
Tabela 13 – Custos mensais com colaboradores .....	121
Tabela 14 – Resumo dos custos mensais estimados de CIP .....	123
Tabela 15 – Pagamento da equipe de administração e supervisão .....	124
Tabela 16 – Taxa de despesas do negócio .....	125
Tabela 17 – Condições de financiamento.....	127
Tabela 18 – Montagem do fluxo de caixa do cenário esperado .....	128
Tabela 19 – Cálculo dos Indicadores <i>Payback</i> simples e descontado .....	129
Tabela 20 – Indicadores de viabilidade: VPL, TIR e IL .....	129
Tabela 21 – Proposta de diferentes cenários para comparação .....	130
Tabela 22 – Fluxo de caixa e <i>Payback</i> para os três cenários.....	131
Tabela 23 – Análise de cenário com aumento gradual da capacidade produtiva .....	134

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Análise do Ciclo de Vida
B2B	Business to Business
B2G	Business to Government
BIM	Building Information Model
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CEF	Caixa Econômica Federal
CIP	Custos Indiretos de Produção
CM	Coordenação Modular
CO <sub>2</sub>	Gás Carbônico (ou Dióxido de Carbono)
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EIFS	Exterior Insulation and Finish System
EPS	Poliestireno Expandido
EUA	Estados Unidos da América
FC	Fluxo de Caixa
FGV	Fundação Getúlio Vargas
GIDUR	Gerência de Desenvolvimento Urbano da Caixa Econômica Federal
HABITAFOR	Fundação de Desenvolvimento Habitacional de Fortaleza
HIS	Habitação de Interesse Social
MCMV	Minha casa Minha Vida
NBR	Norma Brasileira
OGU	Orçamento Geral da União
OSB	Oriented Strand Board
PARHIS	Coordenadoria de Parcelamento do Solo e HIS
PR	Paraná
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade

UFC	Universidade Federal do Ceará
UNEP	United Nations Environment Programme
VPL	Valor Presente Líquido
VT	Vitória (ES)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>1.1</b>	<b>Contextualização</b> .....	<b>17</b>
<b>1.2</b>	<b>Breve contextualização do Estado do Ceará</b> .....	<b>20</b>
<b>1.3</b>	<b>Habitação de Interesse Social (HIS)</b> .....	<b>21</b>
<b>1.4</b>	<b>Problema de Pesquisa</b> .....	<b>24</b>
<b>1.5</b>	<b>Justificativa</b> .....	<b>25</b>
<b>1.6</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>26</b>
<b>1.6.1</b>	<b><i>Objetivo Geral</i></b> .....	<b>26</b>
<b>1.6.2</b>	<b><i>Objetivos Específicos</i></b> .....	<b>26</b>
<b>1.7</b>	<b>Delimitações da pesquisa</b> .....	<b>27</b>
<b>1.8</b>	<b>Estrutura do trabalho</b> .....	<b>27</b>
<b>2</b>	<b>ANÁLISE DE VIABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL</b> .....	<b>30</b>
<b>2.1</b>	<b>Conceituação</b> .....	<b>30</b>
<b>2.2</b>	<b>Análise quantitativa de viabilidade: aspecto econômico-financeiro</b> .....	<b>31</b>
<b>2.2.1</b>	<b><i>Questões econômicas inerentes ao projeto</i></b> .....	<b>32</b>
<b>2.2.1.1</b>	<b><i>Modelo de negócio</i></b> .....	<b>32</b>
<b>2.2.1.2</b>	<b><i>Estudo de mercado</i></b> .....	<b>34</b>
<b>2.2.2</b>	<b><i>Questões financeiras inerentes ao projeto</i></b> .....	<b>35</b>
<b>2.2.2.1</b>	<b><i>Aspectos monetários da gestão de projetos</i></b> .....	<b>35</b>
<b>2.2.2.2</b>	<b><i>Ferramentas de análise financeira</i></b> .....	<b>36</b>
<b>2.2.3</b>	<b><i>Análise de sensibilidade e de cenário</i></b> .....	<b>38</b>
<b>2.2.3.1</b>	<b><i>Análise de sensibilidade</i></b> .....	<b>38</b>
<b>2.2.3.2</b>	<b><i>Análise de cenário</i></b> .....	<b>39</b>
<b>2.3</b>	<b>Análise qualitativa de viabilidade: aspectos técnico e ambiental</b> .....	<b>39</b>
<b>3</b>	<b>CONSTRUÇÃO EM MADEIRA E SISTEMA CONSTRUTIVO WOOD FRAME</b> .....	<b>43</b>
<b>3.1</b>	<b>Edificação em madeira: esclarecendo conceitos</b> .....	<b>43</b>
<b>3.2</b>	<b>Sistemas construtivos em madeira estrutural com construção <i>in loco</i></b> .....	<b>45</b>
<b>3.2.1</b>	<b><i>Edificação em Toras</i></b> .....	<b>46</b>
<b>3.2.2</b>	<b><i>Edificação com estrutura em madeira pesada (Heavy Timber)</i></b> .....	<b>47</b>
<b>3.2.2.1</b>	<b><i>Sistema Porticado (Post and Beam)</i></b> .....	<b>48</b>
<b>3.2.2.2</b>	<b><i>Sistema Entramado (Timber Frame)</i></b> .....	<b>49</b>

3.2.3	<i>Edificação com estrutura em madeira leve</i> .....	50
3.2.3.1	<i>Sistema com estrutura em balão (Balloon Frame)</i> .....	50
3.2.3.2	<i>Sistema com estrutura em plataforma (Platform Frame)</i> .....	51
3.3	<b>Industrialização da construção e sistemas construtivos industrializados em madeira estrutural</b> .....	55
3.3.1	<i>Conceituação</i> .....	55
3.3.2	<i>Sistemas industrializados em madeira estrutural</i> .....	58
3.3.2.1	<i>Módulos de pequenas e grandes dimensões (Panelized Home)</i> .....	59
3.3.2.2	<i>Módulos tridimensionais (Manufactured Home)</i> .....	61
3.4	<b>Breve panorama nacional da construção em wood frame</b> .....	62
3.4.1	<i>Histórico</i> .....	62
3.4.2	<i>Normalização</i> .....	63
4	<b>METODOLOGIA</b> .....	66
4.1	<b>Delineamento da pesquisa</b> .....	66
4.1.1	<i>Etapa 1: Levantamento Bibliográfico</i> .....	68
4.1.2	<i>Etapa 2: Visitas técnicas / Pesquisa de campo</i> .....	68
4.1.3	<i>Etapa 3: Análise de viabilidade técnica e ambiental</i> .....	69
4.1.4	<i>Etapa 4: Análise de viabilidade econômico-financeira</i> .....	70
5	<b>ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E AMBIENTAL</b> .....	73
5.1	<b>Considerações iniciais</b> .....	73
5.2	<b>Análise de viabilidade técnica na prática: resultado das visitas técnicas</b> ....	74
5.2.1	<i>Visitas técnicas no Brasil</i> .....	74
5.2.1.1	<i>Obtenção e beneficiamento de matéria prima (madeira): Empresa Sguario</i> ....	77
5.2.1.2	<i>Tratamento da madeira contra ataques biológicos: Empresa Fuste</i> .....	79
5.2.1.3	<i>Utilização da madeira tratada para fabricação de painéis: Empresa Tetti</i> .....	81
5.2.1.4	<i>Utilização da madeira tratada para fabricação de painéis: Empresa Tecverde</i> 83	
5.2.1.5	<i>Montagem dos painéis in loco: Casas em execução em Itapeva (SP)</i> .....	85
5.2.1.6	<i>Montagem dos painéis in loco: Edifício em wood frame em Araucária (PR)</i> ...	87
5.2.1.7	<i>Desempenho das edificações em uso: Casas em uso em Curitiba (PR)</i> .....	88
5.2.2	<i>Visitas técnicas nos Estados Unidos da América</i> .....	90
5.3	<b>Análise de propriedades da tecnologia wood frame</b> .....	92
5.3.1	<i>Análise da resistência estrutural</i> .....	94
5.3.2	<i>Análise do desempenho térmico e acústico</i> .....	95
5.3.3	<i>Análise da segurança contra incêndio</i> .....	97



<b>5.3.4</b>	<b><i>Análise da durabilidade.....</i></b>	<b>98</b>
<b>5.4</b>	<b><i>Análise ambiental do sistema wood frame.....</i></b>	<b>98</b>
<b>6</b>	<b><i>ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA.....</i></b>	<b>103</b>
<b>6.1</b>	<b><i>Considerações iniciais: idealização do modelo de negócio .....</i></b>	<b>103</b>
<b>6.1.1</b>	<b><i>Apresentação do modelo de negócio.....</i></b>	<b>103</b>
6.1.1.1	<i>Proposta de valor .....</i>	104
6.1.1.2	<i>Segmento de clientes .....</i>	107
6.1.1.3	<i>Canais.....</i>	107
6.1.1.4	<i>Relacionamento com os clientes.....</i>	107
6.1.1.5	<i>Fluxo de receita.....</i>	108
6.1.1.6	<i>Recursos chave.....</i>	108
6.1.1.7	<i>Atividades chave.....</i>	109
6.1.1.8	<i>Parceiros chave.....</i>	110
6.1.1.9	<i>Estrutura de custo .....</i>	110
<b>6.1.2</b>	<b><i>Estudo do mercado alvo do negócio .....</i></b>	<b>111</b>
6.1.2.1	<i>Qual é o mercado alvo? .....</i>	111
6.1.2.2	<i>Quais são os produtos concorrentes ou substitutos? .....</i>	112
6.1.2.3	<i>Qual a precificação do produto em estudo? .....</i>	113
6.1.2.4	<i>Qual o volume produzido? .....</i>	114
6.1.2.5	<i>Qual a sazonalidade?.....</i>	115
<b>6.1.3</b>	<b><i>Resumo da caracterização do negócio.....</i></b>	<b>115</b>
<b>6.2</b>	<b><i>Análise dos benefícios e sacrifícios.....</i></b>	<b>117</b>
<b>6.2.1</b>	<b><i>Estabelecer os investimentos iniciais.....</i></b>	<b>118</b>
<b>6.2.2</b>	<b><i>Determinar custos e despesas.....</i></b>	<b>119</b>
6.2.2.1	<i>Custos com Material Direto (MD) .....</i>	120
6.2.2.2	<i>Custos com Mão de Obra Direta (MOD).....</i>	120
6.2.2.3	<i>Custos Indiretos de Produção (CIP).....</i>	122
6.2.2.4	<i>Despesas.....</i>	124
<b>6.2.3</b>	<b><i>Averiguar precificação adequada.....</i></b>	<b>125</b>
<b>6.2.4</b>	<b><i>Simular condições de financiamento.....</i></b>	<b>126</b>
<b>6.2.5</b>	<b><i>Verificar despesas com tributação.....</i></b>	<b>127</b>
<b>6.3</b>	<b><i>Montagem de fluxo de caixa e análise dos indicadores.....</i></b>	<b>127</b>
<b>6.4</b>	<b><i>Análise de diferentes cenários .....</i></b>	<b>130</b>
<b>6.5</b>	<b><i>Discussão dos resultados .....</i></b>	<b>134</b>

<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>137</b>
<b>7.1</b>	<b>Sugestões de trabalhos futuros.....</b>	<b>140</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>142</b>
	<b>APÊNDICE A – RELATÓRIO DE VISITAS TÉCNICAS NACIONAIS..</b>	<b>153</b>
	<b>APÊNDICE B – RELATÓRIO DA MISSÃO TÉCNICA AOS EUA .....</b>	<b>205</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

De acordo com a ABNT NBR 15575-1 (2013, p. 10) sistema construtivo pode ser definido como “a maior parte funcional do edifício. Conjunto de elementos e componentes destinados a atender a uma macrofunção que o define”. Por essa definição, entende-se que sistema construtivo engloba toda a parte funcional da execução de uma edificação, isto é, “chama-se sistema construtivo uma maneira bem definida de execução que contemple, pelo menos, estrutura portante, vedações, aberturas, cobertura e instalações básicas” (SANTOS, 2008, p. 15). Tem-se conhecimento de diversos tipos de sistemas construtivos, os quais se diferenciam tanto pelos insumos envolvidos na construção, como pelas características intrínsecas ao resultado final, como conforto térmico, acústico, qualidade do ambiente interno, dentre outros aspectos.

A escolha do sistema construtivo para a construção de uma edificação depende de vários fatores que vão além dos custos, podendo estar associados à necessidade de redução de tempo de execução da edificação, ou ainda aos valores cultivados pelos clientes do projeto. Assim, ao longo dos anos, grupos distintos de pessoas desenvolveram diferentes sistemas construtivos de acordo com as necessidades inerentes às suas características locais, seja cultural, climática ou até mesmo ideológica. E é assim até hoje, onde se tem vários continentes, vários países e cada um possui seu sistema construtivo predominante. Os Estados Unidos da América (EUA), por exemplo, têm 85 a 90% das habitações unifamiliares construídas em *wood frame* (Goetzl e McKeever 1999; Obiso 1997, *apud*, Memari, *et al.*, 2014, p. 24), método construtivo amplamente utilizado também em outros países como, por exemplo, segundo Molina *et al.* (2010), o Canadá na América do Norte, a Alemanha na Europa, o Japão na Ásia, além do Chile e da Venezuela na América do Sul.

Já no Brasil, segundo a ABDI (2015, p. 25), o sistema construtivo mais utilizado é caracterizado pelo uso de métodos ou processos convencionais provenientes de antigas tradições locais, como as construções em taipa, e “modificados com o advento do concreto armado no Brasil, onde passou a ser utilizado o sistema independente de estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação com o uso abundante de mão de obra”. Santos (2008) confirma essa afirmação em seu trabalho, alegando que o sistema construtivo convencional, ou o mais utilizado, é o sistema do concreto armado, para todos os tipos de edificações, tanto formais ou legalizadas, quanto as informais. Essa predominância se deve a alguns aspectos como menor

custo inicial, abundância de matéria prima e costume da mão de obra com o sistema, aspectos que influenciam muitos gestores a tomar a decisão de utilizar esse sistema sem considerar uma visão do processo de construção como um todo e sem ponderar com as vantagens trazidas por sistemas construtivos alternativos. Segundo Nakamura (2014), no Brasil, em se tratando de sistemas inovadores, muitas soluções alternativas à tradicional são recebidas com desconfiança e com a ideia de que estes são mais caros do que os convencionais. Por outro lado, o sistema do concreto armado possui vantagens conhecidas, principalmente as relacionadas ao custo iniciais, caso contrário não seria o sistema escolhido para a maior parte das edificações brasileiras. “Mas, ainda que esse sistema tenha contribuído de modo extraordinário para a institucionalização da engenharia e da arquitetura no Brasil, é fato que ele apresenta também muitos aspectos negativos” (SANTOS, 2008, p. 16). Alguns dos gargalos mais significativos do sistema construtivo convencional brasileiro estão relacionados à “processos com altos custos, baixo nível de planejamento, baixa qualificação do trabalhador, altos índices de desperdícios, baixa qualidade e incidências de manifestações patológicas, e baixo desempenho ambiental” (ABDI, 2015, p. 25).

Holbrook (1999) afirma que cada vez mais o caráter pouco sustentável das edificações em concreto armado ganha maior visibilidade, tanto entre os envolvidos do setor da construção, mas também entre os clientes finais, onde práticas sustentáveis se apresentam cada vez mais como um item que gera valor. A percepção do esgotamento dos recursos naturais impulsionou a indústria da construção a lançar um olhar para práticas sustentáveis no setor, principalmente por este ser um dos maiores responsáveis pelo consumo desses recursos, segundo Relatório da United Nations Environment Programme (UNEP) (2009). Além disso, e nesse sentido, com o advento da desaceleração da economia brasileira, o foco na redução de desperdícios, não só financeiros, mas também de tempo e de recursos, é cada vez mais perceptível, necessidade apontada em estudos, como o da Fundação Getúlio Vargas (FGV) (2012), que afirma que o setor da construção civil precisa elevar a sua produtividade. É nesse cenário que vários autores apontam a industrialização da construção como alternativa de solução, tanto para a redução dos desperdícios como para o aumento da agilidade de execução.

Uma das formas mais usuais de utilização de soluções industrializadas no setor da construção civil é na construção de Habitações de Interesse Social (HIS). É consenso no setor da construção civil que os programas habitacionais dos governos brasileiros necessitam aderir a sistemas construtivos inovadores e mais industrializados para atingir seus objetivos em termos, por exemplo, de produtividade e custos, e, assim, conseguir combater de forma mais eficaz o déficit habitacional brasileiro. O déficit habitacional brasileiro ainda é preocupante,

pois uma parcela expressiva da população ainda não tem acesso à moradia digna. De acordo com dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2016), em 2014 o déficit no Brasil ficava na casa dos 6,2 milhões, onde aproximadamente 30% desse valor se encontrava na região Nordeste. Especificamente no Estado do Ceará, onde o déficit ultrapassou 250 mil unidades habitacionais, algumas soluções construtivas para reduzir essa demanda vêm sendo utilizadas nos últimos anos. O setor da construção civil tem papel importante na melhora dessa realidade, trazendo soluções econômico-financeiras e tecnologicamente mais eficientes.

Com isso, é válido questionar quais os métodos construtivos mais adequados para esse tipo de habitação, visto que há uma grande quantidade destes e que essa adequação depende de outros fatores, como por exemplo, os custos, a especialização de mão de obra, além a disponibilidade de material em cada região. Vários estudos apontam diferentes sistemas eficientes para HIS, porém é comum a todos os métodos o fator da industrialização da construção, em maior ou menor proporção, vista como um meio para se atingir determinadas exigências desse tipo de habitação, e não um fim em si só. É nesse contexto que é possível destacar o sistema *wood frame* pré-fabricado, ou painelizado, objeto de estudo da pesquisa em questão, partindo da hipótese de que se trata de uma solução que se adequa à demanda brasileira da construção de Habitação de Interesse Social por fatores avaliados ao longo da pesquisa.

Apesar de já ser utilizado em grande escala em alguns países desenvolvidos, esse sistema é uma solução construtiva ainda relativamente nova no Brasil (Kadoo Filho, 2014). É possível encontrá-la principalmente no sul e sudeste do país, onde estão localizadas as fábricas de montagem dos painéis e onde se encontram os maiores fornecedores de madeira plantada e de outros componentes da construção civil transportados e utilizados na região Nordeste. Nos outros estados do país, o sistema *wood frame* pré-fabricado ainda não ganhou espaço no mercado, estando seu uso ainda cercado de muito desconhecimento e atrelado a ideias errôneas e por vezes preconceituosas, sendo questionado por muitos com relação à sua eficiência e eficácia frente aos sistemas convencionais (MOLINA *et al.*, 2010).

Diante disso, a presente pesquisa se propõe a analisar a viabilidade da construção de edificações utilizando o sistema *wood frame* painelizado, com foco no Estado do Ceará, acreditando ser este sistema adequado à construção local de HIS. O estudo ocorrerá em torno dos aspectos econômico-financeiro, técnico e ambiental, como apresentado nos próximos capítulos.

## 1.2 Breve contextualização do Estado do Ceará

Diante da delimitação do presente trabalho de analisar as condições de implantação do sistema *wood frame* no Estado do Ceará, faz-se necessária uma breve contextualização da realidade deste Estado.

O Estado do Ceará está situado na Região Nordeste do Brasil. Geograficamente, situa-se um pouco abaixo da linha do Equador, numa posição nitidamente tropical entre 2° 46'30" e 7°52'15" de latitude sul e 37°14'54" e 41°24'45" de longitude leste. Ab'Sáber (1999) comenta a influência dessa localização geográfica em características do Estado, como as climáticas:

Há muitos outros fatores que respondem pela marcante originalidade das terras do Nordeste seco, a começar pelo fato de que elas ocupam posição geográfica anômala, mais próxima do Equador do que dos trópicos. O ritmo do clima regional, porém, continua sendo tropical, com duas estações bem marcadas: uma muito seca, outra moderadamente chuvosa, cuja continuidade, entretanto, está sujeita a fortes rupturas ao longo dos anos.

Assim, o autor aponta a ocorrência comum das grandes secas no Ceará, fator que influencia diretamente a economia local, além dos impactos sociais.

Grande parte do território cearense é constituído por depressões, localizadas na região central do estado. Ab'Sáber (1999) desmistifica em seu trabalho a ideia de que o Nordeste seco é o império das chapadas, uma inverdade. “Em 85% do seu espaço total, a região semi-árida brasileira se estende por depressões interplanálticas”. Em outras palavras, as depressões se encontram entre as porções planálticas e as planícies da região litorânea.

Com relação à vegetação, a Caatinga é predominante em quase todo o Estado. Sobre a vegetação cearense, Ab'Sáber (1999) afirma que:

Completa o quadro um revestimento baixo de vegetação - arbustivo-arbórea, ou arbóreo-arbustiva, e, muito raramente, arbórea, comportando folhas miúdas e hastes espinhentas, adaptadas para conter os efeitos de uma evapotranspiração muito intensa. Vegetação quase totalmente caducifólia - cinza-calcinada nos meses secos, exuberantemente verde nos chuvosos - com algumas intrusões de pleno xerofitismo, representado por diversas espécies ou comunidades de cactáceas: mandacarus, coroas-de-frade, facheiros, xique-xiques e outros cardos alastrantes.

Pelo Ceará se localizar em área de domínio da Caatinga, como apresentando, seu clima é caracterizado por ter seu período chuvoso restrito a 3 ou 4 meses do ano, e é possível

perceber que a forte sazonalidade do bioma influencia a existência de uma fauna e uma flora adaptadas à essas condições.

A partir dessa contextualização, é possível identificar alguns fatores particulares do Estado, que o diferencia dos locais onde o sistema *wood frame* já foi implantado no Brasil, e para onde a tecnologia foi adaptada.

Nota-se primeiramente que a vegetação existente no Ceará não é a usual para a construções de edificações no sistema *wood frame* a partir da tecnologia existente hoje. Para esse tipo de construção, necessita-se de uma madeira plantada leve, como o pinus, espécie mais comumente utilizado para esse fim. Daí a necessidade da importação de madeira dos Estados Sul e Sudeste do Brasil, ou ainda de estudos que comprovem a segurança do uso da madeira cearense em edificações em *wood frame*, para que a implantação desse sistema construtivo seja efetiva no Estado.

Outro fator importante a ser destacado é o clima cearense, diferente do encontrado em outros Estados, o que gera um questionamento quanto ao desempenho térmico das edificações em *wood frame* no Ceará. Pela descrição, observa-se a predominância de um clima semi-árido, com temperaturas elevadas o ano inteiro. Com isso, as edificações necessitam de sistemas construtivos com desempenho térmico que possibilitem mais eficiência energética, visto que os altos gastos com energia no Estado são atribuídos em parte à climatização de ambientes.

Além da questão geográfica, é possível apontar as questões sociais que geram ideias errôneas sobre a construções com madeira. Porém, essa não é uma característica particular do Estado, visto que ao se implementar uma inovação faz-se necessário um processo de quebra de paradigma. Em outras palavras, há a necessidade da disseminação do conhecimento sobre *wood frame* para que a população se sinta mais confortável e segura ao adquirir uma construção desse tipo.

### **1.3 Habitação de Interesse Social (HIS)**

Habitação de Interesse Social é um tema já bastante discutido em diversas áreas do conhecimento, sobretudo por percorrer questões de cunho político, cuja história na realidade brasileira pode ser encontrada facilmente em fontes de pesquisa. Porém, pelo presente trabalho estar delimitado a essa tipologia construtiva, faz-se necessária uma síntese de conceitos importantes para o bom entendimento da discussão no decorrer do trabalho.

Primeiramente, é importante destacar que a definição de Habitação de Interesse Social é um conceito que conta com definições nos âmbitos estaduais e municipais, isto é, pode sofrer alterações de acordo com as legislações locais. Isso pode ser confirmado em algumas definições genéricas que já foram utilizadas em alguns casos, como em decretos de órgãos federais como o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Na resolução nº 412, de 13 de maio de 2009, o Art. 4º, em Brasil (2009), conceitua Empreendimentos Destinados à Construção de Habitações de Interesse Social, o qual diz que se trata de “Conjuntos habitacionais destinados à moradia de população de baixa renda, assim considerada pela legislação em vigor”. Independente da origem da definição, todas se interligam por 3 fatores:

1. **É uma construção voltada para população de baixa renda.** No entanto é importante destacar que o caráter da construção pode ocorrer tanto no aspecto de inclusão das populações de menor renda, mas também em relação a aspectos, como situações de risco, preservação ambiental ou cultural. (LARCHER, 2005);
2. **A definição de baixa renda depende de critérios determinados no âmbito municipal, estadual ou federal.** Por exemplo, para o município de São Paulo, HIS “corresponde àquela destinada a família com renda igual ou inferior a 6 (seis) salários mínimos, de promoção pública ou conveniada ao Poder Público, nos termos do disposto no Capítulo IV do decreto 44.667/04” (PARHIS, 2016), diferente do município de Fortaleza que considera 3 ao invés de 6 salários mínimos (HABITAFOR, 2016);
3. **As habitações recebem incentivos públicos,** mas não são necessariamente produzidas pelos governos, “podendo a sua produção ser assumida por empresas, associações e outras formas instituídas de atendimento à moradia” (LARCHER, 2005).

Assim, a melhor forma de definir Habitação de Interesse Social para o presente trabalho é: **Habitação de Interesse Social (HIS) é toda e qualquer edificação, construída com incentivos públicos, e destinada à população de baixa renda, assim considerada por definição em lei municipal, estadual ou federal.**

Em segundo lugar, é importante destacar também o papel das entidades governamentais envolvidas. A Caixa Econômica Federal (CEF), com atuação em programas de Habitação Popular para a União, auxilia no financiamento de Habitações de Interesse Social com o objetivo de “viabilizar à população de baixa renda o acesso à moradia adequada e regular,



bem como o acesso aos serviços públicos, reduzindo a desigualdade social e promovendo a ocupação urbana planejada”. (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2016). O programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), por exemplo, um dos programas de Habitação Popular mais notórios, foi criado para atender ao déficit habitacional urbano para famílias de baixa renda, a partir de recursos transferidos do Orçamento Geral da União (OGU). A gestão de tais programas é feita pelo Ministério das Cidades, que estabelece as diretrizes para o acesso a estes.

De acordo com a Caixa Econômica Federal (2016), outros três participantes são:

1. **Ministério da Fazenda e do Planejamento, Orçamento e Gestão** – com o papel de rever anualmente, juntamente com o Ministério das Cidades, as diretrizes para o acesso à HIS, além de estabelecer a remuneração da CEF pelos serviços prestados a União como instituição financeira;
2. **Estados, Municípios e Distrito Federal**, ou respectivos órgãos das administrações direta ou indireta, que aderirem ao programa – com participação estabelecida por meio da assinatura do Termo de Adesão com a CEF;
3. **Empresas do setor da Construção Civil** – com o papel de apresentar propostas e, quando aprovadas, atuar na elaboração e execução de projetos, dentro dos parâmetros estabelecidos pela CEF.

Além dos parâmetros de renda familiar, há também alguns parâmetros limitadores relacionados a área física da habitação. No programa MCMV, especificações para a tipologia I (casa térrea) e II (apartamento) são determinadas, limitando quantidade de compartimentos, área interna útil, material de acabamento, dimensões dos cômodos, dentre outros (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2016).

Diante das definições apresentadas, assim como da influência percebida do déficit habitacional brasileiro na necessidade de construções de HIS, resumida no presente tópico, mas descrita facilmente em diversos meios, é possível afirmar que essas construções devem possuir características adequadas que viabilizem seu processo construtivo de forma mais eficiente. Em outras palavras, deve-se pensar nos fatores que as construções de HIS demandam, como rapidez na entrega, grande volume de construções e baixo custo sem perder qualidade, para a melhor seleção de materiais e sistemas construtivos que mais se adequem a essa demanda, como é defendido por Mello (2004).

Mello (2004) afirma que muitas das tecnologias que surgiram para o desenvolvimento de habitações populares não se adaptaram ao contexto técnico devido a baixa qualidade dos materiais e processos construtivos, introduzidos sem os devidos cuidados na sua implantação. O autor também afirma que isso veio se modificando no Brasil quando veio à tona

a preocupação com a avaliação de desempenho e do controle de qualidade. A partir desse pensamento, “novos sistemas construtivos surgiram no cenário nacional como alternativas aos produtos e processos tradicionais até então utilizados, visando principalmente à racionalização e à industrialização da construção” (PENAZZI *ET AL.*, 2014).

Penazzi *et al.* (2014) defendem o uso de sistemas construtivos industrializados para HIS afirmando que estes podem garantir o melhor funcionamento e operação das construções de HIS “uma vez que tais sistemas suprem a demanda da construção em massa, já que possuem concepção e fabricação voltadas à execução em série, com foco na qualidade de uso e operação do setor de habitação popular brasileiro”.

Um dos sistemas construtivos atualmente atuante na construção brasileira de HIS é o sistema *wood frame* painelizado, o qual alinha seu caráter industrializado à demanda de execução dessa tipologia construtiva. Neste trabalho, o sistema *wood frame* será explorado visando conhecer sua viabilidade na construção de HIS no Estado do Ceará.

#### 1.4 Problema de Pesquisa

No contexto da industrialização da construção, vários autores enfatizam a presença do caráter artesanal e manufatureiro ainda bastante forte na indústria da construção civil brasileira, como Villela (2012) que aborda em seu trabalho a necessidade de uma reestruturação produtiva no setor. Por esse pensamento, fica claro que o caráter artesanal da construção civil ainda prevalece sobre o uso de alternativas mais eficientes, como as soluções industrializadas, podendo-se destacar o sistema *wood frame* pré-fabricado que possui ainda pouca representação nas construções brasileiras.

A presente proposta se insere dentro de um contexto socioeconômico onde diariamente surgem novas tecnologias construtivas movidas pela busca de inovações que sejam eficientes, eficazes e sustentáveis, visando suprir a demanda habitacional, ainda bastante expressiva. O setor da construção civil tem papel fundamental nessa busca, porém o caráter artesanal ainda predomina perante os sistemas inovadores. O setor encontra-se atrasado também em relação a práticas sustentáveis, sendo um dos grandes responsáveis pelo uso indiscriminado de bens não renováveis.

Pelo contexto exposto anteriormente, é possível afirmar que o problema de pesquisa está relacionado ao **conservadorismo do setor da construção com relação a práticas e sistemas construtivos, onde modelos alternativos ao convencional ainda têm pouco espaço no mercado, mesmo tendo estes atributos que superam os da construção convencional, de**

**um ponto de vista que não somente dos custos iniciais e da habituação da mão de obra ao caráter artesanal da construção civil.**

### **1.5 Justificativa**

O interesse no objeto de estudo desta pesquisa, o sistema *wood frame* pré-fabricado, provém das suas características citadas por outros autores, que se adequam aos objetivos das construções brasileiras de HIS por alguns aspectos. Dentre estes aspectos, pode-se citar primeiramente o fator da industrialização da construção, que é aqui abordada com foco na utilização da madeira estrutural em forma de painéis pré-fabricados. Segundo Calçada (2014), a industrialização traz vantagens à continuidade do crescimento sustentável, pelo aumento da produtividade e a qualidade das obras a partir do aperfeiçoamento dos processos construtivos atuais e do investimento em processos construtivos mais modernos, com tecnologia e industrialização aplicados. Com isso, outro aspecto é o fator sustentável, visto que vários estudos apontam a construção em madeira como uma das de menores impactos ambientais (Monich, 2012), além da citada ligação com a industrialização da construção. Sob a ótica da sustentabilidade, alguns autores confirmam a necessidade de aprofundar conhecimentos a respeito das metodologias construtivas existentes, “visando incitar um repensar acerca de metodologias e técnicas já convencionadas, auxiliando a correta tomada de decisões na etapa de projeto” (BRONDANI *et al.* 2014, p. 01).

Outros aspectos vantajosos já foram citados por outros autores, como Molina *et al.* (2010) que afirmam ser um sistema com menos impactos ambientais, maior rapidez na execução, menores custos de produção, dentre outros. Assim, faz-se necessário um estudo que confirme esses aspectos adequados à realidade de outros locais onde o sistema ainda não foi implantado, como o Estado do Ceará.

O presente trabalho se justifica, então, por apresentar um estudo sobre o sistema *wood frame*, pré-fabricado na forma de painéis, um sistema construtivo alternativo ao tradicional brasileiro, visando a maior inclusão deste sistema no mercado brasileiro de HIS, focando em regiões onde este ainda não é explorado, especialmente o Estado do Ceará, confirmando sua viabilidade nos aspectos econômico-financeiro, técnico e ambiental.

Souza (2013, p. 11) aponta também a necessidade de maiores contribuições da pesquisa científica com a literatura nacional sobre *wood frame*, o que justifica mais uma vez o presente trabalho, sendo seu produto final um documento de fácil acesso e em português. Este autor afirma ainda que a concepção desse sistema no Brasil deve vir não pela cópia da produção

européia ou americana, referências no assunto, mas que estas devem ser estudadas e adaptadas ao contexto e condições regionais, de forma a viabilizar um desenvolvimento sustentável do sistema no território nacional. Com isso, o presente trabalho se justifica, por fim, pela necessidade de estudos de sistemas alternativos que apresentem características sustentáveis (BRONDANI *et al.* 2014), visto o contexto atual, apresentado anteriormente, que demanda uma melhor gestão dos recursos naturais existentes.

## **1.6 Objetivos**

### ***1.6.1 Objetivo Geral***

Analisar a viabilidade econômico-financeira, técnica e ambiental do emprego do sistema construtivo *wood frame* painelizado na construção de Habitações de Interesse Social (HIS) no Estado do Ceará.

### ***1.6.2 Objetivos Específicos***

- a) Caracterizar construções em *wood frame* visando desmistificar o paradigma relacionado à visão de que somente edificações em estruturas de concreto e alvenaria de vedação possuem bom desempenho;
- b) Coletar informações acerca do processo de produção de construções em *wood frame*, visando obter um panorama da tecnologia existente hoje e que pode ser adaptada ao Estado do Ceará;
- c) Analisar aspectos econômico-financeiros para a execução de edificações em *wood frame* no Ceará, considerando fatores como custos de produção, preço de venda e volume de produção para obtenção de lucro;
- d) Analisar aspectos técnicos de edificações em *wood frame* para avaliar a adequação do sistema para construção de Habitação de Interesse Social no Estado do Ceará;
- e) Determinar o caráter sustentável e os impactos ambientais de habitações construídas no sistema *wood frame*.

## 1.7 Delimitações da pesquisa

Sendo o campo de pesquisa do tema em estudo bastante abrangente, faz-se necessária a delimitação deste. Assim, o presente trabalho limita-se ao estudo do sistema *wood frame* de três formas:

- a) **Pré-fabricado na forma de painéis (painelização)** - O foco na pré-fabricação vem do modelo predominante adotado no Brasil para o sistema *wood frame*, além ser um meio para a industrialização da construção, fortemente defendida no presente trabalho;
- b) **Destinado a Habitações de Interesse Social** - O sistema em estudo pode ser utilizado para qualquer tipologia construtiva, desde baixo custo até alto padrão, com um ou vários pavimentos. Porém, partindo do pressuposto que a produção em larga escala valoriza o potencial do sistema em estudo, e que essa produção auxiliaria na redução do problema social da moradia, refletido no déficit habitacional, o foco do presente trabalho ficará na construção de Habitação de Interesse Social. Dentro desse tipo de habitação, o trabalho se limitará aos critérios de financiamento da Caixa Econômica Federal, no âmbito do Minha Casa Minha Vida (MCMV) faixa 1.
- c) **Voltado para o mercado cearense** - Por fim, a escolha de estudar a viabilidade da implantação do sistema *wood frame* no Ceará surgiu primeiramente por ser o local onde o estudo está sendo desenvolvido, mas também surgiu pela visão de que este sistema deve se expandir para o Brasil como um todo, e não se ater aos Estados produtores da madeira utilizada no sistema em estudo.

Além disso, dentre os tipos de análise de viabilidade existentes, descritos no capítulo seguinte, o presente estudo limita-se a analisar a viabilidade econômico-financeira, técnica e ambiental, visto que são, para um estudo pioneiro, os de maior peso para o auxílio à uma tomada de decisão.

## 1.8 Estrutura do trabalho

O trabalho está dividido em 8 capítulos, seguindo a descrição a seguir:

## **Capítulo 1 – Introdução**

Neste capítulo, o trabalho é contextualizado e justificado. Será apresentado o motivo da escolha do tema, assim como os objetivos do estudo e suas delimitações.

## **Capítulo 2 – Análise de viabilidade na construção civil**

Após a contextualização, necessita-se apresentar conceitos relacionados à viabilidade de forma a realizar uma revisão bibliográfica que embase a metodologia do trabalho. São discutidos, além dos conceitos, os tipos de análise de viabilidade de projetos, com foco nos tipos abordados no presente estudo.

## **Capítulo 3 – Construção em madeira e sistema construtivo *wood frame***

O capítulo 3 traz a revisão bibliográfica a respeito da construção em madeira, com foco no sistema em estudo, o sistema *wood frame*, com conteúdo necessário para o bom entendimento do estudo desenvolvido e apresentado nos capítulos posteriores. Alguns conceitos são esclarecidos, apresentando a definição de sistema *wood frame* e suas diferenças para sistemas similares em madeira estrutural. Apresenta-se também conceitos sobre industrialização, relacionado ao sistema de painelização em estudo. É apresentado um panorama da construção nacional em *wood frame*, com um breve histórico e uma explanação sobre a questão da normalização, visando apresentar questões legais da construção em *wood frame* no Brasil.

## **Capítulo 4 – Metodologia**

Após uma revisão bibliográfica abrangente, a metodologia do trabalho é apresentada. O delineamento da pesquisa é feito através da exposição das etapas do estudo: pesquisa bibliográfica, visitas técnicas, análise de viabilidade econômico-financeira e análise de viabilidade técnica e operacional. É apresentado também o enquadramento metodológico da pesquisa.

## **Capítulo 5 – Análise de viabilidade técnica e ambiental**

O capítulo 5 apresenta a análise técnica e ambiental do sistema *wood frame*. Inicialmente discute-se os resultados das visitas técnicas realizadas ao longo do tempo de pesquisa, descritas em relatórios apresentados nos Apêndices do trabalho. Apresenta-se a técnica construtiva utilizada no Brasil e sua adequação à realidade do mercado cearense, assim como estudos de impactos ambientais que comprovam o caráter sustentável do sistema *wood*

*frame* frente aos sistemas convencionais. Os resultados são apresentados e discutidos ao final do capítulo.

### **Capítulo 6 – Análise de viabilidade econômico-financeira**

O capítulo 6 apresenta o estudo de viabilidade econômico-financeiro, desde o levantamento de hipóteses, criação de cenários, análise dos dados até os resultados, discutidos ao final do capítulo.

### **Capítulo 7 – Conclusões**

Por fim, no capítulo 7 são apresentadas as conclusões obtidas após a apresentação e discussão dos resultados.

### **Apêndice A**

Apresenta os relatórios técnicos das pesquisas de campo realizadas no Brasil, dispostas de acordo com as etapas do ciclo produtivo de uma edificação em Wood Frame.

### **Apêndice B**

Apresenta os relatórios da missão técnica nos Estados Unidos da América (EUA).

## 2 ANÁLISE DE VIABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Este capítulo contempla o referencial bibliográfico relacionado ao assunto de análise de viabilidade. Após a apresentação inicial de alguns conceitos essenciais para o entendimento da pesquisa, será abordado o enquadramento da análise de viabilidade no setor da construção civil, apresentando justificativas para seu uso assim como sua importância.

### 2.1 Conceituação

Uma análise de viabilidade é um estudo de grande importância quando se tem um projeto a ser realizado e diferentes cenários de possibilidades de execução do mesmo. É um estudo realizado em diversas áreas do conhecimento, como também sob diversas perspectivas, com amplas aplicações (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2010).

Vários autores conceituam a análise de viabilidade de projetos, como Gehbauer *et al.* (2002), que focam inicialmente na perspectiva econômico-financeira, e afirmam que o estudo de viabilidade de um empreendimento é a “comparação entre a estimativa de custo do mesmo e os rendimentos que se espera obter por meio da sua comercialização”. Porém, ele afirma também que a viabilidade pode ser abordada sob outros pontos de vista, como o social e o ambiental, buscando verificar, além do caráter sustentável do projeto, se a realização deste gera emprego, aprimoramento técnico e desenvolvimento tecnológico, promovendo, assim, benefícios sociais.

Sob o ponto de vista do setor da construção civil, a ABDI (2015) também exalta a importância da análise de viabilidade para o setor, e a conceitua como um estudo minucioso sobre todas as variáveis determinantes para a execução de um projeto a fim de viabilizá-lo com mínimo de recursos e máximo de produtividade.

Assim, é possível perceber que em um primeiro momento a análise da viabilidade de projetos está diretamente relacionada à aspectos econômicos. Em um projeto genérico de engenharia, onde profissionais da área se deparam frequentemente com a necessidade de escolha de alternativas, o lucro é um dos principais aspectos que norteiam as decisões. Porém, de nada adianta conhecer a rentabilidade se existem outros aspectos que desfavorecem a execução do projeto, como aspectos técnicos e legais, por exemplo. Assim, Casarotto Filho e Kopittke (2010) classificam os critérios da decisão de implantação de um projeto em:

- Critérios econômicos: a rentabilidade do investimento;
- Critérios financeiros: a disponibilidade de recursos;



- Critérios imponderáveis: os fatores que não podem ser convertidos em dinheiro.

Com isso, a análise de viabilidade econômico-financeira não é suficiente para a tomada de decisão, sendo necessária, para uma análise global do investimento, a consideração de fatores não quantificáveis como restrições ou os próprios objetivos do projeto. Essa afirmação é confirmada por Ferreira (2009), que afirma que projetos de investimento podem receber, dependendo do desejo de análise, avaliação ambiental, social, financeira e econômica, isto é, avaliação ponderável e imponderável. Assaf Neto (1992) também pontua sobre o assunto, citando que:

É importante ressaltar que o investimento de capital se apresenta geralmente como uma parte (algumas vezes pequena) do processo de tomada de decisões empresariais. Frequentemente, objetivos estratégicos se apresentam como fatores decisórios relevantes na seleção de projetos de investimentos. Esta realidade frustra, em diversos momentos, posições mais teóricas de se identificar as melhores alternativas a partir unicamente dos métodos quantitativos de avaliação de investimentos. Outros fatores de importância são também considerados na avaliação, permitindo incorporar um estudo de natureza qualitativa.

Alguns autores citam outros tipos de análise de viabilidade, de caráter prioritariamente qualitativo, como a avaliação Técnica ou tecnológica, Legal, Operacional, Ambiental, Mercadológica (de marketing, ou de mercado), Política, Fiscal, de localização, Social, dentre outros (ENES, 2015). Três tipos de análise de viabilidade serão detalhadas nos subitens a seguir:

- Análise de viabilidade econômico-financeira;
- Análise de viabilidade técnica;
- Análise de viabilidade ambiental.

## **2.2 Análise quantitativa de viabilidade: aspecto econômico-financeiro**

Enes (2015) conceitua análise de viabilidade econômico-financeira como um estudo que “compara alternativas de investimento de forma a verificar se determinado projeto tem a capacidade de gerar a recuperação do capital (retorno *do* investimento) e a sua remuneração (retorno *sobre o* investimento)”. Trata-se do modelo de análise de viabilidade mais utilizado para o auxílio à tomada de decisão em projetos.

Ferreira (2009) diferencia os aspectos econômicos e financeiros deste tipo de análise de viabilidade. Para o autor, a avaliação financeira tem caráter quantitativo e busca fornecer subsídios às tomadas de decisões no âmbito da rentabilidade do projeto pela análise do seu fluxo de caixa. Assim, são analisadas as entradas e saídas, relativas a receitas ou faturamentos e custos ou despesas, e apresentado resultados numéricos para a vida útil de projeto. Ferreira (2009) afirma que a análise econômica é independente da financeira, apesar de serem complementares, sendo esta de caráter qualitativo e relativa a justificativa do projeto de investimento em determinado ambiente de economia de mercado. Em outras palavras, a análise de viabilidade econômica busca mostrar aos investidores (fornecedores do capital próprio) e financiadores (fornecedores do capital de terceiros) a razão pelo qual aquele projeto se adequa às condições de mercado indicadas na análise.

Silva Filho *et al.* (2011) afirmam que uma análise de viabilidade econômico-financeira deve seguir uma metodologia própria, porém é necessário que as informações estejam organizadas em relatório, seguindo uma ordem pré-determinada. O presente trabalho teve sua metodologia elaborada a partir das propostas de Bordeaux-Rêgo *et al.* (2013), Casarotto Filho e Kopittke (2010) e Prazeres (2016), que indicam, de forma coerente, as etapas e os procedimentos para determinar os indicadores mais importantes em uma análise de viabilidade econômico-financeira. São eles: Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Período de Retorno (*Payback*) e Índice de Lucratividade (IL).

Faz-se necessário, então, esclarecer alguns conceitos relacionados ao tema. As subseções deste tópico apresentam algumas das ferramentas disponíveis para análise de viabilidade econômico-financeira e que serão utilizadas no presente trabalho, assim como alguns conceitos importantes para o melhor entendimento do trabalho.

### ***2.2.1 Questões econômicas inerentes ao projeto***

Casarotto Filho e Kopittke (2010) consideram como critérios econômicos as questões que indicam a rentabilidade do investimento. Dentre as formas de se analisar tais critérios, é possível destacar duas metodologias: o modelo de negócio e o estudo de mercado.

#### ***2.2.1.1 Modelo de negócio***

Dias *et al.* (2006) apresentam, em síntese, o conceito de Modelo de Negócio (MN) como “uma abstração do funcionamento do próprio negócio”, isto é, a extração do conteúdo de

maior relevância de um negócio ou projeto. Osterwalder *et al.* (2010) complementam, definindo que “o modelo de negócios descreve o raciocínio de como uma organização cria, fornece e captura valor”. É possível perceber por essas definições a importância da criação do modelo de negócios como ferramenta no auxílio a tomada de decisão pela facilidade de se obter uma visão global do projeto de forma simplificada.

A ferramenta modelo de negócios surgiu em 2010 quando o autor Osterwalder, em parceria com vários outros autores, apresentou seu livro *Business Model Generation*, propondo uma metodologia que até hoje é comparada à ferramenta Plano de Negócios (PN). Salim (2012) explica tal histórico e afirma que “fica cada vez mais evidente que ambas as ferramentas são úteis em situações peculiarmente diferentes”. O autor explica que a principal diferença entre ambas, além do detalhamento e descrição abrangente do plano de negócios e da abordagem mais direta e leitura simples, clara e objetiva do modelo de negócios, é que o “o plano de negócios é uma ferramenta melhor quando de parte de certezas”. Por outro lado, o modelo de negócios se torna solução mais adequada:

[...] quando não se faz ideia de qual solução seja mais adequada, nem de como ela deve ser produzida, entregue e quanto deve custar, enfim, quando se está no escuro em relação a qual a melhor oferta para uma demanda não identificada. MN é claramente uma ferramenta ideal para as situações em que tudo que se tem são hipóteses e a maior parte delas não testadas, [...] quando não se tem um passado de onde aprender e calibrar as estimativas. MN é uma ferramenta melhor quando se parte de incertezas.

Diante dessa visão, utilizou-se no presente trabalho a ferramenta *Business Model Canvas* (OSTERWALDER ET AL., 2010) para elaboração do modelo de negócios, como subsídio para o desenvolvimento da análise de viabilidade econômico-financeira da implantação do sistema *wood frame* painelizado no Ceará. A ferramenta constitui de um espaço retangular segmentado em 9 blocos que indicam as respostas aos seguintes questionamentos, de acordo com a proposta de Osterwalder *et al.* (2010):

- **Proposta de valor** – O que se pretende oferecer aos clientes? Quais problemas que o projeto ou empresa ajudará a resolver?
- **Segmento de clientes** – Para quem o projeto ou empresa pretende gerar valor?
- **Canais** – Quais canais de distribuição, comunicação e venda serão usados para entregar a proposta de valor aos clientes?
- **Relacionamento com os clientes** – Como estabelecer e manter relações com os clientes?

- **Fluxo de receita** – Quais as fontes de renda do projeto? Quanto e como os clientes pagarão pela proposta de valor?
- **Recursos chave** – Quais recursos são necessários para fazer o projeto ou negócio funcionar?
- **Atividades chave** – Quais as atividades essenciais para fazer o projeto ou negócio funcionar?
- **Parceiros chave** – Quais as parcerias imprescindíveis para fazer o projeto ou negócio funcionar?
- **Estrutura de custo** – Quais são os custos de maior importância na operação do projeto ou negócio?

A Figura 1 mostra um exemplo de gráfico da ferramenta *Business Model Canvas*.

Figura 1 – Exemplo de ferramenta *Business Model Canvas*

Parcerias-chave	Atividades-chave	Oferta de valor	Relacionamento	Segmento de clientes
	Recursos-chave		Canais	
Estrutura de custos			Fontes de receita	

Fonte: Adaptado de Osterwalder *et al.* (2010)

#### 2.2.1.2 Estudo de mercado

Enes (2015) assegura a importância de uma análise de mercado no processo de tomada de decisão, afirmando ser esta, “juntamente com a viabilidade econômico-financeira, a análise mais importante, e também uma das análises menos executada no caso das pequenas empresas”. Sua importância está relacionada ao fato de que se não existir mercado para o projeto a ser implementado, este não irá se desenvolver, independente das outras viabilidades

serem positivas. Em outras palavras, que o projeto apresente uma excelente solução, se o mercado alvo é muito pequeno, ou apresenta tendências desfavoráveis, pode ser que não valha a pena investir no negócio.

Segundo Endeavor Brasil (2015) “a análise de mercado deve sempre ser considerada porque serve, em linhas gerais, para fornecer respostas a duas perguntas fundamentais: **“o que meus clientes querem?”** e **“o que meus concorrentes oferecem?”**”. Enes (2015) complementa com outros questionamentos fundamentais que podem ser feitos para conhecer o mercado, como os relacionados a definição do mercado alvo, seu tamanho e características, as tendências de mercado e a sazonalidade. É possível perceber que tais questionamentos indicam a possibilidade de melhoria do projeto em análise diante das possibilidades de adequação às demandas e ofertas do mercado. Além disso, Enes (2015) mostra que tais perguntas visam a análise de três aspectos: os consumidores, os concorrentes e os fornecedores.

### ***2.2.2 Questões financeiras inerentes ao projeto***

Casarotto Filho e Kopittke (2010) consideram como critérios financeiros as questões que indicam a disponibilidade de recursos. Alguns conceitos devem ser esclarecidos para o entendimento da análise financeira, assim como a descrição das ferramentas mais utilizadas para esse fim.

#### ***2.2.2.1 Aspectos monetários da gestão de projetos***

Segundo Vilela (2016), os resultados financeiros são a soma das receitas e dos gastos, onde receita é tudo aquilo que é arrecadado com o projeto, seja a título de venda de produto ou prestação de serviço, e gasto é o valor dos recursos adquiridos no projeto. Portanto, a receita representa todas as entradas de recursos e o gasto representa todas as saídas de recursos. Vilela (2016) desmistifica algumas nomenclaturas utilizadas em custos:

- Gasto: valor dos recursos adquiridos pela empresa;
- Desembolso: pagamento de um bem ou serviço;
- Investimento: gasto ativado em função de sua vida útil ou de benefícios atribuíveis a futuros períodos;

- Custo: valor dos recursos usados na fabricação dos produtos ou serviços da empresa;
- Despesa: valor dos recursos consumidos para outras funções que não a fabricação;
- Perda (Anormal): valor dos bens e serviços consumidos de forma anormal e involuntária;
- Desperdício (Perda “Normal”): valor dos recursos utilizados de forma não eficiente.

Casarotto Filho e Kopittke (2010) afirmam que com todos esses valores definidos, é possível utilizar ferramentas para realizar a análise de viabilidade financeira de projetos, onde são utilizadas diversas técnicas de conhecimento estudadas comumente pela disciplina de Engenharia Econômica.

#### 2.2.2.2 Ferramentas de análise financeira

Trevisan (2015) indica que “a primeira meta do estudo de viabilidade é converter o escopo do projeto em fluxo de caixa”. Em outras palavras, tem-se como fluxo de caixa o movimento de entradas e saídas de recursos ao longo do tempo. Casarotto Filho e Kopittke (2010, p. 06) confirmam essa afirmação e indicam que “a visualização de um problema envolvendo receitas e despesas que ocorrem em instantes diferentes do tempo é bastante facilitada por uma representação gráfica chamada diagrama de fluxo de caixa”. Bordeaux-Rêgo *et al.* (2013, p. 14) citam que “a projeção do fluxo de caixa do projeto é etapa fundamental do orçamento de capital” em uma análise de viabilidade econômico-financeira. Para a elaboração do fluxo de caixa, alguns conceitos são fundamentais:

**Períodos** – “Os fluxos de caixa são alocados a um instante de tempo, seguindo a convenção de capitalização ao final do período. O investimento inicial é considerado no instante zero, as receitas e os custos operacionais ocorridos ao longo de um ano são alocados ao fim do período” (Bordeaux-Rêgo *et al.* (2013, p. 14).

**Vida útil de projeto** – “Reflete a vida econômica ou obsolescência, respectivamente, dos equipamentos iniciais do projeto ou do bem ou serviço produzido” (Bordeaux-Rêgo *et al.*

(2013, p. 14). Casarotto Filho e Kopittke (2010) exemplificam o conceito afirmando que uma máquina com vida útil de cinco anos “não significa que a máquina não possa mais ser utilizada após cinco anos, mas que depois de cinco anos ela não é mais econômica”. Em outras palavras, é o período de tempo em que um projeto possui vantagens econômicas.

**Taxa mínima de atratividade (TMA) e custo de oportunidade** – Trevisan (2015, p. 37) explica de forma didática que a TMA é “o quanto o investidor quer receber, quanto ele exige de retorno para determinado nível de risco”. O autor afirma que a TMA deve ser “melhor ou igual ao custo de oportunidade”, onde custo de oportunidade é “aquilo que se abre mão para poder ter alguma coisa”. Casarotto Filho e Kopittke (2010) afirmam que, geralmente, em projetos de pessoas físicas ou de pequenas empresas utiliza-se a TMA igual à rentabilidade da caderneta de poupança ou de aplicações fixas em grandes bancos. Segundo Prazeres (2016), a TMA pode ser definida também tanto por uma escolha política dos responsáveis pelo negócio ou projeto referente ao investimento, quanto por uma escolha que represente o custo de oportunidade do capital.

**Valor presente líquido (VPL)** – É sabido que o dinheiro não possui o mesmo valor ao longo do tempo, onde cem reais hoje valem mais do que cem reais daqui a alguns meses. Por esse pensamento, Bordeaux-Rêgo *et al.* (2013, p. 11) definem VPL como “acumular no tempo presente todos os resultados (presentes e futuros)”. É também denominado de valor atual (de certa quantia numa data futura). Segundo Vilela (2016), é o indicador mais importante em uma análise de viabilidade, que indica com mais precisão se um investimento deve ou não ser feito. Buscando saber se o investimento é atrativo, o indicador VPL é comparado ao valor de referência, igual a zero (Prazeres, 2016). Segundo Ross *et al.* (2015) “se o VPL for positivo, então o projeto é viável, pois gera um retorno maior ou igual ao custo de capital investido. Porém, se o VPL for negativo, o projeto deve ser recusado, pois seu retorno é menor do que custo de capital que ele vai demandar. É importante lembrar, porém, que mesmo que o indicador VPL seja positivo é necessário verificar outros indicadores, além da adequação do projeto ao planejamento estratégico da empresa.

**Taxa interna de retorno (TIR)** – “Por definição, TIR é a taxa que obtém um Valor Presente Líquido (VPL) zero para um determinado fluxo de caixa” (Trevisan, 2015). Oliveira (1982) complementa, afirmando que “a taxa interna de retorno é aquela que torna o valor dos lucros

futuros equivalente ao dos gastos realizados com o projeto. Caracteriza, desta forma, a taxa de remuneração do capital investido”.

**Payback** – Por definição, *Payback* é o tempo que um projeto leva para retornar ao investidor o valor empenhado (Trevisan, 2015). Ross *et al.* (2015) afirmam que o método do *payback* “uma das mais populares alternativas ao VPL”, apesar de ser considerada pelos autores um método conceitualmente errado. Existem dois tipos de *payback*, o *payback* simples e o *payback* descontado, onde o segundo, por considerar o valor presente e, assim, fornecer resultados mais conservadores, é mais utilizado para análises mais precisas. Contudo, como Trevisan (2015) adverte, é perigoso tomar decisões somente pelo método do *payback*, seja o simples ou o descontado, apesar dele ser útil em diversas situações.

### 2.2.3 *Análise de sensibilidade e de cenário*

Em uma análise de viabilidade, especialmente do tipo econômico-financeira, é importante considerar os fatores de incertezas e riscos. Bordeaux-Rêgo *et al.* (2013) diferenciam incertezas de riscos, ressaltando que incertezas ocorrem quando a distribuição de probabilidade não pode ser avaliada ou medida, enquanto o risco ocorre “quando todas as ocorrências possíveis de uma certa variável encontram-se sujeitas a uma distribuição de probabilidades conhecida por meio de experiências passadas ou que podem ser calculadas”. Bordeaux-Rêgo *et al.* (2013) afirmam ainda que existem métodos de ajuste aos riscos, ou metodologias que auxiliam a diminuir a probabilidade destes. Dentre esses métodos, dois serão abordados no presente estudo: a análise de sensibilidade e a análise de cenário.

#### 2.2.3.1 *Análise de sensibilidade*

A análise de sensibilidade, conforme cita Bordeaux-Rêgo *et al.* (2013, p. 103), “visa verificar a elasticidade dos resultados do projeto em relação à variação de seus fatores críticos”. Em outras palavras, Casarotto Filho e Kopittke (2010, p. 311) conceitua análise de sensibilidade como estudo do “efeito que a variação de um dado de entrada pode ocasionar nos resultados”.

Prazeres (2016, p. 25) diz que “a execução da análise de sensibilidade consiste, comumente, na escolha de uma variável de comportamento incerto. Em seguida, propõem-se mudanças para os valores dessa variável através de aumento ou diminuição percentual”. Para Casarotto Filho e Kopittke (2010), suportado também por Ferreira (2009), um projeto é dito



sensível quando uma pequena variação no parâmetro de entrada altera em grande escala a rentabilidade deste projeto. É possível afirmar que os resultados dependem em maior parte da análise final realizada pelo profissional responsável pela análise de viabilidade, visto que aumentos e diminuições de percentuais dependem de suas posições dentro de cada contexto.

### 2.2.3.2 *Análise de cenário*

Similar à análise de sensibilidade, a análise de cenário, segundo Bordeaux-Rêgo *et al.* (2013, p. 103), leva em consideração a sensibilidade do VPL a mudanças em suas principais variáveis. Os autores citam que é interessante considerar a criação de 3 cenários: otimista, pessimista e realista.

Prazeres (2016) cita algumas das limitações do método, como a arbitrariedade quanto a idealização dos cenários otimista, pessimista e realista, e a metodologia para a escolha quanto à probabilidade de ocorrência de cada cenário, que normalmente é subjetiva. A subjetividade deve estar baseada em experiências profissionais dos responsáveis pelas análises, onde a validação dos valores deve ser consequência da decisão entre interessados

## 2.3 **Análise qualitativa de viabilidade: aspectos técnico e ambiental**

Casarotto Filho e Kopittke (2010) apresentam a necessidade da consideração de fatores qualitativos em análises de viabilidade de projetos. Os autores afirmam que tais fatores são critérios imponderáveis, isto é, são fatores não mensuráveis e não convertidos em dinheiro. Essa característica fornece aos aspectos qualitativos um caráter mais subjetivo, tornando-os dependentes do trabalho de análise, a ser feito geralmente pelos maiores responsáveis pelo projeto, competidos de estabelecer critérios de acordo com o planejamento estratégico do negócio como um todo.

Enes (2015) conceitua análise de viabilidade técnica como “a análise da capacidade de determinado projeto ser exequível”. Por ser uma análise qualitativa de viabilidade de projetos, não há uma metodologia padrão para esse estudo, visto que os aspectos a serem analisados, onde “se verifica se existem recursos técnicos e/ou tecnologia que possibilitam produzir as entregas (produto, serviço ou ideia) atendendo às especificações”, podem ser definidos de acordo com a necessidade de cada projeto (ENES, 2015).

Silva (2015), em seu trabalho sobre viabilidade técnica do sistema construtivo *light wood frame* na construção de uma unidade habitacional de dois pavimentos, busca analisar o

sistema em seus aspectos de eficiência, segurança, conforto e durabilidade. Tais aspectos foram definidos pelo autor como de maior importância para o auxílio à tomada de decisão em projetos, como por exemplo, na escolha do sistema construtivo a ser utilizado para a construção de determinada edificação.

Em 2016, a empresa Tecverde de construção no sistema *wood frame*, encomendou um estudo ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) para saber a viabilidade técnica da construção no Brasil de uma edificação de 4 pavimentos no sistema *wood frame*. O IPT (2016) apresentou como método da pesquisa:

- **Pesquisa bibliográfica** – teve como foco a bibliografia referente a construção de edificações em *wood frame* principalmente nos Estados Unidos e Alemanha;
- **Visitas técnicas** – focando na pesquisa da tecnologia em *wood frame* já existente no Brasil, visitou-se a fábrica de painéis pré-fabricados em *wood frame* da Tecverde, casas em *wood frame* em uso na cidade de Curitiba, obras em execução em *wood frame* na cidade de Suzano, e um edifício de três pavimentos em São Paulo;
- **Missão técnica ao Canadá** – por ser referência na construção em *wood frame*;
- **Análise estrutural: modelagem de um edifício** – a análise estrutural se fez necessária de acordo com a tecnologia brasileira, aliada às normas brasileiras de desempenho;
- **Estudos dos aspectos de segurança contra incêndio** – um dos aspectos de maior relevância, a segurança contra incêndio foi estudada nos parâmetros estabelecidos de acordo com a tecnologia brasileira, aliada às normas brasileiras de desempenho;
- **Estudo dos aspectos de durabilidade** – uma das maiores preocupações dos brasileiros com relação à moradia é quanto à sua durabilidade, por isso se fez necessária a análise desse aspecto visto que o material estrutural é diferente do convencional brasileiro;
- **Ensaio de retenção do produto usado no tratamento da madeira** – que influencia no aspecto da durabilidade;
- **Reuniões técnicas de discussão** – visando a validação e complementação de informações da análise de viabilidade técnica realizada.

O estudo realizado por IPT (2016) mostrou a possibilidade de montagem da estrutura do estudo de viabilidade técnica da melhor forma que convém ao projeto em análise. Por fim, o estudo mostrou que se faz necessária a análise para outras regiões do país, visto que foram considerados aspectos particulares da região para a qual o projeto em questão se destinava, não devendo este ser replicado sem análise prévia considerando a realidade desejada.

Enes (2015) afirma ainda que, em complemento à viabilidade técnica, há a análise de viabilidade operacional, que muitas vezes se confunde com o aspecto técnico em sua definição, sendo a resposta ao questionamento: existem recursos em quantidade e qualidade suficiente, que permitam que determinado projeto seja executado? É um aspecto importante a ser considerado, visto que muitas vezes o resultado das análises de viabilidade econômico-financeira e técnica são positivos, mas levam em consideração aspectos operacionais fora da realidade em estudo.

Outro fator imponderável que pode ser estudado em análise de viabilidade de projetos, especialmente os relacionados à construção de edificações, é o aspecto ambiental. Enes (2015) considera que “a viabilidade ambiental geralmente é apresentada na forma de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)”. Outros autores analisam o fator ambiental sob aspectos menos técnicos, mas ainda assim abrangentes, como por meio de estudos de casos particulares ou comparações entre alternativas.

Por ser uma análise qualitativa de viabilidade de projetos, assim como para o aspecto técnico e operacional, não há uma metodologia padrão para esse estudo, a qual pode ser definida de acordo com a necessidade de cada projeto. Amorim (2016), por exemplo, em seu trabalho intitulado “análise crítica da viabilidade econômica e ambiental dos processos de reciclagem de resíduos de construção civil no âmbito de um município”, contempla uma metodologia relacionada ao diagnóstico do processo municipal de gerenciamento de resíduos da construção civil, por meio de pesquisa de campo.

Avaliações ambientais são feitas em complemento às análises de viabilidade. No campo de estudo em questão, Monich (2012) apresentou uma avaliação ambiental de uma edificação construída no sistema *wood frame* painelizado, o qual abordou principalmente os menores valores de pegada de carbono se comparado aos métodos convencionais.

Monich (2012, p. 27) fala ainda que uma ferramenta que se destaca pela excelência e abrangência de seus resultados é a Análise, ou Avaliação, do Ciclo de Vida (ACV), “instrumento da Ecologia Industrial para a avaliação e escolha de alternativas sob a ótica ambiental”. Outros autores indicam a ACV como principal método atual para avaliação ambiental. Dada essa importância, é cada vez mais utilizada, até mesmo em análises de

viabilidade ambiental. Porém, é uma ferramenta que necessita de um banco de dados grande e softwares especializados, limitando seu uso no Brasil em muitos estudos atuais, seja sobre *wood frame* ou outro sistema construtivo.

### 3 CONSTRUÇÃO EM MADEIRA E SISTEMA CONSTRUTIVO WOOD FRAME

Este capítulo apresenta o estudo bibliográfico, sobre o sistema construtivo *wood frame*, necessário para o embasamento do presente estudo. Inicia-se com a apresentação de conceitos relacionados à construção em madeira e à industrialização da construção, focando em seguida na descrição do sistema *wood frame* propriamente dito. Um breve panorama da construção em *wood frame* no é explanado, tanto no cenário local como na realidade de outros países. Por fim, a questão normativa é abordada, visando apresentar as questões legais que regem as construções brasileiras em *wood frame*.

#### 3.1 Edificação em madeira: esclarecendo conceitos

Têm-se hoje no mercado vários tipos de construções que utilizam componentes de madeira como elemento estrutural, se diferenciando tanto pelo tipo de madeira utilizada como pela forma de disposição dos elementos na estrutura da edificação. Sendo o presente trabalho focado em um tipo específico de sistema construtivo em madeira, o *wood frame* pré-fabricado, faz-se necessária a explicação de alguns conceitos para situar o sistema em estudo dentre os vários existentes, facilitando o entendimento da discussão.

Assim, primeiramente, pode-se afirmar que o sistema *wood frame* promove a execução de uma casa de madeira, mas nem toda casa de madeira pode ser atrelada ao sistema *wood frame*. Então, definindo de forma mais clara, uma edificação em madeira estrutural trata-se de toda e qualquer edificação cuja estrutura, ou elementos que sustentam a edificação, seja em madeira. Com isso, o termo edificação em madeira não se refere ao sistema construtivo utilizado para projetar a edificação, mas sim diretamente ao material que compõe a estrutura da mesma.

Torres (2010) mostra em seu trabalho um modelo de caracterização dos tipos de edificação em madeira, afirmando que tais edificações foram inicialmente classificadas em três grandes tipos:

- Edificações em toras (ou troncos) (“Log Homes”);
- Edificações com estrutura em madeira pesada (“Heavy Timber”);
- Edificações com estrutura em madeira leve (“Light Framing”).

Porém, este autor ainda afirma que tal classificação se tornou incompleta no momento em que surgiram novos sistemas a partir do desenvolvimento tecnológico atual. Com isso, Torres (2010) propõe uma classificação das edificações em madeira estrutural, apresentada de forma adaptada na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação dos tipos de edificação em madeira estrutural

Tipo de construção	Tipo de edificação (pela estrutura)	Sistema Construtivo
Totalmente <i>in loco</i>	Edificações em toras	-
	Edificações com estrutura em madeira pesada	Porticado (Post and Beam)
		Entramado (Timber Frame)
	Edificações com estrutura em madeira leve	Estrutura em balão (Balloon Frame)
		Estrutura em plataforma (Platform Frame)
		Estrutura em <i>wood frame</i> (Light wood frame)
Com pré-fabricação de elementos estruturais em fábrica	Edificações com estrutura pré-fabricada à base de módulos	Módulos de pequenas dimensões (Panelized home)
		Módulos de grandes dimensões (Panelized home)
		Módulos tridimensionais (Modular e Manufactured Home)

Fonte: A autora, adaptado de Torres (2010), p. 31.

É possível observar que as terminologias dos sistemas construtivos, apresentadas na Tabela 1, são na maioria das vezes traduções ou interpretações dos termos em inglês, o que gera algumas dúvidas sobre a igualdade técnica entre diferentes termos. Essa afirmação é confirmada por Morgado *et al.* (2012), que propuseram nomenclaturas e classificações dos principais sistemas estruturais de madeira para habitação. Porém, por se tratar de uma classificação bastante minuciosa e detalhista, fugindo ao objetivo do trabalho, optou-se por adaptar, no presente estudo, a classificação tradicional de Torres (2010).

Uma das adaptações feitas é a inclusão do termo sistema construtivo *wood frame*, também conhecido como *light wood frame*, objeto de estudo do presente trabalho, o qual não consta na classificação original sugerida por Torres (2010). Porém, no presente estudo, o termo foi adicionado à classificação, visto que o conceito de *wood frame* está relacionado ao tipo de edificação em madeira leve, como o próprio termo *light wood frame* indica, e como é confirmado por autores como Souza (2013) que diz que “atualmente, um dos sistemas

construtivo em madeira que é mais divulgado e citado pela literatura estrangeira é a construção com estrutura leve em madeira (*Light Wood Frame Construction*)”.

Da classificação original de Torres (2010), é possível separar os tipos de edificações em construção *in loco* e construção com pré-fabricação de elementos estruturais em fábrica, enfatizando a construção em madeira à base de módulos, onde se encontra o objeto de estudo do presente trabalho. A industrialização de edificações em *wood frame* encontra-se presente na classificação de Torres (2010), em edificações com estrutura pré-fabricada à base de módulos, e subdividida em 3 tipos diferentes de sistemas. Sendo o presente estudo limitado a responder à demanda brasileira de HIS, o sistema a ser destacado será o *Panelized Home*, ou sistema em módulos de pequenas dimensões, acreditando ser o que mais se adequa às características da realidade atual desse tipo de habitação e do cenário brasileiro. O sistema *Panelized Home* não possui, de forma consolidada, um nome com tradução para o português. Porém, fazendo um neologismo com o termo em inglês, este sistema vai ser chamado neste trabalho de “painelização”. Apesar do sistema *wood frame* pré-fabricado ser abordado neste segmento, a industrialização de edificações em madeira pode ser realizada tomando como base outros sistemas construtivos, os quais não serão abordados porquanto fogem do tema em estudo.

É importante destacar que esta classificação feita por Torres (2010) exclui outros sistemas posteriores aos de estruturas leves que não sejam modulares, também fora do interesse deste trabalho. Outros autores mapearam os sistemas em madeira estrutural visando a construção de edificações, onde outras ramificações podem ser encontradas. Dentre eles, Morgado *et al.* (2012) apresentou uma proposta de classificação de sistemas de construção em madeira para habitação, onde é possível encontrar uma maior diversidade de tipos de sistemas.

Com isso, faz-se necessária uma explanação básica de cada tipo de edificação da classificação apresentada na Tabela 1, visando esclarecer conceitos e identificar as diferenças entre eles.

### **3.2 Sistemas construtivos em madeira estrutural com construção *in loco***

Os sistemas construtivos abordados neste item são ilustrados com foco na construção de edificações *in loco*, isto é, que não são industrializadas. Porém, é importante destacar que tal divisão foi implementada neste trabalho para fins didáticos, onde os sistemas industrializados abordados posteriormente ganharam destaque pelo caráter fabril, não impossibilitando que os sistemas abordados neste item possam eventualmente ganhar caráter industrializado. Neste item, serão abordadas edificações em toras, em madeira leve e em

madeira pesada, além de seus subtipos. A Figura 2 ilustra os tipos de edificação em madeira com construção *in loco*.

Figura 2 – Tipos de edificação em madeira com construção *in loco*



Fonte: Adaptado de SILVA (2004).

### 3.2.1 Edificação em Toras

Sánchez *et al.* (1995) afirmam que as primeiras edificações em toras de madeira datam da idade da pedra, identificadas na Polónia e Turquia, sendo o tipo de construção em madeira mais antigo dentre os tipos mais utilizados. Como o próprio conceito indica, são aquelas edificações em madeira construídas com as toras, ou troncos das árvores, isto é, sem passar por intervenções substanciais em suas dimensões ou estrutura originais.

É possível identificar facilmente uma edificação com estrutura construída utilizando-se de toras de madeira devido a sua aparência final, onde a madeira fica aparente em sua forma original e é possível perceber claramente os elementos estruturais. A Figura 3 mostra um exemplo de estrutura de edificação em toras.

Figura 3 – Exemplo de estrutura de edificação em toras em construção



Fonte: <http://www.naturalloghomes.co.nz/Recentprojects.html>



Os sistemas construtivos em toras possuem como característica vantajosa, além da aparência atraente do produto final, percebida na Figura 3, o fato de ser “o único que dispensa qualquer tipo de revestimento ou acabamento”. (TORRES, 2010). Nesta Figura, é possível perceber também que as seções das toras possuem dimensões diferentes, uma das características predominantes do caráter artesanal e manufactureiro deste sistema. Na maioria dos casos, as toras são talhadas de forma manual, de acordo com técnicas pré-determinadas, o que favorece a aparência rústica e não padronizada.

Em termos de desempenho, é um sistema pensado originalmente para regiões frias, pois a característica da madeira de reter calor torna-se altamente conveniente, auxiliando a eficiência térmica da edificação. (ALTOÉ, 2009).

Dentre as limitações das edificações em toras, pode-se citar fatores como pouca adequabilidade em regiões quentes e baixa produtividade devido ao seu caráter artesanal em grande parte. Porém, de acordo com Bittencourt (1995), a maior das limitações de edificações em toras é o alto consumo de madeira e, conseqüentemente, o impacto ambiental que isto causa.

No Brasil, as primeiras construções com toras de madeira estão atreladas à técnica da taipa de pilão, segundo Altoé (2009). Porém, ainda segundo a autora, construções contemporâneas em troncos de madeira, em seu estilo tradicional, são possíveis de serem encontradas, principalmente sob a influência dos arquitetos Gerson Castelo Branco, José Zanine Caldas e Severiano Porto.

### **3.2.2 Edificação com estrutura em madeira pesada (*Heavy Timber*)**

Bibliografias acerca de sistemas construtivos em madeira pesada podem ser encontradas usualmente sob a nomenclatura *Heavy Timber* (CSI, 2005). Morgado *et al.* (2012) assimilam em seu trabalho esse tipo de construção sob a nomenclatura de Reticulados Pesados, em adaptação para a o português. Morgado *et al.* (2012) afirmam que edificações em madeira pesada são aquelas cuja estrutura é formada por elementos de grande e média secção em madeira maciça. Torres (2010, p. 09) complementa este raciocínio diferenciando este tipo de edificação das edificações em toras, afirmando ser aquele uma evolução deste:

Este tipo de sistema construtivo surge naturalmente como resposta à necessidade do Homem de atingir a excelência, na procura de edificações maiores, originais e singulares. Tem como ponto de partida as casas de troncos, superando esse conceito no que respeita à concepção arquitectónica e complexidade estrutural.

Mesmo sendo uma técnica antiga, a construção em madeira pesada é utilizada até hoje, principalmente nas edificações atuais de múltiplos pavimentos, onde se pretende atingir maiores dimensões diminuindo ou eliminando a necessidade de elementos estruturais em aço ou concreto. Dentre os sistemas construtivos em madeira pesada, serão abordados os dois mais comuns: o sistema *post and beam* e o sistema *timber frame*.

### 3.2.2.1 Sistema Porticado (*Post and Beam*)

Traduzindo-se o termo *post and beam*, em sua forma literal, tem-se o significado de sistema pilar e viga, ou, em outras palavras, sistema em pórtico ou porticado. Torres (2010, p. 10) mostra que “neste sistema, o destacamento entre a estrutura em si e os revestimentos é evidente”, diferente do encontrado em edificações em toras, como apresentado na Figura 4

Figura 4 – Exemplo de edificação em madeira no sistema *post and beam*



Fonte: <http://www.loghomefloorplansonline.com/>

A versatilidade deste tipo de solução, especialmente com relação à possibilidade de grandes vãos com revestimentos diversos, é tida como vantagem do sistema, principalmente com relação à solução com toras (Torres, 2010). Trata-se de um projeto mais complexo e que

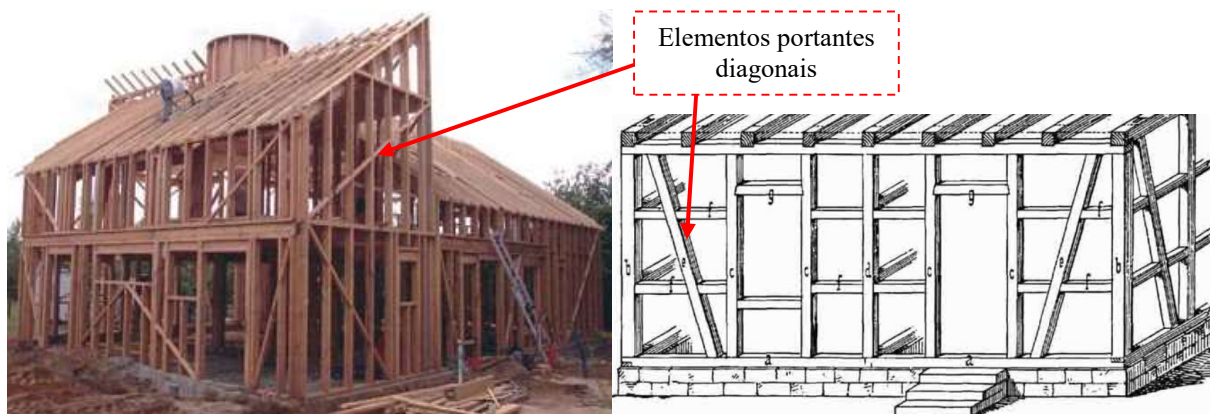
demanda mais tempo de execução pelas peças de grandes dimensões usadas na estrutura. Assim, é um tipo de sistema voltado para unidades habitacionais de alto padrão, geralmente construídas em regiões frias.

Vilela (2013) aponta como principais limitações do sistema *post and beam* a dificuldade da viabilidade de construir uma estrutura ereta, assim como a baixa proteção contra incêndios devida à rápida propagação do fogo em estruturas neste sistema. A autora atribui à estas limitações a pouca utilização nos dias atuais.

### 3.2.2.2 Sistema Entramado (*Timber Frame*)

Já o sistema entramado, mais conhecido como sistema *timber frame*, segundo Vilela (2013, p. 22), “surgiu como uma derivação do sistema porticado e varia deste devido à introdução de elementos portantes diagonais”. A Figura 5 mostra um exemplo de construção no sistema *timber frame*, sinalizando os elementos portantes que o diferencia do sistema *post and beam*.

Figura 5 – Exemplos de construção em madeira no sistema *timber frame*



Fontes: <http://www.blog.guidenr.fr> e VILELA (2013, P.21)

Torres (2010, p. 10) afirma que a utilização dos elementos estruturais de grande largura tem implicações, ao nível do peso da estrutura, que se traduzem numa redução dos pés-direitos disponíveis em relação ao sistema anterior”, no caso, o sistema *post and beam*. No Brasil, este sistema é relacionado ao sistema enxaimel, ou *fachwerk* em alemão, representado por construções antigas encontradas principalmente no sul e sudeste do país.

### 3.2.3 Edificação com estrutura em madeira leve

Para Morgado *et al.* (2012), sistemas construtivos em madeira leve “são sistemas em que a estrutura vertical é constituída por planos reticulados formados por componentes lineares leves de pequena secção em madeira maciça, com vazios entre si, montados em obra”. Por essa definição, percebe-se que a grande particularidade dos sistemas em madeira leve são as dimensões de seus elementos estruturais.

Sánchez *et al.* (1995, p. 89), afirmam que os sistemas estruturais em madeira leve, designado em seu trabalho de reticulados leves, ou *light framing* como é mais conhecido na literatura, é o “último elo na evolução da madeira como material estrutural na construção convencional”. Segundo o autor, estes sistemas surgiram inspirados nos sistemas em madeira pesada, motivados por dois fatores. Primeiro, a necessidade de resolver algumas limitações da construção com madeira pesada que iam de encontro com as necessidades do mercado na época de seu surgimento no século XIX, como o aumento da velocidade de construção. Além disso, crescia a produção de produtos industrializados normalizados, como a madeira serrada e o prego, facilitando o processo construtivo. “O sistema foi aperfeiçoado ao longo do tempo, mas suas características básicas mantiveram-se inalteradas”. (SÁNCHEZ *ET AL.*, 1995).

Torres (2010, p. 11) enfatiza a importância da utilização de elementos industrializados normatizados que surgiu com os sistemas em madeira leve, onde “um processo que era ainda bastante artesanal evoluiu para outro que se baseava num planejamento cada vez mais detalhado, procurando eliminar atividades que promovessem a sua não qualidade (atrasos, desperdícios)”. Assim, os ganhos em qualidade e produtividade com o advento dos sistemas *light framing* foram evidentes, além da diminuição dos custos, como indicado por Vilela (2013, p. 24) que diz que “além de permitirem a redução do tempo de construção, como já foi referido, possibilitam também uma diminuição de custos, uma vez que recorrem a ligações mais simplificadas, [...] dispensando o uso de mão-de-obra altamente qualificada”.

Segundo Torres (2010) os sistemas em madeira leve mais comuns são o *Balloon Frame* e o *Platform Frame*, apresentados com mais detalhes nos itens que seguem.

#### 3.2.3.1 Sistema com estrutura em balão (*Balloon Frame*)

Vilela (2013, p. 24) situa o sistema construtivo *Balloon Frame* na história, afirmando que estas “foram as primeiras a surgir no campo das estruturas em madeira leve e devem o seu aparecimento ao engenheiro norte-americano George Washington Snow, em cerca

de 1830”. Tendo sua nomenclatura original em inglês, que pode ser traduzido como estrutura em balão, o sistema *balloon frame* curiosamente é inspirado nas técnicas utilizadas para fabricar os primeiros dirigíveis.

Diferente dos sistemas em toras e em madeira pesada, o sistema *balloon frame* não apresenta sua estrutura de forma totalmente aparente. O frame, ou o quadro estrutural, é coberto com ripas ou placas tanto para proteger como para realizar o contraventamento. Já o acabamento pode ser feito tanto de madeira como de outros materiais, tais como tijolos ou gesso projetado (GUIDENR, 2014). A Figura 6 mostra a primeira obra no sistema *balloon frame*, a igreja St. Mary's em Chicago, construída em 1833.

Figura 6 – Primeira obra no sistema *balloon frame*



Fonte: <http://engenhariacivildiararia.com/>

Autores afirmam que este sistema possui várias limitações, sendo a principal delas “deficiências no que respeita à resistência e segurança ao fogo pois não promove um corte físico bem definido entre pisos o que, em caso de fogo, num piso, permitiria que este se alastrasse facilmente para o outro”. (TORRES, 2010, p. 12). Por essas limitações, atualmente ele é raramente utilizado, impulsionando o surgimento de outros sistemas que suprisse as limitações e fornecesse maior segurança (VILELA, 2013).

### 3.2.3.2 Sistema com estrutura em plataforma (*Platform Frame*)

O sistema plataforma, ou *platform frame*, surgiu da necessidade em se aperfeiçoar o sistema *balloon frame*, “progredindo no sentido de colmatar as falhas inerentes ao sistema

anterior” (TORRES, 2010, p. 12). Sua nomenclatura fornece indícios das mudanças realizadas entre um sistema e outro, pois, segundo Vilela (2013, p. 26):

As grandes diferenças que a construção em plataforma apresenta são o fato de ser um método realizado piso por piso, num máximo de 3 andares de altura, e em que as paredes são constituídas por placas duplas de madeira sobre as quais se coloca o acabamento de ambos os lados.

Em outras palavras, pois a principal diferença para o sistema *balloon frame* é a inserção de placas de madeira para revestimento das estruturas, as quais realizam também a função de travamento e atuando, segundo Torres (2010, p. 13), como “muros de suporte garantindo uma boa ligação entre os diferentes componentes da estrutura e facultando o funcionamento como um corpo só”.

Com relação ao risco de incêndio, limitação apresentada pelo sistema anterior, Vilela (2013, p. 26) afirma que o sistema plataforma é superior, pois:

As placas empregues neste sistema permitem uma ligação bastante favorável entre os diferentes componentes da estrutura e permitem, ainda, a fragmentação dos montantes verticais, passando a altura destes a corresponder à altura do piso, ficando, assim, cada nível separado, o que reduz o risco de propagação de incêndio de um piso para os outros.

A Figura 7 mostra um exemplo de construção no sistema plataforma, o qual pode ser comparado com as imagens anteriores de forma a comprovar o seu caráter leve.

Figura 7 – Exemplo de construção em madeira no sistema plataforma

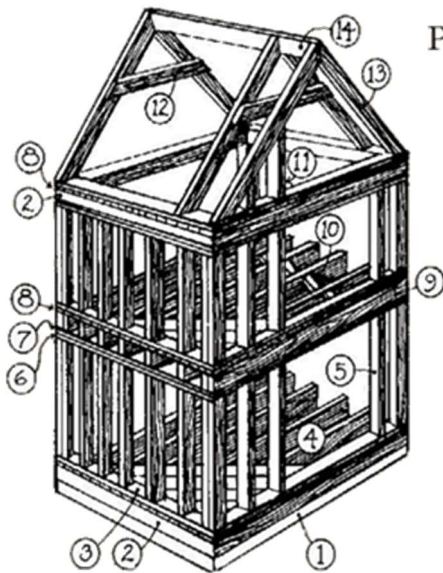


Fonte: <https://thecraftsmanblog.com/framing-timber-balloon-platform/>

A Figura 8 mostra uma comparação entre os dois sistemas em madeira leve apresentados a partir da descrição de seus elementos.

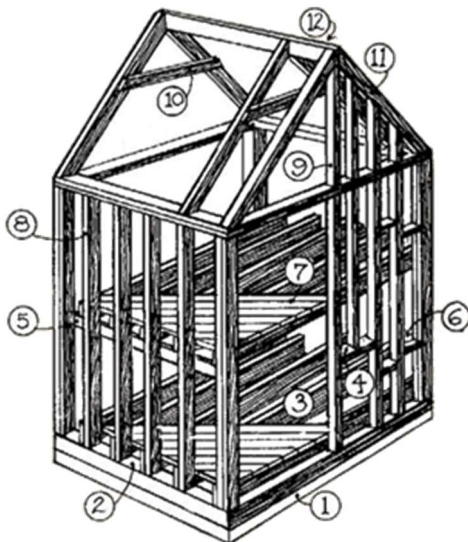
Figura 8 – Descrição dos elementos dos sistemas em madeira leve

*Sistema Platform Frame*



1. Fundação
2. Viga guia (início - na soleira / final - no umbral)
3. Placa de piso (soleira)
4. Vigas (piso)
5. Montantes
6. Placa do topo (Umbral)
7. Placa de cobertura
8. Piso
9. Longarina (viga de suporte para pavimento superior)
10. Travamento de laje (ou ponte)
11. Tirante (cobertura)
12. Travamento de estrutura de cobertura
13. Empena (Cobertura)
14. Viga cumeeira

*Sistema Ballon Frame*



1. Fundação
2. Placa de piso (soleira)
3. Vigas (piso)
4. Verga de porta
5. Elemento diagonal (contraventamento)
6. Travamento
7. Piso
8. Montante
9. Tirante (cobertura)
10. Travamento de estrutura de cobertura
11. Empena (Cobertura)
12. Viga cumeeira

Fonte: Adaptado de Howland (2011).

É importante destacar que a estrutura final do sistema plataforma é bastante similar ao sistema *wood frame*, em destaque neste estudo, sendo muitas vezes atribuída esta nomenclatura a ele. Porém, o sistema plataforma precisou passar por algumas modificações para chegar ao sistema *wood frame*, implementado nos dias de hoje, especialmente com relação a melhorias no desempenho da edificação como um todo. ABDI (2015) cita que “atualmente,

nos Estados Unidos e Canadá, o sistema *wood frame* é construído a partir das técnicas do Sistema Plataforma”, confirmando a influência citada anteriormente tomando como base países influentes na construção em *wood frame*.

Com isso, ao se referir ao sistema *wood frame* montado *in loco* pode-se fazer referência ao sistema plataforma, visto que se trata da sua influência inicial. Bell *et al.* (2006) afirmam em seu trabalho que o sistema plataforma é o sistema construtivo convencional nos EUA para construção de edificações de até 2 pavimentos, representando na época aproximadamente 95% das construções em madeira. Trabalhos mais recentes confirmam ainda a informação, afirmando que 85 a 90% do mercado de habitação unifamiliar nos EUA são em *wood frame* (GOETZL E MCKEEVER 1999; OBISO 1997, APUD, MEMARI, ET AL., 2014). É possível notar o citado conflito de nomenclaturas entre sistema plataforma e sistema *wood frame*. Com isso, faz-se necessária uma descrição mais detalhada do que o presente trabalho considera como sistema *wood frame* para compreensão correta dos termos utilizados no estudo.

Uma das definições mais completas de *wood frame*, e a mais adequada para o estudo em questão, é apresentada no trabalho de Molina *et al.* (2010, p. 144), que dizem este sistema ser um:

[...] sistema construtivo industrializado, durável, estruturado em perfis de madeira reflorestada tratada, formando painéis de pisos, paredes e telhado que são combinados e/ou revestidos com outros materiais, com a finalidade de aumentar os confortos térmico e acústico, além de proteger a edificação das intempéries e também contra o fogo.

Assim, é possível perceber que os autores atribuem o termo sistema *wood frame* à um processo industrializado. Entretanto, Molina *et al.* (2010) se referem especialmente ao modelo construtivo predominantemente implementado na realidade brasileira, onde não é comum a construção de edificações no sistema *wood frame* sem a influência de processos industrializados. Com isso, como já foi dito, é possível construir edificações *in loco* com o sistema *wood frame*, o qual trata-se de uma melhoria do sistema plataforma. **Outros detalhes técnicos acerca do sistema *wood frame* utilizado atualmente no Brasil serão apresentados de forma mais aprofundada nos capítulos relativos aos resultados (Capítulos 5, 6 e 7).** Porém, antes é interessante desmitificar conceitos relacionados à industrialização da construção e sistemas construtivos industrializados em madeira estrutural.



### 3.3 Industrialização da construção e sistemas construtivos industrializados em madeira estrutural

Com o tema da industrialização da construção civil sendo bastante discutido nos dias atuais, torna-se importante, inicialmente, a discussão de alguns conceitos relacionados ao tema, assim como a posição do sistema *wood frame* nesse contexto. Tomou-se como base, para o item em discussão, o Manual da Construção Industrializada (ABDI, 2015), tanto pelo seu caráter atual, dentro do contexto brasileiro, quanto por seu conteúdo bastante detalhado e abrangente, até mesmo acerca do sistema *wood frame* pré-fabricado, auxiliando no aumento da qualidade literária nacional sobre o assunto, ainda bastante escassa.

#### 3.3.1 Conceituação

Sabe-se que o setor da construção civil se encontra dentre os que possuem um caráter artesanal ainda em maior proporção, isto é, seus processos de produção não se industrializaram na mesma velocidade que outros setores, como na indústria da transformação. Colombo *et al.* (2001) comentam em seu trabalho sobre a existência de particularidades na indústria da construção civil em relação à indústria de transformação, além do caráter manufatureiro de seu processo construtivo, que se tornam fatores limitantes para que se processasse no setor uma introdução mais agressiva de processos e tecnologias mais industrializadas. Vrijhoef e Koskela (2005) destacam, dentre essas particularidades, as três maiores:

- **Produção local** – fato da execução do produto ser no local de destino final dele, ocasionando, por exemplo, uma dependência de alguns fatores, externos ao processo construtivo, como os fatores climáticos;
- **Produto único** – ou caráter não seriado e não homogêneo de produção, a qual se torna amplamente segmentada em etapas ou fases, imprimindo um dinamismo baseado no princípio de sucessão e não de simultaneidade;
- **Organização temporária para a produção** – diferentemente da produção em fábrica da indústria da transformação, em um período de construção relativamente longo;

Essas particularidades proporcionam ao setor uma capacidade produtiva limitada, além de dificuldades no controle e qualidade de processos. Com o passar dos anos, profissionais da indústria da construção se sentiram impulsionados a buscar soluções para minimizar os fatores limitantes ocasionados pelo caráter manufatureiro do setor, o que acabou os levando aos conceitos de industrialização da construção. Botega *et al.* (2006) afirmam que “a industrialização de uma região é necessária para promover o desenvolvimento e a expansão das atividades produtivas, aumentando sua participação no produto interno bruto (PIB) e a qualidade de vida da população local”. Assim pode ser dito para um setor inteiro, como o setor da construção civil.

O processo de industrialização da construção no Brasil atingiu um nível tecnológico satisfatório por volta de 1980, juntamente com o surgimento de pesquisas relacionadas à criação de novos sistemas construtivos (ABDI, 2015). Porém, a preocupação com a produtividade do setor relacionada ao déficit habitacional brasileiro vem de alguns anos antes, como mostra o engenheiro civil Teodoro Rosso, um dos principais e pioneiros nomes relacionados ao tema, em seu artigo intitulado "Um imperativo inadiável: a industrialização da construção" (ROSSO, 1962).

Uma vez reconhecida a necessidade de dar ao setor da construção um caráter mais industrializado, que proporcionasse as vantagens trazidas pela industrialização, como a diminuição dos desperdícios e o aumento da produtividade, a busca se voltou para os modos de implantação do conceito. Linner e Bock (2012), em seu trabalho relacionado a evolução da industrialização em larga escala, afirmam que a industrialização da construção ocorreu com o deslocamento dos processos convencionalmente realizados *in loco* para a fábrica, inicialmente por meio da pré-fabricação de componentes aliada aos conceitos de produção seriada. Diante disso, é necessário esclarecer as diferenças conceituais entre dois termos aqui abordados: Industrialização e pré-fabricação.

A ABNT NBR 9062 (2006, p. 04) conceitua **elemento pré-fabricado** como “elemento pré-moldado executado industrialmente, em instalações permanentes de empresa destinada para este fim” que se enquadram e atendem aos requisitos mínimos de controle e qualidade especificados em norma, onde **elemento pré-moldado** é tido como “elemento moldado previamente e fora do local de utilização definitivo da estrutura”, conforme requisitos de controle e qualidade especificados em norma. Com isso, pode-se dizer que um elemento pré-fabricado é um elemento industrializado, interligando diretamente os dois conceitos. Além

disso, a ABDI (2015, p. 33) conceitua a **industrialização da construção** de maneira direta e abrangente como a representação do:

[...] mais elevado estágio de racionalização dos processos construtivos e, independente da origem de seu material, está associada à produção dos componentes em ambiente industrial e, posteriormente, montados nos canteiros de obras, assemelhando-se às montadoras de veículos, possibilitando melhores condições de controle e adoção de novas tecnologias.

Pode-se dizer que há processos construtivos mais ou menos industrializados, onde o grau de industrialização de sistemas construtivos, segundo Do Valle (2012), pode, em síntese, ser separado em três níveis:

- Sistemas construtivos não industrializado – como sistemas construtivos vernaculares (em que se emprega materiais e recursos do próprio ambiente em que a edificação é construída), e sistemas construtivos tradicionais onde os processos executivos possuem caráter manufatureiro (artesanal);
- Sistemas construtivos semi-industrializado – como sistemas pré-cortados, podendo exemplificar dando destaque ao sistema *wood frame* quando montado *in loco*, onde os componentes estruturais são previamente cortados nos tamanhos pré-definidos em projeto e encaixados no local de montagem da edificação;
- Sistemas construtivos industrializado – podendo este envolver pré-fabricação parcial ou total.

Para se atingir um grau de industrialização cada vez maior é necessário adotar alguns fundamentos relacionados ao conceito básico de processo industrial. Dentre eles, a ABDI (2015) aponta como essencial a adoção dos princípios da **coordenação modular** às práticas de pré-fabricação, sendo sua ausência prejudicial. “É necessário aplicar os princípios de **racionalização** construtiva, considerando a coordenação modular do projeto e a padronização de componentes e elementos ou sistemas construtivos” (ABDI, 2015, p. 38).

Apesar do conceito de racionalização construtiva ser necessário para a utilização plena de todo potencial da construção industrializada, “a industrialização está em um nível superior ao da racionalização, pois contempla também a mecanização” resume o engenheiro civil Alberto Casado em entrevista ao jornalista Altair Santos (SANTOS, 2010). O engenheiro

completa o raciocínio conceituando racionalização construtiva como “a melhor utilização dos recursos existentes em todas as etapas da obra”, considerando como recursos desde a mão de obra, até os materiais e ferramentas, e outras categorias visíveis ou não como a energia e os meios de transporte.

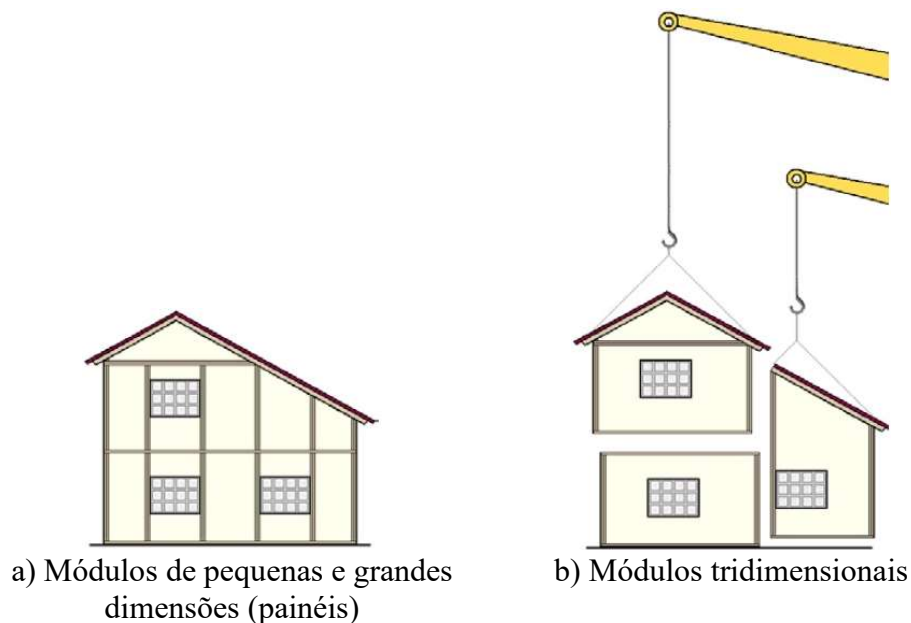
Sabe-se que o nível de industrialização do setor da construção civil no Brasil vem melhorando a cada dia, a partir do empenho dos colaboradores do setor que enxergam os benefícios que o caráter industrial pode trazer, especialmente se aliado aos conceitos vistos anteriormente de racionalização e coordenação modular. Porém, a completa industrialização do setor ainda é uma realidade distante, onde “a racionalização ainda é considerada uma alternativa mais próxima à realidade da construção civil do que a industrialização, seja pela dificuldade de promover a mecanização maciça no canteiro de obras ou pela falta de recursos financeiros” (SANTOS, 2010). Se voltando ainda para as construções em madeira, foco do presente estudo, Do Valle (2012) mostra em seu trabalho que o Brasil possui parque um fabril madeireiro “em nível razoável de desenvolvimento tecnológico e detém um dos maiores potenciais madeireiros do mundo. No entanto, a madeira é pouco empregada na construção civil em processos de pré-fabricação”.

Em resumo, o processo de industrialização da construção, seja para construções em madeira estrutural ou outros componentes de diferentes materiais, é algo que já está na nossa realidade, mais em alguns países do que em outros, mas presente como uma solução para a melhoria das limitações dos sistemas construtivos convencionais. Porém, necessita-se mais do que investimentos financeiros para a mudança de caráter do setor, estando esta mudança atrelada à uma necessária alteração de paradigma dos envolvidos.

### ***3.3.2 Sistemas industrializados em madeira estrutural***

Com os conceitos sobre industrialização esclarecidos, este item foca na questão da industrialização com sistemas construtivos em madeira. Na Figura 9 é possível perceber dois tipos de edificações que apresentam sistemas construtivos, distintos, em módulos. A classificação proposta para estes sistemas, segundo Torres (2010), é a sua divisão em módulos de pequenas dimensões, grandes dimensões e tridimensionais, como já citado anteriormente. O autor, apesar de adotar esta classificação, afirma ser limitativa a classificação em 3 tipos de módulos, visto que cada vez mais vão surgindo novas variantes desses sistemas. Porém, o autor afirma que apesar disso é uma classificação representativa por abordar os casos mais relevantes de industrialização em madeira estrutural.

Figura 9 – Tipos de edificações industrializadas em madeira



Fonte: Adaptado de SILVA (2004).

Morgado *et al.* (2012) agrupam os Módulos de pequenas e grandes dimensões, proposto por Torres (2010), em uma só categoria denominada Painéis Leves. Para os autores, sistemas construtivos em painéis leves são “sistemas em que a estrutura vertical é constituída por painéis contínuos de componentes planos leves pré-fabricados, sem vazios no plano vertical, prontos a instalar em obra” (MORGADO *ET AL.*, 2012, p. 7). Já Torres (2010) divide a classificação em painéis de pequenas e grandes dimensões buscando considerar a execução de painéis com padrões dimensionais de edifícios, como é visto nos subitens que seguem.

### 3.3.2.1 Módulos de pequenas e grandes dimensões (*Panelized Home*)

Torres (2010) propõe a seguinte classificação:

- **Módulos de pequenas dimensões:** “os sistemas com módulos de pequenas dimensões são aqueles que utilizam painéis com dimensões de 2,8m de altura por larguras inferiores a 1,2m”;
- **Módulos de grandes dimensões:** os sistemas com módulos de grandes dimensões são aqueles que utilizam painéis com dimensões de 3 m de altura por larguras entre 6 e 7 m. “Os módulos de grandes dimensões, na sua síntese, são

explicados pelo progresso no sentido de obter em fábrica os paramentos verticais dos edifícios”.

Percebe-se que esses módulos possuem 2 dimensões proeminentes, isto é, trata-se de painéis. Em inglês, é comum as edificações construídas com sistemas modulares de pequenas e grandes dimensões serem identificadas pela nomenclatura *panelized home*. A construção painelizada é a evolução da construção tradicional em madeira leve, mais especificamente do sistema plataforma (abordado no item 3.2.3.2). Em outras palavras, a construção painelizada utiliza a tecnologia do quadro estrutural, ou “frame”, tradicional e a traz para um ambiente de produção fabril, controlado e eficiente. (THE CANADIAN TIMBER COMPANY, 2007).

A Figura 10 mostra um exemplo de construção painelizada em madeira no sistema *wood frame*.

Figura 10 – Exemplo de construção com painéis em *wood frame* (*panelized home*)



Fonte: <http://www.octagonhomes.com/>

A produção de painéis pode estar ligada à vários sistemas e componentes construtivos, como o concreto, o aço, o plástico, dentre outros, além da madeira. Mermari *et al.* (2014) confirmam essa afirmação e apresenta alguns dos sistemas de paredes mais comuns atualmente nos EUA, dentre eles o Structural Insulated Panel (SIP), os painéis em concreto e o sistema Steel Frame.

### 3.3.2.2 Módulos tridimensionais (*Manufactured Home*)

Os módulos tridimensionais possuem as 3 dimensões proeminentes, isto é, trata-se da união de painéis para a formação de um bloco. “Os sistemas com módulos tridimensionais são provavelmente os mais arrojados e os que exploram ao máximo as propriedades da pré-fabricação” (TORRES, 2010, p. 14).

Em inglês, é comum as edificações construídas com sistemas modulares tridimensionais serem identificadas pelas nomenclaturas *modular home* e *manufactured home*, como indicado por Mermari *et al.* (2014). A primeira nomenclatura, traduzida literalmente como casa modular, é geralmente relativa à produção de blocos, ou módulos, segmentados, onde a união dos módulos resultaria na edificação completa. Já a segunda nomenclatura, normalmente se refere à produção de edificações completas em fábrica, ou a união dos vários módulos isolados ainda em fábrica para formar a unidade habitacional. Assim como na produção de painéis, as edificações em módulos tridimensionais podem estar relacionadas a vários materiais estruturais, sendo a madeira e o aço (*wood frame* e *steel frame*) os mais comuns pela facilidade de transporte proporcionada por suas características específicas.

Entre as limitações, Mermari *et al.* (2014) indicam a questão logística como principal dificuldade para a utilização de construções em módulos tridimensionais. As várias vantagens trazidas, indicadas pelos autores, como a qualidade industrial, alto controle dos processos, custos de produção, tempo de execução e eficiência energética, podem proporcionar ao construtor benefícios que superam as limitações. A Figura 11 mostra exemplos de edificações em módulos tridimensionais.

Figura 11 – Exemplos de edificações em módulos tridimensionais



Fonte: <https://www.nachi.org/modular-manufactured-homes.htm?loadbetadesign=0>

### 3.4 Breve panorama nacional da construção em *wood frame*

#### 3.4.1 Histórico

Dias (2005) constatou em seu trabalho que na época, anterior ao surgimento do sistema *wood frame* no mercado nacional, havia no Brasil dois tipos predominantes de construção com madeira. Ambos se classificam como tipos de edificações em madeira pesada, e são chamadas pelo autor de sistema em madeira maciça empilhada e sistema de tábuas verticais com mata-juntas, como mostra a Figura 12.

Figura 12 – Sistemas construtivos em madeira predominantes no Brasil  
(anterior à implantação do sistema em madeira leve)



a) Sistema construtivo em madeira maciça empilhada

b) Sistema construtivo em tábuas verticais com mata-juntas

Fonte: DIAS, 2005, p. 02.

Dias (2005) afirma que o desempenho global insatisfatório desses sistemas contribuiu para o aumento do preconceito do uso da madeira na construção de moradias no Brasil. Grande parte da população acredita que tal desempenho é devido ao componente estrutural (a madeira), atribuindo-o também ao sistema em madeira leve atualmente produzido no país, denominado sistema *wood frame*. O sistema *wood frame* utilizado no Brasil é proveniente do sistema plataforma, e é baseado em soluções tecnológicas alemãs (ABDI, 2005), também utilizadas em larga escala em países como EUA, Canadá, Japão, Chile e na Venezuela (MOLINA *ET AL.*, 2010). Tal solução conseguem satisfazer a um público bastante exigente de países desenvolvidos, propiciando edificações com qualidade, bom desempenho em uso e conforto (DIAS, 2005). Sánchez (1995) afirma que o sistema *wood frame* conseguiu alcançar



um desempenho tecnológico significativo, se comparado aos sistemas tradicionais em madeira, como as construções em madeira maciça empilhada e em tábuas verticais com mata-juntas.

Segundo a ABDI (2015), um marco para a construção em *wood frame* no Brasil foi em 2010 com a criação da Comissão Casa Inteligente, cujo objetivo é desenvolver e difundir a tecnologia, apesar de anteriormente já existirem experiências pontuais na construção com madeira plantada dentro de iniciativas acadêmicas. A partir de então, já foram construídos mais de 40.000 m<sup>2</sup> em *wood frame* no Brasil, dentre as várias tipologias, incluindo mais de 500 unidades junto ao programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) (ABDI, 2015).

Porém, o sistema ainda não foi implantado em todos os Estados do país, estando concentrado no Sul e Sudeste, onde estão localizadas as fábricas nacionais de montagem dos painéis e onde se encontram grandes fornecedores de madeira plantada e de outros componentes da construção civil transportados e utilizados na região Nordeste. Dentre as razões pelas quais o sistema *wood frame* ainda não se espalhou amplamente pelo Brasil, Molina *et al.* (2010) citam o preconceito ainda existente, sendo questionado por muitos com relação à sua eficiência e eficácia frente aos sistemas convencionais. Com isso, percebe-se que os esforços atuais devem ser direcionados para a divulgação dos benefícios e limitações do uso da madeira na construção, buscando maior visibilidade e atraindo maiores investimentos, para que o sistema *wood frame* se faça conhecido pela população brasileira e, assim, se torne um dos meios para melhorar a produtividade do setor da construção civil.

### 3.4.2 Normalização

Como já foi dito, a construção em *wood frame* no Brasil, da forma como é construído até hoje, teve seu marco inicial em 2010. Porém, nessa época não haviam normas que auxiliassem a execução dos projetos nesse sistema, utilizando-se como base documentos, códigos e normas de outros países. Mermari *et al.* (2014) citam alguns destes documentos, que, segundo os autores, são essenciais para construção em *wood frame* nos EUA:

- Norma Internacional Residencial (International Residential Code - IRC) (ICC 2012b);
- Norma Internacional de Construção (International Building Code - IBC) (ICC 2012a);

- Conselho de Madeira Americano (American Wood Council - AWC) Especificação Nacional para Projetos de Construção em Madeira (AWC 2012a);
- AWC Manual de Construção em Wood-Frame (*Wood Frame Construction Manual - WFCM*) para moradias unifamiliar e multifamiliar (AWC 2012b); e
- Associação Americana de Florestas e Papeis (American Forest and Paper Association - AFPA) Projeto Especial com Previsões para Vento e Sismos (Special Design Provisions for Wind and Seismic - SDPWS) (AFPA 2008).

Outros documentos importantes nacionalmente para a produção brasileira de edificações em *wood frame* foram:

- National Building Code of Canada (NBC 2015), norma canadense de construção, que aborda fortemente a construção em *wood frame*;
- ABNT NBR 7190:1997 – Projeto de estruturas de madeira, norma nacional para projeto de estruturas de madeira, não especificando, porém, sistemas construtivos de edificações;
- ABNT NBR 15655:2013 (Partes 1-5) – Edificações habitacionais-Desempenho, estabelece os requisitos e critérios de desempenho aplicáveis às edificações habitacionais, como um todo integrado, bem como a serem avaliados de forma isolada para um ou mais sistemas específicos.

Porém, por se tratar de um sistema construtivo inovador, o sistema *wood frame* teve que passar por um processo de avaliação, de acordo com as normas nacionais, para ser utilizado e reconhecido para fins de financiamento no Brasil. A ABDI (2015) cita que tal processo de avaliação, com estudo de processos até o produto final, ocorreu entre a Comissão Casa Inteligente e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), culminando no desenvolvimento da Diretriz SiNAT N° 005.

O sistema *wood frame* foi homologado pelo Ministério das Cidades em 2013, gerando o Documento de Anotação Técnica 020 (DATec 020: Sistema Construtivo Tecverde). A Tecverde foi a principal empresa brasileira responsável pelo desenvolvimento do documento. Pioneira no Brasil no sistema *wood frame* pré-fabricado, se interessou pela conquista do DATec

para a ampliação das possibilidades de construção, sendo possível, a partir dele, a construção de Habitações de Interesse Social.

Porém, a construção está limitada às especificações descritas nos documentos, onde qualquer alteração construtiva invalida as possibilidades de regulamentação. Então, busca-se atualmente a elaboração da Norma. Para isso, foi criada em 2016 as Comissões de Estudos e de Trabalho de Sistemas Construtivos *wood frame*, com o objetivo de elaborar, juntamente à ABNT, normas de Sistemas Construtivos *wood frame*.

Não há prazos para a finalização e implantação efetiva da norma brasileira de construção no sistema *wood frame*, porém, até mesmo em sua fase inicial de elaboração, é possível considerar essa etapa como um marco para o setor da construção civil, assim como para a implantação eficaz do sistema *wood frame* em todo território nacional.

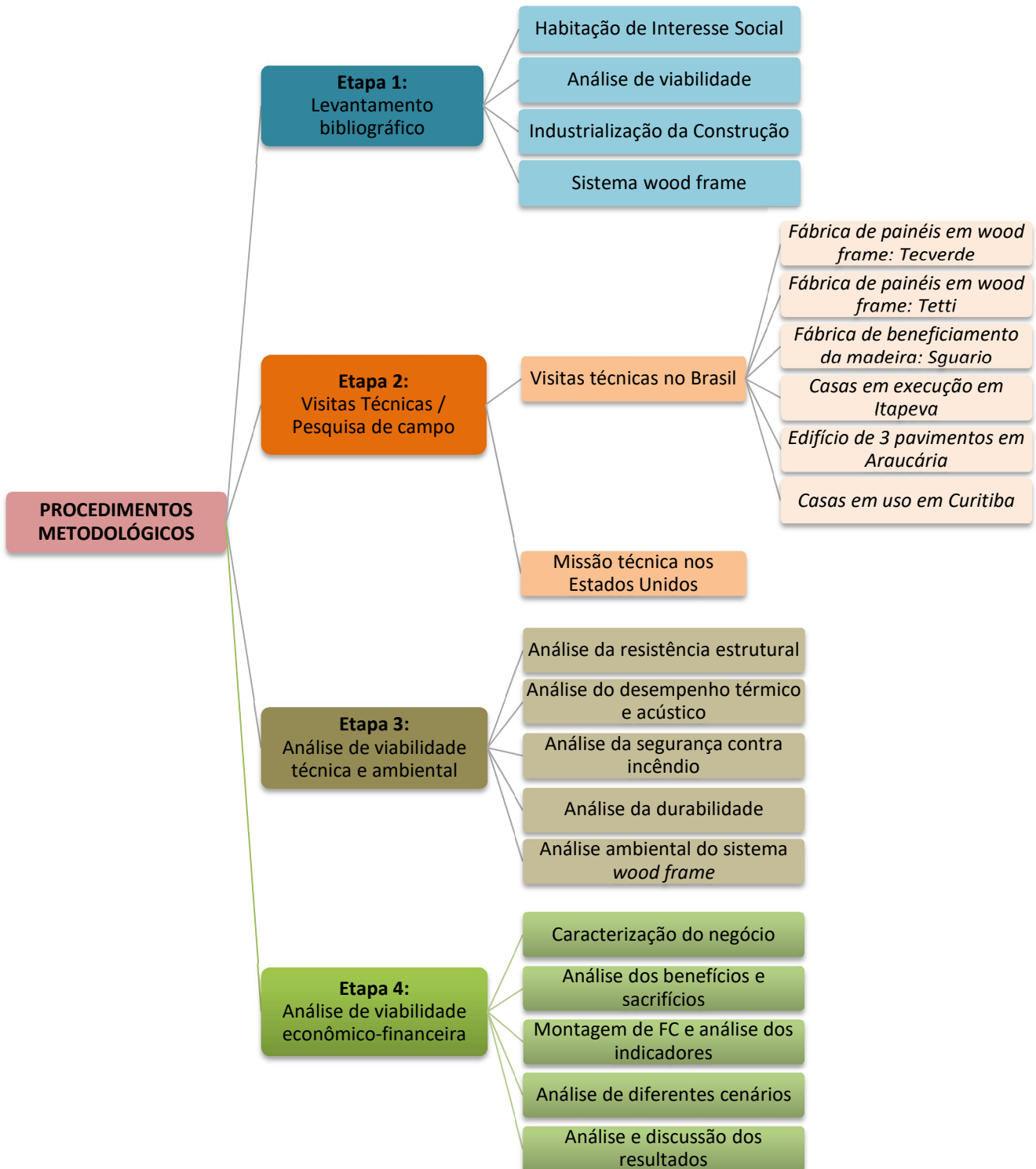
## **4 METODOLOGIA**

Este Capítulo apresenta a metodologia que foi utilizada para desenvolver a pesquisa em questão. Primeiramente será apresentada a classificação da pesquisa, de acordo com os procedimentos previstos, descrevendo, dentre outros pontos, sua natureza, abordagem e método utilizados. Em seguida, são apresentados os procedimentos metodológicos, ou delineamento da pesquisa, tendo como base os objetivos estabelecidos na introdução do trabalho.

### **4.1 Delineamento da pesquisa**

A pesquisa em questão tem caráter exploratório. Segundo Gil (2002, p. 41) “este tipo de pesquisa tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses”, o que se adequa ao contexto já exposto, e visto que a investigação científica sobre o assunto em questão ainda é incipiente (Kadoo Filho, 2014). Ainda segundo Gil (2002), a grande maioria das pesquisas exploratórias envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos, pesquisas de campo ou estudos de casos, para melhor compreensão. De acordo com essa definição, os procedimentos metodológicos da pesquisa em questão foram elaborados e divididos em etapas, apresentados na Figura 13.

Figura 13 – Resumo dos procedimentos metodológicos



#### **4.1.1 Etapa 1: Levantamento Bibliográfico**

Primeiramente, tem-se o levantamento bibliográfico como procedimento metodológico indispensável. Sobre *wood frame*, além da literatura nacional, ainda em desenvolvimento no país, buscou-se literatura americana, canadense e europeia, tidas como referências sobre construção em *wood frame*. O foco do levantamento bibliográfico está descrito na sequência abaixo:

- i. Habitação de Interesse Social;
- ii. Análise de viabilidade voltada para análise de investimentos na construção civil;
- iii. Industrialização da construção civil;
- iv. Edificações em madeira, com foco no sistema construtivo *wood frame*.

#### **4.1.2 Etapa 2: Visitas técnicas / Pesquisa de campo**

Tendo este trabalho a visão da importância da disseminação da pré-fabricação no sistema *wood frame* no mercado brasileiro, partindo da hipótese de que esta se faz vantajosa em inúmeros aspectos, fez-se necessária uma pesquisa de campo visando analisar o estado atual da pré-fabricação em *wood frame* no Brasil. Por este foco, a Etapa 2 consiste em visitas técnicas à fábricas já implantadas no Brasil, e visitas a edificações, em construção ou construídas, no sistema construtivo em questão. A partir das visitas realizadas, foi possível fazer não apenas um retrato do que foi observado da realidade brasileira na construção pré-fabricada em *wood frame*, mas também uma análise econômica e técnica da possibilidade de expandir o sistema para outras regiões do país onde este ainda não se encontra difundido.

Além da importância das visitas locais, têm-se como procedimento metodológico apropriado aos objetivos do trabalho, o conhecimento do uso do sistema *wood frame* em outros países, especialmente em países tidos como referência nesse tipo de construção. A visão do mercado estrangeiro vem a complementar a visão geral do sistema aplicado no Brasil, sendo assim possível caracterizar ambos de forma a realizar uma análise comparativa e, conseqüentemente, identificar potenciais melhorias para o sistema no Brasil. Com isso, a Etapa 2 finalizou-se com a pesquisa de campo em uma missão técnica aos EUA, onde foi possível observar construções em *wood frame*, alinhado ao conceito de sustentabilidade, bastante difundido atualmente no país.

As empresas existentes hoje no Brasil se baseiam na tecnologia alemã de pré-fabricação de edificações em *wood frame*, diferente, porém bastante similar à americana. Assim, é importante o conhecimento e caracterização dessa tecnologia estrangeira para que seja possível atingir os objetivos da pesquisa em questão.

Os relatórios de cada uma das visitas estão apresentados nos Apêndices deste trabalho.

#### **4.1.3 Etapa 3: Análise de viabilidade técnica e ambiental**

Visando apresentar embasamento qualitativo para a análise de viabilidade, em complemento à pesquisa de campo realizada por meio das visitas técnicas, buscou-se nesta etapa dados capazes de demonstrar que o sistema *wood frame* já possui uma técnica construtiva bem desenvolvida no Brasil e aplicável ao Estado do Ceará. A partir desses dados, buscou-se avaliar a eficiência da técnica em termos de desempenho para o Estado, complementada pelo fator ambiental como um diferencial frente ao sistema convencional brasileiro. A análise de viabilidade técnica e ambiental ocorreu seguindo as seguintes etapas:

**1. Breve contextualização do Estado do Ceará:** apresentou-se uma breve contextualização do cenário no qual busca-se inserir o sistema construtivo em estudo, abordada em termos geográficos e sociais.

**2. Análise de fatores técnicos:** Documentos e bibliografias foram utilizadas para embasar e avaliar o desempenho de estruturas em *wood frame* em relação aos seguintes fatores:

- i. Resistência estrutural;
- ii. Desempenho térmico e acústico;
- iii. Segurança contra incêndio;
- iv. Durabilidade;

**3. Análise ambiental do sistema *wood frame*:** A última etapa consistiu em realizar uma análise de viabilidade ambiental. Em outras palavras, visto que a questão de reduzir desperdícios e construir de forma mais sustentável está cada vez mais forte no setor da construção, fez-se necessária uma avaliação dos impactos ambientais da construção de edificações em *wood frame*. Para isso, utilizou-se estudos de

impactos ambientais, alguns utilizando a ferramenta de Análise do Ciclo de Vida (ACV), fazendo uma análise crítica e comparativa a outros sistemas construtivos.

#### ***4.1.4 Etapa 4: Análise de viabilidade econômico-financeira***

Para cumprir o objetivo de avaliar os custos da implantação do sistema *wood frame* no Ceará, fez-se necessária uma análise de viabilidade econômico-financeira, seguindo as seguintes etapas:

**1. Idealização do modelo de negócio:** diante de diversas possibilidades de cenário, esta etapa consistiu em informar detalhes do negócio escolhido para servir de base para a análise de viabilidade econômico-financeira, por meio do modelo *Business Model Canvas*, ou Método Canvas. Por esse modelo foi possível mapear o negócio, respondendo a cada um dos 9 blocos do fluxograma do modelo:

- Proposta de valor – o que o negócio proposto pretende oferecer para o mercado e seus clientes, de forma a gerar valor para eles;
- Segmento de clientes – qual ou quais os segmentos de clientes que o negócio proposto pretende atender;
- Canais – como o negócio interage com seu segmento de clientes, ou como os clientes adquirem sua proposta de valor;
- Relacionamento – como o negócio proposto se relacionará com cada segmento de cliente;
- Fluxo de receita – qual a forma de obter receita por meio de propostas de valor;
- Atividades chave – quais são as atividades essenciais desenvolvidas pelo negócio para que seja possível entregar a proposta de valor escolhida;
- Recursos chave – quais os recursos indispensáveis para realizar as atividades chave;
- Parceiros chave – quais os parceiros essenciais capazes de fornecer os recursos chave para a realização das atividades chave;
- Estrutura de custos – quais os custos necessários para que o negócio possa operar corretamente.



Além disso, analisou-se o mercado potencial, buscando responder, dentre outras, às seguintes perguntas:

- Qual é o mercado alvo;
- Quais são os produtos concorrentes ou substitutos;
- Qual a precificação do produto em estudo;
- Qual o volume produzido;
- Qual a sazonalidade;

O trabalho em questão utilizou como ferramenta para estudo do mercado alvo técnicas de estimativa de tamanho de mercado, de acordo com Inovativa Brasil (2013), auxiliadas hipóteses definidas de acordo com pesquisas de campo e bibliografias, visto que não há, no local em estudo, experiências anteriores que sirvam como base.

**2. Análise dos benefícios e sacrifícios:** Nesta etapa, tratando-se de um empreendimento hipotético, coletou-se informações quanto aos possíveis gastos, receitas e financiamentos, através de dados referentes a custo de materiais, de prestações de serviços por terceiros, de folhas de pagamento, impostos a pagar, entre outros, obtidos de empresas já existentes. Tal coleta foi realizada com diversos tipos de documentos e com entrevistas com profissionais que trabalham com o sistema *wood frame*, sendo assim possível contabilizar e agrupar os benefícios e sacrifícios hipotéticos. Para isso, seguiu-se as seguintes etapas:

- Estabelecer os investimentos iniciais;
- Determinar custos e despesas;
- Averiguar precificação adequada;
- Simular condições de financiamento;
- Verificar despesas com tributação;

O próximo passo foi o de estimar como esses gastos e receitas irão se portar no futuro. Para isso, foram feitas estimativas e levantadas hipóteses com relação a produtividade e demanda, principalmente a partir dos resultados das entrevistas e das pesquisas de campo, como também de bancos de dados da Caixa Econômica Federal disponíveis online. Com todas essas informações, fez-se uma compilação dos dados para estimar os benefícios e sacrifícios da forma mais precisa possível.

**3. Montagem de Fluxo de Caixa e análise dos indicadores:** Esta etapa consistiu em utilizar as informações anteriormente obtidas para montar o fluxo de caixa do empreendimento. Com o fluxo de caixa montado, foi possível realizar o estudo quanto a viabilidade econômico-financeira por meio do cálculo dos indicadores de Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Índice de Lucratividade (IL) e *Payback* simples e descontado.

**4. Análise de diferentes cenários:** Nesta etapa analisou-se cenários distintos ao previsto na etapa anterior referente ao cenário mais esperado, estimando-se cenários pessimista e otimista. Demonstrou-se como os indicadores VPL, TIR, IL e *Payback* simples e descontado poderiam variar a partir de mudanças no fluxo de caixa, que por sua vez sofreu alterações causadas pela variação de alguns dos parâmetros estipulados.

**5. Discussão dos resultados:** Com os indicadores calculados, tanto para o cenário mais provável quanto para cenários alternativos, a viabilidade da implantação do *wood frame* na realidade cearense pôde ser embasada quantitativamente.

## 5 ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E AMBIENTAL

O presente capítulo apresenta os resultados da pesquisa relativos à análise de viabilidade técnica e ambiental. A questão técnica do sistema *wood frame* é explorada, primeiramente a partir dos resultados das visitas técnicas realizadas, seguida por discussões acerca de aspectos estrutural, térmico e acústico, segurança contra incêndio e durabilidade do sistema. Já a questão ambiental é explorada por meio de estudos de impactos ambiental, complementados ainda pelos resultados da pesquisa de campo.

### 5.1 Considerações iniciais

Sobre estudos de viabilidade, Casarotto Filho e Kopittke (2010) afirmam que a análise econômico-financeira “pode não ser suficiente para a tomada de decisões”, onde se faz necessária, para uma análise global do projeto a ser viabilizado, “a consideração de fatores não quantificáveis”. Os autores afirmam que esses fatores podem ser determinados por meio de decisões explícitas, ou ainda por meio de determinações intuitivas, de acordo com a experiência dos envolvidos no processo da análise. Por essa informação, resguardada pela equivalência de ideias com outros autores, o presente estudo propõe-se a considerar, na análise de viabilidade da implantação do sistema *wood frame* para HIS no Ceará, os fatores técnico e ambiental.

A escolha do fator técnico ocorreu pela necessidade de comprovar a adequabilidade técnica do sistema para o Estado do Ceará. Essa necessidade surgiu visto que se trata de uma região com clima e hábitos culturais diferentes dos encontrados nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, regiões onde o sistema já foi implantado, e dos países onde o sistema é predominante, como os EUA e a Alemanha. Além disso, há registros de construções de casas em madeira no Ceará que apresentaram desempenho térmico insatisfatório para a região, o que gerou um conceito errôneo sobre o material estrutural, mesmo sendo o sistema construtivo destas edificações diferente do sistema *wood frame* aqui abordado. Com isso, o presente estudo busca auxiliar, por meio deste capítulo, o melhor entendimento do sistema *wood frame* e seus aspectos técnicos, assim como verificar sua adequabilidade para a realidade do Estado do Ceará.

Outro fator a ser analisado é o aspecto ambiental. A decisão por questionar a viabilidade ambiental de edificações em *wood frame* para o Estado do Ceará surgiu pela necessidade atual do mercado da construção de práticas e tecnologias com menores impactos ambientais frente às práticas tradicionais. Além disso, sendo a madeira o principal material estrutural, há ainda um conceito errôneo, acreditado por boa parte dos brasileiros, atrelando a

construção de edificações em *wood frame* e a prática do desmatamento indiscriminado. O presente capítulo busca esclarecer questões com relação ao aspecto ambiental de construções no sistema *wood frame*, utilizando estudos de impacto ambiental e baseados na ferramenta ACV, analisando, assim, sua viabilidade ambiental.

O capítulo será conduzido pela busca de respostas para os seguintes questionamentos, ainda bastante comuns tanto por parte de pessoas leigas no assunto, quando por parte de profissionais da construção civil:

1. Edificações construídas com o sistema *wood frame* possuem estrutura realmente resistente?
2. Pelo Ceará ser um Estado com sol o ano todo, uma edificação em *wood frame* apresentaria temperaturas internas elevadas?
3. A madeira proporciona um conforto acústico adequado em uma edificação construída com o sistema *wood frame*?
4. Há um perigo maior de incêndio em uma edificação em *wood frame* do que em uma construção convencional?
5. Por possuir estrutura em madeira e o Ceará possuir surtos de insetos que se alimentam de madeira, uma edificação em *wood frame* pode ter sua estrutura danificada por ataque biológico?

## **5.2 Análise de viabilidade técnica na prática: resultado das visitas técnicas**

Buscou-se iniciar o estudo de viabilidade técnico da implantação do sistema *wood frame* no Ceará explorando a realidade desse sistema atuante atualmente no Brasil. A pesquisa de campo foi dividida em visitas técnicas no Brasil e nos EUA, abordando visitas à empresas, fábricas e edificações em construção e em uso, relacionadas à todas as etapas do ciclo produtivo do *wood frame* e atuantes no mercado brasileiro e norte americano.

### **5.2.1 Visitas técnicas no Brasil**

Com as visitas técnicas, buscou-se conhecer algumas das empresas com atuação de maior relevância no ciclo produtivo de edificações em *wood frame* e, dentre essas, as mais atuantes no mercado brasileiro. Além disso, para conhecer o processo executivo e o desempenho em uso, foram visitadas edificações em *wood frame*, algumas em construção e

outras já sendo utilizadas. A Tabela 2 apresenta um resumo das empresas e edificações visitadas.

Tabela 2 – Resumo das empresas e edificações onde foram realizadas as visitas técnicas

	Identificação	Localização		Descrição
		Cidade	Estado	
Empresas	Fuste	Capão Bonito	São Paulo	Empresa de Pequeno Porte (EPP) de Tecnologia Aplicada a Madeira Plantada, com atuação, dentre outros, em processos de secagem, tratamento e proteção de peças de madeira
	Sguario	Nova Campina	São Paulo	Empresa que atua no setor florestal e de beneficiamento da madeira a mais de 90 anos, sendo considerada atualmente uma das maiores e mais tecnológicas madeireiras da América Latina
	Tecverde	Curitiba / Araucária	Paraná	Empresa de engenharia e inovação tecnológica na construção civil, possuindo fábrica considerada a mais automatizada da América Latina, que trouxe o conceito de construção seca para o Brasil a partir do sistema <i>wood frame</i> painelizado
	Tetti	Capão Bonito	São Paulo	Empresa de telhados e sistemas construtivos em madeira plantada, atuando no setor da construção civil na produção de telhados e casas em <i>wood frame</i> painelizado, com o intuito de contribuir para um setor da construção mais sustentável
Edificações	Condomínio de casas	Itapeva	São Paulo	Condomínio de 5 casas construídas no sistema <i>wood frame</i> painelizado, a partir da tecnologia da empresa Tetti, com 3 delas montadas no período da visita técnica
	Moradas Nilo	Curitiba	Paraná	Conjunto habitacional com 66 casas em <i>wood frame</i> , executadas com a tecnologia da empresa Tecverde, já em uso desde 2014
	Residencial Vancouver	Araucária	Paraná	Primeiro edifício em <i>wood frame</i> do Brasil, dois blocos com térreo e mais 2 pavimentos, (sendo o último pavimento do segundo bloco montado no período da visita técnica) com coordenação de projetos e execução pela empresa Tecverde

A pesquisa de campo ocorreu nos meses de fevereiro e agosto de 2016, e no mapa da Figura 14 e da Figura 15 estão apresentadas as localizações dessas visitas, em São Paulo e no Paraná, respectivamente.

Figura 14 – Localização das visitas técnicas em São Paulo

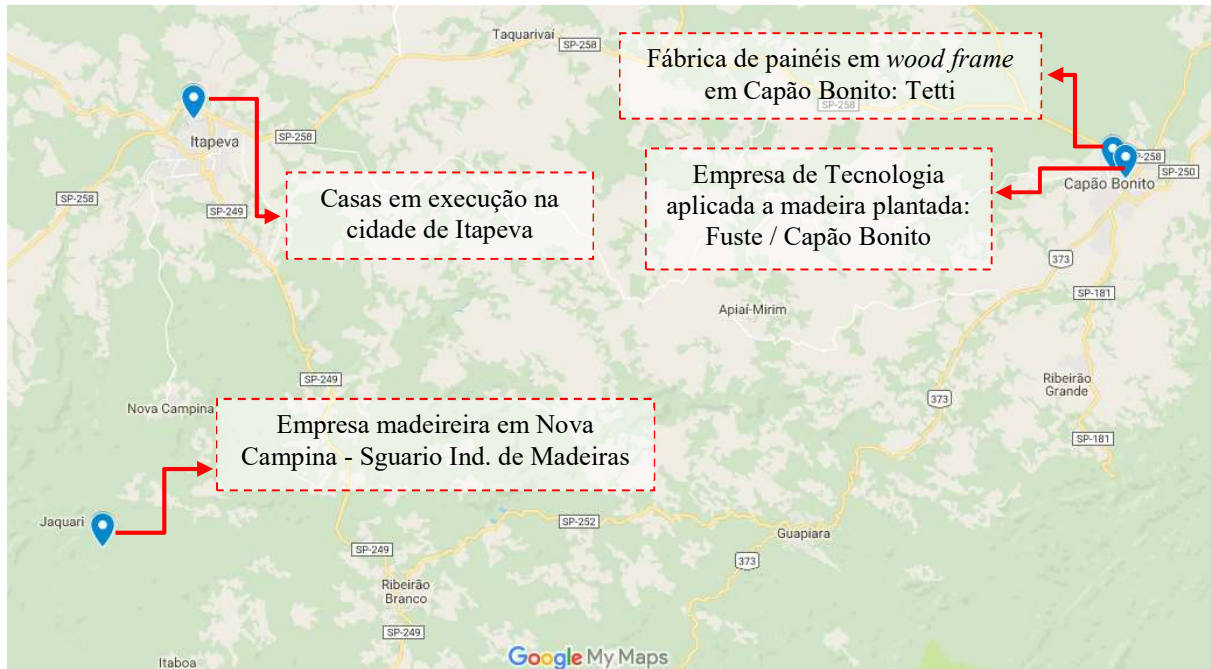


Figura 15 – Localização das visitas técnicas no Paraná



Cada uma das visitas técnicas nacionais está descrita e comentada no Apêndice A do presente trabalho, dispostos não em ordem cronológica de visitas, mas sim de acordo com o ciclo produtivo de uma edificação em *wood frame*, isto é, seguindo a ordem:

- Obtenção e beneficiamento de matéria prima (madeira)
- Tratamento da madeira contra ataques biológicos (cupins e insetos)
- Utilização da madeira tratada para fabricação de painéis de *wood frame*
- Montagem dos painéis *in loco*
- Desempenho das edificações em uso

Os itens a seguir apresentam um resumo das visitas técnicas no Brasil, que estão apresentadas com maiores detalhes no Apêndice A deste trabalho, assim como os resultados obtidos com a pesquisa em campo.

#### 5.2.1.1 *Obtenção e beneficiamento de matéria prima (madeira): Empresa Sguario*

Para se executar uma edificação com o sistema *wood frame* é necessário que as peças de madeira da sua estrutura estejam com as dimensões adequadas e padronizadas. Para isso, empresas madeireiras fazem o corte das árvores que serão beneficiadas, isto é, tratadas para tirar o melhor proveito daquela matéria prima. Na Empresa Sguario, por se tratar de uma empresa com processos mecanizados e tecnológicos, todo o processo de beneficiamento é realizado por máquinas que otimizam a utilização do material, gerando o mínimo de resíduos e aproveitando melhor todo o potencial de cada peça.

Foi possível observar que essa tecnologia auxiliou em um aumento da produtividade, onde as peças entram e saem a uma velocidade constante, só sendo interrompida a produção em casos de problemas extremos. É possível perceber o nível de automação da empresa visitada, deixando claro que se trata de uma exceção diante de grande parte das demais madeireiras brasileiras, onde muitas delas ainda possuem processos mais artesanais. Após a retirada das camadas da madeira que não interessam para a elaboração de peças estruturais, o núcleo que restou passa por um segundo processo de corte, onde são obtidas as peças nas dimensões desejadas.

É importante destacar que na atividade produtiva da Empresa Sguario, com o corte dos troncos de madeira e elaboração de peças de dimensões padrões, é gerada uma quantidade

significativa de resíduo. Porém, na Sguario todos os resíduos recebem uma destinação de forma a serem aproveitados da melhor maneira. Assim, os resíduos de madeira são aproveitados em várias peças de caráter não estrutural, como molduras, barrotes colados, tábuas coladas, dentre outros, além de poderem ser transformados em raspas, tanto para o uso com esta forma como para a elaboração de placas (tapumes). Os resíduos que não podem ser aproveitados de alguma maneira em algum tipo de peça, são usados como biomassa, isto é, a matéria orgânica, em forma de resíduos de madeira, é transformada em energia. Hoje, a Empresa produz toda a energia que ela consome pela geração de biomassa, contribuindo com a diminuição dos impactos ambientais.

Em resumo, os resultados da visita técnica à empresa Sguario podem ser enumerados como é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados da visita técnica à empresa Sguario

<b>Etapa da cadeia produtiva de uma edificação em <i>wood frame</i></b>	Foi possível entender o começo da cadeia produtiva de uma edificação em <i>wood frame</i> na observação da fabricação dos elementos estruturais pelo beneficiamento da matéria prima principal do sistema, a madeira
<b>Principais características observadas</b>	Entende-se que a empresa que possibilitou a visita técnica é referência no setor madeireiro, tanto em tecnologia aplicada às atividades produtivas e sustentabilidade nos processos, como em demanda e oferta de produtos. Com isso, observou-se que grande parte das empresas brasileiras que produzem edificações no sistema construtivo <i>wood frame</i> obtém seus elementos estruturais desta madeira, de forma a complementar as características de sustentabilidade e industrialização do sistema
<b>Atitudes sustentáveis</b>	Foi possível observar a busca da empresa por produzir de forma sustentável, porém não somente beneficiando a etapa de fabricação de seus produtos, mas levando em consideração o caráter econômico, social e ambiental. Para isso, algumas iniciativas foram observadas, como a manutenção, administração e reforma de florestas próprias de pinus, eucalipto e araucária; o relacionamento com a comunidade por meio de ações e projetos sociais na região que a Sguario atua, pela visão de que melhorando a qualidade de vidas dessas comunidades consequentemente irá melhorar a qualidade de vida dos colaboradores próprios e terceirizados da empresa; dentre outras
<b>Capacidade logística visando o Estado do Ceará</b>	Com relação à logística de fornecimento dos produtos da Sguario, confirmou-se a possibilidade de envio destes para outras regiões brasileiras, o que possibilita o uso dessas madeiras na construção de edificações em <i>wood frame</i> no Estado do Ceará



### 5.2.1.2 Tratamento da madeira contra ataques biológicos: Empresa Fuste

Para a utilização de peças de madeira como elemento estrutural em edificações, como no sistema *wood frame*, é necessário que estas sejam tratadas e protegidas contra agentes biológicos que possam comprometer a segurança estrutural das moradias. Para isso, existem empresas, como a Empresa Fuste, que atuam no mercado com tecnologia aplicada a madeira. Duas das atividades realizadas na Fuste foram estudadas em campo pela afinidade com os objetivos do trabalho em questão, e serão descritas neste item: a secagem da madeira e a proteção contra agentes biológicos, sendo a primeira um pré-requisito para a segunda.

As peças de madeira que chegam na Empresa Fuste para serem tratadas possuem uma elevada umidade relativa, características dos tipos de madeira com que a empresa trabalha: Pinus e Eucalipto. Assim, para que o tratamento das peças seja efetivo e eficaz, faz-se necessário um processo de secagem destas, até se obter uma umidade relativa de aproximadamente 12%. Observou-se que, geralmente, o período de secagem dura em torno de 10 dias. Nesse período a secagem deve ocorrer de forma lenta, gradual e controlada para evitar possíveis defeitos de secagem, como trincas, torções, encurvamentos, encanoamentos e arqueamentos.

De forma resumida, o processo de secagem, anterior ao processo de proteção das peças de madeira, é necessário para que a água que existe no interior da madeira seja retirada para dar espaço ao componente químico com função inseticida e fungicida. Assim, o tratamento é realizado tanto nas faces das peças como também internamente, diminuindo as possibilidades de ataques biológicos.

O tratamento e proteção da madeira no Brasil pode ser feita com vários produtos químicos, legalizados pelos órgãos fiscalizadores da união, como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Dentre eles:

- CCA - Arseniato de Cobre Cromatado, conhecido por Celcure (Copper chrome arsenate)
- CCB - Borato de Cobre Cromatado (Copper Chrome Boron)
- CA-B - Copper Azoles – B

Na empresa visitada, assim como na maioria das empresas que realizam esse tipo de trabalho, o CCB é utilizado para realizar a proteção da madeira. Para isso, as peças de

madeira, secas e beneficiadas, são colocadas em um cilindro de tratamento, ou autoclave. Após as peças estarem adequadamente alocadas na autoclave, está é então fechada, impedindo a entrada ou saída de líquidos ou ar. Com isso, é realizada uma etapa de vácuo para então ser despejado o CCB, que penetrará em todos os poros da madeira pela pressão imposta pela autoclave. O processo é finalizado retirando-se a madeira do tanque e colocando-a para secagem ao ar. Todo esse procedimento é ilustrado no Apêndice A.

Em resumo, os resultados da visita técnica à empresa Sguario podem ser enumerados como é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados da visita técnica à empresa Fuste

<p><b>Etapa da cadeia produtiva de uma edificação em <i>wood frame</i></b></p>	<p>Foi possível entender mais uma etapa da cadeia produtiva de uma edificação em <i>wood frame</i>: a proteção da madeira contra os ataques biológicos. Trata-se de uma das etapas essenciais, visto que dela depende a segurança estrutural da edificação no sistema em questão</p>
<p><b>Principais características observadas</b></p>	<p>Viu-se que o processo de secagem da madeira para a sua proteção é uma etapa a ser realizada com bastante controle e rigor técnico diante das possibilidades de defeitos de secagem. É alto o grau tecnológico das etapas observadas, obtido pelo uso de softwares e equipamentos modernos, facilitando a obtenção de resultados mais precisos com uma qualidade superior. Porém, a presença do controle humano é necessária e bastante importante para o bom funcionamento da tecnologia utilizada</p>
<p><b>Atitudes sustentáveis</b></p>	<p>A empresa trabalha somente com madeira plantada, isto é, madeira de reflorestamento, que possui controle de impacto ambiental</p>
<p><b>Capacidade logística visando o Estado do Ceará</b></p>	<p>Apesar de simples, o processo de tratamento da madeira em autoclave requer uma estrutura bem pensada, com profissionais com conhecimento no assunto, capazes de gerir os processos e solucionar problemas. Assim, torna-se mais difícil a implantação dessa estrutura em estados sem uma demanda para dar retorno ao investimento, sendo necessária a importação da madeira tratada para a construção de edificações em <i>wood frame</i> nestes locais, como no Ceará. A Empresa afirmou que essa importação é possível</p>
<p><b>Outras observações</b></p>	<p>O conhecimento das características do tipo de madeira a ser tratado é de extrema importância para o correto ajuste dos parâmetros de controle da câmara de secagem, e da solução a ser utilizada para proteção da madeira. O pinus, exemplo de madeira mais utilizada na empresa visitada, possui uma estrutura bastante porosa, necessitando de maiores cuidados na secagem pela maior tendência de apresentar defeitos, e requerendo maior quantidade de solução para sua proteção de forma eficaz</p>

### 5.2.1.3 Utilização da madeira tratada para fabricação de painéis: Empresa Tetti

Com a madeira beneficiada e submetida ao tratamento cupinicida e inseticida, é possível iniciar o processo executivo da estrutura das edificações em wood frame. As empresas visitadas na pesquisa de campo incorporaram em seus processos construtivos etapas mais industrializadas, de forma que a maior parte da execução da edificação aconteça em fábrica, deixando para o local da construção somente a montagem e acabamentos finais. Assim, a tecnologia utilizada é a da painelização, isto é, fabricação de painéis no sistema *wood frame*, os quais são unidos in loco para dar forma a casas ou edifícios.

A Empresa Tetti utiliza o sistema de painelização para a construção de casas térreas. Os painéis são montados em fábrica, localizada em galpão de tamanho médio, aproximadamente 1.000 m<sup>2</sup>. Os equipamentos utilizados na fábrica são: 1 Empilhadeira elétrica, 1 Esquadrejadeira profissional, 1 Pórtico rolante elétrico móvel, 1 Pórtico rolante manual fixo, 2 Mesas de montagem de painéis. É importante destacar a simplicidade da infraestrutura utilizada na fábrica da Tetti, mostrando que é possível produzir com qualidade, alta produtividade e menos desperdícios, industrializando as atividades produtivas, com uma estrutura básica bastante simples. Diante da demanda de cada empresa e dos seus objetivos profissionais, é possível utilizar uma infraestrutura mais tecnológica, como poderá ser visto em itens posteriores, porém, a industrialização da construção por meio do sistema *wood frame* não depende disso.

Para a montagem dos painéis, as peças de madeira que irão compor o *frame* são dispostas na mesa de montagem, de acordo com o projeto. A estrutura é então montada, unindo-se as peças por meio de pregos galvanizados, e colocada em esquadro. Sua Face superior é fechada com placas de OSB, com função estrutural e de travamento do painel. Com uma face finalizada, é necessário virar o painel para que o outro lado seja executado. Para isso, há duas maneiras: com o painel em pé ou deitado. É utilizado então o pórtico rolante para movimentar o painel, deixando-o na posição desejada. Antes de fechar a outra face, deve-se trabalhar a parte interna dos painéis, onde fica o isolamento térmico e acústico e todas as instalações elétricas (e hidráulicas no caso dos banheiros e cozinha).

Com a parte estrutural do painel pronta, realiza-se então a etapa de acabamento, a ser realizado ou não em fábrica, ficando a critério da empresa. Os acabamentos internos e externo dos painéis da Empresa Tetti são executados, em sua maior parte, na fábrica, onde o primeiro é feito com placas de gesso acartonado e o segundo, com um sistema denominado

EIFS (Exterior Insulation and Finish System). Ambos os acabamentos também contribuem para a proteção térmica e acústica da edificação. Com os painéis prontos para montagem da edificação, é necessário realizar o transporte destes até o local da construção. Observou-se na visita técnica que foi possível transportar até 3 casas em um reboque convencional.

Em resumo, os resultados da visita técnica à empresa Tetti podem ser enumerados como é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Resultados da visita técnica à empresa Tetti

<p><b>Etapa da cadeia produtiva de uma edificação em <i>wood frame</i></b></p>	<p>Foi possível entender mais uma etapa da cadeia produtiva de uma edificação em <i>wood frame</i>: a fabricação dos painéis. Entende-se que essa etapa pode acontecer de várias maneiras, dependendo, dentre outros fatores, da inclusão de tecnologia nos processos. Assim, o processo executivo desenvolvido pela empresa Tetti e observado na visita técnica é um dos exemplos de como o sistema <i>wood frame</i> está sendo implantado no Brasil</p>
<p><b>Principais características observadas</b></p>	<p>Foi observado que a quantidade de funcionários fabricando os painéis é bem pequena, não necessitando de mão de obra especializada. Todos os 6 funcionários passaram por treinamento de uma semana, anterior ao início da fabricação dos painéis, o que os capacitou para realizar aquele trabalho. Foi relatado que no começo a produtividade desses funcionários era pequena devido ao período de aprendizado. Porém, no período da visita técnica, a produção já estava fluindo, mostrando-os adaptado às atividades da empresa</p>
<p><b>Atitudes sustentáveis</b></p>	<p>Foi possível observar que o caráter industrial da produção proporciona uma redução da geração de resíduos, se comparado com um canteiro de obras tradicional</p>
<p><b>Capacidade logística visando o Estado do Ceará</b></p>	<p>A implantação de uma fábrica com condições mínimas para a fabricação dos painéis em <i>wood frame</i> exige uma infraestrutura simples, acessível em todos os Estados do país</p>
<p><b>Outras observações</b></p>	<p>Por ser a construção de casas em <i>wood frame</i> uma atividade recente para a empresa, no período da visita alguns pontos ainda não haviam ganhado a devida atenção, como a questão da logística interna e do acompanhamento da produtividade. Para que o fator da industrialização da construção, inerente ao sistema <i>wood frame</i> painelizado, seja aproveitado em todo o seu potencial, é recomendado que ele esteja atrelado a estudos de logística interna, isto é, a organização das atividades dentro da área da fábrica, de forma que todo o processo executivo seja pensado e planejado antes de acontecer para evitar possíveis desperdícios, de tempo e insumos, por exemplo, por desorganização de canteiro</p>

Seria altamente recomendável a implantação da filosofia *Lean Construction* nos processos da empresa, facilitando atingir os objetivos de construção industrializada, limpa e com menos desperdícios, similar ao que acontece em muitas indústrias manufatureiras, como a automobilística Toyota, criadora do conceito *Lean*.

#### 5.2.1.4 Utilização da madeira tratada para fabricação de painéis: Empresa Tecverde

A Empresa Tecverde é outra empresa de destaque no setor brasileiro da construção civil com a proposta de construir de forma mais industrializada por meio do sistema *wood frame* painelizado. É atualmente referência no setor, sendo responsável pela construção das primeiras casas para Habitação de Interesse Social em *wood frame* financiadas pela Caixa Econômica Federal.

O desempenho observado hoje na empresa foi conquistado de forma árdua, onde a principal dificuldade, alegada pelos precursores, está atrelada ao preconceito ligado ao sistema, onde a ideia que somente construções em alvenaria e concreto possuíam bom desempenho e segurança precisou ser desmistificada. Tal dificuldade foi vencida na prática, onde as primeiras construções já chamaram atenção pela rapidez na execução, apresentando qualidade e segurança. Hoje o portfólio da empresa é grande, dentre as diversas tipologias construtivas, e foi possível observar um pouco de suas atividades em uma visita técnica.

Observa-se primeiramente que o escritório da Empresa Tecverde foi construído com o sistema *wood frame*, onde é possível observar, logo no primeiro contato, que sua aparência em nada difere de uma construção no sistema convencional, em alvenaria e concreto. Uma das vantagens observadas é que os funcionários, clientes e interessados podem, assim, comprovar a eficiência do sistema pela própria experimentação.

A empresa Tecverde possui, além do escritório, uma fábrica para a produção de painéis em *wood frame*. O nível tecnológico da empresa se destaca, sendo possível perceber uma linha de montagem bem estruturada auxiliada por computadores, equipamentos de alta tecnologia, e o indispensável esforço humano, composto por funcionários bem treinados. Os equipamentos utilizados vão além dos pórticos rolantes vistos na empresa anterior (Tetti). São utilizadas máquinas alemãs, as mesmas utilizadas em muitas fábricas de *wood frame* na Alemanha, que realizam praticamente todo o trabalho de corte e fixação das peças para formação do painel.

É possível observar também a organização da fábrica, setorizada com indicação escrita de todas as seções, materiais e equipamentos. Essa é uma postura que majora o potencial

do caráter industrializado e traz diversos benefícios, comprovados por estudos que fazem a ligação entre estes e a melhorias na logística interna de fábricas.

A grande desvantagem observada no uso da tecnologia é a dependência desta para o funcionamento da linha de montagem dentro do escopo planejado. Assim, quando alguma máquina apresenta algum defeito, toda a linha fica prejudicada, devendo-se recorrer à técnicos especializados naquele tipo de tecnologia, o que pode demandar algum tempo. Porém, caso isso ocorra, o corte e fixação manuais podem ser utilizados para não parar a produção, já que os funcionários já estão treinados e experientes. Em resumo, os resultados da visita técnica à empresa Tecverde podem ser enumerados como é apresentado na Tabela 1 | Tabela 5.

Tabela 6 – Resultados da visita técnica à empresa Tecverde

<p><b>Etapa da cadeia produtiva de uma edificação em <i>wood frame</i></b></p>	<p>Foi possível visualizar mais uma vez a etapa de fabricação dos painéis de edificações em <i>wood frame</i>. As diferenças observadas para a empresa anterior (Tetti) são grandes em relação ao uso de tecnologia, porém são pequenas com relação aos passos do processo executivo. É importante destacar que ambas as empresas possuem processos adaptados da tecnologia alemã, o que justifica a similaridade</p>
<p><b>Principais características observadas</b></p>	<p>A empresa visitada possui uma demanda de obras maior do que a empresa anterior (empresa Tetti), por isso possui um quadro maior de funcionários. Apesar disso, ainda é um número pequeno se comparado com a construção convencional em concreto e alvenaria, para o mesmo volume de produção no mesmo tempo. Foi possível observar que há um número significativo de mulheres trabalhando na fábrica, o que mostra que outra diferença da construção industrializada é a possibilidade de abrir portas para as mulheres adentrarem o mercado da construção, desconstruindo a ideia de que o setor possui profissões “somente para homens”</p>
<p><b>Atitudes sustentáveis</b></p>	<p>Assim como na empresa Tetti, a empresa Tecverde se beneficia do caráter industrializado de seu processo executivo para reduzir a geração de resíduos, se comparado com um canteiro de obras tradicional</p>
<p><b>Capacidade logística visando o Estado do Ceará</b></p>	<p>A Tecverde possui como visão ser a maior fornecedora de tecnologias industrializadas e sustentáveis para construção civil no Brasil. Sua história começou no sul do país, e hoje já se estende também para o sudeste e centro-oeste. Foi demonstrado interesse, por parte da empresa, pela implantação do sistema em todas as regiões brasileiras, visando cumprir sua missão e visão, sendo necessário primeiramente consolidar o sistema <i>wood frame</i> nas regiões já atuantes, para, então, expandir ainda mais</p>

### Outras observações

Diferente da Tetti, a Tecverde possui uma logística interna bem determinada, com todos os espaços bem aproveitados, o que facilita o conhecimento e controle da produtividade. Observou-se a filosofia *Lean Construction* aplicada em alguns processos da empresa, assim como os benefícios trazidos pelo seu uso. Um exemplo é o uso da ferramenta *Kanban*, exemplificada na Figura 16.

Figura 16 – Uso de *Kanban* na empresa Tecverde



#### 5.2.1.5 Montagem dos painéis in loco: Casas em execução em Itapeva (SP)

Acompanhou-se a construção de 3 edificações em wood frame em cidade no interior de São Paulo, executadas a partir da montagem dos painéis produzidos na fábrica da Empresa Tetti, observado em visita técnica anterior. No local, já haviam três estruturas de fundação, do tipo Radier, previamente montadas para receber a estrutura das três casas.

Com o auxílio de um guindaste, os painéis eram retirados do reboque e alocados na fundação. Observou-se que o estudo da sequência de montagem é de extrema importância para otimizar o processo. Sem uma análise de como os painéis devem ser dispostos no reboque, de acordo com a ordem que sairão dele, o processo de montagem, que possui potencial para ser uma etapa rápida e descomplicada, pode acabar exigindo mais tempo e esforço do que o necessário.

Foi possível perceber que a quantidade de funcionários era pequena (5 colaboradores e 1 engenheiro), assim como na fábrica. Foi possível perceber também a diferença de acabamentos entre alguns dos painéis, onde alguns já apresentam placas de gesso

ou o acabamento externo (EIFS), e outros somente a estrutura, com os barrotes de madeira, as placas de OSB, a proteção térmica e acústica, e as instalações elétricas e hidráulicas. A forma como os painéis estão ao serem transportados para o local da obra é de decisão da empresa, onde quanto maior a quantidade de etapas realizadas em fábrica, menor o tempo de execução *in loco*.

A próxima etapa a ser executada é a cobertura. A Empresa Tetti, fabricante dos painéis e executora da obra, opta pelo uso da estrutura de cobertura também industrializada e em madeira plantada tratada. Monta-se a estrutura de cobertura no chão, com treliças pré-fabricadas unidas por chapas prego (conectores anti-racha) segundo a norma brasileira NBR 7190 – Projeto de estruturas e madeira, sendo posteriormente içada e alocada na estrutura de paredes previamente montada. Observou-se que essa opção possibilitou, principalmente, o aumento da eficiência, diminuindo o tempo no local da montagem da edificação, do controle de qualidade, pelo fator da industrialização, e da segurança em obra, atenuando o trabalho em altura.

Com as estruturas de parede e telhado prontas, as etapas seguintes são de realizar a ancoragem da edificação à fundação, colocação das telhas da cobertura, finalização dos acabamentos internos e externos restantes, e tratamento das juntas das placas de gesso com uma fita de material próprio para tal trabalho. Como a pesquisa de campo se limitava à observação do sistema *wood frame*, a visita técnica se restringiu ao acompanhamento da montagem das três casas, nas etapas resumidas neste item, o que ocorreu durante apenas 2 dias.

Em resumo, os resultados da visita técnica às casas em execução em Itapeva (SP) podem ser enumerados como é apresentado na Tabela 7/Tabela 5.

Tabela 7 – Resultados da visita técnica às casas em execução em Itapeva (SP)

<p><b>Etapa da cadeia produtiva de uma edificação em <i>wood frame</i></b></p>	<p>Foi possível entender mais uma etapa da cadeia produtiva de uma edificação em <i>wood frame</i>: a montagem dos painéis <i>in loco</i> para construção de edificações. Tais edificações foram executadas pela empresa Tetti, também abordada neste tópico.</p>
<p><b>Principais características observadas</b></p>	<p>A quantidade de funcionários trabalhando em obra, assim como na fábrica, é pequeno, em torno de 6 colaboradores. Houve, porém, a necessidade de realizar um treinamento com estes colaboradores antes do trabalho de montagem da estrutura devido ao desconhecimento do sistema <i>wood frame</i>. Apesar disso, de acordo com relatos dos funcionários o aprendizado foi rápido diante da facilidade do sistema, demandando um pequeno período de treinamento e prática para a habituação com o sistema</p>



<p><b>Atitudes sustentáveis</b></p>	<p>Observou-se uma montagem rápida, uma execução seca e um canteiro de obras limpo e organizado, diferente do que é comumente observado em grande parte das obras brasileiras. Com relação à produtividade, observou-se que mesmo com chuva intensa nos dois dias de visita técnica à obra das casas em Itapeva, o sistema construtivo não ficou prejudicado, ficando somente a produtividade um pouco menor do que a esperada.</p>
<p><b>Capacidade logística visando o Estado do Ceará</b></p>	<p>Observou-se que a logística de entrega dos painéis pode ser um fator limitante para a construção no sistema <i>wood frame</i>, em qualquer Estado brasileiro. A necessidade de guinchos e reboques pode tornar a atividade não ser acessível para todos os locais, sendo restrito à ruas com pouco movimento e com estrutura para receber os veículos juntamente com o guincho e os caminhões reboque. Além disso, observou-se que há duas possibilidades de entrega dos painéis no Ceará: montando os painéis próximo ao local da montagem das edificações, ou enviando os painéis já prontos de uma das fábricas no Sul ou Sudeste do Brasil. O envio dos painéis prontos pode ser inviável financeiramente, sendo necessário um estudo quantitativo, que foge do tema do presente trabalho.</p>
<p><b>Outras observações</b></p>	<p>Viu-se a importância, tanto em fábrica como em obra, da implementação de ferramentas e processos que auxiliem a linha de produção no controle da produtividade, de forma que o caráter industrializado do sistema <i>wood frame</i> não perca seu potencial e os benefícios que pode trazer.</p>

#### 5.2.1.6 Montagem dos painéis in loco: Edifício em *wood frame* em Araucária (PR)

Dentre as tipologias brasileiras mais comuns, especialmente para habitação popular, estão os edifícios de baixa estatura. Por essa razão, e visando conferir as possibilidades que o sistema *wood frame* abrange, visitou-se o primeiro edifício construído com o sistema *wood frame* do Brasil, fabricado e executado pela Empresa Tecverde. Trata-se de dois blocos de edifícios com andar térreo e mais 2 pavimentos, com 12 apartamentos de aproximadamente 50 m<sup>2</sup> em cada bloco, divididos em dois quartos, um banheiro, uma sala e uma cozinha tipo americana. O segundo bloco teve sua estrutura (painéis, lajes e cobertura) montada em 64 horas, correspondente a 8 dias de trabalho, sendo a finalização da última laje observada na visita técnica. No dia da visita, o primeiro bloco estava com a estrutura finalizada e o acabamento externo parcialmente pronto.

Em resumo, os resultados da visita técnica ao Edifício em *wood frame*, em Araucária (PR), podem ser enumerados como é apresentado na Tabela 8Tabela 7Tabela 5.

Tabela 8 – Resultados da visita técnica ao Edifício em *wood frame* em Araucária (PR)

<p><b>Etapa da cadeia produtiva de uma edificação em <i>wood frame</i></b></p>	<p>A etapa de montagem dos painéis em <i>wood frame in loco</i> para construção de edificações foi possível de ser observada mais uma vez, porém para uma tipologia construtiva diferente do demonstrado no item anterior (casas em execução em Itapeva - SP). Nesta visita, foi possível observar a construção e o uso de dois edifícios de múltiplos pavimentos, demonstrando a versatilidade do sistema, que se adequa a vários tipos de edificações diferentes, apresentando nestes o mesmo desempenho e segurança apresentados nas casas térreas</p>
<p><b>Principais características observadas</b></p>	<p>Observou-se novamente as características do sistema <i>wood frame</i> painelizado, como uma montagem rápida <i>in loco</i>, uma execução seca e um canteiro de obras limpo e organizado, se destacando frente ao que é comumente observado em grande parte das obras brasileiras</p>
<p><b>Atitudes sustentáveis</b></p>	<p>Foi possível observar dois edifícios em duas etapas distintas de seu processo construtivo, um parcialmente finalizado e outro finalizando a montagem da estrutura, facilitando o entendimento da cadeia produtiva de edificações em <i>wood frame</i>. Com isso, observou-se uma montagem rápida, uma execução seca e um canteiro de obras limpo e organizado, diferente do que é comumente observado em grande parte das obras brasileiras.</p>
<p><b>Outras observações</b></p>	<p>Pela possibilidade de adentrar o edifício pronto, foi possível perceber, visualmente e de forma sensorial, sua estabilidade estrutural, assim como suas características de conforto térmico (mantendo a temperatura interna agradável, estando frio ou quente externamente) e acústico (onde ao se adentrar um cômodo este se mostrava silencioso, mesmo que no cômodo vizinho houvessem muitas pessoas conversando), evidenciando a possibilidade de adequabilidade desses parâmetros ao estabelecido na norma de desempenho, a ABNT NBR 15575 (2013).</p>

#### 5.2.1.7 Desempenho das edificações em uso: Casas em uso em Curitiba (PR)

Outra visita técnica realizada foi em casas, construídas com o sistema *wood frame*, em uso na cidade de Curitiba, no Estado do Paraná. É um empreendimento composto por 66 casas térreas de 43 m<sup>2</sup>, e trata-se do primeiro empreendimento financiado por programa de habitação do governo federal, o Minha Casa Minha Vida, construído no sistema *wood frame*, o que foi um grande passo para a implementação desse sistema no país.

Por se tratar de um projeto pioneiro e relativamente recente, pois foi concluído em 2015, a empresa executora do sistema estrutural, Empresa Tecverde (abordada em item anterior), considerou necessário o acompanhamento do uso das edificações, visando identificar os pontos que agradam ou desagradam o usuário das casas, além de fornecer serviço de manutenção caso necessário. Para isso, foi criado na empresa o setor de pós-ocupação, responsável pela etapa de manutenção e conservação das edificações construídas. Assim sendo, são realizadas visitas periódicas à essas casas, onde são feitos eventuais reparos solicitados pelos moradores, assim como pesquisas de pós-ocupação para mapear a satisfação destes com suas residências.

Foi possível acompanhar, durante um período, uma das visitas da Empresa D à algumas dessas residências. Um dos fatores que merece atenção é que os moradores possuíam o conhecimento que a sua residência havia sido construída com um sistema alternativo ao convencional, porém alguns não sabiam exatamente do que se tratava, isto é, mesmo sabendo que não haviam tijolos ou concreto nas paredes, o material da estrutura e como havia sido construída era uma incógnita para alguns. Contudo, isso não se tornou um fator limitador para esses moradores, que fazem uso de sua casa como qualquer outra casa em qualquer outro sistema. Isso foi possível de confirmar visualmente, por exemplo, pela observação da fixação de objetos suspensos, como quadros, prateleiras e televisões, sem prejuízos à estrutura das casas.

Cada morador recebeu o manual de uso da sua residência, elaborado em forma de quadrinhos para melhor entendimento. Porém, alguns demonstraram ainda dificuldade de entender tudo o que havia nesse manual, fato que dificulta a solução de pequenos problemas, ou reparos e intervenções feitas pelos moradores, como na instalação de novos pontos de tomada. O fato de não saber como realizar o acabamento na colocação das caixas de tomada ou o acesso às instalações elétricas, tanto pelos moradores quanto por profissionais da área, acostumados a realizar reparos em casas construídas no sistema convencional, pode acabar impedindo que o morador realize as intervenções das quais necessita, ou ainda, se realizar, corre o risco de ter problemas como de acabamento e mau funcionamento.

De uma forma geral, observou-se que os moradores das casas feitas com o sistema *wood frame* estão satisfeitos com suas residências. Porém, por tudo o que foi observado, fica clara a necessidade da disseminação do conhecimento sobre o sistema *wood frame*, visando difundir e facilitar seu uso e manutenção.

Em resumo, os resultados da visita técnica às casas em uso em Curitiba (PR) podem ser enumerados como é apresentado na Tabela 9 Tabela 8 Tabela 7 Tabela 5.

Tabela 9 – Resultados da visita técnica às casas em uso em Curitiba (PR)

<b>Etapa da cadeia produtiva de uma edificação em <i>wood frame</i></b>	Foi possível observar em campo mais uma etapa da cadeia produtiva de uma edificação em <i>wood frame</i> : o uso e manutenção de casas construídas neste sistema
<b>Principais características observadas</b>	Percebeu-se a importância do acompanhamento observado do uso das edificações em <i>wood frame</i> , visto que muitos dos moradores ainda desconhecem o sistema construtivo de suas residências. Com isso, a existência de um setor de manutenção, em empresas executoras do sistema em questão, se mostra útil e necessário, tanto para o bom relacionamento entre a empresa e o cliente final, garantindo, tanto a satisfação deste, quanto, e principalmente, a vida útil da edificação em <i>wood frame</i> .
<b>Atitudes sustentáveis</b>	Mesmo após a construção das edificações, percebeu-se a possibilidade de atitudes sustentáveis por parte dos moradores, como na economia de energia pelo conforto térmico fornecido pelas edificações
<b>Outras observações</b>	Percebeu-se ser indispensável o contato com os usuários finais das edificações em <i>wood frame</i> , principalmente por ser um sistema de uso recente no mercado da construção, visando conhecer seus valores e real visão sobre as vantagens e limitações do sistema.

### 5.2.2 Visitas técnicas nos Estados Unidos da América

Além das visitas técnicas no Brasil, realizou-se uma missão técnica aos Estados Unidos (EUA) com o objetivo de observar o mercado da construção civil americano e suas construções em *wood frame*, visto que 85 a 90% do mercado de habitação unifamiliar são executadas nesse sistema (Goetzl e McKeever 1999; Obiso 1997, *apud*, Memari, *et al.*, 2014). Este item apresenta os resultados das atividades realizadas na missão técnica aos EUA, descritas e apresentadas no Apêndice B.

A missão técnica em questão foi realizada por um grupo de profissionais brasileiros do setor da construção civil com o objetivo de aprofundar conhecimento a respeito de processos e técnicas construtivas mais sustentáveis para o setor. As atividades da missão técnica foram realizadas entre os dias 04 e 11 de outubro de 2016, em cidades do Estado da Califórnia. Após apresentar relatórios com a descrição dos processos visualizados nas visitas feitas na missão técnica, (Apêndice B), é possível analisar os dados obtidos e discutir os resultados da pesquisa de campo.

Percebeu-se a importância da observação em campo da realidade da construção civil com foco em casos do uso do sistema *wood frame*, em um país onde este sistema já é utilizado há algum tempo, possuindo técnica e processos estruturados e consistentes. Foi possível vislumbrar características distintas das construções brasileiras no mesmo sistema, incitando um repensar acerca da adaptabilidade do sistema para a realidade brasileira. Alguns resultados podem, então, ser pontuados:

- Percebeu-se, de forma mais destacada, que há uma preocupação com relação à melhoria do meio construtivo como um todo. Em outras palavras, olhar para o sistema *wood frame* isoladamente não é mais satisfatório para grande parte do mercado norte americano, há uma busca crescente pela melhoria além de somente sistemas e tecnologias construtivas, mas procurando, potencializar todos os elementos que compõem uma edificação, desde acabamentos, ou no uso eficiente de água e energia, até a preocupação com o bem-estar das pessoas que frequentam a edificação.
- Observou-se que apesar do sistema *wood frame* ser o sistema convencional para habitações residenciais nos EUA, sistemas em alvenaria e/ou concreto são constantemente utilizados para complementar a estrutura em madeira, especialmente nos sistemas de fundações.
- Para ganhar espaço, torna-se importante o uso, pelas empresas de *wood frame*, de ferramentas e metodologias que permitam-na valer-se de todo o potencial do caráter industrializado do sistema. Dentre essas ferramentas e metodologias, destaca-se o BIM, comprovadamente uma metodologia que auxilia empresas de construção civil na melhoria de seus processos.
- Das observações da pesquisa de campo, percebeu-se que a tecnologia e as necessidades humanas devem estar conectadas, isto é, a tecnologia deve ser utilizada para suprir demandas humanas de forma a melhorar processos e circunstâncias. Assim como foi visto nas visitas no Brasil, a tecnologia é utilizada para melhorar o processo executivo das empresas, diminuindo os desperdícios e aumentando a produtividade.

- No que se refere às dificuldades, percebeu-se que apesar das inovações tecnológicas, como o uso do BIM, serem benéficas ao sistema convencional norte americano, há um processo de quebra de paradigma para a sua implantação efetiva no mercado.
- Apesar da diferença de realidade entre a construção civil brasileira e norte americana, o Brasil possui todas as ferramentas necessárias para o bom desenvolvimento de tecnologias que auxiliem o crescimento da indústria da construção, não somente com relação ao sistema *wood frame*, desde a qualidade e quantidade de insumos, até o potencial dos profissionais que apresentam cada vez mais interesse na melhoria do setor da construção.
- Dentre as boas práticas observadas, destacou-se o fato de algumas empresas considerarem o consumo de energia dos equipamentos elétricos no orçamento da obra/empreendimento, o que pode viabilizar e/ou justificar o investimento em equipamentos e soluções tecnológicas de redução de consumo ou geração de energia.
- Apesar do foco do estudo em questão ser o sistema *wood frame* painelizado, viu-se nesta missão técnica a construção *in loco* com *wood frame* como possibilidade. Porém, para que os benefícios desta construção seca sejam aproveitados ao máximo, esta deve estar aliada à um bom processo de planejamento e gerenciamento.

### **5.3 Análise de propriedades da tecnologia *wood frame***

Em 2014, algumas organizações dos EUA, que representam cerca de 750.000 profissionais relacionados à construção civil no país, emitiram de forma conjunta um documento abordando a resiliência na construção civil. Segundo o artigo Building Resilience (2016), elaborado pela organização norte americana reThink Wood, tal documento descreve resiliência como "a capacidade de preparar e planejar para, absorver, recuperar e adaptar-se

com mais sucesso a eventos adversos". Apesar de parecer uma definição óbvia, a declaração explica a importância da ênfase neste assunto para a construção civil nos EUA:

A promoção da resiliência irá melhorar a competitividade da economia dos Estados Unidos. Desastres são caros de responder, mas grande parte da destruição pode ser evitada com recursos de mitigação de baixo custo e planejamento avançado. Nossas práticas devem continuar a mudar, e nós nos comprometemos com a criação de novas técnicas para quebrar o ciclo de destruição e reconstrução. Juntas, nossas organizações estão empenhadas em construir um futuro mais resiliente.

É interessante observar, a partir dessa descrição, que há uma busca pela resiliência, ou melhoria e adaptação à diferentes realidades, acontecendo em um país onde sistemas em madeira leve se colocam como tecnologia convencional, ou predominante. É possível imaginar, então, como afirma Souza (2013), que a concepção do sistema *wood frame* em todos os Estados do Brasil deve vir não pela cópia da produção americana ou europeia, que foram construídas tendo como base realidades locais, diferentes das brasileiras. Em outras palavras, o sistema *Wood frame* possui tecnologia pronta, já desenvolvida e adaptada para diversas situações adversas. Porém, e, cada local onde ela é implantada deve haver a preocupação de fazer adaptações que tornem o sistema mais apropriado para as suas condições particulares.

Souza (2013) afirma ainda que são necessários estudos para que seja feita uma adaptação do sistema ao contexto e condições nacionais e regionais, como Normas ou condições climáticas, de forma a viabilizar um desenvolvimento sustentável do sistema no território nacional. Por essa afirmação, observa-se um elo entre o desenvolvimento de uma tecnologia própria do sistema *wood frame* para o Brasil, que conseqüentemente está ligado à questão da sustentabilidade na construção civil.

Serão discutidos, nos subitens que seguem, alguns fatores técnicos importantes para responder a questões sobre o sistema *wood frame*. Para isso, são apresentados resultados de experiências brasileiras e de outros países, sempre sendo discutida a adaptabilidade destes para a realidade do Estado do Ceará. Tal discussão será sempre embasada em um documento, homologado pelo Ministério das Cidades, denominado Diretriz para Avaliação Técnica de Sistemas Construtivos estruturados em peças leves de madeira maciça serrada, com fechamento em chapas (sistemas leves tipo “Light Wood Framing”), e no DATec Nº 020-B: “Sistema de vedação vertical leve em madeira” (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2017). Este documento tem a finalidade de suprir, de forma provisória (tanto que o documento possui validade), lacunas da normalização técnica brasileira. Em outras palavras, é um documento que propõe diretrizes para avaliação de produtos não abrangidos por normas técnicas prescritivas.

### 5.3.1 Análise da resistência estrutural

A resistência estrutural de uma edificação construída no sistema *wood frame* é questão que gera discussão, especialmente se comparado ao sistema convencional brasileiro. A preocupação com a segurança estrutural da moradia está presente na cultura da população brasileira, que já confia na estabilidade das construções em concreto armado e alvenaria, e olha ainda de forma cautelosa para sistemas alternativos que não utilizem estes materiais. Porém, já foi comprovado, tanto por meio de estudos teóricos, quanto pela prática construtiva, que a técnica do sistema *wood frame* fornece segurança para a estrutura, de forma que hoje já existem, em diversos países, edifícios de múltiplos pavimentos construídos a partir dele.

Szücs *et al.* (2006), em seu trabalho sobre estruturas de madeira, abordam o conceito de segurança estrutural e afirmam que esta é analisada de forma quantitativa por meio de “processos analíticos, numéricos, gráficos ou experimentais, que determinam os esforços internos, as deformações e os deslocamentos nas estruturas, permitindo a comparação destes valores aos critérios de resistência dos materiais estruturais”.

Um exemplo de pesquisa nacional sobre o assunto foi realizado por Hilgenberg Neto (2004), que apresentou um estudo onde comprovou a viabilidade técnica do uso da madeira com relação ao desempenho estrutural. Sua demonstração teórica foi realizada através de cálculos estruturais. Já a empresa brasileira Tecverde, abordada anteriormente e descrita em maiores detalhes no Apêndice A, realizou testes físicos, tanto em protótipos quanto em edificações com finalidade de moradia. Dentre eles, foram realizados ensaios que comprovavam a resistência estrutural de edificações no sistema *wood frame*, com a tecnologia por eles aprimorada. Os resultados desses testes estão descritos no item 3.1 da diretriz SINAT Nº 005 (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2017).

De acordo com CBIC (2013):

As normas de projeto e execução de estruturas enfocam normalmente a estabilidade e segurança da construção frente a cargas gravitacionais, à ação do vento e a outras. As normas de desempenho incluem ainda ações decorrentes do uso e ocupação do imóvel, por exemplo, resistência de pisos e paredes aos impactos de corpo mole e corpo duro, capacidade de paredes e tetos suportarem cargas suspensas etc.

Assim, como o sistema *wood frame* ainda não possui norma própria, são levados em consideração critérios de desempenho para adaptar a estrutura, calculada por meio de norma nacional de construção com madeira (NBR 7190/1997 – Projeto de Estruturas de Madeira) e



normas internacionais de construção em *wood frame*, aos padrões brasileiros. Essa informação é confirmada por Ferreira (2013) que relata a experiência da empresa Tecverde com a construção das primeiras casas em *wood frame* do programa MCMV, afirmando que as paredes têm ainda resistência, na parte interna, para peças suspensas, de até 220 kg. Tal resistência é atribuída à existência da placa de OSB, material constituinte do painel de *wood frame*. O painel, ensaiado pela empresa, suportou um impacto de 960 J, gerada a partir do arremesso de uma carga de 40 kg a uma altura de aproximadamente 3,5 m.

Em resumo, a segurança estrutural de edificações no sistema *wood frame*, como é feito atualmente, é garantida, resguardada especialmente pela experiência de empresas especialistas no assunto, nas edificações em *wood frame* já construídas e em uso, e resguardada pela diretriz SINAT N° 005 (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2017).

### **5.3.2 Análise do desempenho térmico e acústico**

De acordo com CBIC (2013) “o adequado desempenho térmico repercute no conforto das pessoas e em condições adequadas para o sono e atividades normais em uma habitação, contribuindo ainda para a economia de energia”. Afirma ainda que “faz-se necessária a adequada isolamento acústica por parte de fachadas, coberturas, entrespisos e paredes de geminação”, visto que ruídos, gerados por música alta ou circulação de veículos por exemplo, são causas de desconforto e podem gerar desentendimentos e estresse. Com isso, percebe-se ser o desempenho térmico e acústico de edificações assuntos de extrema importância para o bem-estar das pessoas que lá se fazem presentes.

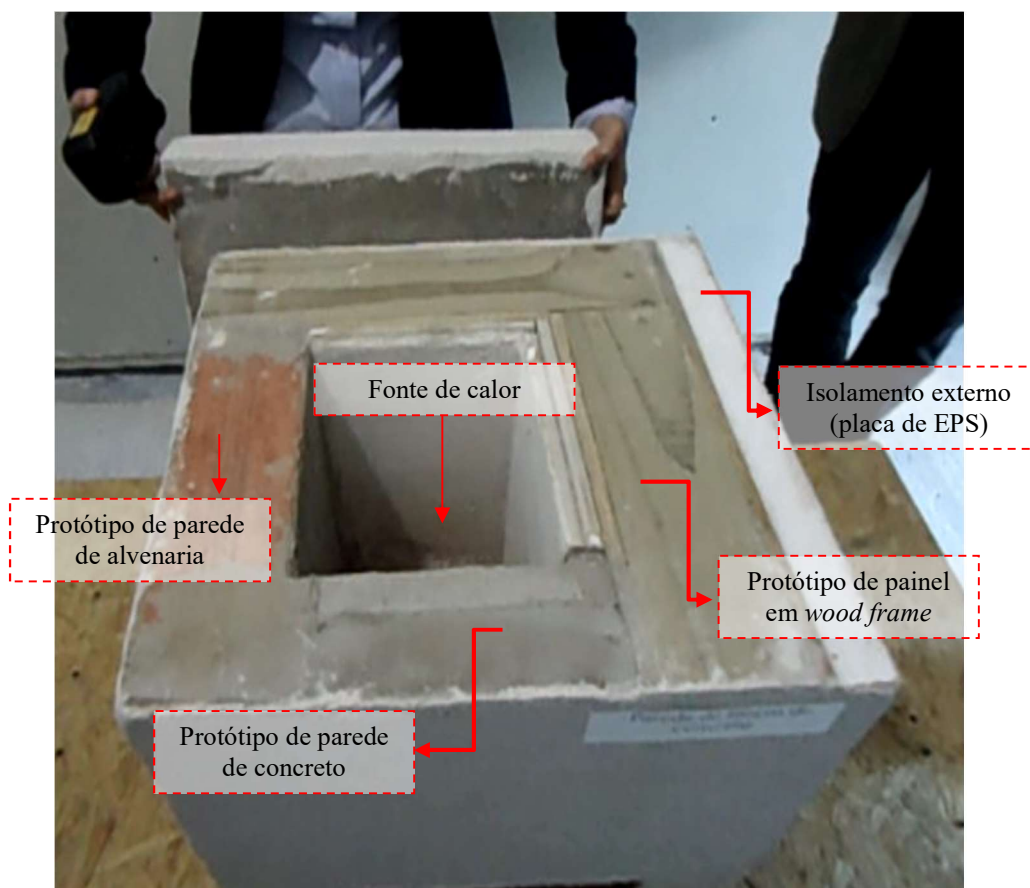
Ainda de acordo com CBIC (2013), a avaliação de desempenho térmico pode ser feita de forma simples, pela análise das propriedades dos materiais constituintes da estrutura, por simulação computacional, ou ainda por meio de ensaios com equipamento apropriado. Com relação ao desempenho acústico, a estrutura deve fornecer isolamento capaz de impedir passagem de som com limite em decibéis estabelecido em norma (NBR 15575 – Desempenho de edificações habitacionais).

Krüger e Laroca (2009) realizaram em seu trabalho uma avaliação de desempenho térmico de um protótipo de baixo custo construído em madeira plantada no sistema *wood frame*. Os resultados do monitoramento térmico demonstraram que, para a cidade onde o protótipo estava localizado (Canoinhas, RS), no período de verão, “o protótipo apresentou 100% de conforto para 80% de aceitabilidade, indicando um excelente desempenho”. Algumas simulações foram realizadas visando as capitais do Sul do Brasil, e os resultados mostraram

que o mesmo protótipo, com alguma melhoria no sistema construtivo, poderia se adequar às condições climáticas com excelente nível de desempenho. Mesmo o clima do Sul sendo bem diferente do Nordeste do Brasil, o resultado deste trabalho pode indicar a possibilidade de sucesso para esta região, visto que o verão no Sul pode apresentar sensações térmicas até maiores do que no Nordeste.

A empresa Tecverde apresentou em um evento uma experiência prática para demonstrar a qualidade do desempenho térmico de uma edificação em *wood frame*, utilizando-se de comparação com estruturas em alvenaria e em concreto. Para isso, elaborou-se uma espécie de cubo, utilizando uma resistência que gerava calor a uma temperatura superior a 40° C, e ao redor dela construiu-se duas paredes com o sistema *wood frame*, uma em concreto e a outra em alvenaria, para dar forma ao cubo. O resultado dessa experiência foi extremamente gratificante para os participantes do evento que puderam visualizar e sentir de forma clara e objetiva a eficiência térmica do sistema *wood frame*, e não apenas acreditar em estudos teóricos. A Figura 17 mostra o aparato utilizado para a experiência de desempenho térmico da empresa Tecverde.

Figura 17 – Experiência de desempenho térmico



A empresa utiliza também equipamento de infravermelho para demonstrar o bom desempenho térmico do sistema, o que fornece resultado qualitativo mais imediato. Outros resultados podem ser vistos no item 3.4 da diretriz SINAT N° 005 (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2017), que apresenta resultados quantitativos, e demonstrações por meio de ensaios.

Com relação à parte acústica, a empresa Tecverde elaborou outra experiência para comprovar o desempenho acústico do sistema *wood frame*. Elaborou-se uma caixa com todas as faces executadas com a estrutura do painel no sistema. Dentro da caixa, colocou-se um aparelho que emitia um som de aproximadamente 80 decibéis, simulando uma música alta em um compartimento de uma edificação. Comprovou-se, assim, o potencial do *wood frame* a isolar acusticamente ambientes de edificações construídas com esse sistema. Porém, é importante ressaltar que esse isolamento só é possível devido ao material isolante interno ao painel, aliado ao sistema de acabamento externo, que também possui função acústica. Não tendo este teste valor técnico, os resultados de proteção acústica podem ser vistos no item 3.5 da diretriz SINAT N° 005 (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2017).

### **5.3.3 Análise da segurança contra incêndio**

A segurança contra incêndio é um dos temas que preocupa quando se fala em construção com madeira. Gehring Junior & Molina (2014) afirmam que existe uma crença errônea associada à ideia de que a madeira queima com facilidade. Os autores comparam o comportamento dos três materiais mais utilizados na construção civil, a madeira, o aço e o concreto, e mostram que todos eles estão suscetíveis a perda da função estrutural, e em algumas situações até mais do que a madeira.

No caso do sistema *wood frame*, a madeira que compõe a estrutura não está visível pela existência de camadas de acabamentos. Toda a estrutura é pensada e calculada para atender aos requisitos da norma NBR 15575 relacionados à segurança contra incêndio, dificultando a propagação de possível foco de incêndio na estrutura. Um exemplo disso é a utilização de dupla camada de placas de gesso acartonado no revestimento interno de edificações em *wood frame*, o que não é utilizado em países como EUA e Alemanha. Com isso, para o fogo atingir a madeira estrutural, ele teria que vencer barreiras e camadas, o que facilitaria a fuga e a integridade física das pessoas, principal preocupação relacionada na citada norma. Além disso, a empresa Tecverde realizou ensaios de tipo, necessários para a obtenção do documento DATec N° 020

(MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2017), o que proporciona maior segurança e confiabilidade ao sistema *wood frame*. Neste documento, os resultados de segurança contra incêndio se encontram no item 3.2. É possível afirmar que com a criação da norma brasileira de construção em *wood frame* existirão regras que garantirão de forma padronizada essa segurança, trazendo mais confiabilidade ao sistema e tranquilidade à população.

#### **5.3.4 Análise da durabilidade**

De acordo com a CBIC (2013):

A habitação é o bem mais almejado pelos seres humanos. Tem significado emblemático, que, em muito, transcende a posse material. Particularmente nos casos de financiamentos prolongados, é extremamente importante que a construção mantenha características aceitáveis de desempenho durante prazo denominado na norma como “Vida Útil de Projeto”. Dessa forma, há necessidade de manutenção constante e correta previsão nos projetos e na construção, indicando-se na NBR 15575 a Vida Útil de Projeto para diversos elementos e componentes.

Por essa afirmação, é possível perceber que a questão da durabilidade está ligada às atividades de manutenção e execução correta da estrutura, de acordo com as necessidades de cada material estrutural, de forma a fazê-la durar durante o tempo estabelecido em norma.

Com relação às edificações em *wood frame*, sabe-se que a maior preocupação com relação a durabilidade é sobre a proteção contra ataques biológicos. Gehring Junior & Molina (2014) mostram que existe ainda uma crença popular que a madeira apodrece com facilidade, ideia desconstruída pelos autores, que afirmam que “a utilização de tratamento preservativo protege a madeira contra fungos e insetos e garante a longevidade da madeira por mais de 30 anos contra apenas 5 anos quando não se utiliza o tratamento preservativo”. Viu-se em visitas técnicas que toda a madeira utilizada na construção em *wood frame* passa por um processo de tratamento em autoclave, com substância inseticida e fungicida, de forma que a madeira fica protegida de forma completa. Resultados técnicos de durabilidade podem ser obtidos no item 3.6 da diretriz SINAT N° 005 (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2017).

#### **5.4 Análise ambiental do sistema *wood frame***

O já discutido déficit habitacional brasileiro, mais especificamente do Estado do Ceará, é uma das justificativas do presente trabalho. Segundo Adriazola (2008) “Este déficit está diretamente relacionado com a população de baixa renda”. Esta realidade destaca a

importância na busca por soluções que ofereçam às populações de baixa renda alternativas para construções mais viáveis. Devido à baixa renda familiar, é preciso pensar em soluções que sejam tecnologicamente apropriadas e que atendam às necessidades destas populações, acatando o conceito de desenvolvimento sustentável. Este conceito foi estabelecido pela Organização das Nações Unidas – ONU na Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) (1988) em relatório que diz este ser a “capacidade de suprir as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades”.

O termo sustentabilidade foi definido a partir deste evento, e foi amplamente divulgado a partir deste relatório, sendo hoje cada vez mais utilizado por diversas áreas do conhecimento. Nakamura (2009) afirma que a sustentabilidade é um dos principais argumentos dos defensores do sistema *wood frame*, e são três os principais fatores:

- Utilização de madeira de reflorestamento;
- Menor pegada de carbono;
- Racionalização de recursos.

Gehring Junior & Molina (2014) afirmam que ainda “existe a associação do uso da madeira a devastação de florestas, parecendo que seu emprego consiste numa ameaça ecológica”. Porém os autores afirmam que tal crença não é verdadeira, enfatizando que o uso da madeira de reflorestamento, como as espécies utilizadas para a construção de edificações em *wood frame*, o pinus sp e o eucaliptos sp, “associado ao manejo florestal e a maiores incentivos fiscais para reflorestamentos, tem garantido a preservação e uso racional dos recursos da floresta”.

Ainda sobre a utilização de madeira plantada no sistema *wood frame*, Menezes Filho (2016) diz que a preservação das florestas é o que mais inibe a expansão do uso da madeira na construção civil, pois seu uso em larga escala “exige práticas vigorosas de reflorestamento para suprir a demanda e tornar a madeira material, de fato, competitivo e viável”. A respeito do reflorestamento, Nakamura (2009) afirma que:

Uma barreira a ser transposta é a ideia de que construir com esse tipo de material implica, necessariamente, desmatamento de áreas verdes preservadas. "É importante frisar que quando falamos em construção leve de madeira, nos referimos a um sistema construtivo baseado exclusivamente no uso de madeiras de reflorestamento e que é extremamente racionalizado", ressalta José Franco, lembrando que a madeira é o único material de construção renovável que demanda quase que unicamente energia

solar para ser produzida, enquanto o cimento, o aço e os blocos cerâmicos, por exemplo, utilizam-se de outras matrizes energéticas menos sustentáveis.

A autora compara os materiais principais do sistema *wood frame* e do sistema convencional brasileiro, de forma que foi possível demonstrar de forma clara e acessível que o processo do desmatamento não é um impeditivo para a execução do sistema. Porém, é importante lembrar que cabe ao construtor a função de acompanhar a procedência da madeira adquirida, de forma a intimidar procedimentos abusivos de exploração de materiais de construção.

Sobre a questão da pegada de carbono, Nakamura (2009) afirma que “durante o seu processo de crescimento, as árvores reflorestadas sequestram carbono, colaborando para a redução do efeito estufa, em vez de agravá-lo”. Porém, Monich (2012) complementa a informação, afirmando que existem fatores que podem eliminar essa vantagem do sistema, como a procedência da floresta e o transporte da madeira:

A estratégia de utilizar materiais à base de madeira em aplicações duráveis promove a fixação de carbono, porém estes produtos têm de ser de floresta plantada certificada e não devem estar a uma grande distância dos pontos de aplicação, para que o impacto do transporte não anule esta fixação. A quantia de 90 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> – já descontados o carbono fixados nos materiais a base de madeira – emitidos na produção dos materiais componentes da habitação em Wood Frame é sensivelmente menor do que os 229 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> emitidos na produção dos materiais da habitação em alvenaria.

A autora finaliza dizendo que “no contexto da construção civil, produtos de função semelhante podem ter a sua escolha definida no quesito de transporte dos materiais até o canteiro de obras, definindo qual seria a melhor opção”. Com isso, para afirmar que a implantação do sistema *wood frame* no Ceará é ambientalmente viável, é necessária a realização de estudos que comprovem o impacto do transporte da madeira do Sudeste para o Nordeste do Brasil, visto que não existem florestas de madeira plantada no Estado do Ceará. Para isso, a ferramenta de contabilidade de impacto ambiental mais indicada é a ACV, que fornece base para que a empresa fabricante do sistema *wood frame* identifique os pontos que necessitam de melhorias (MONICH, 2012). Porém, a autora indica que para que este processo possa ocorrer “é necessário que exista um banco de dados que reúna informações sobre matéria-prima, consumos energéticos, emissões atmosféricas, desperdícios do processo, entradas e saídas tecnológicas, entre outras”.

A empresa Tetti, abordada nas visitas técnicas do presente estudo, empresa brasileira construtora de telhados e edificações em *wood frame* com madeira plantada, contratou uma consultoria especializada para determinar a pegada de carbono de seus produtos por meio

da ferramenta ACV. Os resultados apontam para uma pegada de carbono dos telhados em madeira plantada da empresa “trinta e seis vezes menor, quando comparada com a utilização de madeira Amazônica não sustentável, infelizmente uma prática muito comum no mercado” (TETTI, 2015). Já em estudos desenvolvidos para edificações em wood frame, comparou-se a pegada de carbono de uma casa produzida com este sistema com a pegada de uma edificação similar, porém construída pelo sistema convencional de alvenaria. “O resultado indica uma diferença de quase 35% na pegada de carbono do sistema construtivo wood frame com relação ao sistema construtivo convencional” (TETTI, 2015), confirmando o menor impacto do sistema *wood frame* frente ao convencional em alvenaria.

Por fim, a questão da sustentabilidade inclui ainda a racionalização de recursos que vão além de somente materiais de construção, mas incluem também tempo de produção e recursos financeiros. Nakamura (2009) aponta que o fato do sistema wood frame ser desenvolvido em ambiente industrial contribui bastante para a racionalização de recursos:

A concepção do sistema construtivo em ambiente industrial poderia, ainda, reduzir significativamente desperdícios, altamente impactantes nos sistemas de construção tradicionais. "Em média, o índice de perdas no wood frame é inferior a 10%, valor que pode ser ainda menor conforme a experiência adquirida", revela Franco.

Com relação à produtividade e o custo de produção, Monich (2012) afirma que a construção no sistema *wood frame* apresenta como características vantajosas, dentre outros exemplos, um menor tempo de execução. Em seu trabalho, foi apresentado um estudo de caso onde a manufatura do produto durou apenas 36 horas. A autora aponta ainda, como vantagem do sistema, que “o custo de uma habitação pré-fabricada em Wood Frame é mais baixo que uma em alvenaria convencional, além do ganho na espessura da parede”. Com isso, as economias de tempo e recursos financeiros caracterizam também o caráter sustentável do sistema *wood frame*.

Com relação às desvantagens ambientais, alguns autores apontam limitações relativas ao tratamento em autoclave, como Monich (2012) que citou que “as madeiras tratadas com preservantes podem ter um impacto toxicológico sobre a saúde humana”. Por isso, a autora propõe o incentivo à estudos que desenvolvam uma “nova geração de preservantes sem metais pesados”, sendo “uma promissora alternativa com menor impacto ambiental”.

Por fim, é importante destacar que os fatores aqui comentados fazem parte de uma gama de características do sistema, sendo necessário, para manter essas propriedades, o cuidado

com a procedência dos insumos, sua utilização, e o meio no qual o sistema *wood frame* está inserido.



## 6 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA

O presente capítulo aborda e discute os resultados relativos a análise de viabilidade econômico-financeira do projeto em questão. Com isso, são respondidas algumas questões relacionadas aos custos de implantação do sistema *wood frame* para Habitação de Interesse Social no Estado do Ceará, diante de cenários prováveis dentro da realidade brasileira.

### 6.1 Considerações iniciais: idealização do modelo de negócio

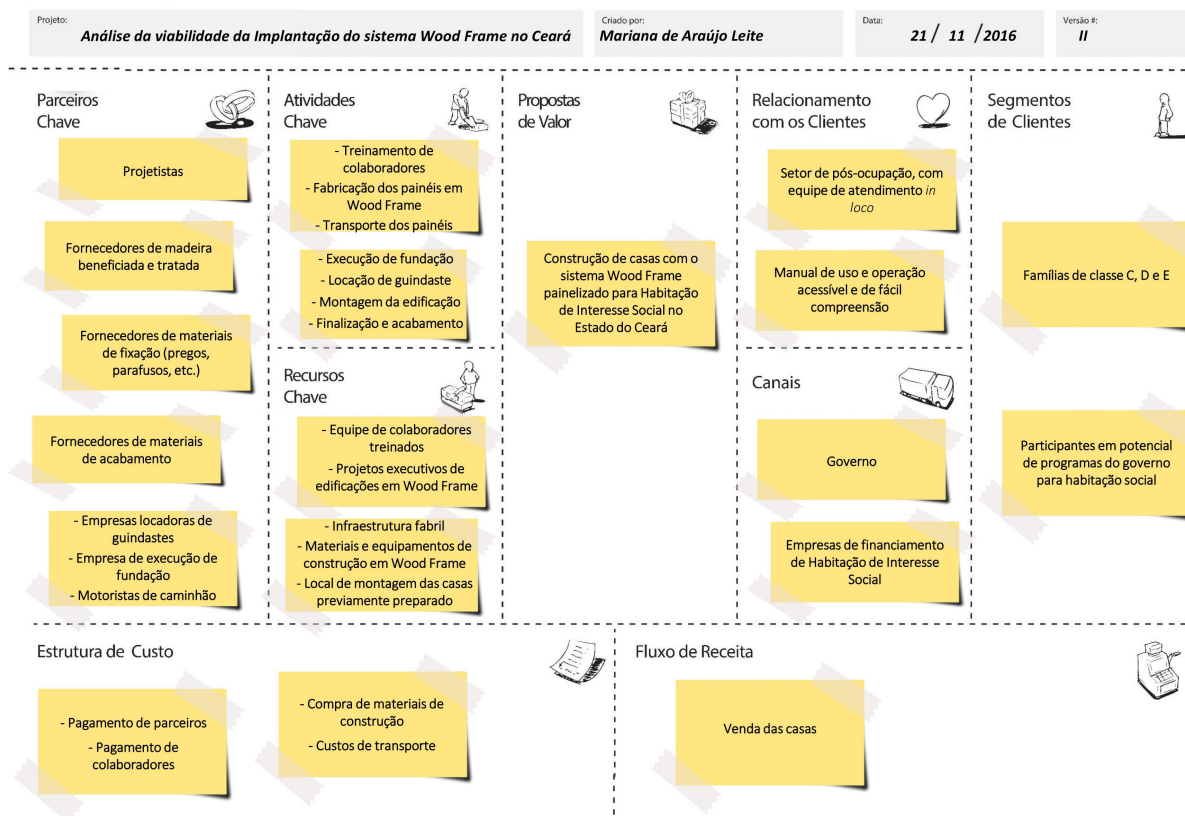
Uma análise de viabilidade econômico-financeira de um projeto idealizado requer inicialmente que algumas premissas sejam adotadas para que seja possível mensurar os benefícios e sacrifícios da forma mais próxima possível da realidade. Há várias possibilidades de negócios para o estudo em questão, as quais devem ser explorados para um estudo mais aprofundado. Porém, para fins de um estudo inicial, visto que a implantação do sistema *wood frame* no Estado do Ceará é algo ainda idealizado, e obedecendo às limitações impostas no trabalho em questão, optou-se pela escolha de algumas premissas, baseadas principalmente nas visitas técnicas realizadas (apresentadas no Capítulo 6), na realidade do sistema *wood frame* observada no cenário brasileiro, e na bibliografia nacional sobre o assunto.

Diante de vários fatores a serem destacados na caracterização do negócio, fez-se necessária a elaboração de um modelo de negócio como etapa inicial, o qual organiza as premissas e permite uma visualização clara do cenário escolhido para o estudo. Com isso, é apresentado e descrito o modelo de negócio utilizado no presente trabalho, complementado por um estudo de mercado, para fins de análise de viabilidade econômico-financeira.

#### 6.1.1 Apresentação do modelo de negócio

Para a realização de uma análise de viabilidade econômico-financeira, é necessário que o projeto a ser analisado seja bem estruturado, coletando-se previamente a maior quantidade de dados e premissas possível. No caso estudado, optou-se pela elaboração de um modelo de negócio para sua melhor caracterização, assim como para apresentar as justificativas das premissas e hipóteses escolhidas e utilizadas no trabalho em questão. Utilizou-se o modelo *Business Model Canvas*, ou Método Canvas, para a elaboração do modelo de negócios, o qual pode ser visto na Figura 18.

Figura 18 – Modelo de negócio pelo Método Canvas



Fonte: A autora (2016), adaptado de OSTERWALDER *ET AL.* (2010).

Com esse modelo, é possível visualizar o negócio proposto para o presente trabalho, o qual servirá de base para a análise de viabilidade econômico-financeira e, conseqüentemente, para a resolução de questionamentos relacionados aos aspectos econômicos e financeiros da implantação do sistema *wood frame* no Ceará, da forma como é proposto. É importante destacar que todas as premissas adotadas se basearam nas suposições do melhor cenário de negócio para os objetivos e limitações do estudo em questão, escolhas baseadas principalmente nas visitas técnicas realizadas (descritas no Capítulo 5) e embasadas nas bibliografias nacionais sobre o assunto.

Os 9 blocos de construção do *Business Model Canvas* representado na Figura 18 estão descritos nos itens que seguem, ordenados de acordo com a sequência normalmente adotada para resolução do modelo.

#### 6.1.1.1 Proposta de valor

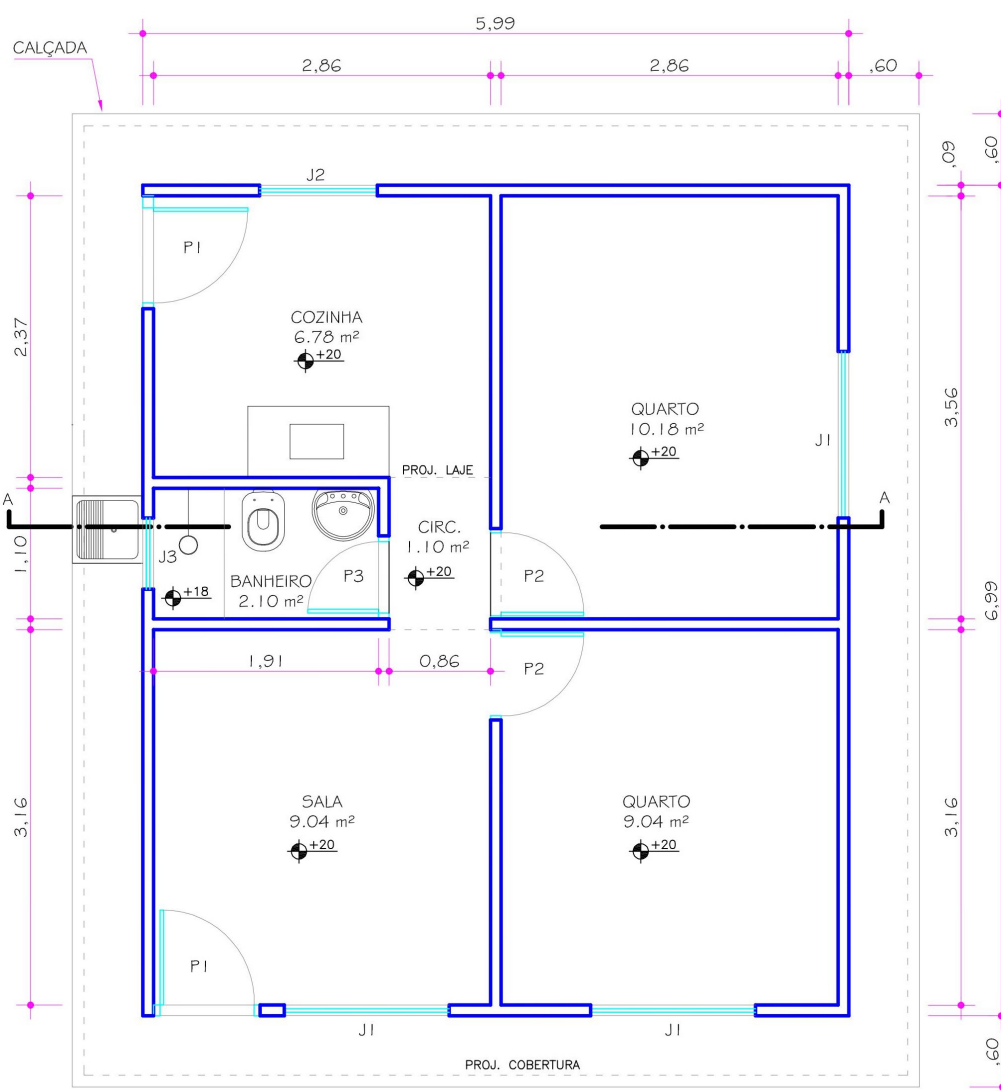
Primeiramente definiu-se a proposta de valor do negócio, isto é, o que o negócio proposto pretende entregar para o cliente. Assim, tem-se como proposta de valor a **Construção**

de casas com o sistema *wood frame* panelizado para Habitação de Interesse Social no Estado do Ceará, seguindo as limitações impostas no trabalho, descritas no item 1.7.

Há 4 fatores que norteiam a proposta de valor e que devem ser analisados como nela estão descritos:

- i. **Construção de casas** – idealiza-se como tipologia construtiva a construção de casas térreas, compatíveis com a tipologia adotada em programas de habitação, como o MCMV, em área construída e em limitações de quantidade de compartimentos, de área interna útil, de material de acabamento e de dimensões dos cômodos. Utilizou-se como parâmetro o projeto apresentado na Figura 19.

Figura 19 – Projeto modelo de casa térrea popular, padrão MCMV



Fonte: GIDUR-VT (2007).

Trata-se do projeto padrão de uma casa térrea, de 42 m<sup>2</sup>, destinada a construção de habitação popular, obtida em material de autoria da Gerência de Desenvolvimento Urbano da Caixa Econômica Federal de Vitória: GIDUR-VT (2007). A CEF apresenta este material a título de sugestão, sendo necessária sua adaptação tanto ao sistema *wood frame*, quanto para a realidade em estudo.

- ii. com o **Sistema *Wood Frame* Painelizado** – havendo a possibilidade da construção com o sistema *wood frame in loco* e industrializado na forma de painéis, é importante deixar clara a limitação de estudo com relação a forma de execução das edificações. Observou-se que grande parte das empresas brasileiras que constroem com o sistema *wood frame* se baseiam na tecnologia alemã, onde é mais comum a execução de painéis em fábrica e a montagem das edificações *in loco*. Além disso, a painelização permite a industrialização da construção, obtendo todas as vantagens que esse caráter pode trazer. Assim, optou-se pela incorporação da painelização em *wood frame* no modelo de negócios.
- iii. para **Habitação de Interesse Social** – partindo da ideia de que a industrialização da construção é um meio para se obter construções com execução mais rápida sem perder qualidade, optou-se pela limitação do tipo construtivo para Habitação de Interesse Social, visto que as características do sistema em estudo podem vir como subsídio para a diminuição do déficit habitacional no Ceará.
- iv. no **Estado do Ceará** – devido ao conhecimento do local do estudo, e pelo sistema ainda não ter chegado à essa região, podendo ser expandido para outras regiões onde o sistema *wood frame* ainda também não foi implantado.

O negócio proposto destaca-se no mercado e agrega valor ao cliente por meio da qualidade industrial de seus produtos, partindo da hipótese de que estes possuem também preço competitivos, resultado da industrialização do seu processo produtivo, frente ao caráter artesanal dos sistemas convencionais. A técnica de montagem de peças traz alta produtividade e precisão à quantificação de prazos e custos, colaborando com o meio ambiente pelo uso de recurso renovável como matéria prima e pela menor emissão de CO<sub>2</sub> se comparado com métodos convencionais de construção.

### 6.1.1.2 Segmento de clientes

Este bloco contempla o público que se pretende atingir no negócio, ou para quem o negócio está gerando valor. Pelo foco do negócio ser a construção de Habitações de Interesse Social, tem-se como clientes mais importantes famílias de classe C, D e E, participantes em potencial de programas do governo para habitação social. O negócio, por meio do sistema *wood frame*, propõe uma alternativa de solução para inovar e mitigar as dores, enfrentadas atualmente pelos clientes, dos atrasos nos prazos de entrega de obras e acréscimos em orçamentos, acrescido de um controle de qualidade industrial, conforto térmico para a região quente e um caráter sustentável.

### 6.1.1.3 Canais

Os canais são os meios pelos quais consegue-se atingir o segmento de clientes escolhido. Assim, considera-se que a forma como o negócio em questão pode atingir seus clientes é por meio dos programas governamentais de habitação. Em outras palavras, considera-se como canais no presente modelo de negócios tanto o governo quanto as agências de financiamento dos programas governamentais de habitação, como a CEF.

### 6.1.1.4 Relacionamento com os clientes

Neste bloco deve-se representar como deve acontecer o relacionamento do negócio com os clientes, ou o que os segmentos esperam que o negócio estabeleça e mantenha com eles. Acreditando na importância do cliente para o sucesso do negócio, propõe-se duas medidas de relacionamento que auxiliam na sua satisfação e bom relacionamento destes com o sistema construtivo inovador:

- i. **Setor de pós-ocupação, com equipe de atendimento *in loco*** – foi observado, principalmente nas visitas técnicas no Brasil, que a criação de um setor de pós-ocupação como parte do negócio é essencial. Primeiro pelo desconhecimento do sistema *wood frame* pela maior parte do segmento de clientes, o que demanda um suporte da empresa executora de forma a manter a satisfação do cliente com sua residência e sua boa visão sobre o sistema. Segundo pela necessidade de manutenção que toda edificação precisa, independente do sistema construtivo, e

que o mercado da construção civil cearense ainda não está preparado para fornecer para o sistema *wood frame*, necessitando da intervenção da empresa executora do sistema em manutenções preventivas e corretivas.

- ii. **Manual de uso e operação acessível e de fácil compreensão** – a segunda forma de relacionamento é pela criação e distribuição para os clientes de um Manual de uso e operação que seja acessível e de fácil compreensão. Nas visitas técnicas no Brasil observou-se que muitos clientes fazem uso do manual por eles recebido, comprovando que se trata de uma boa forma de relacionamento entre empresa e cliente.

#### 6.1.1.5 Fluxo de receita

O fluxo de receita é como o negócio pensa em obter capital, o que neste caso ocorre simplesmente com a venda das casas construídas com o sistema *wood frame*, onde a obtenção do capital será por meio das agências de financiamento.

#### 6.1.1.6 Recursos chave

Os recursos chave do modelo de negócio em questão, ou aqueles essenciais para obtenção da proposta de valor indicada, podem ser divididos em 3 tipos: Físico, Intelectual e Humano. São eles:

- i. **Recursos físicos** – aqueles palpáveis, como a infraestrutura fabril (composta primariamente pelo galpão industrial, o pórtico rolante e as mesas de montagem), os materiais e equipamentos de construção de edificações no sistema *wood frame* (como as peças de madeira tratada, os pregos, parafusos e chapas metálicas de ligação, as chapas de OSB, os materiais de acabamento e os equipamentos necessários para a execução e montagem dos painéis, como martelos, furadeiras/parafusadeiras, trenas, tensionador tipo catraca, etc.). Além disso, tem-se a infraestrutura no local da montagem das casas como parte dos recursos físicos indispensável para o negócio, onde faz-se necessária uma preparação do terreno antes da chegada dos painéis, assim como a execução da fundação das casas.

- ii. **Recursos intelectuais** – são aqueles que demandam conhecimentos específicos, como a execução dos projetos das casas (arquitetônico, fundação, estrutural, elétrico, hidráulico e cobertura), contemplando quantitativos e orçamento.
  
- iii. **Recursos Humanos** – relativos à equipe de colaboradores, previamente treinados, responsáveis pelo trabalho braçal, tanto na execução dos painéis como na montagem das casas.

#### 6.1.1.7 Atividades chave

Definiu-se, em seguida, quais são as atividades essenciais para que seja possível entregar a proposta de valor. São 8 as atividades chave:

- i. **Treinamento dos colaboradores** – essencial e prévia ao início das atividades de execução e montagem dos painéis, para que o colaborador possa realizar seu trabalho com o máximo de conhecimento, auxiliando na melhor execução das suas funções de trabalho;
- ii. **Fabricação dos painéis em *wood frame*** – realizada em fábrica;
- iii. **Transporte dos painéis** – da fábrica para o local da montagem da edificação, para que esta possa ser construída;
- iv. **Execução de cobertura *in loco*** – relativa à montagem de estrutura de cobertura de forma industrializada, visando o aumento da produtividade e da segurança na montagem;
- v. **Execução de fundação** – necessária para que o terreno possa receber os painéis executados em fábrica;
- vi. **Locação de guindaste** – para içamento dos painéis e estrutura de cobertura, pois sem esse equipamento não é possível executar as edificações;
- vii. **Montagem da edificação** – atividade chave executada *in loco*;
- viii. **Finalização e acabamento** – última atividade chave, executada *in loco*, necessária para a entrega da edificação pronta para o uso.

#### 6.1.1.8 *Parceiros chave*

Pode-se dizer que os parceiros chaves são aqueles capazes de fornecer os recursos chave para a realização das atividades chave. Assim, tem-se como parceiros chave:

- i. **Projetistas** – responsáveis por fornecer um dos recursos chave, os projetos das casas em *wood frame*;
- ii. **Fornecedores de madeira beneficiada e tratada** – com a função de prover o material principal da estrutura de *wood frame*;
- iii. **Fornecedores de materiais de fixação** – com a função de prover os materiais de fixação, como pregos, parafusos, chapas metálicas, etc;
- iv. **Fornecedores de materiais de acabamento** – responsáveis por fornecer os materiais para a execução dos acabamentos internos e externos das edificações;
- v. **Empresa de execução de fundação** – sendo a fundação parte essencial da edificação, necessita-se de parceiro para a sua execução no local da montagem dos painéis;
- vi. **Empresas locadoras de guindastes** – responsável por fornecer o equipamento essencial para a movimentação dos painéis de *wood frame in loco* para montagem das casas;
- vii. **Motoristas de caminhão** – responsáveis por realizar o deslocamento dos painéis finalizados em fábrica para a montagem em campo.

#### 6.1.1.9 *Estrutura de custo*

Os principais custos necessários que o negócio em questão precisa arcar para que a sua estrutura proposta possa funcionar são:

- i. **Pagamento de parceiros** – o que inclui o serviço, o frete e os valores dos materiais e equipamentos de construção em *wood frame* fornecido por eles;
- ii. **Pagamento de colaboradores** – pagamento do pessoal que realiza as atividades em fábrica e em campo;
- iii. **Custos de transporte** – condução dos painéis, da fábrica para o local da montagem da edificação.



- iv. **Estrutura fabril** – compra e manutenção de estrutura fabril necessária para a execução das atividades do negócio;

Dentre os métodos de estimativa de custos, dois deles foram utilizados: a opinião especializada e a analogia. Utilizou-se a **opinião especializada** pela experiência obtida nas visitas técnicas, contando com especialistas já familiarizados com as atividades que estão sendo consideradas no modelo de negócio para preparar as estimativas de custo. Utilizou-se também a **analogia** pelo uso de projetos e dados similares, obtidos também nas visitas técnicas realizadas, sendo necessária uma adaptação para a realidade em estudo.

Já para a análise de diferentes cenários, utilizou-se o **método de três pontos**, técnica analítica que usa três estimativas para representar os cenários otimista, mais provável e pessimista. Este foi utilizado para melhorar a precisão das estimativas de custos, precisão que as duas outras técnicas utilizadas não podem garantir. Para isso, considerou-se uma variação na quantidade de casas produzidas por mês, gerando os cenários pessimista e otimista a partir do cenário realista, ou mais provável.

### **6.1.2 Estudo do mercado alvo do negócio**

É importante realizar também um estudo de mercado, estando definido o segmento de clientes, pois, se não se sabe o potencial do mercado, a análise de viabilidade se torna incerta e deficiente. Sabe-se que mercado é uma instituição social que estabelece as condições para a troca de bens ou serviços. Por esse conceito, o estudo do mercado alvo do presente negócio buscou responder alguns questionamentos, apresentados nos itens que seguem, visando caracteriza-lo da melhor forma a auxiliar a análise de viabilidade em estudo.

#### **6.1.2.1 Qual é o mercado alvo?**

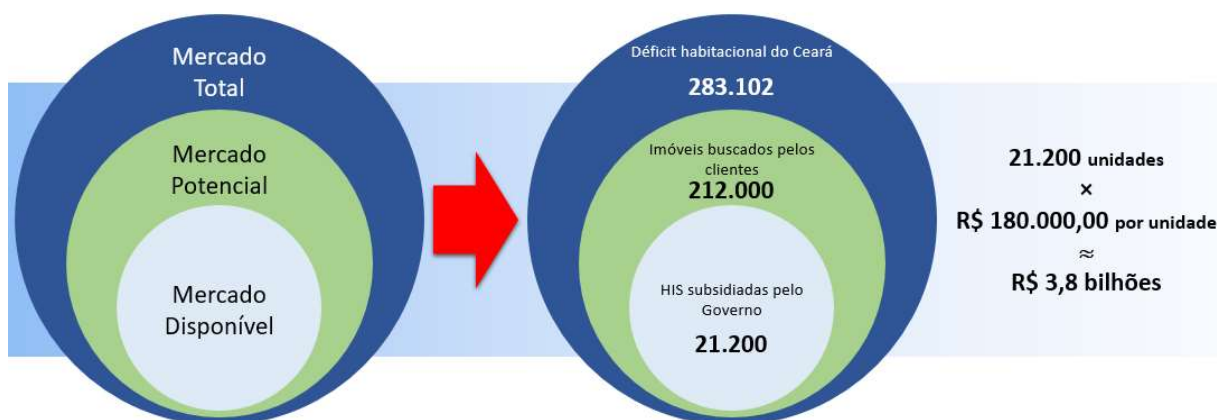
Em resumo, o mercado alvo é aquele que possivelmente comprará a proposta de valor do negócio. Primeiramente, é possível afirmar que, no caso em estudo, o negócio atua para o tipo de mercado B2G, sigla para o termo em inglês *Business to Government*. Este tipo de mercado é quando uma empresa vende seu produto para o Governo, como propõe-se no caso em estudo, onde o Governo e suas agências de financiamento são o canal do negócio com o segmento de clientes. Poderia também ser considerado B2B, sigla para o termo em inglês *Business to Business*, porém existem diversas regulamentações e regras na venda para o

Governo que devem ser respeitadas por imposições de lei, diferente da venda entre dois negócios distintos. Porém, o cliente final não é o Governo, mas sim famílias de classe C, D e E que se enquadram nos projetos do Governo para habitação.

Com isso, pode-se considerar o mercado total igual ao déficit habitacional no Ceará, estimado em 283.102 moradias de acordo com os dados mais recentes (CBIC, 2016). Falando-se de mercado potencial, tem-se a parcela do mercado total com maior probabilidade de ser adquirida pelo segmento de clientes determinado, o que corresponde a aproximadamente 75% desse valor, ou 212 mil moradias. Dentre essas moradias, somente uma parcela possui perspectiva de ser adquirido em programas governamentais de habitação, valor relativo ao mercado disponível, que é aproximadamente 10% dessa parcela, 21.200 unidades, orçado em aproximadamente 3,8 bilhões de reais.

Com essas informações, é possível entender o mercado alvo e vislumbrar seu grande potencial, que possui ainda uma tendência futura de crescimento pelas previsões de crescimento do setor da construção civil e da conseqüente demanda por HIS. A Figura 20 mostra um resumo do mercado alvo do negócio em estudo.

Figura 20 – Tamanho do mercado alvo do negócio em estudo



Fonte: A autora (2016).

#### 6.1.2.2 Quais são os produtos concorrentes ou substitutos?

No Ceará, ainda não existem empresas que constroem edificações utilizando o sistema *wood frame*. Com isso, pode-se considerar como concorrentes ou substitutos, as edificações para HIS construídas no Ceará com outros sistemas construtivos.

As Casas Olé, empresa construtora cearense, possui um produto que pode ser considerado um exemplo de substituto ou concorrente. A empresa constrói edificações semi-

industrializadas com um sistema construtivo desenvolvido por ela no próprio Estado, utilizando materiais de construção convencionais brasileiros, como o tijolo cerâmico e o concreto, o que o torna bem aceito pela população local (OLÉ CASAS, 2015). Pela sua atuação no mercado cearense, pode-se afirmar que se trata de uma empresa consolidada, com portfólio de vendas que pode diminuir o mercado da construção em *wood frame* no Ceará, visto que o mercado ainda é conservador com relação à práticas e sistemas construtivos, ainda havendo preconceitos com o sistema inovador por parte dos clientes em potencial.

Contudo, o preço do produto pode ser um diferencial para as edificações no sistema *wood frame*, porquanto é o critério de maior peso na decisão dos clientes finais, o que também justifica a análise de viabilidade econômico-financeira realizada neste trabalho.

### 6.1.2.3 Qual a precificação do produto em estudo?

A necessidade de se definir, com maior propriedade, o preço de venda, vai além da obrigação de responder ao cliente em potencial quanto ele terá que desembolsar para adquirir o produto. A precificação do presente trabalho foi estudada movida por:

- **Busca pela satisfação do cliente** – buscando um preço que se ajuste à realidade financeira do cliente em potencial;
- **Concorrência** – buscando manter o negócio competitivo frente à concorrência;
- **Deveres financeiros em dia** – uma correta precificação garante recursos em caixa para quitar os deveres financeiros, como os custos da operação do negócio.
- **Indicação de mercado alvo** – pois o preço do produto pode ser uma forma do negócio apresentar a que tipo de segmento de clientes seu produto é voltado;
- **Melhorar os resultados** – os benefícios de uma precificação adequada vão desde a geração de lucro até a melhoria contínua dos resultados pela capacidade da empresa de investir em seus processos;
- **Segurança** – tendo em vista que a definição de preço, obtido levando em consideração uma margem de segurança mínima aceitável, diminui os riscos de a empresa ter prejuízos nas vendas;

Para estabelecer o preço adequado da proposta de valor do negócio, primeiramente foi necessário conhecer os custos e despesas, simulados de forma a representar a realidade da

forma mais adequada possível. Com os benefícios e sacrifícios definidos, estabeleceu-se uma margem de lucro, pois o preço deve possuir margem e não ser somente suficiente apenas para cobrir o custeio da produção. Buscou-se em seguida, que o preço de venda fosse compatível com as exigências do mercado, isto é, adequado ao que é atualmente praticado pelos concorrentes. Além disso, buscou-se as limitações estabelecidas pelo Governo, que restringe o preço máximo dos imóveis dos programas governamentais a R\$ 180.000,00 para toda a região Nordeste. Por fim, utilizou-se de ferramentas financeiras para que o preço tivesse uma base consistente, diminuindo sua subjetividade. A precificação completa será apresentada na análise dos benefícios e sacrifícios (item 6.2.36.2).

#### 6.1.2.4 *Qual o volume produzido?*

Para estimar o volume de unidades habitacionais produzidas, 3 fatores foram buscados:

- **Demanda do mercado** – estabelecida previamente com a previsão do tamanho do mercado;
- **Produção de concorrentes** – buscou-se saber qual a produção de empresas com produtos concorrentes ao proposto no estudo, visando estabelecer uma base para quantificar o volume produzido, considerando das diferenças de sistemas construtivos e, conseqüentemente, de produtividade nas atividades realizadas;
- **Capacidade produtiva de empresas construtoras em *wood frame* painelizado** – pelo fator industrializado do negócio proposto, sabe-se que a alta produtividade se destaca entre as características do produto, o que deve ser considerado na estimativa do volume produzido.

Com isso, estimou-se para um cenário realista, ou mais provável, uma meta de produção inicial de 180 casas por ano, a ser cumprida pela produção de 15 casas por mês em fábrica, entregando-as finalizadas no mês seguinte. Considerou-se também variações no cenário, visando análise de opções pessimista e otimista, alterando a quantidade de casas fabricadas por ano. Assim, no cenário pessimista, considerou-se a produção em fábrica de 11 casas por mês, ou 132 casas por ano, e no cenário otimista, considerou-se uma produção em fábrica de 18 casas por mês, ou 216 casas por ano.

#### 6.1.2.5 *Qual a sazonalidade?*

A sazonalidade, ou toda e qualquer variação que possa influenciar no negócio, é algo importante a ser considerado nas estimativas realizadas por influenciar diretamente na precificação ou no volume de produção. O fator sazonal de maior peso considerado no presente estudo foi a situação da economia brasileira. A recessão atual da economia fez com que o setor da construção civil sofresse uma diminuição no seu crescimento, o que afetou a demanda por novas edificações, principalmente pelos cortes nos orçamentos dos programas governamentais de habitação. Com isso, considera-se que o volume de produção para fins de fluxo de caixa deve ser acrescido do fator sazonal, diminuindo seus valores em relação aos anos anteriores.

Porém, estima-se que a recuperação da economia começará a acontecer em 2017, o que projeta a possibilidade de crescimento da construção civil para 2 ou 3 anos aproximadamente. Nesse tempo, espera-se também que o sistema *wood frame* esteja mais consolidado no mercado da construção civil cearense, o que auxiliará do aumento da demanda por produto. No presente estudo, a sazonalidade foi considerada somente na variação de cenário, com a variação da demanda produtiva.

#### 6.1.3 *Resumo da caracterização do negócio*

A partir do modelo de negócio, elaborado e apresentado anteriormente, juntamente com o estudo do mercado, pode-se caracterizar o negócio idealizado que servirá de base para a análise da viabilidade econômico-financeira da implantação do sistema *wood frame* para construção de Habitações de Interesse Social no Estado do Ceará.

Idealizou-se uma empresa hipotética, cearense, especializada em construção no sistema construtivo inovador *wood frame*, que utiliza madeira plantada como principal matéria-prima e que adota um sistema industrializado de produção. O termo *Frame* refere-se à técnica de formar o “esqueleto” da estrutura de edificações pela união de peças, como um grande quebra-cabeça, e para tal são utilizadas peças de madeira previamente quantificadas e cortadas em fábrica, dando velocidade ao processo de montagem.

A empresa surge em um cenário onde o déficit habitacional no Brasil ainda é muito presente, e grande parte do setor da construção está vulnerável a mudanças e acréscimos no orçamento, além de atrasos nos prazos de entrega, gerando grande insatisfação ao seu mercado consumidor. Ademais, o setor da construção civil nacional ainda se encontra bastante atrasado em relação a práticas sustentáveis, sendo um dos grandes responsáveis pelo uso indiscriminado

de bens naturais e pela geração de resíduos. Assim, pelo uso de recursos renováveis e por sua característica de construção seca, o sistema utilizado pelo negócio idealizado vem a reduzir o impacto causado ao meio ambiente na construção de uma habitação. Além disso, a técnica de montagem de peças possibilita ao *wood frame* a quantificação exata do material e dos recursos necessários, além de uma alta produtividade, permitindo garantir orçamentos e prazos realistas e a diminuição de custos indiretos, destacando-se frente aos sistemas convencionais utilizados atualmente.

A empresa hipotética possui como objetivo principal a construção de casas térreas de até 55 m<sup>2</sup> para HIS. Tal empresa optou pelo processo de construção em *wood frame* industrializado, por meio do sistema de painelização. Para isso, precisou-se de uma estrutura fabril, composta de um galpão industrial de aproximadamente 1.000 m<sup>2</sup>, um pórtico rolante e três mesas de montagem.

Os projetos utilizados são projetos padrão, adaptados para a realidade cearense de HIS e aprovados pelas agências de financiamento, não havendo a necessidade de personalização de projetos para cada casa, somente mudando de acordo com o conjunto habitacional. Para a execução das casas, visando uma produtividade em fábrica de 15 casas por mês, tem-se 9 colaboradores, previamente treinados, executando atividades para execução dos painéis em fábrica, e mais 12 colaboradores executando as atividades de montagem e acabamento das casas em campo, sendo todas as atividades previamente estipuladas em cronograma.

Os painéis possuem estrutura interna (o *Frame*), fechamento em OSB em ambas as faces, isolamento interno com lã de PET, instalações elétricas e hidráulicas previamente alocadas, placas de gesso parafusadas à face interna do painel, e placas cimentícias parafusadas à face externa do painel. Ao final da produção, os painéis são dispostos em uma área de estoque do galpão, na ordem que devem ser colocados no caminhão para facilitar a montagem em campo. Os painéis são colocados na carreta para transporte para o local da montagem com o auxílio do pórtico rolante e de cabos próprios para a atividade de içamento.

No local da montagem, deve ocorrer de forma simultânea à fabricação dos painéis, a execução da fundação. O terreno deve ser previamente preparado, resolvendo-se questões legais e técnicas (como ativação dos pontos de água e eletricidade). Após isso, já com os painéis em campo, 3 colaboradores realizam a atividade de montagem das edificações, enquanto outros 3 realizam a montagem da estrutura de cobertura no solo, de forma a aumentar a produtividade e diminuir os riscos do trabalho em campo. Para isso, os painéis são içados do caminhão, com o auxílio de um guindaste, e colocados no local, recebendo os ajustes necessários dos

colaboradores. Ao final da colocação dos painéis, a estrutura do telhado é içada para, então, ser realizada a ancoragem dos painéis na fundação.

A montagem de 3 casas, já com a colocação das telhas, ocorre em média em 2 dias. Necessita-se mais 1 mês para a finalização das 15 casas, deixando-as prontas para serem habitadas. As atividades finais incluem instalações elétricas e hidráulicas, proteção das juntas, acabamento com pintura nas paredes (simples internamente e com textura externamente), acabamento de teto (com forro de madeira), acabamento de piso, rodapé e banheiro (cerâmico).

## 6.2 Análise dos benefícios e sacrifícios

Com o modelo de negócio definido, e todas as premissas que ele necessita, deve-se determinar os valores de benefícios (entradas de dinheiro) e sacrifícios (saídas de dinheiro) da empresa hipotética. Para tanto, baseou-se em informações de documentos colhidos com os empreendedores da construção em *wood frame*, acessados sobretudo pelas visitas técnicas.

O primeiro passo para esta sessão foi o de estimar como ocorreria a variação monetária do ano de 2017, simulando a abertura do negócio no início deste ano, para os anos seguintes, onde os gastos se repetem sendo corrigidos com o seu valor monetário do ano em questão. Para tanto, estimou-se o valor da inflação para a atualização dos valores encontrados para 2017 ao longo dos próximos períodos. Decidiu-se calcular a estimativa da inflação (Tabela 10) pela média das inflações dos anos de 2015 e 2016, até o mês de outubro, de acordo com dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016).

Tabela 10 – Cálculo da estimativa da inflação

Referência	Inflação no período	Referência	Inflação no período
jan/15	7,14%	dez/15	10,67%
fev/15	7,70%	jan/16	10,71%
mar/15	8,13%	fev/16	10,36%
abr/15	8,17%	mar/16	9,39%
mai/15	8,47%	abr/16	9,28%
jun/15	8,89%	mai/16	9,32%
jul/15	9,56%	jun/16	8,84%
ago/15	9,53%	jul/16	8,74%
set/15	9,49%	ago/16	8,97%
out/15	9,93%	set/16	8,48%
nov/15	10,48%	out/16	7,87%
		<b>Média</b>	<b>9,10%</b>

Decidiu-se selecionar os dois últimos anos como referência devido à instabilidade do mercado que causou um aumento na inflação nestes anos com relação aos anos anteriores, apresentando uma realidade diferente destes. Com isso, é possível estimar valores de custos, despesas e receitas no horizonte de tempo estimado. Para isso, realizou-se as seguintes etapas:

- i. Estabelecer os investimentos iniciais;
- ii. Determinar custos e despesas;
- iii. Simular condições de financiamento;
- iv. Averiguar precificação adequada;
- v. Verificar despesas com tributação;
- vi. Analisar projeção de benefícios e sacrifícios.

### **6.2.1 Estabelecer os investimentos iniciais**

Considerou-se investimentos iniciais todos os recursos necessários para o pleno funcionamento inicial do negócio. Dividiu-se esses recursos em categorias:

- i. **Estrutura fabril** – infraestrutura fabril necessária para a execução dos painéis;
- ii. **Estrutura de transporte dos painéis** – custos iniciais com a etapa de transporte dos painéis, como a compra de reboque, de preferência de 3 eixos, com plataforma, e de suporte para fixação e transporte de painéis no reboque;
- iii. **Equipamentos e ferramentas** – instrumentos necessários para montagem dos painéis em *wood frame*;
- iv. **Despesas administrativas** – relativas a treinamento de colaboradores e despesas gerais iniciais.

Faz-se necessário o esclarecimento de como os valores de cada categoria foram estimados. Independente da forma, após a estimativa os valores estimados foram apresentados à especialistas na área em estudo, assim como empresários do mesmo setor, e, quando considerados incoerente com a realidade, foram ajustados. Os valores estimados referem-se ao período de 2016, ano de realização do estudo, sendo posteriormente ajustados de acordo com a inflação estimada para os anos seguintes.

Para estimar os custos com a estrutura física, buscou-se informações, de aluguel da estrutura fabril necessária e de compra de equipamentos necessários, em lojas e sites



especializados, buscando cotações e estimando um valor pelo arredondamento da média dos valores obtidos. Para a categoria de transportes, considerou-se a compra de reboque seminovo, cujo valor da aquisição foi obtido pela média arredondada das cotações adquiridas em sites especializados. Para os equipamentos e ferramentas necessários, obtidos a partir de documentos de empresas especializadas em *wood frame*, a estimativa de valor foi obtida em lojas locais. Os poucos equipamentos que não são possíveis de obter localmente, já foram considerados com o valor de frete adequado. Por fim, na categoria de despesas administrativas, obteve-se os valores por consulta à empresários que trabalham com o sistema construtivo *wood frame*.

A Tabela 11 mostra o resumo dos valores estimados de investimento inicial.

Tabela 11 – Resumo dos valores estimados de investimento inicial

Categoria	Preço
Estrutura física	R\$ 125.500,00
Transporte	R\$ 90.000,00
Equipamentos e ferramentas	R\$ 29.470,00
Despesas administrativas	R\$ 29.300,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 274.270,00</b>

### 6.2.2 Determinar custos e despesas

Além dos investimentos iniciais, tem-se os custos ao longo da operação do negócio. Pela quantidade de produtos fabricados, sabe-se que esses custos são mais onerosos que o investimento inicial. Com isso, fez-se necessário seu cálculo previamente à simulação do financiamento. É importante destacar que os valores considerados para 2017 foram os estimados em dezembro de 2016, isto é, estimou-se que a inflação em um mês não seria significativa para efeito de cálculo neste estudo.

Pode-se afirmar que os custos totais são resultado da soma de 3 custos, como na equação abaixo:

$$Custos = MD + MOD + CIP$$

Onde:

MD = Material direto, ou todo material utilizado na fabricação das casas;

MOD = Mão de obra direta, ou o pagamento dos colaboradores;

CIP = Custo indireto de produção, ou todos aqueles custos que influenciam indiretamente na produção das casas.

#### 6.2.2.1 Custos com Material Direto (MD)

Os custos com Material Direto (MD) foram divididos em 10 categorias, apresentadas, juntamente com os valores obtidos, resumidos na Tabela 12. Os valores apresentados são relativos a uma unidade habitacional, sendo necessário multiplicar pela quantidade para se obter a receita.

Tabela 12 – Custos com MD para uma unidade habitacional

Item	Descrição	Valor total (R\$)
1	Projetos	R\$ 82,22
2	Fundações	R\$ 3.029,50
3	Estrutura <i>wood frame</i> (parede e cobertura)	R\$ 13.814,96
4	Vedações	R\$ 5.637,55
5	Cobertura	R\$ 2.483,00
6	Esquadrias	R\$ 3.062,50
7	Instalações hidrossanitárias	R\$ 2.384,50
8	Instalações elétricas	R\$ 1.631,05
9	Acabamentos	R\$ 2.101,14
10	Limpeza final	R\$ 105,00
<b>Total</b>		<b>R\$ 34.331,43</b>

É necessária a realização de uma estimativa o mais próximo possível da realidade, com a maior quantidade de informações disponíveis e de forma atualizada.

Portanto, para estimar os custos com os materiais de construção, definidos de acordo com documentos obtidos em visitas técnicas, buscou-se lojas locais para obtenção de valores de acordo com a realidade estudada.

Para a estimativa dos custos com projetos, consultou-se tanto projetistas na área, quanto planilhas que tabelam valores de projeto, chegando à valores possíveis e prováveis.

#### 6.2.2.2 Custos com Mão de Obra Direta (MOD)

Outro elemento importante na estrutura de custos do negócio proposto é o pagamento de colaboradores. Pela estimativa da construção de 15 casas por mês, totalizando

180 casas por ano, estimou-se a quantidade de colaboradores, divididos pelo setor de atuação: painelização em fábrica e montagem em campo.

A Tabela 13 mostra um resumo dos valores de custos com colaboradores a partir das quantidades estimadas para o projeto em questão. Foram utilizados valores de salários compatíveis com as funções estabelecidas, aplicáveis no horizonte de tempo estipulado. Além disso, considerou-se os tributos aplicáveis, obtidos tendo como parâmetro documentos de empresas do setor da construção civil.

Tabela 13 – Custos mensais com colaboradores

Função		Atividades em fábrica	Atividades em campo
Descrição	% do salário	Valor no mês	Valor no mês
Salário bruto	-	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
INSS	20,00%	R\$ 300,00	R\$ 300,00
FGTS	8,00%	R\$ 120,00	R\$ 120,00
Férias	7,29%	R\$ 109,35	R\$ 109,35
Auxílio enfermidade e faltas justificadas	1,85%	R\$ 27,75	R\$ 27,75
Seguro acidente	0,15%	R\$ 2,25	R\$ 2,25
Licença paternidade	0,06%	R\$ 0,90	R\$ 0,90
13º salário	8,33%	R\$ 124,95	R\$ 124,95
Vale transporte	11,00%	R\$ 165,00	R\$ 165,00
Vale alimentação	15,00%	R\$ 225,00	R\$ 225,00
<b>Total parcial</b>	-	<b>R\$ 2.575,20</b>	<b>R\$ 2.575,20</b>
<b>Quantidade</b>	-	<b>9</b>	<b>12</b>
<b>TOTAL</b>	-	<b>R\$ 23.176,80</b>	<b>R\$ 30.902,40</b>

Pelo observado em visita técnica, e baseado em cálculos realizados anteriormente por empresas construtoras no sistema *wood frame*, sabe-se que, em fábrica, aproximadamente 4 pessoas fabricam um painel de 15m<sup>2</sup> em 3 horas. Considerando, então, uma produtividade em fábrica de 0,8 Hh/m<sup>2</sup>, pode-se dizer que para que a meta mensal de fabricar as 15 casas seja alcançada, necessita-se de 9 trabalhadores em fábrica.

Já em campo, com os painéis prontos para montagem, 4 pessoas montam uma casa de 42 m<sup>2</sup> em 2 horas. Para a montagem de 15 casas, necessita-se de 2 dias de trabalho e 8 funcionários. Adicionalmente, tem-se a fabricação da cobertura, que deve ser realizada por 4 funcionários também no período de 2 horas, obtendo uma linha de montagem ajustada para as

duas atividades. No restante do mês, os mesmos 12 funcionários realizam os serviços de acabamento e finalização das casas, entregando-as pronta para os clientes finais.

### 6.2.2.3 Custos Indiretos de Produção (CIP)

Considerou-se como custo indireto de produção:

- i. **Pagamento de terceiros pelo transporte dos painéis** – Custos com motorista e combustível para transporte dos painéis da fábrica para montagem em campo;
- ii. **Aluguel de guindaste** – Custo de pagamento de terceiros pelo aluguel de guindaste;
- iii. **Manutenção** – Custos de manutenção anual dos equipamentos (para aqueles que necessitam de conservação, como os equipamentos elétricos);
- iv. **Energia** – Custos com energia utilizada pelos equipamentos e ferramentas elétricas;
- v. **Terreno** – Custo do terreno para a construção das casas;
- vi. **Pagamento da equipe de supervisão e administração** – Custo com equipe técnica responsável pelas atividades administrativas.

Para as estimativas dos valores de custos com o transporte dos painéis e com o aluguel de guindaste, necessitou-se do contato com empresas prestadoras dos serviços necessários para requerimento de orçamento. Após realização dos contatos possíveis, estimou-se os valores arredondando a média dos valores obtidos em cotação.

Na estimativa do custo com a manutenção, utilizou-se da proposta elaborada pela Companhia Nacional de Abastecimento (2010) que diz que a manutenção pode ser entre 6% a 7% do valor de um novo. Considerou-se o valor de 5% para o pórtico e o reboque, e 7% para ferramentas elétricas, valores ajustados de acordo com dados das empresas visitadas, visando retratar melhor a realidade de manutenção com os mesmos.

Por fim, custo com o consumo de energia elétrica foi calculado segundo Companhia Nacional de Abastecimento (CNA, 2010), que diz que o mesmo pode ser representado por 75% da potência do motor dos equipamentos elétricos. O motor do pórtico rolante, equipamento que onera maior gasto com energia elétrica, possui potência estimada de aproximados 11.032 W, o que deixaria o valor da energia em cerca de R\$ 8.274,00.

Para o tipo de empreendimento pensado para o negócio, sabe-se que em média os terrenos devem representar 10% do valor do custo da unidade habitacional. É possível perceber que não é um valor compatível com os terrenos das grandes cidades, o que torna difícil a viabilização desses empreendimentos nesses locais, tendendo a serem implantados nas cidades menores ou nas Regiões Metropolitanas dos grandes centros.

A Tabela 14 mostra o resumo dos custos mensais estimados de Custos Indiretos de Produção (CIP)

Tabela 14 – Resumo dos custos mensais estimados de CIP

Item	Descrição	UM	Quant.	Valor unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
1	Pagamento de terceiros pelo transporte dos painéis	Um	5	R\$ 250,00	R\$ 1.250,00
2	Aluguel de guindaste	Dia	10	R\$ 2.000,00	R\$ 20.000,00
3	Manutenção anual	Um	1/12	R\$ 12.000,00	R\$ 1.000,00
4	Energia (mensal)	Um	1	R\$ 8.274,00	R\$ 8.274,00
5	Terreno	%	16,67	R\$ 4.400,00	R\$ 73.333,33
<b>Total</b>					<b>R\$ 103.857,33</b>

Outro fator a se considerar como custo indireto é o pagamento da equipe de supervisão e administração.

Considerou-se 1 engenheiro e 1 estagiário para supervisionar o trabalho em fábrica, 1 engenheiro e 1 estagiário para supervisionar o transporte e a montagem em campo, e uma equipe de 2 engenheiro e 2 estagiários para os setores administrativos, divididos em setor de planejamento, setor financeiro, setor de inovação e setor de pós-venda, totalizando 8 pessoas para realização de trabalhos administrativos.

É importante destacar que os demais valores relativos à administração são considerados despesas administrativas, apresentadas no item posterior. A Tabela 15 apresenta a discriminação dos valores de pagamento da equipe de administração e supervisão.

Tabela 15 – Pagamento da equipe de administração e supervisão

FUNÇÃO		Engenheiros	Estagiários
Descrição	% do salário	Valor no mês	Valor no mês
Salário bruto	-	R\$ 5.500,00	R\$ 1.000,00
INSS	20,00%	R\$ 1.100,00	-
FGTS	8,00%	R\$ 440,00	-
Férias	7,29%	R\$ 400,95	R\$ 72,90
Auxílio enfermidade e faltas justificadas	1,85%	R\$ 101,75	R\$ 18,50
Seguro acidente	0,15%	R\$ 8,25	R\$ 1,50
Licença paternidade	0,06%	R\$ 3,30	-
13º salário	8,33%	R\$ 458,15	R\$ 83,30
Vale transporte	11,00%	R\$ 605,00	R\$ 110,00
Vale alimentação	15,00%	R\$ 825,00	R\$ 150,00
<b>Total parcial</b>	71,68%	R\$ 9.442,40	R\$ 1.436,20
<b>Quantidade</b>	-	4	4
<b>TOTAL</b>	-	<b>R\$ 37.769,60</b>	<b>R\$ 5.744,80</b>

#### 6.2.2.4 Despesas

As taxas das despesas foram divididas em 7 categorias:

- Taxa representativa das despesas da Administração Central (AC);
- Taxa representativa de Seguros (S);
- Taxa representativa de Riscos (R);
- Taxa representativa de Garantias (G);
- Taxa representativa das Despesas Financeiras (DF);
- Taxa representativa do Lucro (L);
- Taxa representativa da incidência de Impostos (I);

As taxas representativas das despesas de administração central, financeiras, de Seguros, de Riscos, de Garantias e de Lucro, foram obtidas em conversas com empresários da área de construção, sendo estimados valores possíveis e prováveis. Já a taxa representativa da incidência de Impostos foi obtida pela informação de que os programas para HIS prevê desoneração fiscal e tributária, além de redução nos custos cartoriais. Assim, considerou-se a soma destes tributos igual a 1% do valor da casa, valor limite estabelecido pelo Governo para as capitais e Regiões Metropolitanas (com exceção do Rio de Janeiro, de São Paulo e de

Brasília, onde os valores são superiores). A Tabela 16 mostra a descrição das despesas e suas respectivas taxas consideradas.

Tabela 16 – Taxa de despesas do negócio

Descrição	Valor
Administração Central	5,0%
Garantia / Riscos / Seguros	2,0%
Despesas Financeiras	1,0%
Lucro	15,0%
Tributação	1,0%

### 6.2.3 Averiguar precificação adequada

Conhecendo-se os custos e as despesas, é possível simular de forma mais precisa o preço de venda. Partiu-se do teto estabelecido pelo Governo, igual a R\$ 180.000,00, considerando como valor limite superior. O valor do preço de venda foi calculado a partir da seguinte equação:

$$PV = \frac{\text{custos}}{1 - \text{markup}}$$

Onde

PV = Preço de venda;

Custos = valores gastos, direta ou indiretamente, com bens e serviços para a produção do produto final do negócio

Markup = porcentagens das despesas, ou dos valores gastos com bens e serviços relativos à manutenção da atividade da empresa.

Considerou-se o preço de venda o resultado da equação:

$$PV_{\text{mensal}} = \frac{R\$ 716.422,39}{1 - 23\%} = R\$ 942.661,04$$

$$PV_{\text{unidade}} = \frac{PV_{\text{mensal}}}{15} = R\$ 62.844,07$$

Pelo valor encontrado, considerou-se prudente o aumento do preço de venda em 10%, considerando que todos os valores de custos foram utilizados sem nenhuma margem de erro. Com isso, o preço de venda escolhido para o produto em questão foi de R\$ 70.000,00, valor bem abaixo do teto estabelecido pelo Governo.

Considerando-se a venda de 180 casas por ano, tem-se uma receita bruta anual de R\$ 12.600.000,00. Esse valor terá uma taxa de crescimento de 9,10% ao ano, considerando-se o valor estimado de inflação calculado anteriormente.

#### ***6.2.4 Simular condições de financiamento***

Observou-se um custo de produção bastante significativo para o volume estipulado para o estudo. Com isso, decidiu-se que o estudo ficaria mais próximo da realidade se considerando os custos de financiamento.

Após buscar condições de financiamentos nos principais bancos com condições de apoiar o negócio proposto, percebeu-se que:

1. As taxas de juros atualmente variam de 8% a 15% ao ano;
2. A participação máxima do capital de terceiros é de até 80% na grande maioria dos casos, onde os 20% restantes devem ser dados como contrapartida em capital próprio;
3. O prazo de financiamento compreende o prazo de carência e o prazo de amortização e é determinado em função da capacidade de pagamento do cliente;
4. Alguns bancos financiam até 50% a mais para capital de giro;

Com isso, optou-se no presente estudo pela simulação do financiamento, com as seguintes condições:

- O valor total do financiamento será composto do valor de investimento inicial mais o valor de 2 meses de custos e despesas de produção, igual a R\$ 2.200.000,00;
- A estrutura do capital da empresa é composta de 25% de capital próprio (R\$ 550.000,00) e 75% de capital de terceiros (R\$ 1.650.000,00);
- O capital de terceiros é composto de um financiamento em banco, com taxa de juros de 12,5% ano, na modalidade SAC;



- O prazo de financiamento é de 4 anos.

A Tabela 17 apresenta os valores de juros e amortização para o regime de financiamento escolhido para o estudo.

Tabela 17 – Condições de financiamento

Período	Saldo Inicial (R\$)	Pagamento (R\$)			Saldo Final (R\$)
		Juros	Amortização	Total	
1	1.650.000,00	206.250,00	412.500,00	618.750,00	1.237.500,00
2	1.237.500,00	154.687,50	412.500,00	567.187,50	825.000,00
3	825.000,00	103.125,00	412.500,00	515.625,00	412.500,00
4	412.500,00	51.562,50	412.500,00	464.062,50	0,00

### 6.2.5 Verificar despesas com tributação

As despesas com tributação são parte essencial para o cálculo da análise de viabilidade, visto que é um custo que pode onerar bastante no orçamento do negócio, influenciando diretamente na decisão de investir ou não investir no modelo de negócio estipulado.

No caso em questão, como já foi dito, como as casas se destinam a Habitação de Interesse Social, o Governo permite que a tributação seja no máximo 1% da receita bruta. Além disso, considerou-se o pagamento do IRPJ (Imposto de Renda Pessoa Jurídica), igual a 25% em cima do valor da renda. Os valores considerados estão apresentados no fluxo de caixa.

### 6.3 Montagem de fluxo de caixa e análise dos indicadores

Com os valores estimados de custos estabelecidos, assim como a precificação do produto, é possível projetar as receitas e gastos, montando o fluxo de caixa. Pelo contexto em estudo, estimou-se um horizonte de projeto de 4 anos, considerado adequado para o desenvolvimento e consolidação do negócio.

A partir da projeção dos valores de benefícios e sacrifícios, montou-se o fluxo de caixa apresentado na Tabela 18.

Tabela 18 – Montagem do fluxo de caixa do cenário esperado

Componentes do Fluxo de Caixa	ANO 0	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4
<b>(+) Receitas Bruta</b>		R\$ 12.600.000,00	R\$ 13.746.141,82	R\$ 14.996.540,86	R\$ 16.360.680,75
(-) Impostos e Deduções sobre Receita Bruta		-R\$ 126.000,00	-R\$ 137.461,42	-R\$ 149.965,41	-R\$ 163.606,81
<b>(=) Receita Líquida</b>		R\$ 12.474.000,00	R\$ 13.608.680,40	R\$ 14.846.575,46	R\$ 16.197.073,95
(-) Custos		-R\$ 8.597.068,69	-R\$ 9.379.089,32	-R\$ 10.232.245,39	-R\$ 11.163.007,64
<b>(=) Lucro Bruto</b>		R\$ 3.876.931,31	R\$ 4.229.591,08	R\$ 4.614.330,07	R\$ 5.034.066,31
(-) Despesas		-R\$ 2.898.000,00	-R\$ 3.161.612,62	-R\$ 3.449.204,40	-R\$ 3.762.956,57
<b>(=) Lucro antes dos juros e do IR (LAJIR)</b>		R\$ 978.931,31	R\$ 1.067.978,46	R\$ 1.165.125,67	R\$ 1.271.109,74
(-) Despesas Financeiras		-R\$ 206.250,00	-R\$ 154.687,50	-R\$ 103.125,00	-R\$ 51.562,50
<b>(=) Lucro antes do IR (LAIR)</b>		R\$ 772.681,31	R\$ 913.290,96	R\$ 1.062.000,67	R\$ 1.219.547,24
(-) IR		-R\$ 193.170,33	-R\$ 228.322,74	-R\$ 265.500,17	-R\$ 304.886,81
<b>(=) Fluxo de Caixa Operacional</b>		R\$ 579.510,98	R\$ 684.968,22	R\$ 796.500,50	R\$ 914.660,43
(-) Amortizações		-R\$ 412.500,00	-R\$ 412.500,00	-R\$ 412.500,00	-R\$ 412.500,00
(+ / -) Investimentos ou Desmobilizações de Equipamentos	-R\$ 550.000,00				
(-) IR s/Venda dos Ativos					
(+ / -) Mudanças no Capital de Giro (NCG)	-R\$ 160.000,00				
<b>(=) Fluxo de Caixa ao Capital Próprio</b>	<b>-R\$ 710.000,00</b>	<b>R\$ 167.010,98</b>	<b>R\$ 272.468,22</b>	<b>R\$ 384.000,50</b>	<b>R\$ 502.160,43</b>

Com o fluxo de caixa, é possível fazer a análise do investimento pelo cálculo dos indicadores. Primeiramente calculou-se a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) do projeto, utilizando o modelo adotado pela maioria dos bancos:

$$TMA = Selic projetada - IPCA projetado + x\% \text{ prêmio de risco}$$

O valor atual da Selic projetada é igual a 14,25%. Já do IPCA projetado é de 7,31%. Considerou-se uma taxa de risco de 8%, utilizada na maioria dos casos atuais de pedido de financiamento. Aplicando os valores atuais na fórmula:

$$TMA = 14,25\% - 7,31\% + 8\% = 14,94\% \cong 15\%$$

Com isso, foi possível calcular todos os indicadores de viabilidade necessários para uma análise adequada do negócio proposto. Os primeiros indicadores calculados foram o *Payback* simples (PBS) e o *Payback* descontado (PBD), valores que indicam em quanto tempo o negócio proposto pagará os investimentos iniciais e começará a dar lucro. Os valores de *Payback* estão apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 – Cálculo dos Indicadores *Payback* simples e descontado

Anos	Fluxo de caixa	Saldo	PBS	VP	Saldo	PBD
0	-R\$ 710.000,00	-R\$ 710.000,00		-R\$ 710.000,00	-R\$ 710.000,00	
1	R\$ 167.010,98	-R\$ 542.989,02		R\$ 95.489,07	-R\$ 614.510,93	
2	R\$ 272.468,22	-R\$ 270.520,79	8,5	R\$ 155.784,59	-R\$ 458.726,34	
3	R\$ 384.000,50	R\$ 113.479,71		R\$ 219.553,53	-R\$ 239.172,80	10,0
4	R\$ 502.160,43	R\$ 615.640,14		R\$ 287.111,85	R\$ 47.939,05	

Em resumo, tem-se um *Payback* simples igual a 2 anos e 8 meses, e um *Payback* descontado igual a 3 anos e 10 meses. Geralmente, o valor mais procurado e o que é pedido em bancos para análise de financiamento é o *Payback* simples. Porém, considerou-se viável a apresentação também do *Payback* descontado, sendo este mais conservador, para demonstrar a possibilidade de um horizonte maior de tempo de retorno do valor investido.

O Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Índice de Lucratividade (IL) foram os indicadores calculados em seguida, os quais estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 – Indicadores de viabilidade: VPL, TIR e IL

<b>VPL</b>	R\$ 180.850,48
<b>TIR</b>	25,02%
<b>IL</b>	1,25

O VPL é considerado o indicador mais importante da viabilidade do projeto. É possível observar que o fluxo de caixa quando descontado a uma taxa de 15% gera um VPL positivo, o que evidencia que o investimento estudado é viável. O valor do VPL pode ser considerado dentro dos padrões esperados para o período de tempo estimado, visto o tamanho do valor do investimento inicial. Além disso, a viabilidade do projeto também se confirma observando-se que a TIR de 25,02% supera a TMA proposta de 15%, e que o índice de lucratividade foi 25% maior do que 1.

Pelos indicadores terem apresentados valores positivos, com folga com relação à margem de segurança, pode-se afirmar que o projeto proposto é viável econômico e financeiramente. Porém, há outros fatores a serem considerados que vão além dos cálculos matemáticos e financeiros. É necessária a correta interpretação dos dados e do cenário proposto, de forma a considerar riscos e sazonalidade. Com isso, faz-se necessária a análise de diferentes cenários, considerando variações nos parâmetros do cenário determinado como mais provável.

#### 6.4 Análise de diferentes cenários

Os resultados obtidos anteriormente se referem ao cenário esperado para os futuros gastos e receitas. No entanto, como já foi dito, diversos fatores podem fazer com que os valores previstos se alterem, resultando em valores que podem até inviabilizar o projeto. Diante desta possibilidade questiona-se como seria o fluxo de caixa e como se comportariam os indicadores. Para isso, propôs-se outros dois cenários, diferentes do esperado, considerados cenários pessimista e otimista, os quais estão apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 – Proposta de diferentes cenários para comparação

Cenário	Pessimista	Esperado	Otimista
% de diferença	Redução de 25%	Referência	Aumento de 25%
Quantidade de casas por ano	132	180	216
Preço de venda sem margem de erro	R\$ 60.862,64	R\$ 62.844,07	R\$ 61.456,58
Preço de venda com margem de erro	R\$ 66.948,91	R\$ 69.128,48	R\$ 67.602,24
<b>Preço adotado</b>	<b>R\$ 70.000,00</b>		

Considerou-se que um cenário pessimista seria aquele em que, para um mesmo investimento inicial e um mesmo valor de financiamento, a demanda produtiva seria menor. A redução foi estimada em 25% a menos do que no cenário esperado, porém os custos também seriam reduzidos pois a necessidade de colaboradores seria menor.

Já para o cenário otimista, considerou-se um aumento na demanda de 25%, para o mesmo investimento inicial e valor de financiamento. Neste caso, a demanda por colaboradores também aumentaria, pesando no valor do custo. Porém, é possível observar que o preço de venda estimado ficou bem semelhante entre os três cenários, o que permitiu fixar o preço de venda em R\$ 70.000,00.

Com isso, é possível analisar os indicadores nos três cenários e realizar uma comparação entre eles. A Tabela 22 mostra os valores do Fluxo de Caixa nos três cenários, com os respectivos valores de *Payback* simples e descontado, e dos indicadores Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Índice de Lucratividade (IL).

Tabela 22 – Fluxo de caixa e *Payback* para os três cenários

Cenário	Anos	Fluxo de caixa	Saldo	PBS	VP	Saldo	PBD	VPL	
Cenário Pessimista	0	-R\$ 710.000,00	-R\$ 710.000,00		-R\$ 710.000,00	-R\$ 710.000,00		<b>TIR</b>	16,73%
	1	R\$ 120.307,28	-R\$ 589.692,72		R\$ 68.786,08	-R\$ 641.213,92		<b>IL</b>	1,04
	2	R\$ 221.516,18	-R\$ 368.176,54		R\$ 126.652,60	-R\$ 514.561,33			
	3	R\$ 328.413,68	-R\$ 39.762,86	1,1	R\$ 187.771,59	-R\$ 326.789,74			
	4	R\$ 441.517,22	R\$ 401.754,36		R\$ 252.438,91	-R\$ 74.350,83			
									R\$ 180.850,48
Cenário Esperado	0	-R\$ 710.000,00	-R\$ 710.000,00		-R\$ 710.000,00	-R\$ 710.000,00		<b>TIR</b>	25,02%
	1	R\$ 167.010,98	-R\$ 542.989,02		R\$ 95.489,07	-R\$ 614.510,93		<b>IL</b>	1,25
	2	R\$ 272.468,22	-R\$ 270.520,79	8,5	R\$ 155.784,59	-R\$ 458.726,34			
	3	R\$ 384.000,50	R\$ 113.479,71		R\$ 219.553,53	-R\$ 239.172,80	10,0		
	4	R\$ 502.160,43	R\$ 615.640,14		R\$ 287.111,85	R\$ 47.939,05			
									R\$ 1.203.571,05
Cenário Otimista	0	-R\$ 710.000,00	-R\$ 710.000,00		-R\$ 710.000,00	-R\$ 710.000,00		<b>TIR</b>	76,04%
	1	R\$ 484.678,36	-R\$ 225.321,64	4,4	R\$ 277.116,43	-R\$ 432.883,57		<b>IL</b>	2,70
	2	R\$ 619.031,78	R\$ 393.710,14		R\$ 353.933,43	-R\$ 78.950,15	2,2		
	3	R\$ 762.088,74	R\$ 1.155.798,88		R\$ 435.726,71	R\$ 356.776,57			
	4	R\$ 914.640,95	R\$ 2.070.439,83		R\$ 522.948,93	R\$ 879.725,49			

Observa-se primeiramente que os valores de VPL para os 3 cenários se apresentaram positivos, como é possível visualizar na Figura 21, o que os classificaria, à primeira vista, como viáveis econômico e financeiramente. Porém, o valor da VPL no cenário pessimista é muito pequeno em relação ao investimento do projeto, tornando o indicador pouco preciso.

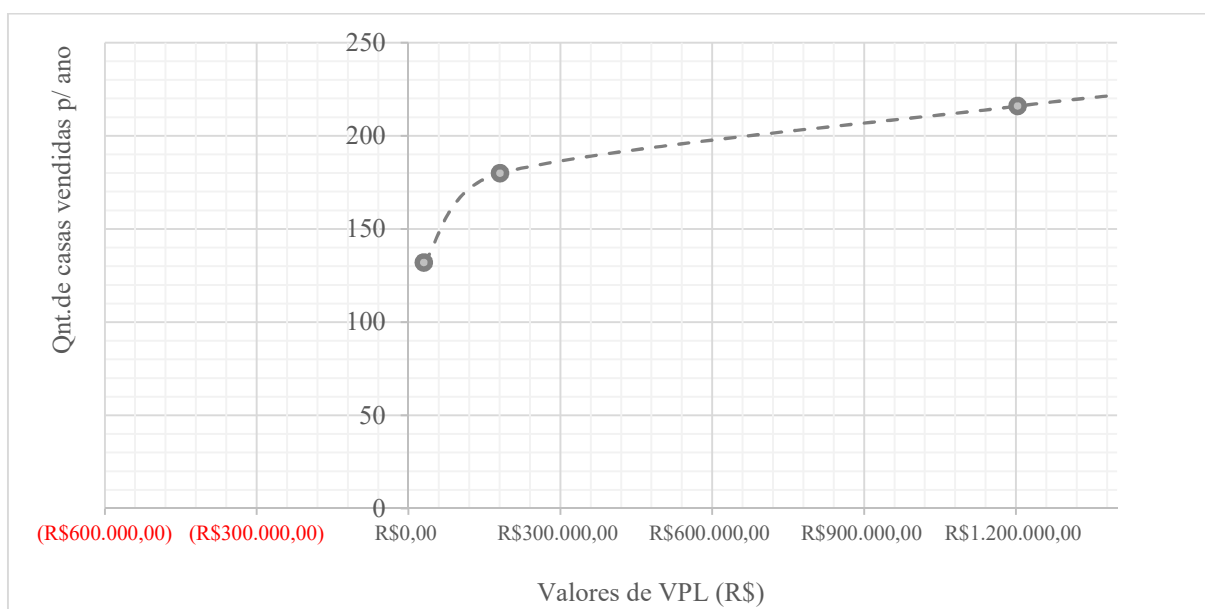
A imprecisão do cenário pessimista se confirma pelos outros indicadores. O *Payback* simples é igual a 3 anos e 1 mês, e o *Payback* descontado vai além dos 4 anos, ou seja, o retorno do investimento para essa quantidade é demorado e oneroso, especialmente se comparado aos outros dois cenários.

A TIR do cenário pessimista está muito próxima do valor estabelecido pra TMA, onde qualquer mudança pequena no cenário pode alterar os valores dos indicadores, tornando o projeto inviável. O IL, praticamente igual a 1, apresenta a pequena lucratividade do projeto. Sabe-se que aumentando o horizonte de projeto as condições melhoram, porém, a visão

conservadora do tempo tornou-se necessária para o projeto em questão, visando aproximá-lo da realidade atual.

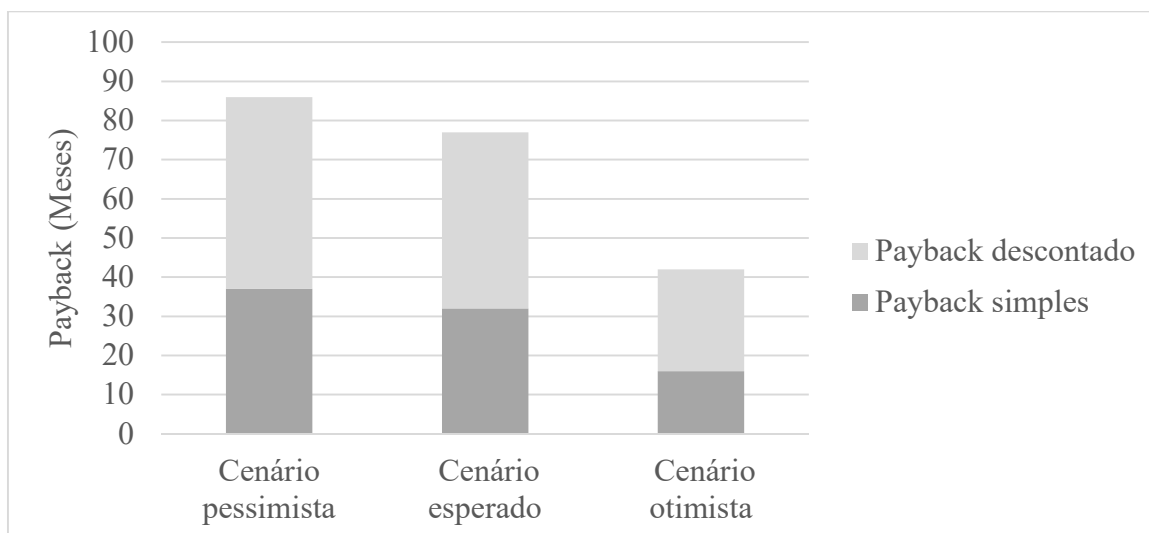
O cenário otimista apresentou ótimos resultados: *Payback* simples de 1 ano e 4 meses, *Payback* descontada de 2 anos e 2 meses, VPL positiva e maior que 1 milhão, TIR superior à TMA de 15% e IL o dobro do valor de referência, igual a 1. Com isso, percebe-se que quanto maior a demanda, melhor os resultados de viabilidade econômico-financeira, não sendo os dois valores linearmente proporcionais, mas obtendo relação próxima à linearidade após um valor limite, próximo ao valor de referência, como é possível ver no gráfico apresentado na Figura 21.

Figura 21 – Gráfico de tendência do crescimento do VPL com o nº de casas vendidas



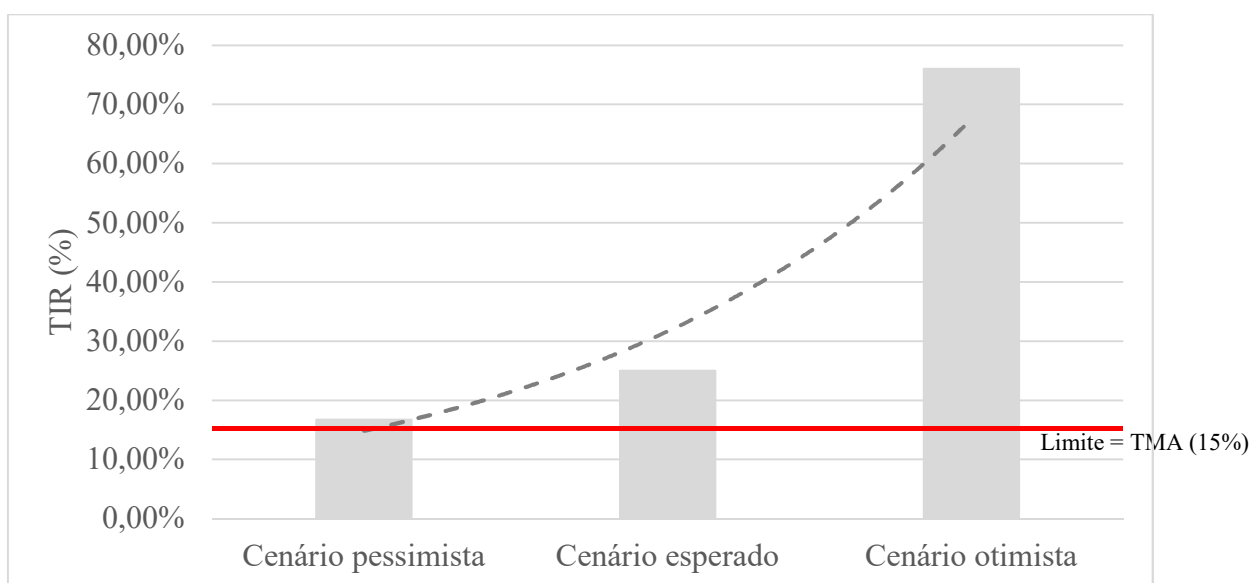
Observa-se também no gráfico que para menores quantidades de casas, isto é, para uma redução maior do que a utilizada no cenário pessimista, obtêm-se valores de VPL negativos, considerando o horizonte de tempo de 4 anos, inviabilizando o projeto neste período.

A Figura 22 apresenta uma comparação gráfica entre os valores de *Payback*, simples e *Payback* descontado, nos três cenários analisados, onde é possível conferir visualmente as diferenças nos tempos de retorno do investimento inicial. Nele, é possível observar que o cenário otimista se destaca mais uma vez, apresentando valores melhores do que os esperados 25% de aumento.

Figura 22 – Comparação de valores de *Payback*

A Figura 23 apresenta a comparação entre os valores de Taxa Interna de Retorno (TIR). Percebe-se um crescimento aproximadamente exponencial, confirmando mais uma vez a vantagem do acréscimo de 25% na produção do cenário realista para o otimista, e a pouca precisão do cenário pessimista pela sua proximidade do valor limite, igual a TMA.

Figura 23 – Gráfico de comparação da TIR nos três cenários



Outro cenário possível de ser analisado é considerando os três cenários em um mesmo projeto, ou seja, o primeiro ano apresentando um cenário pessimista, o segundo e terceiro um cenário realista, e o quarto um cenário otimista. Em outras palavras, o aumento

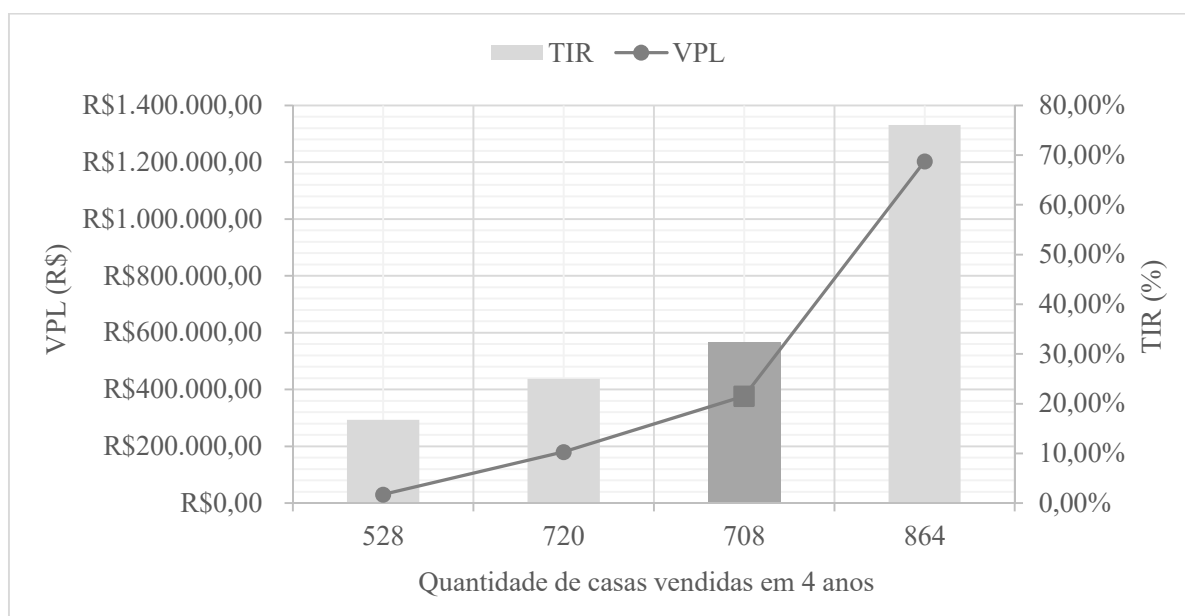
gradual da capacidade produtiva em um projeto é possível e provável, sendo passível de análise. A Tabela 23 apresenta os dados de fluxo de caixa e indicadores.

Tabela 23 – Análise de cenário com aumento gradual da capacidade produtiva

Cenário Modificado	Anos	Fluxo de caixa	Saldo	PBS	VP	Saldo	PBD	VPL	R\$ 376.075,64
	0	-R\$ 710.000,00	-R\$ 710.000,00		-R\$ 710.000,00	-R\$ 710.000,00		TIR	32,36%
	1	R\$ 120.307,28	-R\$ 589.692,72		R\$ 68.786,08	-R\$ 641.213,92		IL	R\$ 1,53
	2	R\$ 272.468,22	-R\$ 317.224,50	9,9	R\$ 155.784,59	-R\$ 485.429,33			
	3	R\$ 384.000,50	R\$ 66.776,00		R\$ 219.553,53	-R\$ 265.875,80	6,1		
	4	R\$ 914.640,95	R\$ 981.416,95		R\$ 522.948,93	R\$ 257.073,13			

É possível perceber que se tem um cenário mais equilibrado, com resultados positivos e melhores do que os apresentados no cenário esperado, como mostra o gráfico da Figura 24. Observa-se que com uma produção menor (708 casas em 4 anos), obteve-se valores de TIR e VPL maiores, confirmando a melhor adaptabilidade do cenário.

Figura 24 – Comparativo de resultados de VPL e TIR de cenário modificado



## 6.5 Discussão dos resultados

Pelo observado nos resultados apresentados, alguns pontos podem ser discutidos. Primeiramente, pode-se afirmar que de forma geral o projeto é viável econômico e financeiramente, dentro dos parâmetros determinados para o estudo. Obteve-se valores limites



na análise de diferentes cenários, mostrando os riscos do projeto proposto. Porém, observou-se que um aumento gradual na produção, cenário provável dentro do contexto do setor da construção civil, pode diminuir os efeitos de uma baixa produtividade inicial. É necessário, contudo, uma atenção especial aos parâmetros envolvidos, principalmente os de cunho administrativos, como a contratação de funcionários, planejamento e cronograma físico-financeiro.

Obteve-se um valor de venda das casas igual a R\$70.000,00 por unidade, valor compatível com o mercado, tanto pela capacidade de compra do segmento de clientes quanto pelo preço aplicado pelas empresas concorrentes. O horizonte de projeto escolhido, igual a 4 anos, foi pensado como um tempo de adaptação tanto do novo negócio como do sistema construtivo no Ceará, se mostrando adequado pelo tempo de *Payback* obtido como resultado em todos os cenários.

O volume de produção de casas por ano foi estimado com base na sazonalidade atual e no que é praticado por empresas concorrentes. Porém, se a demanda for menor do que a prevista, como a apresentada no cenário pessimista, a viabilidade do projeto pode ficar comprometida. Com a economia atual em recessão, a estimativa acaba ganhando pouca precisão, principalmente pelo método utilizado para seu cálculo. Assim, torna-se importante a consideração do fator de risco nos cálculos da viabilidade, tornando-a mais confiável.

Um dos maiores questionamentos com relação à implantação do sistema construtivo *wood frame* no Ceará é se as casas construídas nesse sistema serão mais baratas do que as construídas no sistema convencional. Com relação a isso, pôde-se perceber que é necessário um estudo mais aprofundado para cada item da composição do Fluxo de Caixa para duas tipologias construtivas iguais em sistemas construtivos distintos. Porém, pelo observado no contexto geral, pode-se afirmar que é clara a vantagem financeira do sistema *wood frame* nos custos indiretos de produção, principalmente pela alta produtividade do sistema, com capacidade para entregar em 6 meses um conjunto habitacional completo com 90 casas, como exposto no contexto do estudo. Essa vantagem de diminuição do prazo de execução das edificações é um fator que pesa em processos de tomada de decisão. Em outras palavras, o custo não deve ser olhado de forma isolada, devendo-se levar em consideração fatores como tempo de retorno do investimento pelo prazo de execução obtido com o sistema construtivo.

Pela pesquisa realizada neste trabalho, percebeu-se que o tema deste estudo de viabilidade, no contexto aplicado, é pioneiro e inicial. Assim, é importante a continuidade deste estudo, com atualizações e correções dos valores aplicados, de forma a torna-lo mais preciso e realista. Além disso, torna-se interessante a continuidade deste estudo dentro de outros

contextos, como pela aplicação do sistema construtivo *wood frame* semi-industrializado, ou montado *in loco*, outra possibilidade de implantação do sistema no contexto explorado, ou ainda variando parâmetros de tempo, de instalações, de equipe técnica, de nível de tecnologia, dentre outras possibilidades.

## 7 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo principal analisar a viabilidade econômico-financeira, técnica e ambiental do emprego do sistema construtivo *wood frame* painelizado na construção de Habitações de Interesse Social (HIS) no Estado do Ceará. Com essa análise, aliada à uma pesquisa de campo abrangente, foi possível realizar um parecer crítico a respeito da implantação do sistema *wood frame* em um Estado onde este ainda não está presente. De forma geral, obteve-se um documento final com informações em quantidade e qualidade suficiente para um primeiro contato do sistema com a realidade do Estado.

Pela pesquisa bibliográfica realizada, é possível concluir que se fazem necessárias mais pesquisas a respeito da tecnologia *wood frame* utilizada atualmente no Brasil. A escassez de literatura, em quantidade e acessível, foi atribuída ao fato do sistema ainda ser muito recente no Brasil, possuindo ainda poucas unidades habitacionais construídas, se comparado ao sistema convencional brasileiro, além de não possuir norma voltada diretamente para esse tipo de construção. O processo de normatização é lento, porém já está sendo desenvolvido, o que prova que parte significativa dos profissionais da construção civil têm interesse no crescimento do sistema *wood frame* no Brasil, e reconhecem suas vantagens.

Com relação às visitas técnicas nacionais, conclui-se que já existe um sistema construtivo *wood frame* adaptado à realidade brasileira, desde suas normas até fatores culturais. Em outras palavras, a tecnologia do sistema *wood frame* já está pronta, podendo ser utilizada e seus benefícios aproveitados. Porém, percebeu-se ainda um desconhecimento muito grande sobre o sistema *wood frame*, não só pela população leiga, mas pelos próprios profissionais da construção civil. Foi possível concluir com a vivência em campo, nos mais diversos ambientes ligados a cada fase do ciclo produtivo do *wood frame*, que pela cultura do concreto armado ser bastante forte no Brasil, o preconceito com sistemas alternativos é ainda intensamente presente. Contudo, é um preconceito que vem diminuindo cada vez mais diante das possibilidades de acesso a informações. Isso comprova a necessidade da disseminação do conhecimento de sistemas alternativos ao tradicional e suas vantagens frente a ele, tanto auxiliando a tomada de decisão, bastante comentada no trabalho, como também incentivando um caráter resiliente na construção civil brasileira.

As pesquisas bibliográficas aliadas às visitas técnicas nacionais propiciaram uma conclusão a respeito do progresso da construção em madeira no Brasil. Por elas, é possível concluir que a execução de edificações com madeira no Brasil, com foco na tecnologia *wood frame*, está sendo cada vez mais reconhecida como potencialmente viável para o mercado da

construção civil. As buscas bibliográficas apontaram um histórico de construção em madeira no país com baixo desempenho, especialmente térmico, acústico e com relação à proteção a ataques biológicos na estrutura. Porém, o sistema *wood frame*, da forma como é executado atualmente, se mostrou favorável a vencer essas barreiras, podendo apresentar desempenho até de forma superior à uma edificação construída no sistema convencional. Isso se deve ao seu caráter industrializado, adaptado para execução de edificações em concordância com as normas brasileiras de desempenho, juntamente à preocupação, em todas as fases de execução, com o fator sustentável.

Os resultados da missão técnica aos Estados Unidos vieram a complementar os obtidos nas visitas nacionais. Pela importância do sistema *wood frame* no mercado da construção civil norte americano, foi possível perceber as possibilidades tecnológicas que agregam valor ao sistema, tratado neste país como em desenvolvimento e aperfeiçoamento constante. Em outras palavras, pela missão técnica foi possível confirmar que o sistema *wood frame* deve estar aliado a tecnologias que elevem seu desempenho e façam com que todo seu potencial seja utilizado, buscando sempre a melhoria contínua. Concluiu-se, por fim, que a filosofia LEAN, as certificações GREEN e WELL, e a ferramenta BIM são inovações e fortes aliadas ao aprimoramento nacional do sistema *wood frame*.

É importante destacar que a aposta no sistema *wood frame*, admitida no presente trabalho, não exclui outros sistemas construtivos. Foi possível identificar que o sistema em estudo possui limitações que devem ser levadas em consideração na escolha entre alternativas. São necessários estudos preliminares que pesem os benefícios e limitações de cada sistema construtivo, de forma a decidir pela melhor opção, entre eles ou pela junção de dois ou mais sistemas, buscando sempre potencializar o processo construtivo como um todo. Pelo estudo realizado, conclui-se que há espaço para a inovação, independente do sistema construtivo, onde deve-se melhorar o que já existe, visando fatores como a sustentabilidade em todos os seus aspectos (desde os relacionados com o impacto ambiental da construção, até os ligados à redução de custos de obra), a qualidade e a produtividade.

Pode-se citar também como conclusão do presente trabalho, que este possui dados capazes de desmistificar ideias errôneas a respeito do sistema *wood frame*. Uma delas é com relação ao fator sustentável. A menor taxa de pegada de carbono é uma característica ressaltada dentre os benefícios do sistema *wood frame*, sendo este considerado, por esse dado, um sistema construtivo mais sustentável. Apesar dessa característica ser uma vantagem do sistema, é preciso ter cuidado ao utilizar esse dado, atentando-se para o conceito de sustentabilidade, que inclui todo o meio no qual a edificação está inserida, e não somente uma

parte dela. O estudo do impacto ambiental é de extrema importância, especialmente como meio de comparação, ou obtenção de dados, para a tomada de decisão. Contudo, não é prudente levar em consideração que somente um fator sustentável torna o todo sustentável. Tem-se atualmente a ferramenta ACV (Análise do Ciclo de Vida) como instrumento mais completo para o estudo de impacto ambiental, justamente por considerar todo o ciclo de vida e não somente um fator.

Outra ideia errônea, desmistificada no presente estudo, é que a utilização da madeira para estrutura no sistema *wood frame* acarretaria nas consequências do desmatamento. A principal fonte de madeira são florestas de madeira plantada, isto é, madeira obtida pelo processo de reflorestamento. É importante destacar que há atualmente uma preocupação com os impactos que o reflorestamento causa ao meio, sendo essa preocupação um agente impulsionador para que as práticas de plantio de madeira para fins industriais sejam mais controladas e conscientes. Em outras palavras, reflorestamento não é necessariamente a prática de desmatar e depois replantar, até que o solo se esgote, apesar de ainda existirem tais práticas abusivas e destrutivas. Com isso, cabe aos profissionais da construção civil acompanhar a procedência da madeira e garantir que o fator sustentável está se cumprindo nesta etapa do ciclo de vida de edificações no sistema *wood frame*.

Ainda sobre o uso de madeira plantada, é possível comparar os insumos principais dos sistemas convencional em concreto armado e *wood frame*. Leigamente falando, o correto processo de reflorestamento produz insumos renováveis, enquanto a extração de aglomerantes e agregados não, gerando resíduos no final de seu ciclo de vida que hoje se apresentam como um dos maiores problemas ambientais da indústria da construção. Porém, não se deve utilizar esse dado como limitante do sistema em alvenaria e concreto, mas como fonte de conscientização para a diminuição da extração desordenada e ampliação do uso correto e consciente dos insumos, e como agente impulsionador de um foco maior em sistemas alternativos que venham a complementar as práticas do setor da construção civil brasileiro. Com isso, ressalta-se novamente a importância do estudo dos benefícios e limitantes de tecnologias da construção para a escolha entre alternativas de forma cada vez mais sustentável.

Dentre os limitantes do sistema *wood frame*, no presente estudo quatro fatores mais se destacaram como impeditivos para a implantação do sistema de forma efetiva em todos os Estados do Brasil:

- i. A cultura local – onde ainda é possível perceber um preconceito da população com sistemas alternativos ao tradicional;

- ii. Impeditivos legais – Pela norma relativa ao sistema *wood frame* ainda estar em fase de elaboração, as questões legais podem ser um impeditivo para a disseminação do sistema;
- iii. Cadeia produtiva e logística – a questão do fornecimento de insumos para a construção em *wood frame* é ainda um impeditivo para locais onde a madeira, da forma como é utilizada para o sistema, não possui grande demanda.

A análise de viabilidade econômico-financeira mostrou bons resultados para a tipologia construtiva HIS, se comparado com valores atuais de mercado para a mesma tipologia utilizando sistemas construtivos diferentes. Percebeu-se que o que mais onerou no orçamento elaborado foi a compra da madeira cortada e tratada, juntamente com seu transporte do Sul e Sudeste para o Nordeste do país. Porém, esse custo elevado é compensado pela economia com custos indiretos, obtidos de forma mais significativa por características do sistema *wood frame*, como o caráter industrializado, a produtividade alta e o menor tempo de execução da edificação, se comparado com uma obra executada no sistema convencional.

Em resumo, conclui-se que, apesar de algumas restrições e limitações, discutidas ao longo do trabalho, a implantação do sistema *wood frame* no Ceará é viável econômico-financeiro, técnico e ambientalmente para a construção de Habitações de Interesse Social. Contudo, ainda há a necessidade de uma maior divulgação do sistema, suas características e possibilidades de uso, para que o conhecimento gere nos profissionais da construção civil e na população em geral maior interesse e confiança, tornando o *wood frame* uma possibilidade real para todos os lugares do Brasil.

Por fim conclui-se que este é um trabalho inicial visto que no Estado do Ceará ainda não há estudos sobre o assunto, o que fornece a possibilidade de ser continuado, aperfeiçoado e desenvolvido a partir de outras vertentes e visões de outros autores. Com isso, apresenta-se algumas sugestões de trabalhos futuros.

## 7.1 Sugestões de trabalhos futuros

- Primeiramente tem-se como sugestão o desenvolvimento da análise de viabilidade, com o mesmo foco do presente estudo, porém visando outros critérios qualitativos, visto que existem várias possibilidades que auxiliam o processo de tomada de decisão, como o fator social, mercadológico e operacional;

- Por sua importância no processo de escolha entre alternativas, sugere-se também um trabalho de aperfeiçoamento da análise de viabilidade econômico-financeira realizada no presente trabalho e, a partir dela, realizar comparações com resultados de outros sistemas construtivos, especialmente o sistema convencional em alvenaria e concreto armado;
- Diante de resultados de estudos de viabilidade, quantitativos e qualitativos, sugere-se a realização de estudo de caso utilizando ferramentas de tomada de decisão, com foco na comparação das possibilidades de sistema construtivo para uma edificação voltada a HIS no Estado do Ceará;
- Outro estudo importante é a análise da cadeia de suprimentos e análise da logística externa, visando responder questões sobre o fornecimento de matéria prima para construção em *wood frame* em locais de madeira escassa. De maneira geral, deve-se buscar responder o seguinte questionamento: existem recursos (pessoas, energia elétrica, equipamentos, materiais, matéria prima, insumos e etc), em qualidade e quantidade suficiente, que permitam que projetos de edificações em *wood frame* sejam executados no Estado do Ceará?
- Com relação ao fator técnico, sugere-se a realização de análise por meio de softwares que comprovem a eficiência do sistema *wood frame*, para o Estado do Ceará, em aspectos relativos à norma de desempenho NBR 15575 (2013). Como exemplo tem-se o desempenho térmico, acústico, e a segurança contra incêndio;
- Por fim, para uma melhor análise do fator sustentável, sugere-se o estudo de impactos ambientais de edificações em *wood frame* no Estado do Ceará, a partir da ferramenta de Análise do Ciclo de Vida (ACV).

## REFERÊNCIAS

ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Manual da Construção Industrializada: Conceitos e Etapas**. v.1: Estrutura e Vedação. ABDI. 1 ed. Brasília, 2015.

AB’SÁBER, Aziz Nacib. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos Avançados**. v.13, n.36, p. 05 – 59. São Paulo, 1999.

ADRIAZOLA, Marcia Keiko Ono. **Avaliação Experimental Por Meio de Protótipos e Por Simulação de Painéis de Madeira Para Habitação de Interesse Social**. 2008. 314 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

ASSAF NETO, Alexandre. Os métodos quantitativos de análise de investimentos. **Caderno de Estudos nº06**, São Paulo, FIPECAFI, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldadas**. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho (partes 1-5) – especificação**. Rio de Janeiro, 2013.

ALTOÉ, Emanuella Sossai. **Diretrizes projetuais para edificações unifamiliares em toras de eucalipto no Espírito Santo**. 2009. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

ALVARENGA, Maria Amália de Figueiredo Pereira. **Apontamentos de metodologia para a ciência e técnicas de redação científica**. 3. ed. Porto Alegre: Sergio Antonio Fabris, 2003.

BELL, Victoria Ballard; RAND, Patrick. **Materials for Architecture Design**. Lawrence King Publishing. p. 270. Londres, 2006.



BITTENCOURT, Rosa Maria. **Concepção arquitetônica da habitação em madeira**. 1995. 257 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

BOTEGA, Erica Karla; CROVADOR, Karina Aparecida; SILVA, Kelley Cristina da; PUDELKO, Vanessa Pudelko; OLIVEIRA, Gilson Batista de Oliveira. Industrialização e desenvolvimento regional: notas para reflexão. **FAE**, v.9, n.2, p.79-86, jul./dez. Curitiba, 2006.

BORDEAUX-RÊGO, Ricardo; PAULO, Goret Pereira; SPRITZER, Ilda Maria de Paiva Almeida; ZOTES, Luis Pérez. **Viabilidade econômico-financeira de projetos**. FGV Management. eBook Kindle. 4 ed. 159 p. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2013.

BRONDANI, Raquel Petry; MOHAMAD, Gihad; ISAIA, Geraldo Cechella. Sustentabilidade em projeto de estrutura em concreto armado: um estudo de caso. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO**, 56., 2014, Natal. Anais... IBRACON: Instituto Brasileiro do Concreto, 2014.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Habitação de Interesse Social**. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/programas-uniao/habitacao/interesse-social/Paginas/default.aspx>>. Acesso em 19 set. 2016.

CALÇADA, Paulo de Azevedo Branco. **Estudo dos processos produtivos na construção civil objetivando ganhos de produtividade e qualidade**. Rio de Janeiro, 2014.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Déficit habitacional total, relativo e por componentes: Brasil, grandes regiões, uf e regiões metropolitanas**, 2012. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/deficit-habitacional/deficit-habitacional-no-brasil>>. Acesso em: 15 set. 2015.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. Gadioli Cipolla Comunicação. 1 ed. 300 p. Fortaleza, 2013.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. **Metodologia Científica**. 4. ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

CMMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro, RJ: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1988.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CNA). **Acompanhamento da safra brasileira**. Café, v. 3 – Safra 2016, n.2 - Segundo Levantamento, Brasília, p. 1-104, maio 2016. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_05\\_24\\_08\\_59\\_49\\_boletim\\_cafe\\_-\\_maio\\_2016.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_05_24_08_59_49_boletim_cafe_-_maio_2016.pdf)> Acesso em: 08 set. 2016.

COLOMBO, Ciliana Regina; BAZZO, Walter Antonio. Desperdício na construção civil e a questão habitacional: um enfoque CTS. **Roteiro** (Joaçaba), Joaçaba - SC, v. XXVI, n.46, p. 135-154, 2001.

CSI – THE CONSTRUCTION SPECIFICATIONS INSTITUTE. **MasterFormat - 2004** Edition Numbers & Titles. CSI – The Construction Specifications Institute, Canada, 2005.

DIAS, Felipe; MORGADO, Gisele; OSCAR, Pedro; Da SILVEIRA, Denis S.; ALENCAR, Antonio Juarez; LIMA, Priscila; SCHMITZ, Eber A. (2006). Uma Abordagem para a Transformação Automática do Modelo de Negócio em Modelo de Requisitos. In **WER** (pp. 51-60). LBD - Laboratório de Banco de Dados. Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2006.

DIAS, Gustavo Lacerda. **Estudo experimental de paredes estruturais de sistema leve em madeira (sistema plataforma) submetidas a força horizontal no seu plano**. 2005. 164 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

DO VALLE, Ivan M. R.; INO, Akemi; FOLZ, Rosana Rita; CALLIL, João. Pré-fabricação na construção em madeira. **REMADE, Revista da madeira**. Ed. nº 133. 2012.

ENDEAVOR BRAIL. Análise de mercado: 5 dicas para entregar o que seu cliente quer. **Endeavor Brasil**. Empreendedorismo, Artigos, 2015. Disponível em: <<https://endeavor.org.br/analise-de-mercado/>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

ENES, Marcos. **O que é Viabilidade?** – Parte 1. Projetos e TI. 11 de maio de 2015. Disponível em: <<http://projetoseti.com.br/o-que-e-viabilidade-parte-1/>>. Acesso em: 30 jul. 2016.

FERREIRA, Roberto G. **Engenharia econômica e avaliação de projetos de investimento: critérios de avaliação: financiamentos e benefícios fiscais: análise de sensibilidade e risco**. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

FERREIRA, Romário. **MCMV de Madeira**. Guia da construção. 146 v. Pelotas: setembro, 2013.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). **A produtividade da construção civil brasileira**. 1. ed. São Paulo: Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), 2012.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Centro de Estatística e Informação. **Déficit habitacional no Brasil 2013: resultados preliminares** / Fundação João Pinheiro. Centro de Estatística e Informação – Belo Horizonte, 2015. (Nota técnica, 1) 13 p.: il.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Centro de Estatística e Informação. **Déficit habitacional no Brasil 2011 – 2012: resultados preliminares** / Fundação João Pinheiro. Centro de Estatística e Informação – Belo Horizonte, 2014. (Nota técnica, 1) 19 p.: il.

GEHBAUER, Fritz; EGGENSPERGER, Marisa; ALBERTI, Mauro Edson; NEWTON, Sérgio Auriquio. **Planejamento e Gestão de Obras: Um resultado prático da cooperação técnica Brasil-Alemanha**. 2 ed. 520 p. Editora CEFET-PR. Curitiba, 2002.

GEHRING JUNIOR, Waldemar; MOLINA, Julio Cesar. **MADEIRA: material sustentável para a construção civil**. Informativo ARESPI (Associação Regional dos Engenheiros do Sudoeste Paulista de Itapeva). Ano 07, Ed. 23. Itapeva, Novembro de 2014. Disponível em: <<http://www.aresp.org.br/userfiles/file/informativos/23.pdf>>. Acesso em: 11 de fev. 2016.

GIDUR-VT (GERÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO DA CAIXA ECONÔMICA FEDERAL). **Cadernos CAIXA: Projeto padrão – casas populares** | 42m<sup>2</sup>. Caixa Econômica Federal. Vitória, 2007.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo, v. 5, p. 61, 2002.

GODOY, Arilda Schmidt. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 2, p. 57-63, São Paulo, 1995.

GUIDENR - LE GUIDE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES. **Les différents types de maisons à ossature bois**. GuidEnR, 2014. Disponível em: <<http://www.blog.guidenr.fr/differents-types-maisons-ossatures-bois.php>>. Acesso em: 11 jan. 2017.

HABITAFOR - FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO HABITACIONAL DE FORTALEZA. Cadastramento da Habitação Popular. **Prefeitura de Fortaleza**. Disponível em: <<http://cadastrohabitacional.fortaleza.ce.gov.br/>>. Acesso em: 28 jun. 2016.

HILGENBERG NETO, Miguel F. **Estudo de Viabilidade Técnico / Econômica da Casa de Madeira Popular no Estado do Paraná**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.

HOLBROOK, Morris B. **Consumer Value: a framework for analysis and research**. New York: Routledge, 1999. 205 p.

HOWLAND, Randy. **Anatomy of a Home: framing**. Inquiring Eye Home Inspections, 2011. Disponível em: <<http://www.inquiring-eye.com/anatomy/framing.htm>>. Acesso em: 15 nov. 2016

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Índices de Preços ao Consumidor - IPCA e INPC**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc\\_ipca/defaultseriesHist.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc_ipca/defaultseriesHist.shtm)>. Acesso em: 16 de junho de 2016.

INOVATIVA BRASIL - Módulo 7. **O mercado tem um tamanho significativo?** Produção: Endeavor Brasil. Apresentação: Thiago Alvarez. [S.l.]: Inovativa Brasil, 2013.

KADDO FILHO, Mário Kazumi; BILESKY, Luciano Rossi. Wood Frame: sistema de construção energitêmica sustentável. **Revista científica eletrônica de ciências aplicadas da FAIT**. Itapeva, 1. ed. Novembro, 2013. Disponível em: <[http://fait.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/Bu30bPTHUxN3tjP\\_2014-4-22-19-57-45.pdf](http://fait.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/Bu30bPTHUxN3tjP_2014-4-22-19-57-45.pdf)>. Acesso em: 13 nov. 2015.

KRÜGER, Eduardo L.; LAROCA, Christine. Avaliação de Desempenho Térmico de Protótipo de Baixo Custo em Madeira de Reflorestamento. In: **Revista Escola de Minas**, nº 4. Volume 62: Ouro Preto, Out/Dez 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0370-44672009000400006&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0370-44672009000400006&script=sci_arttext&tlng=pt)>. Acesso em 15 jan. 2016.

LARCHER, José Valter Monteiro. **Diretrizes Visando a Melhoria de Projetos e Soluções Construtivas na Expansão de Habitações de Interesse Social**. 2005. 188 p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Pós-Graduação em Construção Civil, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

LINNER, Thomas; BOCK, Thomas. **Evolution of large-scale industrialization and servisse innovation in japanese prefabrication industry**. Construction Innovation, v. 12, p. 156-178, 2012.

MATIAS-PEREIRA, José. **Manual de metodologia da pesquisa científica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

MELLO, César Winter de. **Avaliação de sistemas construtivos para Habitações de Interesse Social**. 2004. 171 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

MEMARI, Ali M.; HUELMAN, Patrick H.; IULO, Lisa D.; LAQUATRA; Joseph; MARTIN, Carlos; MCCOY, Andrew; NAHMENS, Isabelina; WILLIAMSON, Tom. Residential Building Construction: State-of-the-Art Review. **Journal of Architectural Engineering**, v. 20, n. 4, p. B4014005-1–B4014005-38, 2014.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. PBQP-H - Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat. **SINAT - Sistema Nacional de Avaliação Técnica**. Disponível em: <[http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos\\_sinat.php](http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php)>. Acesso em: 30 mar. 2017.

MOLINA, Julio Cesar; JUNIOR, Carlito Calil. Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 31, n. 2, p. 143, 2010.

MONICH, Carla Rabelo. **Avaliação ambiental de uma habitação de interesse social pré-fabricada em madeira no sistema wood frame no estado do Paraná**. 2012. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

MORGADO, Luís; GUEDES, Manuel Correia; FERREIRA, João Gomes; CRUZ, Helena. Classificação de sistemas de construção em madeira para habitação. In: **Congresso Nacional de Construção**, 4, 2012, Coimbra, Portugal. Anais... CONGRESSO CONSTRUÇÃO, 2012.

NAKAMURA, Juliana. **Tecnologia: Light wood frame**. *Téchne*, São Paulo, Ed. 148, jul. 2009. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/148/artigo286608-1.aspx>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

NAKAMURA, Juliana. **Tecnologia: Saiba que critérios técnicos adotar na hora de escolher um sistema construtivo inovador**. *Téchne*, São Paulo, Ed. 211, p. 20-25, out. 2014. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/211/artigo327637-1.aspx>>. Acesso em: 12 set. 2015.

OLÉ CASAS. **Sobre a Olé**. Histórico. Disponível em: <<http://www.olecasas.com.br/#!/about/cfvg>>. Acesso em: 15 set. 2015.

OLIVEIRA, José Alberto Nascimento de. **Engenharia econômica: uma abordagem às decisões de investimento**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982.

OSTERWALDER, Alexander; PIGNEUR, Yves. **Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers**. John Wiley & Sons. 281 p. New Jersey, 2010.

PARHIS - COORDENADORIA DE PARCELAMENTO DO SOLO E HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL. Guia para aprovação de projetos HIS. **Prefeitura de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/licenciamentos/servicos/index.php?p=154015>>. Acesso em: 26 mar. 2016.

PENAZZI, Maria E.; SOUZA, Alex S. C. de; SERRA, Sheyla M. B. Construções industrializadas para Habitações de Interesse Social: aspectos gerais. In: **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 15, 2014, Maceió. Anais... ENTAC, 2014. p. 2665.

PRAZERES, Rodrigo Máximo Lopes dos. **Análise da viabilidade econômico-financeira de um empreendimento de produção e venda de café no norte do Espírito Santo**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Fortaleza, 2016.

ROSSO, Teodoro. **Um imperativo inadiável: a industrialização da construção**. Acrópole. n.279, p.91-93;131-133. São Paulo, 1962.

ROSS, Stephen A.; WESTERFIELD, Randolph W.; JAFFE, Jeffrey; LAMB, Roberto. **Administração financeira**. Tradução: Scientific Linguagem Ltda. – Porto Alegre: AMGH Editora, 2015.

SALIM, Marcelo. Plano de Negócios x Modelo de Negócios. **Endeavor Brasil**. Empreendedorismo, Artigos, 2012. Disponível em: <<https://endeavor.org.br/plano-de-negocios-x-modelo-de-negocios/>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

SÁNCHEZ, José Enrique Peraza; MARTITEGUI, Francisco Arriaga. MARTITEGUI, Carmen Arriaga; ALVAREZ, Marco Antonio González; SÁNCHEZ, Fernando Peraza; NEVADO,

Miguel Angel Rodríguez. **Casas de madera: sistemas constructivos a base de madera aplicados a viviendas unifamiliares**. Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho. AITIM. 1995.

SANTOS, Altair. **A importância da racionalização construtiva**. Cimento Itambé, Massa Cinzenta. 2010. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/a-importancia-da-racionalizacao-construtiva/>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

SANTOS, Roberto Eustaáquio dos. **A armação do concreto no Brasil: história da difusão do sistema construtivo concreto armado e da construção de sua hegemonia**. 2008. 327 f. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós Graduação em Educação: “Conhecimento e Inclusão Social”, Faculdade de Educação da UFMG, Belo Horizonte, 2008.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Cadeia produtiva da construção civil: Cenários econômicos e estudos setoriais**. 1 ed. 42 p. SEBRAE, Recife, 2008.

SILVA, Anderson. **Comportamento diafragma de paredes de madeira no sistema leve plataforma**. 142 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004.

SILVA FILHO, Murillo Corrêa da; PIZZOLATO, Nelio Domingues. A viabilidade econômica de empreendimentos no setor da construção civil: estudo de caso dos revestimentos cerâmicos. **SISTEMAS & GESTÃO**, v. 6, n. 1, p. 20-41, janeiro-abril, 2011.

SOUZA, Rodrigo Vargas. **Aspectos ambientais e de custo de produção do sistema plataforma em madeira para Habitação de Interesse Social: estudo de caso em Florianópolis**. 2013. 191 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SZÜCS, Carlos Alberto; TEREZO, Rodrigo Figueiredo; DO VALLE, Ângela; MORAES, Poliana Dias de. **Estruturas de Madeira**. Material didático. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Civil. Florianópolis, 2006.



TETTI. Telhados e Sistemas Construtivos de Madeira Plantada. **Sustentabilidade**. 2015. Disponível em: < <http://www.tetti.com.br/sustentabilidade.html>>. Acesso em: 18 fev. 2016.

THE CANADIAN TIMBER COMPANY. **Why Panelized?** The Canadian Timber Company a Division of Modular Building Systems Inc. - Ontario, Canada. 2007. Disponível em: <[http://www.canadiantimber.ca/build\\_panelized.html](http://www.canadiantimber.ca/build_panelized.html)>. Acesso em: 09 jun. 2016.

TORRES, João Tiago Caridade. **Sistemas construtivos modernos em madeira**. 2010. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de especialização em construções civis, Universidade do Porto, Porto, 2010.

TREVISAN, Ricardo. **Estudo de viabilidade econômica de empreendimentos imobiliários**. 99 p. eBook Kindle. 2015

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – SUSTAINABLE BUILDINGS & CLIMATE INITIATIVE (UNEP – SBCI). **Buildings and Climate Change** - Industry Call to Action. Paris. 2009.

VILELA, Maria Isabel Marques. **A madeira na construção de habitação coletiva**. 2013. 194 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura), Universidade Lusófona do Porto, Porto, 2013.

VILELA, Rafael. **Análise da viabilidade econômico-financeira de projetos**. 2016. Apresentação em Power Point. Curso Análise De Viabilidade Econômico Financeira de Projetos. IEL. Fortaleza, 2016.

VILLELA, Fábio Fernandes. **Indústria da Construção Civil e reestruturação produtiva: novas tecnologias e modos de socialização construindo as Cidades contemporâneas**. Ed. 1. 445 p. Campinas: Livrus, 2012.

VRIJHOEF, R.; KOSKELA, L. Revisiting the three peculiarities of production in construction.  
In: **CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION**, 13, Sydney, Austrália, 2005. Conference Paper... IGLC, 2005.  
Disponível em <<http://www.iglc.net/Papers/Details/345>>. Acesso em: 05 jan. 2017.

## APÊNDICE A – RELATÓRIO DE VISITAS TÉCNICAS NACIONAIS

Aqui estão apresentados os relatórios completos de cada uma das visitas técnicas nacionais realizadas para a elaboração do presente trabalho. Os relatórios estão dispostos na seguinte ordem:

- Fábrica de beneficiamento da madeira: Sguario
- Empresa de tratamento de peças de madeira: Fuste
- Fábrica de painéis em *wood frame*: Tetti
- Escritório e fábrica de painéis em wood frame: Tecverde
- Casas em execução em Itapeva (SP)
- Edifício de 3 pavimentos em Araucária (PR)
- Casas em uso em Curitiba (PR)

### 1. FÁBRICA DE BENEFICIAMENTO DA MADEIRA: SGUARIO

Para se executar uma edificação com o sistema *wood frame* é necessário que as peças de madeira da sua estrutura estejam com as dimensões adequadas e padronizadas. Para isso, empresas madeireiras fazem o corte das árvores que serão beneficiadas, isto é, tratadas para tirar o melhor proveito daquela matéria prima. Na empresa visitada, a Sguario, as madeiras são trazidas em caminhões específicos de transporte de troncos e dispostas em uma grande área aberta da empresa, como mostra Figura 25.

Figura 25 – Troncos de madeira dispostos para beneficiamento



Em seguida, a madeira é transportada com o auxílio de uma pá carregadeira para uma esteira que leva cada tronco à uma máquina capaz de classificá-los em categorias distintas de acordo com o tamanho de sua seção transversal. A Figura 26 mostra a disposição do material após essa classificação.

Figura 26 – Troncos separados de acordo com sua classificação de tamanho



Com isso, já é possível submeter o material ao processo de beneficiamento com a retirada das camadas da madeira que não interessam para a elaboração de peças estruturais. O beneficiamento se inicia com a demanda requisitada pelos clientes, com o controle de responsabilidade do setor administrativo da empresa. Em outras palavras, a escolha de qual tipo de tronco irá ser cortado e em quais dimensões, é feita de acordo com os pedidos recebidos pela Sguario.

Por se tratar de uma empresa com processos bastante mecanizados e tecnológicos, todo o processo de beneficiamento é realizado por máquinas que otimizam a utilização do material, gerando o mínimo de resíduos e aproveitando melhor todo o potencial de cada peça. A Figura 27 mostra um tronco de madeira sendo medido a laser para otimizar o corte, a ser feito, assim, com maior precisão.

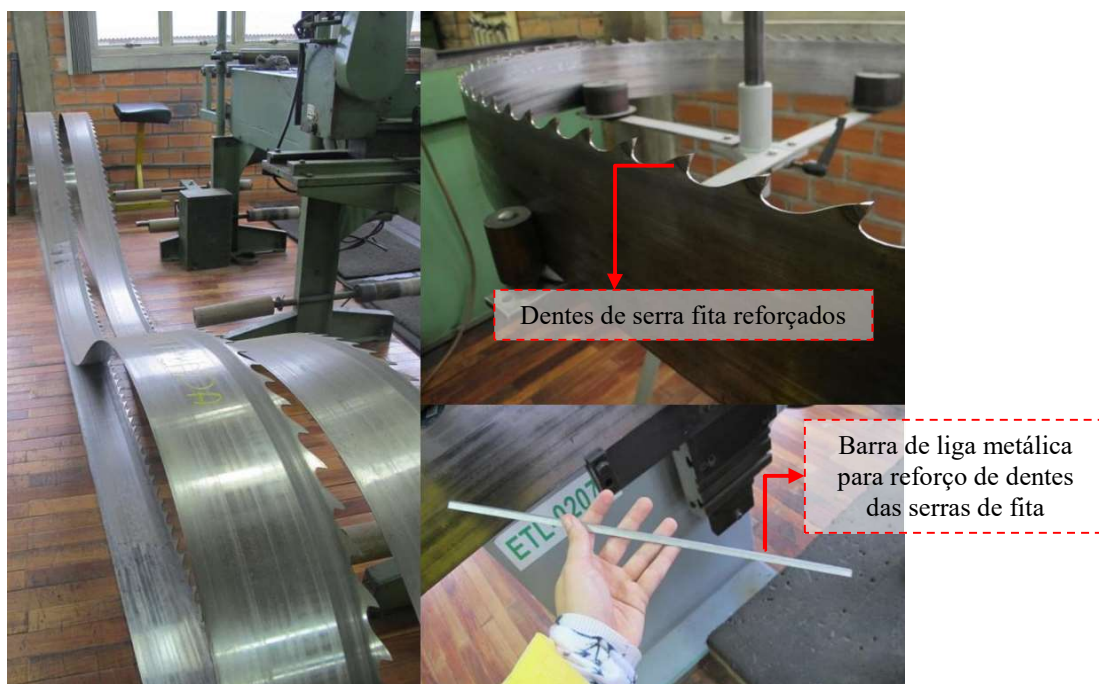
Figura 27 – Tronco de madeira sendo medido a laser para otimizar corte



O controle do laser de medição é feito por meio de *joysticks*, que permitem ao operador da máquina selecionar o ponto do corte. Foi possível observar que essa tecnologia auxiliou em um aumento da produtividade, onde as peças entram e saem a uma velocidade constante, só sendo interrompida a produção em casos de problemas extremos. É possível perceber o nível de automação da empresa visitada, deixando claro que se trata de uma exceção diante de grande parte das demais madeireiras brasileiras, onde muitas delas ainda possuem processos mais artesanais.

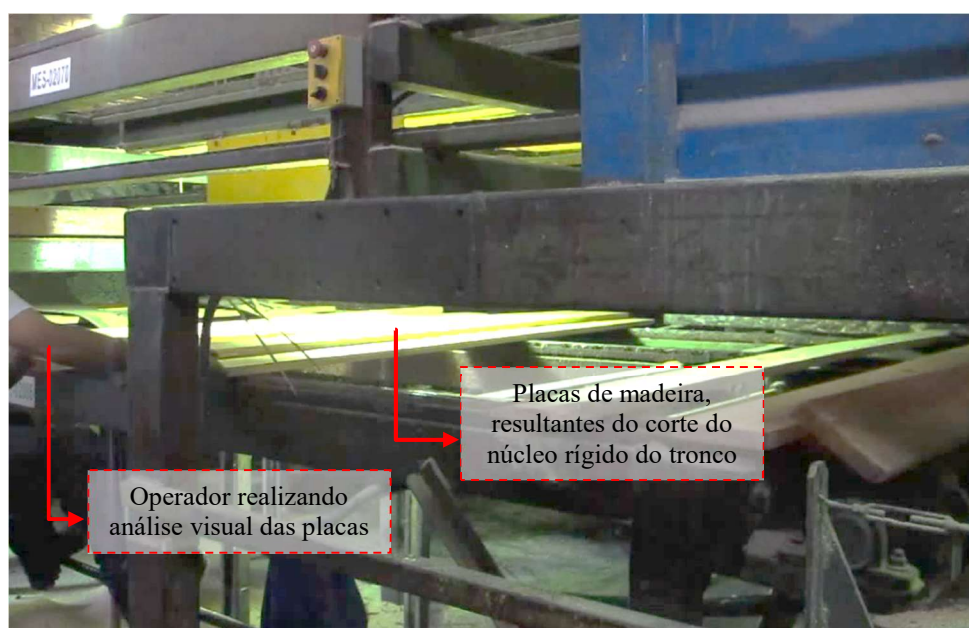
O corte das peças na empresa em questão é realizado em grande parte por serras de fita, de dimensões adequadas às máquinas utilizadas, cuja denteção é reforçada com uma liga metálica específica que aumenta a precisão e a qualidade do corte, como mostra a Figura 28.

Figura 28 – Serra de fita utilizada para o corte da madeira.



Após a retirada das camadas da madeira que não interessam para a elaboração de peças estruturais, o núcleo que restou passa por um segundo processo de corte, onde são obtidas as peças nas dimensões desejadas. A Figura 29 mostra o resultado desse segundo corte, observado no dia da visita técnica sob a forma de placas de madeira.

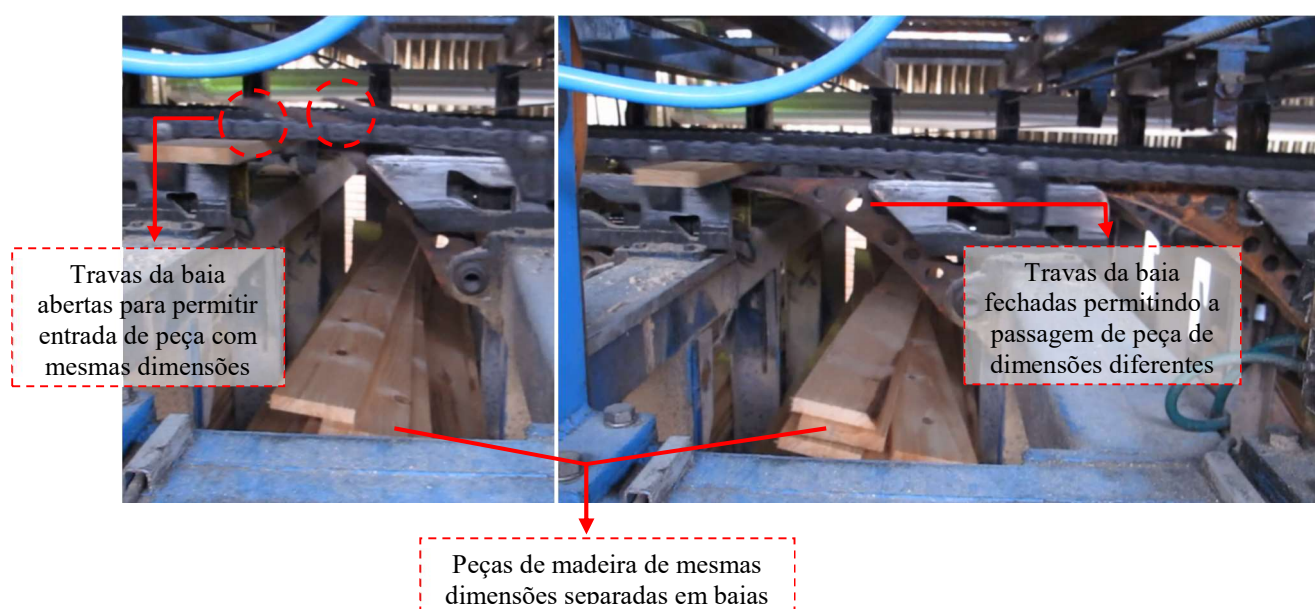
Figura 29 – Placas de madeira, resultado de segundo corte, sendo analisadas



É possível observar na imagem que há um operador realizando uma verificação visual nas peças, o que nos permite afirmar que por mais que a empresa possua grande tecnologia aplicada em seus processos, a qualidade ainda é obtida com a interferência humana, confirmando a importância da sintonia e da entre a tecnologia e o homem, e mostrando que a utilização de um não exclui a do outro.

Passada a análise visual das peças, estas seguem para o setor de embalagem, passando por uma esteira que realiza uma separação de acordo com o tamanho final das peças, como mostra a Figura 30.

Figura 30 – Peças de madeira separadas mecanicamente



Para elaboração dos lotes, as peças de mesmas dimensões são colocadas em uma esteira que as leva para o local do empilhamento, como representado na Figura 31. Estas são então empilhadas para elaboração do lote, representado na Figura 32.

Figura 31 – Peças de madeira sendo empilhadas



Figura 32 – Lotes de peças de madeira



Cada peça de madeira ao final dessa linha de processos possui uma quantidade de umidade que pode ser prejudicial em qualquer trabalho a ser realizado com elas. Assim, o próximo passo é a realização da secagem dessa madeira, feita, na empresa visitada, em grandes câmaras de secagem, controladas por sensores e computadores, como na Figura 33.



Figura 33 – Câmara de secagem de peças de madeira



É importante destacar que na atividade produtiva da Sguario, com o corte dos troncos de madeira e elaboração de peças de dimensões padrões, é gerada uma quantidade significativa de resíduo. Porém, na empresa visitada, todos os resíduos recebem uma destinação de forma a serem aproveitados da melhor maneira. Assim, os resíduos de madeira são aproveitados em várias peças de caráter não estrutural, como molduras, barrotes colados, tábuas coladas, dentre outros, além de poderem ser transformados em raspas, tanto para o uso com esta forma como para a elaboração de placas (tapumes).

Por fim, os resíduos que não podem ser aproveitados de alguma maneira em algum tipo de peça, são usados como biomassa, isto é, a matéria orgânica, em forma de resíduos de madeira, é transformada em energia. Hoje, a Sguario produz toda a energia que ela consome pela geração de biomassa, contribuindo com a diminuição dos impactos ambientais.

A Figura 34 mostra alguns dos tipos de aproveitamento dos resíduos de madeira gerados na empresa Sguario.

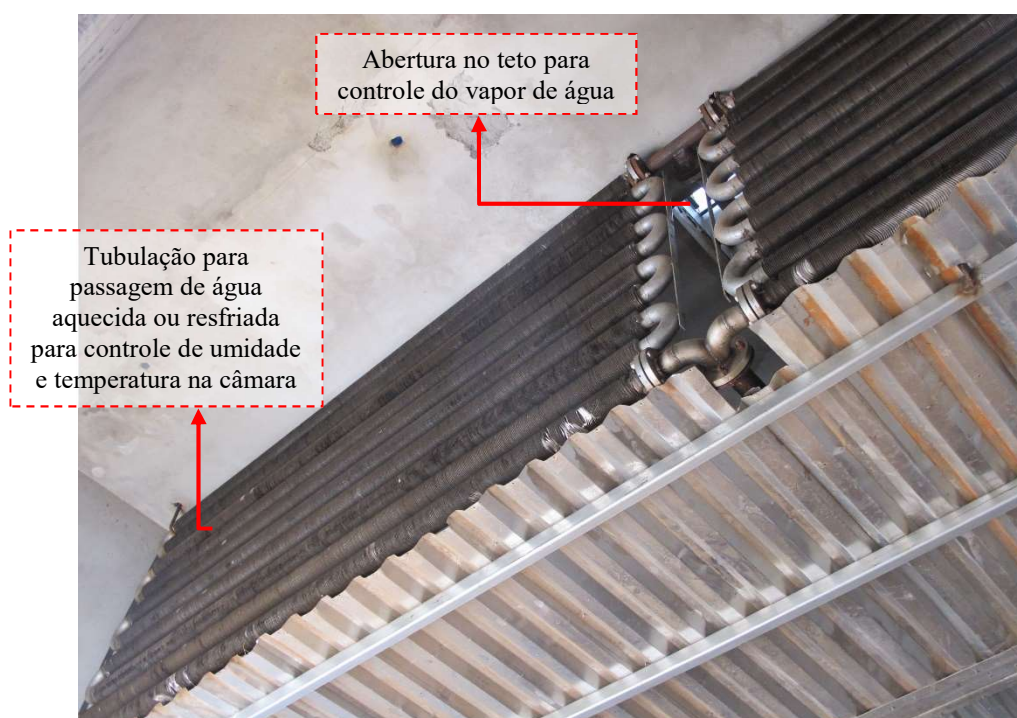
Figura 34 – Tipos de aproveitamento de resíduos de madeira



## 2. EMPRESA DE TRATAMENTO DE PEÇAS DE MADEIRA: FUSTE

Para a utilização de peças de madeira como elemento estrutural em edificações, como no sistema *wood frame*, é necessário que estas sejam tratadas e protegidas contra agentes biológicos que possam comprometer a segurança estrutural das moradias. Para isso, existem empresas como a Fuste, empresa que possibilitou a visita técnica, que atuam no mercado com tecnologia aplicada a madeira. Duas das atividades realizadas na Fuste foram estudadas em campo na empresa, pela afinidade com os objetivos do trabalho em questão, e serão descritas neste item: a secagem da madeira e a proteção contra agentes biológicos, sendo a primeira um pré-requisito para a segunda. As peças de madeira que chegam na Fuste para serem tratadas possuem uma elevada umidade relativa, características dos tipos de madeira com que a empresa trabalha: Pinus e Eucalipto. Assim, para que o tratamento das peças seja efetivo e eficaz, faz-se necessário um processo de secagem destas, até se obter uma umidade relativa de aproximadamente 12%. A câmara de secagem utilizada na Fuste é similar a apresentada no item anterior, na Figura 33, da empresa Sguario, possuindo como diferenças as dimensões da câmara, que são menores do que a anterior, e o posicionamento dos elementos, como tubulações, janelas e sensores. A Figura 35 mostra a tubulação da câmara de secagem da Fuste, responsável pelo controle da temperatura e umidade.

Figura 35 – Câmara de secagem de peças de madeira da empresa Fuste



O processo de secagem das peças de madeira ocorre da seguinte forma:

**Passo 1:** As peças são empilhadas e colocadas de forma que haja o mínimo de contato entre elas, como na Figura 36;

Figura 36 – Peças de madeira empilhadas, prontas para processo de secagem



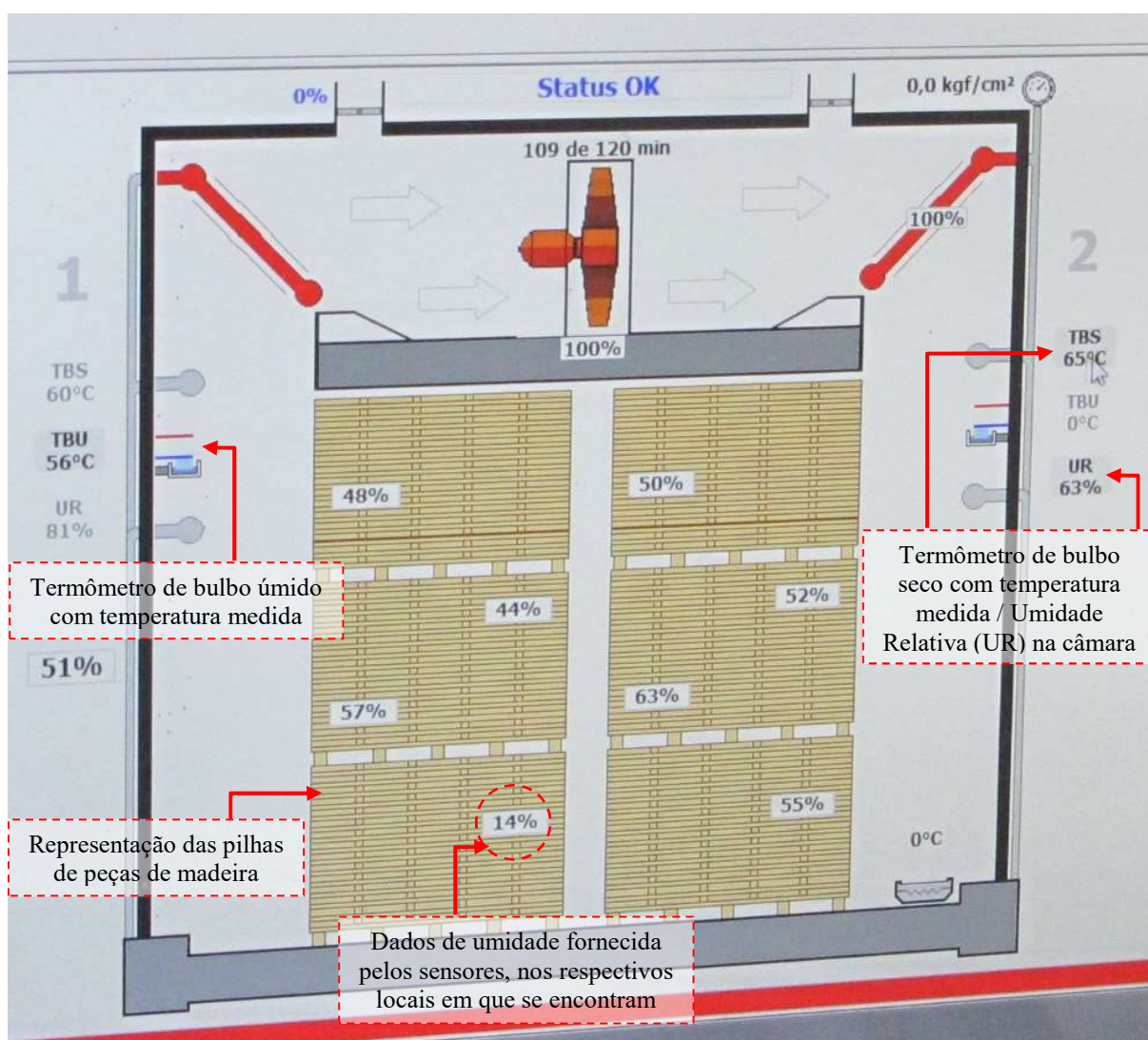
**Passo 2:** Estas pilhas são alocadas dentro das câmaras de secagem, em locais pré-definidos de acordo com o processo de funcionamento e eficiência da câmara;

**Passo 3:** São verificados todos os componentes necessários para o bom funcionamento da câmara de secagem. Dentre eles:

- Tubulações para passagem de água aquecida ou resfriada para controle de umidade e temperatura na câmara;
- Termômetros de bulbo seco e bulbo úmido, alocados em locais estratégicos, para medições de temperatura e umidade;
- Aberturas para controle de vapor;
- Sensores para medir resposta da madeira ao processo de secagem.

**Passo 4:** São instalados, em pontos estratégicos de algumas peças, sensores capazes de identificar a umidade e a temperatura, que auxiliarão no controle dos equipamentos da câmara. O funcionamento desses sensores está atrelado à um software, que também controla a tubulação que permite o funcionamento da câmara. A Figura 37 mostra a interface principal do software;

Figura 37 – Interface de software para controle de câmara de secagem da madeira



**Passo 5:** Determinar os parâmetros de entrada do software de acordo com os valores de umidade da madeira que se deseja obter. Esses parâmetros são:

- Início da secagem
- Final previsto
- Duração
- Temperatura de bulbo seco (TBS)
- Temperatura de bulbo úmido (TBU)
- Umidade relativa (UR)
- Umidade da madeira em cada etapa da secagem

Geralmente, o período de secagem dura em torno de 10 dias. Nesse período a secagem deve ocorrer de forma lenta, gradual e controlada para evitar possíveis defeitos de

secagem, como trincas, torções, encurvamentos, encanoamentos e arqueamentos. A Figura 38 mostra um exemplo de dados de entrada visto no dia da visita técnica à empresa.

Figura 38 – Dados de entrada de software de secagem de madeira

	Desejado	Real
TBS (°C)	67	65
TBU (°C)	48	56
UR (%)	0	63
DF1	0	0
Banho	NÃO	
Tpo (h:min)	00:00	14:11
E / OU	OU	
Umid. (%)	50	51
DF2	0	0

**Passo 6:** Controlar dos parâmetros. Apesar do trabalho de secagem ser todo automatizado, é necessário que haja controle dos parâmetros para não ocorrer falhas no sistema, prejudicando o processo e, possivelmente, a madeira em secagem.

De forma resumida, o processo de secagem, anterior ao processo de proteção das peças de madeira, é necessário para que a água que existe no interior da madeira seja retirada para dar espaço ao componente químico com função inseticida e fungicida. Assim, o tratamento é realizado tanto nas faces das peças como também internamente, diminuindo as possibilidades de ataques biológicos.

O tratamento e proteção da madeira no Brasil pode ser feita com vários produtos químicos, legalizados pelos órgãos fiscalizadores da união, como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Dentre eles:

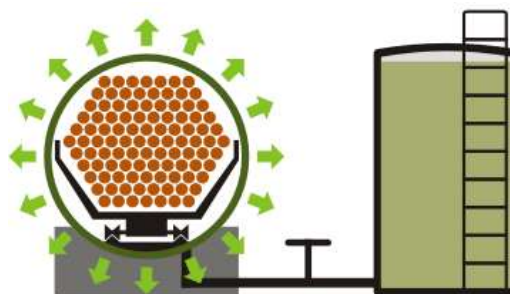
- CCA - Arseniato de Cobre Cromatado, conhecido por Celcure (Copper chrome arsenate)
- CCB - Borato de Cobre Cromatado (Copper Chrome Boron)
- CA-B - Copper Azoles – B

Na empresa visitada, assim como na maioria das empresas que realizam esse tipo de trabalho, o CCB é utilizado para realizar a proteção da madeira. Para isso, segue-se a sequência executiva apresentada na Figura 39.

Figura 39 – Sequência do processo de proteção de peças de madeira



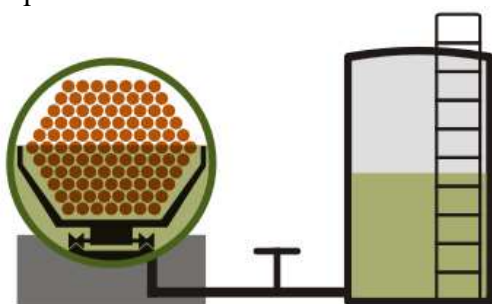
Fonte: A autora (2016).



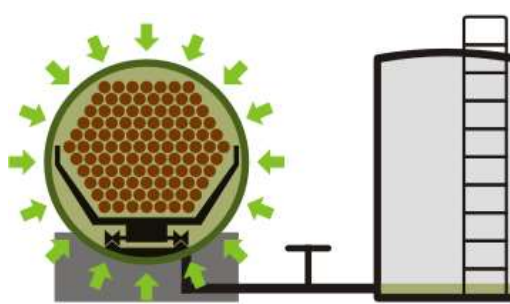
Fonte: <http://www.terrasol.com.br/usinadetratamento>

**1. Preparação:** as peças de madeira, secas e beneficiadas, são colocadas em um cilindro de tratamento, ou autoclave. A autoclave é então fechada, impedindo a entrada ou saída de líquidos ou ar

**2. Vácuo:** é iniciada a operação de vácuo, onde é colocada uma pressão para que seja retirada a maior parte do ar existente nas células internas da madeira



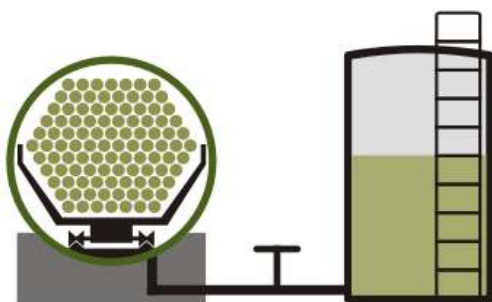
Fonte: <http://www.terrasol.com.br/usinadetratamento>



Fonte: <http://www.terrasol.com.br/usinadetratamento>

**4. Imersão:** a solução química CCB (ou outra) é então inserida na autoclave, ainda sob vácuo, imergindo a madeira no produto

**5. Pressão:** o produto é então aplicado, sob alta pressão, de forma completa e uniforme, até a saturação da madeira



Fonte: <http://www.terrasol.com.br/usinadetratamento>



Fonte: A autora (2016).

**6. Extração:** a pressão é então aliviada e o líquido (CCB) excedente é transferido de volta para o tanque

**7. Finalização:** o processo é finalizado retirando-se a madeira do tanque e colocando-a para secagem ao ar

Fonte: Elaborado pela autora (2016)

### 3. FÁBRICA DE PAINÉIS EM WOOD FRAME: TETTI

Com a madeira beneficiada e submetida ao tratamento cupinicida e inseticida, é possível iniciar o processo executivo da estrutura das edificações em *wood frame*. As empresas visitadas na pesquisa de campo incorporaram em seus processos construtivos etapas mais industrializadas, de forma que a maior parte da execução da edificação aconteça em fábrica, deixando para o local da construção somente a montagem e acabamentos finais. Assim, a tecnologia utilizada é a da painelização, isto é, fabricação de painéis no sistema *wood frame*, os quais são unidos *in loco* para dar forma a casas ou edifícios.

A Tetti, empresa de telhados e sistemas construtivos em madeira plantada, utiliza o sistema de painelização para a construção de casas térreas. Foi possível acompanhar 3 dias de trabalho em fábrica e observar o processo executivo utilizado por eles, o qual será apresentado nos itens que seguem.

#### 3.1. Infraestrutura fabril

O espaço utilizado é um galpão de tamanho médio, aproximadamente 1.000 m<sup>2</sup>, como mostrado na Figura 40.

Figura 40 – Fábrica de painéis da Tetti



Os equipamentos utilizados na fábrica são: 1 Empilhadeira elétrica, 1 Esquadrejadeira profissional, 1 Pórtico rolante elétrico móvel, 1 Pórtico rolante manual fixo, 2 Mesas de montagem de painéis. A Figura 41 mostra cada um desses equipamentos.



Figura 41 – Equipamentos utilizados na fábrica da empresa Tetti



Esquadrejadeira profissional



Pórtico rolante elétrico móvel

Pórtico rolante manual fixo  
(Centralizado com as mesas de montagem)

Mesa de montagem de painéis



Empilhadeira elétrica

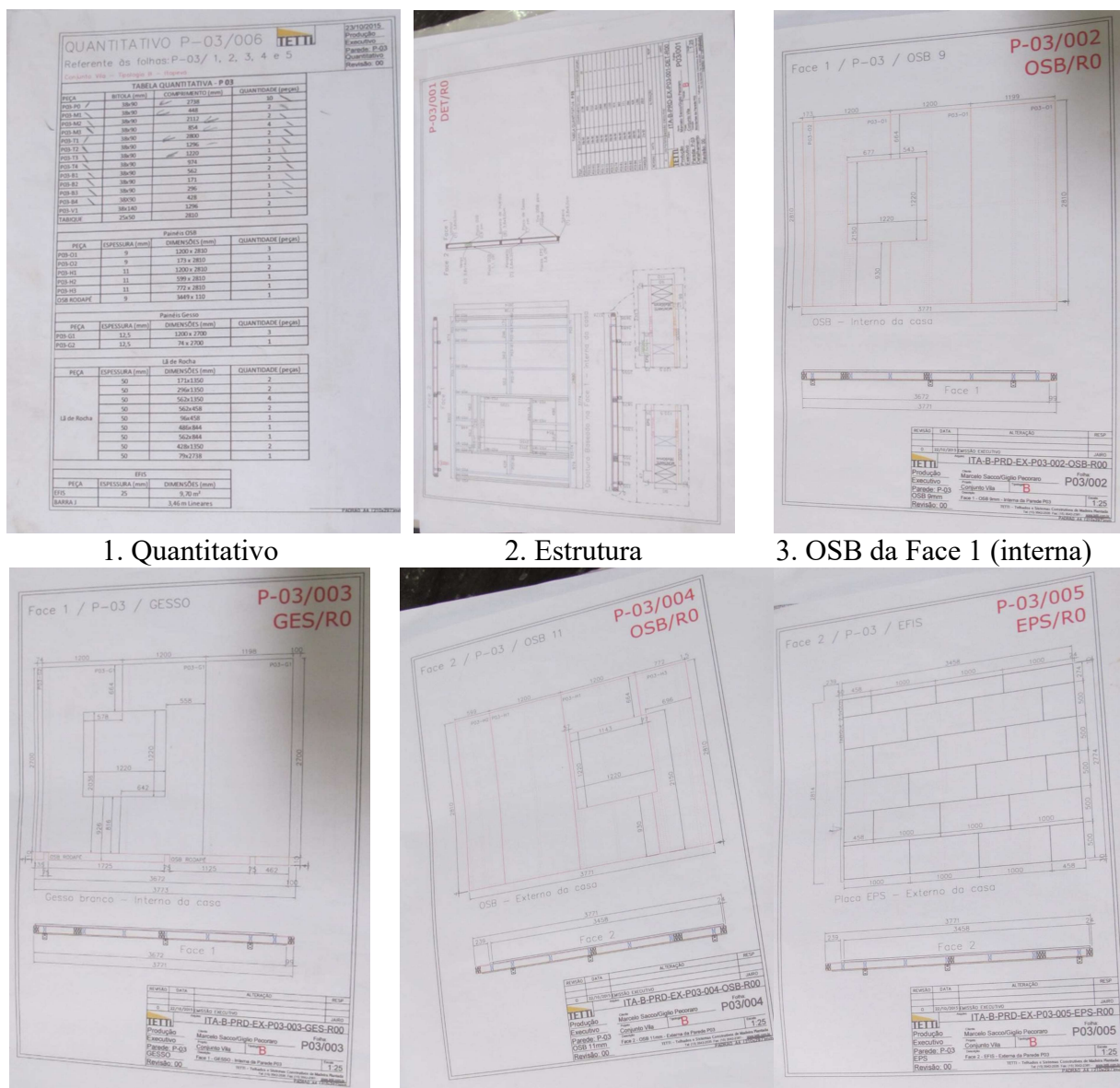
É importante destacar a simplicidade da infraestrutura utilizada na fábrica da empresa visitada, mostrando que é possível produzir com qualidade, alta produtividade e menos desperdícios, industrializando as atividades produtivas, com uma estrutura básica bastante simples. Diante da demanda de cada empresa e dos seus objetivos profissionais, é possível

utilizar uma infraestrutura mais tecnológica, como poderá ser visto em itens posteriores, porém, a industrialização da construção por meio do sistema *wood frame* não depende disso.

### 3.2. Projetos

A primeira etapa na execução dos painéis pré-fabricados em *wood frame* é a leitura dos projetos. A Figura 42 mostra um exemplo de projetos de um painel fabricado na Tetti.

Figura 42 – Exemplo de projetos de um painel em *wood frame*



Pela Figura 42, cada painel deve possuir pelo menos 6 folhas de projetos executivos:

1. O quantitativo como folha principal, mostrando a quantidade de material a ser utilizado em cada painel, desde a estrutura até o acabamento.
2. O projeto da estrutura, que deve ter indicações dos posicionamentos das peças de madeira, das suas dimensões, das vistas (frontal, superior e inferior), sempre guiado pela nomenclatura de cada face, sendo a Face 1 a interna à edificação e a Face 2 a externa à edificação.
3. Sendo a Face 1 a primeira a ser trabalhada, o próximo projeto é o do travamento pelas placas de OSB (Oriented Strand Board) nesta face.
4. Em seguida, o acabamento interno deve ser indicado em projeto. No caso em questão, utilizou-se placas de gesso, parafusadas ao OSB, solução mais utilizada para o sistema.
5. Terminada a Face 1, o posicionamento das placas de OSB na Face 2 deve ser indicado em projeto.
6. Por fim, o acabamento da Face 2 é apresentado. Neste caso, a solução escolhida foi um tipo conhecido como EIFS (Exterior Insulation and Finish System), o qual utiliza placas de EPS (Poliestireno Expandido) como isolamento e acabamento. É possível também utilizar placas cimentícias na face externa.

### 3.3. Processo construtivo dos painéis

Após a leitura e entendimento dos projetos, parte-se para a execução dos painéis.

**Passo 1:** Na mesa de montagem são colocadas as peças da estrutura, como indicado em projeto, mostrado na Figura 43

Figura 43 – Disposição das peças da estrutura na mesa de montagem



É possível perceber que existem partes da estrutura com dimensões maiores do que o tamanho padrão executado na fornecedora dos elementos estruturais, igual a 12 metros. Assim, a união das peças para obter o tamanho desejado é feita por meio de um material chamado chapa prego (ou conector anti-racha). A chapa prego é fixada na junção de duas peças, em dois lados opostos, dando segurança à estrutura e evitando patologias como as rachaduras.

**Passo 2:** Com as peças dispostas, faz-se a fixação dessas com pregos galvanizados, como mostra a Figura 44. O processo de galvanização dos pregos e parafusos utilizados é de extrema importância para protegê-los contra a corrosão, evitando a possibilidade de problemas estruturais futuros ocasionados pelo desgaste das peças de ligação.

Figura 44 – Junção das peças com pregos galvanizados



**Passo 3:** Com a estrutura montada, é necessário colocá-la em esquadro, isto é, nivelar as peças horizontais e verticais a 90°, para então travá-la pela fixação das placas de OSB. Para isso:

1. Primeiramente a estrutura é presa à mesa de montagem, que possui pontos de pressão pneumáticos (Figura 45);
2. Em seguida as duas diagonais do painel são medidas (Figura 46);
3. Espera-se que as diagonais possuam a mesma dimensão, ajustadas com pequenas batidas com o martelo em casos de divergência de dimensão, o que garante o esquadro do painel;

4. Com a estrutura em esquadro, as placas de OSB podem ser fixadas a ela com pregos galvanizados, separadas por uma junta de no mínimo 1 mm e no máximo 3 mm de distância (Figura 47).

Figura 45 – Estrutura de painel de *wood frame* comprimido em mesa de montagem

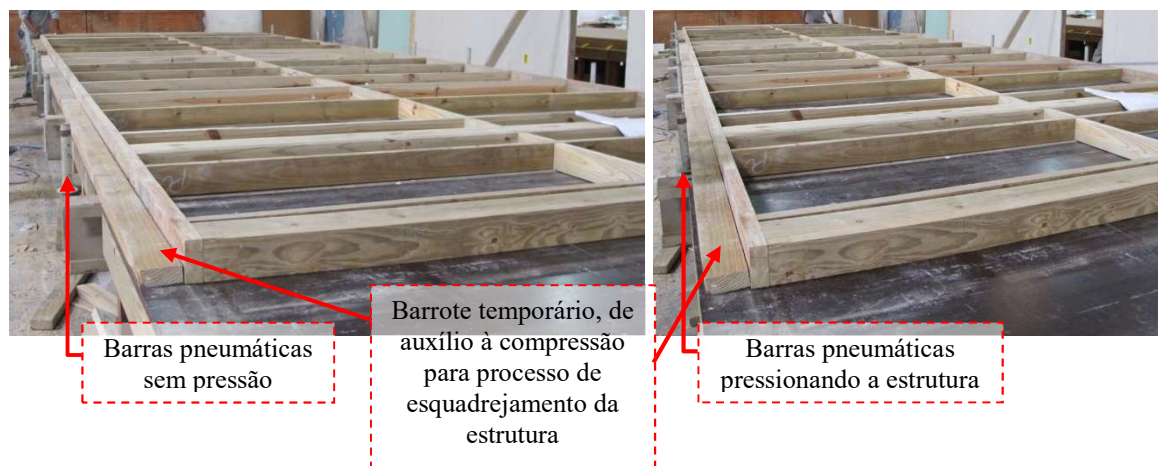


Figura 46 – Medição de diagonais de estrutura comprimida



Figura 47 – Placas de OSB na estrutura em esquadro



**Passo 4:** Na visita em questão, o passo seguinte foi a execução do acabamento para a face onde as placas de OSB foram fixadas, porém, fica a critério da empresa se parte do acabamento será ou não colocado em fábrica. A primeira face executada é, salvo disposição em contrário, a Face 1, relativa a que irá ficar interna à edificação. Para as faces internas, a Tetti utiliza o acabamento em placas de gesso, com juntas de 1 a 3 mm, fixadas ao painel por parafusos, como mostra a Figura 48.

Figura 48 – Fixação de placas de gesso no painel



**Passo 5:** Com uma face finalizada, é necessário virar o painel para que o outro lado seja executado. Para isso, há duas maneiras: com o painel em pé ou deitado. É utilizado então o pórtico rolante para movimentar o painel, como na Figura 49, deixando-o na posição desejada, em pé ou deitado, como na Figura 50. Antes de fechar a outra face com as placas de OSB deve-se trabalhar a parte interna dos painéis, onde fica o isolamento térmico e acústico e todas as instalações elétricas (e hidráulicas no caso dos banheiros e cozinha). Para o isolamento, a Tetti utiliza a lã de rocha, porém é possível utilizar a lã de vidro ou a lã de pet, todas com eficiência e segurança comprovadas. A

Figura 51 mostra a região interna de painéis em *wood frame*.

Figura 49 – Movimentação dos painéis em *wood frame*



Figura 50 – Execução de segunda face com painel em pé ou deitado



Figura 51 – Região interna finalizada de painéis em *wood frame*



**Passo 6:** A Face 2 é então fechada com placas de OSB, assim como feito na Face 1, protegendo as fiações e a lã de rocha, e finalizando a estrutura do painel.

**Passo 7:** O último passo é o acabamento da Face 2, realizado ou não em fábrica, assim como na Face 1, dependendo dos objetivos da empresa. O acabamento externo realizado pela Tetti, executado em sua maior parte na fábrica, é do tipo EIFS, cujas etapas de aplicação são demonstradas na Figura 52.

Figura 52 – Acabamento da face externa do painel de *wood frame*



1. Na placa de OSB aplica-se uma membrana fluida hidrófuga permeável ao vapor, denominada gold coat



2. Na base do painel, coloca-se uma malha de fibra de vidro para auxiliar sua união com a fundação em radier. Por cima da malha, tem-se um material plástico, em forma de J, para impedir o deslizamento as placas de EPS



3. As placas de EPS são unidas ao painel por meio de um produto denominado Base Coat, um adesivo e revestimento de base cimentícia



4. Em cima das placas de EPS e com auxílio do Base Coat, coloca-se uma malha de fibra de vidro mais reforçada, denominada armadura, somente na parte inferior do painel, onde há maior probabilidade de impactos



5. As aberturas (portas e janelas) também devem ser reforçadas com a malha simples de fibra de vidro



6. Por fim, uma camada de malha de fibra de vidro deve ser aplicada por toda a face do painel, de forma a reforçá-lo por inteiro

O aspecto final do painel é apresentado na Figura 53.



Figura 53 – Aspecto final do painel de *wood frame* com acabamento externo em EIFS



É possível perceber que o aspecto final do painel é bastante similar, ou até mesmo idêntico, a uma parede em alvenaria com reboco. Qualquer tipo de acabamento é possível de ser aplicado ao painel, desde pinturas até placas cerâmicas.

### 3.4. Transporte

Com os painéis prontos para montagem da edificação, é necessário realizar o transporte destes até o local da construção. Observou-se na visita técnica que foi possível transportar até 3 casas em um caminhão convencional, como mostrado na Figura 54, tendo sido transportado separadamente 2 dos 3 banheiros, executados não de forma painelizada, mas sim em módulos tridimensionais (Figura 55).

Figura 54 – Transporte dos painéis em caminhão

Figura 55 – Banheiros prontos em módulos tridimensionais no sistema *wood frame*

#### 4. ESCRITÓRIO E FÁBRICA DE PAINÉIS EM WOOD FRAME: TECVERDE

Outra empresa de destaque no setor brasileiro da construção civil com a proposta de construir de forma mais industrializada por meio do sistema *wood frame* painelizado é a empresa Tecverde. A Tecverde é atualmente referência no setor, sendo responsável pela construção das primeiras casas para Habitação de Interesse Social em *wood frame* financiadas pela CEF.

A própria história da empresa reflete o sucesso do sistema construtivo. Criada em 2009, a Tecverde só vem crescendo, aumentando suas instalações e quadro de funcionários devido ao aumento da demanda do mercado consumidor, tendo hoje “a maior fábrica industrializada de casas em *wood frame* na América Latina” (TECVERDE, 2016).

Porém, o sucesso observado hoje na empresa foi conquistado de forma árdua, onde a principal dificuldade, alegada pelos precursores, está atrelada ao preconceito ligado ao sistema, onde a ideia que somente construções em alvenaria e concreto possuíam bom desempenho e segurança precisou ser desmistificada. Tal dificuldade foi vencida na prática, onde as primeiras construções já chamaram atenção pela rapidez na execução, apresentando qualidade e segurança.

Hoje o portfólio da empresa é grande, dentre as diversas tipologias construtivas, e foi possível observar um pouco de suas atividades em uma visita técnica, a qual será descrita nos itens que seguem.

##### 4.1. Infraestrutura administrativa

O escritório da empresa Tecverde, localizado em Curitiba, foi construído com o sistema *wood frame*, onde é possível observar, logo no primeiro contato, que sua aparência em nada difere de uma construção no sistema convencional, em alvenaria e concreto. Uma das vantagens observadas é que os funcionários, clientes e interessados podem, assim, comprovar a eficiência do sistema pela própria experimentação. No escritório estão alocados os funcionários dos setores mais administrativo, como de planejamento, de projeto e de inovação. Tem-se na Figura 56 a imagem da fachada do escritório da Tecverde.

Figura 56 – Escritório da empresa Tecverde



Fonte: <http://www.tecverde.com.br/>

#### 4.2. Infraestrutura fabril

A empresa Tecverde possui, além do escritório, uma fábrica para a produção de painéis em *wood frame*, onde foi permitida a realização de uma visita técnica. A Figura 57 mostra o galpão utilizado para a produção dos painéis da empresa Tecverde.

Figura 57 – Fábrica de painéis em *wood frame* da Tecverde

Fonte: A autora (2016).

O nível tecnológico da empresa se destaca, sendo possível perceber uma linha de montagem bem estruturada auxiliada por computadores, equipamentos de alta tecnologia, e o indispensável esforço humano, composto por funcionários bem treinados. Os equipamentos utilizados vão além dos pórticos rolantes vistos na empresa anterior. São utilizadas máquinas alemãs, as mesmas utilizadas em muitas fábricas de *wood frame* na Alemanha, que realizam praticamente todo o trabalho de corte e fixação das peças para formação do painel.

É possível observar também a organização da fábrica, setorizada com indicação escrita de todas as seções, materiais e equipamentos. Essa é uma postura que majora o potencial do caráter industrializado e traz diversos benefícios, comprovados por estudos que fazem a ligação entre estes e a melhorias na logística interna de fábricas.

A grande desvantagem observada no uso da tecnologia é a dependência desta para o funcionamento da linha de montagem dentro do escopo planejado. Assim, quando alguma máquina apresenta algum defeito, toda a linha fica prejudicada, devendo-se recorrer à técnicos especializados naquele tipo de tecnologia, o que pode demandar algum tempo. Porém, caso isso ocorra, o corte e fixação manuais podem ser utilizados para não parar a produção, já que os funcionários já estão treinados e experientes.

### 4.3. Processo de fabricação dos painéis

O processo de fabricação dos painéis, dentro da estrutura vista no item anterior, não difere de forma significativa do processo visto na empresa Tetti. O processo construtivo da empresa Tecverde é composto por:

- **Elaboração dos projetos:** para a etapa de projeto, a empresa utiliza o conceito de Engenharia integrada, isto é, os projetos são integrados, facilitando o entendimento e comunicação entre as partes envolvidas, diminuindo a necessidade de retrabalho pela redução das incompatibilidades de projeto. Nesta etapa também são utilizadas inovações na área de projeto, como o BIM (Building Information Model);
- **Sistema Tecverde de qualidade:** uma das maiores diferenças entre a Tecverde e a maior parte das empresas de construção, seja com o sistema *wood frame* ou não, é sua preocupação com a qualidade. Somente o fato de 70% das suas etapas construtivas estarem alocados em ambiente fabril já aumenta a qualidade e eficiência dos produtos e processos. Além disso “os materiais aplicados nos

painéis Tecverde passam por controle de qualidade em todo o processo produtivo e inspeção final no canteiro de obras” (TECVERDE, 2016).

- **Incorporação de menores desperdícios e menores impactos ambientais:** dentre as várias vantagens trazidas pelo uso de processos mais industrializados na construção civil, tem-se a redução na geração de resíduos, indicada pela Tecverde como 85% de redução, além da diminuição em 90% no uso de recursos hídricos. Essa redução de desperdícios de recursos ocasiona uma aceleração de até 3 vezes no processo construtivo, em comparação com o processo convencional. Além disso, o uso da madeira plantada como principal insumo já diminui os impactos ambientais da construção de uma edificação.
- **Produção do Frame (estrutura):** Na etapa de produção do frame, ou seja, da estrutura composta por barrotes de madeira, a tecnologia utilizada pela empresa auxilia na diminuição das etapas construtivas. Na empresa descrita anteriormente, eram necessários 4 homens para a montagem do frame, além da necessidade de ajustar o esquadro para o travamento do painel com as placas de OSB. No caso da Tecverde, esse processo é automatizado, necessitando que apenas um homem controle o funcionamento da máquina. Nesse caso, o frame já fica em esquadro, pronto para a etapa seguinte de fechamento e travamento do painel.
- **Fechamento do Painel:** o fechamento do painel também é feito de forma automatizada, onde um funcionário posiciona as placas de OSB no frame e a máquina faz a fixação destes com pregos galvanizados.
- **Instalações elétricas e hidráulicas:** há a necessidade de virar o painel para que o lado interno seja trabalhado e as instalações elétricas e hidráulicas sejam posicionadas, o que também é feito com auxílio de equipamentos.
- **Isolamento térmico e acústico:** o isolamento térmico e acústico, quando necessitado, é feito com lã de vidro e aplicado de forma manual.
- **Fechamento do painel e usinagem de aberturas:** com a parte interna do painel pronto, a segunda face é então fechada com placas de OSB. Com isso, as aberturas de portas, janelas e caixas elétricas e hidráulicas são feitas, também mecanicamente, aumentando a precisão do trabalho.
- **Fixação das chapas de gesso e cimentícias:** o acabamento interno é feito com placas de gesso e o externo geralmente com placas cimentícias. As placas de

gesso são fixadas em fábrica e as cimentícias são, preferencialmente, fixadas em obra, pela maior probabilidade de surgimento de trincas com o transporte dos painéis. Antes da fixação das placas cimentícias, uma manta de impermeabilização (Tyvek) é aplicada ao painel, protegendo-o contra infiltrações, mas permitindo a passagem de ar.

- **Finalização e carregamento:** os painéis prontos são erguidos com auxílio de pórticos de rolagem elétricos e colocados em um caminhão que os transportará para o local de montagem.

## 5. CASAS EM EXECUÇÃO EM ITAPEVA

Acompanhou-se a construção de 3 edificações em *wood frame* na cidade de Itapeva, São Paulo, executadas a partir da montagem dos painéis produzidos na fábrica da empresa Tetti, observado em visita técnica anterior. No local, haviam duas das cinco casas já montadas, e já haviam três estruturas de fundação, do tipo Radier, previamente montadas para receber a estrutura das outras três casas, como mostra a Figura 58.

Figura 58 – Fundação de casa em *wood frame*



Utilizou-se um Guindaste Hidráulico de Cabo IMK 30.5E como equipamento para auxiliar a movimentação dos painéis, desde a retirada do caminhão até sua locação na fundação. A Figura 59 mostra o guindaste utilizado.

Figura 59 – Guindaste Hidráulico de Cabo IMK 30.5 E



Com os painéis transportados para o local da execução, como apresentado na Figura 54 e na Figura 55, a montagem aconteceu de acordo com os seguintes passos:

**Passo 1:** Limpou-se o Radier, retirando o excesso de areia e qualquer fragmento que pudesse atrapalhar o nivelamento dos painéis na fundação. Retirou-se também o excesso de tubulação predisposta no Radier (Figura 60).



Figura 60 – Limpeza do Radier para receber os painéis



**Passo 2:** Com o auxílio do guindaste, retirou-se o primeiro painel do caminhão para ser alocado no Radier. O estudo da sequência de montagem é de extrema importância para otimizar o processo. Sem uma análise de como os painéis devem ser dispostos no caminhão, de acordo com a ordem que sairão dele, o processo de montagem, que possui potencial para ser uma etapa rápida e descomplicada, pode acabar exigindo mais tempo e esforço do que o necessário.

**Passo 3:** O primeiro painel a ser alocado no Radier é sempre o mais difícil pois é necessário garantir que o mesmo esteja nivelado e ajustado à fundação para que os outros painéis, alocados a partir do primeiro, não perpetuem os problemas de ajuste apresentados neste. Assim, o passo seguinte é fazer o ajuste do primeiro painel à fundação, observando 3 fatores:

- i. **O ajuste do prumo** – o prumo do primeiro painel é ajustado com o auxílio de duas escoras, colocadas como suporte temporário para manter o painel no local exato e de forma nivelada, para receber os painéis seguintes (Figura 61).
- ii. **O ajuste da malha de fibra de vidro à fundação** – deve-se deixar toda a malha de fibra de vidro rente ao Radier, tendo cuidado para nenhuma parte ficar dobrada ou presa na parte de baixo do painel, o que pode atrapalhar o nivelamento deste (Figura 62).

- iii. **O nivelamento da placa de OSB externa faceando o Radier** – o painel deve estar alocado levando em consideração a face da placa de OSB externa, que deve estar alinhada com a face do Radier (Figura 63).

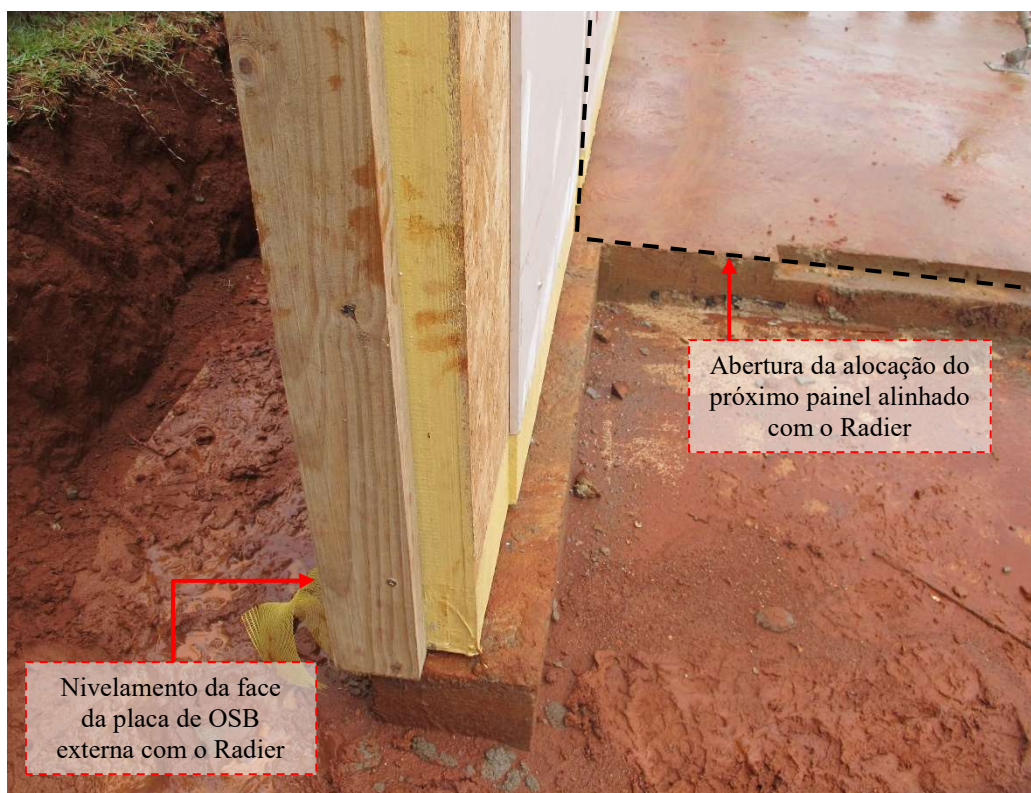
Figura 61 – Ajuste do prumo do primeiro painel ao Radier (fundação)



Figura 62 – Ajuste da malha de fibra de vidro ao Radier (fundação)



Figura 63 – Nivelamento da face do painel com a face do Radier (fundação)



**Passo 4:** Com o primeiro painel alocado e ajustado, é possível então colocar os outros painéis. Para isso estes devem ser retirados do caminhão, um a um, com o auxílio do guindaste, e colocados no local correto, como mostra a Figura 64.

Figura 64 – Alocação de painel em *wood frame* no Radier (fundação)



**Passo 5:** Deve-se, então, fixar o painel ao local onde foi alocado. Três materiais e três ferramentas são utilizadas nesse processo:

- Pregos galvanizados a fogo
- Parafusos para madeira e para concreto
- Chapa de aço de ligação
- Tensionador tipo catraca
- Martelo
- Furadeira/parafusadeira com broca e serra copo

As ferramentas e os materiais são mostrados na Figura 65.

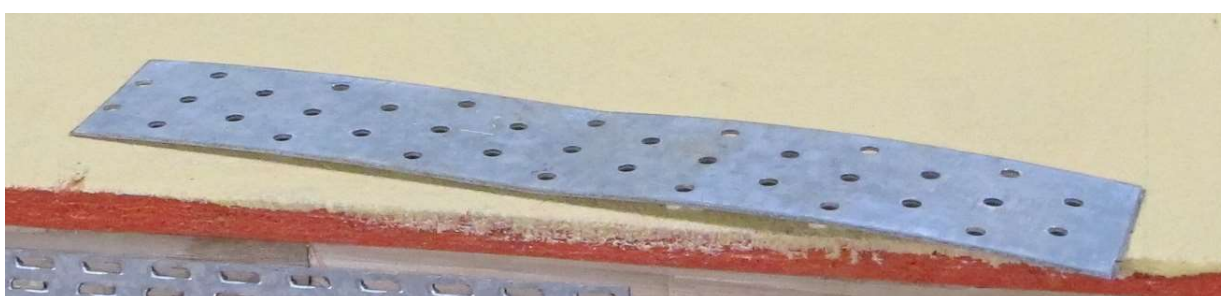
Figura 65 – Materiais utilizados na fixação dos painéis



Pregos galvanizados comuns

Parafusos HBS para madeira

Parafusos para concreto



Chapa de aço para ligação



Tensionador tipo catraca

Furadeira com broca

Furadeira com serra copo

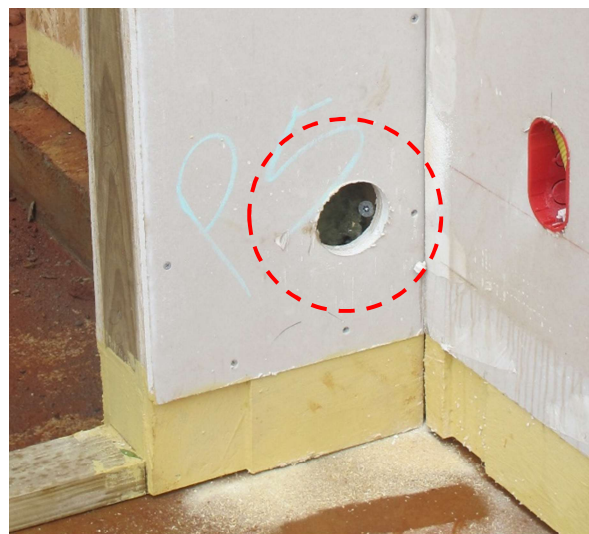
A fixação dos painéis é feita de 3 formas, representadas na Figura 66:

- **Entre painéis** – com parafusos para madeira de diferentes dimensões, adequadas a cada situação;
- **No concreto** – com parafusos para concreto;
- **Na junta da parte superior dos painéis adjacentes** – com a chapa de aço fixada com pregos galvanizados;

Figura 66 – Fixação dos painéis



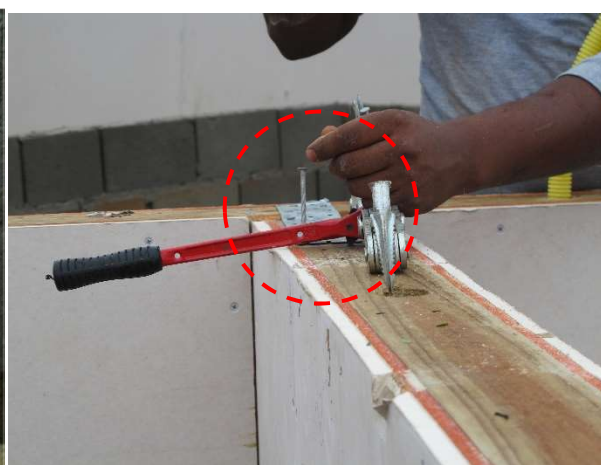
Fixação entre painéis simples



Fixação entre painéis com auxílio de serra copo para abrir acesso



Fixação do painel no concreto do Radier (fundação)



Fixação dos painéis na parte superior com auxílio de chapa de aço e tensionador tipo catraca

**Passo 6:** Os passos 4 e 5 se repetem até todos os painéis serem colocados em seus devidos locais, dando forma à estrutura da edificação. É possível perceber na Figura 67 que a quantidade de funcionários é pequena (5 colaboradores e 1 engenheiro), assim como na fábrica. É possível perceber também a diferença de acabamentos entre os painéis, onde alguns já apresentam placas de gesso ou o acabamento externo (EIFS), e outros somente a estrutura, com os barrotes de madeira e as placas de OSB e as instalações elétricas e hidráulicas. A forma como os painéis estão ao serem transportados para o local da obra é de decisão da empresa, onde quanto maior a quantidade de etapas realizadas em fábrica, menor o tempo de execução *in loco*.

Figura 67 – Último painel sendo alocado, dando forma à edificação em *wood frame*



**Passo 7:** A próxima etapa a ser executada é a cobertura. A empresa Tetti, fabricante dos painéis e executora da obra, opta pelo uso da estrutura de cobertura também industrializada e em madeira plantada tratada. Monta-se a estrutura no chão, com treliças pré-fabricadas unidas por chapas prego (conectores anti-racha) segundo a norma brasileira NBR 7190 – Projeto de estruturas e madeira, sendo posteriormente içada e alocada na estrutura de paredes previamente montada. Observou-se que essa opção possibilitou, principalmente, o aumento:

- Da eficiência – diminuindo o tempo no local da montagem da edificação;
- Do controle de qualidade – pelo fator da industrialização;
- Da segurança em obra – atenuando o trabalho em altura;

A Figura 68 mostra a montagem da cobertura da edificação em *wood frame*.

Figura 68 – Montagem da cobertura da edificação em *wood frame*

**Passo 8:** Por fim, é necessário realizar a ancoragem da edificação à fundação. Para isso, são utilizados conectores em “L” e parafusos de madeira e de concreto, como na Figura 69.

Figura 69 – Ancoragem da edificação em *wood frame*



**Passo 9:** Com as estruturas de parede e telhado prontas, as etapas seguintes são de colocação das telhas da cobertura, finalização dos acabamentos internos (placas de gesso) e externos (EIFS) restantes, e tratamento das juntas das placas de gesso com uma fita de material próprio para tal trabalho (Figura 70).

Figura 70 – Etapas finais: telhas e fita para tratamento de juntas das placas de gesso



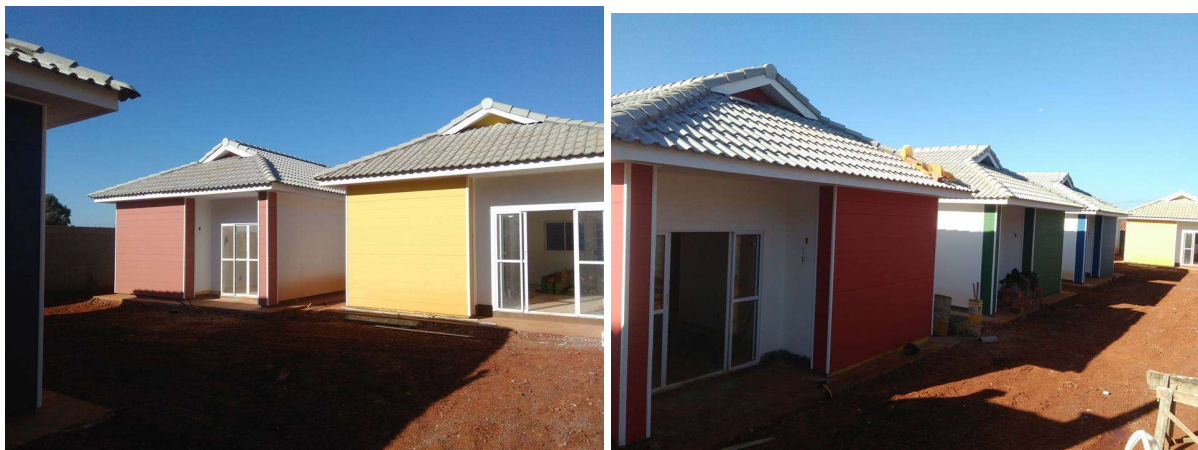
Como a pesquisa de campo se limitava à observação do sistema *wood frame*, a visita técnica se restringiu ao acompanhamento da montagem das três casas, nas etapas descritas neste item, o que ocorreu durante apenas 2 dias, em março de 2016 (Figura 71).

Figura 71 – Casas em *wood frame* com estrutura pronta



Em maio de 2016, 3 meses após a visita, todas as casas estavam prontas para uso, como mostra a Figura 72. É possível observar a qualidade do acabamento e a aparência similar às edificações no sistema convencional, que impressiona, no primeiro contato, os que desconhecem o *wood frame*.

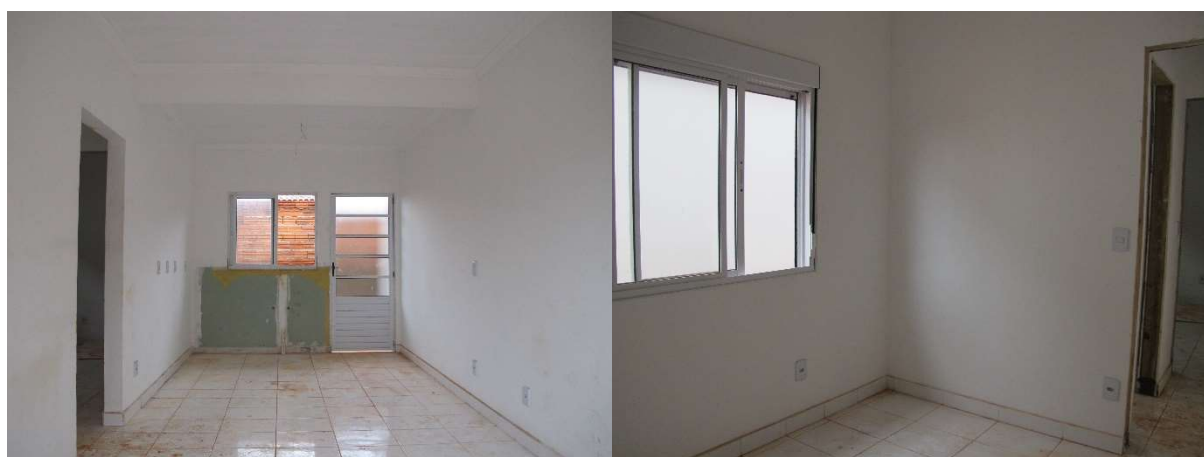
Figura 72 – Casa em *wood frame* finalizadas



Fonte: Acervo pessoal colaborador Tetti (2016).

O interior das casas, como mostra a Figura 73, também não aparenta que são construídas com madeira no sistema *wood frame*. Além da aparência, o conforto térmico e acústico, observado durante a visita, também pareceram satisfatórios.

Figura 73 – Interior parcialmente pronto de casa em *wood frame*



Sala com predisposição para cozinha americana

Quarto, com forro de madeira e esquadria de janela prontos

## 6. EDIFÍCIO DE 3 PAVIMENTOS EM ARAUCÁRIA

Dentre as tipologias construtivas para Habitação de Interesse Social (HIS) estão os edifícios de baixa estatura. Por essa razão, e visando conferir as possibilidades que o sistema *wood frame* abrange, visitou-se o primeiro edifício construído com o sistema *wood frame* do Brasil, fabricado e executado pela empresa Tecverde, descrita anteriormente. Trata-se de dois blocos de edifícios com andar térreo e mais 2 pavimentos, com 12 apartamentos de aproximadamente 50 m<sup>2</sup> em cada bloco, divididos em dois quartos, um banheiro, uma sala e uma cozinha tipo americana. O segundo bloco teve sua estrutura (painéis, lajes e cobertura) montada em 64 horas, correspondente a 8 dias de trabalho, sendo a finalização da última laje observada na visita técnica. No dia da visita, o primeiro bloco estava com a estrutura finalizada e o acabamento externo parcialmente pronto, como mostra a Figura 74.

Figura 74 – Primeiro bloco do edifício em *wood frame*



Fonte: <http://www.e-parana.pr.gov.br/>

É possível observar primeiramente a qualidade do acabamento e a estética similar à de edifícios construídos no sistema tradicional brasileiro, atributos garantidos devido ao

caráter industrial do sistema *wood frame*. A fachada lateral do edifício não havia recebido acabamento no dia da visita, como é possível ver na Figura 74, para deixar à mostra temporariamente a estrutura e o sistema de isolamento externo utilizado nos painéis deste bloco, diferente do utilizado no segundo bloco.

O segundo bloco (Figura 75) estava com a estrutura sendo finalizada no dia da visita, tendo sido possível observar algumas características do sistema, especialmente a rapidez na produtividade.

Figura 75 – Segundo bloco do edifício em *wood frame*



O acabamento e isolamento externo do primeiro bloco é feito de forma similar ao das casas em *wood frame*, descritas em item anterior, com a utilização das seguintes camadas sobre as placas de OSB:

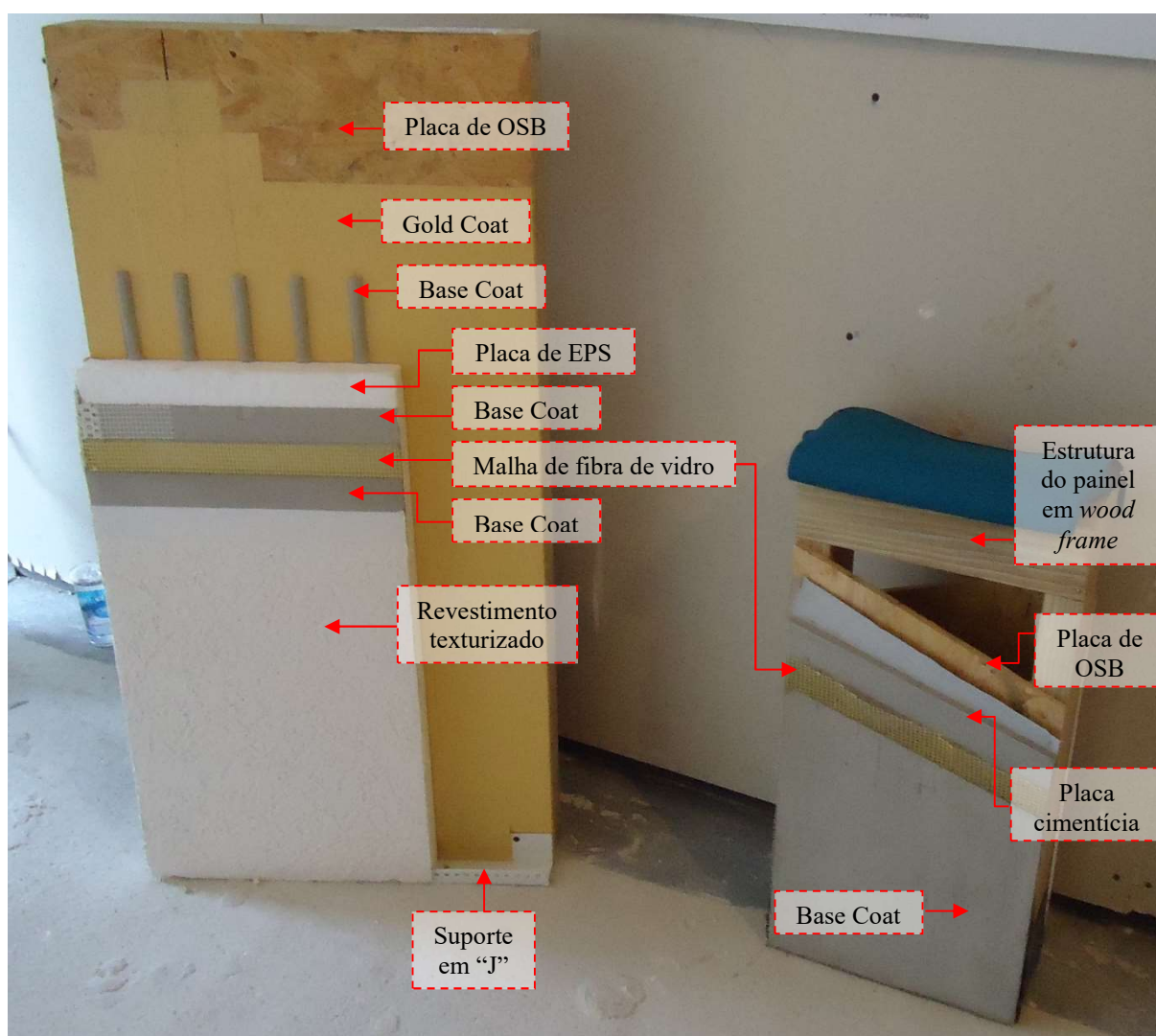
- i. Membrana fluida hidrófuga permeável ao vapor (Gold Coat);
- ii. Suporte plástico em “J”;
- iii. Adesivo e revestimento de base cimentícia (Base Coat);
- iv. Placas de EPS;
- v. Adesivo e revestimento de base cimentícia (Base Coat);
- vi. Malhas de fibra de vidro;
- vii. Adesivo e revestimento de base cimentícia (Base Coat);
- viii. Revestimento texturizado hidrófugo.

Já no do segundo bloco, feito de forma diferente, o isolamento do painel é feito com placas cimentícias, em conjunto com as seguintes camadas sobre as placas de OSB:

- i. Membrana isolante Tyvek;
- ii. Placa cimentícia;
- iii. Membrana de fibra de vidro;
- iv. Adesivo e revestimento de base cimentícia (Base Coat).

Os dois sistemas de acabamento utilizados nos edifícios foram demonstrados pela Tecverde por meio de modelos didáticos, demonstrados na Figura 76.

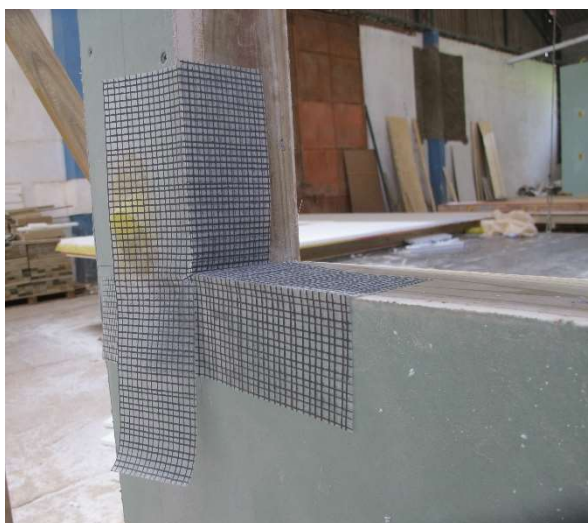
Figura 76 – Sistemas de acabamento e isolamento externos de painéis em *wood frame*



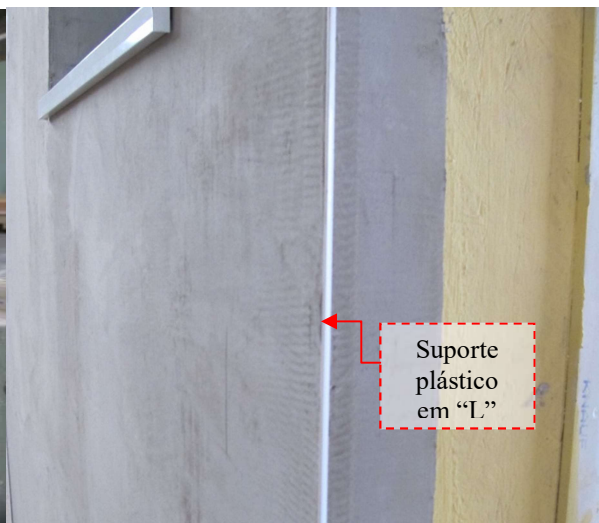
Além das camadas, observou-se que 4 procedimentos são fundamentais para garantir o bom funcionamento do sistema de acabamento e isolamento externo (Figura 77):

- i. **O tratamento de juntas e bordas de aberturas (portas, janelas e shafts)** – a ser feito com membrana fibrosa adequada, para evitar trincas e isolar da melhor forma possível a estrutura (o *frame*) da edificação;
- ii. **A proteção dos cantos (arestas)** – a ser feita com suporte em “L” ou com armadura de malha de fibra de vidro, por ser uma região mais propensa à desgastes, como trincas ou rompimentos por colisões;
- iii. **O reforço da proteção em regiões de fácil contato** – a ser feito com armadura de malha de fibra de vidro, sobreposta à malha utilizada em toda a fachada, esse reforço deve ser feito em regiões das fachadas propensas a contatos diários, seja por colisão humana ou de objetos (como bolas, portas de carro, etc.) como aquelas a até 2 metros de altura do solo;
- iv. **O desgaste superficial das placas de EPS** – a ser feito com uma espátula áspera, visando aumentar a aderência entre o EPS e o adesivo de base cimentícia (base coat) para aplicação das malhas de fibra de vidro.

Figura 77 – Cuidados para o bom funcionamento do sistema de isolamento externo



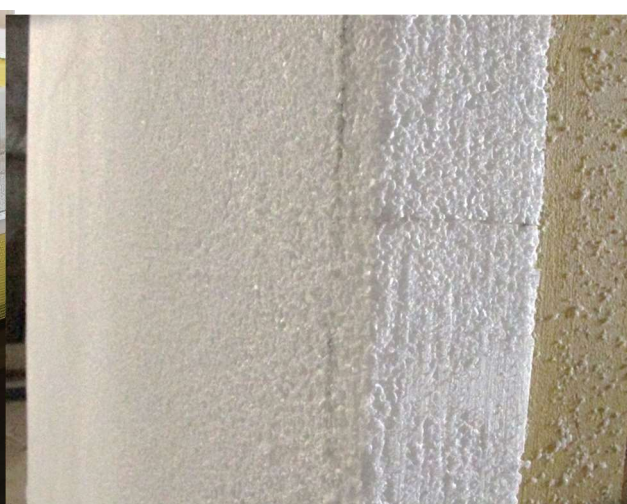
Membrana fibrosa para tratamento de aberturas e de juntas de placas de OSB



Arestas externas reforçadas com suporte plástico e armadura de fibra de vidro



Região inferior do painel com proteção reforçada com armadura de malha de vidro



Desgaste superficial de placas de EPS com espátula áspera

Foi possível adentrar o primeiro dos edifícios, ainda sem acabamento interno finalizado, o que possibilitou a visualização do funcionamento do sistema *wood frame*, tanto tecnicamente pela visualização de muitos dos componentes, ainda expostos, quanto com relação ao seu desempenho de forma visual e sensorial.

O primeiro elemento observado, na entrada da edificação, foi a estrutura da escada e da caixa de escada, ambos executados no sistema *wood frame* (Figura 78).

Figura 78 – Caixa e estrutura de escada em *wood frame*



A produção industrializada possibilitou a facilidade na padronização das dimensões dos degraus e dos espelhos, garantindo o padrão estabelecido em norma. Observou-se também o posicionamento das instalações elétricas e hidráulicas, como na Figura 79 e na Figura 80.

Figura 79 – Instalações elétricas em pavimento superior

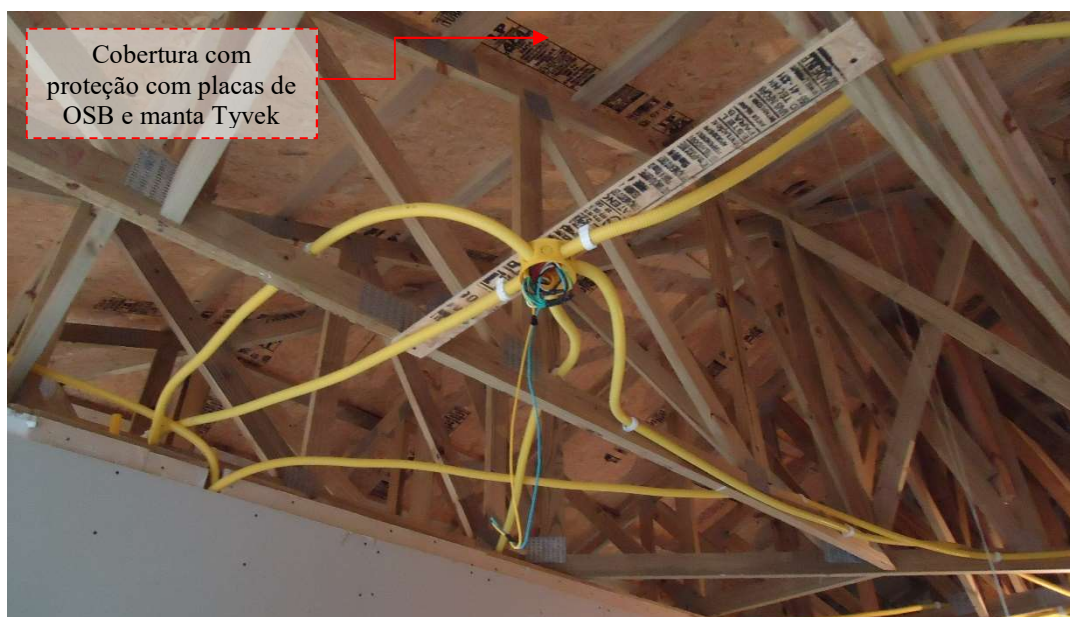
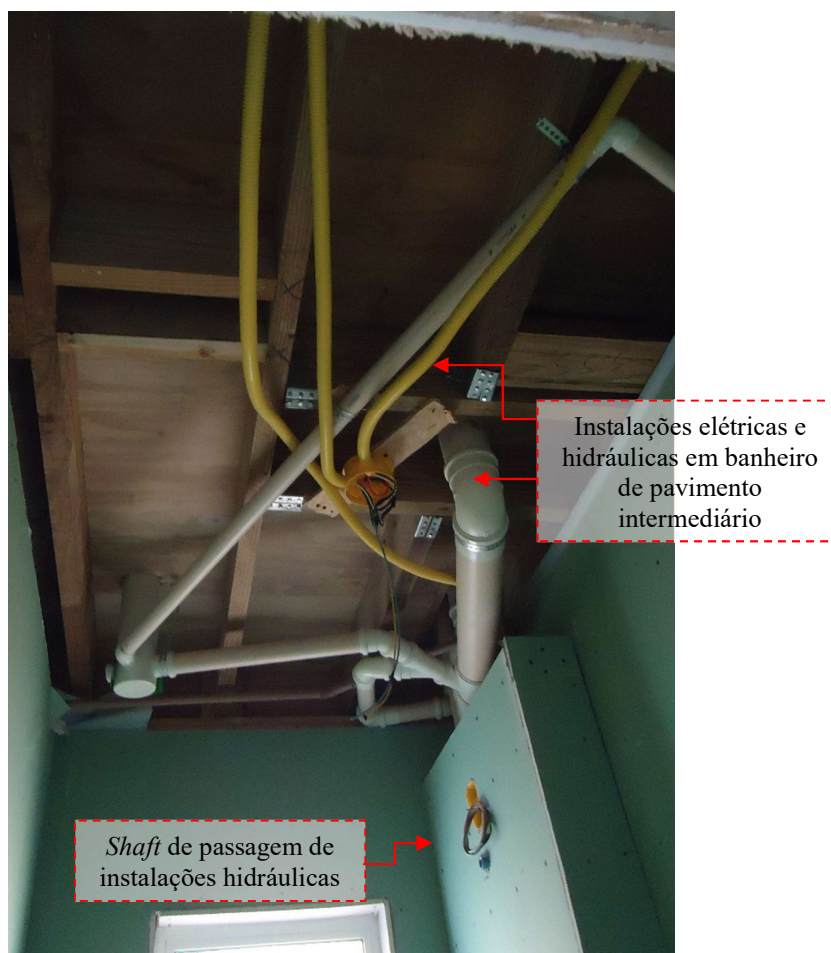


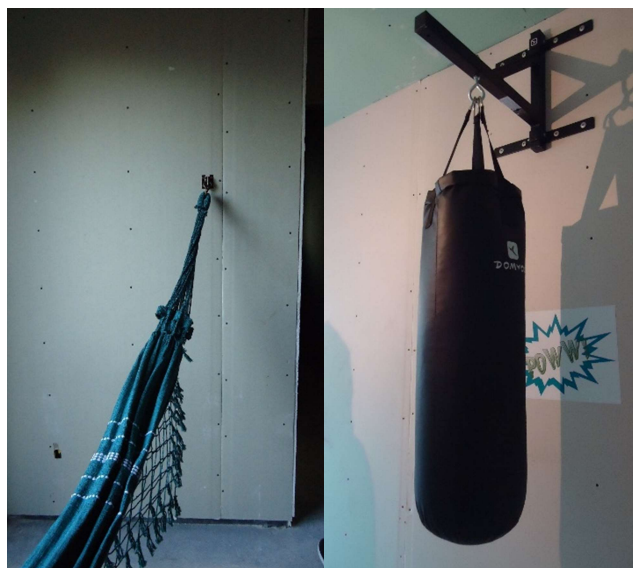


Figura 80 – Instalações elétricas e hidráulicas em banheiro da edificação



A capacidade de suporte de peças suspensas foi comprovada por meio de demonstração, como é possível verificar na Figura 81.

Figura 81 – Demonstração de segurança na fixação de objetos nas paredes



A maior parte interna do edifício estava acabada somente com placas de gesso, parafusadas à estrutura de *wood frame*. As placas encontradas eram de dois tipos:

- Placa branca normal (padrão) – placa de gesso acartonado comum, colocadas em forros e em cômodos secos, como quarto e sala;
- Placa verde resistente à água – placa de gesso acartonado na coloração verde, hidrofugante ou resistente à umidade (RU), colocadas em cômodos molhados, como cozinha e banheiro. Se diferenciam visualmente das placas padrão por sua cor esverdeada, e pela sua composição, onde no seu processo de fabricação são incluídos na mistura do gesso alguns aditivos hidrofugantes que ajudam a reduzir a taxa de absorção da água pelo material.

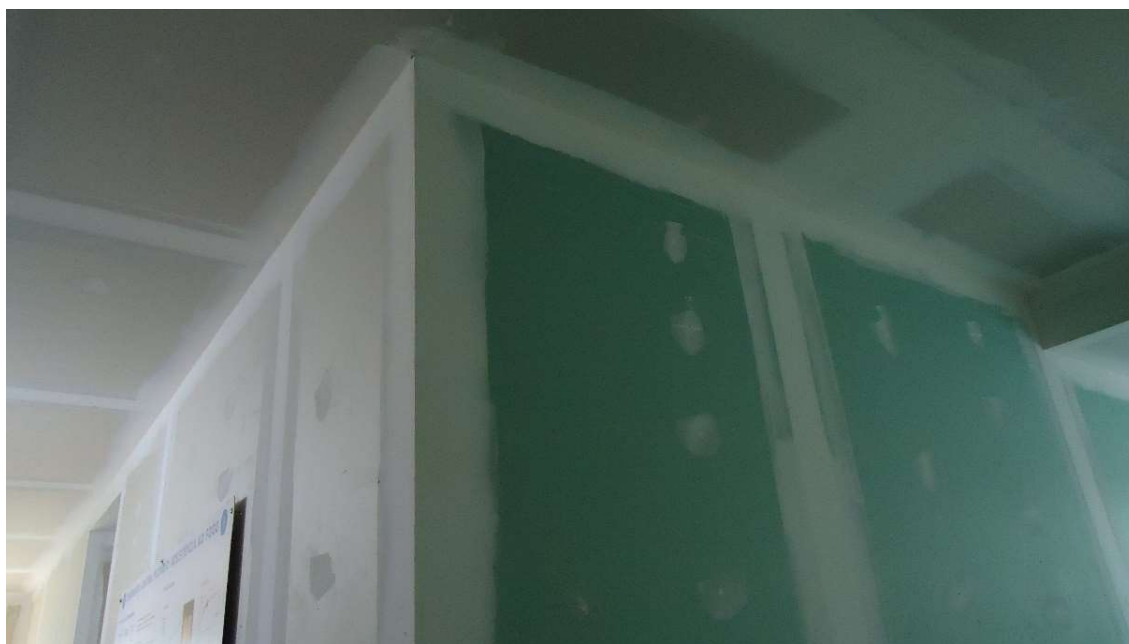
A proteção ao fogo, no acabamento interno, foi adquirida por meio da utilização de duas placas de gesso, o que garantia uma espessura suficiente para atendente aos parâmetros exigidos pela norma de desempenho, a ABNT NBR 15575 (2013). A Figura 82 mostra as duas camadas de gesso, aparente em abertura de porta ainda não finalizada.

Figura 82 – Dupla camada de gesso acartonado no acabamento interno dos edifícios



Após a aplicação das placas de gesso, é necessário o tratamento das juntas entre as placas e dos pontos de fixação com parafusos, para que a estrutura interna fique protegida, além de possibilitar o acabamento final de forma uniforme. A Figura 83 mostra um cômodo com as placas de gesso, de forro e de paredes, com as juntas e os pontos de fixação por parafusos tratados, prontas para receber o acabamento final.

Figura 83 – Tratamento de juntas de placas de gesso de parede e de forro



Uma das vantagens do sistema *wood frame*, observadas na visita técnica, é a possibilidade da utilização de qualquer tipo de acabamento, tornando a edificação construída com esse sistema visualmente semelhante à uma edificação construída com o sistema convencional brasileiro em alvenaria e concreto. Na visita realizada, observou-se um apartamento com acabamento interno finalizado, mostrado na Figura 84. É possível ver que é utilizado tanto revestimento cerâmico quanto revestimento em pintura, sendo possível também a aplicação de texturas.

Figura 84 – Apartamento com acabamento interno finalizado



## 7. CASAS EM USO EM CURITIBA

Outra visita técnica realizada foi em casas, construídas com o sistema *wood frame*, em uso na cidade de Curitiba. Trata-se do primeiro empreendimento financiado pelo programa MCMV construído no sistema *wood frame*, o que foi um grande passo para a implementação desse sistema no país. As Morádias Nilo, como é conhecido o empreendimento, é composto por 66 casas térreas de 43 m<sup>2</sup>, como as apresentadas na Figura 85.

Figura 85 – Casas, construídas com o sistema *wood frame*, em uso na cidade de Curitiba

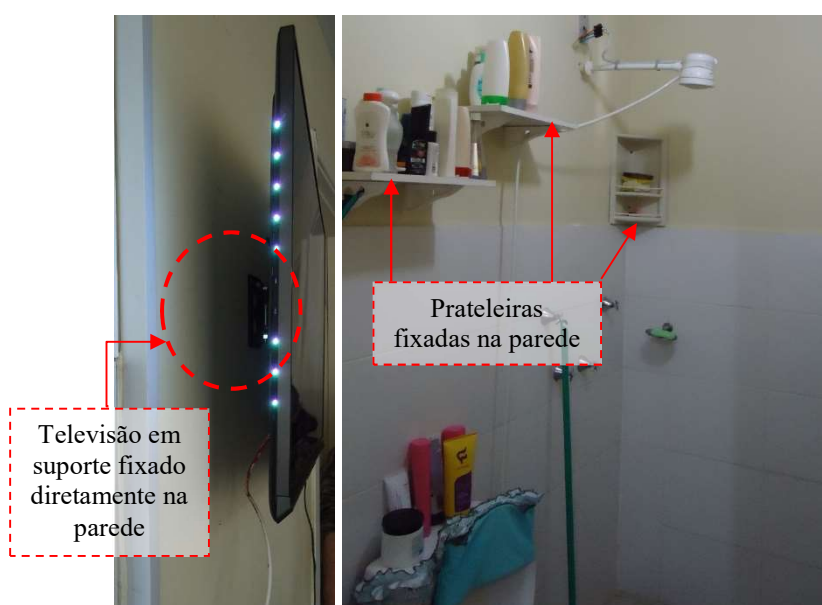
Fonte: <http://www.tecverde.com.br/portfolio/moradias-nilo/>

Por se tratar de um projeto pioneiro e relativamente recente, pois foi concluído em 2015, a empresa executora do sistema estrutural, a Tecverde (abordada em item anterior), considerou necessário o acompanhamento do uso das edificações, visando identificar os pontos que agradam ou desagradam o usuário das casas, além de fornecer serviço de manutenção caso necessário. Para isso, foi criado na empresa o setor de pós-ocupação, responsável pela etapa de manutenção e conservação das edificações construídas. Assim sendo, são realizadas visitas periódicas às casas das Moradias Nilo, onde são feitos eventuais reparos solicitados pelos moradores, assim como pesquisas de pós-ocupação para mapear a satisfação destes com suas residências.

Foi possível acompanhar, durante um período, uma das visitas da empresa Tecverde à algumas das residências das Moradias Nilo. Mesmo por um período curto, foi possível observar alguns pontos relevantes para o trabalho.

Percebeu-se, primeiramente, que os moradores possuíam o conhecimento que a sua residência havia sido construída com um sistema alternativo ao convencional, porém alguns não sabiam exatamente do que se tratava, isto é, mesmo sabendo que não haviam tijolos ou concreto nas paredes, o material da estrutura e como havia sido construída era uma incógnita para alguns. Contudo, isso não se tornou um fator limitador para esses moradores, que fazem uso de sua casa como qualquer outra casa em qualquer outro sistema. Isso foi possível de confirmar visualmente, por exemplo, pela observação da fixação de objetos suspensos, como quadros, prateleiras e televisões, sem prejuízos à estrutura das casas, como mostra a Figura 86.

Figura 86 – Fixação de objetos suspensos nas paredes



Cada morador recebeu o manual de uso da sua residência, elaborado em forma de quadrinhos para melhor entendimento. Porém, alguns demonstraram ainda dificuldade de entender tudo o que havia nesse manual, fato que dificulta a solução de pequenos problemas, ou reparos e intervenções feitas pelos moradores, como na instalação de novos pontos de tomada. O fato de não saber como realizar o acabamento na colocação das caixas de tomada ou o acesso às instalações elétricas, tanto pelos moradores quanto por profissionais da área, acostumados a realizar reparos em casas construídas no sistema convencional, pode acabar impedindo que o morador realize as intervenções das quais necessita, ou ainda, se realizar, corre o risco de ter problemas como o observado na Figura 87.

Figura 87 – Instalação de tomada, danificando acabamento de parede



Fonte: A autora (2016).

Percebeu-se também a insatisfação de alguns moradores com relação ao sistema de aquecimento de água por placas solares instaladas nos telhados das casas. Diante da dificuldade de compreensão do sistema, ainda complexo por não ser usual na realidade brasileira, alguns moradores chegaram a ficar sem água quente, o que causa um desconforto, em uma cidade com temperaturas baixas como Curitiba, que acaba sendo ocasionalmente associado ao sistema construtivo da edificação.

## APÊNDICE B – RELATÓRIO DA MISSÃO TÉCNICA AOS EUA

Aqui estão apresentados os relatórios completos de cada uma das visitas técnicas realizadas na missão técnica aos EUA. Os relatórios estão dispostos na seguinte ordem:

- Participação no evento *Greenbuild International Conference & Expo 2016*
- Visita à empresa *Integral Group – Deep Green Engineering*
- *WELL Deserved Tour* – aplicando o conceito *WELLNESS*
- Visita à empresa *DRP Construction*
- Observações de campo sobre construções em *wood frame*

### 1. PARTICIPAÇÃO NO EVENTO GREENBUILD INTERNATIONAL CONFERENCE & EXPO 2016

O Greenbuild International Conference & Expo é a maior conferência e exposição do mundo dedicada ao *green building*, ou construção verde. Entende-se como construção verde aquela que se dedica a tornar mais sustentável os processos e as técnicas utilizadas no setor da construção, isto é, causando menos impactos ao meio ambiente.

Foi possível conhecer, a partir da visita aos mais de 600 expositores do Greenbuild Expo, várias técnicas, materiais, sistemas, ideias e processos inovadores, expandindo a visão dos profissionais em missão técnica para novas possibilidades dentro da indústria da construção, possibilidades essas que vão além da construção convencional, otimizando etapas construtivas ainda bastante artesanais no setor da construção civil brasileiro. As inovações vão desde materiais de construção que emitem menos CO<sub>2</sub> em sua cadeia produtiva, até componentes do acabamento de edifícios que otimizam o uso dos recursos naturais, como a iluminação e a ventilação natural.

Dentro da exposição haviam alguns pavilhões, ou setores, designados de acordo com áreas de atuação comum entre os expositores, como saúde e bem-estar, construções residenciais, edifícios e casas inteligentes, vida sustentável, água, soluções de iluminação, Net Zero Energia, dentre outros. Porém, todos os setores se integravam de certa forma, disseminando a ideia de que não bastava utilizar uma ou outra inovação sustentável se não fosse visto, e dada a devida importância, a todo o sistema, ou meio ambiente, onde as edificações estão inseridas.

Um dos setores, de maior interesse para o trabalho em questão, era o pavilhão da Madeira, compreendendo empresas ligadas à tecnologia da madeira. Foi possível observar o uso da madeira na construção, de várias formas e para várias tipologias construtivas, desde casas até edifícios altos em vários lugares do planeta, estando sua utilização associada à menores impactos da construção civil ao meio ambiente. O expositor de maior destaque nesse ramo, com um grande espaço de exposição como apresentado na Figura 88, foi a ReThink Wood. Trata-se de uma associação cujo objetivo é educar a comunidade sobre os benefícios da construção com madeira, incluindo performance, custos e sustentabilidade. Possui um grande acervo técnico, grande parte com estudos de caso, que auxiliam na compreensão desses benefícios pela comunidade científica e pelo mercado da construção civil.

Figura 88 – Stand da ReThink Wood



Pelo grande destaque que o setor de madeira possuía no evento de construção sustentável, é possível afirmar que a madeira possui grande papel no cenário da construção como um material de menores impactos ambientais. Dentre os fatores que tornam a madeira um material sustentável tem-se o baixo valor da pegada de carbono (emite menos CO<sub>2</sub> para a



atmosfera em seu ciclo de vida), quanto por seu caráter reutilizável, dois fatores bastante abordados por vários expositores. Deste modo, é importante enxergar as possibilidades do uso de todo o potencial desse material na realidade atual da construção civil, onde ele ainda é subaproveitado, vistas as vantagens que pode trazer para o setor.

Um dos usos da madeira bastante utilizado nos EUA, assim como em países da Europa, é na construção de casas e edifícios. A ReThink Wood apresentou em seu stand algumas maquetes edifícios, já construídos e em construção, cujo sistema construtivo é em madeira reflorestada, como a representada na Figura 89.

Figura 89 – Maquete de edifício em madeira



A maquete relata um edifício de 12 andares, ainda em fase de projeto. Será construído principalmente com o sistema inovador de Madeira Laminada Cruzada, ou em inglês, Cross Laminated Timber (CLT) como é mais conhecido. A CLT será utilizada para os pisos e para o Sistema de Resistência de Força lateral, mas trabalhará em conjunto com Vigas

Laminadas Coladas e Pilares Laminadas Colados, diferente do sistema *wood frame*, mais adequado para a tipologia escolhida. A superestrutura será apoiada em uma fundação tipo Radier protendido, como representada na Figura 89. A utilização de uma base sólida se faz necessária em qualquer projeto de edificação em madeira, protegendo a estrutura, possibilitando a distribuição de cargas de peso próprio do edifício, de vento e de cargas sísmicas para o solo abaixo, minimizando o recalque diferencial antecipado

É possível que muitas das tecnologias que foram expostas no evento ainda demorem um tempo para estar disponíveis no mercado brasileiro, da mesma forma que não surgiram repentinamente no mercado americano. Percebeu-se, porém, pela observação em campo, que as inovações sustentáveis provêm de uma mudança de cultura, onde o cuidado com o meio ambiente passa de objeto de segundo plano para algo essencial. E assim deve ocorrer na realidade brasileira, onde se faz necessária uma quebra de paradigma com a cultura artesanal da construção, onde a alvenaria tradicional pouco produtiva ainda prevalece, para que a cultura da eficiência construtiva, aliada ao cuidado com o meio ambiente, ganhe cada vez mais espaço.

Com isso, entende-se que um dos maiores ganhos com a participação no Greenbuild Expo 2016 foi uma grande bagagem de novas informações, dos mais variados temas, capazes de tornar cada membro da missão técnica um agente de mudança, de transformação da realidade atual para algo cada vez melhor.

## **2. VISITA À EMPRESA INTEGRAL GROUP – DEEP GREEN ENGINEERING**

A Integral Group, empresa do ramo da construção, se tornou parte do roteiro da missão por se tratar de uma empresa especializada em projetos eficientes, com foco em edificações NET Zero, e em certificações LEED e WELL, sejam novas construções ou *retrofits*. Foram vistos vários projetos desenvolvidos na empresa, com foco nas soluções inovadoras por eles desenvolvidas, muitos deles ganhadores de prêmios em concursos. Duas visitas à empresa foram realizadas, uma em seu escritório em Los Angeles, e outra em sua sede em San Jose.

No primeiro encontro, no escritório da empresa em Los Angeles, o arquiteto John Andary apresentou a empresa, sua missão, visão, atividades desenvolvidas, e alguns cases de sucesso.

Um dos projetos que mais se destacou na apresentação foi o de um escritório, alojado em uma edificação térrea de grande área construída, que passou por um *retrofit* visando melhorar sua eficiência energética. Tal escritório se localiza em uma região de temperaturas elevadas durante o dia e apresentava um problema de alto uso de ar condicionado durante o

expediente para criar um ambiente de trabalho adequado, gerando grandes gastos de energia e onerando custos para a empresa. A Integral encontrou uma solução para zerar o consumo de energia do edifício, utilizando a engenharia de forma inteligente, aproveitando o potencial de cada material presente na estrutura da edificação. As soluções utilizadas foram:

- Placas solares colocadas ao longo da cobertura do prédio;
- Aberturas feitas no teto e nas paredes para utilização de iluminação natural durante o dia e ventilação natural durante a noite;
- Foram colocados grandes ventiladores com a função de resfriar o ambiente a noite, o qual foi construído com concreto, que é um bom condutor térmico, para que de dia, no horário do expediente de trabalho, o ambiente já estivesse refrigerado.

É possível perceber em cada solução que foi apresentada que se tratam de ideias simples, mas que demandaram bastante energia dos desenvolvedores para sua idealização. Tal postura vai de encontro à uma prática bastante comum no setor da construção civil brasileiro que é a elaboração de projetos sem o estudo adequado da realidade de cada um deles. Em outras palavras, os cases de sucesso apresentados nesse primeiro encontro mostraram a importância do planejamento e do estudo adequado para cada realidade de cada projeto a ser executado.

Ainda nesse primeiro encontro, destacou-se a certificação LEED do escritório, monitorada por um monitor chamado Painel LEED. Cinco fatores são controlados:

- i. Energia (calculada a partir dos gastos com energia elétrica)
- ii. Água (calculada a partir dos gastos de água)
- iii. Desperdícios (calculado pelo volume de lixo produzido)
- iv. Transporte (calculado pela forma como os funcionários vão para o trabalho)
- v. Experiência Humana (calculado por meio de questionário para os funcionários, visando o conhecimento sobre o bem-estar individual)

Em seu centro, um número aponta sua pontuação em relação à outras empresas que também utilizam o painel LEED. No dia da visita, o monitor marcava uma pontuação igual a 53, indicativa de LEED silver, o que não condizia com o certificado apresentado. Isso significava que em relação ao que outros escritórios estavam implementando aquele escritório havia caído de posição, necessitando novas atitudes para melhorar sua pontuação e atingir a

meta interna de LEED platinum. Com isso, percebeu-se a inconstância nas atitudes que levavam a certificação LEED, verificadas periodicamente e não diariamente, e intensificadas quando prevista inspeção.

Em um segundo encontro, no escritório da Integral group em San Jose, visitou-se o prédio da sede, edificação de dois pavimentos, o qual passou por processo de *retrofit* para se tornar NET ZERO energia. De acordo com o engenheiro elétrico David Kaneda, a ideia inicial era conseguir a certificação LEED para o escritório. Porém, depois de conversar com diversas partes interessadas, como o arquiteto responsável pelo *retrofit*, decidiu-se que mais adequado do que a certificação LEED seria transformar o prédio em um edifício que só consumisse a energia que produz, isto é, NET ZERO energy, pois nessa época a especialidade da empresa era a elaboração de projetos de engenharia elétrica. Para isso foram feitas aberturas para a utilização de iluminação e ventilação natural, foram colocadas placas solares na cobertura, vidros dinâmicos que automaticamente escurecem ou clareiam para deixar entrar a quantidade adequada de luz, piso radiante para controlar a temperatura interna do ambiente, dentre outras soluções.

Hoje a edificação, além de escritório, também serve de laboratório, onde são testadas várias tecnologias e sua eficiência. Assim, foi possível perceber que é possível realizar um *retrofit* de forma a encaixar soluções “green” ao ambiente já construído, transformando a edificação, o ambiente e as pessoas.

### **3. WELL DESERVED TOUR – APLICANDO O CONCEITO WELLNESS**

Neste tour foram visitados 4 escritórios, de diferentes especialidades, mas todos com o mesmo objetivo: transformar o ambiente de trabalho em um lugar melhor, visando o bem-estar das pessoas. De forma resumida é disso que se trata a certificação WELL, fazer com que as pessoas que ali frequentam se sintam bem, atuando de forma harmônica e complementar às outras certificações ambientais, como a certificação LEED.

Foram vistas várias soluções em cada escritório visitado, muitas delas presentes em todos eles, como a utilização da iluminação natural obtida com a utilização de vidros em todas as paredes externas do escritório; a presença do conceito de biofilia pelo contato com elementos da natureza pelos 5 sentidos (plantas naturais, imagens de paisagens naturais, músicas que lembram sons da natureza, dentre outros); o ajuste de mesas e cadeiras para se adequar ergonomicamente a cada funcionário, o qual pode trabalhar em vários ambiente, em pé, sentado ou deitado, em vários modelos de mobiliário; a presença de ambientes dentro do escritório onde

o funcionário pode se exercitar, seja em esteiras, fazendo yoga, pulando corda, ou simplesmente jogando algum jogo com um colega; o fornecimento de alimentação mais saudável, como frutas e ou alimentos integrais, em porções controladas em pratos de 9,5 polegadas.

Em resumo, todos aplicavam soluções ligadas os principais sistemas funcionais do corpo humano, subdivididas em 7 áreas de atuação:

1. Ar – Boa qualidade do ar como requisito indispensável;
2. Água – Economia de água e fornecimento de água de boa qualidade para os funcionários;
3. Nutrição – Fornecimento de lanches saudáveis para os funcionários, obedecendo porções pré-estabelecidas;
4. Iluminação – Controle da luminosidade do ambiente para o conforto visual do funcionário;
5. Saúde física – Opções de exercício no local de trabalho;
6. Conforto – Conforto em mesas e cadeiras, as quais devem ser ergonômicas, e conforto pela escolha da mesa de trabalho dependendo, por exemplo, da temperatura do ar condicionado em cada parte do escritório;
7. Mente – Estímulos para a diminuição do estresse e melhora do altruísmo.

Os escritórios foram questionados com relação a medição da real funcionalidade da certificação WELL e pelas respostas pode-se perceber que a palavra do funcionário, que passou a trabalhar mais satisfeito por se sentir parte daquele ambiente onde as pessoas se preocupam com ele, é o parâmetro necessário para certificar o sucesso das mudanças implantadas.

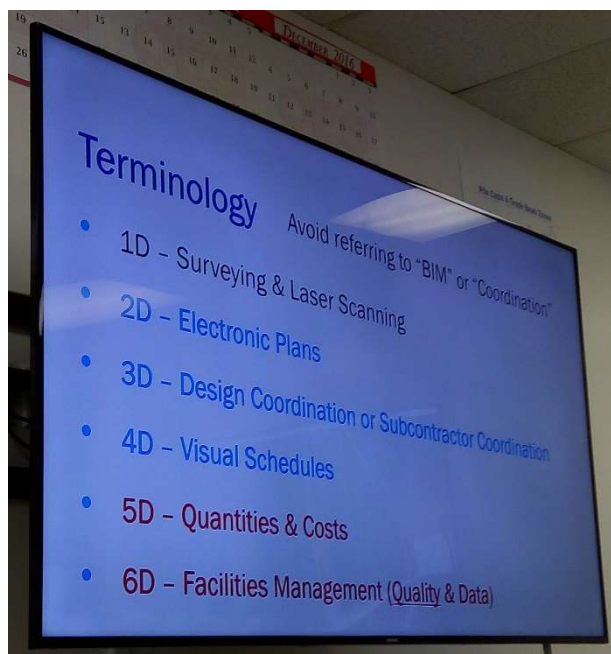
#### **4. VISITA À EMPRESA DPR CONSTRUCTION**

A DPR é a terceira maior empresa construtora dos EUA, e nessa visita foi possível enxergar alguns dos processos implementados que a ajudam a se destacar e a crescer como empresa. O foco principal da discussão foi a utilização do Building Information Model (BIM) como metodologia de modelagem para o desenvolvimento de projeto, o qual percebeu-se ser essencial para o sucesso do trabalho na empresa.

Porém, nem todo o potencial da metodologia é utilizado, pois algumas das suas facilidades ainda não são exploradas. Tendo o BIM como conceito principal ser uma plataforma em que se carreguem todas as informações do empreendimento, desde a gestão do projeto e da

obra, até toda a parte de compatibilização de projetos, foi apresentado na visita que a plataforma é dividida em 6 etapas, como mostra a Figura 90.

Figura 90 – Etapas de utilização da metodologia de modelagem BIM



Diante disso, afirmou-se que as etapas 5D e 6D, relativas ao orçamento e a *facilities management* (ou o gerenciamento do ciclo de vida do bem em questão), respectivamente, ainda não foram incorporadas ao processo da empresa.

Foi possível perceber que, assim como no Brasil, o processo de implementação dessa nova filosofia de trabalho está acontecendo de forma gradual, passando por um processo de mudanças de paradigma pela passagem do processo tradicional de desenvolvimento de projeto para uma metodologia BIM. A interação entre todos os envolvidos no processo agora é indispensável, sendo necessário que todos trabalhem sob uma mesma coordenação, assustando muitas vezes quem não está disposto a adaptar sua prática de trabalho.

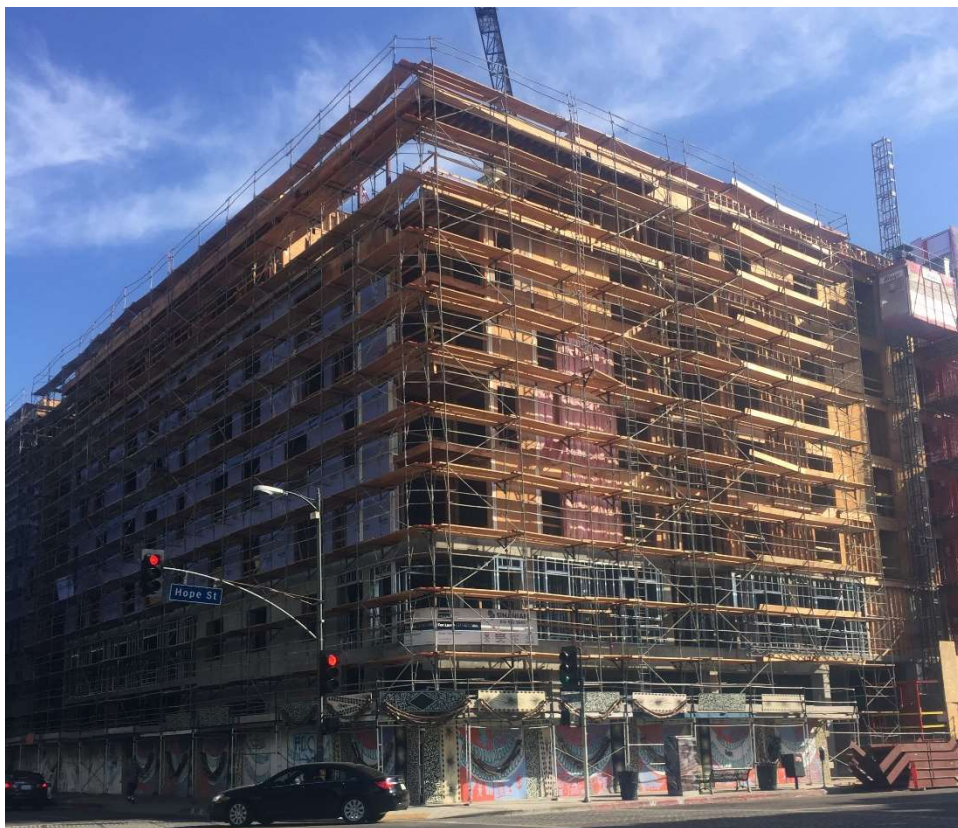
Por fim, foi visto que a presença da inovação na empresa é indispensável, tornando-a um diferencial. Mesmo trabalhando com sistemas e materiais construtivos tradicionais nos EUA para edifícios altos, como o aço e as estruturas mistas com concreto, a incorporação de inovações em outras áreas, como no planejamento e elaboração de projeto, proporciona uma vantagem competitiva à empresa. Uma das inovações vistas e que ainda está na fase de adaptação aos processos da empresa é a utilização da realidade virtual. Trata-se de um equipamento, composto por óculos e joystick, capaz de simular outra realidade, como, no caso

da DPR, para dentro dos seus projetos. Assim, a visualização do projeto pelo cliente fica muito mais fácil, assim como os processos de tomada de decisão.

## 5. OBSERVAÇÕES DE CAMPO SOBRE CONSTRUÇÕES EM WOOD FRAME

Algumas observações de campo foram feitas a respeito do sistema construtivo *wood frame*. Observou-se primeiramente a grande quantidade de edificações, construídas e em construção, que utilizam madeira como material construtivo principal, pois sendo mista a maior parte das construções americanas, há também a ampla presença de sistemas como Steel Frame e de paredes em Drywall. Quatro dessas construções observadas merecem destaque no presente estudo. A primeira, apresentada na Figura 91, mostra a construção do edifício Onyx East Apartments, um edifício residencial e comercial, de 7 pavimentos, localizado no sudoeste do centro da cidade de Los Angeles.

Figura 91 – Prédio em *wood frame* e concreto nos Estados Unidos



É possível identificar na imagem que o pavimento térreo e o primeiro pavimento foram construídos com o sistema de vigas e pilares em concreto, tendo seu fechamento pelo

sistema Draywall. Esse tipo de decisão de projeto foi visto em várias construções americanas, a qual fornece estabilidade estrutural para possibilitar o crescimento vertical das edificações. Porém, é possível ver que a maior parte do edifício é construída com o sistema *wood frame*. Outra observação importante a ressaltar é a organização e limpeza do canteiro de obras, onde tem-se uma construção seca em sua grande parte, fazendo-se notar as vantagens da industrialização de processos e sistemas construtivos.

A segunda construção que merece destaque é a apresentada na Figura 92.

Figura 92 – Edificação mista em blocos de concreto e madeira em Santa Bárbara/CA



Fonte: A autora (2016).

Trata-se da construção de um hotel de luxo, localizado na cidade de Santa Bárbara. É possível observar que a estrutura principal da edificação foi construída com blocos de



concreto, porém há a presença também de estrutura em madeira leve, com fechamento utilizando painéis de OSB. A madeira é utilizada também para a execução de detalhes arquitetônicos, como os indicados com as setas na Figura 92, representados como idealizados na imagem de divulgação.

A terceira edificação a ser apresentada é a da Figura 93.

Figura 93 – Edificação em *wood frame* em Santa Bárbara/CA



Fonte: A autora (2016).

Essa edificação, construída integralmente com estrutura em madeira leve, caracterizando o sistema *wood frame*, terá função de hotel quando finalizado, assim como a edificação apresentada anteriormente. Como os painéis em OSB já estavam colocados, proporcionando o fechamento da estrutura das paredes, julgou-se prudente a apresentação de imagem de fase preliminar à observada em campo para demonstrar a etapa de execução do sistema *wood frame*. Diferentemente das execuções observadas no Brasil (descritas no item anterior), o sistema *wood frame* é predominantemente executado *in loco* nos Estados Unidos, como é o caso das edificações apresentadas anteriormente. É possível observar a base em blocos de concreto, onde as estruturas em *wood frame* estão ancoradas, apresentando mais uma vez a

necessidade do concreto para criar uma base sólida e firme para o bom funcionamento da estrutura como um todo.

Por fim, a última edificação a ser destacada é o prédio em *wood frame* apresentado na Figura 94 em suas vistas frontal e lateral, obtidas no local em outubro de 2016. É mostrada também uma imagem do local da construção, em julho de 2016, para apresentar a situação inicial da obra.

Figura 94 – Prédio em *wood frame* nos Estados Unidos



Fonte: A autora (2016).

Vê-se a construção de um hotel, no sistema *wood frame*, com 168 quartos distribuídos em 4 pavimentos, possuindo aproximadamente 8.500 m<sup>2</sup> de área construída em um terreno de 1,4 hectares. Pode-se observar inicialmente que se trata de uma tipologia construtiva bastante comum para a sua finalidade nos EUA, um edifício com crescimento horizontal e de baixa estatura, onde o sistema *wood frame* se adapta corretamente. A etapa construtiva na época

da pesquisa de campo, com a estrutura parcialmente finalizada, foi obtida com 2 meses de execução, visto que em julho do mesmo ano, como mostrado na Figura 94, o local da obra ainda se apresentava nas etapas preliminares. Pode-se dizer que é um tempo reduzido se comparado com as construções convencionais brasileiras com a mesma quantidade de funcionários, mostrando a rapidez do processo executivo do sistema *wood frame*, mesmo sendo executado *in loco* e não painelizado como é mais comum no Brasil.

Por se tratar de um edifício comercial, a questão da rapidez na execução traz vantagens ao sistema *wood frame*, pois abreviando o início do seu funcionamento é antecipado também o retorno financeiro que seu uso pode suscitar. Outras vantagens observadas estão relacionadas à qualidade de acabamento, e limpeza e organização do canteiro de obras.