

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**TAIARA APARECIDA ZAPARTE**

**ESTUDO E ADEQUAÇÃO DOS PRINCIPAIS ELEMENTOS DO MODELO  
CANADENSE DE CONSTRUÇÃO EM *WOOD FRAME* PARA O BRASIL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO  
2014**

TAIARA APARECIDA ZAPARTE

**ESTUDO E ADEQUAÇÃO DOS PRINCIPAIS ELEMENTOS DO MODELO  
CANADENSE DE CONSTRUÇÃO EM *WOOD FRAME* PARA O BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, como requisito parcial a obtenção do título de Engenheira Civil.

Orientador: Prof. Dr. José Ilo Pereira Filho

**PATO BRANCO  
2014**

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **ESTUDO E ADEQUAÇÃO DOS PRINCIPAIS ELEMENTOS DO MODELO CANADENSE DE CONSTRUÇÃO EM *WOOD FRAME* PARA O BRASIL**

Por

**TAIARA APARECIDA ZAPARTE**

Este trabalho foi apresentado às 10:30 horas do dia 04 de 2014, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, este trabalho de conclusão de curso do curso de Engenharia Civil foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco – UTFPR-PB, conforme Ata de Defesa Pública nº 42-EST/2014.

---

Orientador: Prof. Dr. José Ilo Pereira Filho  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Caroline Angulski da Luz  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

---

Prof. Msc Normélio Vitor Fracaro  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

Dedico este trabalho a quem me iluminou  
durante toda essa caminhada, Deus!

## **AGRADECIMENTOS**

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, por disponibilizarem de profissionais tão comprometidos, cada um com suas responsabilidades: Diretores; Coordenadores; enfim, todos dignos de agradecimento, porque é manifesto que se empenharam a fazer o melhor pelos alunos.

Aos professores do Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela boa vontade em repassar os conhecimentos a seus alunos.

Reconhecimento e atenção especial ao Dr. José Ilo Pereira Filho, suas contribuições foram imprescindíveis para que este estudo alcançasse seus objetivos.

Aos colegas do Curso, por termos compartilhado esses anos de companheirismo e compartilhamento de informações.

A minha família e aos meus amigos, em especial ao Cleito Trembulak, pelo apoio e paciência.

A todos que direta ou indiretamente participaram dessa conquista, sem citar nomes, muito obrigada!

A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.

Albert Einstein

## RESUMO

ZAPARTE, Taiara Aparecida. Estudo e adequação dos principais elementos do modelo canadense de construção em *Wood Frame* para o Brasil. 83 fls. Monografia. (Curso de Engenharia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco, 2014.

Este trabalho apresenta um estudo dos principais elementos do sistema de construção canadense *wood frame*, para posteriormente avaliar quais destes são interessantes de se utilizar no Brasil e quais necessitam de adequação. A pesquisa se caracteriza como uma revisão bibliográfica com foco no manual *Canadian wood frame house construction* e apoio em livros internacionais, buscando servir de referência para projetistas e executores, visto que ainda existe pouco estudo nessa área no Brasil, e por isso a dificuldade de se encontrar informações na literatura brasileira. Este trabalho também aborda a questão sustentável do sistema *wood frame*, uma vez que o ramo da construção civil é um dos setores da economia que mais gera resíduo e conseqüentemente tem grande impacto no meio ambiente e na qualidade de vida das pessoas. Assim sendo, existe a necessidade de se pensar e estudar tecnologias mais sustentáveis. Por fim, o estudo mostrou que o sistema *wood frame* pode ser vantajoso em relação aos métodos comumente usados no Brasil, necessitando de poucas adaptações principalmente em relação aos painéis de fechamento e na escolha da estrutura de fundação.

**Palavras-chave:** *Wood Frame*, sustentabilidade, construção civil.

## **ABSTRACT**

ZAPARTE, Taiara Aparecida. Study and adaptation of the main elements of the Canadian model construction Wood frame for South Region of Brazil. 83 f. Monografia. (Curso de Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Pato Branco, 2014.

This work introduce a study of the main elements of Canadian wood frame construction system, to further assess which of these are interesting to use in Brazil and which require adaptation. The research is characterized as a literature review focused on the manual Canadian wood frame house construction and support in international books, seeking to serve as a reference for designers and performers, as yet there is little study in this area in Brazil, and therefore the difficulty of find information on Brazilian literature. This work also addresses the issue of sustainable wood frame system, since the construction industry is one of the sectors of the economy that generates more waste and therefore has great impact on the environment and quality of life. Thus, there is a need to further study and thought sustainable technologies. Finally, the study showed that the wood frame system may be advantageous in relation to methods commonly used in Brazil, requiring few adjustments especially regarding the closure panels and the choice of the foundation structure.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Cronograma da construção de uma casa simples em <i>wood frame</i> canadense.....	23
Figura 2	- <i>Basement Wall</i> .....	25
Figura 3	- Detalhe da Base da fundação.....	25
Figura 4	- Fundação: (a) <i>Basement wall</i> e arranque de barra de aço para fixação dos painéis; (b) Vigas I sobre o <i>basement wall</i> .....	26
Figura 5	- Planta de concepção do <i>basement wall</i> .....	26
Figura 6	- Sistema de drenagem do <i>Basement Wall</i> .....	27
Figura 7	- Entrada de água na fundação <i>Basement Wall</i> .....	27
Figura 8	- Detalhe do <i>Crawl Space</i> .....	28
Figura 9	- Esquema de montagem de uma parede estrutural.....	30
Figura 10	- Esquema das paredes estruturais.....	32
Figura 11	- Cobertura da parede de <i>wood frame</i> com OSB ou compensado.....	33
Figura 12	- Contraventamento externo com chapas de OSB.....	34
Figura 13	- Efeitos da carga de vento na estrutura: a) translação e b) tombamento.....	34
Figura 14	- Ligação entre as paredes e os pisos.....	36
Figura 15	- Exemplo de placa metálica fixadora do painel na fundação...	36
Figura 16	- Treliças com ressalto proporcionam maior espaço para o isolamento.....	38
Figura 17	- Tipos de Treliças pré-fabricadas comumente usadas no Canadá.....	39
Figura 18	- Tipos de Telhados inclinados comumente usados no Canadá	40
Figura 19	- Construção típica de um telhado de baixa inclinação.....	41
Figura 20	- Instalação das chapas de madeira na cobertura do telhado. Método Espaçado e Método Fechado.....	42
Figura 21	- Membrana protetora de beiral ( <i>Eave Protection</i> ).....	43

Figura 22	- Estrutura do telhado com telhas <i>Shingle</i> .....	44
Figura 23	- Telhas <i>Shingle</i> .....	45
Figura 24	- Sistema de ventilação no clima quente.....	46
Figura 25	- Sistema de ventilação, condensação e umidade.....	46
Figura 26	- Camadas do sistema <i>wood frame</i> .....	50
Figura 27	- Camadas do sistema <i>wood frame</i> .....	52
Figura 28	- Aplicação das tábuas de madeira.....	53
Figura 29	- Instalação do Siding Vinílico ao redor da janela.....	54
Figura 30	- Instalações Hidrossanitárias Wood Frame.....	55
Figura 31	- Instalações Elétricas <i>wood frame</i> .....	55
Figura 32	- Distribuição dos solos no Brasil baseado no Mapa de Solos do Brasil, atualizado.....	59
Figura 33	- Mapa das regiões potencialmente aptas para o cultivo de <i>Pinus</i> no Brasil.....	63
Figura 34	- Azulejo colocado sobre a placa de gesso.....	66
Figura 35	- Esquema da adaptação do Sistema <i>wood frame</i> canadense para o Brasil. Elementos definidos como melhor solução	74
Figura 36	- Exemplo das partes de uma casa em <i>wood frame</i> .....	75
Figura 37	- Parede externa.....	76
Figura 38	- Parede interna.....	76
Figura 39	- Telhado.....	77
Figura 40	- Elementos principais do sistema <i>wood frame</i> adaptado o Brasil.....	77

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	-	Requisitos para avaliação de peças estruturais em madeira....	64
Tabela 2	-	Métodos de avaliação para chapas de gesso.....	67
Tabela 3	-	Requisitos e normas para avaliação de placas cimentícias.....	68

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	15
1.2	FORMULAÇÃO DA QUESTÃO DE ESTUDO.....	15
1.3	OBJETIVOS.....	15
1.3.1	Objetivo Geral.....	15
1.3.2	Objetivos Específicos.....	15
1.4	JUSTIFICATIVA.....	15
1.5	ESTRUTURA.....	17
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>18</b>
2.1	HISTÓRICO.....	18
2.2	SUSTENTABILIDADE DO SISTEMA.....	18
2.3	VANTAGENS DA CONSTRUÇÃO <i>WOOD FRAME</i> .....	20
2.4	PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO.....	21
2.5	FUNDAÇÕES.....	23
2.5.1	<i>Basement Wall</i> .....	24
2.5.2	<i>Crawl Space</i> .....	28
2.5.3	<i>Radier</i> .....	29
2.6	PAREDES ESTRUTURAIS.....	29
2.6.1	Ancoragem.....	34
2.7	SISTEMA DE COBERTURA.....	37
2.7.1	Tesouras Pré-fabricadas.....	37
2.7.2	Telhado <i>Low-Slope</i> .....	40
2.7.3	Subcobertura.....	41
2.7.3.1	Proteção do beiral.....	42
2.7.4	Cobertura.....	44
2.8	FECHAMENTO.....	47
2.8.1	Controle da Entrada de Água.....	47
2.8.2	Controle da Entrada de Ar.....	48
2.8.3	Controle da Difusão de Vapor.....	49
2.8.4	Controle do Fluxo de Calor.....	49
2.8.5	Painéis OSB.....	50
2.8.6	Revestimento Interno.....	52
2.8.7	Revestimento Externo.....	53
2.9	INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS E ELÉTRICAS.....	54
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>56</b>
<b>4</b>	<b>ADEQUAÇÃO DOS PRINCIPAIS ELEMENTOS DO SISTEMA <i>WOOD FRAME</i> CANADENSE PARA O BRASIL.....</b>	<b>57</b>
4.1	FUNDAÇÕES.....	57
4.1.1	<i>Basement Wall</i> .....	57
4.1.2	<i>Crawl Space</i> .....	61
4.1.3	<i>Radier</i> .....	61
4.1.4	Sapata Corrida.....	61
4.2	ESTRUTURA.....	63
4.3	PAREDES.....	66
4.3.1	Painéis OSB Estrutural.....	66

4.3.2	Revestimento Interno.....	66
4.3.3	Revestimento Externo.....	68
4.4	MEMBRANAS.....	70
4.5	CONTROLE DO FLUXO DE CALOR.....	71
4.6	COBERTURA.....	74
<b>5</b>	<b>ANÁLISE E RESULTADOS.....</b>	<b>75</b>
5.1	SUSTENTABILIDADE.....	79
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>81</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>83</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Ao analisar o cenário mundial se observa a redução de recursos naturais essenciais à vida humana, isso acontece, dentre outros motivos, devido ao desperdício em escala exponencial desses materiais tão importantes. Assim, a sociedade se depara com a necessidade de obter mudanças nos hábitos de consumo e pesquisar soluções inteligentes para que a sustentabilidade faça parte do cotidiano de forma natural e viável.

O Relatório de Brundtland (1987) definiu sustentabilidade como “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”.

Matos (2008) corrobora considerando que lentamente o homem se conscientiza do seu impacto sobre o mundo e a diminuição dos recursos naturais, e percebe que é preciso mudar seu modo de vida. Atualmente se consome 25% a mais do que o planeta tem capacidade de renovar. Em alguns locais do mundo já surgem às consequências como falta de água, poluição urbana, aquecimento global e esgotamento de outros recursos naturais. Para que isso mude, é preciso trazer para o cotidiano soluções sustentáveis que gerem menor impacto ambiental.

Tal definição e afirmação exemplifica a amplitude da importância de temas como este, e a definição de sustentabilidade pode ir além, ao citar a necessidade de redução da produção excessiva de resíduos.

Ao se analisar as atividades de forte impacto no Brasil, percebe-se que a construção civil é um dos setores que mais gera resíduo. Grande parte da produção é descartada de forma irregular, conseqüentemente sem reaproveitar os materiais e poluindo o meio. Desperdiçar materiais, seja na forma de resíduo, seja sob outra natureza, significa desperdiçar recursos naturais, o que coloca a indústria da construção civil no centro das discussões na busca pelo desenvolvimento sustentável nas suas diversas dimensões (SOUZA et al., 2004).

Diante desse contexto, nasce a necessidade de desenvolver sistemas que sejam mais eficientes e agredam menos o meio ambiente. Aqueles, que podem ser interessantes diante de outras conjunturas também, podendo atender favoravelmente quesitos econômicos e de conforto. Uma vez que, um sistema

sustentável pode agregar vantagens que vão muito além da preservação ambiental.

Uma alternativa que vem ganhando destaque e que podem ser aplicada na construção civil é o sistema *Wood Frame*, que é o assunto desse trabalho. Este método é muito utilizado em países como o Canadá. É um sistema construtivo muito eficiente que é apoiado em diversas pesquisas e se tornou referência tecnológica na construção civil.

O sistema *Wood Frame* de Construção é definido, segundo Molina e Calil Junior (2010), como 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 o conforto térmico e acústico, além de proteger a edificação das intempéries e também contra o fogo.

No Canadá esta tecnologia é utilizada em mais de 95% das casas construídas, tal dado, tem como uma das razões as grandes vantagens oferecidas por esse método (CALIL JUNIOR, MOLINA; 2010).

As vantagens desse sistema vão muito além da questão sustentável, pois é uma construção que trabalha com materiais que proporcionam isolamento térmico e acústico, minimizando custos com aquecimento e refrigeração; é capaz de atender ou exceder os níveis estabelecidos nas normas de segurança contra incêndio e controle de som e ainda, de acordo com Stricklin et al., (1996) construções residenciais de até dois pavimentos que utilizam o sistema *Wood Frame* são mais econômicas.

Igualmente, tal tecnologia pode ser adaptada aos mais diversos climas e regiões. Assim uma vez que, é de interesse desta pesquisa que esse sistema seja adaptado para que funcione tão bem no Brasil quanto no Canadá. Para que isso aconteça, é preciso complementar e/ou adicionar alguns elementos a esse método construtivo, de forma a se adaptar às características locais e aos materiais construtivos disponíveis.

Tendo em vista o exposto, este trabalho tem como objetivo responder o seguinte questionamento: como adequar o método de produção canadense *wood frame* ao Brasil, tendo em vista as condições técnicas da região, bem como a disponibilidade dos principais materiais utilizados.

## 1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Estudo do sistema *wood frame*, modelo canadense, para o Brasil, com o propósito de adequar este método a região em estudo.

## 1.2 FORMULAÇÃO DA QUESTÃO DE ESTUDO

O sistema de construção canadense pode ser utilizado no Brasil sem a necessidade de grandes adaptações?

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho realizado foi estudar o sistema *wood frame* canadense, para adequá-lo ao Brasil, dando enfoque aos principais elementos e as possíveis mudanças nos materiais que os compõem.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Estudar, detalhadamente, o sistema construtivo *Wood Frame* empregado no Canadá, país onde é amplamente utilizado;
- Pesquisar quais elementos do sistema *wood frame* canadense precisariam ser modificados para se adaptarem ao Brasil, formulando um esquema ideal do método para a região em estudo;

## 1.4 JUSTIFICATIVA

A Agenda 21 (1992) define construção sustentável como “um processo holístico com o objetivo de restaurar e manter a harmonia entre os ambientes naturais e construídos, criar assentamentos que afirmem a dignidade humana e incentivar a igualdade econômica”. Nesse sentido, os quesitos da sustentabilidade se ampliam e ultrapassam o foco ambiental, incluindo também os campos social, cultural e econômico. Para tal, uma construção sustentável baseia-se no uso de matérias locais, não tóxicos, com baixa energia incorporada, que eliminam o mínimo

de resíduos, compondo sistemas facilmente construídos (CIB, UNEP-IETC, 2002, p. 18).

Sistemas construtivos como o *Wood Frame*, quando feitos de forma correta, atendem aos requisitos de uma construção sustentável, e são mais bem visto nesta questão se comparado ao método de construção em alvenaria. Uma vez que, torna as obras mais eficientes energeticamente e tende até ser mais viável economicamente, racionalizando recursos essenciais a vida humana e usando materiais energitêrmicos como a madeira.

Coligado a esse processo esta a função térmica, que ajuda no quesito sustentabilidade. Dado que tem como consequência uma economia de energia interessante, tanto no processo construtivo das casas, como após a sua ocupação, gerando redução na utilização de equipamentos de ventilação mecânica que possuem um grande gasto de eletricidade. A função térmica do sistema *Wood Frame* também promove uma maior comodidade aos usuários, aliando bem estar à funcionalidade.

Entretendo, tais métodos necessitam de adequações, pois vivemos em um planeta que possui uma variação cultural, climática e econômica muito significativa, por isso, um sistema construtivo precisa se adaptar a região em que será utilizado, para que se torne atrativo. Assim sendo, observa-se a importância que terá o estudo de adequação de um método, que é amplamente utilizado no Canadá pela sua eficiência, para as pessoas da região o Brasil, local que este trabalho tem como foco.

A citação abaixo mostra a importância da frequente elaboração de sistemas mais viáveis para a população:

O homem, valendo-se de suas capacidades, procura conhecer o mundo que o rodeia. Ao longo dos séculos, vem desenvolvendo sistemas mais ou menos elaborados que lhe permitem conhecer a natureza das coisas o comportamento das pessoas (GIL, 2008, p. 20).

Esse trecho exemplifica um dos motivos desse trabalho: utilizar os conhecimentos adquiridos ao longo da graduação para beneficiar as pessoas, pesquisando e melhorando os sistemas utilizados pela população, para evoluir como sociedade e como ser humano. Assim como, trabalhar em prol de um mundo mais sustentável e menos autodestrutivo.

## 1.5 ESTRUTURA

Este trabalho está dividido em seis capítulos, onde o primeiro irá abordar uma apresentação do sistema abordado e uma perspectiva de problemática a ser resolvida, e os objetivos gerais e específicos.

No segundo capítulo apresenta-se a fundamentação teórica com temas direcionados a construção civil. Aborda-se o sistema *wood frame*, seus principais elementos, conceitos e outras informações.

Já o terceiro capítulo é uma continuidade do estudo que se iniciou no capítulo anterior, nele estarão descritos os elementos do sistema canadense e sua possível utilização na região de estudo, e também, contém alternativas consideradas mais interessantes para o do Brasil.

No quarto capítulo abordará a análise do estudo e a apresentação dos materiais escolhidos para compor um formato ideal do sistema *wood frame* para o Brasil.

Por fim, no último capítulo estarão descritos os resultados e as considerações finais da pesquisa discriminada nesse trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 HISTÓRICO

O termo *Wood Frame* deriva das técnicas de construção que utilizam estrutura de madeira tratada como sua principal composição.

Tal sistema nasceu nos Estados Unidos após a colonização europeia. Esta, que trouxe sua experiência no manuseio de peças em madeiras, que foi aliado ao fato de ter muitas florestas à disposição.

Com a Revolução Industrial as técnicas de produção de peças em madeira ficaram mais elaboradas, podendo se fabricar perfis bem variados.

Não existe uma data exata considerada como o início das construções com esse sistema, entretanto pesquisas apontam a igreja de santa Maria em Chicago (Estados Unidos da América), construída por volta de 1833, como a primeira obra em *wood frame*. A partir de então, as construções, realizadas com este sistema, foram crescendo e se expandindo para outros lugares dos Estados Unidos.

A partir da Segunda Guerra Mundial, o sistema *Wood Frame* ganhou mais força, já que, era preciso suprir a necessidade do déficit habitacional. Com o passar do tempo esse método foi se aperfeiçoando e se adequando oficialmente com legislação que regulamentava o processo construtivo. Tornando-se assim, uma solução que se disseminou para diversos países.

Por ser um sistema que torna a habitação mais rápida, sustentável e confortável, tornou-se amplamente difundido no Canadá, onde a grande maioria das habitações é feitas com esse método.

A prática do *Wood Frame* no Brasil é recente, cerca de 10 anos, e em uma escala produtiva muito menor do que no Canadá. Um dos principais fatores que justificam tal fato é a questão cultural, mas com o tempo isso certamente será mudado, devido as grandes vantagens oferecidas por esse método.

### 2.2 SUSTENTABILIDADE DO SISTEMA

A construção civil é o setor das atividades humanas que mais consome recursos naturais e que utiliza grande parte da energia produzida no Brasil, situação que gera consideráveis impactos ao meio ambiente.

Além da questão energética, a construção civil é um dos ramos da economia que mais gera resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Essa situação interfere na qualidade do meio ambiente e, conseqüentemente na vida das pessoas.

Ao se observar os impactos que a construção causa no meio, surgiu a necessidade de realizar pesquisas para se obter novas tecnologias que façam este setor mais favorável ao meio ambiente.

Para uma edificação ser considerada amiga do meio ambiente, ela precisa atender a alguns critérios, como:

- Uso de materiais que contribuam para o conforto térmico-acústico;
- Racionalização de materiais;
- Geração de menos resíduos;
- Eficiência energética;
- Uso de tecnologias e produtos que não agredam o meio ambiente.

O sistema *wood frame* tem uma grande vantagem quando comparado ao método em alvenaria, devido ao fato dele conseguir atender a todos os critérios citados acima.

Ademais, cabe ressaltar que o sistema *wood frame* tem como principal material a madeira, e apesar dela ainda ser relacionada com o desmatamento e com a ideia errônea que não é sustentável, é o único material renovável, cuja produção é não poluente e tem baixo custo energético, além de ser responsável pela retirada de grande parte do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) do ar.

No Canadá a madeira utilizada na construção de casas em *wood frame*, é oriunda de florestas replantadas, e precisa seguir diversos critérios para obter a certificação necessária para ser comercializada. Além disso, nesse país o método em *wood frame* é planejado desde o início para seguir aos requisitos sustentáveis, já que é fundamental gerir todo o processo de produção para que o produto final seja realmente eficiente.

O exposto demonstra que o processo *wood frame* realizado no Canadá é um exemplo interessante para o Brasil se espelhar, desde que seja avaliado o contexto do local onde o processo irá ser implantado, para que o conceito inicial de sustentabilidade aliado ao método *wood frame* realmente funcione.

### 2.3 VANTAGENS DA CONSTRUÇÃO *WOOD FRAME*

Esse sistema, da mesma maneira que outros métodos construtivos inovadores, precisam passar por análise de desempenho estabelecidos por normas. Como no Brasil ainda não existe uma NBR (norma brasileira) específica, os testes de dimensionamento podem ser baseados em normas internacionais, como a EUROCODE 5 (norma europeia), que muito se assemelha às normas do Brasil.

Em 2011, o Sistema Nacional de Avaliações Técnicas do Ministério das Cidades, desenvolveu a Diretriz Sinat 005, que, com base em normas brasileiras e internacionais, realizou ensaios de desempenho do sistema construtivo *wood frame*. Avaliando posteriormente as características dos componentes quanto ao desempenho estrutural, segurança contra incêndio, estanqueidade à água, desempenho térmico e acústico, durabilidade e manutenibilidade, resistência à exposição de raios ultravioletas – componentes de acabamento externo.

A partir dessa diretriz, algumas empresas brasileiras começaram a realizar inúmeras pesquisas na área, para poder avaliar as vantagens e a viabilidade da implantação do sistema *wood frame* no Brasil.

Um das empresas pioneiras nesse setor, foi a construtora Roberto Ferreira, que em conjunto com o grupo i Verde elaborou e executou, em 2012, o projeto de 280 habitações unifamiliares em Pelotas/RS.

Conforme reportagem da Maryana Giribola (2014), a construtora Roberto Ferreira fez um levantamento dos custos dessa obra. Onde comparou as residências similares construídas em alvenaria com as executadas em *wood frame* na cidade de Pelotas, e verificou que este sistema possibilitou reduzir o projeto em até 15%. Ainda, de acordo com a empresa, a matéria-prima do *wood frame* é 5% mais cara do que a de alvenaria, entretanto é compensado no custo da mão de obra, que é muito menor.

A partir desse exemplo, pode-se observar uma das vantagens do *Wood Frame*, a economia da construção, bem como a menor necessidade de mão de obra, ponto relevante se analisarmos o mercado brasileiro da construção civil, onde a dificuldade de encontrar trabalhadores qualificados é enorme.

O manual canadense *Canadian Wood-Frame House Construction*, cita outras vantagens do sistema *wood frame*, quando bem projetado e executado. São

elas:

- Fácil e rápido para construir e reformar;
- Durável;
- Construído a partir de um recurso renovável (madeira), um isolante natural que é fácil de isolar e minimizar os custos de aquecimento e refrigeração;
- Forte, leve e flexível, usando ferramentas básicas e elementos de fixação;
- Facilmente reforçado para suportar ventos extremos e cargas sísmicas;
- Adaptável a todos os climas que variam de quente e úmido para climas extremamente frios;
- Capaz de atender ou exceder os níveis estabelecidos de código de segurança contra incêndio e controle de som.

## 2.4 PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO

A fase de planejamento é definida como pré-construção, onde são desenvolvidos todas as plantas e detalhamentos, definidos todos os custos, e providenciado o cronograma da obra (KESIK et al., 1997).

A fase de planejamento de uma obra que utilizará o sistema *wood frame*, deve ser tão ou mais pensada que uma construção em alvenaria. As decisões tomadas nessa fase implicarão nos resultados futuros.

O planejamento se dá início após a elaboração dos projetos arquitetônico, elétrico, estrutural, hidráulico.

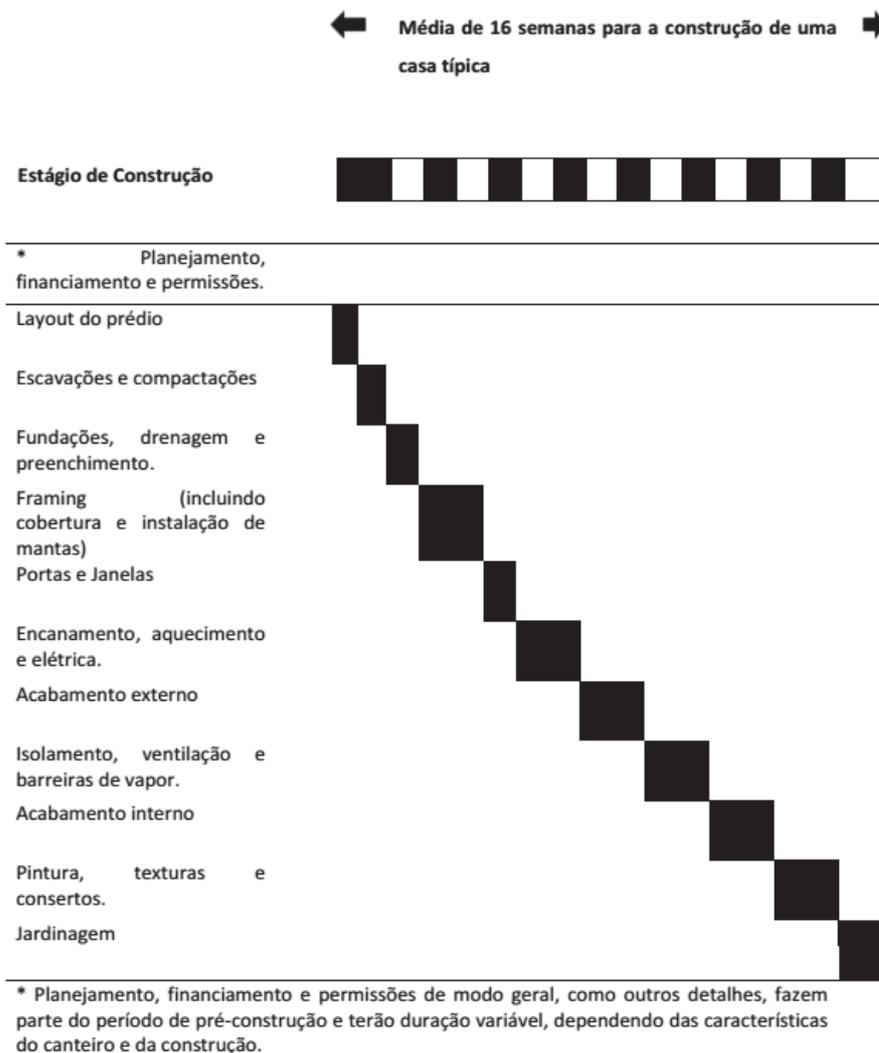
É preciso identificar dimensões do imóvel, número de andares, altura, localização, tipo de sistema de aquecimento e acústico (se houver), para dar início ao planejamento do processo. Estes detalhamentos se fazem importantes para organizar um processo construtivo mais adequado e fazer o orçamento.

A análise desses projetos faz com que o engenheiro crie um cronograma e uma metodologia de trabalho, de forma que a obra seja otimizada da melhor maneira possível, criando soluções para eventuais problemas, como, por exemplo, a fundação do local a ser realizada a construção; se o sistema *wood frame* é interessante para tal obra, ou se é necessário a escolha de outro método construtivo etc.

Devido à grande variedade do estilo e tamanho, as construções das casas

podem ser diferentes, mas certos princípios básicos se aplicam a todas. O tempo de construção, por exemplo, depende de fatores múltiplos, especialmente o tamanho e complexidade da edificação. No sistema *wood frame* o tempo necessário para a construção diminuiu, na maioria dos casos, devido a introdução de produtos como painéis compensados, painéis de partículas orientadas (OSB) e placa de gesso; componentes pré-fabricados como, vigas de madeira, janelas e portas. Para casas de tamanho médio, cerca de 16 semanas, são necessário do início ao fim. Para casas mais complexas, podem ser necessárias 18 ou mais semanas (Canadian wood frame-house construction, 2010).

A Figura 1 representa um cronograma de uma casa em *wood frame* de



tamanho médio.

**Figura 1 – Cronograma da construção de uma casa simples em Wood Frame canadense.**

Fonte: Adaptado de **Canadian Wood-Frame House Construction (2005)**

Deve-se ressaltar a necessidade de desenvolver e analisar um projeto estrutural cuidadosamente. Entretanto, um projeto estrutural correto por si só não garante que a casa construída seja entregue com qualidade e durabilidade. As etapas na construção devem ser devidamente planejadas, coordenadas e executadas para atingir o objetivo esperado (CANADIAN WOOD COUNCIL, 2000).

## 2.5 FUNDAÇÕES

O sistema *wood frame* pode ser construído sobre qualquer tipo de fundação, em razão de ser uma estrutura leve e mais estável do que as de alvenaria, pois as cargas são distribuídas em todas as paredes e não em pontos concentrados, tornando a estrutura hiperestática. Desse modo, o risco de ruptura se torna menor do que as construções mais rígidas, que não permitem nenhuma movimentação.

Devido à rigidez das paredes e pisos nos seus planos, o *wood frame* tem grande capacidade de resistir aos esforços de vento, diferente dos sistemas construtivos de casas de madeira utilizados no Brasil. Com os esforços horizontais, a parede é solicitada perpendicularmente ao seu plano, resultando em esforços de flexão nos montantes e nas chapas de OSB. Essa parede transfere esses esforços para os pisos inferior e superior, que receberão esses esforços como carga distribuída (SACCO, 2010, p.11).

No Canadá as fundações são feitas basicamente de três tipos, o *basement wall* (estruturas subterrâneas de paredes), *crawl space* e *radier*.

### 2.5.1 Basement Wall

No Canadá, onde o inverno costuma ser rigoroso e a queda de neve constante, a fundação mais utilizada das casas em *wood frame* é composta por estruturas subterrâneas de paredes, tecnicamente chamadas de *basement wall*. Este e tipo de fundação forma compartimentos abaixo do nível do solo (com pelo menos 60 cm ou 2 pés), que servem para aumentar a temperatura das casas, já que nesta cota o congelamento não afeta o conforto térmico dos cômodos subterrâneos.

Segundo Nanami et al. (1998), as dimensões do *basement wall* levam em consideração, além de outros fatores, a ventilação no compartimento subterrâneo. O *basement wall* sustenta cargas de piso, paredes, telhados e outras cargas da

construção, e pode ser construído tanto em madeira como em concreto.

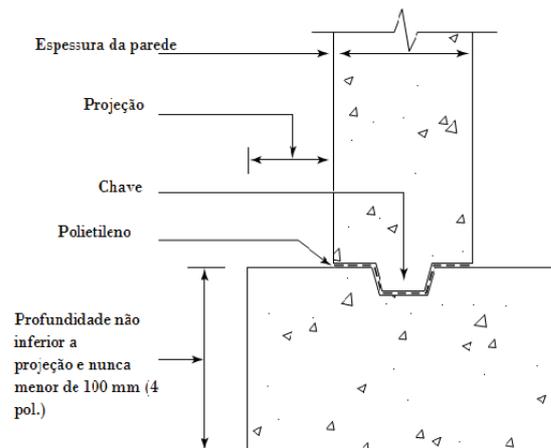
Neste tipo de fundação, também é muito comum a utilização de vigas de madeira com seção I (Figura 2) sobre o *basement wall* para a sustentação e distribuição das cargas provenientes da edificação. A transmissão das cargas verticais, neste caso, acontece de forma não concentrada o que torna a fundação uma etapa bastante rápida e econômica (CALIL JUNIOR; MOLINA, 2010).

Esse tipo de construção em contato no subsolo torna a casa isolada termicamente, mantém a madeira afastada da umidade (advinda do solo) e ainda, pode servir como porão.



**Figura 2 – *Basement Wall*.**

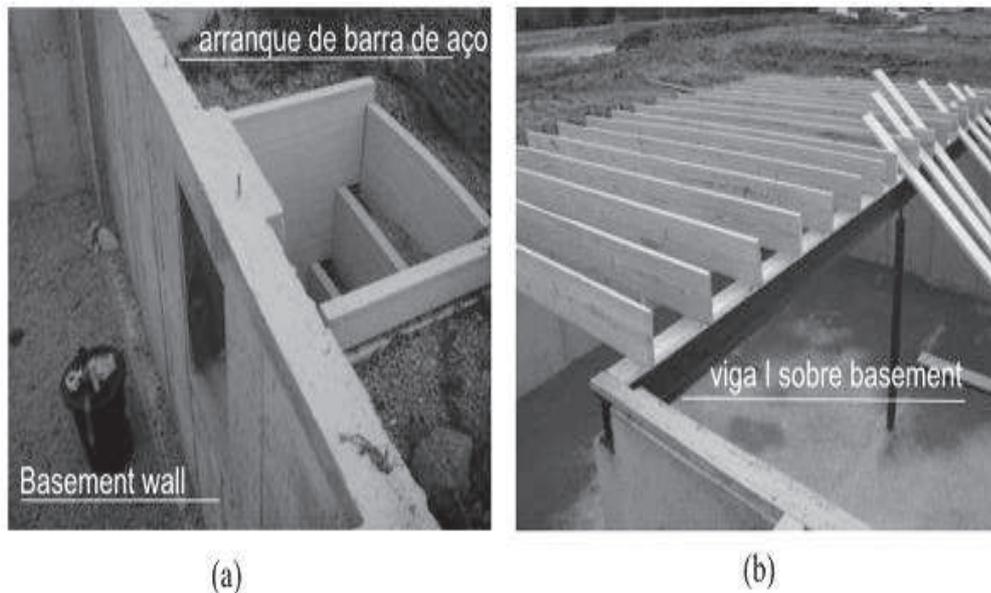
**Fonte:** <http://www.arangoinsulation.com/basement-wall-insulation.html>(2014)



**Figura 3 – Detalhe da Base da fundação.**

Fonte: Adaptado de *Canadian Wood-Frame House Construction (2005)*

A Figura 5 mostra os detalhes do *basement wall* e dos arranques de barras de aço para fixação dos painéis de OSB que compõem a parede da construção em *wood frame*



**Figura 4 – Fundação: (a) *Basement wall* e arranque de barra de aço para fixação dos painéis; (b) Vigas I sobre o *basement wall*.**  
Fonte: Calil Junior; Molina (2010)

A Figura 5 (planta de concepção do *Basemet Wall*) mostra os diversos fins

que esse tipo de fundação pode ter, além da função estrutural. Pode ser utilizada como depósito, banheiro, sala de televisão, cozinha e etc.

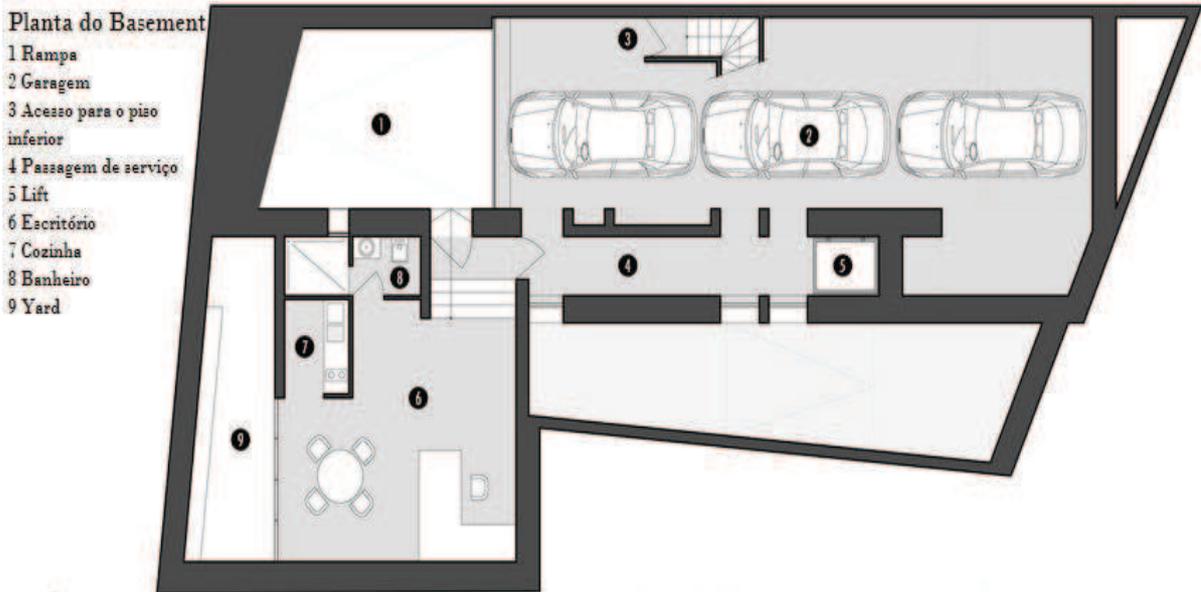
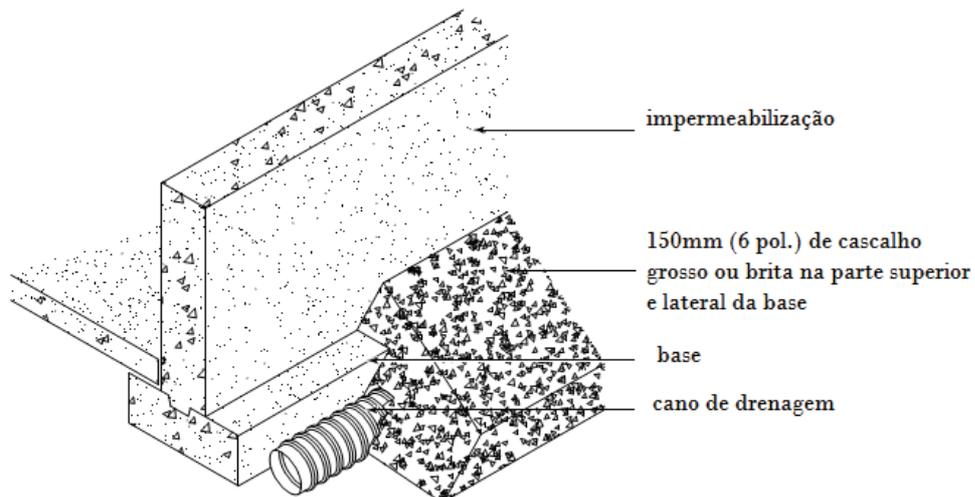


Figura 5 – Planta de concepção do *basemet wall*.

Fonte: <http://www.archdaily.com.br>(2014)

Um ponto importante na fundação, no *Basement Wall* e também no *Crawl Space*, fundação que será mencionada no próximo item, é a drenagem. Esta que consiste normalmente em um tubo de drenagem instalado em torno do perímetro do porão.



**Figura 6 – Sistema de drenagem do *Basement Wall*.**

Fonte: Adaptado de *Canadian Wood-Frame House Construction* (2005)

Uma boa impermeabilização do perímetro da fundação em *Basement Wall* é imprescindível, já que a alta pressão hidrostática do lado externo da fundação pode fazer com que a água escoe através das paredes sólidas do concreto, essa força também irá fazer com que a água vaze pela junta que fica entre o piso e a parede. As rachaduras que se formam nas paredes também fornecem caminhos para que a água entre no porão (Figura 7).



**Figura 7 – Entrada de água na fundação *Basement Wall*.**

Fonte: <http://www.basementsystems.com/>(2014)

### 2.5.2 *Crawl Space*

Esse tipo de fundação é feita com pilaretes que ficam cerca de 1,5 metros de altura, cota em relação ao solo. A casa é construída acima do nível do solo permitindo um espaço entre o mesmo e o assoalho da casa. Um *crawl space* é acessível a partir dos lados ou através de uma porta no piso da casa.

Alguns *crawls spaces* são de concreto, mas, também se pode construir com blocos de concreto. Os *crawls spaces*, precisam ter uma abertura para ventilação, caso contrário, a casa pode sofrer com a umidade vinda do solo (Figura 8). Por tal motivo, geralmente se usa uma barreira de vapor, para evitar consequências desagradáveis como alergias, mau odor, deterioração da madeira utilizada no piso etc.

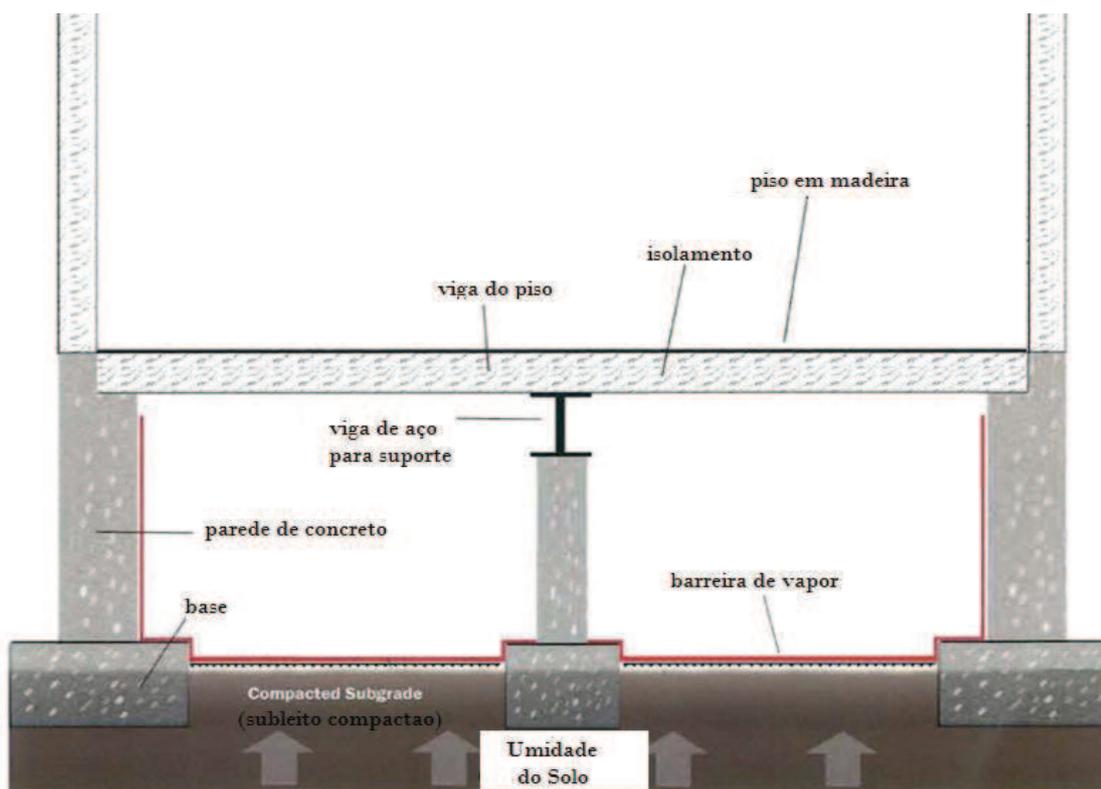


Figura 8 – Detalhe do *Crawl Space*.

Fonte: <http://www.greenmountainbasementsolutions.com/>(2014)

### 2.5.3 Radier

A NBR 6122 (1996) define radier como: “Elemento de fundação superficial que abrange todos os pilares da obra ou carregamentos distribuídos”, e fundação superficial como:

Elementos de fundação em que a carga é transmitida ao terreno, predominantemente pelas pressões distribuídas sob a base da fundação, e em que a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação (NBR 6122, 1996).

A construção do radier feito no Canadá segue a mesma dinâmica do feito no Brasil, com a diferença dos cálculos de dimensionamento que seguem as normas de cada país.

Na maioria dos casos, o radier é feito de concreto armado, pelo fato de precisar suportar pequenas cargas advindas das construções em *wood frame*, que

genericamente, são casas ou edifícios baixos.

A preparação do solo é um ponto muito importante quanto à utilização do radier, é preciso garantir uma drenagem adequada, uma vez que altas diferenças de umidade podem ser catastróficas para as fundações em radier, porque ela pode rachar e quebrar o concreto (WAGNER, 2009).

Como a superfície do radier é lisa e homogênea, ela possui a função de contrapiso. Quando pronto, o revestimento pode ser colocado sobre ele, do mesmo modo que os perfis de madeira.

A instalação elétrica e hidráulica da edificação, que passará pelo solo, deve ser instalada antes de ser executado esse tipo de fundação (SACCO, 2010).

## 2.6 PAREDES ESTRUTURAIS

O *wood frame*, como já dito anteriormente, é um sistema de construção estruturado com peças de madeiras, dispensando o uso de pilares e vigas. São basicamente painéis de madeira preenchidos por material isolante. As chapas recebem tratamento para impermeabilidade e são revestidas por materiais como placa cimentícia (lado externo) e placas de gesso (lado interno). Estes materiais variam de acordo com o planejamento da obra e necessidade do usuário. O trecho que segue dá continuidade a essa explicação:

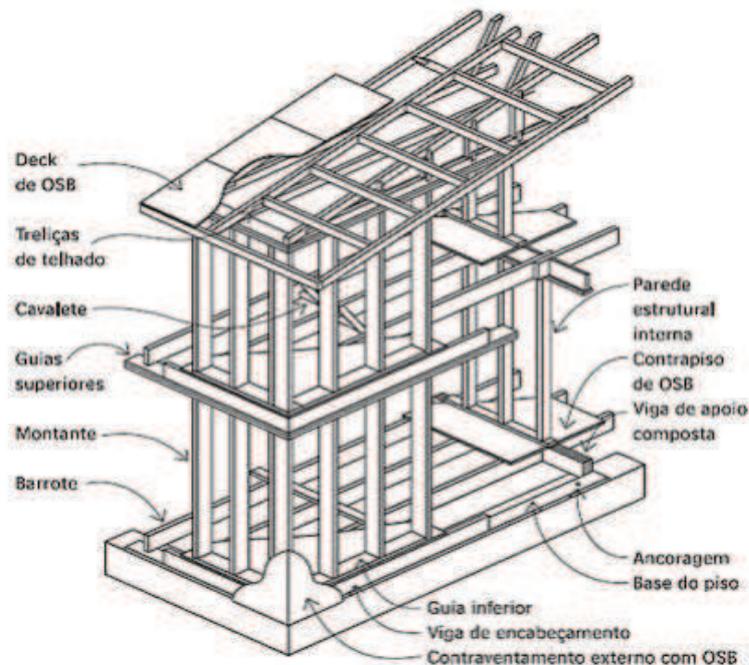
O sistema é composto basicamente por paredes portantes que são o suporte para a primeira plataforma ou piso. O conceito é de que a plataforma trava os apoios e faz o contraventamento horizontal da estrutura. A partir daí novos painéis de paredes portantes são levantados sobre a plataforma e, assim sucessivamente, até o telhado, podendo usualmente serem construídas obras de até quatro pavimentos, sem mudanças muito significativas no método prescrito (SACCO, 2010, p. 12 ).

Numa construção em *wood frame* as paredes são fabricadas na indústria e depois levadas para serem montadas *in-loco*.

As paredes são compostas de perfis de madeira que trabalham juntamente com os painéis OSB estruturais, para poderem então, resistir às cargas verticais (telhados e pavimentos) e perpendiculares (ventos), e então transmiti-las até a fundação.

O comportamento estrutural do *Wood Frame* assemelha-se muito ao da alvenaria estrutural. No *Wood Frame*, cada elemento recebe esforços de

diferentes naturezas, sempre conjugados com outros elementos. Além disso, as estruturas em *Wood Frame* apresentam redundância e hiperestaticidade. Já as estruturas convencionais em madeira, tipo treliças entalhadas ou sistemas pilar-viga, são geralmente isostáticos, podendo ruir se um único elemento falhar (SACCO, 2008, p. 2).



**Figura 9 – Esquema de montagem de uma parede estrutural.**

Fonte: Revista Techne (2008)

O esqueleto estrutural do *Wood Frame* é constituído por pilaretes de madeira, chamados de *studs* no Canadá, conhecido no Brasil como montante. Estes fazem a ligação dos membros verticais da parede (painéis OSB estrutural). O *studs* são apoiadas em uma guia de fundo, também de madeira, que, por sua vez, suporta a placa de topo (figura 3). Segundo o *Canadian Wood-Frame House Construction*, os pilaretes de madeira são de 38 x 89 milímetros (2 x 4 pol. Nominal) ou 38 x 140 mm (2 x 6. nominal) e geralmente espaçados 400 milímetros (16 pol.). Este espaçamento pode ser alterado a 300 ou 600 mm (12 ou 24 pol.), dependendo da carga e as limitações impostas pelo tipo e espessura da parede.

Sob as guias inferiores, possui uma viga (também de madeira) para a estrutura ser fixada nela e posteriormente ancorada no piso.

Vergas são membros horizontais, também em madeira, colocados sobre as

janelas, portas e outras aberturas para transferir as cargas para as paredes do lado da abertura, fazendo com que esta não sofra flambagem. (figura x)

No Canadá (para o sistema *wood frame*), essas vergas são construídas de, pelo menos, duas peças de 38 mm (2 pol.) nominal ,pregadas em conjunto para formar uma unidade.

Um isolamento rígido geralmente é usado como um espaçador entre os membros para fazer a verga da mesma espessura que o enquadramento da parede. Já a profundidade é determinada pela largura da abertura e cargas verticais suportadas.

Para as ligações entre os elementos estruturais no painel são utilizados parafusos, sendo que estes elementos metálicos de fixação, devem necessariamente ser galvanizados, uma vez que deverão ter longa vida de serviço. No *wood frame* são utilizados pregos do tipo ardox ou do tipo anelado que dificultam o arrancamento, especialmente em madeiras macias (coníferas) comumente encontrada nos painéis em *wood frame* (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010).

No Canadá a madeira que é utilizada para compor a estrutura deve ser classificada com selos devidamente certificados e não possuir teor de umidade maior que 19%.

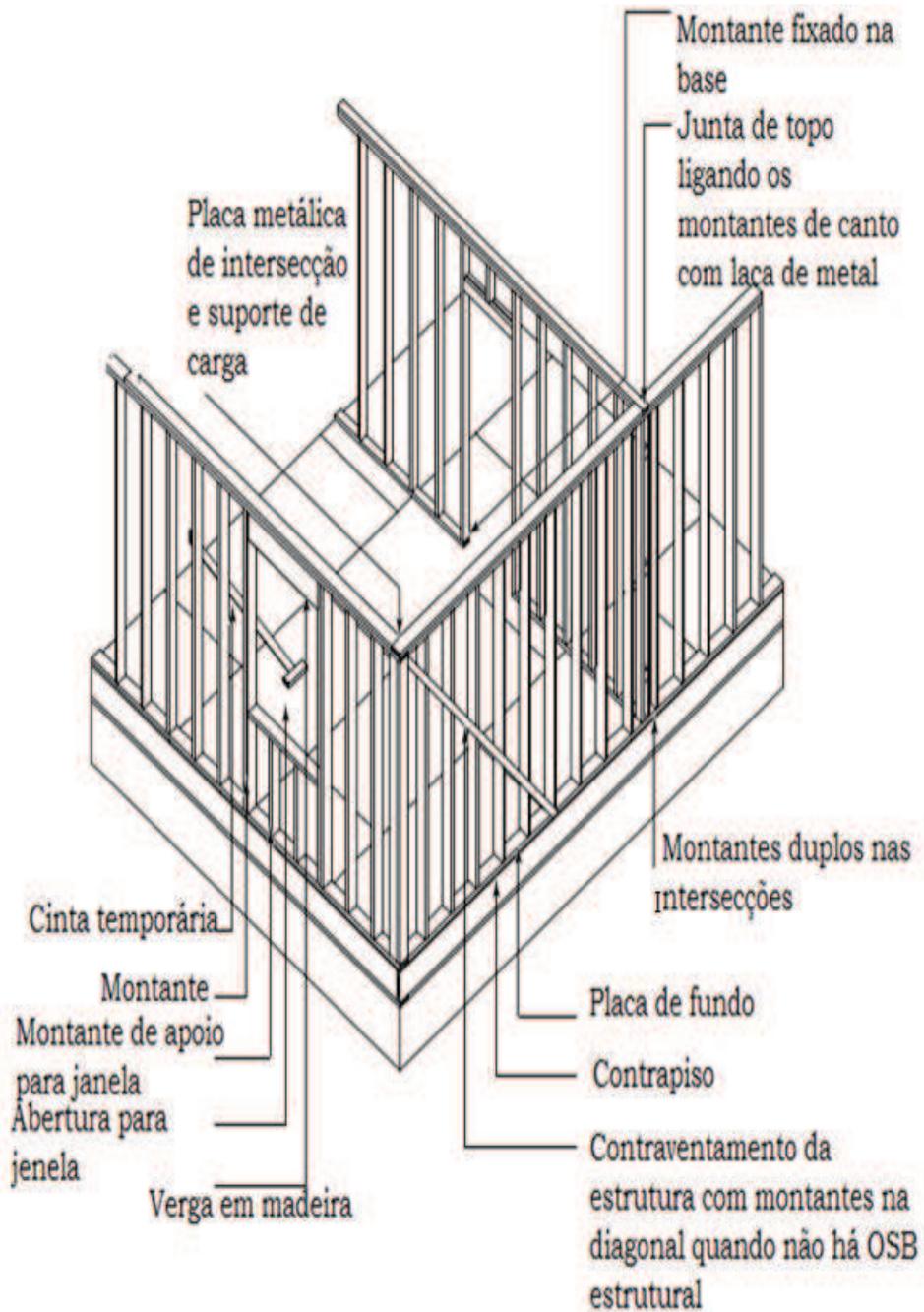
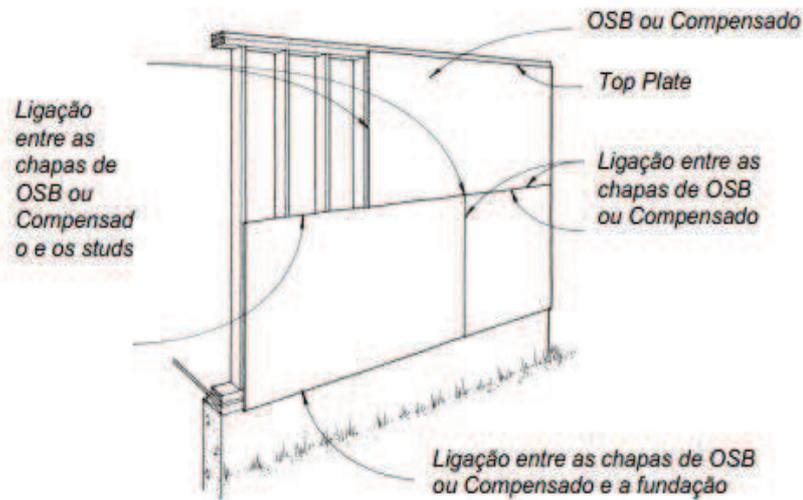


Figura 10 – Esquema das paredes estruturais.

Fonte: Adaptado de Canadian Wood-Frame House Construction (2005)

A Figura 11 mostra a fixação das chapas OSB estrutural nos *studs*.



**Figura 11 - Cobertura da parede de *wood frame* com OSB ou compensado.**

Fonte: Thallon (2008)

Um ponto importante é a resistência que as paredes estruturais do *wood frame* devem ter. Isoladamente os montantes não são capazes de resistir aos esforços horizontais que solicitam a estrutura. Estes podem fazer com que a estrutura perca estabilidade, causando deformações na mesma e até seu colapso.

Para que tal situação seja evitada deve se prover a estrutura de ligações rígidas ou de elementos capazes de transferir esses esforços para as fundações.

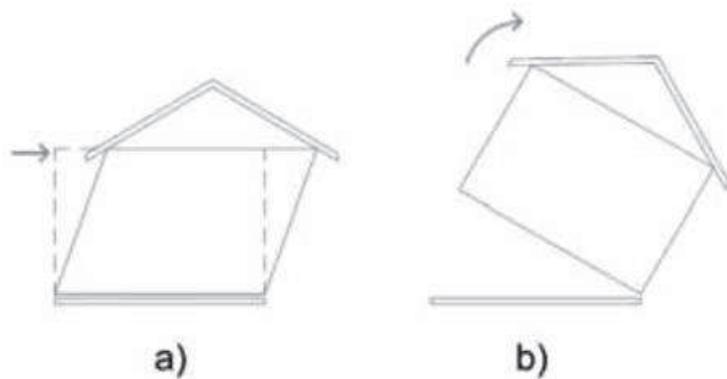
O contraventamento nos painéis, combinado ao diafragma rígido no plano de piso que atua transmitindo os esforços aos painéis contraventados é um exemplo de solução. Outro tipo de combinação que proporciona estabilidade a estrutura é o fechamento desta com placas que funcionem como diafragmas rígidos no plano vertical (painéis), as placas mais utilizadas são as de OSB estrutural ( que será mencionado mais adiante neste trabalho).



**Figura 12 – Contraventamento externo com chapas de OSB**  
Fonte: Revista Thécne (2011)

### 2.6.1 Ancoragem

Para evitar o movimento da edificação devido ao vento, a superestrutura deve ser firmemente ancorada na fundação. Esses movimentos podem ser de translação, que é uma ação onde o edifício se desloca lateralmente, ou tombamento, este que é uma elevação da estrutura em que a rotação pode ser causada por assimetria na direção dos ventos que atingem a edificação (SCARFF, 1996).



**Figura 13 – Efeitos da carga de vento na estrutura: a) tranlação e b) tombamento.**  
Fonte: Scarff (1996)

A escolha da ancoragem mais eficiente para a edificação vai depender do tipo de fundação utilizada e das solicitações que ocorrem na estrutura devido as cargas, condições climáticas e ocorrência de abalos sísmicos. Deste modo, o tipo de ancoragem, suas dimensões e espaçamento serão definidos a partir do dimensionamento estrutural.

Os painéis que formam as paredes do sistema *wood frame* devem serem fixados diretamente nas fundações. A amarração das estruturas de madeira deve ser feita com barras de ancoragem, cintas embutidas ou ganchos, e esses materiais metálicos devem ser galvanizados e apresentar tratamento térmico para que a umidade não corroam esses materiais (THALLON, 2008).

As barras de ancoragem são fixadas enquanto o concreto da fundação não curou, estas são metálicas e nelas são amarradas a armação de ferro do concreto e engastados no concreto, por um fixador de pré-cura. Os fixadores de fricção, químicos e de expansão, são de pós-cura, uma vez que eles são instalados após o concreto curar e secar totalmente (WAGNER, 2009).

Em relação as paredes, essas são fixadas através de barras de ancoragem, que é calculada para resistir a forças laterais paralelas a parede, sendo que seu dimensionamento de diâmetro e comprimento, bem como, o espaçamento entre uma barra e outra fica em função do cálculo das forças laterais (NEWMAN, 1995).

A Figura 14 apresenta um exemplo de ligação superior das paredes com o teto e de ligações superior e inferior entre as paredes e o piso. A colocação de travamentos entre a parede e a primeira viga dos pisos é recomendada, para que uma boa conexão entre esses dois elementos seja executada. Além disso, bloqueadores devem ser colocados entre o primeiro piso e as fundações, garantindo assim boa estabilidade (WAGNER, 2009).

Na Figura 15 é possível observar um segundo exemplo de ligação inferior das paredes com o piso.

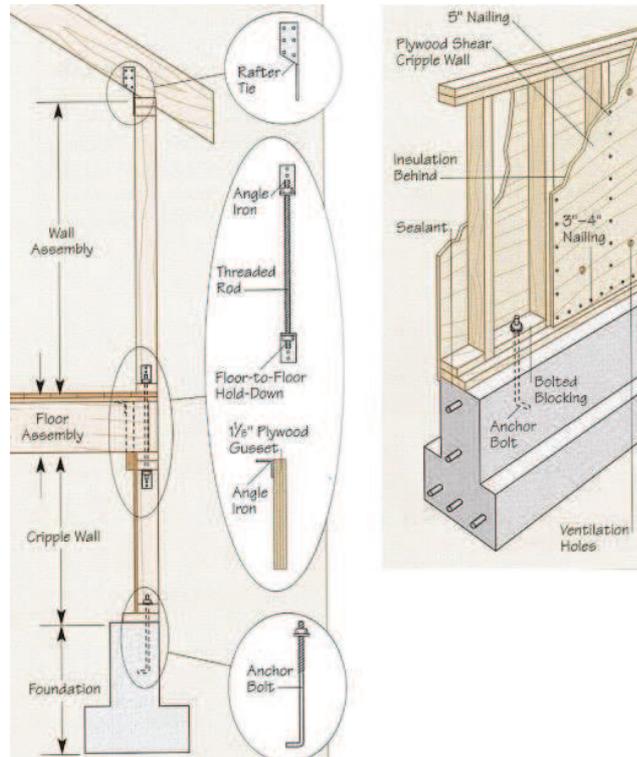


Figura 14 - Ligação entre as paredes e os pisos.

Fonte: Wagner (2009)



Figura 15 – Exemplo de placa metálica fixadora do painel na fundação

Fonte: Autoria própria (2014)

## 2.7 SISTEMA DE COBERTURA

No Canadá, a maioria das casas é feitas com treliças em madeira pré-fabricadas e possuem um espaço no sótão ventilado para remover a umidade. Também, possuem barreiras de ar e de vapor para evitar o acúmulo de umidade na estrutura do telhado. A inclinação é outro fator de grande importância, telhados íngremes tendem a verter a água melhor do que coberturas planas ou de baixa inclinação.

Existem inclinações mínimas permitidas para cada tipo de material de cobertura, indicadas pelo fabricante, para reduzir o risco da entrada de água. As dimensões de vigas do telhado são determinadas conforme as cargas que precisam suportar.

Os telhados das casas com o sistema *wood frame* segue uma sequência que começa na fabricação das treliças em madeira ou na vigotas do telhado de baixa inclinação, seguida da instalação da base (geralmente com painéis OSB ou chapas de madeira compensada) que irá receber a barreira de umidade e por fim, a cobertura (telha).

### 2.7.1 Tesouras Pré-fabricadas

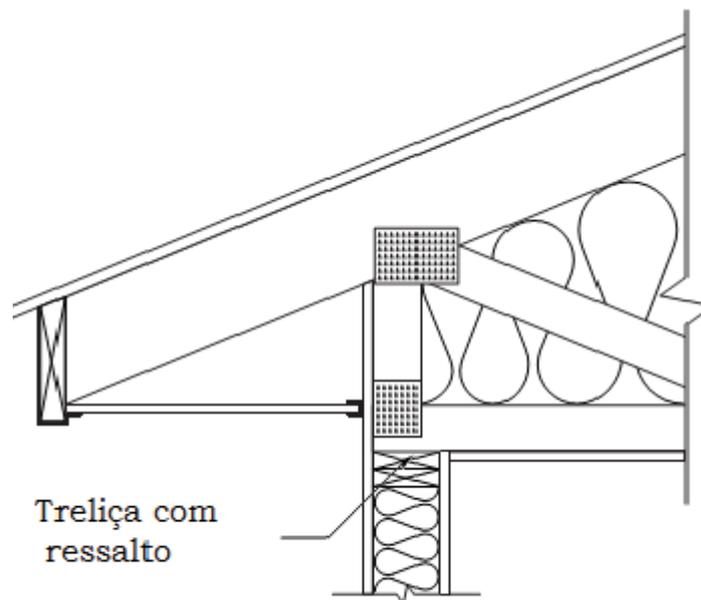
Tesouras pré-fabricadas são as mais utilizadas para os telhados residenciais. Em relação ao *design* deste, o de duas águas é o mais simples de construir. Outras configurações arrojadas também podem ser moldadas com treliças de madeira.

Em geral as tesouras que já vem pronta de fábrica possuem maiores vantagens como: são projetadas para suportar cargas de neve, feitas com elevado controle de qualidade, os resíduos de madeira são reduzidos e assim, aceleram o processo de construção.

Treliças com um ressalto (Figura 15) são utilizadas na maioria das novas casas, porque elas fornecem um espaço mais profundo nos beirais para acomodar uma maior quantidade de isolamento. Os requisitos de eficiência energética na maior parte dos códigos de construção canadenses conduzem à utilização de treliças, caibros e vigas do telhado com uma dimensão vertical na face exterior da parede externa de 300 milímetros (12 pol.) ou mais. Ventilação do sótão é facilmente

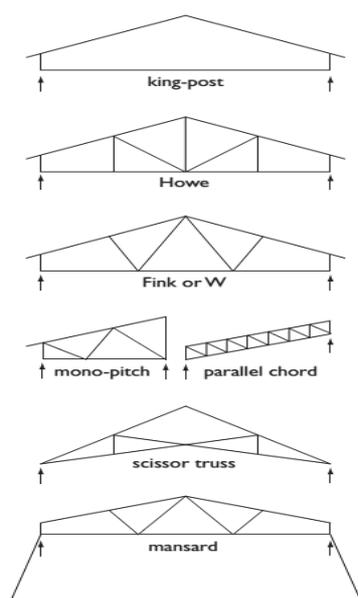
fornecida através dos beirais e cumeeira (CANADIAN WOOD-FRAME HOUSE CONSTRUCTION, 2005).

Outra questão favorável é que, na maioria dos casos, treliças são projetadas para se estender a partir do exterior da parede externa, sem precisar de paredes estruturais intermediárias para suportar as cargas do telhado (Figura 16). Isto proporciona uma maior flexibilidade para o planejamento interno da construção, porque as repartições podem ser colocadas sem levar em conta os requisitos estruturais. A barreira de umidade pode ser aplicada no lado de baixo das treliças antes das paredes interiores serem erguidas (CANADIAN WOOD-FRAME HOUSE CONSTRUCTION, 2005).



**Figura 16 – Treliças com ressalto proporcionam maior espaço para o isolamento.**

**Fonte: Adaptado de Canadian Wood-Frame House Construction (2005)**

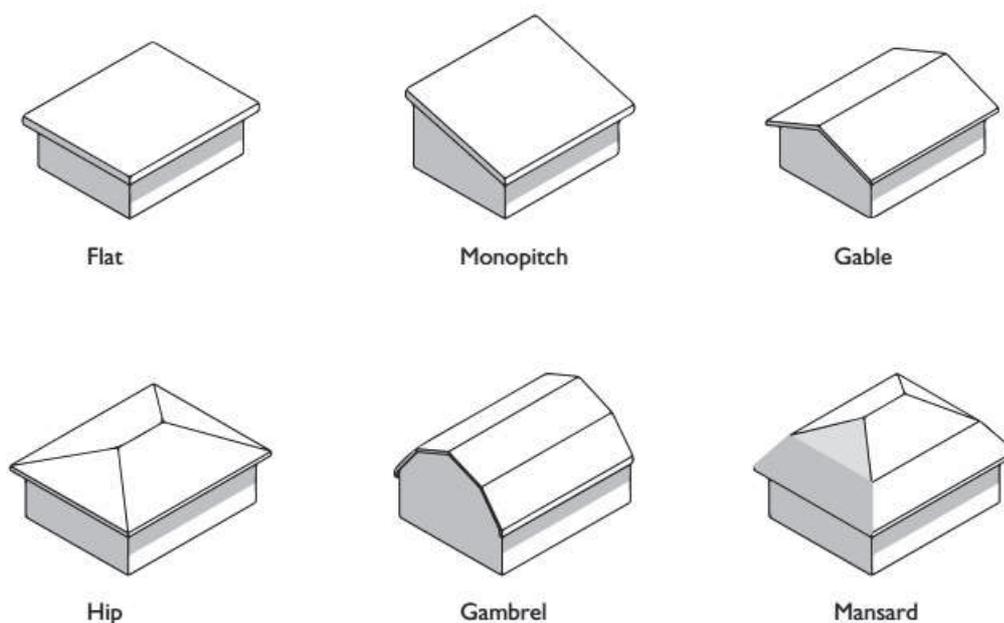


**Figura 17 – Tipos de Treliças Pré-fabricadas comumente usadas no Canadá**

**Fonte: Canadian Wood-Frame House Construction (2005)**

Tesouras pré-fabricadas menores de 6 m (20 pés) são geralmente instaladas manualmente. As maiores do que isso requer técnicas especiais de elevação para evitar danos. Também, devem ser levantadas na posição vertical, para evitar flexão lateral excessiva.

Em relação à instalação, as tesouras devem ser instaladas e apoiadas de acordo com as instruções do fabricante e nunca ser cortadas ou alteradas, e as barreiras de umidade devem ser colocadas logo após a colocação das paredes e coberturas com o intuito de se reduzir a exposição das mesmas a umidade (CANADIAN WOOD COUNCIL, 2000).



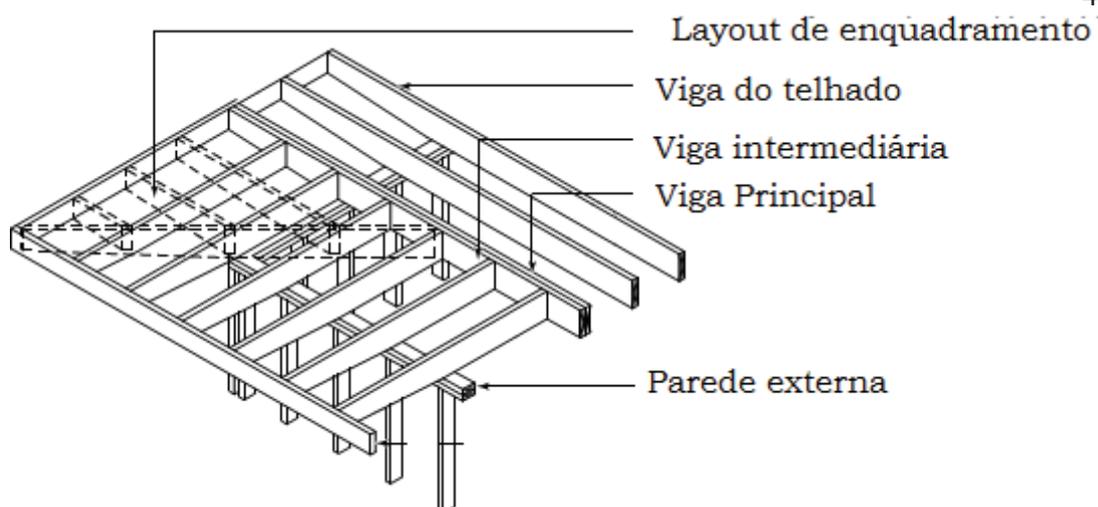
**Figura 18 – Tipos de Telhados inclinados comumente usados no Canadá.**

**Fonte: Canadian Wood-Frame House Construction (2005)**

### 2.7.2 Telhado *Low-Slope*

Outro telhado que também é utilizado no Canadá é o *Low-Slope*, ou de baixa inclinação. Não possuindo assim, treliças, apenas vigotas de madeira, que servem concomitantemente como vigas de teto. Seu tamanho é determinado pelas cargas de teto e telhado.

Por ser um telhado com uma inclinação de quase zero graus, são menos resistentes à entrada de água, por isso se deve ter um cuidado maior com a drenagem e deve ser protegido com materiais mais duráveis e resistentes (FIGURA 19). Uma inclinação de pelo menos 1:50 (2%) é necessária para a drenagem (CANADIAN WOOD-FRAME HOUSE CONSTRUCTION, 2005).



**Figura 19 – Construção típica de um telhado de baixa inclinação.**

**Fonte: Adaptado de Canadian Wood-Frame House Construction (2005)**

### 2.7.3 Subcobertura

Sobre as treliças ou vigas do telhado é aplicada uma subcobertura com chapas de madeira compensada ou OBS, para proporcionar uma base que irá receber a cobertura, assim como contraventar a estrutura do telhado. O manual *Canadian Wood-Frame House Construction (2005)*, menciona algumas especificações que se devem seguir:

- Deve ser deixado de 2 a 3mm de junta entre os painéis para evitar flambagem;
- A espessura da madeira é dimensionada conforme o espaçamento das vigas, vigas do telhado ou treliças, para evitar momento excessivo e consequentemente flambagem do painel. Mas, geralmente, são de 19mm, podendo ser reduzidas a 17mm. Deve-se verificar também, se as bordas do painel suportam o comprimento do mesmo;
- As chapas de compensado ou OSB são juntadas geralmente com clips de metal em forma H, esses são amplamente utilizados no Canadá devido a sua simples instalação e economia;
- Utilize pregos de tamanho e espessura suficiente para dar ancoragem à placa, pregando em toda linha de apoios a cada 30 cm, a uma distância de 1,5 cm da borda;

- Em climas muito úmidos, para permitir a circulação de ar e reduzir a deterioração da madeira, geralmente se usa as placas de madeira espaçadas com a mesma distância da largura da mesma. (Figura 20).

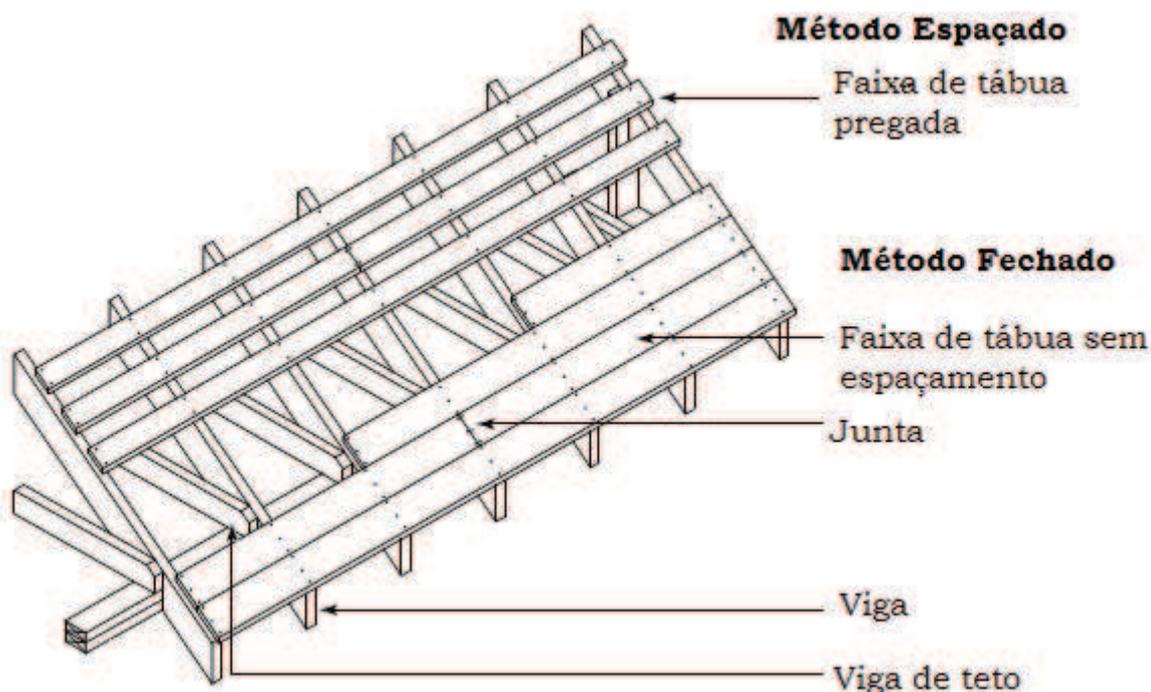


Figura 20 – Instalação das chapas de madeira na cobertura do telhado. Método Espaçado e Método Fechado

Fonte: Adaptado de Canadian Wood-Frame House Construction (2005).

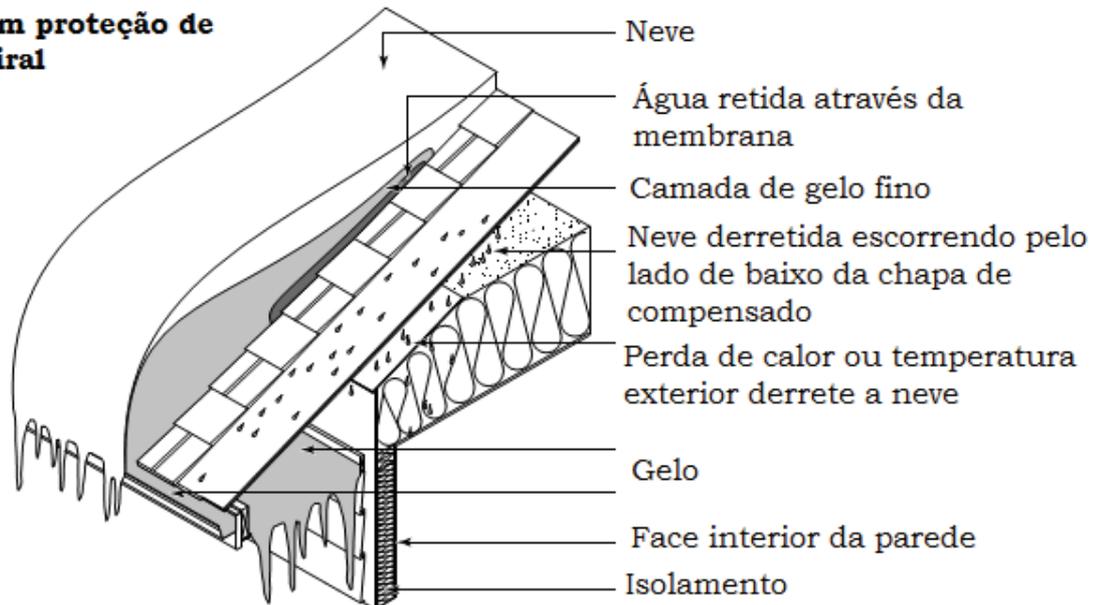
### 2.7.3.1 Proteção do beiral

A proteção do beiral é feita através da instalação de uma membrana ao longo da borda do teto, para evitar que a água entre no telhado. (Figura 21). Essa proteção deve se estender, pelo menos, 900 mm acima do teto a um ponto de pelo menos 300 mm no interior da face interna da parede externa.

Essa membrana protetora é muito interessante para climas muito frios onde ocorre a queda de neve. As perdas de calor através do isolamento do teto combinado com a exposição ao sol pode fornecer calor suficiente para derreter a neve de um telhado, mas não dos beirais salientes. Gerando gelo e uma infiltração indesejável, que pode ser evitada com o uso dessa membrana protetora (veja figura abaixo) (CANADIAN WOOD-FRAME HOUSE CONSTRUCTION, 2005).

## Eave protection

### Sem proteção de beiral



### Com proteção de beiral

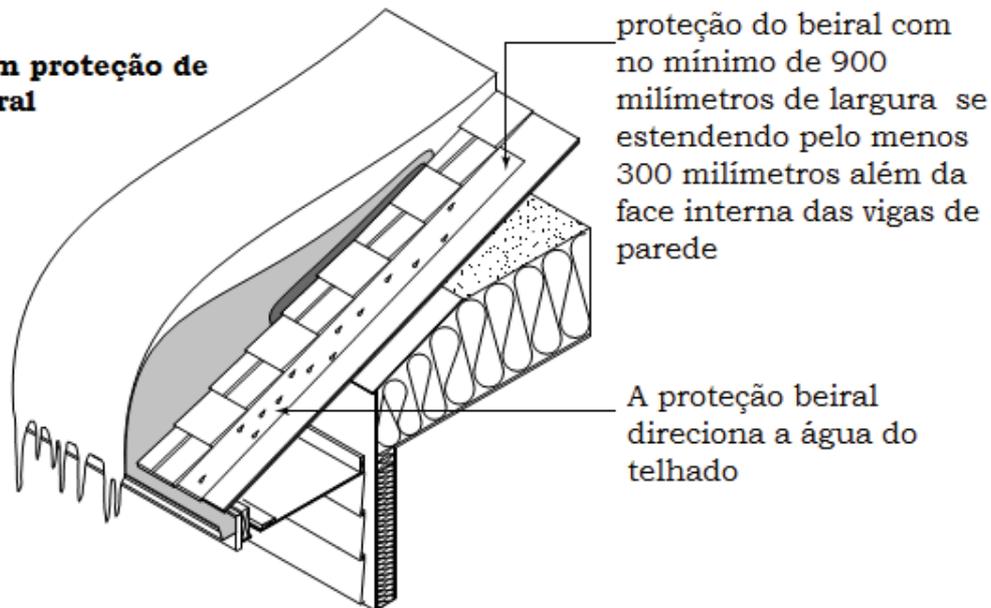


Figura 21 – Membrana protetora de beiral (*Eave Protection*).

Fonte: Adaptado de Canadian Wood-Frame House Construction (2005)

#### 2.7.4 Cobertura

A cobertura do telhado deve ser instalada após a membrana de proteção de umidade, para manter o edifício seco e proporcionar durabilidade (Figura 22).

A escolha das telhas vai de acordo com a preferência do cliente. No Canadá a mais utilizada para telhados inclinados é as telhas de asfalto (telhas shingle).

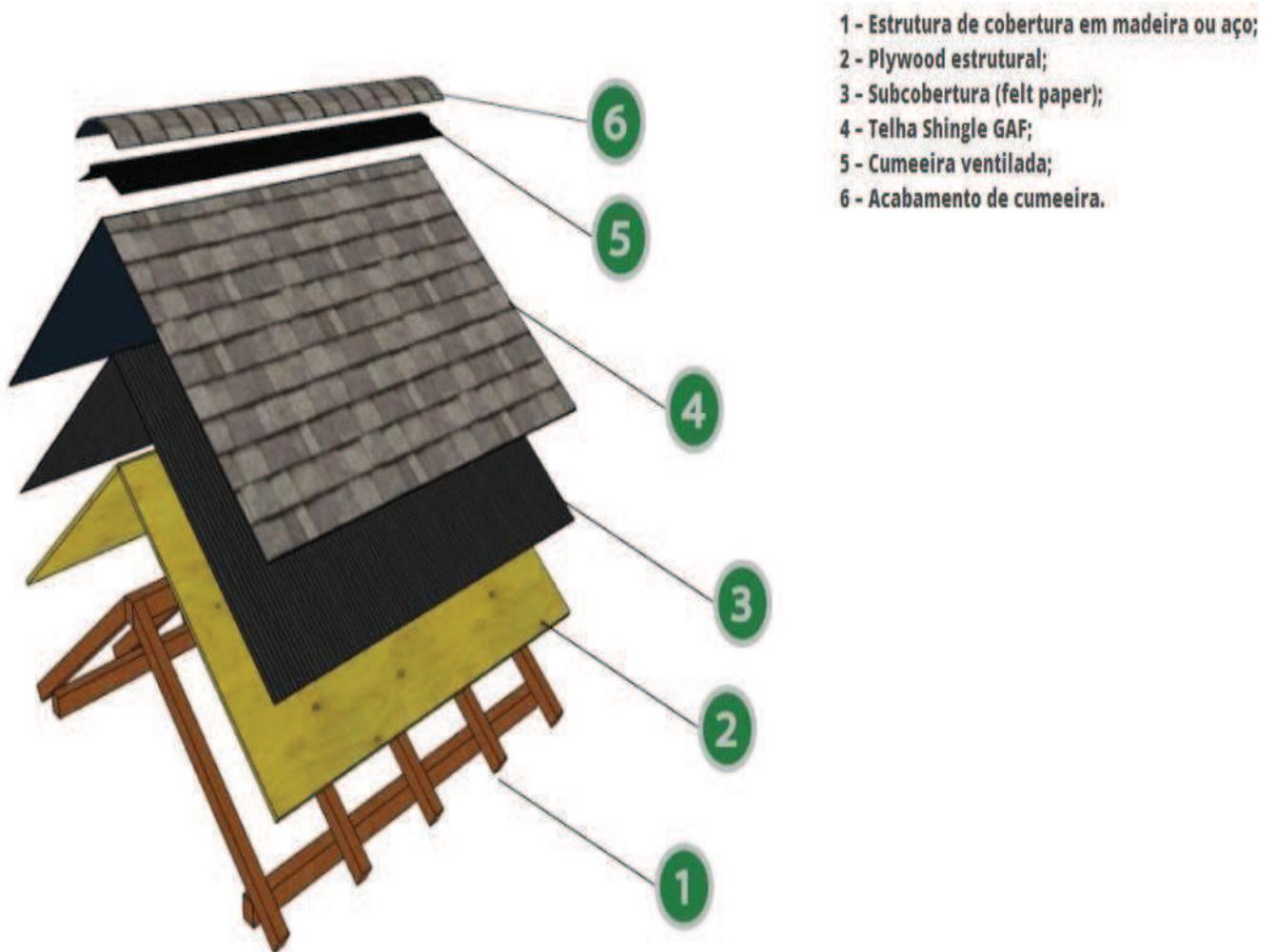


Figura 22– Estrutura do telhado com telhas *Shingle*.

Fonte: <http://www.racia.com.br/telhas-shingle/>(2014)

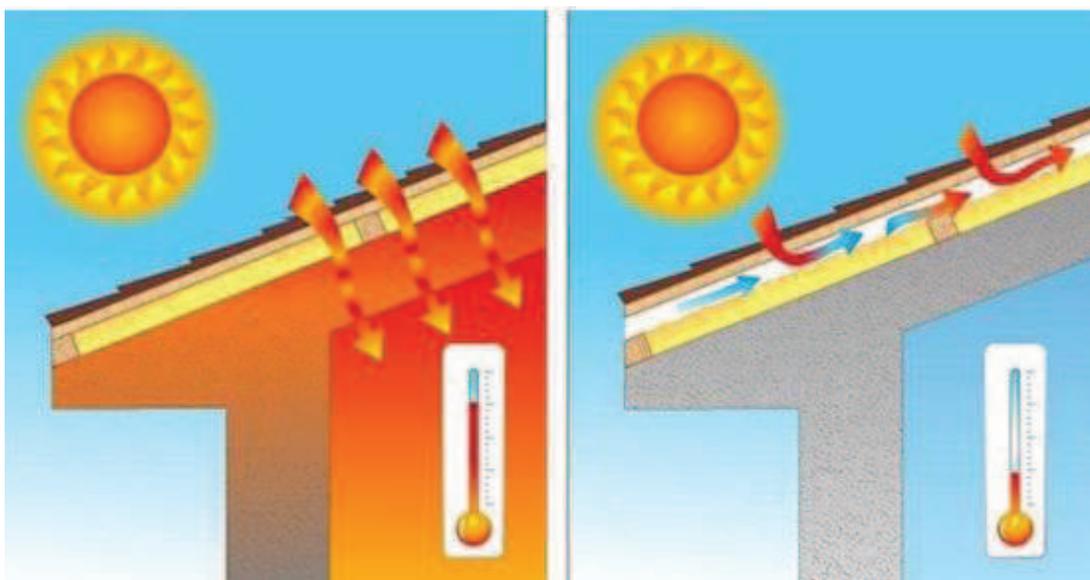
A telha *shingle* é uma manta de impermeabilização composta por fibra de vidro saturada em asfalto e grânulos cerâmicos que, depois de instalada, veda totalmente a superfície do telhado (Figura 23).



**Figura 23– Telhas *Shingle***

**Fonte: Catálogo *Single* Brasilit (2014)**

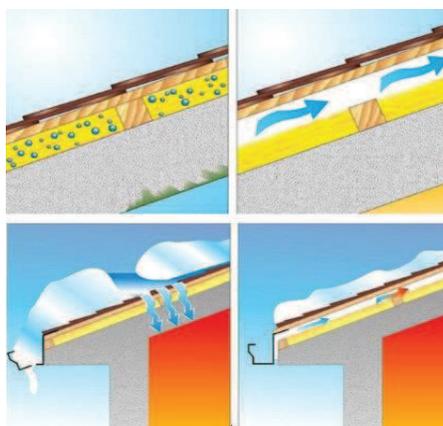
Em lugares onde o clima quente é predominante, o calor da telha que paira abaixo do compensado, tende a subir e se renovar. Para evitar degradações na madeira devido esse processo, é necessário criar saídas deste ar quente pela parte alta do telhado, em geral próximo à cumeeira e entradas de ar frio pela parte baixa, em geral sob o beiral ou atrás da calha. Para isolar totalmente o ar quente do ambiente interno, utilizam-se forros que confinam este calor em uma câmara de ventilação e criam um processo de vácuo, ou seja, conforme o ar quente sobe, suga o ar frio e a renovação torna-se permanente. O conforto térmico estará então preservado em níveis agradáveis (Figura 24).



**Figura 24 – Sistema de ventilação no clima quente.**

Fonte: Manual CES (2014)

Em lugares onde o clima é mais frio, quando o ar quente do interior entra em choque com o ar frio externo dentro da câmara de ventilação, cria-se a condensação, que danifica a madeira ao longo do tempo. Ao se utilizar entradas e saídas de ar, o frio predomina neste espaço e evita o choque térmico, eliminando esta possibilidade. Do mesmo modo, possíveis acúmulos de umidade ocasionados por excesso de chuva, será dissipada e preservará muito mais o telhado (Figura 25).



**Figura 25 – Sistema de ventilação, condensação e umidade.**

Fonte: Manual CES (2014)

Telhas metálicas, de aço galvanizado ou alumínio, também são comuns em algumas regiões do Canadá. As telhas de concreto, barro e madeira também podem ser encontradas, e possuem o mesmo tipo de procedimento de instalação do Brasil.

## 2.8 FECHAMENTO

As paredes do sistema *wood frame* Canadense são compostas pela estrutura em madeira tratada e por elementos de fechamento: painéis de OSB (Painel de Tiras de Madeira Orientadas), *Weather Resistive Barrier* (membrana que resiste às ações do clima, como infiltração de água bruta, passagem de ar e resistência ao vento, entretendo são permeáveis ao vapor para deixar a umidade passar para o lado externo da construção), revestimento externo e interno, acabamentos (além de elementos que podem agregar a construção como os isolantes térmicos e acústicos).

A função das camadas do sistema do *wood frame* funcionam como um separador ambiental, evitando a entrada de ar, água, calor e vapor. Esses processos afetam de maneira significativa o desempenho da construção.

### 2.8.1 Controle da Entrada de Água

O sistema *wood frame* utiliza madeira na sua composição, e se esse material tiver um contato excessivo e constante com a água pode ocorrer um desequilíbrio em seu desempenho, potencializando a deterioração da construção. Por isso, a importância de se evitar a entrada de água.

A primeira proteção da construção contra a entrada da água é o revestimento, a segunda barreira é uma membrana que tem como função interceptar a água que entrou e drená-la para o exterior.

Essa membrana é uma barreira climática que protege contra a infiltração de água, melhora o controle de fluxo de ar e a eficiência energética. Conseqüentemente, previne mofo e bolor, a degradação precoce da construção, proporciona mais conforto e qualidade do ar interior. Algumas membranas, também, oferecem resistência aos raios ultravioletas (CANADIAN WOOD FRAME HOUSE CONSTRUCTION).

O *Canadian Wood Frame House Construction* menciona algumas

membranas comumente utilizadas no Canadá para conter a entrada de água da chuva, e para, em algumas situações, servir como sistema de barreira de ar. São elas:

- Papel impermeável: é uma membrana de material betuminoso, é vendido em rolos e que é aplicado sobre o revestimento em faixas horizontais, a partir da parte inferior do painel de madeira;
- Autoadesivas: são membranas usadas em áreas sujeitas a grandes quantidades de água, como em portas e janelas, soleiras e peitoris. São produzidas em rolos. Elas são fortes e flexíveis;
- Membrana aplicada na forma líquida: são geralmente colocadas sobre o invólucro, com ranhuras nas verticais para drenagem. Elas trabalham também, como uma barreira de umidade para as placas de isolamento de poliestireno usado no revestimento externo de sistemas de isolamento (EIFS).

### 2.8.2 Controle da Entrada de Ar

Casas com o sistema *wood frame* devem ser construídas de forma mais hermética possível, para, além de proteger o edifício, promover eficiência energética, conforto térmico e acústico, permitir um melhor controle da ventilação natural e mecânica e controlar odores (CANADIAN WOOD-FRAME HOUSE CONTRUCTION, 2005).

Se dois pontos de um fluido estático podem ser conectados por um caminho qualquer contido no fluido, então somente haverá diferença de pressão entre os dois pontos se eles estiverem em níveis diferentes (Lei de Stevin). A diferença de pressão de ar em uma edificação pode ser causada pelo vento, ventilação mecânica e até pelo efeito da chaminé, como em um poço de elevador. Por conseguinte, quando a pressão de dentro da casa for maior do que do exterior, o ar vai fluir para fora pelos orifícios que existem na habitação levando consigo o vapor d'água, e vice-versa.

Quanto mais hermética a construção, maior a capacidade de controlar a infiltração e a exfiltração de ar, melhorando a circulação do mesmo e dando eficiência a ventilação interna.

Para que o vazamento do ar seja controlado, deve ser implantada uma barreira de ar. O manual *Canadian Wood Frame House Contruccion* menciona a

utilização de materiais de baixa permeabilidade ao ar, para construir tal barreira. Alguns exemplos são as folhas de polietileno, que são relativamente fáceis de assegurar a vedação e suporte em estrutura de madeira; placa de gesso; selantes; aplicação de espuma nas juntas; isolamento rígido, como concreto, madeira compensada ou a própria placa de OSB; revestimento de metal e de vidro.

Em zonas muito frias, como é o caso do Canadá, é comum contruir parede dupla para manter a temperatura suficientemente quente. Nesses casos o *Canadian Wood Frame House Construction*, recomenda utilizar uma barreira de ar e vapor com cerca de 15mm em membrana de polietileno. Esta barreira deve ser colocada no lado quente do material isolante, para minimizar a possibilidade de condensação na parede ou no telhado devido a difusão de vapor.

A barreira de ar deve ser permeável ao vapor de origem interna do edifício e impermeável do lado oposto.

### 2.8.3 Controle da Difusão de Vapor

O vapor de água pode migrar através da construção penetrando nos materiais por "difusão". Muitas atividades, tais como cozinhar, lavar louça, lavagens e tomar banho, emitem quantidades consideráveis de vapor de água no ar e aumentam a umidade. Essa umidade excessiva pode causar a deterioração do edifício. Por isso, as barreiras de vapor se fazem importantes.

Tais barreiras são semelhantes às de controle de ar, com a diferença que as de controle de vapor não precisam ser seladas do lado externo e devem ser localizadas no lado quente do isolante, formando um sistema hermético contínuo ao longo do perímetro da construção.

Filme de polietileno é o material mais utilizado como barreira de vapor em casas canadenses. Folha de metal, isolante de poliestireno, espuma de poliuretano, isolante de poliisocianurato, metal e vidro, são outros exemplos de materiais citados pelo *Canadian Wood-Frame House Construction*.

### 2.8.4 Controle do Fluxo de Calor

Um isolante térmico deve ter capacidade de impedir a queda da resistência térmica devido às fugas de ar, fluxo de calor, pontes térmicas e umidade.

Contribuindo para a melhoria do desempenho energético da construção.

O *Canadian Wood Frame House Construction* lista alguns materiais tipicamente usados como isolantes de calor.

- Isolamento solto: é feito de materiais como fibra e celulose, e de lã mineral. Em paredes devem ser instalados atrás da membrana que permite a visualizar se não possui lacunas ou vazios antes do acabamento interior ser aplicado.
- Isolamento rígido: são folhas ou placas de materiais como poliestireno expandido ou extrudado, normalmente é aplicado em superfícies planas, como paredes.
- Isolamento semirrígido: são feitas de vidro ou fibras minerais e normalmente aplicado em superfícies planas

A Figura 26 mostra o sistema Wood Frame com todas as camadas necessárias para um bom desempenho da construção.

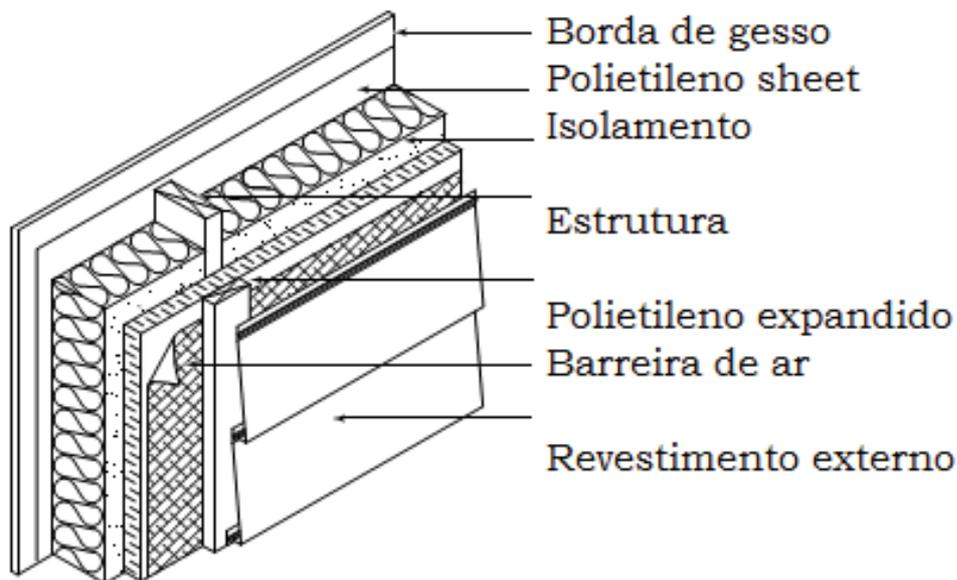


Figura 26 – Camadas do sistema *wood frame*.

Fonte: Adaptado de *Canadian Wood-Frame House Construction* (2005)

### 2.8.5 Painéis OSB

A Diretriz Sinat 005 define a chapa de OSB como uma “chapa estrutural constituída por tiras de madeira, unidas com resinas resistentes à água, orientadas

em três ou cinco camadas perpendiculares entre si e prensadas sob alta pressão e temperatura". A sigla vem do inglês "Oriented Strand Board", que significa painel de tiras de madeira orientadas.

O sistema *wood frame* utiliza painéis de OSB estrutural para contraventar e vedar a estrutura de paredes, entrespisos e telhados. Essas chapas vão em ambos os lados da parede, conferindo rigidez a edificação e trabalhando juntamente com os outros perfis estruturais, fazendo com que a edificação trabalhe de forma hiperestática.

Os painéis OSB utilizado nas construções em *wood frame* precisam atender algumas propriedades físico-mecânica, determinadas por normativas adequadas. O selo APA é o mais comum, ele é um certificado dado pela *Engineer Wood Association*, associação sem fins lucrativos que realiza testes nos painéis OSB conforme a normativa do Canadá e EUA. Nesse selo se encontra as especificações de uso, espessura nominal do painel, grau de exposição, espaçamento máximo recomendado de apoios, recomendações de juntas de dilatação, espaçamento das fixações, orientação de instalação e outras informações sobre cada chapa certificada.

Três normas de padronização da "Canadian Standards Association" (associação canadense de certificação) para o OSB são correntemente utilizadas no Canadá, a CSA O437.0 – "OSB and Waferboard", a CSA O325 – "Construction Sheathing" e a CSA O452 – "Design Rated OSB".



**Figura 27 – Chapas de OSB estrutural.**

**Fonte: Catálogo LP (2014)**

#### 2.8.6 Revestimento Interno

O revestimento interno deve possuir uma aparência agradável e que seja interessante para quem for usufruir do imóvel, também deve apresentar uma determinada resistência, variando de acordo com a necessidade do usuário.

Um dos acabamentos mais usado no Canadá são as placas de gesso acartonado (*Drywall*).

O *Drywall* é amplamente utilizado devido suas características vantajosas: grande velocidade de aplicação, baixo custo de mão de obra, maior conforto termo acústico e baixa geração de resíduos. Alguns ainda possuem características especiais, tais como resistência ao fogo ou resistência à água para uso em áreas úmidas, como banheiros.

O consultor técnico da Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para *Drywall*, Carlos Roberto de Luca (2011, p. 6), explica:

Muitas pessoas imaginam que, por sua leveza e rapidez de montagem, os sistemas com chapa em *drywall* são frágeis. Trata-se de um engano. Seu desempenho é o mesmo de uma parede de alvenaria, até com vantagens na acústica e na proteção contra o fogo.

O *Canadian Wood Frame House Construction* menciona a possibilidade de uso de materiais sobre a placa de gesso para acabamento, como: cerâmica, porcelanato, vidro, mármore, granito e azulejos. Cerâmica, porcelanato, mármore e granito podem ser aplicados com um adesivo ou em uma base de argamassa. As placas de vidro são instaladas com adesivo. Porcelanato em paredes em torno de chuveiros ou banheiras devem ser instalados ao longo de um apoio resistente à umidade, pois, são lugares sujeitos a vazamentos de água. Cada fabricante indica como se deve fazer a instalação.

### 2.8.7 Revestimento Externo

O revestimento exterior se faz necessário na construção para evitar a entrada de água, conferir durabilidade e contribuir para a aparência da edificação.

O sistema *wood frame* permite a utilização de diversos tipos de revestimentos externos, de acordo com a necessidade e condição financeira do usuário. Os tipos mais utilizados no Canadá são o *siding vinílico* e madeira.

As tábuas de madeira são bastante utilizadas devido à cultura canadense que usa muito esse material. Cedro e Pinus são os tipos de madeira mais comumente usados.

As tábuas de madeira podem ser colocadas na horizontal ou na diagonal, conforme mostra a figura abaixo.

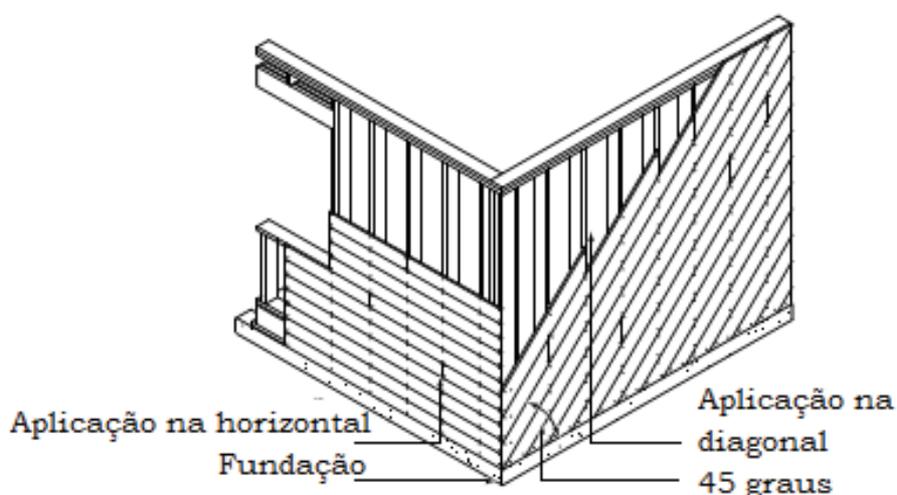


Figura 28 – Aplicação das tábuas de madeira.

Fonte: Adaptado de *Canadian Wood-Frame House Construction* (2005)

Outro material também muito utilizado e de baixo custo é o vinil ou *siding vinílico*, que são perfis rígidos de PVC (policloreto de vinila). Estes são feitos em vários formatos, o mais comum é o que imita a madeira (Figura 29).

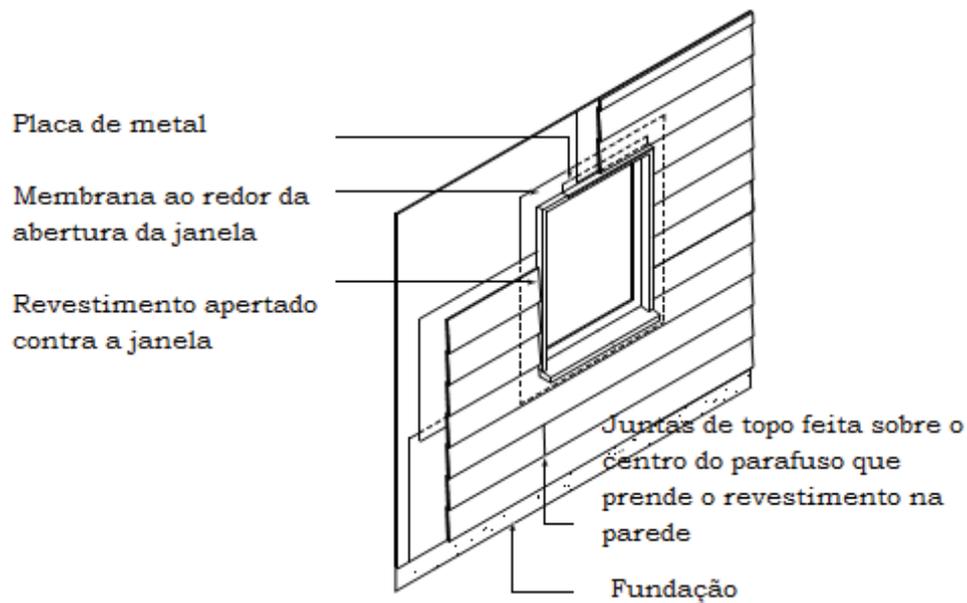


Figura 29 – Instalação do Siding Vinílico ao redor da janela.

Fonte: Adaptado de Canadian Wood-Frame House Construction (2005)

## 2.9 INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS E ELÉTRICAS

O sistema de instalação hidrossanitária e elétrica pode ser idêntico ao de uma construção convencional, mas em comparação com as construções com alvenaria o uso de paredes agrega praticidade e agilidade à construção em eventuais reparos ao permitir embutir as instalações nos vãos internos aos montantes (CALIL JUNIOR;MOLINA, 2010).

No sistema *wood frame* as paredes, quando saem da fábrica, já têm instalações elétricas e hidráulicas e já estão prontas para receber qualquer tipo de acabamento.

As instalações hidrossanitárias são executadas entre os montantes das paredes e entre o forro e barrotes do entrepiso. O sistema pode ser com tubos de PVC comuns ou em PEX. Por possuírem maior diâmetro, não é possível embutir tubulações de esgoto nas paredes, sendo necessário o uso de *shafts*.



**Figura 30 – Instalações Hidrossanitárias Wood Frame**

Fonte: <http://www.tecverde.com.br.pdf> (2014)

Em relação às instalações elétricas, a fiação desta ocorre por dentro de conduites embutidos na parede e sobre o forro. Parte desses conduites é instalada em fábrica dentro dos painéis. Após a montagem das paredes no canteiro de obra são fixados os conduites sobre o forro e então são passados os fios de energia, telefone, TV a cabo, internet, etc.



**Figura 31 – Instalações Elétricas wood frame.**

Fonte: <http://www.tecverde.com.br/.pdf> (2014)

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho foi classificado como uma pesquisa exploratória, que segundo a definição dada por Gil (2008) tem como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos de ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. Pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, a cerca de determinado fato. O produto final deste processo passa a ser um problema mais esclarecido, passível de investigação mediante procedimentos mais sistematizados.

Em relação aos procedimentos técnicos, o trabalho se baseia em dados obtidos de fontes bibliográficas, principalmente o manual canadense de construção em *wood frame*, além de livros e artigos científicos.

Este trabalho tem como local de estudo, para implantação do sistema *wood frame*, o Brasil.

A metodologia de desenvolvimento deste trabalho é dividida em três etapas:

- **Etapa 1:** Estudo detalhado do sistema canadense de construção em *wood frame*. País que foi escolhido devido ao sucesso desse método construtivo e a maior facilidade de obtenção de bases textuais. Nessa etapa foi tomado como base principal o manual canadense *Canadian wood frame house construction*, que é referencial para a construção desse método no Canadá.
- **Etapa 2:** Nessa etapa foi feita uma análise dos principais elementos do sistema *wood frame* com base em livros, artigos e publicações.
- **Etapa 3:** Após a análise, foi realizada a verificação da possível implantação do sistema *wood frame* com os mesmos elementos utilizados no Canadá, e a adaptação dos materiais, quando necessário, para melhor adequação desse método construtivo para o Brasil. Por fim, foi feita uma breve análise da questão sustentável desse sistema no cenário brasileiro.

## 4 ADEQUAÇÃO DOS PRINCIPAIS ELEMENTOS DO SISTEMA WOOD FRAME CANADENSE PARA O BRASIL

Nesse capítulo conterà dados sobre uma pesquisa detalhada estabelecida por meio de fontes textuais. Para poder analisar quais dos elementos do sistema *wood frame* canadense seriam interessante de se utilizar no Brasil e quais precisariam ser adaptados.

### 3.1 FUNDAÇÕES

Para se escolher a fundação mais adequada, devem-se conhecer os esforços atuantes sobre a edificação, as características do solo e dos elementos estruturais que formam a fundações, para posteriormente se analisar a possibilidade de utilizar os vários tipos de utilização, em ordem crescente de complexidade e custos (WOLLE, 1993).

Como já dito no capítulo anterior, as fundações mais utilizadas no Canadá são o *Basement Wall*, o *Crawl Space* e o radier. Tais são amplamente utilizadas por motivos como o clima, à cultura e, obviamente, o dimensionamento estrutural.

Mas, de forma genérica, a escolha do tipo de fundação a ser executada, também leva em conta fatores como uma pesquisa do subsolo (geofísica e sondagem), cálculo de cargas, equipamentos e mão-de-obra disponíveis e custo. Salienta-se, que nesse trabalho não se levou em consideração as tensões admissíveis do solo, por ser bastante variável e as cargas foram consideradas como leves, uma vez que a maioria das construções com o sistema *Wood Frame* são edificações sem grandes solicitações estruturais (casas e edifícios pequenos) e, portanto, não possuem a necessidade de fundações que suportem grandes esforços.

Para analisar o comportamento estrutural e as condições do solo é necessário fazer um estudo específico para cada caso.

#### 4.1.1 *Basement Wall*

Um dos quesitos mais favoráveis do *basement wall* é o conforto térmico que essa fundação pode proporcionar. “Em países com clima tropical como o Brasil a

utilização *basement wall*, também pode ser muito interessante para garantir o contorto térmico da edificação, principalmente daquelas construídas em regiões muito quentes” (CALIL JUNIOR; MOLINA, 2010, p. 6).

Outro quesito interessante dessa fundação é o fato dela proporcionar outro cômodo para a casa, o porão, que pode ser utilizado para diversos fins.

Entretanto, o *Basement Wall* pode se tornar inviável economicamente, tanto pela quantidade de concreto (material mais usado) que é muito maior do que as outras fundações comumente usadas para o *wood frame*, quanto em relação a técnica construtiva.

Tal fundação quase não é empregada no Brasil, por conseguinte é difícil encontrar quem execute. Esta dinâmica do mercado pode fazer com que a construção do *Basement Wall* não se torne atrativa.

O tipo de solo é outra questão que deve ser pensada na hora da construção de uma fundação. O *Basement* pode ser construído na maioria dos solos. Entretanto, não é indicado em pedregulhos devido à dificuldade da escavação.

Em relação ao solo, ainda é interessante observar que uma pequena inclinação do terreno pode fazer do *Basement Wall* um grande aliado, uma vez que, evita ou minimiza a necessidade de aterrar (ou cortar) o local da construção; torna a escavação, para a execução, mais simples e faz da fundação uma ampliação da edificação, podendo utilizar para outros fins que necessitam de maior luminosidade e ventilação como lavanderia e banheiro. Entretanto, grandes inclinações e taludes tornam tal fundação inviável, devido a incapacidade do solo em absorver os esforços advindos da fundação.

"Tipos" De Solos	Brasil	Relativa por regiões				
	Absoluto	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
	km <sup>2</sup>			%		
<i>Alissolos</i>	371.874,5	8,67	0,00	0,00	0,00	6,34
<i>Argissolos</i>	1.713.853,5	24,40	17,20	13,77	20,68	14,77
<i>Cambissolos</i>	232.139,2	1,06	2,09	1,59	8,64	9,28
<i>Chernossolos</i>	42.363,9	0,00	1,05	0,27	0,21	3,94
<i>Espodossolos</i>	133.204,9	3,12	0,39	0,26	0,37	0,00
<i>Gleissolos</i>	311445,3	6,41	0,78	2,85	0,5	0,4
<i>Latossolos</i>	3.317.590,3	33,86	31,01	52,81	56,30	24,96
<i>Luvissolos</i>	225.594,9	2,75	7,60	0,00	0,00	0,00
<i>Neossolos</i>	1.246.898,9	8,49	27,55	16,36	9,38	23,23
<i>Nitossolos</i>	119.731,3	0,28	0,05	1,22	2,56	11,48
<i>Planossolos</i>	155.152,1	0,16	6,61	1,73	0,16	3,00
<i>Plintossolos</i>	508.539,4	7,60	4,68	8,78	0,00	0,00
<i>Vertissolos</i>	169.015,3	3,20	0,99	0,36	1,20	2,60

Figura 32 – Tipos de Solo.

Fonte: Coelho et al. (2002)

#### 4.1.2 *Crawl Space*

O *Crawl Space* apresenta as mesmas dificuldades de construção do *Basement Wall no Brasil*, a falta de mão de obra especializada para realizar o trabalho. Não é uma fundação comum e, portanto torna a sua execução mais complicada.

Outro fato que dificulta sua construção é a falta de informação sobre o mesmo, tanto em relação ao dimensionamento (não existe norma específica no Brasil para tal fundação), quanto a falta de conhecimento sobre a utilização da barreira de vapor, que é de extrema importância, como já foi explicado nesse trabalho.

A barreira de vapor utilizada no *crawl space* é o material com a logística de venda mais complexa, pois existem poucas empresas no Brasil que fabricam esse material, e a maioria se encontra nas capitais dos estados, tal fator pode elevar o custo dessa opção de fundação.

#### 4.1.3 Radier

Este tipo de fundação envolve grande volume de concreto, é relativamente onerosa, de difícil execução e dimensionamento. Segundo Velloso e Lopes (2004), as fundações em radier são utilizadas quando as áreas das sapatas se aproximam umas das outras ou mesmo interpenetram (em consequência de cargas elevadas nos pilares e/ou de tensões de trabalho baixas) ou quando se deseja uniformizar os recalques (através de uma fundação associada).

O radier é executado em concreto armado, visto que, além dos esforços de compressão, devem resistir a momentos provenientes dos pilares diferencialmente carregados, e ocasionando a pressões do lençol freático (necessidade de armadura negativa). Por ser uma peça única, o radier tende a ter alta rigidez que muitas vezes evitam grandes recalques diferenciais (BRITO, 1987).

Outra questão importante é o terreno em que o radier será executado, que deve ser o mais plano possível, fazendo com dos locais com muitos desníveis não sejam indicados pra a construção do mesmo. “Antes de começar a preparação da base do radier, o solo deve estar rigorosamente nivelado. Por isso, a equipe de

topografia faz a verificação in loco, e, se necessário, podem apontar ajustes a serem feitos no terreno” (LIMA, 2011, p.1).

Dessa forma, o radier se torna interessante para terrenos planos e solos com uma resistência boa, caso contrário o dimensionamento pode se tornar muito oneroso, fazendo com que se considere a utilização de outros tipos de fundação.

Um dos motivos da pouca utilização do radier no Brasil é a má adaptação desse sistema para a realidade das construções desse país.

É muito importante comentar que até o momento o Brasil não possui uma normativa específica para radier. Essa restrição dificulta muito a utilização desse sistema de fundação. Muitos casos de insucessos no Brasil com relação ao radier foram cometidos por ignorar os tipos de solo e tentar implantar um método de outro país nas condições brasileiras (SOUZA, 2013).

#### 4.1.4 Sapata Corrida

Diante das observações referentes as fundações utilizadas no Canadá para o sistema *wood frame*, se faz interessante um outro tipo de fundação para o Brasil, a sapata corrida.

A NBR 6121 define sapata corrida como: “Sapata sujeita à ação de uma carga distribuída linearmente”. Como o sistema *wood frame* trabalha com uma distribuição de carga linear (as paredes quem recebem as cargas do telhado e as transmitem para as fundações), faz com que tal fundação seja interessante do ponto de vista estrutural, e ainda, o dimensionamento das sapatas corridas são mais simples do que o radier.

Outro fator relevante é a técnica construtiva, a sapata corrida é, dentre os quatro tipos de fundação citadas nesse capítulo, a mais fácil de executar e a que mais se utiliza no Brasil.

Em relação ao solo, a sapata corrida se torna mais indicada onde o solo possui uma resistência condizente ao carregamento em até 60 cm da superfície.

Diante do exposto, observa-se que, apesar do *wood frame* poder ser feito com qualquer tipo de fundação, o radier e a sapata corrida são os tipos mais indicados, devido a técnica construtiva e pelo fato do *wood frame* ser uma estrutura leve (na grande maioria dos casos) e ter uma distribuição uniforme de cargas,

situação ideal para utilização dessas fundações, principalmente da sapata corrida.

A preferência pela indicação da sapata corrida se dá pela maior facilidade de dimensionamento e execução, entretanto se bem dimensionado o radier pode se tornar mais vantajoso economicamente.

## 4.2 ESTRUTURA

A estrutura do *wood frame* feita no Canadá é com madeira certificada, a qual recebe um selo que garante a legalidade da madeira, o teor de umidade adequado e outras informações importantes. No Brasil, o mercado madeireiro ainda é muito bagunçado, onde boa parte da madeira comercializada é ilegal e não existe nenhuma certificação que garante características importantes da madeira, como a umidade, quesito muito importante para o dimensionamento estrutural.

Diante o exposto, o ideal seria que a estrutura de madeira fosse oriunda de florestas plantadas e certificadas, que todas as peças fossem tratadas de acordo com a norma NBR 7190, para garantir a durabilidade da mesma.

Um fator importante na madeira que é utilizada nas construções em *wood frame* é o tratamento químico, este garante que a madeira fique livre de agentes deterioradores, fungos e insetos. O tratamento adequado da mesma e o revestimento com as chapas de OSB irão garantir que a madeira da estrutura fique longe da umidade e tenha uma vida útil maior.

Além de proporcionar durabilidade a madeira, seu tratamento ajuda a reduzir o desmatamento das florestas. “A madeira devidamente tratada tem uma vida útil 5 a 10 vezes superior a uma não tratada. Esta extensão da vida útil economiza o equivalente a 12,5% do desmatamento das florestas canadenses anualmente, segundo dados deste país (Morais, 2008)”.

No Canadá a madeira mais utilizada provém de florestas replantadas com coníferas, a madeira do gênero *Pinus* é um exemplo de conífera que pode ser encontrado no Brasil.

O gênero *Pinus* é composto de, aproximadamente, 100 espécies e é originário de regiões temperadas e tropicais. Macroscopicamente, a cor de sua madeira pode ser classificada em branca, vermelha e amarela (USDA FOREST SERVICE, 2002).

O *Pinus* é uma madeira interessante para a utilização do *wood frame* no Brasil, pois é comum encontrar nas madeireiras, devido ao fato do país ser potencialmente apto para o cultivo de *Pinus taeda* e *Pinus elliotti* (KRONKA et al., 2005), como mostra a figura 34, e, principalmente, ao rápido crescimento desse tipo de árvore e à sua elevada permeabilidade ao tratamento em autoclave, fundamental para evitar ataques de organismos xilófagos.

Ainda se deve considerar o fato de que a madeira tropical (Cambará Rosa, Peroba do Norte, etc.) é a mais difundida no mercado e de maior confiança do consumidor, porém a maior fiscalização e maior exigência de responsabilidade ambiental do consumidor favorecem o consumo de espécies de reflorestamento, como *Pinus* e Eucalipto (ABIMCI, 2009).

Deve-se ressaltar a importância da madeira utilizada na estrutura do *wood frame* ser seca, reta e livre de grandes nós.



Figura 33 - Mapa das regiões potencialmente aptas para o cultivo de *Pinus* no Brasil.

Fonte: Kronka et al. ( 2005)

Para a caracterização das madeiras utilizadas na edificação devem ser

utilizados os procedimentos de ensaios destrutivos da Norma ABNT NBR 7190, seguindo as recomendações para a caracterização mínima quando for utilizada espécie conhecida. Além da caracterização das propriedades pelos ensaios destrutivos, deve-se utilizar classificação visual para separação das peças em classes de defeitos, utilizando-se apenas as que tiverem aproveitamento estrutural. A categoria mínima de uso estrutural a ser empregada deve ser definida em projeto, e estar coerente com os coeficientes de minoração da resistência previstos no dimensionamento (DIRETRIZ SINAT 005, 2011).

As cargas laterais (cargas de vento) devem ser consideradas conforme a NBR 6123, sendo que o deslocamento horizontal no topo da edificação deve atender ao critério estabelecido na NBR 7190 e NBR 15575-2.

A Tabela 1 mostra os requisitos que a Diretriz Sinat 005 recomenda para avaliação das peças de madeira que compõem o quadro estrutural do sistema *wood frame*.

**Tabela 1 - Requisitos para avaliação de peças estruturais em madeira**

Requisitos	Método de ensaio ou análise
<b>Peças de madeira dos quadros estruturais</b>	
Densidade de massa aparente a 12% de teor de umidade mínima	ensaio conforme NBR 7190
Resistência característica mínima à compressão, à 12% de umidade, paralela às fibras	ensaio conforme NBR 7190
Resistência característica mínima à flexão à 12% de umidade	ensaio conforme NBR 7190
Seção transversal mínima das peças de madeira estruturais – montantes e travessas ( $t_e$ )	Medição com trena metálica e inspeção visual
Resistência a organismos xilófagos	<p>1-Ensaio de resistência a fungos apodrecedores, segundo a ASTM D 2017:2006;</p> <p>2-Ensaio de resistência a fungos emboloradores, segundo ASTM D 3273-00/2005;</p> <p>3-Ensaio de cupins subterrâneos na Madeira e em Produtos a Base de Madeira, segundo a ASTM D 3345-74/199;</p> <p>4-Ensaio de resistência a cupim de madeira seca, segundo Método D2 Publicação IPT N° 1157;</p> <p>A comprovação da retenção mínima, quando as peças são tratadas em auto-clave, é suficiente para a análise da resistência a fungos e cupins, sendo dispensados a realização dos ensaios desse item. Os ensaios de retenção de produtos preservativos devem ser feitos segundo o projeto de norma ABNT NBR CE: 31:000.15 – Preservação de Madeiras – Sistema de Categorias de Uso.</p>

Fonte: Diretriz Sinat (2009)

## 4.3 PAREDES

### 4.3.1 Painéis OSB Estrutural

A escolha de se usar painéis de OSB estrutural se dá pelo fato de que o mesmo atua como um diafragma rígido, contraventado a estrutura e proporcionando estabilidade a mesma.

Para que os painéis de OSB tenham função estrutural deverão ser realizados testes que medem a resistência da parede aos esforços de compressão centrada e excêntrica, aos impactos de corpo mole, impactos de corpo duro, solicitação de peças suspensas e solicitações transmitidas por portas (DATEC 20, 2013).

Além dos ensaios de resistência, os painéis OSB devem apresentar tratamento contra ataque de cupins e o índice de umidade das mesmas deve ser de no mínimo 2% e no máximo de 12%, verificado conforme método de ensaio disposto na norma DIN EN 300 (DATEC 20, 2013). O termo DIN, refere-se à *Deutsches Institu für Normung* (Instituto alemão para normatização), esse instituto regulamenta as normas de padronização na Alemanha, equivalente a ABNT no Brasil. Boa parte das normas brasileiras criadas pela ABNT segue o modelo da norma DIN, como o Brasil não possui norma específica referente ao OSB estrutural, recomenda-se a adoção da norma DIN como modelo.

Para garantir que ocorra o real travamento da estrutura, as dimensões dos painéis OSB, a sua espessura, o encaixe ou junta entre eles, bem como o sentido em que são colocados, devem ser definidos em projeto. O mesmo acontece com o tipo, o comprimento e o diâmetro dos parafusos, bem como a sua quantidade e espaçamento.

### 3.3.2 Revestimento Interno

O revestimento interno mais utilizado no Canadá é as placas de gesso (*Drywall*), por serem mais práticas e pelo mercado estar em expansão, oferecendo esse produto para diversos fins, como para lugares com umidade excessiva, como o banheiro, ou para locais expostos ao calor, com resistência ao fogo.

O mercado brasileiro oferece a mesma disponibilidade desse produto do que no Canadá, sendo, portanto, uma solução interessante para se utilizar no Brasil.

As paredes que recebem esse tipo de revestimento tem uma aparência muito parecida com as paredes tradicionais de alvenaria e podem receber diversos tipos de acabamento, o que favorece sua escolha como revestimento, já que as pessoas estão acostumadas com as paredes em alvenaria (Figura 35). As chapas de Drywall proporcionam uma superfície lisa e pronta para receber acabamento. Além disso, são resistentes a impactos e possibilitam a fixação de objetos e acessórios.



**Figura 34 – Azulejo colocado sobre a placa de gesso**

**Fonte: Autoria própria (2014)**

Nas áreas expostas a água como, por exemplo, banheiro e cozinha são utilizadas placas de gesso acartonado revestidas com azulejo.

As chapas de *drywall* já possui norma brasileira que especifica os requisitos para as chapas de gesso acartonado destinadas à execução de revestimentos internos, a NBR 14715 de 2001.

A Tabela 2 mostra os métodos de avaliação que a Diretriz Sinat 005

recomenda às chapas de gesso para *Drywall*.

**Tabela 2 – Métodos de avaliação para chapas de gesso**

Componentes de fechamento internos – Chapas de gesso para drywall	
Aspecto	Conforme NBR 14715-2
Resistência mínima à ruptura na flexão	
Dureza superficial	
Absorção máxima de água	
Absorção superficial máxima de água para chapa resistente à umidade	
Reação ao fogo	Materiais Classe I (incombustível) a Classe II-B (combustível com índice de propagação de chamas menor que 25) (critério adotado da CB – IT 10, 2001)

Fonte: Diretriz Sinat (2009)

#### 4.3.3 Revestimento Externo

O revestimento que deverá ser colocado sobre os painéis de OSB, possuem duas funções principais: suportar e transferir cargas para as fundações e fechar e prover uma base plana para aplicação de fachadas e acabamentos das mesmas.

O sistema *wood frame* permite muitas possibilidades de fazer o revestimento externo da edificação. Como citado anteriormente nesse texto, no Canadá é muito comum às pessoas optarem por madeira, ou por um tipo de revestimento que imita esta, como *siding vinílico*.

O *siding vinílico* é muito usado devido a sua fácil aplicação e a sua leveza, o aspecto é agradável e muito parecido com tábuas de madeira. Ele possui ranhuras que facilitam o escoamento da água e por ser feito de material polimérico (PVC) proporciona maior estanqueidade para a edificação, evitando assim a deterioração precoce da estrutura em madeira. Esse material é relativamente barato, e não necessita de pintura, por isso muito se adequa a construções de baixo custo.

Outro material muito empregado no Canadá são as placas cimentícias, estas funcionam muito bem com este sistema e dão um aspecto semelhante ao das construções em alvenaria.

O uso da placa cimentícia agrega valor à obra, especialmente em projetos em que há necessidade ou preocupação em otimizar o espaço físico, tempo e qualidade de acabamento. É uma alternativa rápida, limpa e econômica para construção civil, que pode ser aplicada em áreas internas e externas, além de suprir algumas restrições de outros materiais quanto ao uso em áreas molhadas (PONTES, 2010, p. 1).

As placas cimentícias é o revestimento externo muito interessante para a o Brasil, devido à facilidade de obtenção no mercado e por possuir um aspecto muito parecido com a maioria das construções existentes nessa região (sistema de construção em alvenaria). Isso implica em algo que já é sabido de todos, o fato de ser mais fácil implantar o sistema *wood frame* se fosse mais semelhante ao método em que as pessoas estão habituadas, pois questões culturais influenciam significativamente na definição da performance e escolha desses materiais.

Em relação a resistência à flexão, as placas cimentícias possuem um bom desempenho devido a colocação de uma tela de fibra de vidro em ambas as faces, durante o processo de produção.

Outro quesito favorável a utilização das placas cimentícias é o fato delas gerarem uma quantidade muito pequena de resíduos, contribuindo assim, para a sustentabilidade do sistema *wood frame*.

A placa cimentícia resolve problemas de fechamento externo, pois ela tem durabilidade e é garantida pela solidez do concreto. Além disso, é 100% resistente à umidade, não se deteriora, não amolece, não desintegra ou apodrece. Também não descasca, tem resistência ao impacto, é não combustível, não sofre ataques nem por ácido, bactérias ou fungos, como a madeira, e, principalmente, ela tem respeito com o meio ambiente (LOPES, 2012, p. 1).

A Diretriz Sinat 009 (Sistema Nacional de Avaliações Técnicas), que avalia sistemas de vedação externa e chapas delgadas, menciona os requisitos e normas para avaliar as placas cimentícias.

**Tabela 3 – Requisitos e normas para avaliação de placas cimentícias**

REQUISITOS	NORMAS
Largura e comprimento	NBR 15498 itens 5.1.2 e 8.1.1.2
Espessura	NBR 15498 itens 5.1.2 e 8.1.1.3
Linearidade das bordas	NBR 15498 itens 5.1.3.1 e 8.1.1.4
Esquadro das placas	NBR 15498 itens 5.1.3.2 e 8.1.1.5
Resistência a tração n flexão	NBR 15498 itens 5.2.2, 6.1 e 8.1.2.1
Densidade aparente	NBR 15498 itens 5.2.3 e 8.1.2.2
Absorção de água	NBR 15498 itens 5.2.4 e 8.1.2.3
	CONTINUAÇÃO
Permeabilidade	NBR 15498 itens 6.2 e 8.2.2

Envelhecimento a água quente NBR 15498 itens 6.3 e 8.2.3

Envelhecimento por imersão e secagem NBR 15498 itens 6.4 e 8.2.4

Comportamento sobre a ação do fogo do NBR 15498 item 6.5

Variação dimensional sobre imersão e secagem NBR 15498 itens 6.66 e 8.2.5

---

**Fonte: Adaptado da Diretriz Sinat 009 (2009)**

#### 4.4 MEMBRANAS

Duas membranas são indispensáveis para o bom funcionamento do sistema *wood frame* de construção. A primeira delas é uma membrana que deverá ser colocada no lado de fora da parede, antes do revestimento externo e depois da placa de OSB.

Essa membrana é uma barreira contra a água, vento, calor e poeira. Ela garante que a estrutura em madeira fique longe da umidade excessiva e ainda permite uma ventilação adequada das paredes, já que a umidade advinda da parte interna da edificação pode passar para o lado externo, entretanto, a umidade do exterior não poderá entrar.

Nas paredes de ambientes com área molhável (cozinha) e molhada (banheiro), a face interna das chapas de OSB é completamente revestida por esta barreira.

A segunda membrana fundamental no sistema *wood frame*, é a proteção do beiral quando utilizada as telhas *shingle*. Como já citado anteriormente nesse trabalho, essa membrana protege da umidade o madeiramento do telhado, proporcionando estanqueidade ao sistema de cobertura.

Conforme a Diretriz Sinat 005, a estanqueidade do sistema de cobertura deve ser avaliada de acordo com o método a NBR 15575-5, e a impermeabilidade conforme a NBR 5642. Essas duas membranas já estão disponíveis no mercado brasileiro.

#### 4.5 CONTROLE DO FLUXO DE CALOR

Existe uma diferença muito significativa do clima canadense para o clima brasileiro. Enquanto o Canadá é caracterizado por períodos de frio extremo ( no verão as temperaturas durante o dia podem atingir 35°C ou mais e no inverno temperaturas de -25°C não são incomuns), o Brasil não sofre tanto com os extremos de temperatura, entretanto possui uma variação de temperatura considerável.

Entretanto, as variações de temperatura faz com que o isolamento nos sistemas construtivos seja algo de grande importância, tanto para o conforto térmico do indivíduo, quanto para economia de ventilação mecânica, esta que necessita de energia elétrica para funcionar. Dessa forma, o controle do calor se torna um fato favorável às construções sustentáveis.

Atualmente, existe inúmeras opções de isolamento térmico que poderá ser usado no sistema *wood frame*. Pode-se citar as lãs minerais; o poliestireno expandido ou extrudado e as espumas (de polietileno, à base de PVC, fenólica), como os isolamentos térmicos mais conhecidos e utilizadas no Brasil. Em relação ao isolamento do material, quanto maior for sua espessura maior será sua capacidade de isolamento. Essa barreira de controle do fluxo de calor pode ser instalada entre as chapas de OSB nas paredes, no forro e telhado. A escolha do tipo de isolamento vai depender da preferência do cliente, da necessidade do projeto, do custo e da disponibilidade do mercado.

Em relação à avaliação do desempenho, a diretriz Sinat 005 menciona que:

Os critérios de desempenho térmico devem ser avaliados, primeiramente, conforme o Procedimento Simplificado e, caso o sistema construtivo alvo dessa Diretriz não atenda às exigências do Procedimento Simplificado, deve-se proceder à análise do edifício de acordo com o Procedimento de Simulação ou de Medição. No Procedimento Simplificado deve-se verificar o atendimento aos critérios de desempenho térmico (transmitância e capacidade térmica) estabelecidos para as paredes externas e para a cobertura, conforme estabelecido na NBR 15.575-4 e NBR 15.575-5.

Além disso, ainda conforme a Diretriz Sinat 005, os sistemas devem atender a NBR 14432 :2000 para minimizar a propagação do incêndio e o desempenho térmico deve ser avaliado segundo as zonas bioclimáticas constantes da NBR 15220:2005.

## 4.6 COBERTURA

As telhas *shingle*, como já mencionado, são o tipo de cobertura mais utilizado no Canadá, se adequando muito bem ao sistema de construção *wood frame*, pois é leve e flexível.

As telhas cerâmicas, que são as mais utilizadas no Brasil, possuem uma carga média de 35 Kg/m<sup>2</sup>, enquanto as telhas asfálticas pesam cerca de 10 Kg/m<sup>2</sup>, isso permite uma significativa redução nas dimensões do madeiramento que suportará a cobertura.

Como é até quatro vezes mais leve do que outros produtos, não há necessidade de uso de caibros e ripas nas estruturas. Também não ocorrem problemas como destelhamento ou quebras devido a ventos fortes ou chuva de granizo (CAMPOS, 2014, p 11).

Para receber esse tipo de cobertura o telhado precisa ser contraventado com chapas de OSB para que a telha *shingle* seja fixada. Essas chapas, também servem para que possa ser colocada uma manta de subcobertura que irá garantir a estanqueidade.

Em locais onde as temperaturas são mais altas, as telhas *shingle* são mais eficientes, porque o calor facilita a aderência da mesma. Mas isso não impede que elas também sejam instaladas em locais onde o clima é mais frio. Com a economia gerada na montagem da estrutura, garantia de estanqueidade e baixa manutenção, a *shingle* tem um excelente custo-benefício (CAMPOS, 2014).

O mercado brasileiro já está adaptado com as telhas *shingle*, o que não seria um empecilho para sua utilização.

Outro fato interessante das telhas asfálticas é que pelo fato dela ser inquebrável, com longa vida útil e que não requer trocas constantes, são consideradas sustentáveis. Todavia, é importante procurar fabricantes que garantam que a matéria-prima usada na fabricação seja certificada.

Apesar das vantagens da telha *shingle*, o sistema *wood frame* pode suportar qualquer tipo de cobertura. “O importante é que a escolha da telha seja feita pelo arquiteto quando fizer o projeto. Depois os engenheiros irão fazer os cálculos das dimensões do telhado, quantas telhas vão ser necessárias e o peso que a estrutura pode suportar” (SAYEGH, 2008, p.1).

## 5 ANÁLISE E RESULTADOS

Após estudar de forma detalhada o sistema *wood frame* de construção empregado no Canadá, foi pesquisado se os principais elementos do método seriam interessantes de serem implantados no Brasil, ou se havia soluções mais adequadas, em substituição a esses elementos.

Dessa forma, elaborou-se um esquema do sistema *wood frame* com os seus principais elementos adaptados a região de estudo.

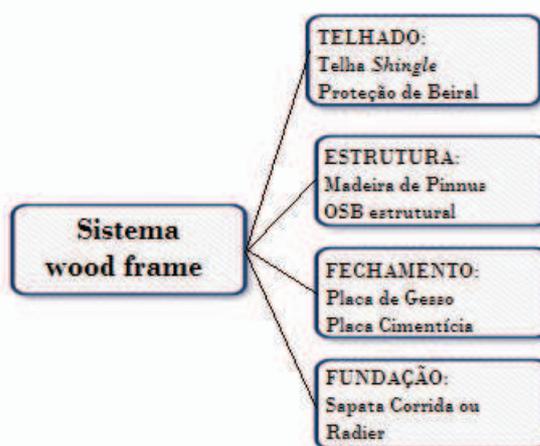


Figura 35 – Esquema da adaptação do Sistema *wood frame* canadense para o Brasil. Elementos definidos como melhor solução

Fonte: Autoria própria (2014)

A Figura 36 mostra um esquema de como ficaria o sistema *wood frame* se implantado Brasil, segundo soluções escolhidas com os embasamentos teóricos mencionados no decorrer desse texto.

Dessa forma, se tem um sistema de cobertura interessante com as telhas *shingle*, já utilizadas no Canadá e que, também seriam o Brasil. As chapas de compensado darão suporte às telhas, bem como as tesouras de madeira. E a membrana de proteção do beiral irá garantir a estanqueidade do telhado e maior duração do madeiramento.

Em relação às paredes, estas serão formadas pela estrutura em madeira tratada *Pinus*, desde que seja oriundo de florestas replantadas e com o índice de umidade correta, e por painéis de OSB estrutural para garantir o contraventamento da estrutura.

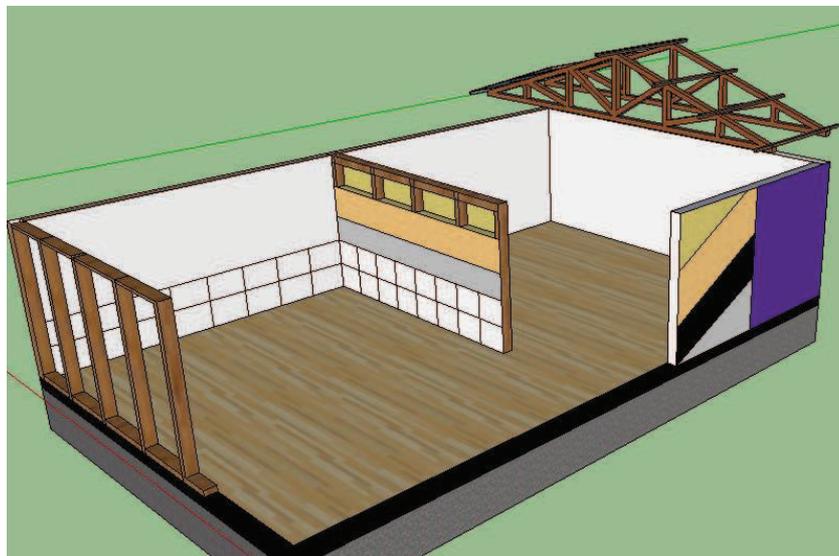
O fechamento será feito com placas de gesso para o revestimento interno e

placas cimentícias para o externo, sendo que depois do painel de OSB estrutural e antes da placa cimentícia, deverá ser colocada a membrana impermeabilizante, permitindo assim, que a estrutura fique longe da umidade, esta que irá escorrer, na parter inferior, em uma pingadeira para garantir que a água não entre na edificação. A escolha desses revestimentos se deu pela disponibilidade dos mesmos no mercado brasileiro e pela maior facilidade de adaptação cultural, já que ambos possuem aparência semelhante à alvenaria.

As instalações hidrossanitária e elétricas podem ser executadas de forma semelhante às de alvenaria. Já em relação ao piso, se utilizar o radier, este pode ser empregado como contrapiso, se bem acabado. Caso, utilize-se sapata corrida, o piso pode seguir a mesma dinâmica das construções em alvenaria, ou se pode optar por assoalhos suportados por vigas de madeira.

Por último, a fundação deve ser pensada de acordo com as necessidades e preferências do cliente, arquiteto e engenheiro. Entretanto, como já mencionado, o radier e a sapata corrida são as mais indicadas para a região em estudo.

A seguir estão algumas Figuras (37 a 41) que mostram um esquema de uma casa com as novas soluções e os detalhes da parede.



**Figura 36 – Exemplo das partes de uma casa em *wood frame***

Fonte: Autoria própria (2014)

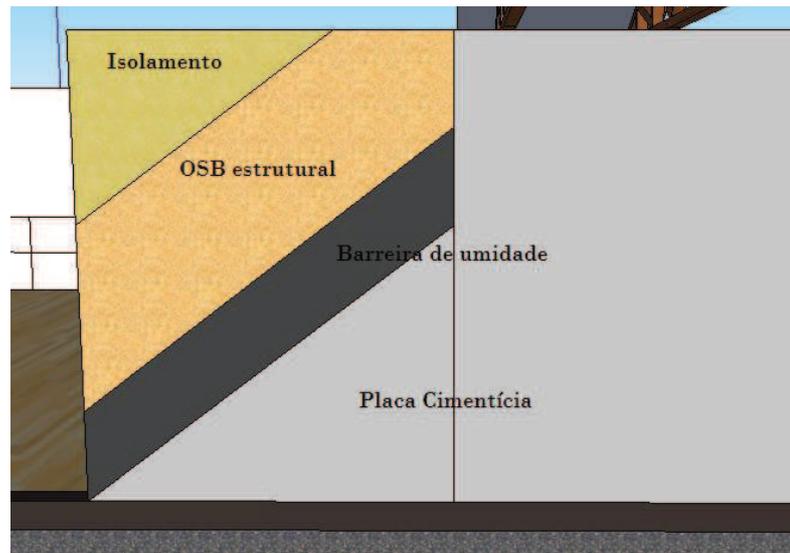


Figura 37 – Parede externa.

Fonte: Autoria própria (2014)

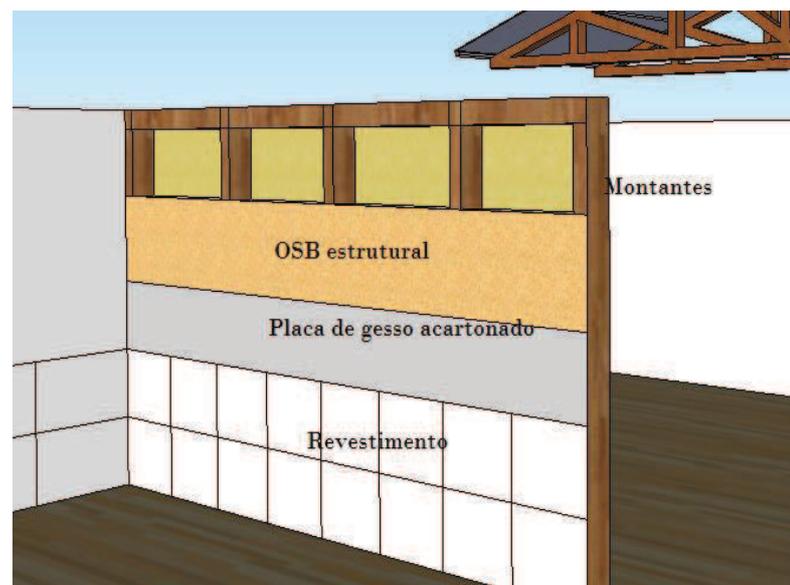


Figura 38 – Parede interna

Fonte: Autoria própria (2014)

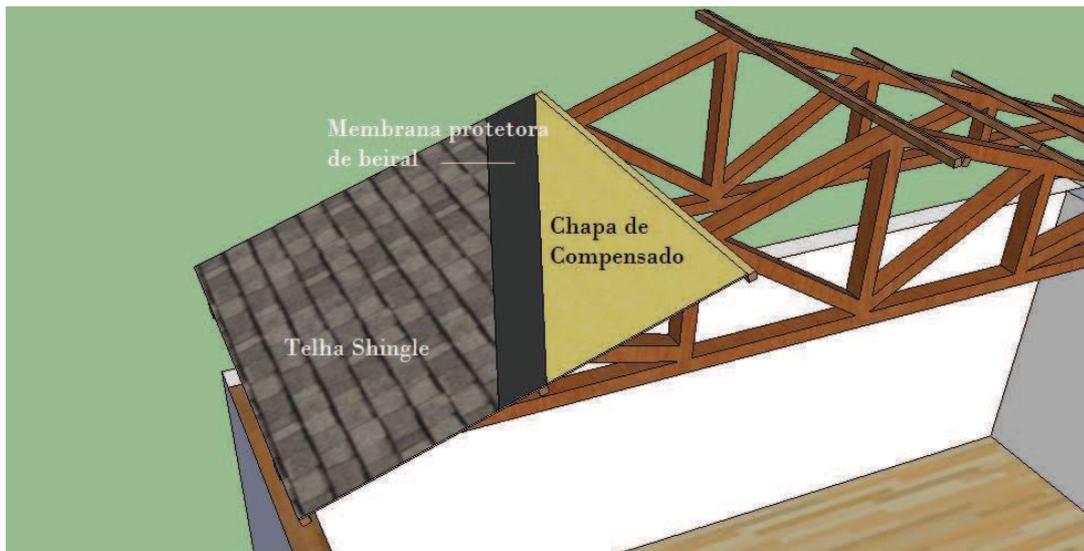


Figura 39 – Telhado

Fonte: Autoria própria (2014)

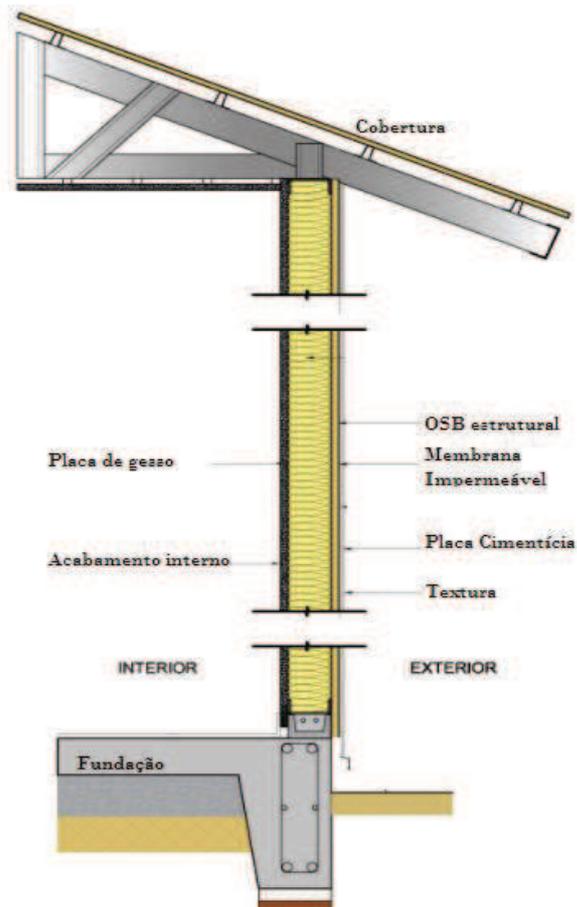


Figura 40 – Elementos principais do sistema *wood frame* adaptado o Brasil.

Fonte: Adaptado do Manual CES (2014)

A partir desse estudo se pode avaliar a necessidade de utilizar materiais diferentes no Brasil dos que são usados no Canadá, devido a fatores como mão-de-obra, disponibilidade no mercado, dimensionamento estrutural e etc.

Assim, chegou se a uma relação de materiais que podem ser utilizados de forma a se ter um aproveitamento tão interessante quanto no Canadá, e ao quais deveriam ser trocados por outras soluções mais adequadas. O Quadro 1 demonstra essa comparação.

ELEMENTO	CANADÁ	BRASIL
Cobertura	Telha <i>shingle</i>	Telha <i>shingle</i>
Estutura	Madeira tratada (coníferas)	Madeira tratada <i>Pinnus</i>
Revestimento Interno	Chapa de Gesso ( <i>drywall</i> )	Chapa de Gesso ( <i>drywall</i> )
Contraventamento	Montantes na diagonal	OSB estrutural
Revestimento externo	<i>Siding</i>	Placa cimentícia
Membranas	Barreira de água	Barreira de água
	Proteção do beiral	Proteção do beiral
Fundação	<i>Basement wall</i>	Sapata corrida/radier

**Quadro 1 - Adequação dos materiais utilizados no Canadá para o Brasil**

Fonte: Aatoria própria ( 2014)

## 5.1 SUSTENTABILIDADE

Para que um sistema construtivo seja sustentável ele precisa preencher vários requisitos, dentre eles a redução na geração de resíduos, a utilização de materiais ecologicamente corretos, e a eficiência energética.

No Canadá a madeira que é utilizada no sistema *wood frame* é oriunda de florestas replantadas de coníferas, e o tratamento químico utilizado é o CCB(borato de cobre cromatado), que agride menos o meio ambiente do que o CCA (arseniato de cobre cromatado). Este é um cenário ideal para a utilização da madeira, mas isso não ocorre no Brasil, onde o mercado madeireiro não é organizado e não existe nenhuma certificação que funcione de forma adequada para fiscalizar a madeira que é comercializada.

Outro aspecto que se deve avaliar, é que no Brasil ainda existe a visão paradoxal de que a madeira não é um material sustentável, entretanto a mesma é único material de construção renovável, que demanda baixo consumo energético para produção, e sequestra carbono da atmosfera durante o crescimento da árvore

(CALIL JUNIOR; MOLINA, 2010).

Todavia, uma construção em *wood frame* é formada por uma série de outros insumos além da madeira, que precisam ser considerados na análise de sustentabilidade.

Em relação a geração de resíduos, o sistema *wood frame* se adequa muito bem, desde que os elementos já venham montados da fábrica, e que estas empresas possuam instalações e maquinários específicos para pré-fabricar os elementos da construção, assim, a sua montagem é rápida, eficiente e com o mínimo de desperdício de materiais.

Já na questão eficiência energética, o *wood frame* pode ser um grande aliado da sustentabilidade, desde que seja bem planejado e projetado com sistemas que possuam um desempenho térmico comprovado, como o método de revestimento externo o EIFS (*Exterior Insulation Finish System*), que em tradução livre significa Reboco Térmico. Entretanto tal solução pode trazer um alto custo para a construção, fazendo com que a torne inviável economicamente.

Após essa rápida análise, se percebe que o sistema *wood frame* pode ser sustentável se bem projetado e pensado, entretanto ainda existe a necessidade de uma análise mais aprofundada sobre a condição de sustentabilidade do sistema no Brasil, para que funcione tão bem quanto no Canadá.

## 6 CONCLUSÃO

Ao discorrer desse trabalho, foi possível concluir que o sistema canadense de construção em *wood frame* possui vários aspectos que seriam interessantes e vantajosos se implantados no Brasil. Entretanto, existe a necessidade de se fazer uma análise mais complexa para avaliar outros aspectos que não foram levados em consideração neste estudo.

Outrossim, ao se estudar o sistema *wood frame* detalhadamente, percebeu-se o quão deficiente é o conhecimento desse método no Brasil. Existe uma grande dificuldade de encontrar trabalhos científicos confiáveis relacionados ao assunto e se observa o desinteresse de profissionais da área, em pesquisar soluções mais inteligentes ante o método construtivo comumente utilizado no Brasil.

Estudar o sistema de construções em *wood frame* é interessante porque o mesmo possui muitas características favoráveis, uma delas é a de ser um sistema de construção baseado na sustentabilidade. Fator esse, de muita importância para o mercado da construção civil, uma vez que, o mesmo é um dos setores que mais geram resíduos, que na maioria dos casos não são reaproveitados, e assim, conseqüentemente, acabam por agredir o meio ambiente e afetar a qualidade de vida das pessoas em geral.

Destarte, que ao estudar os principais elementos deste método construtivo e a disponibilidade dos materiais utilizados, pode se concluir que o mercado brasileiro consegue absorver boa parte da demanda necessária para a construção de uma habitação com o sistema *wood frame*.

Entretanto, um dos pontos observados, que soa negativamente, é a falta de fiscalização no mercado madeireiro, haja vista, a exigência de utilização de madeiras que atendam os requisitos estabelecidos pelas normas e diretrizes que regem esse sistema no Brasil, principalmente no que trata da certificação de procedência e método de tratamento, questão fundamental para assegurar a sustentabilidade do sistema.

Outra conclusão que se chegou com o presente trabalho, é que alguns elementos utilizados no método canadense, não possui uma aplicação interessante na região estudada, visto que o Brasil não possui mão-de-obra qualificada e com conhecimento suficiente para implantar tal elemento. Ante a isso, buscou-se alternativas mais eficientes, como a fundação em sapata corrida, ao invés do *Basement wall* e a utilização de placas cimentícias, no lugar de *sindings*.

Outra constatação, foi a importância de fazer um bom planejamento e uma pesquisa específica para cada construção, para se avaliar a viabilidade do sistema estudado em relação a outros pontos que não foram abordados nesse trabalho, como o custo, a logística de transporte e a qualidade dos materiais empregados, e também, para que o produto final seja realmente proficiente.

Ainda nessa mesma linha de considerações, cabe ressaltar que boas técnicas construtivas, o correto gerenciamento da obra e a utilização de materiais adequados com as normas irão garantir que as construções em *wood frame* sejam duráveis e livre de vícios.

Ademais, pode se observar, que a falta de estudos maiores sobre o assunto tratado nesse trabalho, se dá meramente por fatores culturais. Assim, o objetivo maior desse estudo, foi apresentar alternativa ao método construtivo, haja vista, a falta de pesquisas na área no Brasil, e encontrar possíveis alternativas aos principais elementos do sistema que não seriam viáveis a região em questão.

Por fim, cabe destacar a importância de conscientizar profissionais da área da construção residenciais sobre as potencialidades da utilização do *wood frame*, uma vez que esse método construtivo não é apenas construção em madeira, mas inovação tecnológica que, se empregado de forma planejada tende a ser uma opção vantajosa em relação aos sistemas comumente empregados.

Como sugestão para trabalhos futuros, aponta-se a construção de protótipos alicerçados nessa pesquisa para verificar o desempenho técnico e econômico das adaptações sugeridas.

## REFERÊNCIAS

ABIMCI. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo Setorial 2009**. Curitiba, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15 575: Edificações habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122: Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14715: Chapas de gesso acartonado – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2001.

AMERICAN WOOD COUNCIL. **Details for conventional wood frame construction**. Washington, Dc: American Forest & Paper Association, 2001.

BRITO, Josér Luis Wey de. **Fundações de edifício**. São Paulo, EPUSP, 1987.

CALIL JUNIOR, C.; MOLINA, J. C. **Cobertura em estruturas de madeira: exemplos de cálculo**. São Paulo: PINI, 2010.

CAMPOS, Rubens. **Telhas shingle**. Disponível em: <http://www.aecweb.com.br/>. Acesso em: 15 de nov. de 2014.

CANADA MORTGAGE AND HOUSING CORPORATION (CMHC). **Canadian Wood-Frame House Construction**. Canadá, 2010.

CANADIAN WOOD COUNCIL. **Building performance Series**. Ottawa: Lomor Printer, 2000.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1987, Estocolmo. Relatório de Brundtland, 1987.

DIRETRIZ SINAT Nº 005. **Diretriz para sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo Light Wood Framing)**. Brasília, setembro 2011.

**Mapas de solos do Brasil**. Disponível em : <<http://www.bu.ufsc.br/framerefer.html>>.  
Acesso em: 01 nov. de 2014.

EUROPEAN PRESTANDARD. ENV 1995-2: EUROCODE 5, Part 2: design of timber structures: bridges. Brussels: European Committee for Standardization, 1997.

GIL, ANTONIO C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed. SãoPaulo:Atlas, 2008 .

GIRIBOLA, Maryana. **Habitação popular em madeira**. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/62/habitacao-popul. Aspx>>.  
Acessado em: 20 de ago. de 2014.

KESIK, Theodore Jonathon; LIO, Michael. Manual **Canadian wood-frame house construction**. Ottawa: Canada Mortgage And Housing Corporation, 1997. 321 p.

KRONKA, F. J. N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R.H. **A cultura do pinus no Brasil**. Páginas e Letras, 2005.

LIGHT wood frame. Revista Técnica, São Paulo, ano 17, ed. 148, p. 48-53, jul. 2009.

LIMA, Eduardo. **Radiers**. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/42/artigo241672-1.aspx>>.  
Acesso em: 20 de out. de 2014.

LUCA, Carlos Roberto. **Drywall**. Disponível em: <http://santasancadrywall.wordpress.com/>. Acesso em: 28 de out. de 2014.

SACCO, Marcelo. Light wood frame - construções com estrutura leve de madeira. Disponível em < [http://www.stamade.com.br/artigos/publ01\\_revista\\_techne140](http://www.stamade.com.br/artigos/publ01_revista_techne140)>.  
Acesso em: 11 de out. de 2014.

NAKAMURA, Juliana. Light wood frame. Disponível em <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/148/imprime144162.asp>>. Acesso em: 11 de out. de 2014.

NEWMAN, Morton. Design & Construction of wood-framed building. Nova Iorque: McGraw-hill, Inc., 1995.

**Rapidez e praticidade são características do revestimento a base de colagem de chapas *Drywal*.** Disponível em: <<http://www.gypsum.com.br/>>. Acesso em: nov. 2014.

NEWMAN, Morton. Design & Construction of wood-framed building. Nova Iorque: McGraw-hill, Inc., 1995.

PONTES, Gabriel. **Divisórias e fechamentos com placas cimentícias.** Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/156/artigo286691-2.aspx>>. Acesso em: 20 de out. de 2014.

SANTOS, Altair. **Versáteis, placas cimentícias ganham mercado.** Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/>>. Acesso em: 28 de out. de 2014.

Sistema Nacional de Avaliações Técnicas. **DATEC 20: Sistemas construtivos Tecverde – Sistema Leve em Madeira.** Brasília, 2013.

SOUZA, Fábio Albino. Mestre em engenharia de estruturas, Specialist SOG (Slab-on-Ground) da ADAPT Corp. 2013.

STRICKLIN, D. L.; SCHIFF, S. D.; ROSOWSKY, D. V. ***Uplift Capacity of Light-Frame Wood Stud Walls.*** In: INTERNATIONAL WOOD ENGINEERING CONFERENCE, 1996, New Orleans.

MORAIS, André. **Produtos para tratar madeira previnem perdas.** Revista da Madeira. São Paulo: Novembro, 2008. Edição N°117.

USDA FOREST SERVICE. **Pinus taeda.** (2002) Disponível em: <<http://www2.fpl.fs.fed.us/TechSheets/softwoodna/htmldocs/pinustaeda.html>>. Acesso em: 08 out. 2014.

VELLOSO, Dirceu A.. Lopes, Francisco R.. **Fundações**, v 1. Oficina de Textos. São Paulo, 2004.

THALLON, Rob. *Graphic Guide to Frame Construction*. Newton: The Taunton Press, 2008.

WAGNER, John D. **Guide to House Framing**. Upper Saddle River: Creative Homeowner, 2009.