



CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**Antonio Marcio Lima
Tanis José de Almeida Junior
Thiago Felipe Ignácio Rocha**

**COMPARATIVO DE ALVENARIA ESTRUTURAL, ALVENARIA DE
VEDAÇÃO E *WOOD FRAME***

**Bauru
2017**

**Antonio Marcio Lima
Tanis José de Almeida Junior
Thiago Felipe Ignácio Rocha**

**COMPARATIVO DE ALVENARIA ESTRUTURAL, ALVENARIA DE VEDAÇÃO E
*WOOD FRAME***

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado às Faculdades
Integradas de Bauru para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia
Civil.**

Orientadora: Prof. Elaine Câmara

**BAURU
2017**

Lima, Antonio; Almeida, Tanis; Rocha, Thiago
Levantamento comparativo de alvenaria estrutural,
alvenaria de vedação e *Wood frame* – Antonio Marcio Lima,
Thiago Felipe Ignacio Rocha, Tanis de Almeida Junior.
Bauru, FIB, 2017.
58f.

Monografia, Graduação em Engenharia Civil. Faculdades
Integradas de Bauru

Coordenador: Elaine Câmara.

1. Alvenaria Estrutural. 2. Alvenaria Convencional. 3.
Wood Frame. 4. Métodos Construtivos. I. Título II.
Sobrenome, Nome, colab. III. Faculdades Integradas de
Bauru.

CDD 620

**Antonio Marcio Lima
Tanis José de Almeida Junior
Thiago Felipe Ignácio Rocha**

**COMPARATIVO DE ALVENARIA ESTRUTURAL, ALVENARIA DE VEDAÇÃO E
*WOOD FRAME***

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado às Faculdades
Integradas de Bauru para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia
Civil.**

Bauru, 14 de Novembro de 2017.

**BAURU
2017**

DEDICATÓRIA

Primeiramente, quero agradecer a Deus por ter me dado força para chegar até aqui, a minha família, em especial a minha esposa, que sempre me deu força, minha filha que é por ela que estou cursando essa faculdade, meus amigos de classe e também todos os professores! Muito Obrigado.

Antônio Marcio Lima

Dedico primeiramente esse trabalho aos meus pais, pois estes sempre me ajudaram mediante as dificuldades encontradas pelo caminho e ao meu irmão que sempre esteve presente, e pôr fim a Deus pela força.

Tanis José de Almeida Júnior

Dedico este trabalho a meus pais, que sempre desejaram que me formasse e tivesse uma boa profissão, em especial minha querida mãe, que se privou de muitas oportunidades para que eu me formasse. Amigos, familiares e professores pelo apoio e suporte que me proporcionaram até o dia de hoje.

Thiago Felipe Ignácio Rocha

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus por ter nos guiado até aqui.

Aos nossos familiares e amigos pelo carinho, compreensão e auxílio para que conquistássemos esse momento marcante das nossas vidas.

Aos nossos professores da FIB, que sempre nos ajudando e motivando em nossos estudos.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para que este trabalho tenha conseguido atingir aos objetivos propostos.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”.

(Charles Chaplin)

LIMA, Antonio Marcio; ROCHA, Thiago; ALMEIDA, Tanis. **Levantamento comparativo de alvenaria estrutural, alvenaria de vedação e *Wood frame***. 2017. 58f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - FIB. Bauru, 2017.

RESUMO

Baseia-se em um levantamento de custos por meio de uma planilha orçamentária desenvolvida através de um *software* específico (excel) com a finalidade de analisar, por meio de um projeto arquitetônico, os materiais e custos de uma residência de 100m², de um determinado cliente, além de um levantamento comparativo sobre os métodos construtivos, desde a infraestrutura até a cobertura, demonstrando qual dos três métodos de construção utilizados no Brasil e pesquisados encontra-se mais viável financeiramente. O trabalho foi realizado em etapas específicas, com pesquisas em periódicos, revistas e livros de autores renomados nos métodos de alvenaria estrutural/convencional, além de pouco conhecido e utilizado no Brasil, o método inovador da utilização de apenas madeirites substituindo de vez o concreto em sua estrutura, mas conhecido como *Wood frame*, além de pesquisas de campo para recolhimento de dados para término da pesquisa. Concluiu-se que o método de alvenaria convencional, mesmo sendo o mais utilizado no país, juntamente com o *wood frame* geram custos relativamente mais elevados do que o método em que se utiliza a alvenaria como elemento estrutural. Portanto, o método mais viável a um futuro cliente é o método conhecido como alvenaria estrutural.

Palavras-chave: Alvenaria Estrutural; Alvenaria Convencional; *Wood Frame*; Métodos Construtivos.

LIMA, Marcio; ALMEIDA, Tanis; ROCHA, Thiago. **Comparative research of structural masonry, masonry of fence and wood frame.** 2017. 58f. Course Completion Work (Undergraduate Degree in Civil Engineering) - FIB. Bauru, 2017.

ABSTRACT

Based on a cost survey through a budget worksheet developed through a specific software (excel) for the purpose of analyzing, through an architectural project, the materials and costs of a 100m² residence of a particular client, as well as a comparative survey of the construction methods, from the infrastructure to the roof, demonstrating which of the three construction methods used in Brazil and is more financially viable. The work was carried out in specific stages, with researches in periodicals, magazines and books by renowned authors in structural/conventional masonry methods, in addition to the little known and used in Brazil, the innovative method of using only wood replacing concrete in its structure, but known as Wood frame, in addition to field surveys for data collection for the end of the research. It was concluded that the conventional masonry method, even being the most used in the country, together with the wood frame generate relatively higher costs than the method in which masonry is used as a structural element. Therefore, the most feasible method to a future customer is the method known as structural masonry.

Keywords: Structural Masonry; Conventional Masonry; Wood Frame; Constructive Methods.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Exemplo de modulação de projeto arquitetônico de alvenaria estrutural.....	17
Figura 2 - Exemplo de alvenaria autoportante.....	18
Figura 3 - Sistema de alvenaria de vedação	19
Figura 4 - Fundação viga baldrame.....	22
Figura 5 - Perfuração de estaca	22
Figura 6 - Pilar de concreto pronto para concretagem	23
Figura 7 - Viga de concreto armado	24
Figura 8 - Laje pré-fabricada pronta para concretagem	25
Figura 9 - Estrutura do telhado de madeira	26
Figura 10 - Exemplo de grandes estruturas em <i>Wood Frame</i>	27
Figura 11 - Estrutura de uma casa em <i>Wood Frame</i>	28
Figura 12 - Primeira obra em <i>Wood Frame</i> : Igreja <i>Saint Mary</i> , Chicago	29
Figura 13 - Fundação tipo radier	34
Figura 14 - Sistema construtivo <i>Wood Frame</i>	35
Figura 15 - Sistema elétrico para <i>Wood Frame</i>	35
Figura 16 - Ramais de esgoto em residência <i>Wood Frame</i>	36
Figura 17 - Fluxograma da alvenaria estrutural	39
Figura 18 - Fluxograma da alvenaria convencional.....	40
Figura 19 - Fluxograma do <i>Wood Frame</i>	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Planilha Orçamentária: Alvenaria Convencional de 100m ²	41
Quadro 2 - Planilha orçamentaria: Edificação Alvenaria Estrutural de 100m ²	45
Quadro 3 - Planilha Orçamentária: Edificação Wood Frame de 100m ²	49

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABIMCI - Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente

CREA - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

FIB - Faculdades Integradas de Bauru

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INSS - Instituto Nacional de Seguridade Social

PIB - Produto Interno Bruto

SINDUSCON-SP - Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Justificativa	12
1.2	Objetivo geral	13
1.3	Objetivos específicos	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Alvenaria estrutural	14
2.1.1	Vantagens de uma obra de alvenaria estrutural	15
2.1.2	Desvantagens da alvenaria estrutural	16
2.1.3	Tipos de alvenaria estrutural.....	17
2.2	Alvenaria de vedação	18
2.2.1	Etapas construtivas	21
2.3	Wood Frame	26
2.3.1	História do <i>wood frame</i>	29
2.3.2	O <i>wood frame</i> no Brasil (NBR-7190/1997)	31
2.3.3	Etapas construtivas	32
3	MATERIAL E MÉTODOS	38
4	ANÁLISE E RESULTADOS	39
4.1	Comparativos entre os métodos (fluxograma)	39
4.2	Comparativos de custos	40
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

A Indústria de Construção Civil atravessa um péssimo momento, no fim do ano de 2016 o Produto Interno Bruto (PIB) da construção deve fechar com queda de 5,30%, projetou o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SINDUSCON - SP) devido a esse momento as alvenarias estruturais e convencionais sofrem constantes aprimoramentos nos processos construtivos, gerando assim novas tecnologias para a construção civil, mas de fato qual o real significado de alvenaria dentro do contexto da construção civil?

De acordo com Tauil & Nese (2010) a alvenaria convencional, utilizada para vedação de diferentes materiais, a alvenaria estrutural onde serão utilizados blocos cerâmicos ou blocos de concreto, e *Wood Frame* que consiste em uma construção usando a madeira como estrutura principal (pilares e vigas). Estes processos construtivos demandam um crescimento sistemático na construção civil que gera a necessidade de sistemas construtivos mais econômicos já que a economia definição de alvenaria é basicamente o conjunto de peças justapostas coladas em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso.

Conforme Peña & Franco (2004) a alvenaria estrutural é o método construtivo que se caracteriza pela utilização de paredes como principal estrutura de suporte de uma determinada construção, na Alvenaria Estrutural a parede apresenta duas funções específicas: vedação vertical e suporte estrutural.

Ao se utilizar madeira proveniente de reflorestamento, além de ganhar notoriedade devido a sua procedência, se tem diversas vantagens quando se analisa e observa sua oferta e sua qualidade homogênea, o que favorece a qualidade do produto final: treliças, vigas, pilares, e estruturas de madeira de modo geral (ABIMCI, 2009).

1.1 Justificativa

O foco principal do trabalho é apresentar aos futuros clientes, independentemente da situação financeira do mesmo, qual método possa vir a ser o mais viável para a construção de uma determinada obra em questão através de um levantamento comparativo e uma planilha orçamentária entre os métodos apresentados. Desta forma poderá auxiliá-los para se adequar o justo ao agradável.

Este estudo está voltado a todas as classes sociais, já que se trata basicamente de um levantamento do terreno, da planta e do projeto arquitetônico a fim de diminuir os custos e a perda de materiais como muito se acontece em obras no Brasil, tendo em vista dessa forma o melhor método construtivo seja este em alvenaria estrutural, convencional ou Wood Frame.

1.2 Objetivo geral

Apresentar um estudo comparativo entre os sistemas construtivos de alvenaria convencional, alvenaria estrutural e Wood Frame, com foco em demonstrar para os futuros cliente em questão o método mais viável a ser usado, a fim do custo-benefício, segurança e da adequação do projeto dentro da norma ABNT.

1.3 Objetivos específicos

Para atender o objetivo geral será necessário:

- Analisar o mercado, fornecedores, futuros clientes e concorrentes;
- Apresentar qual método é mais eficaz ao futuro cliente baseando-se na planta do terreno em questão;
 - Avaliar a metragem do terreno e a condição financeira do futuro cliente para assim poder direcioná-lo;
 - Desenvolver uma planilha orçamentária em relação às fases principais da obra;
 - Demonstrar as etapas de cada método construtivo, alvenaria estrutural, alvenaria convencional e *Wood Frame*;
 - Possibilitar a exposição da tecnologia de cada um dos métodos, expondo os pontos positivos e pontos negativos de ambos os métodos;
 - Extrair os pontos principais desses métodos, para que se tenha uma escolha adequada de qual método a ser utilizado levando em consideração a situação real do mercado para tal escolha.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

É possível apontar diferentes sistemas estruturais a serem adotados durante a concepção do projeto de uma edificação. A escolha do sistema adequado se dá em função do uso da edificação, de custos e recursos.

2.1 Alvenaria estrutural

A Alvenaria Estrutural é um método tradicional de construção que vem sendo utilizado há milhares de anos, sendo que desde os primórdios da construção o homem vem-se utilizando deste método (DUARTE, 1999).

Segundo Hendry (2002), em meados do século XVII a alvenaria estrutural passou a ser tratada como uma tecnologia de construção civil. Contudo mesmo que no período entre os séculos XIX e XX tivessem sido efetuados diversos testes de resistência dos elementos da alvenaria estrutural em vários países, ainda havia diversas limitações de projeto, pois os cálculos específicos para este determinado método construtivo eram feitos apenas de forma empírica.

Para Duarte (1999), as edificações construídas a partir do método de utilização da alvenaria como parte estrutural, são extremamente de fácil aceitação para o homem moderno quanto para as civilizações passadas que já faziam o uso desta técnica em questão.

Os edifícios que foram projetados em alvenaria estrutural tiveram pouca aceitação e aplicação durante um período de 50 anos, todavia foi apenas em meados dos anos 1950 que houve certo interesse pela construção de edifícios pelo método de alvenaria estrutural, pois neste período histórico estava ocorrendo a segunda guerra mundial e por conta deste fato específico foram construídos diversos edifícios em alvenaria estrutural principalmente na Inglaterra devido à inexistência de materiais (HENDRY, 2002).

Ramalho e Corrêa (2003) citam que o edifício construído, com 13 pavimentos na Basileia, Suíça, em 1950 foi fundamental na história da alvenaria estrutural, pois suas paredes internas foram reduzidas à espessura de 15 cm e as paredes externas a 37,5 cm de espessura.

O interesse pela alvenaria estrutural avançou para demais países da Europa, como, por exemplo, a Inglaterra, onde foram construídos diversos edifícios em

alvenaria estrutural promovidos principalmente por programas públicos os anos seguintes 1960-1970 (HENDRY, 2002).

A alvenaria estrutural no Brasil é utilizada desde os primórdios do século XVII, foi a partir dos anos de 1970, especificamente, que a alvenaria estrutural passou a ser tratada como uma tecnologia de engenharia, através do projeto estrutural baseado em princípios validados cientificamente e da execução com critérios mais bem definidos. A engenharia civil é uma das áreas mais antigas do mundo, que sofre diversas mudanças benéficas com o passar dos anos, materiais surgiram assim como outros deixaram de ser usados e desta forma então substituídos por métodos mais eficazes e inovadores. É possível citar como uma dessas melhorias dentre várias outras, a alvenaria de parede portante, conhecida comumente como alvenaria estrutural (RAMALHO e CORRÊA, 2003).

Nos últimos trinta anos, com extensos trabalhos de pesquisa, a alvenaria estrutural tem apresentado maiores e mais visíveis avanços do que qualquer outra forma de estrutura usada na construção civil. Como consequência, é um dos mais econômicos e modernos métodos de construção (ROMAN *et al.*, 1999).

Em muitos casos, a compatibilização é feita no próprio canteiro de obras, durante o desenvolvimento da construção. No entanto devido à imposição de não se permitir qualquer quebra em paredes estruturais, projetos de alvenaria estrutural devem ser mais completos e compatibilizados se comparados com projetos de construções convencionais, uma vez que o projeto estrutural é desenvolvido após a modulação das paredes e a solução das instalações complementares (PARSEKIAN, e FURLAN JÚNIOR, 2003).

2.1.1 Vantagens de uma obra de alvenaria estrutural

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), o processo de construção de uma edificação em alvenaria estrutural tem muitas diferenças frente ao processo das estruturas convencionais de concreto armado, e são essas diferenças que conferem uma atratividade na adoção desse sistema construtivo, suas principais vantagens são:

- Economia de fôrmas: poupa-se com mão de obra (carpintaria), com madeiras, já que não há utilização de forma para preenchimento de pilares etc.;

- Redução significativa nos revestimentos: por se utilizar blocos de qualidade controlada e pelo controle maior na execução, a redução dos revestimentos é muito significativa;
- Redução nos desperdícios de material e mão-de-obra: pelo simples fato de que as paredes não admitem intervenções posteriores significativas, como rasgos ou aberturas para a colocação de instalações hidráulicas e elétrica sendo também uma importante causa para o não desperdício em instalações hidráulicas;
- Redução do número de especialidades: deixando-se de serem necessários profissionais como armadores e carpinteiros;
- Flexibilidade no ritmo de execução da obra: se as lajes forem pré-moldadas, o ritmo da obra estará desvinculado do tempo de cura que deve ser respeitado no caso das peças de concreto armado.

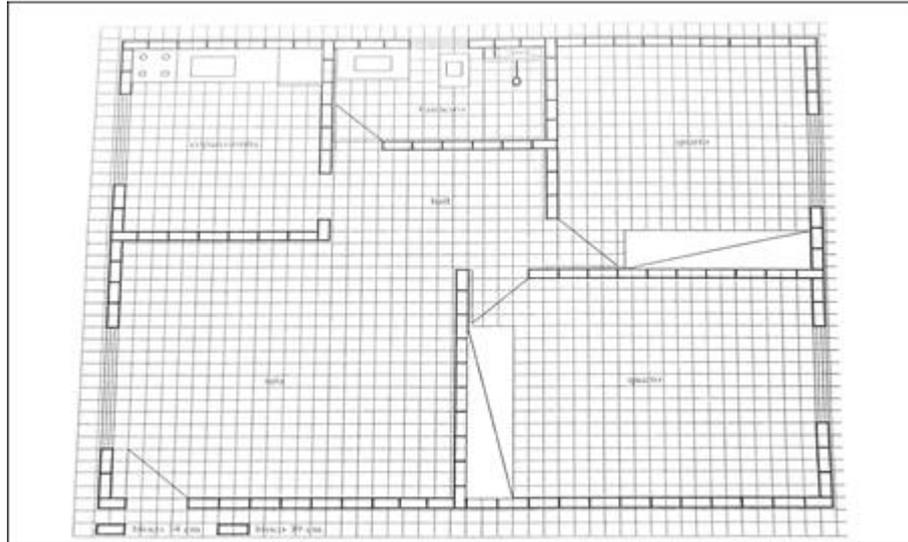
Camacho (2006) cita também outra vantagem muito importante: a robustez estrutural decorrente da própria característica estrutural do sistema, o que resulta em maior resistência a danos patológicos decorrentes de movimentações, além de apresentar maior reserva de segurança frente a ruínas parciais.

2.1.2 Desvantagens da alvenaria estrutural

A Alvenaria Estrutural tem muitas vantagens em comparação ao concreto armado, sua principal em relação à economia, mas também há muitas limitações do método que pode trazer desvantagem econômica se mal executado ou planejado. Uma das principais desvantagens da alvenaria é as mudanças de paredes previamente definidas pelo projetista. Pesquisas mostram com o decorrer do tempo as edificações mudam suas formas arquitetônicas, de acordo do bem-estar dos habitantes, e no caso da alvenaria se essas mudanças não forem definidas previamente ficam impossíveis de obter mudanças em sua estrutura. Outras desvantagens que a alvenaria tem, a mão de obra qualificada é difícil encontrar para obter uma edificação sem grandes perdas de materiais e também a limitação de grandes balanços que teria que utilizar uma grande quantidade de armadura para resistir sua flexão (RAMALHO e CORRÊA, 2003).

Na Figura 1 é possível ver um exemplo de projeto de alvenaria estrutural.

Figura 1 - Exemplo de modulação de projeto arquitetônico de alvenaria estrutural



Fonte: ROMAN *et al.* (1999).

Qualquer que seja o sistema construtivo adotado, para que seja possível experimentar plenamente suas vantagens é necessário que o projeto seja concebido para este sistema, buscando-se a maximização de suas potencialidades e agregando eficiência através do emprego de todos os recursos técnicos possíveis. É preciso projetar de forma consciente e racional, valendo-se da técnica e da experiência para a resolução dos desafios de projeto propostos, a fim de que seja possível a execução de um produto de qualidade, com o mínimo de dificuldades e a um custo adequado (RAUBER, 2005).

2.1.3 Tipos de alvenaria estrutural

De acordo com Camacho (2006), a alvenaria estrutural armada: vem a ser processo construtivo em que, por necessidade estrutural, os elementos resistentes (estruturais) possuem uma armadura de aço. Essas armaduras são dispostas nas cavidades dos blocos que são posteriormente preenchidas com micro concreto (graute). Alvenaria estrutural não armada: é o processo construtivo onde nos elementos estruturais existem somente armaduras com finalidades construtivas, de modo a prevenir problemas patológico tais como fissuras, concentração de tensões, etc. Alvenaria estrutural parcialmente armada: é o processo construtivo em que alguns elementos resistentes são projetados como armados e outros como não armados. De uma forma geral, essa definição é empregada somente no Brasil.

Na Figura 2 observa-se a alvenaria autoportante.

Figura 2 - Exemplo de alvenaria autoportante



Fonte: Fórum da Construção (2017).

2.2 Alvenaria de vedação

As primeiras edificações de alvenaria são datadas a mais de dez mil anos, sendo construídas com materiais intuitivos, muitas delas ainda permanecem em bom estado, constituídas principalmente por pedras, tijolos de argila, rochas naturais, etc (PARSEKIAN *et al.*, 2013).

Em 1904 começou a história do concreto armado no Brasil, no estado do Rio de Janeiro com a construção de seis edifícios, sob o comando do engenheiro Carlos Poma. Na época, o material era denominado cimento armado (VASCONCELOS; CARRIERI JUNIOR, 2005).

Dentro do sistema conhecido comumente por alvenaria convencional, a vedação é em si o que define o método em questão, desta forma entende-se que o termo alvenaria de vedação é simplesmente uma união de elementos colados por

uma argamassa específica e apropriada a fim de se formar um único elemento vertical e coeso (TAUIL e NESE, 2010).

O sistema de alvenaria é o método construtivo de paredes e muros, ou obras semelhantes, executadas com pedras naturais, tijolos ou blocos interligados entre si com ou sem argamassa de ligação, em fiadas horizontais ou em camadas parecidas, que se repetem sobrepondo-se sobre as outras, formando um conjunto rígido e coeso (MARTINS, 2009).

A Figura 3 representa o sistema de alvenaria de vedação

Figura 3 - Sistema de alvenaria de vedação



Fonte: UNICHRISTUS (2016).

Segundo Silva *et al.* (2006) a alvenaria de vedação, tem como suas principais funções: vedar o ambiente, suportar seu peso, proteger a edificação de agentes naturais como (chuva, vento, etc.) e também a separação dos ambientes.

Para Domarascki e Fagiani (2009), as etapas em ordem extremamente específica do método de alvenaria convencional constituem-se em fundações, superestrutura (pilares, vigas, alvenaria), cobertura (telhado e/ou diversos tipos de laje), sistemas elétricos e hidráulicos e acabamento. Os pilares e vigas são elementos estruturais que se utilizam do concreto armado, dimensionados a partir do

cálculo estrutural da carga sob os mesmos, e dos momentos fletores que a mesma fornece, por um engenheiro calculista que verifica a solicitação de carga.

De acordo com Fernandes e Silva Filho (2010), a elevada durabilidade, a excelente resistência aos choques mecânicos, vibrações e elevadas temperaturas, além da facilidade de obtenção de materiais nas proximidades das obras como as principais vantagens de uma edificação em concreto armado em relação a outros sistemas construtivos são os destaques deste método em questão.

Barros e Melhado (1998) definem que o concreto com fins estruturais pode ser confeccionado, tanto no canteiro de obra, quanto em usinas de concreto. Para edificação de médio e grande porte, utilizam-se geralmente concretos usinados, devido a números de fatores como, por exemplo: precisão na dosagem, capacidade de produção elevada, a responsabilidade é da empresa especializada, diminuição de pessoas no canteiro de obra, os autores distribuem três funções básicas ao sistema de fôrmas: dar forma ao concreto; Dar contenção ao concreto até que ele petrifique; proporcionar à superfície do concreto a textura requerida.

Para Araújo e Freire (2004) o sistema de fôrmas é indispensavelmente significativo do ponto de vista econômico, que é fundamental na composição de custos das estruturas, o concreto pode variar entre 30 e 60%.

Segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2007) a vedação apresenta vantagens e desvantagens, as quais estão relacionadas:

Desvantagens:

- Tempo de execução elevado proporcionado pelo assentamento e passagem de instalações nas paredes e conseqüentemente remendos com argamassa;
- Alto desperdício de materiais em si, quebra das unidades tais como tijolos tanto no transporte quanto na execução da obra;
- Devido a não utilização de prumo, o consumo/uso da argamassa relativamente se eleva, além de que ocorre assim um aumento de cargas permanente atuando sob a estrutura;
- Má eficiência do controle de qualidade e padronização dos blocos oferecidos para execução;

- Por ser bom condutor tanto de calor como de som, é necessário na maioria das vezes um complemento de outros materiais a fim de solucionar este problema;

- Durante o período de resistência de cura (em torno de 28 dias) é necessário que o sistema de formas e escoramento permaneça no local.

Vantagens:

- Possui uma ótima resistência em relação à maioria das solicitações da mesma;

- Por possuir uma excelente trabalhabilidade o projetista possui uma maior liberdade relacionada ao ponto de vista estrutural, pois é de fácil adaptação;

- Os modos de execução são amplamente dominados em todo o Brasil;

- Por possuir baixo custo em muitas ocasiões, a mesma pode ser comparada com estruturas feitas de aço no ponto de vista econômico;

- Quando bem executado, o material em questão possui um tempo de vida relativamente alto;

- Boa durabilidade e alta resistência ao fogo se comparada com a madeira e o aço se for bem executados;

- Possui alta resistência às vibrações e choques, efeito térmico e atmosférico e também aos desgastes mecânicos.

2.2.1 Etapas construtivas

Existe a necessidade de planejar a etapa construtiva, para tanto, relaciona-se as seguintes atividades em ordem de acontecimentos:

❖ FUNDAÇÕES:

Na maioria das vezes o início de uma edificação começa pela sondagem do solo. A sondagem é para determinar a resistência do solo uma espécie de radiologia do mesmo, testar camadas por camadas além de detectar a presença do lençol freático (água), informações necessárias para o calculista fazer um bom trabalho no cálculo (GIMENEZ, 2013).

Exemplo de fundação na Figura 4.

Figura 4 - Fundação viga baldrame



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

❖ ESTACA:

A definição de estaca é entendida como fundação profunda, podendo ser executada de forma simples manual com cavadeira ou mecanizada o mais conhecido perfuratriz, no entanto não há necessidade de descida de operário, durante sua execução e nem depois, pode-se ainda utilizar diversos materiais tais como: aço, pré-moldado, madeira, concreto, concreto misto, e feito in loco (ABNT, 1996).

A Figura 5 representa uma perfuração de estaca.

Figura 5 - Perfuração de estaca



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

❖ PILARES:

A ABNT NBR 6118:2014 (item 14.4.1.2, p.84), descreve os pilares como elementos lineares posicionados na vertical cujo seu eixo é reto, cuja ação da compressão é mais importante do que as demais, ainda segundo a normativa brasileira os pilares na maioria dos casos ou em todos eles, recebem as cargas provenientes das lajes e das vigas distribuindo tais cargas para as fundações, desta forma eles são as estruturas mais importantes da engenharia civil, pois também exercem a função de apoio para as vigas e lajes, porém sua seção transversal não pode possuir dimensão menor que 19 cm (ABNT, 2014).

A função dos pilares é transmitir as cargas recebidas para a fundação, baldrame, brocas e solo assim fornecem estabilidade a edificação quanto ao esforço solicitado horizontais, como observado na Figura 6 (PINHEIRO e SCADELAI, 2003).

Figura 6 - Pilar de concreto pronto para concretagem



Fonte: UNIFAL (2011).

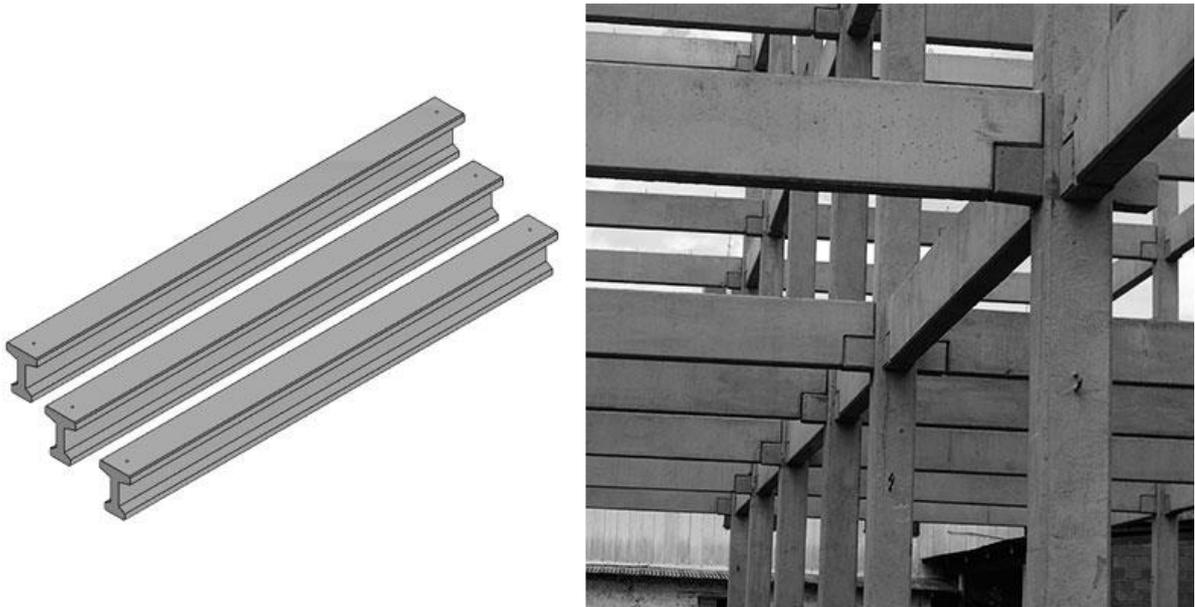
❖ VIGAS:

Segundo a ABNT (2014, p.83) “vigas são elementos lineares em que a flexão é preponderante”.

A ABNT NBR 6118:2014 item 14.4.1.1 descreve que as vigas estavam dispostas de inúmeras ações tais como compressão, tração, flexão, torção e cisalhamento, todos estes esforços em si devem ser compreendidos dentro do cálculo de dimensionamento das armaduras, na maioria dos casos ainda elas

possuem duas espécies de armaduras sendo uma longitudinal (barras) e a outra transversal (estribos), as cargas sob a mesma provem das lajes, de outras vigas, de pilares etc., porém sua principal função é de se vencer os vãos e distribuir as cargas para os pilares como mostra a Figura 7 (ABNT, 2014).

Figura 7 - Viga de concreto armado



Fonte: Tromar pré-moldado (2017).

❖ LAJES:

Segundo a ANBT NBR 6118 (2014, p.84) “lajes ou placas de concreto são elementos de superfície plana, sujeitos principalmente a ações normais a seu plano”, sua principal função é servir de piso ou cobertura nas construções civis e receber as ações perpendiculares aplicadas ao plano da laje que são transmitidas para as vigas apoiadas nas bordas da laje ou diretamente para os pilares.

Bastos (2006) explica que na laje existem tipos de cargas que podem ser distribuídas ou concentradas. As concentradas são as cargas das vigas, pilares e paredes. E as distribuídas, são determinadas por área, tem seu peso próprio, contrapiso, argamassa e piso.

Existem diversos tipos de laje tais como, nervuradas, maciças e pré-moldada a que se destacam nas edificações de pequeno e médio porte são as pré-moldadas, que facilita esta fase no canteiro de obra (SALGADO, 2011).

Os componentes necessários da laje pré-fabricadas são conhecidos como lajotas, podendo ser fabricados de cerâmica, concreto, ou até mesmo de isopor para aliviar o peso próprio da laje, são padronizadas na largura para encaixar entre os trilhos também conhecida como vigotas (EPS) conforme pode ser visto na Figura 8 (SALGADO, 2011).

Figura 8 - Laje pré-fabricada pronta para concretagem

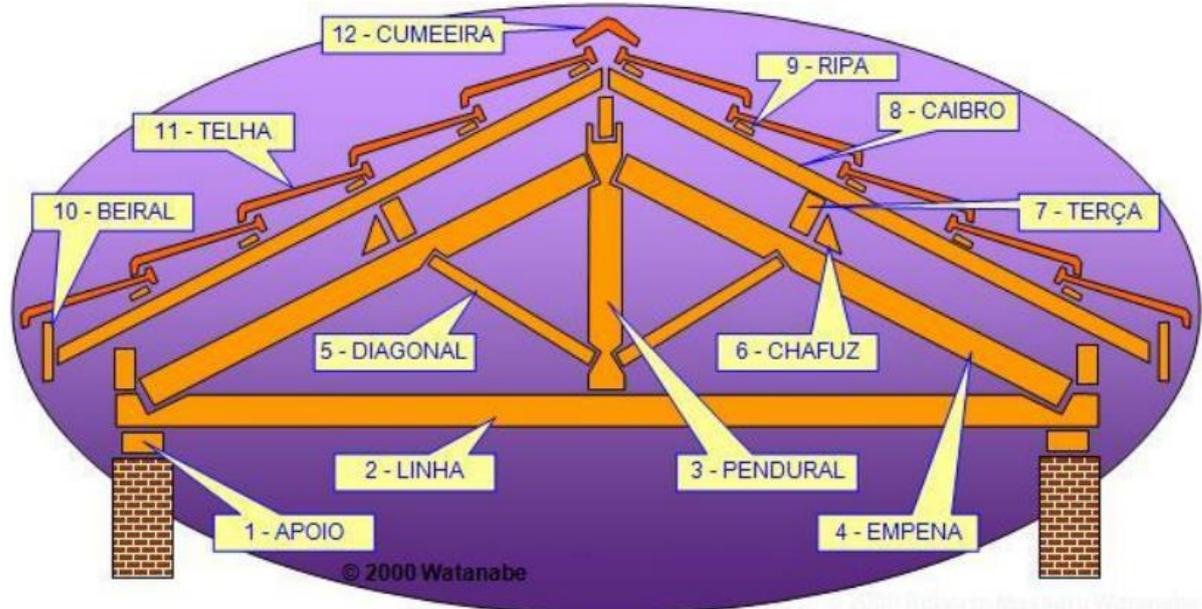


Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

❖ COBERTURA:

A principal função da cobertura é de proteger a construção contra as ações e intempéries da natureza, desta forma a cobertura é composta por dois elementos distintos entre si, que são basicamente a sua estrutura e a cobertura desta mesma estrutura (SALGADO, 2011).

Geralmente, dentro do método de construção em que se utiliza a alvenaria apenas como sistema de vedação, a cobertura é constituída por telhados de madeira que são apresentados sob uma estrutura de madeira, metálica etc., os telhados possuem as “águas” cujo nome refere-se ao ângulo e formato do mesmo, conforme pode ser visto na Figura 9 (BORGES, 2009).

Figura 9 - Estrutura do telhado de madeira

Fonte: Watanabe (2005).

Os telhados são compostos por telhas, nas quais as mesmas podem ser dos mais variados materiais, porém dentro da engenharia as mais utilizadas são de cerâmica e fibrocimento, desta forma a escolha e formato da telha influencia drasticamente na estrutura do telhado (LOGSDON, 2002).

❖ ACABAMENTO:

O acabamento é o nome dado à última etapa da construção, nele se entra a fase de revestimento das estruturas e aplicação de pinturas específicas, o acabamento tem ainda a função de proteger contra intempéries, já a pintura proporciona regularização e cor, dando mais beleza e qualidade à obra (ZULIAN *et al.*, 2002).

2.3 Wood Frame

Apesar de grandes avanços tecnológicos realizados na área da construção civil nos últimos anos no que refere ao conforto, desempenho e novos materiais, o Brasil ainda utiliza de métodos construtivismos arcaicos (MOLINA & CALIL JUNIOR, 2010).

O *Wood Frame* é o método construtivo em madeira composto por painéis estruturados com vigas, pilares de madeira com seção transversal pequena, pouco espaçado, contudo fazem uma combinação estrutural capaz de suportar os esforços recebidos pela edificação. Deste jeito os painéis substituem as vigas e pilares de concreto, portanto como as paredes em alvenaria comum. Pode se usar como vedação placas de gesso acartonado para as áreas internas, para as paredes internas; e nas paredes externas usam-se placas cimentícias ou chapas de OSB ou compensado, revestidas com estuque, conforme a Figura 10 (PAESE, 2012).

Figura 10 - Exemplo de grandes estruturas em *wood frame*



Fonte: Téchne (2009)

Segundo Souza (2013), o sistema construtivo *Wood Frame*, é um método que utiliza a madeira como estrutura, este método foi em especial difundido no norte americano e europeu.

Conforme Molina e Calil Junior (2010), o sistema industrializado *Wood Frame* empregado na construção de casas unifamiliares tem como prioridade a durabilidade que utilizando madeira reflorestada tratada e desenvolvendo painéis de pisos, paredes e cobertura que podem ser combinados e/ou revestidos com mais tipos de materiais, aumentando assim o conforto térmico e acústico da construção, protegendo-a também de intempéries e fogo e podendo ser construído até cinco pavimentos. Com este método pode-se ter o controle de custos das fases da obra, devido à possibilidade de industrialização. Na Figura 11 encontra-se um exemplo de utilização do *Wood Frame*.

Figura 11 - Estrutura de uma casa em *wood frame*



Fonte: Atos arquitetura (2015).

A redução de custos é sempre o assunto principal em um debate cujo foco seja a habitação de interesse social, sendo que talvez a principal solução seja a produção de residências em série, pois desta forma tem-se empregado uma grande quantidade de materiais geradores de preços mais acessíveis ao cliente em questão, desta maneira existe a possibilidade de se comprar direto do fabricante. O sistema conhecido como *Wood Frame* proporciona inúmeras vantagens em relação aos métodos tradicionais em alvenaria, pois este é muito mais prático e rápido pelo fato de ser pré-fabricado, além de fornecer equipamentos muito mais simples já que as peças são montadas na própria empresa (LAROCA, 2002).

A madeira sempre esteve presente nas mais variadas evoluções da vida do homem. Desde os primórdios da existência humana, colaborando assim para o desenvolvimento da construção civil. Quando na pré-história o homem abandonou os buracos e grutas naturalmente escavadas, a madeira torna-se então a matéria-prima essencial para a construção de seus abrigos (TORRES, 2010).

O uso da madeira como material dentro do âmbito da construção civil data-se desde os primórdios da existência humana, mais especificamente durante a pré-história, passando assim por diversas técnicas que vieram evoluindo principalmente na antiguidade com o passar dos tempos, em várias civilizações, no momento em que entraram na idade média, assistiram ao nascimento do capitalismo e chegaram até os dias atuais incorporando inovações proporcionadas pela indústria (MORIKAWA, 2006).

2.3.1 História do *Wood Frame*

De acordo com Souza (2013), em 1578 surgiram às primeiras casas pré-fabricadas em madeira, que podiam e foram transportadas da Inglaterra ao Canadá. Edward Winslow foi o criador da *Great House* em 1624, onde foi montada na Inglaterra e transportada para Massachussets e em vários outros lugares.

O NUTAU/USP (Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo) complementa ainda que o sistema que deu origem ao *Wood Frame* é conhecido como *Baloon Frame*, cujo nome está completamente ligado à aparência da estrutura em madeira de 2x4. Este método em questão tido como pioneiro para o *Wood Frame* foi responsável por uma espécie de revolução na construção, sendo ideal para as condições americanas. O “*Baloon Frame*” foi inventado especificamente por um engenheiro civil de Chicago nascido no século XVIII, conhecido comumente por George Washington Snow, sendo ainda que a primeira obra dentre esse sistema foi à igreja St. Mary’s em Chicago, construída em 1833, conforme se observa na Figura 12.

Figura 12 - Primeira obra em *woodframe*: Igreja *Saint Mary*, Chicago



Fonte: Pré-fabricado Steel Frame (2011)

De acordo com Zaparte (2014), a prática do método que se utiliza a madeira como principal elemento de construção, mais conhecido como *Wood Frame* é consideravelmente nova, sendo as primeiras casas a serem construídas dentro de um período de dez anos aproximadamente, muito inferior se comparado com o

Canadá. Estudos apontam que o principal fator dessa demora na implementação do método no país está relacionado a uma mera questão cultural dos brasileiros, mas que com o tempo esse preconceito poderá se extinguir devido às inúmeras vantagens do método em questão.

Existem várias vantagens no método *Wood Frame*, por exemplo, a flexibilidade de poder ser usado em residências, edificações comerciais, públicas e industriais, rápida execução, com ótima acústica e térmica, com preços bem competitivos, os principais requisitos de uma edificação são atendidos de forma sustentável, onde os materiais utilizados favorecem o conforto térmico e acústico, em comparação a alvenaria seus resíduos são menor, além da capacidade energética e da utilização de modernidades e produtos que não degradam o meio ambiente (MOLINA e CALIL JUNIOR, 2010).

Algumas outras vantagens deste sistema são a sua durabilidade, pois pode ser instalado em todas as regiões, sujeitas a extremos abalos sísmicos e ventos extremos, quando se há oportunidade de reforçar ou/e adaptar para que absorva cargas causadas nestas situações. É constituído a partir de recursos renováveis, onde atende com perfeição o requisito contra incêndio, controle de som, e graças a sua capacidade de adaptação utiliza-se em todos os tipos de clima, desde quentes e úmidos até extremamente frio (CMHC, 2014).

Souza (2013) destaca como principais vantagens:

- ✓ Diminuição de resíduos, tornando-se assim uma obra limpa, e devido a não utilização de água na construção, a mesma pode-se ser considerada seca;
- ✓ Redução significativa do período de construção de uma determinada obra, devido à pré-construção em ambiente industrializado;
- ✓ A madeira é a única matéria prima renovável na construção civil;
- ✓ Preço de mercado estável da madeira no mercado;
- ✓ Alta resistência da construção, além de um excelente conforto térmico e acústico proporcionado ao cliente.

Ainda segundo Souza (2013), as principais desvantagens são:

- ✓ Necessidade de especialização da mão de obra;
- ✓ Pouca mão de obra especializada no mercado da construção;
- ✓ Preconceito social e cultural de casas feitas de madeira;
- ✓ Suporta uma altura máxima de cinco pavimentos apenas.

Deeke (2009) destaca ainda que a principal desvantagem desse método é a limitação de fornecedores no Brasil, mas que se trata de um método com um enorme potencial, devido ao “estoque” de madeira no país.

2.3.2 O *Wood Frame* no Brasil (NBR-7190/1997)

O Brasil vem sendo observado com o passar dos tempos e hoje é considerado como um mercado promissor para a utilização do método *Wood Frame* principalmente devido à grande concentração de pinus nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Todavia este método em questão ainda é pouco utilizado no país devido à falta de conhecimento técnico, preconceito ou até mesmo pela falta de incentivo (MOLINA e CALIL JUNIOR, 2010).

No sistema *Wood Frame* não existe normas que se referem ao seu tratamento no Brasil, como referência os construtores utilizam das normas norte-americanas onde se recomenda a utilização de no mínimo 4,0 Kg de ingrediente ativo/m³ para uso geral em madeiras, mas para as que têm contato com umidade e com a fundação, é indicado que use 6,5 Kg de ingrediente/m³ (MOLINA, 2008).

Conforme Sacco e Stamato (2008), no Brasil deve-se utilizar a Norma Brasileira NBR – 7190/1997 para construções (Projetos de Estruturas em Madeira), mas não se encontra adequadamente nos tamanhos mínimos de elementos estruturais, considerando-se então as estruturas isostáticas e treliças. Sua utilização não pode ser aplicada pelo fato da estrutura *Wood Frame* conter elementos estruturais repetidos com a mesma função, gerando esforços repetitivos, se uma vir a falhar toda a carga é redirecionada e distribuída para as demais a sua volta. Então, para se utilizar este método deve ser observada e dimensionada conforme as normas europeias DIN 1052 (1998) e EUROCODE 5 Parte 2 (1997), para assim complementar as normas brasileiras.

Pode se utilizar a NBR – 7190/1997 para verificar as estruturas independentes. Assim notasse a implicância dos brasileiros na aceitação de diferentes métodos, mas eficientes, ecológicos e ágeis de construção, sendo de madeira, um material antigo, porém inovador (SACCO e STAMATO, 2008).

Torquato (2010) descreve que o maior problema para a adoção do *Wood Frame* no Brasil é o preconceito social e cultural, uma vez em que as construções em madeira são vistas como inseguras pela população, o autor ainda destaca que

este método é muito implantado em países pertencentes ao hemisfério norte, onde o mesmo nasceu.

2.3.3 Etapas construtivas

Para Santos (2010) por se tratar de um sistema construtivo feito “*in loco*” através de montagem, o impacto ambiental causado pelo mesmo é relativamente inferior se comparado a outras obras, onde a fábrica fornece as peças já fabricadas e dimensionadas, desta forma ainda acontecem poucos ajustes das peças na construção.

De acordo com Molina e Calil Junior (2010), o sistema *Wood Frame* trata-se de um método de construção específico realizado a partir de perfis de madeira devidamente reflorestada e tratadas, a fim de formar um sistema de painéis de pisos, paredes e telhados, combinando-se com outros materiais ou não para a etapa de revestimento da obra em questão, os autores ainda destacam que a principal função deste método é apresentar um sistema térmico e acústico superior, além de proteger a edificação contra intempéries e contra o fogo.

O *Wood Frame* difere-se dos outros métodos construtivos em concreto armado e alvenaria estrutural por ser um sistema pré-moldado em fábrica, ou seja, desta forma primeira existe uma análise de projeto e apenas depois é fabricado suas peças, por este fato em questão o método é bem mais ágil, além de se fornecer uma maior limpeza nos canteiros (HILGENBERG NETO, 2004).

Pelo fato das peças já serem completamente dimensionadas a partir do projeto fornecido pelo o engenheiro, o *Wood Frame* reduz em até 85% o desperdício de matérias primas dentro do canteiro na construção, pois devido à análise geral do projeto, são poucos ou quase nulos os ajustes feitos na (SANTOS, 2010).

A Diretriz SINAT (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016) descreve que para o reconhecimento do sistema *Wood Frame* as paredes, pisos e coberturas (isentas de telhado) deverão ser definidos que explica detalhadamente as subdivisões do sistema, divide em:

❖ PAREDES:

- painel estrutural da parede;
- elemento com função de nivelar;

- elemento para vedação (fechamento externo);
- elemento para vedação (fechamento interno);
- elemento para contraventamento;
- componente para Isolação térmica;
- obstáculo impermeável à água e ao vapor;
- obstáculo impermeável à água e permeável ao vapor;
- objeto impermeável;
- componente de fixação;
- Junta: espaço ou encontro entre os componentes de fechamento;
- Revestimento ou acabamento;
- Basecoat.

❖ PISOS:

- Fragmento de madeira estrutural e serrada;
- Elemento da face superior do entre piso com função estrutural;
- Componente a fim de fixar;
- Forro;
- Elemento Isolante térmico;
- Contra piso;
- Revestimento ou acabamento.

❖ COBERTURAS:

- Fração leve de madeira serrada da estrutura do telhado;
- Componente de fixação;
- Forro.

Segundo Velloso e Lopes (2004), as etapas construtivas consistem em: fundação, piso, parede, revestimentos, esquadrias, telhados e por fim manutenção dos mesmos.

❖ FUNDAÇÃO:

A Fundação deve ser escolhida depois de um estudo detalhado sobre as cargas que atuarão sob a mesma, além do conhecimento referente à tipologia do solo, No Brasil para este tipo de método em questão é aconselhável à construção de

um radier, conforme é mostrado na Figura 13, e depois apenas se inicia o processo de montagem das estruturas em madeira, a fim de uniformemente distribuir as cargas (VELLOSO e LOPES, 2004).

Figura 13 - Fundação tipo radier



Fonte: Portal Metalica Construção Civil (2017).

❖ PISOS:

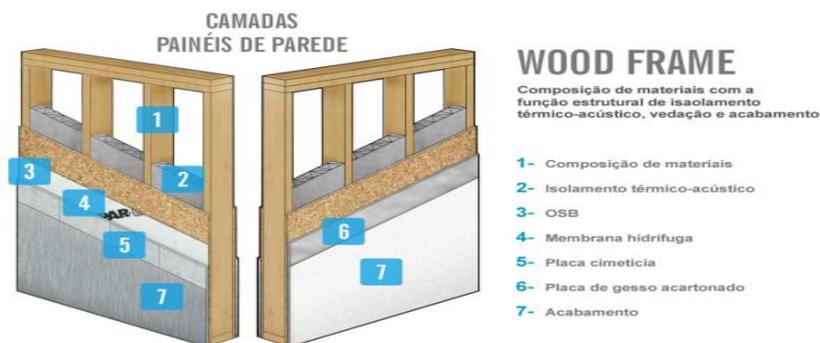
Em andares na parte de cima o piso é feito com vigas de madeira, de seções retangulares ou “I”, feitas por madeiras maciças ou LVL (*Lamina-te Venner Lumber*) e alma de OSB ou compensado, com deck de OSB (*Orinteded Stand Board*). Em locais molhados são colocados chapa cimentícias com impermeabilização do tipo membrana acrílica impermeável, onde nos ralos e emendas de placas é aplicado tela de poliéster ou fibra de vidro com estruturante (SZÜCS *et al.*, 2004).

❖ PAREDE:

Feitas por painéis de madeiras, executados com montantes verticais de madeira, fechados com chapas de OSB. Nas paredes internas, deve ser aplicadas placas de gesso acartonado, enquanto que nas paredes externas é aplicada uma camada hidrófuga, que protege as paredes da umidade e permite à saída do vapor de água da área interna do imóvel, e assim evita a condensação de umidade. Há também chapas feitas de madeiras. As junções das chapas podem ser pelo encaixe tipo “macho-fêmea”, além de ser utilizadas resina e serem prensadas. As demais fixações são feitas por pregos do tipo ardox galvanizado ou anelado, o que dificulta a extração. Deve-se pensar no projeto do imóvel antes de sua construção, pois as

paredes em que planeja pendurar itens mais pesados (como pias de cozinhas, móveis de grande porte do tipo planejados), merecem reforços, ao contrário das demais, que é possível pendurar itens de menor peso, sem comprometer sua estrutura, porém sempre utilizando as buchas especiais para este tipo de construção (Figura 14) (SZÜCS *et al.*, 2004).

Figura 14 - Sistema construtivo *Wood Frame*



Fonte: Tecverde (2014).

Sistema elétrico e hidráulico:

Visivelmente depois de finalizado, as construções convencionais ficam todas iguais, é utilizado o mesmo tipo de material, sendo o que mudam são as fases, por exemplo, *Wood Frame* sua tubulação e colocada interiormente e depois revestido não precisando cortar sua alvenaria como a alvenaria estrutural (Figuras 15 e 16) (VELLOSO *et al.*, 2004).

Figura 15 - Sistema elétrico para *Wood Frame*



Fonte: Téchne (2009).

Figura 16 - Ramais de esgoto em residencia *wood frame*



Fonte: Atos arquitetura (2015).

❖ REVESTIMENTOS:

Com relação ao fechamento externo é utilizada a chapa cimentícia, que protege as edificações das intempéries. Na parte interna pode ser o mesmo material utilizado na parte externa, porém, o que mais se utiliza são as placas de gesso normal ou verde que é mais fácil de ser encontrado no país que, segundo Cabral (2015), pode ser revestida com materiais desenvolvidos especialmente para o sistema, como *sidings* de madeira, aço ou PVC. Também podem ser usados acabamentos convencionais tais como tijolos, porcelanato, cerâmica, etc. Podendo ser colocado tanto nas paredes internas quanto nas externas. Não se deve utilizar gesso cartonado nas áreas molhadas, deverá ser placas verdes ou placa cimentícia, com os respectivos revestimentos cerâmicos. Assim podemos ter mais uma certeza da semelhança com a construção de alvenaria convencional (VELLOSO *et al.*, 2004).

❖ ISOLAMENTO:

O *Wood Frame* possui uma excelente isolamento térmica e acústica se comparado a outros métodos específicos, trata-se ainda de um sistema variado, pois permite a escolha de diversos tipos de isolamento seja externo ou interno, podendo até mesmo a colocação de lã mineral para isolamento acústico e térmico, pois as paredes do sistema são ocas (VELLOSO *et al.*, 2004).

❖ ESQUADRIAS:

A instalação de esquadrias é similar a de construções convencionais, utilizando espuma de poliuretano ou parafusos. Sendo neste caso a estrutura de PVC uma das mais indicadas (VELLOSO *et al.*, 2004).

❖ COBERTURA:

O telhado será construído com treliças industrializadas no material de madeira, utilizando telhas, o espaçamento das madeiras é dado conforme a telha a se utilizar. Pelo fato das treliças serem industrializadas o valor do peso do mesmo é consideravelmente mais baixo, o que faz ser a escolha perfeita para o método construtivo *Wood Frame*. Nas telhas tipo *shingle*, que necessitam de um deck de OSB para ser a base sobre as treliças, o próprio deck trabalhará como contraventamento vertical (MOLINA e CALIL JUNIOR, 2010).

Segundo Molina e Calil Junior (2010), são para garantir a segurança da obra contra intempéries da natureza, poeira e ruídos. São comercializados diversos tipos de telhas, dentro deles estão telhas cerâmicas, fibrocimento e as metálicas. O telhado por sua vez é iniciado pelas tesouras e a colocação destas nos seus pontos de apoio. Sua distância de instalação máxima recomendada para telhas cerâmicas é de 3m, ou entre 3,5m à 6m para telhas de fibrocimento.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do seguinte trabalho em questão foram escolhidos dentro do mercado da construção civil os métodos e materiais mais viáveis dentro da localização da obra, especificamente no Jardim Santa Edwiges, Rua Athenas na cidade de Bauru-SP, a obra em si trata-se de uma residência habitual de 100m², que, após uma pesquisa detalhada, foram selecionados os métodos constituídos de alvenaria convencional, estrutural e sistema do emprego de madeiras comumente conhecido por *Wood Frame*.

É importante ressaltar que alguns itens foram padronizados dentro das etapas por serem realizadas da mesma maneira sem distinção de material. As etapas para os três métodos foram:

- ✓ Telhado: a madeira e a telha de barro constituíram a parcela de materiais mais importantes desta etapa;
- ✓ Base para preparação do piso nos três métodos em questão a base foi cimentada;
- ✓ Piso: porcelanato;
- ✓ Hidráulica e elétrica: foram utilizadas as tubulações de $\frac{3}{4}$ e 2 polegadas para elétrica, e de 100mm, 50mm e 40mm (esgoto) para hidráulica.
- ✓ Revestimento interno: azulejo nas áreas da cozinha, banheiro e lavanderia;
- ✓ Pintura Interna: para toda a área interna da casa, sendo que no teto e parede foi utilizado o gesso (amassamento);
- ✓ Pintura Externa: utilizou-se o selador acrílico e tinta acrílica.

Após inúmeras pesquisas sobre os métodos de *Wood Frame*, Alvenaria de vedação e estrutural, *Wood frame* foi escolhido e, posteriormente foi realizado um estudo do solo da região especificada acima como fundação o radier, para, na sequência empregar peças pré-moldadas para a estrutura da casa em questão.

4 ANÁLISE E RESULTADOS

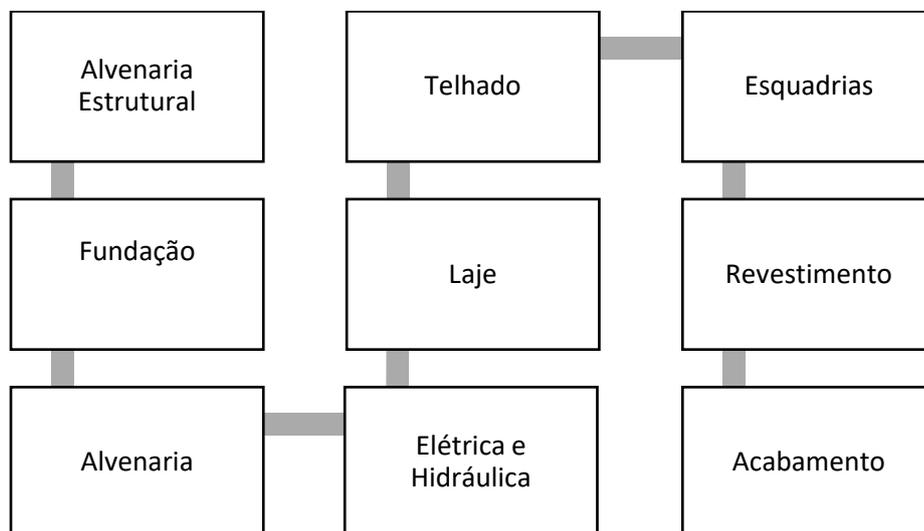
Conforme apresentado na pesquisa, o método mais utilizado no país é aquele em que utiliza a alvenaria como elemento de vedação, sendo comumente conhecido como método construtivo de alvenaria de vedação, mesmo sendo culturalmente o mais usual este apresenta um custo maior se comparado ao de alvenaria estrutural.

O *Wood Frame* é um método inovador que consiste na utilização de madeira como estrutura, não fazendo uso do tã utilizado concreto fator esse que explica a sua pouca difusão no país, pois o sistema construtivo esbarra em um preconceito cultural e devido a ele a baixa mão de obra no país seu custo se eleva consideravelmente.

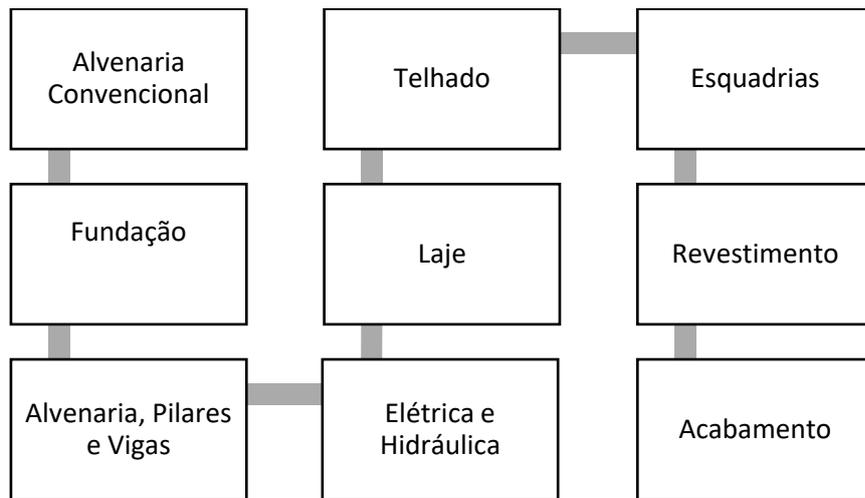
O sistema construtivo que utiliza a alvenaria como elemento portante, não é o mais usual encontrado no país, porém como efeito de pesquisa trata-se do método mais barato em relação aos outros dois, fator esse que levou o grupo a sua escolha.

4.1 Comparativos entre os métodos (fluxograma)

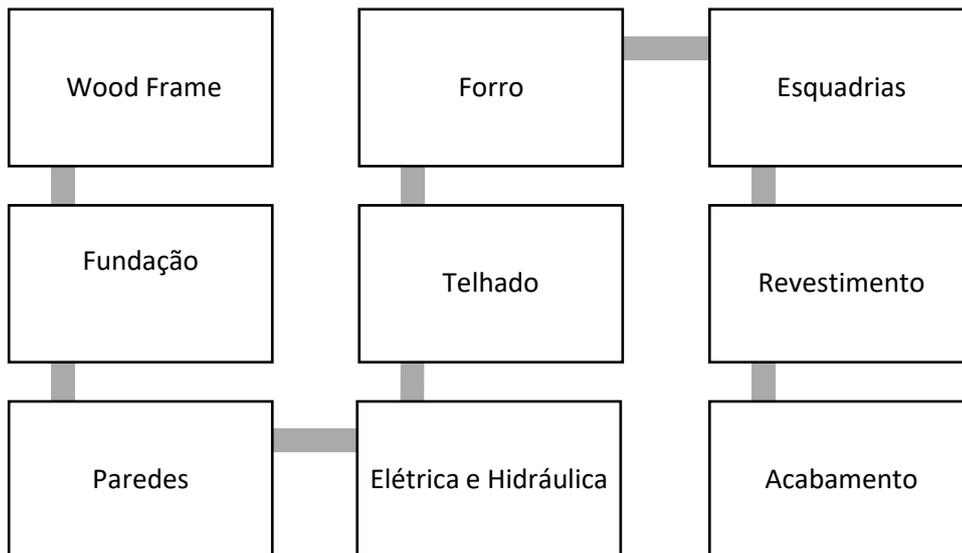
Figura 17 - Fluxograma da alvenaria estrutural



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Figura 18 - Fluxograma da alvenaria convencional

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Figura 19 - Fluxograma do Wood Frame

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

4.2 Comparativos de custos

Logo abaixo se encontram descritos em formas de tabelas os quantitativos e os custos das composições que juntamente com a mão de obra de pessoa física, compõem as planilhas orçamentárias do sistema construtivo de alvenaria estrutural, alvenaria convencional e *wood frame*, tornando possível a comparação de custos do referente estudo realizado.

Quadro 1 - Planilha Orçamentária: Alvenaria Convencional de 100m²

Descrição	Unidade	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)	Percentual
Serviço de escritório e projeto				3.000,00	
SERVIÇOS PRELIMINARES					
Terraplanagem, hora máquina e caminhão	Un	1	700	700,00	
Fechamento do terreno, madeira e tapumes	Un	30	40	1.200,00	
Abrigo provisório de madeira	M²	10	50	500,00	
Ligação provisória de água e instalação sanitária provisória	Un	1	100	100,00	
Ligação de energia e poste de entrada	Un	1	850	850,00	
Ligação de água, esgoto e taxa de ligação do DAE	Un	1	950	950,00	
Instalação do cavalete e hidrômetro	Un	1	150	150,00	
				7.450,00	12,9%
INFRAESTRUTURA					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Locação de obra, madeira, prego e execução do gabarito	M	75	4	300,00	
Escavação mecânica perfuratriz	M	120	5	600,00	
Concreto fck 20, encher brocas com caminhão betoneira	M³	5	215	1.075,00	
Aço CA 50 (arranque de estacas) ferro de 8mm, 5mm e arame	M	192	1,83	352,00	
Madeira para baldrame, tabua de pinus 0.30x3.00	M	43	14	602,00	
Armadura baldrame ferro de 8mm para estribo 5 mm e arame	M	336	2,55	857,00	
Alvenaria de embasamento com tijolo comum e argamassa mista	Un	1000	0,3	300,00	
Impermeabilizante vedacit na argamassa e vedatop		5	63	315,00	
Concreto baldrame	M³	3	215	645,00	
				5.046,00	8,7%
ESTRUTURA OU SUPERESTRUTURA					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Armadura de aço CA-50 para estruturas pilar Ø 10 mm e CA-60 Ø 5 mm	M	272	4,3639	1.187,00	
Concreto fck 25 para confecção pilar	M³	3	220	660,00	
Laje forro pré-fabricada capeamento 4 centímetro e malha	M²	100	31	3.100,00	
Concreto fck 20 cobrimentos da laje forro	M³	5	215	1.075,00	
				6.022,00	10,4%
ALVENARIA					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Alvenaria de vedação Tijolo baiano de	Un	4850	0,4	1.940,00	

parede de meio 8 furos 9x19x19					
Alvenaria de vedação Tijolo baiano de parede de uns furos 9x19x19	Un	1500	0,4	600,00	
				2.540,00	4,4%
COBERTURA					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Estrutura de madeira e telha de telha fibra cimento 5 mm	M²	100	23	2.300,00	
Calha de chapa galvanizada nº 24 desenvolvimentos 25 cm	M²	17	47,05882353	800,00	
Rufo e condutor chapa de aço galvanizado nº 24 desenvolvimentos 25 cm	M²	12,75	47,05882353	600,00	
				3.700,00	6,4%
REVESTIMENTO					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Chapisco parede interna e externa com argamassa de cimento e=5 mm	M²	600	1,9	1.140,00	
Reboco parede interna externa com argamassa mista traço 1:8 e=2cm	M²	600	1,8	1.080,00	
Azulejo assentado com argamassa pré-fabricada de cimento colante	M²	100	30	3.000,00	
Cimento utilizado no reboco, chapisco e alvenaria	Un	153	21,3	3.258,90	
				8.478,90	14,6%
ESQUADRIAS					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Janela de alumínio 1,00 por 1,50 m, de correr, com três folhas, com vidro liso	Un	2	400	800,00	
Porta de madeira 0,70 por 2,10 m, interna, com batente, guarnição e dobradiça	Un	3	259	777,00	
Porta de madeira 0,80 por 2,10 m, interna, com batente, guarnição e dobradiça	Un	5	259	1.295,00	
Porta de madeira 0,90 por 2,10 m, interna, com batente, guarnição e dobradiça	Un	1	259	250,00	
Janela blindex 0,60 por 1,80 m, basculante	Un	3	200	600,00	
Janela blindex 1,50 por 1,00 m, de correr com 4 folhas lisa	Un	1	350	350,00	
Janela blindex 0,60 x 1,00 m,	Un	2	140	280,00	
Portão basculante de entrada automóvel	Un	1	1	3.500,00	
				7.852,00	13,6%
INSTALAÇÃO HIDRÁULICA ESGOTO					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Tubo de pvc soldável, com conexões Ø 40 mm	Un	2	50	100,00	
Tubo de PVC soldável, com conexões Ø	Un	3	70	210,00	

50 mm					
Tubo de PVC soldável, com conexões Ø 100 mm	Un	9	100	900,00	
				1.210,00	2,1%
INSTALAÇÃO HIDRÁULICA ÁGUA FRIA					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Reservatório d'água de fibra de vidro capacidade 1000 litros, com conexões	Un	1	400	400,00	
Tubo de PVC soldável, com conexões Ø 25 mm	Un	10	20	200,00	
Tubo de PVC soldável, com conexões Ø 40 mm	Un	4	80	320,00	
Registro de gaveta com canopla Ø 25 mm (1")	Un	7	35	245,00	
Registro de pressão com canopla Ø 25 mm (1")	Un	2	40	80,00	
Válvula de descarga metálica com registro acoplado e canopla, Ø 32 mm	Un	3	100	300,00	
				1.545,00	2,7%
PISO E CONTRAPISO					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Contra piso está incluindo pedrisco e areia grossa	M³	5	230	1.150,00	
Piso porcelanato polido e retificado com argamasso colante e rejunte	M²	75	47	3.525,00	
Piso frio cerâmico barro vermelho pi 5	M²	25	19	475,00	
				5.150,00	8,9%
ACABAMENTO PEDRA, LOUÇA E METAL					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Acabamento verde Ubatuba pia, cuba, lavatório, soleira e peitoril	M²	4	575	2.300,00	
Tanque de louça	Un	1	300	300,00	
Torneira misturador, cozinha, banheiros e lavabo	Un	4	230	920,00	
Torneira de pressão metálica para uso geral	Un	4	27	108,00	
Bacia sanitária	Un	280	3	840,00	
				4.468,00	7,7%
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Quadro de distribuição de luz em PVC de embutir, até 16 divisões modulares	Un	1	150	150,00	
Eletro duto de PVC flexível corrugado Ø 25 mm ¾	Un	4	45	180,00	
Eletro duto de PVC flexível corrugado Ø 32 mm 1"	Un	1	70	70,00	
Interruptor, uma tecla simples	Un	20	10	200,00	
Pendente ou plafonier com globo leitoso e lâmpada de 100 W	Un	15	15	225,00	

Tomada universal dois polos 10 A - 250 V	Un	19	13	247,00	
Tomada dois polos mais terra 20 A - 250 V	Un	20	16	320,00	
Fio isolado de PVC seção 2,5 mm ² - 750 V 70°C	M	1000	1	1.000,00	
Fio isolado de PVC seção 4 mm ² - 750 V - 70°C	M	100	1,4	140,00	
Fio isolado de PVC seção 10 mm ² - 750 V - 70°C	M	30	5	150,00	
				2.682,00	4,6%
PINTURA					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Massa corrida interna à base de PVA com duas demãos	Un	6	45	270,00	
Pintura com tinta látex PVA em parede interna	Un	3	170	510,00	
Textura acrílica em parede externa,	Un	2	180	360,00	
Pintura com verniz em esquadria de madeira e forro com três demãos	Un	7	50	350,00	
Grafiato em parede externa	Un	1	70	70,00	
Selador acrílico parede externa e interna	Un	3	60	180,00	
				1.740,00	3,0%
Total materiais				57.883,90	
Mão de obra de escoramento de laje escoras metálicas	M ²	100	6	600,00	1,2%
Mão de obra empreitada incluindo pedreiro e servente	M ²	100	380	38.000,00	75,1%
Mão de obra encanador parte hidráulica	M ²	100	30	3.000,00	5,9%
Mão de obra eletricitista parte elétrica	M ²	100	30	3.000,00	5,9%
Mão de obra carpintaria incluindo colocação de portas	M ²	100	20	2.000,00	4,0%
Mão de obra pintura	M ²	100	40	4.000,00	7,9%
Total mão de obra				50.600,00	
Total materiais				57.883,90	
Total mão de obra e material				108.483,90	

Quadro 2 - Planilha orçamentaria: Edificação Alvenaria Estrutural de 100m²

Descrição	Unidade	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)	Percentual
Serviço de escritório e projeto				3.000,00	
SERVIÇOS PRELIMINARES					
Terraplanagem, hora máquina e caminhão	Un	1	700	700,00	
Fechamento do terreno, madeira e tapumes	Un	30	40	1.200,00	
Abrigo provisório de madeira	M²	10	50	500,00	
Ligação provisória de água e instalação sanitária provisória	Un	1	100	100,00	
Ligação de energia e poste de entrada	Un	1	850	850,00	
Ligação de água, esgoto e taxa de ligação do DAE	Un	1	950	950,00	
Instalação do cavalete e hidrômetro	Un	1	150	150,00	
				7.450,00	11,0%
INFRAESTRUTURA					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Locação de obra, madeira, prego e execução do gabarito	M	75	4	300,00	
Escavação mecânica perfuratriz	M	120	5	600,00	
Concreto fck 20, encher brocas com caminhão betoneira	M³	5	215	1.075,00	
Aço CA 50 (arranque de estacas) ferro de 8mm, 5mm e arame	M	192	22	352,00	
Armadura baldrame ferro de 8mm para estribo 5 mm e arame	M	336	2,55	857,00	
Alvenaria de embasamento com tijolo comum e argamassa mista	Un	1000	0,3	300,00	
Impermeabilizante vedacit na argamassa e vedatop		5	63	315,00	
Concreto baldrame	M³	3	215	645,00	
				4.444,00	6,6%
ESTRUTURA OU SUPERESTRUTURA					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Armadura de aço CA-50 para estruturas pilar Ø 10 mm e CA-60 Ø 5 mm	M	272	4,3639	1.187,00	
Concreto fck 25 para confecção pilar	M³	3	220	660,00	
Laje forro pré-fabricada capeamento 4 centímetro e malha	M²	100	31	3.100,00	
Concreto fck 20 cobrimentos da laje forro	M³	5	215	1.075,00	
				6.022,00	10,4%
ALVENARIA					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Bloco de concreto estrutural inteiro 14x19x29 resistência 4,0 mpa	Un	4228	2,36	9.978,08	
Broco concreto estrutural externo	Un	1100	2,3	2.530,00	

19x19x29 resistência 4,0 mpa					
Canaleta de concreto estrutural bloco inteiro 14x19x29 resistência 4 mpa	Un	320	2,1	672,00	
Tijolo cerâmico 9x19x19 para oitão	Un	1200	0,4	480,00	
				13.660,08	20,2%
COBERTURA					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Estrutura de madeira e telha de telha fibra cimento 5 mm	M²	100	23	2.300,00	
Calha de chapa galvanizada nº 24 desenvolvimentos 25 cm	M²	17	47,05882353	800,00	
Ruífo e condutor chapa de aço galvanizado nº 24 desenvolvimentos 25 cm	M²	12,75	47,05882353	600,00	
				3.700,00	5,5%
REVESTIMENTO					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Chapisco parede interna e externa com argamassa de cimento e=5 mm	M²	600	1,9	1.140,00	
Reboco parede interna externa com argamassa mista traço 1:8 e=2cm	M²	600	1,8	1.080,00	
Azulejo assentado com argamassa pré-fabricada de cimento colante	M²	100	30	3.000,00	
Cimento utilizado no reboco, chapisco e alvenaria	Un	153	21,3	3.258,90	
				8.478,90	12,5%
ESQUADRIAS					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Janela de alumínio 1,00 por 1,50 m, de correr, com três folhas, com vidro liso	Un	2	400	800,00	
Porta de madeira 0,70 por 2,10 m, interna, com batente, guarnição e dobradiça	Un	3	259	777,00	
Porta de madeira 0,80 por 2,10 m, interna, com batente, guarnição e dobradiça	Un	5	259	1.295,00	
Porta de madeira 0,90 por 2,10 m, interna, com batente, guarnição e dobradiça	Un	1	259	250,00	
Janela blindex 0,60 por 1,80 m, basculante	Un	3	200	600,00	
Janela blindex 1,50 por 1,00 m, de correr com 4 folhas lisa	Un	1	350	350,00	
Janela blindex 0,60 x 1,00 m,	Un	2	140	280,00	
Portão basculante de entrada automóvel	Un	1	1	3.500,00	
				7.852,00	11,6%
INSTALAÇÃO HIDRÁULICA ESGOTO					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Tubo de pvc soldável, com conexões Ø 40 mm	Un	2	50	100,00	

Tubo de PVC soldável, com conexões Ø 50 mm	Un	3	70	210,00	
Tubo de PVC soldável, com conexões Ø 100 mm	Un	9	100	900,00	
				1.210,00	2,1%
INSTALAÇÃO HIDRÁULICA ÁGUA FRIA					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Reservatório d'água de fibra de vidro capacidade 1000 litros, com conexões	Un	1	400	400,00	
Tubo de PVC soldável, com conexões Ø 25 mm	Un	10	20	200,00	
Tubo de PVC soldável, com conexões Ø 40 mm	Un	4	80	320,00	
Registro de gaveta com canopla Ø 25 mm (1")	Un	7	35	245,00	
Registro de pressão com canopla Ø 25 mm (1")	Un	2	40	80,00	
Válvula de descarga metálica com registro acoplado e canopla, Ø 32 mm	Un	3	100	300,00	
				1.545,00	2,3%
PISO E CONTRAPISO					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Contra piso está incluindo pedrisco e areia grossa	M³	5	230	1.150,00	
Piso porcelanato polido e retificado com argamasso colante e rejunte	M²	75	47	3.525,00	
Piso frio cerâmico barro vermelho pi 5	M²	25	19	475,00	
				5.150,00	7,6%
ACABAMENTO PEDRA, LOUÇA E METAL					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Acabamento verde Ubatuba pia, cuba, lavatório, soleira e peitoril	M²	4	575	2.300,00	
Tanque de louça	Un	1	300	300,00	
Torneira misturador, cozinha, banheiros e lavabo	Un	4	230	920,00	
Torneira de pressão metálica para uso geral	Un	4	27	108,00	
Bacia sanitária	Un	280	3	840,00	
				4.468,00	6,6%
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Quadro de distribuição de luz em PVC de embutir, até 16 divisões modulares	Un	1	150	150,00	
Eletro duto de PVC flexível corrugado Ø 25 mm ¾	Un	4	45	180,00	
Eletro duto de PVC flexível corrugado Ø 32 mm 1"	Un	1	70	70,00	
Interruptor, uma tecla simples	Un	20	10	200,00	
Pendente ou plafonier com globo leitoso e lâmpada de 100 W	Un	15	15	225,00	

Tomada universal dois polos 10 A - 250 V	Un	19	13	247,00	
Tomada dois polos mais terra 20 A - 250 V	Un	20	16	320,00	
Fio isolado de PVC seção 2,5 mm ² - 750 V 70°C	M	1000	1	1.000,00	
Fio isolado de PVC seção 4 mm ² - 750 V - 70°C	M	100	1,4	140,00	
Fio isolado de PVC seção 10 mm ² - 750 V - 70°C	M	30	5	150,00	
				2.682,00	4,0%
PINTURA					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Massa corrida interna à base de PVA com duas demãos	Un	6	45	270,00	
Pintura com tinta látex PVA em parede interna	Un	3	170	510,00	
Textura acrílica em parede externa,	Un	2	180	360,00	
Pintura com verniz em esquadria de madeira e forro com três demãos	Un	7	50	350,00	
Grafiato em parede externa	Un	1	70	70,00	
Selador acrílico parede externa e interna	Un	3	60	180,00	
				1.740,00	2,6%
Total materiais				69.570,98	
Mão de obra de escoramento de laje escoras metálicas	M ²	100	6	600,00	1,8%
Mão de obra empreitada incluindo pedreiro e servente	M ²	100	200	20.000,00	61,3%
Mão de obra encanador parte hidráulica	M ²	100	30	3.000,00	9,2%
Mão de obra eletricista parte elétrica	M ²	100	30	3.000,00	9,2%
Mão de obra carpintaria incluindo colocação de portas	M ²	100	20	2.000,00	6,1%
Mão de obra pintura	M ²	100	40	4.000,00	12,3%
Total mão de obra				32.600,00	
Total materiais				69.570,98	
Total mão de obra e material				102.170,98	

Quadro 3 - Planilha Orçamentária: Edificação Wood Frame de 100m²

Descrição	Unidade	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)	Percentual
Serviço de escritório e projeto				3.000,00	4,0%
SERVIÇOS PRELIMINARES					
Terraplanagem, hora máquina e caminhão	Un	1	700	700,00	
Fechamento do terreno, madeira e tapumes	Un	30	40	1.200,00	
Abrigo provisório de madeira	M²	10	50	500,00	
Ligação provisória de água e instalação sanitária provisória	Un	1	100	100,00	
Ligação de energia e poste de entrada	Un	1	850	850,00	
Ligação de água, esgoto e taxa de ligação do DAE	Un	1	950	950,00	
Instalação do cavalete e hidrômetro	Un	1	150	150,00	
				7.450,00	10,0%
INFRAESTRUTURA					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Locação de obra, madeira, prego e execução do gabarito	M	75	4	300,00	
Compactação de terra sapo e placa vibratória	M²	100	5	500,00	
Concreto fck 20, encher radier com caminhão betoneira	M³	10	215	2.150,00	
Tela de aço 5 mm malha 20x20cm	M²	100	26	2.600,00	
Impermeabilizante na base da madeira	Un	3	100	300,00	
				5.850,00	7,8%
ESTRUTURA OU SUPERESTRUTURA					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Madeira pinos tratado, paredes em divisa externa 5x15 de 3 metros	M	240	12	2.880,00	
Madeira pinos tratado paredes em divisa interna 5x5 de 3 metros	M	123	8	984,00	
Forro de gesso	M²	100	51	5.100,00	
				8.964,00	12,0%
ALVENARIA DE VEDAÇÃO					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Cartonado de gesso parede interna	M²	148	22	3.256,00	
Placa cimentar a parede externa	M²	110	45	4.950,00	
Placa osb para isolamento acústico	M²	258	25	6.450,00	
				14.656,00	19,6%
COBERTURA					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Estrutura de madeira para telhado	M²	110	63,6363	7.000,00	
Calha de chapa galvanizada nº 24	M²	5	47,05882353	236,00	

desenvolvimentos 25 cm					
Rufo e condutor chapa de aço galvanizado nº 24 desenvolvimentos 25 cm	M²	12,75	47,05882353	600,00	
Telha cerâmica francesa de barro vermelho	Un	2000	1,15	2.300,00	
				10.136,00	13,6%
REVESTIMENTO					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Azulejo assentado com argamassa pré-fabricada de cimento colante	M²	100	30	3.000,00	
ESQUADRIAS					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Janela de alumínio 1,00 por 1,50 m, de correr, com três folhas, com vidro liso	Un	2	400	800,00	
Porta de madeira 0,70 por 2,10 m, interna, com batente, guarnição e dobradiça	Un	3	259	777,00	
Porta de madeira 0,80 por 2,10 m, interna, com batente, guarnição e dobradiça	Un	5	259	1.295,00	
Porta de madeira 0,90 por 2,10 m, interna, com batente, guarnição e dobradiça	Un	1	259	250,00	
Janela blindex 0,60 por 1,80 m, basculante	Un	3	200	600,00	
Janela blindex 1,50 por 1,00 m, de correr com 4 folhas lisa	Un	1	350	350,00	
Janela blindex 0,60 x 1,00 m,	Un	2	140	280,00	
Portão basculante de entrada automóvel	Un	1	1	3.500,00	
				7.852,00	10,5%
INSTALAÇÃO HIDRÁULICA ESGOTO					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Tubo de pvc soldável, com conexões Ø 40 mm	Un	2	50	100,00	
Tubo de PVC soldável, com conexões Ø 50 mm	Un	3	70	210,00	
Tubo de PVC soldável, com conexões Ø 100 mm	Un	9	100	900,00	
				1.210,00	1,6%
INSTALAÇÃO HIDRÁULICA ÁGUA FRIA					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Reservatório d'água de fibra de vidro capacidade 1000 litros, com conexões	Un	1	400	400,00	
Tubo de PVC soldável, com conexões Ø 25 mm	Un	10	20	200,00	
Tubo de PVC soldável, com conexões Ø 40 mm	Un	4	80	320,00	
Registro de gaveta com canopla Ø 25 mm (1")	Un	7	35	245,00	

Registro de pressão com canopla Ø 25 mm (1")	Un	2	40	80,00	
Válvula de descarga metálica com registro acoplado e canopla, Ø 32 mm	Un	3	100	300,00	
				1.545,00	2,1%
PISO E CONTRAPISO					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Contra piso está incluindo pedrisco e areia grossa	M³	5	230	1.150,00	
Piso porcelanato polido e retificado com argamasso colante e rejunte	M²	75	47	3.525,00	
Piso frio cerâmico barro vermelho pi 5	M²	25	19	475,00	
				5.150,00	6,9%
ACABAMENTO PEDRA, LOUÇA E METAL					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Acabamento verde Ubatuba pia, cuba, lavatório, soleira e peitoril	M²	4	575	2.300,00	
Tanque de louça	Un	1	300	300,00	
Torneira misturador, cozinha, banheiros e lavabo	Un	4	230	920,00	
Torneira de pressão metálica para uso geral	Un	4	27	108,00	
Bacia sanitária	Un	280	3	840,00	
				4.468,00	6,0%
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Quadro de distribuição de luz em PVC de embutir, até 16 divisões modulares	Un	1	150	150,00	
Eletro duto de PVC flexível corrugado Ø 25 mm ¾	Un	4	45	180,00	
Eletro duto de PVC flexível corrugado Ø 32 mm 1"	Un	1	70	70,00	
Interruptor, uma tecla simples	Un	20	10	200,00	
Pendente ou plafonier com globo leitoso e lâmpada de 100 W	Un	15	15	225,00	
Tomada universal dois polos 10 A - 250 V	Un	19	13	247,00	
Tomada dois polos mais terra 20 A - 250 V	Un	20	16	320,00	
Fio isolado de PVC seção 2,5 mm² - 750 V 70°C	M	1000	1	1.000,00	
Fio isolado de PVC seção 4 mm² - 750 V - 70°C	M	100	1,4	140,00	
Fio isolado de PVC seção 10 mm² - 750 V - 70°C	M	30	5	150,00	
				2.682,00	3,6%
PINTURA					
Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)	Percentual
Massa corrida interna à base de PVA com duas demãos	Un	6	45	270,00	

Pintura com tinta látex PVA em parede interna	Un	3	170	510,00	
Textura acrílica em parede externa,	Un	2	180	360,00	
Pintura com verniz em esquadria de madeira e forro com três demãos	Un	7	50	350,00	
Grafiato em parede externa	Un	1	70	70,00	
Selador acrílico parede externa e interna	Un	3	60	180,00	
				1.740,00	2,3%
Total materiais				74.703,00	
Mão de obra de escoramento de laje escoras metálicas	M ²	100	20	2.000,00	3,1%
Mão de obra empreitada incluindo pedreiro e servente	M ²	100	40	8.000,00	12,3%
Mão de obra encanador parte hidráulica	M ²	100	30	3.000,00	4,6%
Mão de obra eletricista parte elétrica	M ²	100	30	3.000,00	4,6%
Mão de obra carpintaria incluindo colocação de portas	M ²	100	450	45.000,00	69,2%
Mão de obra pintura	M ²	100	40	4.000,00	6,2%
Total mão de obra				65.000,00	
Total materiais				74.703,00	
Total mão de obra e material				139.703,00	

De acordo com os métodos apresentados nas planilhas acima, foram constatados os valores de mão de obra e de custos dos materiais, que serão apresentados abaixo:

Alvenaria estrutural	
Total mão de obra	R\$ 32.600,00
Total material	R\$ 69.570,00
Total edificação	R\$ 102,57
Custo por m ²	R\$ 1.025,00

Alvenaria convencional	
Total mão de obra	R\$ 50.600,00
Total material	R\$ 57.883,00
Total edificação	R\$ 108.483,00
Custo por m ²	R\$ 1.085,00

Wood frame	
Total mão de obra	R\$ 65.000,00
Total de material	R\$ 74.703,00
Total edificação	R\$ 139.703,00
Custo por m ²	R\$ 1.397,00

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os resultados apresentados por meio de um estudo de caso detalhado, abrangendo os materiais e custos de cada método construtivo em questão, constata-se que o método de alvenaria convencional, mesmo sendo o mais utilizado no país, juntamente com o *Wood Frame* geram custos relativamente mais elevados do que o método em que se utiliza a alvenaria como elemento estrutural. Portanto, o método mais viável a um futuro cliente é o método conhecido como alvenaria estrutural. É importante destacar que apenas o custo geral da obra foi utilizado como objeto de escolha para este determinado cliente em questão, já que mesmo optou por um serviço menos dispendioso.

A alvenaria estrutural apresentou algumas intercorrências durante a realização, dentre elas, a precariedade de mão de obra. Mesmo assim, foi o método mais barato em relação aos outros.

O *Wood Frame* é um método inovador, porém muito custoso para o momento econômico em que se encontra o Brasil. O método de alvenaria de vedação só não foi a opção principal do cliente, pois não apresentou viabilidade financeira.

REFERÊNCIAS

- ABIMICI (Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente). **Estudo Setorial 2009** – Ano Base 2008. Curitiba: 2009.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 1996.
- ARAÚJO, L. O. C.; FREIRE, T. M. **Tecnologia e gestão de sistemas construtivos de edifícios**. São Carlos, 2004. 86 p. Apostila. Universidade Federal de São Carlos. Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/129392025/Apostila-Curso-Estrutura-Luis>>. Acesso em: 10 out. 2017.
- BARROS, M. M. S. B.; MELHADO, S. B. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. São Paulo: EPUSP, 1998.
- BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do concreto armado**. 2006. 98f. Notas de Aula (Disciplina Estruturas de Concreto I) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2006.
- BORGES, A. C. **Prática das pequenas construções**. 9 ed. São Paulo: Blucher, 2009. v.2.
- CABRAL, A. **Engenharia civil diária: passo-a-passo do wood frame**. Mar. 2015. Disponível em: <<https://engenhariacivildiaria.com/2015/03/11/passo-a-passo-do-wood-frame/>>. Acesso em: 15 out. 2017.
- CAMACHO, J. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural. Ilha Solteira: UNESP, 2006.
- CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de Concreto Armado**. 3.ed. São Carlos: UFSCAR, 2007.
- CMHC (Canada Mortgage and Housing Corporation). **Canadian wood frame house construction**. Canadá: [s.n.], 2014.
- DEEKE, V. **Materiais convencionais utilizados na construção civil e emissão de CO₂**: estudo de caso de um edifício educacional da UTFPR. 2009. 221 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

DOMARASCKI, C. S.; FAGIANI, L. S. **Estudo comparativo dos sistemas construtivos: Steel Frame, Concreto PVC e Sistema Convencional**. 2009. 76f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, 2009.

DUARTE, R. B. **Recomendações para o projeto e execução de edifícios de Alvenaria Estrutural**. Porto Alegre: ANICER, 1999.

FERNANDES, M. J. G.; SILVA FILHO, A. F. **Estudo comparativo do uso da alvenaria estrutural com bloco de concreto simples em relação ao sistema estrutural em concreto armado**. 2010. 18 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Católica do Salvador, Salvador, 2010.

GIMENEZ, L. M. **Relação da condutividade elétrica aparente com algumas propriedades físico-hídricas e com a variabilidade espacial dos solos**. 2013. 121 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

HENDRY, A. W. Engineered design of masonry buildings: fifty years development in Europe. **Prog. Struct. Eng. Mater.**, Edinburgh, v.4, p.291-300, 2002.

HILGENBERG NETO, M. F. **Estudo de viabilidade técnico/econômica da casa de madeira popular no estado do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

LAROCCA, C. **Habitação social em madeira: uma alternativa viável**. 2002. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

LOGSDON, N. B. **Estruturas de madeira para coberturas, sob a ótica da NBR 7190/1997**. Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2002.

MARTINS, J. G. **Alvenaria: condições técnicas de execução**. 2009.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional da Habitação. Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat. **Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de produtos inovadores (SINAT)**. Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos. Nº 005–Revisão 01: sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas. Brasília, 2016.

MOLINA, J. C. **Análise do comportamento dinâmico da ligação formada por barras de aço coladas para tabuleiros mistos de madeira e concreto para pontes**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2008.

- MOLINA, J. C.; CALIL JUNIOR, C. Sistema construtivo em Wood Frame para casas de madeira. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v.31, n.2, 2010.
- MORIKAWA, D. C. L. **Métodos construtivos para edificações utilizando componentes derivados da madeira de reflorestamento**. 2006. 115f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Construção) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- PAESE, M. C. B. **Análise de sistemas construtivos em madeira implantados na região de Curitiba - Paraná**. 2012. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- PARSEKIAN, G.A.; FURLAN JÚNIOR, S. Compatibilização de projetos de alvenaria estrutural. In: Simpósio Brasileiro de gestão e economia da construção, 10, 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos: USP, 2003.
- PARSEKIAN, G. A.; HAMID, A. A; DRYSDALE, R. G. **Comportamento e dimensionamento de alvenaria estrutural**. 2 Ed. São Carlos: Edufscar, 2013.
- PEÑA, M. D.; FRANCO, L. S. **Método para elaboração de projeto para produção de vedações verticais em alvenaria**. São Paulo: EPUSP, 2004.
- PINHEIRO, L. M; SCADELAI, M. A. **Estruturas de concreto**. São Paulo: USP, 2003.
- RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: PINI, 2003.
- RAUBER, F. C. **Contribuições ao projeto arquitetônico de edifícios em alvenaria estrutural**. 2005. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- ROMAN, H. R.; MUTTI, C. N.; ARAÚJO, H. N. **Construindo em alvenaria estrutural**. Florianópolis: UFSC, 1999.
- SACCO, M. F.; STAMATO, G. C. Light wood frame: construções com estrutura leve de madeira. **Revista Técnica**, n.140, nov. 2008.
- SALGADO, J. **Técnicas e práticas construtivas para edificação**. 3. ed. São Paulo: Érica, 2011.
- SANTOS, H. H. V. **O uso de wood frame na construção de edificações públicas escolares sustentáveis no estado do Paraná**. 2010. Monografia (Especialização em Construção de Obras Públicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

SILVA, R. C.; GONÇALVES, M. O.; ALVARENGA, R. C. Alvenaria racionalizada. **Revista Técnica**, n.112, jul. 2006.

SOUZA, L. G. Estudo avalia custos de diferentes sistemas de edificação de casas. **Revista da Madeira**, n.137, out. 2013.

SZÜCS, C. P.; VELLOSO, J. G.; KRAMBECK, T. I. Racionalização da construção de sistema leve em madeira de floresta plantada voltada para habitação. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 9., 2004, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: EBRAMEM, 2004.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria Estrutural**: metodologia do projeto, detalhes, mão de obra, norma e ensaios. São Paulo: PINI, 2010.

TORQUATO, M. L. **Estudo comparativo quanto a preceitos da sustentabilidade entre o método tradicional de produção e o sistema light wood framing para a construção de biblioteca cidadã**. 2010. Monografia (Especialização em Construção de Obras Públicas) - Residência Técnica da Secretaria de Estado de Obras Públicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

TORRES, J. T. C. **Sistemas construtivos modernos em madeira**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto/Portugal, 2010.

VASCONCELOS, A. C.; CARRIERI JUNIOR, R. **A escola brasileira do concreto armado**. São Paulo: AXIS MUNDI, 2005.

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. **Fundações**: critérios de projeto - investigação do subsolo - fundações superficiais. v.1. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

ZAPARTE, T. A. **Estudo e adequação dos principais elementos do modelo canadense de construção em wood frame para o Brasil**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

ZULIAN, C. S.; DONÁ, E. C.; VARGAS, C. L. **Notas de aula da disciplina construção civil**: assunto alvenaria. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2002.