



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**VIABILIDADE DO SISTEMA CONSTRUTIVO WOOD FRAME PARA
HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL EM COMPARAÇÃO AO
SISTEMA CONVENCIONAL**

GILANILDO FREIRES DE ALMEIDA

POMBAL – PB

2021

GILANILDO FREIRES DE ALMEIDA

**VIABILIDADE DO SISTEMA CONSTRUTIVO WOOD FRAME PARA
HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL EM COMPARAÇÃO AO
SISTEMA CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador(a): Prof.(a). Dra. Elisângela P. da Silva

POMBAL – PB

2021

A447v

Almeida, Gilanildo Freires de.

Viabilidade do sistema constutivo Wood Frame para habitações de interesse social em comparação ao sistema convencional / Gilanildo Freires de Almeida. - Pombal, 2021.

96 f. : il. Color

Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2021.

"Orientação: Profa. Dra. Elisângela Pereira Silva".

Referências.

1. Sistemas Construtivos. 2. Estruturas Leves. 3. Wood Frame. 4. Construções em Madeira. 5. Sustentabilidade. I. Silva, Elisângela Pereira da. II. Título.

CDU 351.778.532(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.

GILANILDO FREIRES DE ALMEIDA

VIABILIDADE DO SISTEMA CONSTRUTIVO WOOD FRAME PARA HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL EM COMPARAÇÃO AO SISTEMA CONVENCIONAL

Trabalho de Conclusão de Curso do discente (_GILANILDO FREIRES DE ALMEIDA_) **APROVADO** em dia 08 de outubro de 2021 pela comissão examinadora composta pelos membros abaixo relacionados como requisito para obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL pela Universidade Federal de Campina Grande. Registre-se e publique-se.

Elisângela Pereira da Silva

Prof. Dr. Elisângela Pereira da Silva
(Orientador(a) – CCTA – UFCG)

Fernanda Karolline de Medeiros

Prof. Msc. Fernanda Karolline de Medeiros
(Membro Interno – UACTA/CCTA – UFCG)

Antônio Leomar Ferreira Soares

Antônio Leomar Ferreira Soares
(Membro externo – UFCG – Engenheiro Civil)

Pombal, 08 de outubro de 2021

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado forças até aqui, por ser o meu guia e o meu protetor.

Aos meus pais, Francineide Freires e Geranilson Nóbrega, por todo apoio e força quando mais precisei e por terem feito tudo para que eu concluísse meu curso.

A todos os meus familiares por serem minha referência e o meu incentivo.

A minha orientadora Elisângela Pereira, pelo empenho dedicado a elaboração deste trabalho e, principalmente, por todo apoio diante das minhas dificuldades.

A todos os meus amigos, especialmente a Arilson Araújo, Mirella Cardoso, Jane Santana, Daniel Silas e Emanuel Ferreira, que foram como irmãos durante toda essa trajetória.

A Comunidade Remidos no Senhor pela formação de vida que me proporcionou.

A Universidade Federal de Campina Grande, seu corpo docente e todos que trabalharam e trabalham na instituição, que me agregaram conhecimento e experiência.

*“O Senhor é a minha força e o meu escudo;
nele o meu coração confia, e dele recebo
ajuda. Meu coração exulta de alegria, e
com o meu cântico lhe darei graças”*

RESUMO

A adoção de sistemas construtivos mais produtivos, duráveis, que sejam menos agressivos ao meio ambiente e que possuam custo competitivo frente ao sistema convencional, é uma realidade que vem, aos poucos, ganhando mais espaço no Brasil. O Sistema convencional, hoje largamente utilizado em todo país, é um sistema majoritariamente artesanal, caracterizado pela baixa produtividade, grande desperdício de materiais e conseqüente geração de grandes volumes de resíduos sólidos. Como alternativa, o método construtivo Wood Frame se apresenta como um sistema industrializado, cuja utilização é pouco comum no Brasil, o que pode estar relacionado ao preconceito acerca da utilização da madeira como material de construção. Dessa forma, este trabalho se propôs a analisar as vantagens e desvantagens desse sistema em relação ao tradicional, por meio de análise comparativa, realizada a partir de estudos bibliográficos, através dos quais foram coletados dados qualitativos e/ou quantitativos para parâmetros como custo de construção, conforto termoacústico, sustentabilidade e aspectos ambientais, resistência ao fogo, manutenção e flexibilidade arquitetônica. Para cada um dos parâmetros foram atribuídos notas e pesos, e então, calculado um valor de viabilidade, dado por uma equação matemática, que serviu de parâmetro geral de comparação. Com isso, foi possível concluir que esse método, mesmo ainda sendo pouco popular, apresenta mais vantagens em relação ao convencional, especialmente nos quesitos sustentabilidade, conforto termoacústico e facilidade de manutenção e que, de forma geral, é um sistema que tem potencial para aplicação em habitações de interesse social.

Palavras-Chave: Sistemas construtivos. Estruturas leves. Wood Frame. Construções em madeira.

ABSTRACT

The adoption of more productive, durable construction systems, which are less aggressive to the environment and which have a competitive cost compared to the conventional system, is a reality that has been, little by little, gaining more space in Brazil. The conventional system, now widely used throughout the country, is a mostly artisanal system, characterized by low productivity, large waste of materials and consequent generation of large volumes of solid waste. As an alternative, the Wood Frame constructive method presents itself as an industrialized system, whose use is uncommon in Brazil, which may be related to the prejudice about the use of wood as a building material. Thus, this work proposed to analyze the advantages of this system in relation to the traditional one, through comparative analysis, carried out from bibliographic studies, through which qualitative and/or quantitative data were collected for parameters such as construction cost, comfort thermoacoustic, sustainability and environmental aspects, fire resistance, maintenance and architectural flexibility. For each of the parameters, grades and weights were assigned, and then a feasibility value was calculated, given by a mathematical equation, which served as a general parameter for comparison. Thus, it was possible to conclude that this method, even though it is still not very popular, has certain advantages over the conventional one, especially in terms of sustainability, thermo-acoustic comfort and ease of maintenance, and that, in general, it is a system that has potential for application in housing of social interest.

Keywords: Building systems. Lightweight structures. Wood Frame. Wooden constructions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Trocas de Calor por radiação através de paredes opacas.....	20
Figura 2 - Curva de Incêndio-Padrão	27
Figura 3 - Evolução dos custos com base na fase de intervenção.....	29
Figura 4 - Execução de sistema convencional formado por elementos de concreto armado e alvenaria.....	32
Figura 5 - Blocos cerâmicos com dimensões distintas.....	33
Figura 6 - Argamassa para assentamento de blocos cerâmicos - (a) Argamassa preparada na obra, (b) Argamassa Industrializada.	34
Figura 7 - Elevação de alvenaria.....	35
Figura 8 - Vergas e Contra-Vergas em alvenaria de blocos cerâmicos.	36
Figura 9 - Esquema de amarração entre alvenaria e pilar com tela galvanizada.	37
Figura 10 - Execução de elementos estruturais com a utilização de formas de madeira	38
Figura 11 - Componentes básicos do concreto armado.....	39
Figura 12 - Tipos de fundações mais usadas no sistema convencional.....	39
Figura 13 - Combinação da estrutura com a alvenaria de vedação	40
Figura 14 - Revestimentos de argamassa.....	41
Figura 15 - Execução de instalações no sistema convencional	42
Figura 16 - Componentes de uma estrutura de cobertura em madeira e telhas cerâmicas.....	43
Figura 17 - Montagem de painéis em ambiente industrial.....	45
Figura 18 - Fundação do tipo radier	46
Figura 19 - Piso do tipo Deck com chapa de OSB.	47
Figura 20 - Quadro estrutural dos painéis utilizados no Wood Frame.....	48
Figura 21 - Composição dos painéis do sistema Wood Frame.	48
Figura 22 - Inserção de placas cimentícias sobre membrana hidrófuga	49
Figura 23 - Instalações elétricas e hidráulicas em painéis Wood Frame.....	50
Figura 24 - Revestimento externo com sidings de madeira	51
Figura 25 - Revestimento interno com placas de gesso.....	51
Figura 26 - Estrutura de cobertura no sistema Wood Frame	52

Figura 27 - Escala de pesos a serem atribuídos aos critérios avaliados	54
Figura 28 - Escala de notas a serem atribuídas aos critérios avaliados.....	55
Figura 29 - Notas atribuídas ao critério custo.....	60
Figura 30 - Cálculo das propriedades térmicas de vedações verticais analisadas por Brauhardt (2016)	61
Figura 31 - Corte esquemático da vedação vertical externa avaliada.....	63
Figura 32 - Nota atribuída ao critério conforto termoacústico.....	65
Figura 33 - Comparação de impactos ambientais na produção e transporte de materiais.....	66
Figura 34 - Notas atribuídas ao critério sustentabilidade e aspectos ambientais	68
Figura 35 - Notas atribuídas ao critério resistência ao fogo	70
Figura 36 - Notas atribuídas ao critério manutenção.....	71
Figura 37 - Notas atribuídas ao critério flexibilidade arquitetônica	73

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. Objetivo geral	13
2.2. Objetivos específicos	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1. Habitações de Interesse Social e a necessidade de novos sistemas construtivos	14
3.2. Custo e orçamentação de uma edificação.....	16
3.3. Conforto termoacústico	18
3.3.1. <i>Conforto térmico</i>	18
3.3.2 <i>Conforto acústico</i>	22
3.4. Sustentabilidade e aspectos ambientais	24
3.5. Resistência ao fogo	26
3.6. Manutenção	27
3.7. Flexibilidade arquitetônica	30
3.8. Sistemas construtivos.....	31
3.8.1. <i>Sistema construtivo convencional</i>	31
3.8.2 <i>Sistema construtivo Wood Frame</i>	44
4. METODOLOGIA	52
4.1. Metodologia comparativa.....	52
4.1.2 <i>Escala de pesos</i>	54
4.1.3 <i>Escala de notas</i>	54
4.1.4 <i>Critérios avaliados</i>	55
4.1.5 <i>Justificativa para os pesos atribuídos</i>	55
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	57

5.2. Custo	57
<i>5.2.1 Atribuição de nota ao critério custo</i>	60
5.3 Conforto termoacústico	61
<i>5.3.1 Atribuição de nota ao critério conforto termoacústico</i>	64
5.4 Sustentabilidade e aspectos ambientais	65
<i>5.4.1 Atribuição de nota ao critério sustentabilidade e aspectos ambientais</i>	67
5.5 Resistência ao fogo	68
<i>5.5.1 Atribuição de nota ao critério resistência ao fogo</i>	69
5.6 Manutenção	70
<i>5.6.1 Atribuição de nota ao critério manutenção</i>	71
5.7 Flexibilidade arquitetônica	71
<i>5.7.1 Atribuição de nota ao quesito flexibilidade arquitetônica</i>	72
5.8 Cálculo da viabilidade	73
6 CONCLUSÃO	74
7. REFERÊNCIAS	76

1. INTRODUÇÃO

Em razão do déficit habitacional existente no país, que, segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção-CBIC (2019), era de 5,877 milhões de habitações em 2019, há grande necessidade de adoção de sistemas construtivos que apresentem maior eficiência e rapidez que o convencional, mas com qualidade igual ou superior (ECKER e MARTINS, 2014).

Uma boa opção para contornar essa necessidade de construções mais eficientes pode estar na indústria de sistemas construtivos pré-fabricados, que de acordo com Oliveira (2014), vem crescendo consideravelmente no mercado brasileiro. Um desses sistemas é o executado em madeira e conhecido como Wood Frame.

Segundo Molina (2010), trata-se de um sistema estruturado em perfis de madeira, formando painéis de pisos, paredes e coberturas, que são combinados com outros materiais e resultam em uma edificação com maior conforto térmico e acústico. Entre os fatores limitantes à adoção de sistemas como o Wood Frame, segundo Junior, Silva e Soares (2017), está o fato de que as técnicas construtivas cresceram com o passar do tempo, e os investimentos passaram a priorizar estruturas de concreto armado e aço, ficando a madeira em segundo plano.

Aliado a essa falta de investimentos, o preconceito com o uso da madeira devido, principalmente, a suas características físicas e fisiológicas, como a inflamabilidade, a capacidade de apodrecimento e sua suscetibilidade a ataque de organismos como Cupim, colaboraram para a falta de interesse por sistemas que utilizam esse tipo de material (JUNIOR, SILVA E SOARES, 2017).

Para Martins (2010), a madeira é um material construtivo muito sustentável e de grande importância na construção civil. Estruturalmente, ela pode ser utilizada como pilares, vigas e treliças, uma vez que, devido as suas características de resistência e o seu peso, é capaz de propagar as tensões, tanto de tração quanto de compressão.

Habowski (2018) afirma que estudos voltados para sistemas construtivos que utilizam a madeira, como por exemplo o Wood Frame, e outras tecnologias similares, que utilizam painéis de madeira, têm grande relevância para disseminar consumo de matérias primas renováveis. Reforça ainda que métodos construtivos envolvendo

painéis OSB nas vedações verticais, que também é o caso do sistema Wood Frame analisado neste trabalho, promovem grande impacto ambiental positivo em comparação ao sistema de alvenaria convencional.

Diante disso, como forma de contribuir com a disseminação de conhecimento acerca de sistemas que utilizam a madeira em praticamente todas as etapas construtivas, este trabalho teve por objetivo analisar a viabilidade do sistema Construtivo Wood Frame voltado para habitações de interesse social, descrevendo suas vantagens frente ao sistema convencional. Para isso, foi realizado um estudo comparativo entre os dois sistemas, analisando-se critérios como custo, conforto, sustentabilidade, resistência ao fogo, manutenção e flexibilidade arquitetônica.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Analisar a viabilidade do sistema construtivo Light Wood Frame (LWF) para Habitações de Interesse Social, descrevendo por meio de estudo comparativo, as vantagens e desvantagens deste sistema frente ao convencional.

2.2. Objetivos específicos

- Estabelecer critérios comparativos a serem analisados em cada um dos sistemas construtivos estudados;
- Analisar as características dos sistemas construtivos em cada um dos critérios estabelecidos, de acordo com o especificado na literatura;
- Atribuir notas ao desempenho dos métodos construtivos em cada um dos parâmetros avaliados, bem como estabelecer o grau de relevância (peso) desses parâmetros para Habitações de Interesse Social;
- Calcular, através das notas e dos pesos, a viabilidade do sistema Wood Frame e convencional através de uma fórmula matemática de viabilidade (descrita no cap. 4).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, serão discutidos os conceitos de Habitação de Interesse Social (HIS), os parâmetros considerados na análise comparativa (custo, conforto termoacústico, sustentabilidade e aspectos ambientais, resistência ao fogo, manutenção e flexibilidade arquitetônica), bem como os dois sistemas construtivos estudados: o sistema convencional e sistema Wood Frame.

3.1. Habitações de Interesse Social e a necessidade de novos sistemas construtivos

De acordo com Damé (2008), a habitação pode ser entendida, de forma geral, como um componente físico, cujo o principal sentido é o de abrigar indivíduos, e é tida como um dos principais desejos do homem, uma vez que também se constitui como um patrimônio. Uma habitação deve atender a questões como acessibilidade e ocupação, uma vez que comporta as necessidades dos que ali residem, devendo considerar áreas de acesso, circulação, uso, conforto, segurança, entre outros.

O conceito de Habitação de Interesse Social (HIS) é bastante amplo. Segundo Larcher (2005), as HIS são financiadas pelo poder público, podem ser produzidas pelo governo, mas também por empresas, associações e outros; entre suas principais características, está o fato de serem destinadas especialmente a faixas de baixa renda, normalmente faixas de até 3 salários-mínimos; e mesmo que seu interesse social esteja relacionado principalmente a inclusão das famílias de baixa renda, também está ligado a fatores como preservação ambiental ou cultural.

Para Abiko (1995), Habitação de Interesse Social está relacionada a um conjunto de soluções habitacionais destinada à população de baixa renda e seu conceito tem permanecido nos estudos ligados a gestão habitacional. Ainda de acordo com Abiko (1995), as HIS são semelhantes a outros termos equivalentes, como habitação de baixo custo, que não necessariamente é destinada a pessoas de baixa renda; habitação para pessoas de baixa renda; e habitações populares, que abrange todas as soluções que visam atender necessidades habitacionais.

No tocante a características como tamanho/área de uma HIS, Folz e Martucci (2013) explicam que as discussões acerca da área de habitações desse tipo já duram cerca de um século. Entretanto, ao analisar quarenta conjuntos habitacionais apresentados pelo Banco Nacional da Habitação, em 1979, notou que a área das unidades variava desde 33 até 56,91m², a depender se o conjunto era formado por blocos de apartamentos ou unidades autônomas.

A caixa econômica, após assumir o financiamento de programas habitacionais, depois da extinção do BNH em 1986, estabeleceu como requisito que as unidades habitacionais tenham uma área mínima de 37m² (FOLZ e MARTUCCI, 2013).

A NBR 12721: 2006 define, em seu item 3.3, alguns tipos de Projetos-Padrão, a fim de representar diferentes tipos de habitações; esses padrões levam em conta número de pavimentos, dependências, área construída e outros. Dois desses padrões se aproximam do padrão usualmente verificado nas HIS, o primeiro é o padrão “RP1Q”, que designa uma habitação unifamiliar popular, com 1 pavimento, 1 dormitório, sala, banheiro e cozinha; e deve ter área próxima de 39,56m². Outro padrão citado é o “R1-B”, que se refere a uma residência unifamiliar de padrão baixo, com 1 pavimento, 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de serviço; e deve ter área próxima de 58,64m (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006).

Por outro lado, no que diz respeito a sistemas construtivos, Mobus (2020) explica que, como as HIS têm como foco as pessoas de baixa renda, é de extrema importância que as empresas do setor de construção civil busquem soluções que reduzam o custo das habitações, procurando adotar métodos e sistemas construtivos mais baratos. Além disso, Mobus (2020) destaca ainda que outro fator que também impacta no custo e reforça a necessidade da adoção de novos sistemas é o tempo, pois quanto maior for o tempo para execução de uma obra, mais caro ela custará. Por esse motivo, as habitações de interesse social devem ser executadas de forma mais rápida que outras construções convencionais.

Segundo Freitas (2010), um dos motivos que impedem o avanço dos programas habitacionais, por meio dos quais o governo financia as HIS, é a ausência de incentivo à adoção de novos sistemas/tecnologias construtivas; e que o momento

tem sido bastante propício para tal incentivo, como forma de atender as famílias de baixa renda do país.

Em contraposição aos benefícios dos sistemas construtivos industrializados, não se pode deixar de destacar que esses métodos também gozam de impactos negativos, ainda que menores quando de uma avaliação geral. Sesc (2003) destaca que os sistemas industrializados não apenas exigem profissionais com maior qualificação, como também dispensam aquela multidão de ajudantes que formavam os canteiros de uma obra de construção civil, reduzindo assim os empregos do setor.

3.2. Custo e orçamentação de uma edificação

Segundo Matos (2006), o termo orçamento se refere a estimativa dos custos e o consequente estabelecimento do preço de venda de uma edificação, sendo, basicamente, um exercício de previsão. Há diversos itens que influenciam e contribuem para o custo de um empreendimento e a técnica orçamentária envolve a identificação, descrição, quantificação, análise e valorização desses itens. O orçamento deve ser feito de modo a não haver falhas na composição dos custos, e muito menos considerações inapropriadas.

Baeta (2012) define orçamento como a descrição, quantificação, análise e valoração dos custos diretos e indiretos necessários à execução de uma obra. Esses componentes, somados ao lucro do empreendedor, garante uma previsão do preço final do empreendimento.

Basicamente, um orçamento é determinado pela soma dos custos diretos: mão-de-obra, materiais e equipamentos; e dos custos indiretos: equipes de apoio e supervisão, despesas em geral, taxas, etc. Ao fim, deve-se adicionar os impostos e o lucro para, assim, chegar ao preço de venda (MATOS, 2006).

De acordo com Ferreira (2019), existem três tipos principais de orçamentos, sendo eles: estimativa de custo, orçamento preliminar e o orçamento analítico ou detalhado. O tipo de orçamento a ser utilizado dependerá da conclusão ou não de todos os projetos e do nível de detalhamento dos mesmos.

A estimativa de custos ou orçamento paramétrico, segundo Tisaka (2011), é uma estimativa feita a partir de históricos de custos e comparação com projetos semelhantes ao desejado. Esse tipo de orçamento serve para uma primeira avaliação do custo da obra.

O orçamento preliminar, por sua vez, é mais detalhado que a estimativa de custo e, normalmente, é realizado através do levantamento de algumas quantidades e de cotações de preços. Quando o anteprojeto e os projetos básicos da edificação já estão prontos, o orçamento preliminar é capaz de obter valores de custos mais precisos que a estimativa de custos sendo, portanto, uma versão aprimorada da estimativa de custos, por incluir o quantitativo de alguns materiais, como aço, madeira, concreto, dentre outros (MONTANTE, 2019).

Outro tipo de orçamento é o analítico, neste, a avaliação do custo da obra é feita de maneira mais detalhada, cuidadosa e precisa. Os valores são obtidos através do levantamento minucioso das quantidades de serviços a partir dos projetos e dos seus respectivos preços unitários. Neste tipo de levantamento, é fundamental que o profissional domine os métodos e processos construtivos que serão adotados na execução da obra (OLIVEIRA, 2017).

Para elaborar um orçamento analítico detalhado é necessário que os projetos estejam concluídos, com todas as especificações técnicas, memoriais, desenhos e detalhamentos. Isto é, quando a construção foi toda planejada pelos projetistas (GONZÁLES, 2008).

É importante frisar que sistemas construtivos pouco populares, como o sistema Wood Frame, discutido nesse trabalho, são mais difíceis de serem orçados, uma vez que a maioria das bases de dados nacionais consideram o sistema construtivo convencional ao elaborarem preços de referência. No caso dos sistemas menos comuns, Almeida (2020) explica que as estimativas de custos são realizadas, geralmente, com auxílio de empresas que atuam na área.

Ainda no tocante aos custos de uma edificação, é importante salientar que eles perduram mesmo após a entrega da obra. Segundo Brüggemann (2017), uma vez que toda edificação necessita de serviços de manutenção, isso também representa gastos que podem variar de acordo com o sistema construtivo adotado. Os custos de

manutenções anuais podem ficar em torno de 0,7 a 3,4% em relação ao custo total para construção do empreendimento (NOUR, 2003 apud BRÜGGEMANN, 2017).

Finalizando este tópico, um ponto favorável a sistemas construtivos industrializados como o Wood Frame, no tocante a custos, é que recentemente foi publicada a nova lei de licitações e contratos administrativos (Lei nº 14.133/2021), que reforça a necessidade do desenvolvimento nacional sustentável nos processos de licitações públicas no Brasil. A nova lei prevê a inclusão da sustentabilidade nas licitações públicas de forma mais prática, determinando de forma mais específica os aspectos ambientais que devem ser levados em consideração, além de prever maior controle ambiental e análise de impactos (LEONHARDT, 2021).

3.3. Conforto termoacústico

3.3.1. Conforto térmico

Segundo Ruas (1999) o conforto térmico se consolida quando o indivíduo experimenta uma sensação de bem estar no ambiente em que se encontra. Essa sensação é resultado de um conjunto de fatores, como a umidade relativa do ar, a temperatura radiante média, a temperatura do ambiente, a velocidade relativa do ar, e sua relação com a atividade desenvolvida e a vestimenta usada pelos indivíduos.

Büneker (2003) também relaciona o conforto térmico de um ambiente ao nível de satisfação de uma pessoa em relação ao ambiente no qual está inserida. Segundo a autora, algumas variáveis influenciam no conforto térmico sentido por cada indivíduo, entre elas, o próprio indivíduo, a resistência térmica da vestimenta, a velocidade do ar, a umidade relativa do ar e a temperatura do ar.

Os materiais utilizados durante a construção de uma edificação possuem grande influência no desempenho térmico da mesma. Por esse motivo, é imprescindível saber como esses materiais influenciam nas trocas de energia da edificação com o meio externo, visando a adequação do projeto para atendimento a requisitos de conforto térmico (ANDREOLLI, 2017).

3.3.1.1. Transmissão de calor nas vedações verticais

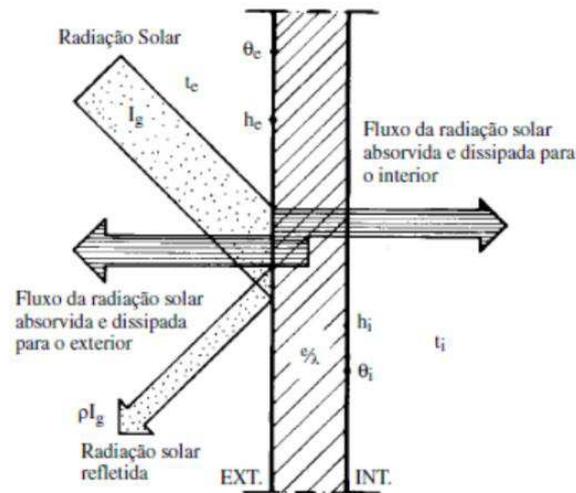
Segundo Costa (2003), transmissão de calor refere-se ao conjunto de fenômenos que definem a passagem de calor de uma região para outra, de maneira que, para que haja tal transferência, há a necessidade da existência de uma diferença de temperatura entre duas regiões, e o fluxo térmico sempre se verifica da região de maior temperatura para a menor.

Incropera *et al.* (2011), referem que a transmissão de calor pode ser resumida como a energia térmica em trânsito devido a uma diferença de temperaturas no espaço. Tal transmissão pode ocorrer de três formas distintas: condução, convecção e radiação.

A transferência de calor por condução é aquela caracterizada pelo transporte de energia térmica em um meio sólido, justificada pela existência de um gradiente de temperatura. A transferência de calor por convecção, ocorre entre uma superfície e um fluido em movimento, quando os mesmos se encontram em diferentes temperaturas. Por fim, em uma transferência de calor por radiação, o calor emitido depende tão somente da temperatura da superfície do material e ocorre no vácuo, não havendo necessidade de um meio material para ocorrência da troca térmica (INCROPERA *et al.*, 2011).

Conforme os mesmos autores, em uma edificação, a radiação solar é o principal fator responsável pelos ganhos térmicos, uma vez que a parcela da radiação que adentra para o interior da edificação refletirá instantaneamente nas condições de conforto do ambiente. Quando uma parede opaca (Sem aberturas) é exposta à radiação solar e submetida a uma diferença de temperatura entre os ambientes que separa, as trocas de calor se comportam conforme demonstrado Figura 01.

Figura 1 - Trocas de Calor por radiação através de paredes opacas



Fonte: Frota; Schiffer (2001)

É possível observar que quando a radiação solar incide sobre a parede opaca, uma parte dessa energia é absorvida e dissipada para o interior ou exterior da edificação, enquanto a outra parte refletida. A energia absorvida se transforma em calor ao tempo em que a refletida não sofre modificação (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Uma maneira de reduzir as trocas de calor de forma significativa é com o uso de materiais com condutividades térmicas mais baixas, como também, com a adoção de fechamentos com múltiplas camadas, como por exemplo uma câmara de ar, onde as trocas térmicas são por convecção e radiação, em vez de condução (INCROPERA *et al.*, 2011).

3.3.1.2. Condutividade térmica

A condutividade térmica é uma propriedade que está relacionada a capacidade de um material atuar ou não como isolante e, portanto, é considerada uma propriedade que requer bastante atenção, podendo se constituir como um importante critério de seleção de materiais em projetos de engenharia. É fundamental que sua medição seja a mais precisa e confiável possível (VILELA, 2017).

Para Lamberts, Dutra e Pereira (2014), a condutividade térmica representa a capacidade de um material de conduzir maior ou menor quantidade de calor por

unidade de tempo e está relacionada a densidade do material, assim, quanto menor a densidade, menor será a sua condutividade térmica.

3.3.1.3. Capacidade Térmica

A quantidade de calor que um material ou corpo precisa receber para variar sua temperatura em uma unidade é denominada capacidade térmica. A areia e a água do mar, por exemplo, que se encontram no mesmo ambiente e submetidas a mesma fonte de calor, apresentam temperaturas diferentes, pois esses elementos possuem capacidade térmica diferente (TEIXEIRA, 2020).

De acordo com a NBR 15220:2005, a capacidade térmica de um elemento plano formado por camadas homogêneas e perpendiculares ao fluxo de calor, está relacionada à condutividade térmica dos materiais, espessura, resistência térmica da camada, calor específico e densidade aparente do material (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

3.3.1.4. Resistência Térmica

Segundo Costa (2003), a resistência térmica é a dificuldade de transmissão de calor em um determinado material. Lamberts, Dutra e Pereira (2014), explicam que o cálculo da resistência térmica leva em consideração a espessura do material e o inverso da condutividade térmica, assim, quanto maior for a espessura do material e menor for a condutividade térmica, maior será a sua resistência térmica, de forma que o fluxo de calor entre as superfícies acaba diminuindo.

Com relação a resistência térmica total de uma vedação (parede), e de acordo com a NBR 15220-2:2005, esta será a soma das resistências de cada camada que a compõe a vedação e as resistências superficiais tanto externas quanto internas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

3.3.1.5. Transmitância térmica, atraso térmico e fator solar

A transmitância térmica é a propriedade mais importante quando se pretende avaliar o desempenho térmico de vedações verticais em relação à transmissão de calor. Tal propriedade se refere a transmissão de calor em unidade de tempo e através da área unitária de um elemento ou componente construtivo (LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA, 2014).

O atraso térmico, por sua vez, e conforme a norma NBR 15220:2005, é o tempo decorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação em uma superfície oposta de um material submetido a um período de transmissão de calor. Finalmente, o Fator Solar se refere a porcentagem da radiação solar que incide sobre o fechamento e que penetra no interior do ambiente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

3.3.2. Conforto acústico

Com relação a desempenho acústico, é importante saber que o som é o resultado de uma perturbação física ou vibração proveniente da variação de pressão do meio em relação à pressão atmosférica, que se propaga através da vibração de suas partículas. Os ruídos e vibrações podem se propagar tanto pelo ar como por meio da estrutura de uma edificação e são provenientes basicamente do tráfego de veículos, maquinários de indústrias e comércios no entorno, e da própria rotina dos moradores dos arredores (CAETANO, 2016).

Conforto Acústico, por sua vez, pode ser definido como a sensação auditiva de bem-estar em um determinado ambiente, permitindo que as pessoas possam desenvolver suas atividades sem desvios de foco e atenção, causados por ruídos excessivos internos ou externos. Os materiais utilizados nas edificações influenciam diretamente no conforto acústico de um ambiente, uma vez que possuem propriedades acústicas, ou seja, eles transmitem, refletem ou absorvem os sons (CA2, 2019).

A parte quatro da NBR 15575:2013 descreve os requisitos e critérios que devem ser atendidos de forma a garantir um adequado isolamento acústico entre o

meio externo e o interno, tanto entre unidades autônomas, como entre dependências de uma unidade e áreas comuns. Os valores para verificação de atendimento a norma devem ser obtidos por meio de ensaios, que podem ser realizados tanto em laboratório, para análise do isolamento acústico de componentes isolados, como em campo, para determinar o isolamento dos sistemas de vedação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Atentando-se especialmente a verificação das vedações verticais e horizontais externas e internas, esta deve ser realizada, ainda de acordo com a NBR 15575:2013 por meio de ensaio acústico realizado na edificação, cujos os procedimentos encontram-se nas normas ISO 140-4 e 140-5, bem como na ISO 717-1. Normalmente, a recomendação para esses ensaios é que uma fonte sonora seja colocada em duas posições distintas no ambiente emissor e que haja, no mínimo, cinco pontos de microfone distribuídos tanto no ambiente emissor quanto no receptor (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Nos ensaios, deve ser obtida a média dos valores verificados no ambiente emissor e a média dos valores verificados no ambiente receptor. A diferença entre essas duas médias é denominada Diferença Padronizada de Nível (D_{nT}) Global. A partir do valor de D_{nT} , adota-se a metodologia de ponderação descrita pela norma ISO 717-1, obtendo-se assim, o valor da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ($D_{nT,w}$), que determinará o isolamento proporcionado pela vedação (CROCE, 2019).

Com relação a fachadas, em edificações multipisos, e fachadas e coberturas em térreos e sobrados, deve ser determinada a Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2 m de distância da fachada ($D_{2m,nT,w}$), cuja metodologia de ensaio é descrita na ISO 140-5 e ISO 717-1 (RIGHI, 2013). No Quadro 1 estão descritos os valores da Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa e o seu respectivo desempenho, cuja norma divide em mínimo (M), intermediário (I) e superior (S).

Quadro 1 - Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa para ensaios de campo

Classe de ruído	Localização da habitação	D _{2m,nT,w} (db)	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥20	M
		≥25	I
		≥30	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥25	M
		≥30	I
		≥35	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.	≥30	M
		≥35	I
		≥40	S

Fonte: ABNT (2013)

Conforme indicado no quadro, a norma NBR-15575:2013 considera três classes de ruídos, que estão relacionados a localização da habitação e, conseqüentemente, a intensidade de ruído a que a edificação está sujeita. A partir da classe em que a unidade se enquadra e do valor de $D_{2m,nT,w}$, é possível determinar o desempenho do isolamento acústico das vedações externas. Para vedações internas, devem ser considerados outros valores constantes nos anexos da NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

3.4. Sustentabilidade e aspectos ambientais

Conforme Sousa (2015), sustentabilidade pode ser definida como o conjunto de atividades e ações humanas que objetivam atender aos interesses humanos atuais sem comprometer ou pôr em risco as gerações futuras. As práticas sustentáveis são aquelas que buscam o desenvolvimento econômico, evitando ou minimizando ao máximo as agressões ao meio ambiente, utilizando recursos naturais de forma consciente, buscando assim conter um esgotamento precoce de tais recursos.

A construção civil é uma das principais atividades econômicas do país e também é considerada uma atividade responsável por grande parte dos impactos ambientais, como geração de resíduos sólidos, consumo de recursos naturais e emissão de gases do efeito estufa. Garantir o crescimento econômico sem aumentar os impactos ambientais é um grande desafio da humanidade no século XXI, explica Junqueira (2016).

Em 2011, a construção civil era responsável por consumir 50% dos recursos naturais mundiais; 40% da água; 60% da terra cultivável; 70% dos produtos de madeira e 45% da energia (LUCAS, 2011). Assim, diante da preocupação com a dimensão dos impactos causados por este setor, a construção civil vem procurando, nos últimos anos, desenvolver projetos mais sustentáveis, afirma Queiroz (2016).

Para Silva (2003), as práticas sustentáveis que devem ser adotadas quando há a intenção de se construir determinados ambientes, podem ser separadas em três dimensões: ambiental, econômica e social.

Na dimensão ambiental, conforme o Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção - CIB (2000), a sustentabilidade busca equilibrar a proteção do ambiente físico e seus recursos, e a extração destes recursos de maneira a garantir que o planeta continue a promover uma qualidade de vida aceitável.

Na dimensão social, por sua vez, os indicadores devem retratar os impactos das atividades econômicas de uma empresa e/ou empreendimento, ou seja, deve considerar o impacto global sobre os indivíduos, incluindo os empregados, empreiteiros e subcontratados, fornecedores, clientes e comunidade (MOTA, 2009).

Finalmente, na dimensão econômica, a sustentabilidade busca facilitar o acesso aos recursos dentro dos limites do que é ecologicamente aceitável, de forma a não ferir os direitos humanos básicos. Deve considerar uma logística de produção dos bens de consumo, integrando o uso eficiente dos recursos (CIB, 2000).

Segundo Mateus (2004), o surgimento de novos sistemas construtivos tem como objetivo, entre outras coisas, responder as preocupações mundiais em relação ao meio ambiente, fazendo com que o conceito de qualidade inclua também aspectos relacionados ao ambiente, o que vem tornando mais popular as chamadas construções ecoeficientes.

3.5. Resistência ao fogo

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT (2021), a resistência ao fogo refere-se à capacidade dos elementos construtivos de resistir, durante determinado período, a ação de um incêndio, impedindo sua propagação e preservando a estabilidade estrutural da edificação.

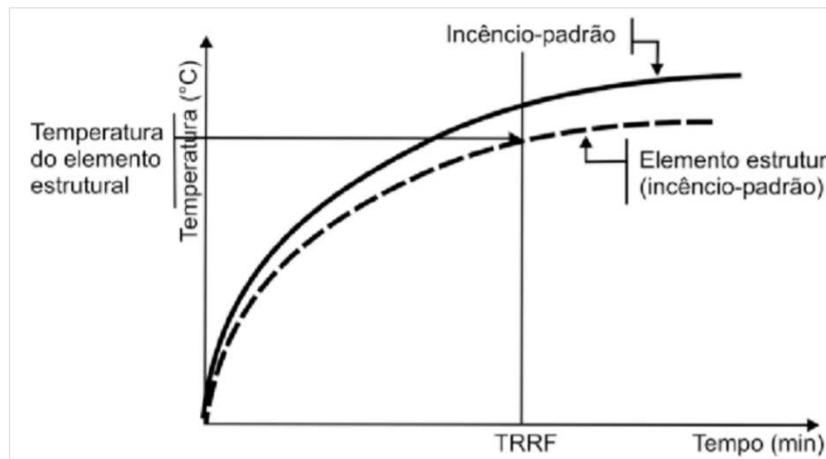
Quando ocorrida uma inflamação generalizada no ambiente sob incêndio e sua propagação progressiva, a imensa quantidade de calor acaba ingressando gradualmente nos elementos estruturais e de divisão da edificação, o que compromete suas propriedades mecânicas. Tal acontecimento acaba tornando frágil as partes afetadas, o que pode aumentar a propagação do incêndio ou levar a edificação à ruína (IPT, 2021).

A NBR 14432:2001 estabelece os requisitos a serem atendidos pelos elementos estruturais e de compartimentação da edificação, de forma a evitar o colapso da estrutura em situação de incêndio. Os elementos que compõe a estrutura devem atender as condições de estanqueidade e isolamento em tempo suficiente para possibilitar: a fuga dos indivíduos que ocupam a edificação em condições de segurança; a segurança das operações de combate ao incêndio e a minimização dos danos a edificações vizinhas e/ou à infraestrutura pública (ARAÚJO, 2019).

Ainda conforme Araújo (2019), para determinar o intervalo de tempo necessário para que a estrutura suporte as cargas extras ocasionadas pela elevação da temperatura, foram adotadas curvas de incêndio padronizadas que devem servir como modelo para análises experimentais, utilizadas em estudos em que não há parâmetros precisos com relação as temperaturas envolvidas. Tal curva é denominada de incêndio-padrão.

Na Figura 2 está representado o comportamento de uma curva de incêndio padrão. Tal curva tem como principal característica possuir apenas um ramo ascendente, uma vez que a temperatura dos gases sempre aumenta ao decorrer do tempo, como também independe das características do ambiente e da carga de incêndio. (SILVA *et al*, 2006).

Figura 2 - Curva de Incêndio-Padrão



Fonte: Azevedo, Murakami e Silva (2007), apud Araújo (2019)

Normalmente, o método utilizado para determinar a resistência ao fogo de um determinado elemento da edificação, consiste em expor um protótipo (reproduzidas as condições de uso de forma mais próxima possível às condições reais) a uma elevação padronizada de temperatura em função do tempo (SEC. DE SEGURANÇA PÚBLICA DO ESTADO DE GOIÁS, 2014).

Quando submetidos a essa elevação padronizada de temperatura, os elementos ensaiados devem resistir ao fogo por um tempo mínimo, sem comprometimento da função estrutural ou de compartimentação. Esse tempo é denominado de Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF). (THÓRUS, 2019). Os valores de tempo requerido de resistência a fogo são tabelados e relacionam tanto o uso e ocupação da edificação, quanto outros parâmetros como altura da construção (NBR 14432: 2001).

3.6. Manutenção

Conforme a NBR 5.674:2012 as edificações necessitam de manutenções eficazes para que alcancem um tempo de vida maior. Segundo a mesma norma, manutenção se refere ao conjunto de atividades que devem ser realizadas de forma a recuperar a capacidade de funcionamento de uma edificação, atendendo com

segurança as necessidades de seus usuários (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012).

É inviável sob o ponto de vista econômico e inaceitável sob o ponto de vista ambiental considerar as edificações como produtos descartáveis, passíveis da simples substituição por novas construções quando seu desempenho atinge níveis inferiores ao exigido pelos seus usuários. Isto exige que se tenha em conta a manutenção das edificações existentes, e mesmo as novas edificações construídas, tão logo colocadas em uso, agregam-se ao estoque de edificações a ser mantido em condições adequadas para atender as exigências dos seus usuários. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012).

A falta de manutenção adequada nas edificações é responsável pelo surgimento de anomalias das mais variadas, que acabam por causar danos materiais e, às vezes, patrimoniais. Esses danos, além de atingirem ao proprietário, podem também atingir a sociedade em geral (IBAPE/SP, 2005).

Para Villanueva (2015), as atividades de manutenção têm como resultado imediato o prolongamento da durabilidade e da vida útil da edificação. Porém, as práticas de manutenção ainda não são tão comuns no Brasil, e poucos são os usuários que realizam a manutenção preventiva.

Tendo em vista que a principal consequência da manutenção é a durabilidade da edificação, é importante definir dois termos: Vida Útil (VU) e Vida Útil de Projeto (VUP). A Vida Útil (VU), conforme a NBR15575, se refere ao período de tempo em que uma edificação e seus sistemas atendem às atividades para as quais foram projetadas, com os níveis de desempenho previstos na referida norma, e considerando a correta execução dos processos de manutenção dentro da periodicidade especificada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

A Vida Útil de Projeto (VUP), por sua vez, é o período estimado de tempo para o qual um sistema é projetado, de modo a atender aos requisitos de desempenho estabelecidos em norma, também considerando a correta execução dos processos de manutenção dentro da periodicidade especificada (VILLANUEVA, 2015).

Conhecidos os conceitos de VU e VUP, pode-se então falar de durabilidade como sendo: um fenômeno associado à vida útil esperada para determinados materiais, considerando o meio em que estão inseridos e os agentes degradadores presentes (NOUR, 2003).

Ainda conforme Nour (2003), para avaliar a durabilidade das edificações é necessário estabelecer uma gama de indicadores que reflitam a degradação da edificação. Tais indicadores devem representar os pontos mais relevantes relacionados a perda de desempenho do estabelecimento ao longo do tempo. As avaliações podem ser feitas por meio de inspeções visuais (aparência em geral, fissuras, descolamentos, eflorescências, empoamento, escamamento, rupturas e outros) ou por meio de mudanças mensuráveis de cor, textura, espessura, transparência, propriedades térmicas, entre outros.

Por outro lado, a manutenção das edificações, além de interferir na durabilidade da mesma, também tem grande influência nos gastos financeiros ao longo da vida do empreendimento, uma vez que o adiamento de uma intervenção de manutenção ocasiona um aumento expressivo dos custos diretos.

Na Figura 3 está demonstrada a chamada lei dos cinco, que relaciona a evolução dos custos com a fase de intervenção.

Figura 3 - Evolução dos custos com base na fase de intervenção



Fonte: Helene (2003), apud Castro (2016)

Como é possível observar na Figura 3, uma medida tomada durante a fase de projeto, pensando na manutenção do empreendimento, pode custar cinco vezes menos caso essa mesma medida fosse tomada somente na fase de execução. Analogamente, quando a intervenção ocorre após o problema (manutenção corretiva), o custo pode chegar a ser 125 vezes maior.

3.7. Flexibilidade arquitetônica

O termo flexibilidade pode ser entendido, segundo Brandão e Heineck (2003), como uma característica daquilo que é tolerante e versátil, que torna possível a alteração ou variação de sua finalidade, sendo considerada como um dos objetivos da modernidade.

Para Rossi (1998), no âmbito da arquitetura a flexibilidade se refere a capacidade de um ambiente, um edifício ou um espaço, de ser utilizado de múltiplas formas. A flexibilidade está relacionada a adaptabilidade funcional, a independência entre estrutura e elementos divisórios e é uma característica que deve ser prevista na fase de projetos.

Embora flexibilidade esteja relacionada a adaptabilidade, esses termos se diferenciam. Segundo Esteves (2013), na flexibilidade estão envolvidas técnicas construtivas utilizadas, enquanto a adaptabilidade está mais relacionada à organização interna das habitações.

Na prática, a aplicação do conceito de flexibilidade arquitetônica, torna necessária a presença de componentes básicos, como estrutura independente, paredes e divisórias leves, modulação estrutural, shafts para instalações, entre outros (MEDEIROS, 2019).

Um estudo feito por Finkelstein (2009) apud Medeiros (2019) enumerou elementos que podem ser considerados como facilitadores da flexibilidade na arquitetura residencial. No Quadro 02 estão elencados os elementos referidos pelo autor:

Quadro 02 - Elementos facilitadores da flexibilidade arquitetônica residencial

ELEMENTO	DESCRIÇÃO
ESTRUTURA INDEPENDENTE	Com a separação da estrutura portante da vedação, promove-se a possibilidade de criação de novos sistemas, permitindo maior liberdade da locação das paredes.
MODULAÇÃO ESTRUTURAL	Sistema geométrico de projeto, que pode ser composto por grelhas homogêneas, produzindo sistematicidade por meio de módulos inteiros ou subdivididos que sugerem um padrão dimensional afim de promover flexibilidade na combinação de elementos, economia e facilidade na produção
SHAFTS	Dutos de instalações verticais que permitem fácil acesso às instalações, à medida que promovem maior economia e organização na construção.
GRELHA, BRISE-SOLEIL, VARANDA	As grelhas tendem a provocar uma ideia de ordenamento e sistematicidade, os brises operam no ordenamento da fachada ao mesmo tempo que atuam no controle da insolação, e as varandas permitem maior liberdade ao interior da edificação servindo como um ambiente para quaisquer outras atividades excepcionais.
AMBIENTE ÚNICO	Mobiliário incorporado à moradia que se apropria de espaços oportunos e cumpre, geralmente, a função de armazenagem, liberando espaço para o uso do interior da edificação com maior eficiência pelo usuário.

Fonte: Finkelstein (2009), adaptado por Medeiros (2019).

Segundo E.A (2020) um dos fatores que influenciam no poder de flexibilidade de uma edificação é o tipo de sistema construtivo adotado, sendo essencial planejar e escolher um sistema que mais se adapte as necessidades do cliente. Optar por um sistema construtivo adequado é muito vantajoso, além de tornar o processo de construção mais simples, promover melhor controle de qualidade e redução de desperdício e custos, torna a edificação mais maleável e adaptativa a mudanças.

3.8. Sistemas construtivos

3.8.1. Sistema construtivo convencional

De acordo com Júnior e Carmo (2015) o sistema convencional se refere ao sistema construtivo composto por estrutura de concreto armado, formada pela fundação, pilares, vigas e lajes, e cuja vedação é formada por blocos cerâmicos (alvenaria), sendo este, o sistema construtivo mais utilizado no Brasil.

O termo alvenaria se refere ao conjunto de blocos cerâmicos justapostos, colados por argamassa apropriada, e que forma um elemento vertical coeso, que tem por função, além de vedar os espaços, promover a segurança, resistir a pequenos impactos e ao fogo, separar/dividir ambientes, promover conforto térmico e acústico, bem como impedir a ação das intempéries, como chuva, sol, ventos e outros (TAUIL e NESE, 2010).

Rodrigues (2018) ressalta que a alvenaria de vedação não tem função estrutural. As cargas da edificação, salvo pequenas cargas de moveis, decorações, etc., devem ser absorvidas pela estrutura, ou seja, pelos pilares, vigas, lajes e a fundação, elementos geralmente moldados in loco, por formas de madeira.

Figura 4 - Execução de sistema convencional formado por elementos de concreto armado e alvenaria



Fonte: Portal da Cidade de Lucas do Rio Verde (2018)

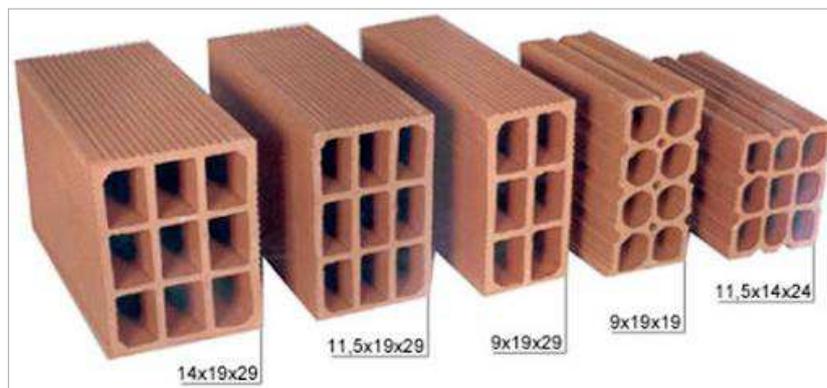
3.8.1.1. Blocos cerâmicos

Os blocos cerâmicos são componentes em forma de um prisma reto, que possuem furos perpendiculares as suas faces. De acordo com a NBR 15220-1:2005, a qualidade desses blocos está diretamente relacionada à qualidade das argilas usadas em sua fabricação, bem como ao seu processo de produção (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

Nascimento (2004) destaca que esse tipo de material é facilmente encontrado em todo país, especialmente pela facilidade de fabricação. O autor destaca ainda que se trata de componentes que podem apresentar baixas variações volumétricas ao absorver ou expelir água, possuem baixa densidade, são fáceis de manusear e têm custos competitivos.

Santos (2012) destaca que os blocos cerâmicos devem apresentar perfeitas condições, sem a presença de defeitos constantes, tais como: superfícies irregulares, trincas, deformações, quebras ou quaisquer anomalias que prejudiquem seu assentamento. Os blocos estão disponíveis no mercado em diferentes dimensões, conforme a Figura 5.

Figura 5 - Blocos cerâmicos com dimensões distintas



Fonte: Monteiro (2018)

A escolha do tipo de bloco depende, geralmente, do tipo de uso, isto é, de fatores como espessura da parede, preço, produtividade, disponibilidade no mercado, propriedades físicas e mecânicas, resistência e durabilidade. O bloco mais utilizado no mercado, para alvenaria de vedação, é o de 8 furos, com dimensões 9x19x19cm (SANTOS, P., 2016).

3.8.1.2. Argamassa de assentamento e elevação da alvenaria

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), a argamassa de assentamento tem como finalidade unir as unidades da alvenaria, neste caso, os blocos cerâmicos, bem como

transmitir os esforços, uniformizando as tensões, absorvendo pequenas deformações e prevenindo a entrada de vento e água nas edificações. Normalmente, a argamassa é composta por areia, cimento, água e cal, podendo ser utilizados também aditivos que melhorem a trabalhabilidade da mistura. A argamassa pode ser, ainda, industrializada/usinada, com dosagem controlada, ficando a cargo do usuário somente a adição de água, antes de seu uso.

Figura 6 - Argamassa para assentamento de blocos cerâmicos - (a) Argamassa preparada na obra, (b) Argamassa Industrializada.



Fonte: (a) JD construção, (b) Precon Engenharia

A argamassa de assentamento deve apresentar as seguintes características:

- Ter trabalhabilidade suficiente para que o pedreiro produza com rendimento otimizado um trabalho satisfatório, rápido e econômico;
- Ter capacidade de retenção de água suficiente para que uma elevada sucção das unidades não prejudique as suas funções primárias; – adquirir rapidamente alguma resistência depois de assentada para resistir a esforços que possam atuar durante a construção;
- Desenvolver resistência adequada para não comprometer a alvenaria da qual faz parte, não devendo, no entanto, ser mais resistente que os componentes que ela une;
- Ter adequada aderência aos componentes a fim de que a interface possa resistir a esforços cisalhantes e de tração e prover a alvenaria de juntas estanques à água da chuva;
- Ser durável e não afetar a durabilidade de outros materiais ou da construção como um todo; e
- Ter suficiente resiliência (baixo módulo de deformação) de maneira a acomodar as deformações intrínsecas (retração na secagem e de origem térmica) e as decorrentes de movimentos estruturais de pequena amplitude da parede de alvenaria, sem fissurar (PRUDÊNCIO, OLIVEIRA, BEDIN, 2003).

Com relação a elevação da alvenaria, as fiadas de blocos cerâmicos são erguidas umas sobre as outras, de maneira que as juntas verticais fiquem descontínuas. Quando há necessidade de juntas verticais contínuas, a NBR 8545:1984 prescreve a utilização de armadura longitudinal, que deve ser inserida na argamassa de assentamento. Ainda conforme a mesma Norma, o assentamento dos componentes deve ser planejado, através de estudo preliminar, como forma de evitar desperdícios e aumentar a eficiência (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984).

Durante a execução das fiadas é recomendável a utilização de escantilhão como guia das juntas horizontais, bem como de prumo para garantir o alinhamento vertical da alvenaria. A cada fiada deve ser esticada uma linha de forma a assegurar a horizontalidade das juntas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984). Na Figura 7 está indicado um esquema que representa o procedimento básico de execução da alvenaria, com escantilhões (ou Cantilhão) nas extremidades e linha guia.

Figura 7 - Elevação de alvenaria



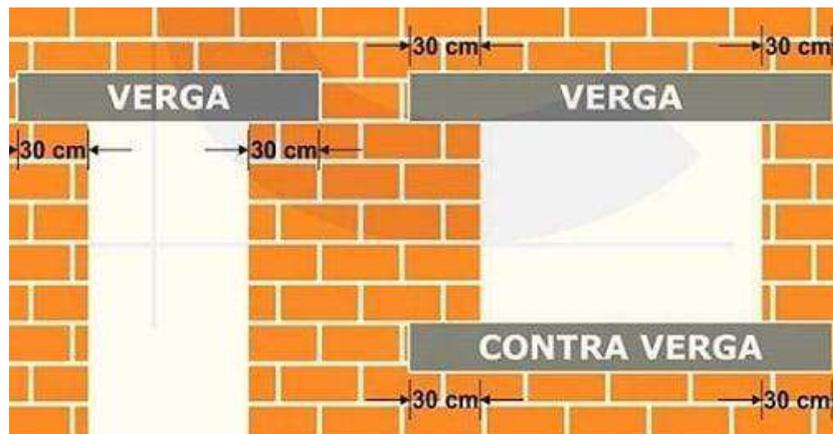
Fonte: Campos (2012)

Outras recomendações feitas pela NBR 8545:1984, referentes a elevação da alvenaria são (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984):

- Iniciar a elevação pelos cantos principais ou por pontos de ligação entre a alvenaria e qualquer outro elemento da edificação;
- Utilizar prumo de pedreiro para garantir o alinhamento vertical da alvenaria (Prumada);
- Interromper a alvenaria um pouco abaixo das vigas ou lajes, de forma que as mesmas não se limitem diretamente com esses elementos. O espaço que fica entre a alvenaria e o elemento estrutural deve ser preenchido após 7 dias, e podem ser aplicados diferentes materiais como argamassa ou espuma expansiva, blocos maciços, etc.;
- Acima dos vãos de portas e janelas devem ser executadas vergas, enquanto abaixo, devem ser usadas contra-vergas. Tanto as vergas quanto as contra-vergas devem exceder o vão em pelo menos 20cm e ter altura mínima de 10cm.

Segundo Bussab e Cury (1990), as vergas são reforços horizontais alocados na parte superior das aberturas, que tem por finalidade resistir aos esforços de tração na flexão, redistribuindo para a parede as cargas verticais; enquanto as contra-vergas são dispositivos estruturais utilizados para distribuir esforços concentrados na parte inferior das aberturas.

Figura 8 - Vergas e Contra-Vergas em alvenaria de blocos cerâmicos.

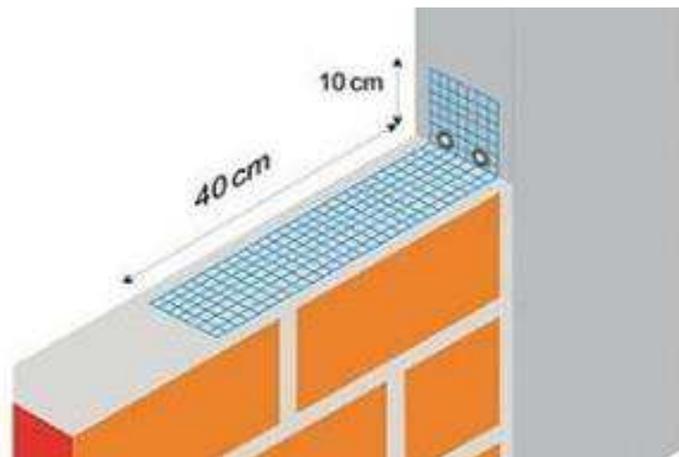


Fonte: Lourenço (2019)

As vergas e as contras-vergas podem ser feitas de concreto (peça pré-moldada) ou de blocos canaletas que funcionam como formas para modelagem do concreto (LOURENÇO, 2019).

Uma etapa muito importante a ser considerada na execução da alvenaria é a união entre a alvenaria e os pilares. Normalmente, o método mais utilizado para evitar trincas nessa ligação é com o uso de tela galvanizada de fios de 1,65 mm, com malha de 15 x 15 mm. A largura da tela deve ser proporcional à largura da parede e comprimento tela padrão é de 50 cm, com dobra de 10 cm para cima na junção com o pilar e outra dobra de 40 cm que fica sobre a junta horizontal dos blocos (NAKAMURA, 2009). Um dos esquemas de amarração entre alvenaria e pilar mais comuns é o demonstrado na Figura 9.

Figura 9 - Esquema de amarração entre alvenaria e pilar com tela galvanizada.



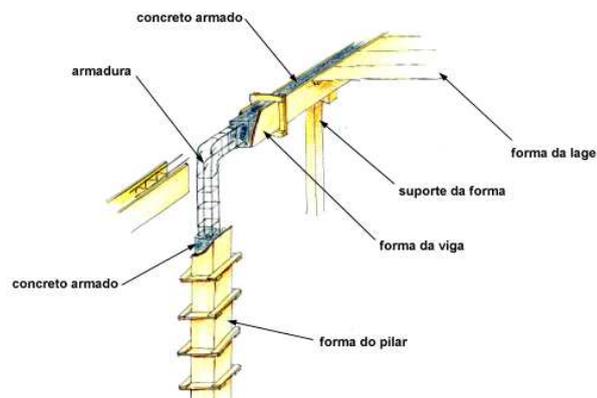
Fonte: Mazolini (2016)

3.8.1.3. Componentes estruturais do sistema convencional

Segundo o Instituto Federal de São Paulo -IFSP (2010), a estrutura de uma edificação é o conjunto de elementos que garantem a sustentação, estabilidade e segurança de uma construção. Tais elementos devem formar um todo, perfeitamente combinado, que deve resistir aos esforços advindos do peso próprio, ocupantes, ventos e sobrecargas.

No sistema convencional, os elementos que compõem a estrutura são: fundação, vigas, lajes e pilares, ambos feitos de concreto armado e, geralmente, moldados na própria obra, com a utilização de formas de madeira (IFSP, 2010). A Figura 10 é um exemplo de como são moldados os elementos estruturais no sistema convencional.

Figura 10 - Execução de elementos estruturais com a utilização de formas de madeira

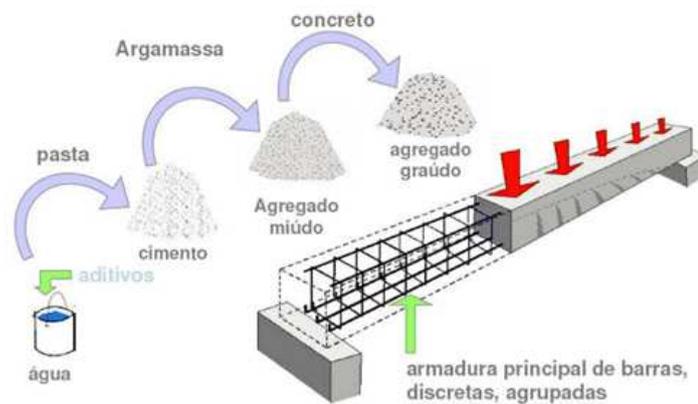


Fonte: Edifíque (2018)

O concreto é um material composto de agregados graúdos (pedras britadas, seixos rolados), agregados miúdos (areia natural ou artificial), aglomerantes (cimento), água, podendo conter adições minerais e aditivos (PORTO E FERNANDES, 2015).

Como o concreto apresenta boa resistência à compressão, mas baixa resistência à tração, Porto e Fernandes (2015) explicam que a utilização do concreto simples se mostra muito limitada. Assim, se faz necessária a associação do concreto ao aço, que tem alta resistência a tração.

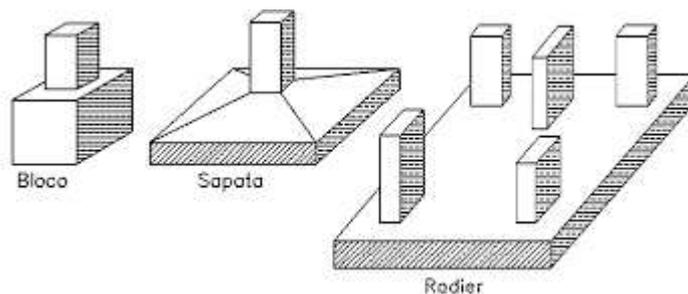
Figura 11 - Componentes básicos do concreto armado



Fonte: Cruz (2021)

Com relação a fundação, trata-se de um elemento estrutural que tem por finalidade transmitir a carga da estrutura para o solo. Ao escolher o tipo de fundação mais adequado, deve-se levar em conta as condições do solo e as cargas que atuam na fundação, de modo que a mesma não ocasione a ruptura do solo (PORTO E FERNANDES, 2015). Machado e Latosinski (2014) explicam que, no caso das edificações de interesse social, os tipos de fundação mais comuns são as sapatas, os blocos e o radier (Figura 12).

Figura 12 - Tipos de fundações mais usadas no sistema convencional



Fonte: Carvalho (2015)

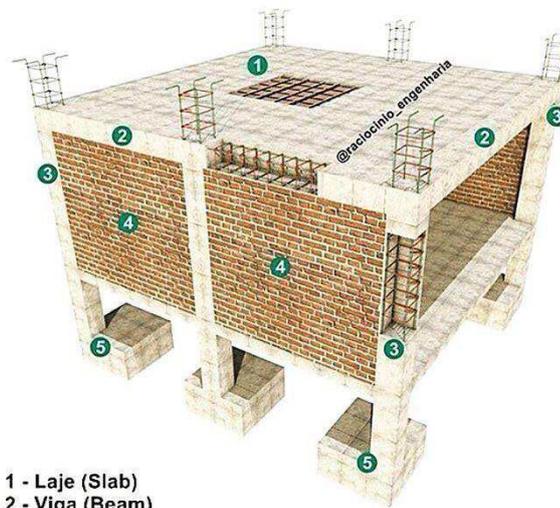
Os Pilares, conforme Bastos (2006), são elementos verticais, destinados a transmitir as cargas às fundações, embora possam também transmitir a outros elementos de apoio. As ações são provenientes geralmente das vigas e das lajes.

A vigas, por sua vez, são elementos normalmente retos e horizontais, destinados a receber as ações das lajes, de outras vigas, da alvenaria, e em alguns casos de pilares, etc. Sua finalidade é basicamente vencer vãos e transmitir as ações (cargas) para os apoios, que geralmente são os pilares. As armaduras das vigas são compostas por armadura transversal, popularmente conhecida como estribos, e por barras longitudinais (armadura longitudinal. (BASTOS, 2006).

O último dos elementos estruturais é a laje, elemento plano, geralmente disposto na horizontal, com duas dimensões (largura e comprimento) muito maiores que a espessura. A principal função das lajes é receber os carregamentos que atuam no pavimento, provenientes do uso da construção (pessoas, móveis e equipamentos), e transferi-los para os apoios (PINHEIRO, MUZARDO E SANTOS, 2003).

Como referido pelo IFSP (2010), os componentes estruturais devem formar um elemento único, ao qual deve ser conectado ao sistema de vedação. O conjunto estrutura mais vedação é o exemplificado na Figura 13.

Figura 13 - Combinação da estrutura com a alvenaria de vedação



- 1 - Laje (Slab)
- 2 - Viga (Beam)
- 3 - Pilar (Column)
- 4 - Paredes (Wall)
- 5 - Fundação (Foundation)

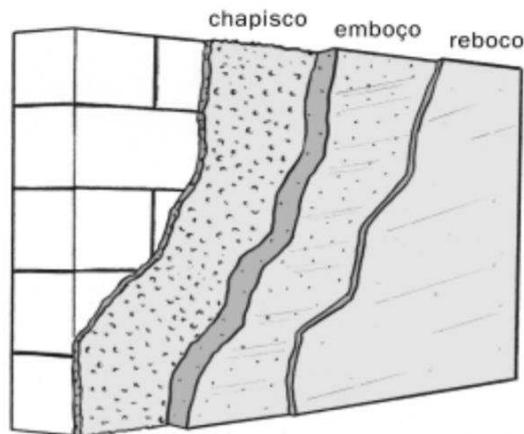
Fonte: Magno (2019), apud Fernandes (2019)

3.8.1.4. Chapisco, Emboço e Reboco

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP *et al* (2015), os revestimentos de argamassa podem ser definidos como a proteção de uma superfície porosa com uma ou mais camadas superpostas, de espessura normalmente uniforme, e que resulta em uma superfície apta a receber, de maneira adequada, um acabamento final.

Estes revestimentos se dividem basicamente em três: chapisco, emboço e reboco (Figura 14) e entre suas principais funções estão: proteção da base (geralmente de alvenaria) e da estrutura contra a ação direta de agentes agressivos, contribuindo para o isolamento termoacústico e a estanqueidade à água e gases; como também permitir que o acabamento final resulte em uma base regular, ideal para receber revestimentos (ABCP *et al*, 2015).

Figura 14 - Revestimentos de argamassa



Fonte: ABCP *et al* (2020)

Quando concluída a alvenaria e a estrutura, a primeira camada de argamassa que deve ser aplicada é o chapisco, que tem a função de criar uma superfície áspera e proporcionar maior aderência à próxima camada, o emboço. O chapisco é composto basicamente por cimento e areia lavada grossa, no traço 1:3, devendo ter consistência fluida e ser vigorosamente arremessado contra a superfície (SUDECAP, 2018).

O emboço, segundo Yazigi (2009), é uma camada de massa grossa aplicada sobre a superfície previamente chapiscada e após o prazo de cura (no mínimo três dias). Para áreas externas, é adotado um traço de 1:2:6, e internas 1:2:8, sendo uma parte de cimento, duas de cal hidratada e seis ou oito de areia média.

A última das camadas é o reboco, camada de revestimento aplicada posteriormente ao emboço, e que deve formar uma superfície que permita receber um acabamento final. Sua espessura deve ser somente suficiente para formar uma película contínua e íntegra, com no máximo 5 mm de espessura (CARASEK, 2007).

3.8.1.5. Instalações elétricas, hidráulicas e sanitárias

No sistema convencional, as instalações geralmente são executadas após a conclusão das alvenarias (em alguns casos depois do reboco) e cobertura. Para a introdução das tubulações, eletrodutos e outros componentes, normalmente é feito um “rasgo” na parede (Figura 15), onde serão alocados os elementos, ficando outra parte no entreferro/cobertura e/ou no solo. (FORUM DA CONSTRUÇÃO, 2019).

Figura 15 - Execução de instalações no sistema convencional



Fonte: Cotanet (2017)

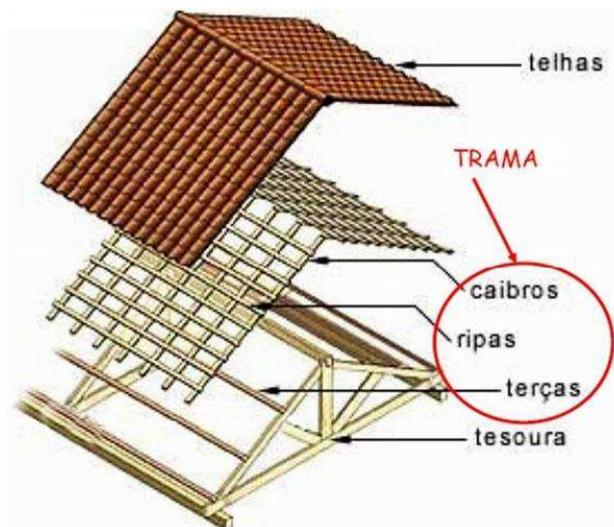
Segundo Souza e Tranin (2014), no sistema convencional há grande necessidade de verificar a compatibilidade das instalações com a estrutura, pois frequentemente ocorrem interferências entre esses componentes. Segundo os autores, geralmente as equipes fazem as furações depois da concretagem, o que pode acarretar vários defeitos na construção.

3.8.1.6. Cobertura

As coberturas, segundo Oliveira (2012), têm como função principal proteger a edificação contra a ação das intempéries e atender às funções utilitárias, estéticas e econômicas. As coberturas mais comuns são com estrutura de madeira, coberta com telhas, que podem ser do tipo cerâmica, de concreto, fibrocimento ou outro.

O madeiramento da cobertura pode ser dividido em armação e trama. A armação diz respeito a parte estrutural do madeiramento, e é composto por tesouras ou treliças, cantoneiras, escoras, entre outros. A trama, por sua vez, é composta de terças, caibros e ripas, ambas apoiadas sobre a armação e que serve de apoio às telhas (BORGES, 2009). Na Figura 16 está ilustrada os componentes básicos de uma cobertura frequentemente utilizada no sistema convencional.

Figura 16 - Componentes de uma estrutura de cobertura em madeira e telhas cerâmicas



Fonte: Silva (2017).

De forma geral, Prudêncio (2013) destaca que o sistema convencional é um método de construção bastante artesanal, especialmente em algumas regiões do país, e que tem entre suas características a baixa produtividade e um elevado desperdício de materiais, ocasionado pelo fato de que a maioria das etapas

construtivas acontecem na própria obra. Além disso, boa parte da mão de obra não é tão qualificada quanto deveria.

Alves (2015) defende que este método construtivo tem um tempo de execução comprometido em decorrência do baixo nível de industrialização, além de que, parte dos materiais utilizados, como o concreto e as argamassas, necessitam de tempo de secagem e cura. Assim, muitas etapas ficam comprometidas, pois dependem da completa finalização das anteriores.

3.8.2 Sistema construtivo Wood Frame

O termo Wood Frame designa uma técnica construtiva bastante utilizada em diversos países, especialmente na América do Norte e no norte da Europa. A madeira é o principal material estrutural do sistema, utilizada em forma de perfis montantes de duas polegadas de espessura, com seção que varia normalmente de quatro até doze polegadas (FUTURENG, 2016).

Nos últimos 150 anos, o Wood Frame tem sido amplamente utilizado o setor de construção civil na América do Norte, e cerca 90% de todas as novas edificações residenciais são construídas utilizando o sistema (ALLEN E THALLON, 2011).

Segundo Calil Junior e Molina (2010):

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

Espíndola e Ino (2014) destacam que os sistemas construtivos leves, como o Wood Frame, possibilitam a construção tanto no canteiro de obras, parcialmente na fábrica e no canteiro, ou totalmente na fábrica, ficando somente a montagem no local da obra.

Allen e Thallon (2011) reforçam que a montagem dos painéis pode ser realizada em um pavilhão ou em algum espaço próximo ou mesmo separado da obra, e que as

placas já chegam prontas para utilização, reduzindo assim mais da metade do tempo de construção.

Figura 17 - Montagem de painéis em ambiente industrial



Fonte: Tecverde (20--)

3.8.2.1. Fundação

No Brasil, a solução mais empregada para fundação de habitações em Wood Frame é do tipo "radier". A sapata corrida também pode ser utilizada, uma vez que a estrutura desse sistema é bastante leve, e tem carga distribuída ao longo das paredes (TECHNE, 2009). Sacco e Stamato (2008) também concordam que uma boa escolha de fundação é o Radier, pois se trata de um modelo onde as paredes são leves.

O radier, conforme a NBR 6122:2010 é uma fundação do tipo rasa, que funciona como uma laje (Figura 18) e normalmente é de concreto armado ou protendido. O radier recebe os esforços advindos da estrutura, e estes esforços são distribuídos em toda área de contato solo-radier (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

Figura 18 - Fundação do tipo radier



Fonte: Guia Tocantins (2020)

3.8.2.2. Piso

De acordo com Sacco e Stamato (2008), no pavimento inferior (térreo) as técnicas utilizadas são as mesmas do sistema convencional, enquanto nos pavimentos superiores, a estrutura do piso geralmente é executada com barrotes de madeira, com deck de OSB –*Oriented Strand Board*. Os materiais empregados nos pisos podem variar de acordo com a preferência, sendo importante salientar que antes desse material é importante instalar uma manta acústica para diminuir os ruídos de impacto (SACCO e STAMATO, 2008).

Nas áreas molhadas, geralmente são aplicadas placas cimentícias, coladas sobre o contrapiso de OSB, previamente executado. As placas cimentícias são impermeabilizadas com um tipo de membrana acrílica impermeável, aplicada em três demãos de pintura. No espaço entre as placas cimentícias (juntas) e nos cantos com as paredes e ralos, aplica-se normalmente fibra de vidro com estruturante (SACCO E STAMATO 2008). Na Figura 19 está representado um corte esquemático de um piso comumente executado nos sistemas Wood Frame.

Figura 19 - Piso do tipo Deck com chapa de OSB.



Fonte: Blog Imagine fazer assim (2020), apud Oliveira e Neto (2021).

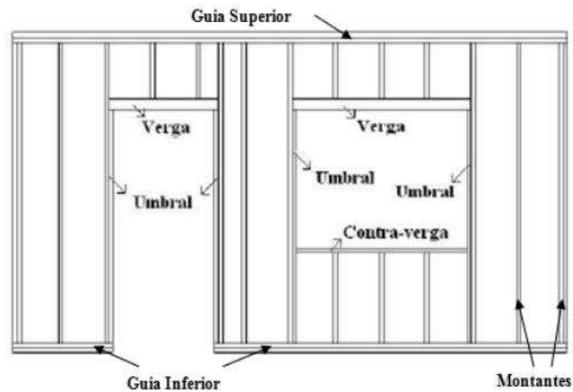
3.8.2.3. Estrutura dos Painéis

Conforme a diretriz nº 005 do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (2011), os quadros estruturais do sistema Wood Frame são compostos por peças de madeira maciça serrada, chamadas de montantes, e também por travessas, bloqueadores, umbrais, vigas, caibros, ripas e sarrafos. Estes componentes possuem resistência natural ao ataque de organismos ou passam por tratamento químico.

O contraventamento do sistema pode ser feito com peças de madeira (montantes, travessas ou diagonais) ou chapas de madeira (OSB ou madeira compensada), ou ainda outros materiais. A fixação dos componentes pode ser realizada através de mecanismos de encaixe, pregos, parafusos, chumbadores, conectores, pinos e outros.

Na Figura 20 consta um exemplo do quadro estrutural do painel.

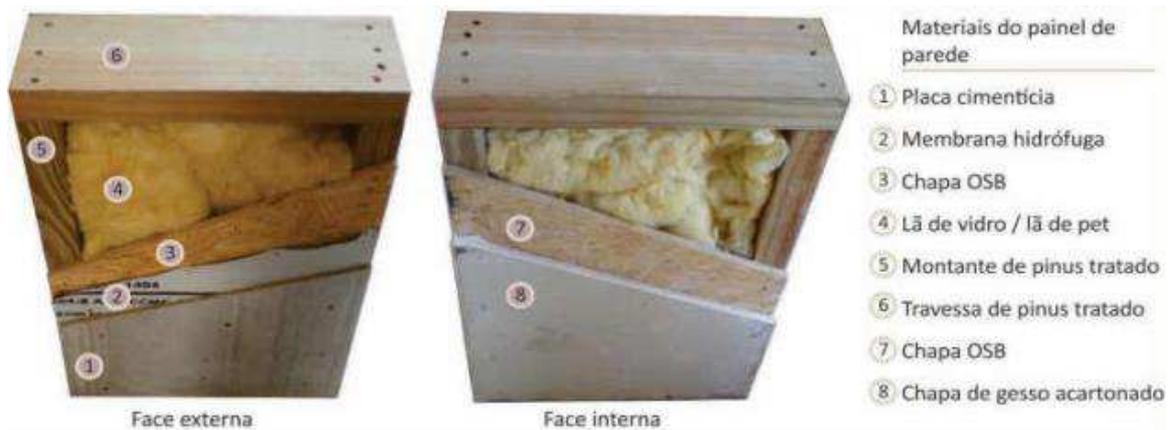
Figura 20 - Quadro estrutural dos painéis utilizados no Wood Frame



Fonte: Ecker e Martins (2014)

Nas paredes internas da edificação devem ser usadas placas de gesso acartonado, e nas paredes externas uma membrana hidrófuga, cuja finalidade é auxiliar na proteção contra a umidade externa e, ao mesmo tempo, permitir a saída do vapor de água de dentro da casa, evitando a acumulação de umidade no local. Devem ser utilizadas, ainda, lã de vidro, lã de pet ou lã de rocha, que auxiliam no isolamento termoacústico (BALEN; PANSERA e ZANARDO, 2016). A composição dos painéis Wood Frame geralmente se dá conforme a Figura 21.

Figura 21 - Composição dos painéis do sistema Wood Frame.



Fonte: Espíndola (2017)

As placas OSB, bastante utilizadas no sistema, têm como função realizar o fechamento do quadro estrutural, são fixadas na madeira autoclavada e trata-se de

um material de grande tecnologia, utilizado em coberturas, contraventamentos lajes e fechamentos internos e externos (LP BRASIL, 2012).

Outro elemento que compõe o sistema são as placas cimentícias. Bastante recomendadas para as áreas externas, são constituídas de CRFS (cimento reforçado com fio sintético) e têm excelente durabilidade, são resistentes a umidade, de fácil manuseio e permitem uma grande variedade de revestimentos. Geralmente são fixadas após a membrana hidrófuga (Figura 22) (REVISTA TÉCNICA, 2010).

Figura 22 - Inserção de placas cimentícias sobre membrana hidrófuga



Fonte: FIEP (2013)

3.8.2.4 Instalações elétricas e hidrossanitárias

De acordo com Rocha e Pereira (2016), os materiais utilizados nas instalações elétricas e hidrossanitárias do sistema Wood Frame são os mesmos do sistema convencional, podendo ser utilizados também sistemas flexíveis como tubos de PEX.

Calil Junior e Molina (2010) explicam que, no tocante as instalações, o que diferencia esse sistema do convencional e o torna mais funcional é que, tanto os eletrodutos quanto as tubulações do sistema hidráulico, podem ser embutidos junto aos montantes, proporcionando maior agilidade e praticidade na manutenção quando necessária.

Segundo Silva (2010), as tubulações e eletrodutos no sistema Wood Frame são instalados no interior dos painéis (Figura 23), devendo ser efetuados previamente todos os furos necessários para a passagem dos componentes. É recomendável que

se evite furar perfis verticais, mas quando houver necessidade, os furos devem respeitar um diâmetro máximo de 1/3 da espessura do montante e todas as conexões/ligações horizontais devem ser realizadas no forro, explica o mesmo autor.

Figura 23 - Instalações elétricas e hidráulicas em painéis Wood Frame



Fonte: Tecverde (2016) e Zanardo (2016)

3.8.2.5. Revestimentos

Conforme Sacco e Stamato (2008), os revestimentos do sistema Wood Frame podem ser de diversos materiais. Na parte externa, pode-se utilizar tanto sidings de madeira (Figura 24), aço ou PVC, desenvolvidos propriamente para o sistema, como também tijolo aparente, argamassa armada ou placas cimentícias, que possuem semelhança com os acabamentos do sistema convencional.

Nas paredes internas podem ser utilizadas placas de gesso acartonado (Figura 25), uma vez que, segundo a Canada Mortgage and Housing Corporation – CMHC (2017), essas partes necessitam de acabamento de aparência mais agradável, como também resistir aos desgastes normais.

Nas áreas molhadas, de acordo com Calil Junior e Molina (2010), recomenda-se a utilização de placas cimentícias com selador acrílico anti-fungo e pintura de resina acrílica pura, sendo necessário o cuidado de utilizar placas de gesso acartonado revestidas com os respectivos revestimentos cerâmicos. Além disso, nas paredes devem ser utilizados sistemas que garantam a estanqueidade de todo o sistema.

Figura 24 - Revestimento externo com sidings de madeira



Fonte: Globalplac (2016) apud Oliveira e Neto (2019)

Figura 25 - Revestimento interno com placas de gesso



Fonte: Rocha e Pereira (2016)

3.8.2.6. Cobertura

A cobertura das edificações no sistema Wood Frame é composta basicamente por treliças industrializadas de madeira, com conectores do tipo chapas de dentes estampados. O espaçamento entre as treliças é variável, podendo ficar entre 60 e 120 cm a depender do tipo de telha utilizado. Podem ser utilizadas telhas metálicas, de fibrocimento e/ou asfálticas. Um exemplo de telha que pode ser utilizado é do tipo *Shingle*, uma telha composta por uma manta asfáltica reforçada de fibra de vidro, revestidas com grãos minerais coloridos; sua utilização demanda um deck de OSB (Figura 26) para servir de base (CALIL JÚNIOR E MOLINA, 2010).

O peso da cobertura, de acordo com Calil Junior e Molina (2010), pode ser reduzido em até 40% com a utilização de treliças industrializadas, pois as seções dos elementos que compõem essas treliças são de pequenas dimensões (3 cm x 7 cm).

Figura 26 - Estrutura de cobertura no sistema Wood Frame



Fonte: Centerplaster (2010)

4. METODOLOGIA

4.1. Metodologia comparativa

Segundo Fachin (2001) o método comparativo consiste em uma investigação e posterior explicação baseada em semelhanças e diferenças. Tal método, permite a análise de dados concretos, deduzindo semelhanças e divergências de elementos e propiciando investigações de caráter indireto.

Bendix (1963) afirma que comparar é uma atividade essencial do processo cognitivo, na busca do entendimento de certos eventos, e Tilly (1964) defende que a estratégia comparativa permite, através da exploração de semelhanças e diferenças, determinar os princípios de variação ou padrões de um fenômeno.

A metodologia comparativa utilizada neste trabalho é baseada nos trabalhos Ferreira (2014) e Melo (2019). Ferreira (2014) comparou os sistemas construtivos industrializados em parede de concreto, Wood Frame e Steel Frame, enquanto Melo (2019) analisou a viabilidade de métodos construtivos alternativos em construções residenciais de médio e alto padrão.

Ambos os autores, através de uma revisão bibliográfica, coletaram dados qualitativos e quantitativos acerca de alguns critérios de avaliação de viabilidade de edificações em diferentes sistemas construtivos, como custo, conforto termoacústico, durabilidade, sustentabilidade, resistência ao fogo, entre outros; e atribuíram notas de desempenho para cada um dos critérios avaliados.

O trabalho de Ferreira (2014) atribuiu notas que variavam de 1 a 4. A nota 1 indicava um desempenho péssimo, a nota 2 desempenho ruim, nota 3 desempenho bom e a nota 4 um excelente desempenho. O trabalho de Melo (2019), por sua vez, atribuiu notas que variavam de 1 a 5, seguindo a mesma lógica, onde a nota mínima indicava baixo desempenho e a nota máxima um ótimo desempenho.

Além das notas atribuídas a cada critério analisado, o trabalho de Ferreira (2014) também atribui pesos que variavam de 0,5 a 2 para cada um desses critérios, enquanto o trabalho de Melo (2019) atribuiu pesos que variavam de 1 a 3. A atribuição desses pesos se justifica pelo fato de que, dependendo do padrão construtivo e do tipo de edificação, alguns critérios podem ser mais relevantes que outros. Por exemplo, para quem pretende construir uma casa de alto padrão o custo da construção pode não ser tão relevante quanto para quem pretende construir uma casa de padrão popular.

Assim, a partir das notas e dos pesos, Ferreira (2014) e Melo (2019) obtiveram uma nota geral de desempenho para cada um dos sistemas construtivos avaliados, através de um cálculo de viabilidade que relaciona as notas e os pesos obtidos em cada parâmetro analisado, dado pela equação 01.

$$V = \frac{(N1 \times P1) + (N2 \times P2) + \dots + (Nm \times Pm)}{P1 + P2 + \dots + Pm} \quad (1)$$

Onde,

V = Viabilidade

N = Nota para o critério avaliado

P = Peso do critério

Assim, baseado nas metodologias de Ferreira (2014) e Melo (2019), este trabalho se propôs a analisar a viabilidade do sistema construtivo Light Wood Frame

(LWF) em comparação ao convencional, com foco na aplicação deste sistema em habitações de interesse social, descrevendo por meio de estudo comparativo, as vantagens e desvantagens de ambos os sistemas.

4.1.2 Escala de pesos

Com relação ao peso dos critérios avaliados, estes foram atribuídos considerando uma escala que varia de 1 a 5, na qual o peso 1 foi atribuído a critérios considerados pouco relevantes, o peso 3 a critérios considerados relevantes e o peso 5 a critérios considerados muito relevantes, conforme a Figura 27.

Figura 27 - Escala de pesos a serem atribuídos aos critérios avaliados



Fonte: elaborado pelo autor (2021)

4.1.3 Escala de notas

Para atribuir notas a cada um dos critérios, foi considerada uma escala que relaciona o desempenho do sistema construtivo, naquele critério avaliado, com notas que variam de 0 a 5, conforme a Figura 28, assim, quando o sistema construtivo teve um péssimo desempenho, a nota atribuída ficou entre 0 e 1, ruim entre 1,1 e 2, regular entre 2,1 e 3, bom entre 3,1 e 4 e excelente entre 4,1 e 5.

Figura 28 - Escala de notas a serem atribuídas aos critérios avaliados



Fonte: elaborado pelo autor (2021)

4.1.4 Critérios avaliados

Os critérios considerados na avaliação do sistema LWF em comparação ao sistema convencional, para HIS, foram os seguintes:

- Custo de construção
- Conforto termoacústico
- Sustentabilidade e aspectos ambientais
- Resistência ao fogo
- Manutenção
- Flexibilidade arquitetônica

4.1.5 Justificativa para os pesos atribuídos

O critério custo de construção foi considerado muito relevante (peso 5), uma vez que, segundo Anversa (2020), as Habitações de Interesse Social são destinadas a pessoas de baixa renda, com objetivo de reduzir o déficit habitacional do país, e o custo tem grande importância.

Com relação ao conforto termoacústico considerou-se esse parâmetro relevante (peso 3), pois a qualidade e eficiência de uma edificação, conforme Arantes e Padilha (2013), não será válida se a construção não atingir sua real função de oferecer aos seus moradores um adequado nível de conforto térmico e acústico; por outro lado, os índices de conforto nas HIS não necessariamente precisam atingir níveis de excelência, mas precisam estar dentro dos valores normatizados.

O quesito sustentabilidade e aspectos ambientais também foi considerado muito relevante (Peso 5) primeiro porque a preocupação com questões ambientais é cada vez maior, e construção civil é um dos setores que mais agridem ao meio

ambiente, tornando necessária a adoção de técnicas que reduzam os impactos e segundo pelo fato de que as HIS são executadas geralmente numa mesma área, e em escala relativamente alta, o que aumenta o impacto ambiental naquela determinada região (CALVI, 2018).

A resistência ao fogo, foi considerada como sendo um quesito muito relevante (Peso 5), pois este parâmetro está associado a segurança patrimonial, ou seja, um acidente poderia acarretar em perdas irreparáveis aos usuários e quanto menor a renda da família, mais significante são as perdas; além disso, situações de incêndio oferecem riscos diretos aos usuários quando expostos a chamas, como queimaduras e inalação severa de fumaça (CASMET, 2019).

A manutenção, por sua vez, será considerada pouco relevante (Peso 1) devido às limitações deste trabalho, que atentou-se tão somente a facilidade de reparos promovido por cada um dos sistemas, além disso, como as HIS são edificações relativamente simples, as manutenções se tornam menos frequentes. Mas é válido frisar que a manutenção das edificações, conforme Villanueva (2015), é de extrema importância, pois sua ausência é responsável por diversas anomalias e patologias.

Outro parâmetro importante é a flexibilidade arquitetônica, especialmente no contexto atual de mudanças constantes, necessidade de adaptabilidade, das novas formas de morar, trabalhar ou estudar (BRAGA e PAIVA, 2016). Todavia, no caso das HIS, mudanças arquitetônicas são menos frequentes e, por esse motivo, esse quesito foi considerado pouco relevante e teve peso 1.

No Quadro 03 pode ser observado um resumo dos pesos atribuídos a cada parâmetro.

Quadro 03 - Resumo: pesos atribuídos aos parâmetros comparativos

Parâmetro	Relevância	Peso
Custo	Muito relevante	5
Conforto Termoacústico	Relevante	3
Sustentabilidade e aspectos amb.	Muito relevante	5
Resistência ao fogo	Muito relevante	5
Manutenção	Pouco Relevante	1

Flexibilidade arquitetônica	Pouco Relevante	1
-----------------------------	-----------------	---

Fonte: elaborado pelo autor (2021)

4.2 Considerações acerca do estudo comparativo

O sistema Wood Frame, como mencionado anteriormente, é um sistema pouco popular no Brasil; por esse motivo, a análise comparativa apresenta certas limitações. Assim, para comparar os dois sistemas foram levadas em conta as seguintes considerações:

No tocante ao comparativo de custos, no qual o tamanho e o padrão da edificação têm influência, os estudos acerca das habitações em Wood Frame, disponível na literatura, nem sempre consideram que essas habitações são de interesse social, por esse motivo, foram levados em conta estudos que avaliaram habitações semelhantes às HIS, como habitações populares e com áreas entre 33 e 60m² (área discutida no tópico 3.1 deste trabalho).

Também é importante destacar, que no comparativo dos custos, foram considerados somente custos diretos, uma vez que os custos indiretos, como por exemplo custos com transporte de materiais, são difíceis de serem estimados, devido à ausência de empresas ou indústrias que trabalhem com esse sistema, o que dificulta a determinação dos locais de onde esses materiais ou componentes do sistema viriam, e conseqüentemente os custos.

Alguns dos critérios avaliados não consideram o tipo de edificação, o que de fato caracterizou o estudo como sendo voltado a Habitações de Interesse Social (HIS) foram os pesos atribuídos aos parâmetros avaliados, uma vez que para as HIS, alguns parâmetros têm mais relevância que outros.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.2. Custo

O Trabalho de Oliveira *et al* (2019) comparou os sistemas construtivos Wood Frame e alvenaria convencional e concluiu que uma moradia popular construída em

Wood Frame é 10% mais barata que pelo método convencional, sendo, portanto, um sistema economicamente viável e competitivo em relação ao método tradicional. Os gastos com a mão de obra são os mais expressivos, uma vez que no sistema Wood Frame a mão de obra se torna mais barata devido a agilidade de construção e por se tratar de um processo mais industrializado, no qual parte dos componentes já chegam à obra montados.

Os custos identificados pelo trabalho de Oliveira *et al* (2019) estão apresentados na Tabela 01, através da qual nota-se que, em relação ao custo dos materiais, houve uma redução de cerca de 13% em comparação ao sistema convencional, enquanto os custos com mão de obra e equipamentos ficaram, respectivamente, em torno de 50 e 56% menor no Wood Frame.

Tabela 01 - Custos diretos dos sistemas alvenaria convencional e Wood Frame

	ALVENARIA CONVENCIONAL	WOOD FRAME
EQUIPAMENTO	R\$ 2.456,79	R\$ 1.092,89
MÃO DE OBRA	R\$ 21.688,57	R\$ 10.073,73
MATERIAL	R\$ 44.148,49	R\$ 50.598,95

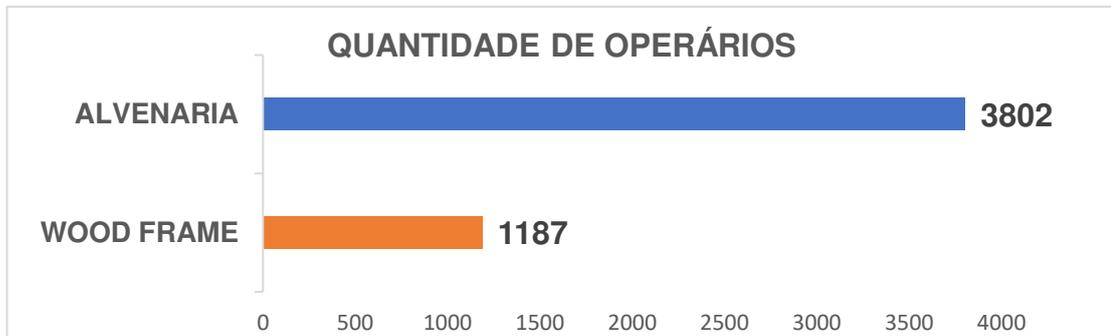
Fonte: adaptado de Oliveira *et al* (2019)

Ferreira (2013), defende que um ponto favorável a adoção do sistema Wood Frame é o custo, fator muito significativo para habitações populares, como as do Minha Casa Minha Vida - MCMV. Segundo o autor, levantamento feito por empresas que atuam no setor de construções industrializadas concluem que o custo de uma residência térrea de 45m² é aproximadamente 10% menor quando comparada com a mesma unidade habitacional executada por meio do sistema convencional. A matéria prima no Wood Frame pode ser mais cara, mas acaba sendo compensada pela redução de custos com operários e pode representar uma redução de até 50%, explica o mesmo autor.

Ecker e Martins (2014) demonstraram expressiva redução na quantidade de operários necessários para a execução de uma residência em Wood Frame ao realizarem uma simulação para comparar a quantidade de funcionários necessários

para a construção de um conjunto habitacional contendo 339 residências de 50m² no período de 12 meses.

Grafico 01 - Quantidade de operários necessários para execução de um conjunto habitacional em um ano



Fonte: adaptado de Ecker e Martins (2014)

No gráfico, é possível perceber uma redução de cerca de 70% no número de funcionários necessários para execução do conjunto habitacional, durante o período de um ano, caso o sistema escolhido fosse Wood Frame.

Souza (2013) analisou uma residência unifamiliar de 51m² e concluiu que os custos do sistema LWF são, aproximadamente, 12,5% menores que a alvenaria convencional, os valores obtidos no estudo da autora foram os seguintes:

Tabela 02 - Custos Diretos dos sistemas alvenaria convencional e Wood Frame

	ALVENARIA CONVENCIONAL	WOOD FRAME
PROJETOS	R\$ 5.505,00	R\$ 5.505,00
MÃO DE OBRA	R\$ 15.300,00	R\$ 9.180,00
MATERIAL	R\$ 38.015,00	R\$ 34.388,00

Fonte: adaptado de Souza (2013)

Silva *et al* (2016), por sua vez, identificou um valor de redução mais discreto ao comparar o custo do processo construtivo de uma habitação popular de 33m². Segundo os autores, os custos finais e o preço do m² para a residência estudada, foram os seguintes:

Tabela 03 - Custos Diretos dos sistemas alvenaria convencional e Wood Frame

SISTEMA	VALOR FINAL DA CASA	VALOR DO m ²
ALVENARIA	R\$27.201,24	R\$824,28
WOOD FRAME	R\$25.819,08	R\$782,39

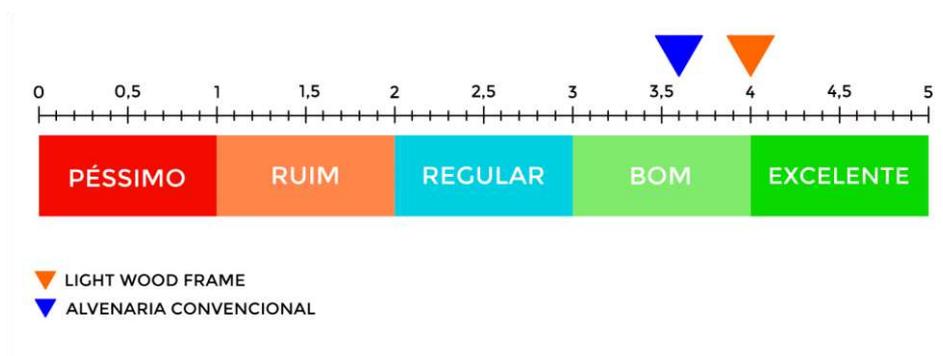
Fonte: adaptado de Silva *et al* (2016)

O valor final da residência, caso a mesma fosse construída por meio do sistema LWF, ficou aproximadamente 5% menor, quando comparado ao valor do sistema convencional.

5.2.1 Atribuição de nota ao critério custo

Os dados coletados mostraram, dentro das limitações das análises e das variações, que o custo direto total para construção de uma habitação popular com área entre 33 e 50m² deve ficar em torno de 10% menor caso o sistema construtivo adotado, seja o LWF, então ambos os sistemas foram considerados como bons no critério custo, ficando o LWF com **nota 4,0** e o sistema convencional com nota 10% menor (**nota 3,6**) mantendo, assim, uma proporcionalidade das notas em relação aos custos apresentados.

Figura 29 - Notas atribuídas ao critério custo



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

5.3 Conforto termoacústico

Brauhardt (2016) analisou o desempenho térmico de vedações verticais (paredes), e seu potencial para habitações de interesse social, para quatro tipos de configuração de paredes: painel em Wood Frame com câmara de ar não ventilada, painel em Wood Frame com núcleo em lã de vidro, painel em Wood Frame com núcleo em lã de vidro e câmara de ar não ventilada e parede de alvenaria com tijolo cerâmico, para realizar uma comparação das características térmicas realizando o cálculo das propriedades térmicas dos materiais, observadas na normalização brasileira.

Para Wood Frame as paredes foram desenhadas com uma altura de 1500mm e espessura de 135mm. Para a Alvenaria convencional blocos de 9x14x24cm, espessura do reboco de 2,5 cm, espessura da argamassa de assentamento de 1cm. Os valores encontrados por Brauhardt (2016) podem ser observados na Figura 30.

Figura 30 - Cálculo das propriedades térmicas de vedações verticais analisadas por Brauhardt (2016)

Vedação	Resistência Térmica (W/m ² K)	Transmit. Térmica (KJ/m ² k)	Capacidade Térmica (KJ/m ³ k)	Fator Solar (%)	Atraso Térmico (h)
Alv.	0,405	2,468	169,163	2,962	3,478
W1	0,555	1,8	54,511	2,16	2,678
W2	1,541	0,649	26,712	0,778	3,008
W3	2,069	0,483	27,006	0,58	3,574

Alv. =	Alvenaria com blocos cerâmicos
W1 =	Wood Frame com câmara de ar não ventilada
W2 =	Wood Frame com lã de vidro e câmara de ar não ventilada
W3 =	Wood Frame com lã de vidro

Fonte: Brauhardt (2016)

De modo geral, Brauhardt (2016) concluiu, a partir do cálculo das propriedades térmicas das vedações verticais, que os painéis do sistema Wood Frame tiveram um bom desempenho térmico frente à alvenaria, especialmente no quesito resistência e transmitância térmica. Para o autor, como a madeira possui baixa condutividade térmica, a utilização de componentes adicionais como câmaras de ar e isolantes térmicos como a lã de vidro, reduzem ainda mais a passagem de calor em comparação à alvenaria. O autor acredita que o Wood Frame pode ser sim uma opção

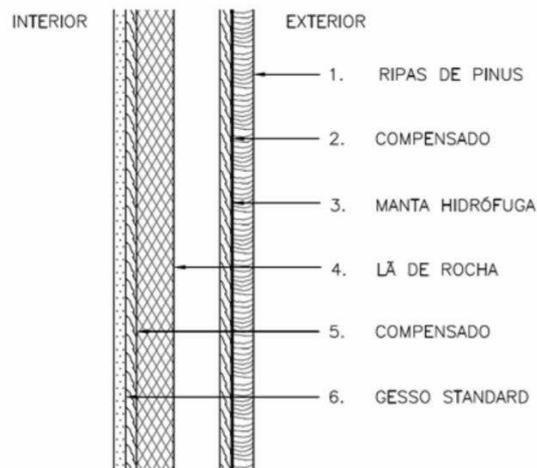
viável na produção de habitação social, por ser um sistema consolidado em países de primeiro mundo.

A empresa Tecverde (2016) realizou um monitoramento térmico em duas habitações similares (com área menor que 50m²) e com orientação solar idêntica, sendo uma das edificações construída com o sistema LWF e a outra através do sistema convencional. Sua conclusão foi que, para uma temperatura externa de 40°C, as temperaturas internas foram de 27°C na habitação em alvenaria e 23°C habitação em Wood Frame. Por outro lado, para uma temperatura externa menor, de 10°C, as temperaturas internas foram de 17 °C e 22°C no sistema convencional e no LWF, respectivamente.

Conterno *et al* (2016) aplicou um questionário a estudantes brasileiros que residiram por um período de tempo nos Estados Unidos através do programa ciência sem fronteiras, em cidades com climas mais extremos, e que utilizaram habitações em Wood Frame. Os autores perguntaram aos estudantes, entre outras questões, qual o nível de satisfação dos usuários em relação ao conforto térmico. Os resultados demonstraram que o nível de satisfação dos usuários do sistema Wood Frame é alto tanto no verão, com 90% dos usuários satisfeitos a parcialmente satisfeitos, como no inverno, com 96% dos usuários satisfeitos a parcialmente satisfeitos.

Com relação ao conforto acustico, Murari, Pablos e Stamato (2017) avaliaram uma habitação popular em Wood Frame, localizada em um condomínio de casas, na cidade de São Carlos-SP, cuja vedação vertical externa é composta por montantes de madeira pinus com seção de 38x90mm, revestida em ambos as faces por chapas de compensado de 12mm de espessura, e internamente por placas de gesso acortanado com 12,5mm de espessura, manta hidrófuga e ripas de pinus sp. com 22mm de espussura. Na Figura 31 está demonstrado um corte esquemático da estrutura avaliada pelos autores.

Figura 31 - Corte esquemático da vedação vertical externa avaliada



Fonte: adaptado de Murari, Pablos e Stamato (2017)

Ao realizarem ensaios de isolamento acústico da vedação vertical externa (fachada + cobertura), de uma habitação recém construída e localizada em um ambiente que pode ser considerado como classe de ruído I, uma vez que se encontra afastada de fontes de ruído intenso como aeroportos, área de eventos, parques, rodovias, etc, Murari, Pablos e Stamato (2017) chegaram aos seguintes resultados através de ensaio em campo:

Quadro 04 - Níveis de desempenho de vedação vertical externa medidos através de ensaios em campo

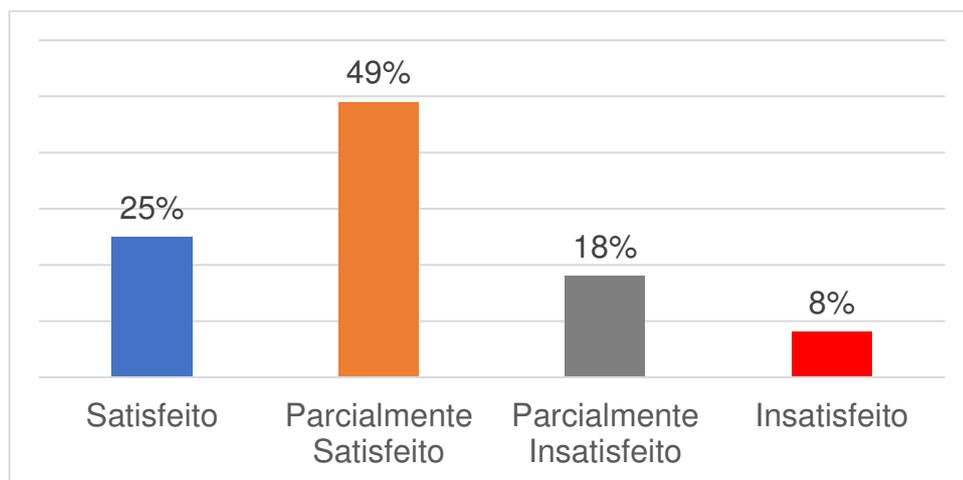
Frequências (Hz)	Classe de ruído	D _{2m,nT,w} (db)	Nível de desempenho
Aguda	I	47,1	S
Média	I	40,6	S
Grave	I	31,6	S

Fonte: adaptado de Murari, Pablos e Stamato (2017)

Conforme o Quadro 04, o nível de desempenho da vedação vertical analisada por Murari, Pablos e Stamato (2017), mostrou-se superior em todas as faixas de frequências consideradas, para habitações distantes de fontes de ruído intenso (classe I) e, mesmo para habitações sujeitas a ruído intenso (classe III), o nível de desempenho seria superior para as faixas aguda e média, e obteria desempenho médio para faixa de frequência grave.

Conterno *et al* (2016), em seu questionário aplicado a estudantes brasileiros, também perguntou aos estudantes, entre outras questões, qual o nível de satisfação dos usuários em relação ao conforto acústico. A maioria dos usuários também se mostram satisfeitos a parcialmente satisfeitos, embora, a maioria tenha alegado uma satisfação parcial, conforme o Gráfico 02.

Gráfico 02 – Níveis de satisfação com o conforto acústico

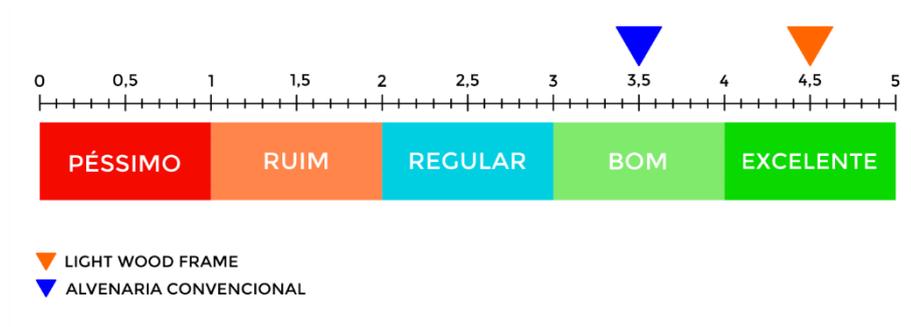


Fonte: adaptado de Conterno *et al* (2016)

5.3.1 Atribuição de nota ao critério conforto termoacústico

A partir dos trabalhos mencionados, o desempenho termoacústico foi considerado, dentro da escala qualitativa, excelente para o sistema Wood Frame, enquanto para o sistema alvenaria convencional foi considerado bom, uma vez que os autores concordam em relação a superioridade do LWF. Em relação as notas, ao LWF foi atribuída a **nota 4,5** e à alvenaria convencional a **nota 3,5**, notas intermediárias dentro das categorias “excelente” e “bom”, conforme a Figura 32.

Figura 32 - Nota atribuída ao critério conforto termoacústico



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

5.4 Sustentabilidade e aspectos ambientais

O Estudo de Pinto (1999) revelou que a massa (conjunto de materiais) consumida na execução de edificações pelo sistema convencional é algo em torno de 1.200 kg/m², sendo 25% deste valor o percentual de perda média de materiais em relação à massa levada ao canteiro, o que significa que a cada metro quadrado construído são gerados 300 quilos de resíduo/ desperdício.

Santos *et al* (2016) analisaram o consumo de água e a geração de resíduos para construção de 01 residência de 37,8m² de padrão popular, tanto pelo sistema construtivo em Wood Frame quanto pelo sistema alvenaria convencional. Eles concluíram que o consumo de água no Wood Frame é aproximadamente 24% menor em relação ao convencional. Para uma unidade construída pelo sistema Wood frame foi utilizado 1.270,08 l de água, enquanto no convencional o consumo foi de 1.669,50 l. Em relação a geração de resíduos, enquanto 01 unidade habitacional construída pelo Wood Frame gerou um volume de 0,65m³ de resíduos, a unidade construída pelo método convencional gerou 6,50m³.

Outro aspecto a ser analisado é o consumo global de matéria prima. Istchuk, Silva e Miotto (2017) analisaram uma residência de 50m², de padrão popular, para comparar o consumo de materiais nos sistemas Wood Frame e sistema convencional. Em seu trabalho, os autores concluíram que a principal diferença entre os dois sistemas está relacionada ao consumo global de matérias-primas. O sistema convencional utiliza aproximadamente 52,8 toneladas de materiais para construção

de uma residência no padrão analisado, enquanto o sistema Wood Frame consome apenas 6,1 toneladas.

A empresa Tecverde (2019), afirma que o Wood Frame é o Sistema construtivo que utiliza a menor energia em todo o ciclo de vida e que gera menor impacto ambiental, além de ser o que gera menor quantidade de resíduos sólidos.

Castelar (2017) analisou os impactos ambientais causados na edificação de uma residência de 44,30m², localizada na cidade de Florianópolis – SC. A análise foi feita levando-se em conta quatro parâmetros: Energia Incorporada (MJ) e Emissão de CO₂ na produção (Kg), Energia consumida no transporte (MJ) e Emissão de CO₂ no transporte (Kg). Os materiais analisados foram: concreto, aço laminado-CA e blocos cerâmicos na alvenaria convencional, e para Wood Frame, placas OSB (1,11x119,7x271,7) cm, madeira e gesso (1,25x59,7x271,7) cm. Os resultados obtidos podem ser observados na Figura 33.

Figura 33 - Comparação de impactos ambientais na produção e transporte de materiais

Análise Ambiental					
SISTEMA ANALISADO		PRODUÇÃO DO MATERIAL		TRANSPORTE DO MATERIAL	
Item	Sistema	EI - Energia Incorporada (MJ)	CO ₂ (Kg)	Energia Gasta (MJ)	CO ₂ (Kg)
1	Sistema Convencional	65.702,73	26.053,06	1.539,26	113,91
2	Light Wood Frame	10.823,86	2.562,01	1.391,31	102,96

Fonte: Castelar (2017)

Como é possível observar na Figura 34, enquanto sistema convencional consumiu 65.702, 73 MJ de energia para produção dos materiais, o sistema Wood Frame consumiu apenas 10.823, 86, uma redução de mais de 80%. Com relação a emissão de CO₂, a redução no sistema Wood Frame em relação ao convencional foi de mais de 90%. No transporte dos materiais, tanto a energia gasta quanto a emissão de CO₂ foi relativamente semelhante entre os sistemas, com variação pequena.

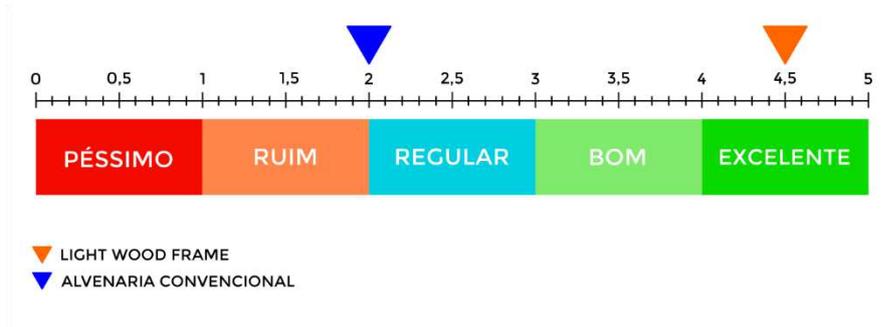
Para Spaniol (2018) o sistema convencional exige exploração de uma vasta área vegetativa o que resulta em alterações da paisagem, o que não acontece no sistema Wood frame. Além disso, o sistema de alvenaria também gera, em seu processo de fabricação, ações que comprometem o meio ambiente durante a fabricação de materiais, devido a queima necessária no processo. Mas o sistema Wood frame também pode causar danos ao meio ambiente, devido ao baixo rendimento da madeira, tendo, porém, desperdício menor na fabricação dos painéis, (SPANIOL, 2018).

Outro ponto importante a ser destacado, é de onde vem a madeira para construção de casas em Wood Frame. Para Molina e Calil (2015) a madeira utilizada é proveniente de reflorestamento, o que não promove desmatamento. Além disso, a indústria de reflorestamento no Brasil é uma das mais competitivas do mundo, havendo enorme disponibilidade de áreas para reflorestamento no país.

5.4.1 Atribuição de nota ao critério sustentabilidade e aspectos ambientais

De modo geral o sistema LWF pode ser considerado excelente no quesito sustentabilidade e impactos ambientais, uma vez que este método construtivo está entre os menos agressivos ao meio ambiente, não só em relação ao sistema tradicional, mas em relação a outros sistemas. Por outro lado, a alvenaria, como demonstrado nos trabalhos apresentados, não teve um desempenho satisfatório sendo o sistema que mais causa impactos ao meio ambiente; assim, foi considerado um sistema ruim a regular neste quesito. Portanto, a **nota** atribuída ao sistema LWF foi **4,5**, e a alvenaria **nota 2,0**.

Figura 34 - Notas atribuídas ao critério sustentabilidade e aspectos ambientais



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

5.5 Resistência ao fogo

Conforme Beier *et al* (2017) a alvenaria convencional possui excelente resistência ao fogo, enquanto o sistema Wood Frame é capaz de atender satisfatoriamente todos os requisitos normatizados quanto a segurança ao fogo.

Alves e Ponciano (2018) ressaltam que os sistemas construtivos em madeira, por utilizarem uma matéria prima natural, estão mais suscetíveis ao fogo, enquanto o sistema convencional pode ser considerado excelente quanto a resistência mecânica ao fogo.

Para Chaves e Aragão (2019), mesmo sendo um material inflamável, as peças estruturais de madeira apresentam certo desempenho a altas temperaturas, sendo, inclusive, melhor que outros materiais. A carbonatação superficial das peças acabam gerando uma espécie de “barreira de isolamento térmica”. E como a madeira é um mau condutor de calor, a temperatura interna aumenta de forma mais lenta, enquanto outros materiais como o aço, por exemplo, já teriam entrado em colapso (escoamento), mesmo não sendo inflamável.

Para Maso (2017) os blocos cerâmicos possuem excelente comportamento contra o fogo, enquanto o sistema Wood Frame, apresenta um comportamento satisfatório, atendendo ao Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF), que é estabelecido na NBR 14432:2001: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimentos (ABNT, 2001).

Conforme Cardoso (2015), por se tratar de um material natural, a madeira está propensa ação do fogo, possuindo, em geral, baixa resistência, entretanto, essa

desvantagem pode ser contornada através de tratamento químico e procedimentos construtivos adequados, tornando o LWF uma estrutura durável.

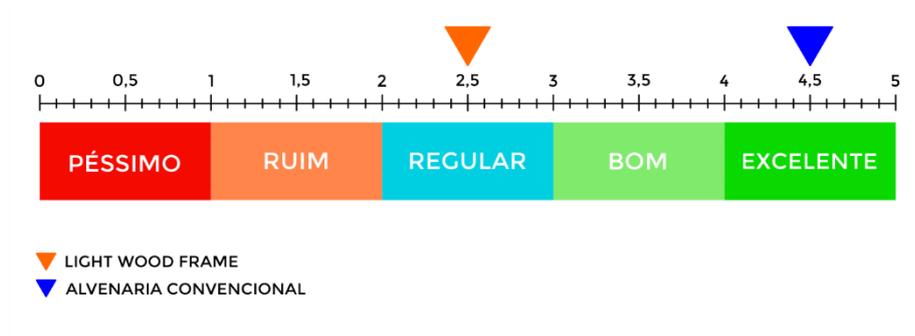
Para a empresa Tecverde (2019), de maneira geral, estruturas de madeira apresentam um bom desempenho quando submetidas a incêndios em comparação a outros materiais como o aço e o concreto. Estudos e ensaios sobre o tema revelaram que os elementos estruturais de madeira, quando submetidos ao fogo, carbonizam primeiramente sua área externa, enquanto o seu interior permanece intacto. Mas, a empresa salienta que é importante que os usuários sigam as orientações descritas quanto ao uso, operação e manutenção do imóvel.

A empresa Tecverde (2019), ainda destaca que as condições que devem ser atendidas pelos elementos estruturais que compõem a edificação são definidas pela NBR 15575:2013 por instruções técnicas elaboradas pelos Corpos de Bombeiros estaduais e pela NBR 14432:2001 (Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos), e que na maioria dos casos, o sistema LWF atende de maneira satisfatória os valores estabelecidos por essas normas.

5.5.1 Atribuição de nota ao critério resistência ao fogo

Quanto à resistência ao fogo, houve concordância entre os autores de que a madeira, devido a sua inflamabilidade, e por se tratar de um material natural, está mais suscetível a danos quando submetida a altas temperaturas. Porém, seu comportamento frente a ação do fogo é satisfatório, e atende as normas. A alvenaria convencional, por outro lado, possui excelente resistência ao fogo, uma vez que os materiais que a compõe não são, em geral, inflamáveis. Dessa forma, no quesito resistência ao fogo, a alvenaria convencional foi considerada um excelente sistema construtivo, com **nota 4,5**, enquanto o sistema LWF foi considerado regular, obtendo **nota 2,5**.

Figura 35 - Notas atribuídas ao critério resistência ao fogo



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

5.6 Manutenção

Para Verdério e Bertuzzo (2018) no sistema Wood Frame a manutenção pode ser feita de forma prática e rápida, as posições das instalações elétricas e hidráulicas, por exemplo, podem vir marcadas de fábrica, gerando menos resíduos e aumentando a produtividade na obra. Na alvenaria convencional, se não houver uma análise cuidadosa das instalações, as alterações se tornarão mais difíceis, uma vez que após o fechamento com revestimento é necessário quebrar alvenarias ou pisos para efetuar a manutenção, o que acarretará em grande geração de resíduos.

O Centro Brasileiro De Construção Em Aço - CBCA (2016) também afirma que consertar um problema no sistema convencional costuma demorar mais, especialmente se o problema não puder ser localizado tão facilmente, e necessita da quebra das paredes, o que gera resíduos, poeira e transtornos aos moradores. Além disso, após a finalização do conserto, é necessário fazer novamente o acabamento (revestimentos).

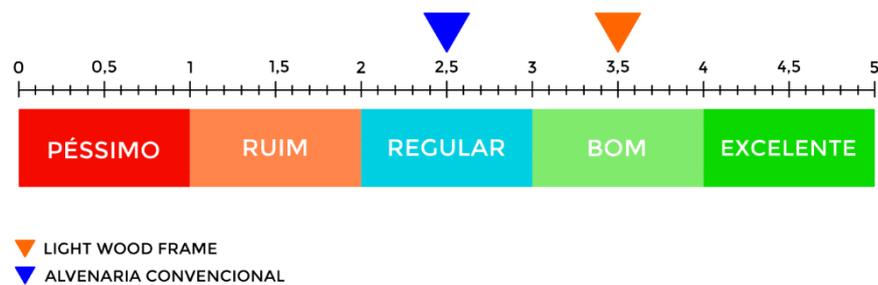
Refkalefsky (2021) destaca que uma das desvantagens do sistema LWF no tocante a manutenção é justamente o fato de que nesse sistema existe uma necessidade maior de ficar atento a necessidade de reparos, uma vez que um vazamento de água no sistema hidráulico por exemplo, pode comprometer a estrutura de madeira e ocasionar o aparecimento de fungos ou outros tipos de degradação biológica.

Outro aspecto importante referente a manutenção é o custo. Brüggemann (2017) analisou o custo global de uma residência ao longo de uma vida útil de 50 anos e concluiu que os custos com manutenção são em torno de 53% maiores no sistema convencional, quando comparados ao Wood Frame. Entretanto, Brüggemann (2017) esclarece que seus valores podem não representar integralmente a realidade, uma vez que a obtenção de dados é complexa, existe pouca bibliografia e os dados podem apresentar elevada variabilidade entre diferentes edificações.

5.6.1 Atribuição de nota ao critério manutenção

Os trabalhos destacaram que o sistema LWF é mais prático e rápido quando necessário manutenção ou reparos, uma vez que não é preciso a quebra dos painéis, enquanto a alvenaria convencional pode apresentar lentidão, uma vez que necessita da quebra das paredes, gerando resíduos, poeira e transtornos, além da necessidade de posterior acabamento (revestimentos). Dessa forma, o Wood Frame foi considerado bom quanto a reparos e manutenção, e teve **nota 3,5**, não atingindo a excelência por exigir mais atenção que o convencional, enquanto o sistema convencional foi considerado regular e terá **nota 2,5**.

Figura 36 - Notas atribuídas ao critério manutenção



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

5.7 Flexibilidade arquitetônica

Para Espíndola (2017) o sistema Wood Frame é método construtivo bastante recomendado pois, além de promover agilidade, precisão, controle e possuir

montagem simples, é um sistema muito flexível em termos arquitetônicos, que permite um alto grau de personalização. Comparado ao sistema convencional, o uso de painéis do LWF pode gerar mais arranjos, variabilidade e promover composições espaciais adaptáveis às necessidades.

Allen e Thallon (2011), também veem o sistema Wood Frame como detentor de grande flexibilidade construtiva, uma vez que pode ser empregado na construção de edificações simples retangulares, cilíndricas ou mesmo telhados com formas variadas.

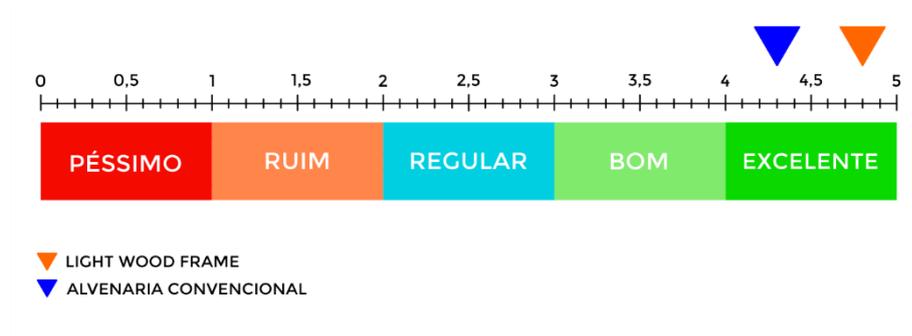
Para Bastos (2014), o sistema convencional é positivo quanto a aspectos arquitetônicos, mencionando a trabalhabilidade do concreto, material bastante utilizado no método convencional, como um grande ponto positivo, pois este material, quando fresco, pode assumir qualquer forma.

Chaves e Aragão (2019) também concordam que, em termos arquitetônicos, o sistema convencional também é bastante flexível, uma vez que apresenta facilidade de adaptação a diferentes formas e volumes, aceita diferentes sistemas de revestimento e permite a compatibilização com projetos complementares.

5.7.1 Atribuição de nota ao quesito flexibilidade arquitetônica

Quanto aos aspectos arquitetônicos, e baseado nos trabalhos apresentados, é conclusivo que ambos os sistemas, tanto convencional quanto Wood Frame, são excelentes métodos construtivos e permitem variados arranjos espaciais, modificações e adaptações conforme as necessidades. Assim, ambos os sistemas foram considerados excelentes neste quesito, tendo o LWF uma nota um pouco superior (**4,8**) devido a agilidade, precisão, controle e possuir uma montagem mais simples que o sistema convencional, que teve **nota 4,3**.

Figura 37 - Notas atribuídas ao critério flexibilidade arquitetônica



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

5.8 Cálculo da viabilidade

Conforme descrito na metodologia, o cálculo da viabilidade inclui as notas e os pesos atribuídos a cada um dos critérios avaliados. Tais valores estão resumidos no quadro 06:

Quadro 06 – Notas e pesos atribuídos aos critérios de avaliação

Critério	Sistema convencional	Wood Frame	Peso
Custo	3,6	4,0	5
Conforto termoacústico	3,5	4,5	3
Sust. e aspectos ambientais	2,0	4,5	5
Resistência ao fogo	4,5	2,5	5
Manutenção	2,5	3,5	1
Flexibilidade arquitetônica	4,3	4,8	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

A partir das notas e dos pesos, foi aplicada a fórmula da viabilidade, dada pela expressão:

$$V = \frac{(N1 \times P1) + (N2 \times P2) + \dots + (Nm \times Pm)}{P1 + P2 + \dots + Pm}$$

Assim, a viabilidade do sistema convencional (V_{sc}) foi:

$$V_{sc} = \frac{(3,6 \times 5) + (3,5 \times 3) + (2,0 \times 5) + (4,5 \times 5) + (2,5 \times 1) + (4,3 \times 1)}{5 + 3 + 5 + 5 + 1 + 1}$$

$$\underline{V_{sc} = 3,4}$$

A viabilidade do Sistema Wood Frame (V_{swf}), por sua vez, foi:

$$V_{swf} = \frac{(4,0 \times 5) + (4,5 \times 3) + (4,5 \times 5) + (2,5 \times 5) + (3,5 \times 1) + (4,8 \times 1)}{5 + 3 + 5 + 5 + 1 + 1}$$

$$\underline{V_{swf} = 4,0}$$

Portanto, o sistema convencional obteve **média 3,4**, enquanto o sistema Wood Frame obteve **média 4,0**, uma média relativamente mais alta em comparação a obtida pelo método tradicional. O que demonstra que, dentro das limitações da análise comparativa, o sistema Wood Frame é consideravelmente mais viável que o sistema convencional para Habitações de Interesse Social, para as quais critérios como custo, sustentabilidade, resistência ao fogo e conforto termoacústico foram considerados relevantes ou muito relevantes.

6. CONCLUSÃO

O sistema Wood Frame obteve destaque nos quesitos conforto termoacústico (justificado pela utilização de materiais como câmaras de ar e isolantes térmicos como a lã de vidro, que reduzem mais a passagem de calor em comparação à alvenaria), sustentabilidade e aspectos ambientais, especialmente por se tratar de um processo industrializado, que reduz largamente a geração de resíduos sólidos, consumo de água e emissão de gases poluentes; e também no quesito flexibilidade arquitetônica, pelo uso de painéis que podem gerar mais arranjos, variabilidade e promover composições espaciais adaptáveis às necessidades.

O sistema convencional, por sua vez, obteve mais destaque no quesito resistência ao fogo (uma vez que os materiais que compõe este sistema não são, em geral, inflamáveis), e também no quesito flexibilidade arquitetônica, pois o concreto foi considerado um material de alta trabalhabilidade, podendo assumir formas variáveis.

Com relação aos piores desempenhos, a menor nota do sistema Wood Frame foi no quesito resistência ao fogo, uma vez que a madeira, principal componente do sistema, é um material natural e necessita de tratamentos químicos. O Sistema convencional teve pior desempenho no quesito sustentabilidade e aspectos ambientais e também no quesito manutenção, principalmente pelos altos volumes de resíduos gerados, tanto na construção, como também na manutenção de instalações, que costuma necessitar de quebras de paredes e/ou outros componentes.

O quesito custo, que foi considerado muito relevante para habitações de interesse social, teve notas relativamente próximas em ambos os sistemas, mas o sistema Wood Frame demonstrou ter valor em torno de 10% mais barato que o convencional.

De maneira geral, desconsiderando o fato de que é um sistema pouco popular no país (o que interfere na viabilidade), o sistema Wood Frame demonstrou um bom potencial para aplicação em habitações de interesse social; e pelo fato dessas habitações serem geralmente construídas em escala maior e financiadas pelo governo, adoção deste tipo de sistema, especialmente por parte do poder público, serviria de incentivo a adoção do mesmo.

Por fim, é importante reforçar que, buscar estudar e adotar novos sistemas construtivos, pode trazer benefícios significativos para o setor de construção civil do país, como a redução do tempo e aumento da produção de habitações, menores impactos ao meio ambiente e maior conforto aos usuários, além de implicar na melhoria de indicadores ligados à habitação e moradia, mas também de questões sociais e econômicas, uma vez que a construção civil está ligada a todos esses fatores.

7. REFERÊNCIAS

ABIKO, A. K. **Introdução a gestão ambiental**. São Paulo, EPUSP, 1995. Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/12. Disponível em: http://www.pcc.poli.usp.br/files/text/publications/TT_00012.pdf. Acesso em: 20 set. 2021.

ALLEN, E.; THALLON, R. **Fundamentals of Residential Construction**. Hoboken, NJ: John Wiley&Sons, ed. 3, 2011, 688p.

ALLEN, E.; THALLON, R.; SCHREYER, A. **Fundamentals of Residential Construction**. 4. ed. [S.l]: Wiley, 2017. 688 p.

ALMEIDA, A. P. de. **Sistemas construtivos**. 2020. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/simple-search?filterquery=CIENCIAS+EXATAS+E+DA+TERRA&filtername=cnpq&filtertype>equals>. Acesso em: 28 ago. 2021.

ALVES, B. S.; PONCIANO, T. C. **Comparativo de viabilidade entre os sistemas construtivos Wood Frame e alvenaria convencional para residências de pequeno porte na região do médio Piracicaba**. 2018. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Rede de Ensino Doctum, João Monlevade, 2018. Cap. 5. Disponível em: https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/2040/1/COMPARATIVO%20DE%20VIABILIDADE%20ENTRE%20OS%20SISTEMAS%20CONSTRUTIVOS%20WOOD%20FRAME%20E%20ALVENARIA%20CONVENCIONAL%20PARA%20RES_1.pdf. Acesso em: 10 jul. 2021.

AMBERGO INSTRUMENTS FOR LIFE. **Fonte Sonora Omnidirecional FP122 – CESVA**. 2018. Disponível em: <https://ambergo.pt/produtos/acustica/fonte-sonora-omnidirecional-fp122-cesva/>. Acesso em: 30 ago. 2021.

ANDRADE, G. V. M. **Políticas habitacionais brasileiras: uma avaliação do programa minha casa minha vida em suas duas edições**. 2012. 86 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Campina Grande, Rio de Janeiro, 2012. Cap. 4. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10004918.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2021.

ANDREOLLI, S. **Avaliação do desempenho térmico de edificações em contêiner**. 2017. 79 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2017. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1636/1/2017SamaraAndreolli.PDF>. Acesso em: 27 ago. 2021.

2F%2Fdocs.google.com%2Fviewer%3Fa%3Dv%26pid%3Dsites%26srcid%3DZGVMYXVsdGRvbWfPbnw0NWF0dXJtYWVuZ2VuaGFyaWFjaXZpbHVuaWZIYnxneDoyMDk4MTQ2ZmRINDQ2Mjk4&usg=AOvVaw1dfCKkcRao_mi2M62K6Yil. Acesso em: 06 set. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14432**: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento. 1 ed. Rio de Janeiro: Copiright, 2001. 14 p. Disponível em: https://www.academia.edu/38576918/NBR_14432_Exig%C3%AAsncias_de_resist%C3%AAncia_ao_fogo_de_elementos_construtivos_de_edifica%C3%A7%C3%B5es_Procedimento. Acesso em: 02 set. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt Editora, 2005. 40 p. Disponível em: <https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/27316/nbr15220-2-desempenho-termico-de-edificacoes-parte-2-metodo-de-celulo-da-transmitancia-termica-da-capacidade-termica-do-atraso-termico-e-do-fator-solar-de-elementos-e-componentes-de-edificacoes>. Acesso em: 27 jun. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edifícios Habitacionais de até 5 pavimentos - Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais. 1 ed. Rio de Janeiro: Copiright, 2013. 71 p. Disponível em: https://360arquitetura.arq.br/wp-content/uploads/2016/01/NBR_15575-1_2013_Final-Requisitos-Gerais.pdf. Acesso em: 02 set. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-2**: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt Editora, 2013. 32 p. Disponível em: [http://www.asser.edu.br/rioclaro/biblioteca/docs/engenhariacivil/nbr_155752_2013_final%20sistemas%20estruturais\[1\].pdf](http://www.asser.edu.br/rioclaro/biblioteca/docs/engenhariacivil/nbr_155752_2013_final%20sistemas%20estruturais[1].pdf). Acesso em: 10 jul. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt Editora, 2013. 57 p. Disponível em: https://360arquitetura.arq.br/wp-content/uploads/2016/01/NBR_15575-4_2013_Final-Sistemas-de-veda%C3%A7%C3%B5es-verticais-internas-e-externas.pdf. Acesso em: 28 ago. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. 1 ed. Rio de Janeiro: Copiright, 2012. 25 p. Disponível em: <http://www.macedoadministradora.com.br/arquivos/leis/Norma%20ABNT%20NBR%205674.pdf>. Acesso em: 02 set. 2021.

BAETA, A. P. **Orçamento e controle de preços de obras públicas**. São Paulo: Pini, 2012. 460 p. Disponível em: <https://docplayer.com.br/28871078-Andre-pachioni-baeta.html>. Acesso em: 25 ago. 2021.

BALEN, E.; PANSERA, R. D.; ZANARDO, R. L. de. Wood frame – Busca por sustentabilidade. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS, 5., 2016, Passo Fundo. **Anais [...]**. Passo Fundo: Imed, 2016. v. 1, p. 1-6. Disponível em: https://www.imed.edu.br/Uploads/5_SICS_paper_19.pdf. Acesso em: 09 set. 2021.

BASTOS, P. S. dos S. **Fundamentos do concreto armado**. 01 aug. 2006, 01 dec. 2006. 98 p. Notas de Aula. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/FUNDAMENTOS.pdf>. Acesso em: 05 set. 2021.

BASTOS, P. S. S. **Estruturas de concreto armado**. 63f. Notas de aula. Faculdade de engenharia. Universidade estadual paulista. Bauru, SP, 2014. Disponível em: <https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2021.

BEIER, A. V. *et al.* O uso do sistema construtivo Wood Frame relacionado a propriedades térmicas sustentáveis em comparação com o método de alvenaria convencional em edificações. In: XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica Em Engenharia, 28., 2017, Ijuí. **Anais [...]**. Ijuí: Editora Unijuí, 2017. v. 1, p. 1-4. Disponível em: <https://publicacoeseventos.unijuí.edu.br/index.php/cricte/article/view/8961>. Acesso em: 27 jun. 2021.

BENDIX, R. **Concepts and generalizations in comparative sociological studies**. American Sociological Review, Vol. 28, n. 4, aug., p. 532-539, 1963. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2090069>. Acesso em: 07 set. 2021.

BERNARDINO, L. F. **As políticas públicas de habitação/moradia a partir do Programa Minha Casa Minha Vida e a gestão das políticas habitacionais do município de Itapevi-SP**. 2013. 55 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão Pública, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013. Cap. 2. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7059/1/PB_GP_III_2014_12.pdf. Acesso em: 30 jul. 2021.

BONDUKI, N. **Origens da habitação social no Brasil: Arquitetura moderna, lei do inquilinato e difusão da casa própria**. 4ª edição, São Paulo, Estação Liberdade, 2004. Disponível em: <https://rbeur.anpur.org.br/rbeur/article/download/122/106/>. Acesso em: 15 jul. 2021.

BORGES, A. de C. **Prática das Pequenas Construções**. 9. ed. São Paulo: Blucher, 2009. 1 v. Disponível em: https://www.academia.edu/26808815/PR%C3%81TICA_DAS_PEQUENAS_CONSTRU%C3%87%C3%95ES. Acesso em: 10 set. 2021.

BOTEGA, L. da R. A política habitacional no Brasil (1930-1990). **Revista Revela**, São Paulo, v. 1, n. 02, p. 1-14, mar. 2008. Semestral. Disponível em: <http://www.fals.com.br/revela/revela026/REVELA%20XVII/politicahabitacional.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2021.

BRAGA, M; PAIVA, R. A. A flexibilidade como atributo da arquitetura moderna brasileira e sua vigência na contemporaneidade. In: Encontro de Pesquisa e Pós-Graduação, 9., 2016, Fortaleza. **Artigo**. Fortaleza: UFC, 2017. v. 1, p. 1-65.

BRANDÃO, D. Q.; HEINECK, L. F. M. **Significado multidimensional e dinâmico do morar**: compreendendo as modificações na fase de uso e propondo flexibilidade nas habitações sociais. In: Ambiente Construído, Porto Alegre, v.3, n.4, p.35-48, out./dez. 2003. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3504>. Acesso em: 03 set. 2021.

BRASIL. CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI**. 2021. Documentos para download da Caixa Econômica Federal. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx>. Acesso em: 26 ago. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA ECONOMIA. . **Relatório de Avaliação**: programa minha casa minha vida. Brasília: Editora do Governo Federal, 2020. 85 p. Disponível em: <https://www.gov.br/cgu/pt-br/assuntos/noticias/2021/04/cgu-divulga-prestacao-de-contas-do-presidente-da-republica-de-2020/relatorio-de-avaliacao-pmcmv.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2021.

BRAUHARDT, B. **Sistema construtivo em Wood Frame: Desempenho Térmico das Vedações Verticais e Potencial de Aplicação para Habitação Social em Foz do Iguaçu-PR**. 2016. 97 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Interdisciplinar de Tecnologia e Infraestrutura, Universidade Federal da Integração Latino-Americana Instituto de Tecnologia, Infraestrutura e Território, Foz do Iguaçu, 2016. Cap. 7. Disponível em: <https://dspace.unila.edu.br/bitstream/handle/123456789/5471/Trabalho%20de%20Conclus%C3%A3o%20de%20Curso.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Acesso em: 27 jun. 2021.

BRITO, Ângelo. **Coefficiente de Condutibilidade Térmica**. 2018. Disponível em: <https://www.corrige.pt/blogue/2018/3/5/cct>. Acesso em: 27 jun. 2021.

BRÜGGEMANN, C. **Comparativo entre alvenaria e Wood Frame ao longo da vida útil**. 2017. 131 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Cap. 4. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/182001/TCC_Carolina%20Br%C3%BCggemann.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 10 jul. 2021.

BRÜGGEMANN, C. **Comparativo entre alvenaria e Wood Frame ao longo da vida útil**. 2017. 131 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/182001/TCC_Carolina%20Br%C3%BCggemann.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 27 ago. 2021.

BÜNEKER, A. de O. B. **Ventilação natural**. 2003. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-Graduação em Arquitetura, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2003. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/handle/10737/1>. Acesso em 27 ago. 2021.

BUSSAB, S.; CURY, F. J. Arquitetura. In: ATUIL, Carlos Alberto (Coord). **Manual técnico de alvenaria**: São Paulo. Editora: ABCI /projeto/pw, 1990. Cap 2, p.17-42.

CA2 (São Paulo). **O que é conforto acústico?** 2019. Disponível em: <https://ca-2.com/o-que-e-conforto-acustico/>. Acesso em: 28 ago. 2021.

CAETANO, R. S. **Modelagem e estudo de solução para mitigação dos níveis de pressão sonora para garantir o desempenho acústico da edificação**. 2016. 69 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/30816/1/RICARDO%20CAETANO.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2021.

CALIL JUNIOR, C.; MOLINA, J. C. **Sistema construtivo em Wood Frame para casas de madeira**. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, v. 31, n. 2, p. 143-156, jul./dez. Londrina, 2010.

CALVI, L. F. H. **Sustentabilidade na construção civil: estudo de caso em uma organização não governamental**. 2018. 190 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Cap. 2. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10023720.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2021.

CAMPOS, I. M. **Procedimentos e cuidados na execução de alvenaria**. 2012. Fórum da construção. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=7&Cod=119>. Acesso em: 05 set. 2021.

CAMPOS, T. da S. **Habitação Popular: da autoconstrução ao compromisso social do arquiteto**. 2017. 64 f. Monografia (Especialização) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2017. Cap. 1. Disponível em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/bitstream/ufjf/6367/3/taironedasilvacampos.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2021.

CARASEK, H. **Patologia das argamassas de revestimento**. In: Isaia, G.C. (Org.) **Materiais de Construção e Princípios de Ciência em Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007, v. 1, p. 1-11.

CARDOSO, L. A. **Estudo do método construtivo wood framing para construção de habitações de interesse social**. 2015. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. Cap. 2. Disponível em: <https://www.tecverde.com.br/wp-content/uploads/2016/07/CARDOSO-L.-A.-Estudo-do-me%CC%81todo-construtivo->

wood-framing-para-construc%CC%A7o%CC%83es-de-HIS.pdf. Acesso em: 10 jun. 2021.

CARVALHO, M. D. de. **Análise comparativa entre fundação superficial do tipo sapata isolada e radier liso em obra de edificação.** 2015. 91 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade Santa Rita, Conselheiro Lafaiete, 2015. Disponível em: https://www.fasar.com.br/arquivos/projetos/engciv/EngCiv-2015-Analise_Comparativa_entre_fundacao-TCC.pdf. Acesso em: 05 set. 2021.

CASMET, Engenharia e consultoria. **A importância da segurança contra incêndio.** 2019. Prestadora de serviços nas áreas de segurança do trabalho e meio ambiente. Disponível em: <http://casmetsconsultoria.com.br/blog/index.php/8-blog/2-a-importancia-da-seguranca-contra-incendio>. Acesso em: 10 jul. 2021.

CASTELAR, L. J. **Análise comparativa do impacto econômico e ambiental entre sistema construtivo convencional, sistema utilizando contêineres iso e sistema em madeira (Light Wood Frame).** 2017. 175 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Cap. 7. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/177295/TCC.LuanCastelar.Corrigido.Vers%C3%A3oFinal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 jul. 2021.

CASTRO, T. F. da C. **Manutenção em estruturas de concreto armado baseado no conceito de manutenção centrada em confiabilidade.** 2016. 71 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gerenciamento de Facilidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <http://poli-integra.poli.usp.br/library/pdfs/3da1ec3bd8051e3993d1a450952005e1.pdf>. Acesso em: 03 set. 2021.

CBCA (Centro Brasileiro De Construção Em Aço). **Construção em aço: estatísticas.** 2017. Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/construcao-emaco-estatisticas.php>. Acesso em: 10 jun. 2021.

CENTERPLASTER (Brasil). **Telha Shingle.** 2010. Disponível em: <http://www.centerplaster.com.br/pagina.asp?id=83&categoria=30&nome=Telhas>. Acesso em: 10 set. 2021.

CHAVES, D. de M; ARAGÃO, L. F. G. **Análise comparativa entre o método construtivo Framing e o convencional.** 2019. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Cesmac, Maceió, 2019. Cap. 4. Disponível em: <https://ri.cesmac.edu.br/bitstream/tede/581/1/AN%C3%81LISE%20COMPARATIVA%20ENTRE%20O%20M%C3%89TODO%20CONSTRUTIVO%20FRAMING%20E%20O%20CONVENCIONAL.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2021.

CIB. **Agenda 21 para a construção sustentável**. São Paulo. Escola Politécnica da USP, 2000 (Publicação CIB 237) Disponível em: www.cibworld.nl. Acesso em: 29 ago. 2021.

CONTERNO, R. C. *et al.* Wood Frame: um estudo de atendimento às normas e à cultura habitacional brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 6., 2016, Ponta Grossa. **Anais [...]**. Ponta Grossa: Apepro, 2016. v. 1, p. 1-12. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7676/1/PB_COECI_2016_1_15.pdf. Acesso em: 29 jun. 2021.

COSTA, E. C. **Física aplicada à construção: Conforto térmico**. 4ª ed. São Paulo. Edgar Blucher, 2003.

COTANET (São Paulo). **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 2018. Disponível em: <http://engenharia-construcao.cotanet.com.br/tubulacoes/tubulacao-hidraulica-para-alvenaria>. Acesso em: 09 set. 2021.

CROCE, B. **Sobre o desempenho acústico de paredes**. 2019. Portal Acústica. Disponível em: <http://portalacustica.info/desempenho-acustico-de-paredes/>. Acesso em: 29 ago. 2021.

CRUZ, T. **Concreto Armado: Entenda Quando é a Melhor Escolha Para o Projeto**. 2021. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/estudante/concreto-armado/>. Acesso em: 05 set. 2021.

CURVINA, V. M. C. de O. **Programa de olho na qualidade Minha Casa Minha Vida: a denúncia pública de beneficiários da política pública de habitação como instrumento de controle público-social**. 2016. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Sociologia, Departamento de Sociologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/18282/1/2016_VinoliaMariaCostadeOliveiraCurvina.pdf. Acesso em: 01 ago. 2021.

DAMÉ, L. de M. **Habitação PAR, Desempenho Ímpar?: uma avaliação funcional de unidades multifamiliares em pelotas/rs**. 2008. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em: <https://1library.org/document/ydvjw21y-habitacao-desempenho-impar-avaliacao-funcional-unidades-multifamiliares-pelotas.html>. Acesso em: 20 set. 2021.

ECKER, T. W. P.; MARTINS, V. **Comparativo dos sistemas construtivos Steel Frame e Wood Frame para habitações de interesse social**. 2014. 154 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014. Cap. 4. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4016/1/PB_COECI_2014_2_7.pdf. Acesso em: 20 jun. 2021.

EDIFIQUE (Rio de Janeiro). **Estrutura de Concreto Armado**: o sistema estrutural mais utilizado no Brasil. O sistema estrutural mais utilizado no Brasil. 2018. Portal Edifiquê. Disponível em: <https://www.edifiquê.arq.br/estconcr.htm>. Acesso em: 05 set. 2021.

ESPÍNDOLA, L. da R. **O Wood Frame na produção de habitação social no Brasil**. 2017. 331 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017. Cap. 6. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-04092017-113504/publico/TeseCorrigidaLucianaEspindola.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2021.

ESPINDOLA, L. da R.; INO, A. Inserção e financiamento do sistema Wood Frame no programa habitacional Minha Casa Minha Vida. **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 1-11, 11 nov. 2014. Marketing Aumentado. <http://dx.doi.org/10.17012/entac2014.566>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/301433560_Insercao_e_financiamento_do_sistema_Wood_Frame_no_programa_habitacional_Minha_Casa_Minha_Vida. Acesso em: 09 set. 2021.

ESTEVEZ, A. M. C. **Flexibilidade em arquitetura**: Um contributo adicional para a sustentabilidade do ambiente construído. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Universidade de Coimbra –Portugal. Coimbra, 2013. Disponível em: <https://docplayer.com.br/8233282-Flexibilidade-em-arquitetura.html>. Acesso em: 03 set. 2021.

FACHIN, Odília. **Fundamentos de metodologia**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2005. 207 p. Disponível em: <http://maratavarepsictics.pbworks.com/w/file/attach/74302802/FACHIN-Odilia-fundamentos-de-Metodologia.pdf>. Acesso em: 07 set. 2021.

FERNANDES, C. C. P., & SILVEIRA, S. F. R. (2010). Ações e contexto da política nacional de habitação: da Fundação Casa Popular ao Programa “Minha Casa, Minha Vida”. In **Anais do II Encontro Mineiro de Administração Pública, Economia Solidária e Gestão Pública** (p. 8-21). Viçosa: UFV.

FERNANDES, J. V. C. Comparativo orçamentário sintético e qualitativo dos modelos construtivos Isf e convencionais em construções residenciais e comerciais de pequeno porte. **Revista Anime Educação**, Joinville, v. 1, n. 1, p. 1-34, maio 2019. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/14459/1/TCC%20%20-%20Jo%C3%A3o%20Vitor%20-%20Final.pdf>. Acesso em: 07 set. 2021.

FERREIRA, A. S. **Estudo comparativo de sistemas construtivos industrializados: paredes de concreto, Steel Frame e Wood Frame**. 2014. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014. Cap. 3. Disponível em: http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2014/TCC_AUGUSTO%20SENDTKO%20FERREIRA.pdf. Acesso em: 10 jul. 2021.

FERREIRA, D. de D. **Planejamento e orçamento de obra**: roteiro e estudo de caso de elaboração de um planejamento e orçamento de obras. 2019. 64 f. Monografia (Doutorado) - Curso de Especialização: Produção e Gestão do Ambiente Construído, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/30955/1/Monografia%20Douglas%20Formatada.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2021.

FERREIRA, R. **Guia da Construção 146**: Conheça a tecnologia e os custos de construção do primeiro empreendimento em Wood Frame do programa Minha Casa, Minha Vida. Pelotas. 6 pág. Disponível em: https://www.tecverde.com.br/wp-content/uploads/2017/03/Reportagem_Guia-da-Constru%C3%A7%C3%A3o_146.pdf. Acesso em: 20 jun. 2021.

FIEP. Federação das Indústrias do Estado do Paraná. **Visita Residencial Haragano – Pelotas**. 2013. Disponível em: <http://www.fiepr.org.br/para-empresas/conselhos/visita-residencial-haragano---pelotas-11-3998-220564.shtml>. Acesso em: 09 set. 2021.

FOLZ, R. R.; MARTUCCI, R. Habitação mínima: discussão do padrão de área mínima aplicado em unidades habitacionais de interesse social. **Revista FCT**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-18, _____ de 2013. Disponível em: <https://revista2.fct.unesp.br/index.php/topos/article/download/2187/1993>. Acesso em: 20 set. 2021.

FORAGI, R. **Uma análise do Programa Minha Casa Minha Vida**. 2012. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Econômicas, Departamento de Ciências Economicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Cap. 4. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/69963>. Acesso em: 20 jul. 2021.
FORÚM DA CONSTRUÇÃO (Brasil). **Instalações prediais**. 2019. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/busca.php>. Acesso em: 07 set. 2021.

FREITAS, C. A. C. de. **Sistemas construtivos para habitações populares**. 2010. 98 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-9GBRGW/1/monografia_carlos_alberto_chamone_de_freitas.pdf. Acesso em: 20 set. 2021.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 244 p. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/18350/material/ManualConfortoTERMICO.pdf>. Acesso em: 08 set. 2021.

FUTURENG (Portugal). **Projectos e construção civil, LDA**. Wood Frame. Disponível em: . Acesso em: 08 set. 2021.

GONZÁLEZ, M. A. S. **Noções de Orçamento e Planejamento de Obras**. São Leopoldo: UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2008. Disponível em: <https://docplayer.com.br/3103018-Nocoos-de-orcamento-e-planejamento-de-obras.html>. Acesso em: 26 ago. 2021.

GUIA TOCANTINS (Brasil). **O que é radier?** 2020. Disponível em: <https://guiatocantins.org/prelajes/artigo/782/>. Acesso em: 08 set. 2021.

INCROPERA, F. P. *et al.* **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 6. ed. Campo Grande: Ltc, 2011. 657 p. Disponível em: http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TMEC030/Prof_Luciano/Fundamentos-de-transferencia-de-calor-e-de-massa-incropera.pdf. Acesso em: 27 ago. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO. **IBAPE/SP-2005: AVALIAÇÃO DE IMÓVEIS URBANOS**. 1 ed. São Paulo: Leud, 2005. 25 p. Disponível em: <http://ibape-sp.org.br/adm/upload/uploads/1544211191-NORMA-PARA-AVALIACAO-DE-IMOVEIS-URBANOS-IBAPESP-2005-2.pdf>. Acesso em: 02 set. 2021.

INSTITUTO FEDERAL DE SÃO PAULO (São Paulo). **Estrutura de uma Edificação**. São Paulo: Edifsp, 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/Gilian/Downloads/Estrutura%20de%20uma%20Edifica%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 05 set. 2021.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SP. 2021 (São Paulo). **Resistência ao Fogo**. 2021. Disponível em: https://www.ipt.br/solucoes/325-resistencia_ao_fogo.htm. Acesso em: 02 jul. 2021.

ISTCHUK, R. N.; SILVA, L. M. e; MIOTTO, J. L. Habitação em Wood Frame: Análise de sustentabilidade ambiental. In: INOVA CIVIL, 9., 2017, Maringá. **Anais [...]**. Maringá: Research Gate, 2017. v. 1, p. 1-11. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/341409163_HABITACAO_EM_WOOD_FRAME_Analise_de_sustentabilidade_ambiental. Acesso em: 27 jun. 2021.

JÚNIOR, C. A. S; CARMO, L. R. S. do. **Estudo comparativo em habitações sociais: alvenaria convencional x light Steel Frame**. 2015. 86 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia do Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, Caratinga, 2015. Disponível em: <http://dspace.doctum.edu.br:8080/bitstream/123456789/1035/1/Monografia%20-%20Estudo%20Comparativo%20em%20habita%C3%A7%C3%B5es%20sociais%20-%20Alvenaria%20Convencional%20x%20Light%20Steel%20Frame.pdf>. Acesso em: 04 set. 2021.

JÚNIOR, C. R; SILVA, W. C. R.; SOARES, P. de T. M. L. USO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Projectus**, [S.L.], v. 2, n. 4, p. 79-93, 8 abr. 2019. Sociedade Unificada de Ensino Augusto Motta -UNISUAM. <http://dx.doi.org/10.15202/25254146.2017v2n4p79>. Disponível em:

<https://revistas.unisuam.edu.br/index.php/projectus/article/view/278>. Acesso em: 20 set. 2021.

JUNQUEIRA, L. F. **Custos de sustentabilidade na construção civil: estudo de caso de empreendimento comercial na cidade do rio de janeiro**. 2016. 43 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-AGWJ4M>. Acesso em: 30 ago. 2021.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O R. **Eficiência energética na Arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2014. 366 p. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf. Acesso em: 27 ago. 2021.

LARCHER, J. V. M. **Diretrizes visando a melhoria de projetos e soluções construtivas na expansão de habitações de interesse social**. 2005. 189 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/3514/larcher.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 set. 2021.

LOURENÇO, Y. **O que são vergas e contra vergas e para que servem?** 2019. Portal Resenha da Engenharia. Disponível em: <https://resenhaengenharia.com/o-que-sao-vergas-e-contra-vergas-e-para-que-servem/>. Acesso em: 03 set. 2021.

LP BRASIL (Brasil). **O que é OSB**. 2012. Disponível em: <https://www.lpbrasil.com.br/producto/osb-apa-plus/>. Acesso em: 09 set. 2021.

MACHADO, D. W. N.; LATOSINSKI, K. Fundações para habitações de interesse social. **Researchgate**, Berlim, v. 1, n. 1, p. 1-6, ago. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/280447327_FUNDACOES_PARA_HABITACOES_DE_INTERESSE_SOCIAL. Acesso em: 05 set. 2021.

MARICATO, E. **Brasil 2000: qual planejamento urbano?** Cadernos IPPUR, Rio de Janeiro, Ano XI, n. 1 e 2, p. 113-130, 1997. Disponível em: <https://erminiamaricato.files.wordpress.com/2016/12/cadernos-ippur.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2021.

MASO, J. B. **Análise comparativa entre o sistema construtivo Light Steel Framing e alvenaria estrutural**. 2017. 156 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017. Cap. 2. Disponível em: <https://www.riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/3700/Monografia%20Julio%20Berton%20Maso.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 jul. 2021.

MATEUS, R. **Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção**. 2004. 271 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Braga, 2004. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/817>. Acesso em: 30 ago. 2021.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos.** São Paulo: Pini, 2006. 286 p. Disponível em: <https://engcivil20142.files.wordpress.com/2017/08/como-preparar-orc3amentos-de-obras-aldo-dc3b3rea-mattos.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2021.

MAZOLINI, D. **Uso de telas metálicas para ligação de alvenaria com componentes estruturais na prevenção de patologias.** 2016. Artigo. Disponível em: <https://douglasmazolini.wordpress.com/2016/10/08/uso-de-telas-metalicas-para-ligacao-de-alvenaria-com-componentes-estruturais-na-prevencao-de-patologias/>. Acesso em: 03 set. 2021.

MEDEIROS, R. P. da C. **Habitação unifamiliar flexível: movimentos simultâneos entre edificação e usuário.** 2019. 104 f. TCC (Graduação) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/15169/2/RPCM22052019.pdf>. Acesso em: 03 set. 2021.

MELO, T. M. W. **Viabilidade de métodos construtivos alternativos em construções residenciais de médio e alto padrão.** 2019. 153 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2019.

MOBBUS (Brasil). **Habitação de interesse social: 6 características deste empreendimento.** 2020. Disponível em: <https://www.mobbusconstrucao.com.br/blog/habitacao-de-interesse-social/>. Acesso em: 20 set. 2021.

MOLINA, J. C.; CALIL, J., Carlito. Sistema construtivo em "Wood Frame" para casas de madeira. **Research Gate**, [S.L.], v. 31, n. 2, p. 143-158, 15 dez. 2010. Mensal. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0375.2010v31n2p143>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277982862_Sistema_construtivo_em_wood_frame_para_casas_de_madeira. Acesso em: 10 jul. 2021.

MONTANTE (São Paulo). **Tipos de orçamento de obra: entenda em que fases do projeto cada um deles é ideal.** 2019. Disponível em: <https://www.monttante.com.br/blog/tipos-de-orcamento-de-obra-entenda-que-fases-projeto-cada-deles-ideal>. Acesso em: 26 ago. 2021.

MONTEIRO, R. **ALVERNARIA.** Maceió: Docplayer, 2018. 62 slides, color. Disponível em: <https://docplayer.com.br/52232060-Alvernaria-prof-msc-roberto-monteiro.html>. Acesso em: 05 set. 2021.

MOREIRA, F. de S. **Modelo de previsão de custos na fase de estudo de viabilidade para empresas de construção.** 2013. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013. Disponível em: <https://www.ppgec.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2013/felipemoreira.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2021.

MOREIRA, V. de S.; SILVEIRA, S. de F. R. “Minha Casa, Minha Vida”: proposta de avaliação com base na teoria do programa. **Revista Interdisciplinar de Gestão Social**, [S. L.], v. 8, n. 1, p. 87-110, abr. 2018. Quadrimestral. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/rigs/article/view/24713>. Acesso em: 01 ago. 2021.

MOTTA, L. D. A questão da habitação no Brasil: políticas públicas, conflitos urbanos e o direito à cidade. **GESTA UFMG** (Online), Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-15, abr. 2010. Disponível em: https://conflitosambientaismg.lcc.ufmg.br/wp-content/uploads/2014/04/TAMC-MOTTA_Luana_-_A_questao_da_habitacao_no_Brasil.pdf. Acesso em: 15 jun. 2021.

MOTTA, S. R. F. **Sustentabilidade na construção civil: crítica, síntese, modelo de política e gestão de empreendimentos**. 2009. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Construção Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/ISMS-842G7C>. Acesso em: 02 set. 2021.

MURARI, A. R. **Avaliação do desempenho termoacústico de painéis de vedação vertical em Wood Frame. Estudo de caso: habitação unifamiliar em São Carlos – SP**. 2018. 135 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) – Arquitetura e Urbanismo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018, Cap. 3. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-07062019-083233/publico/DissCorrigidaAlexandreRodriguesMurari.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2021.

MURARI, A. R.; STAMATO, G. C.; PABLOS, J. M. Avaliação do desempenho acústico de uma vedação vertical externa em Wood Frame pelo ensaio de campo. **Anais do Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos**, [S.L.], v. 1, n. 8, p. 1-9, 5 ago. 2017. Semanal. Galoa. <http://dx.doi.org/10.17648/tecsic-2017-72121>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319958540_AVALIACAO_DO_DESEMPENHO_ACUSTICO_DE_UMA_VEDACAO_VERTICAL_EXTERNA_EM_WOOD_FRAME_PELo_ENSAIO_DE_CAMPO. Acesso em: 27 jun. 2021.

NAKAMURA, J. Amarração de alvenaria em pilar. **Revista Equipe de Obra: Confira as etapas para fazer a ligação de alvenaria e pilar**, Juiz de Fora, v. 1, n. 1, p. 1-10, maio 2010. Disponível em: <https://docplayer.com.br/24805287-Amarracao-de-alvenaria-em-pilar.html>. Acesso em: 03 set. 2021.

NASCIMENTO, D. G. G. do *et al.* Análise histórica da evolução das habitações de interesse social. **Revista Saberes da UNIJIPA**, Ji-Paraná, v. 15, n. 3, p. 128-138, dez. 2019. Disponível em: <https://unijipa.edu.br/wp-content/uploads/sites/2/2019/12/Artigo-09-AN%C3%81LISE-HIST%C3%93RICA-DA-EVOLU%C3%87%C3%83O-DAS-HABITA%C3%87%C3%95ES-DE-INTERESSE-SOCIAL.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2021.

NASCIMENTO, D. M., & BRAGA, R. C. de Q. (2009). Déficit habitacional: um problema a ser resolvido ou uma lição a ser aprendida? **Risco revista de pesquisa em**

arquitetura e urbanismo (Online), (9), 98-109. <https://doi.org/10.11606/issn.1984-4506.v0i9p98-109>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/risco/article/view/44765>. Acesso em: 15 jul. 2021.

NASCIMENTO, L. O. **Alvenarias**. Rio de Janeiro: 2004. Disponível em: <https://edificacoes.files.wordpress.com/2009/12/5-mat-alvenaria-ii.pdf>. Acesso em: 04 set. 2021.

NOUR, A. A. **Manutenção de edifícios**: diretrizes para elaboração de um sistema de manutenção de edifícios comerciais e residenciais. 2003. 84 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <http://poli-integra.poli.usp.br/library/pdfs/afec8c6f865996dd38234d992ad89093.pdf>. Acesso em: 03 set. 2021.

OLIVEIRA, A. S.; BARROS, E. N. S.; OLIVEIRA, M. D. Viabilidade econômica do sistema construtivo Wood Frame na execução de habitação popular em Gurupi - TO. **Revista Científica Semana Acadêmica**. Fortaleza, ano 2019, N^o. 000183, 05/11/2019. Disponível em: <https://semanaacademica.com.br/artigo/viabilidade-economica-do-sistema-construtivo-wood-frame-na-execucao-de-habitacao-popular-em>. Acesso em: 17 jun. 2021.

OLIVEIRA, G. V. **Análise comparativa entre o sistema construtivo em Light Steel Framing e o sistema construtivo tradicionalmente empregado no nordeste do Brasil aplicados na construção de casas populares**. 2012. 78 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012. Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/read/12567288/analise-comparativa-entre-o-sistema-construtivo-light-steel-framing->. Acesso em: 10 set. 2021.

OLIVEIRA, P. W. B. A. de. **Elaboração de orçamento de obras na construção civil**. 2017. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017. Disponível em: <http://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/2016.2/elaboracao-de-orcamento-de-obras-na-construcao-civil.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2021.

PEREIRA, C. **Como fazer um Orçamento de Obras**: O passo a Passo completo. ESCOLA ENGENHARIA, 2017 - Disponível em <https://www.escolaengenharia.com.br/orcamento-de-obras/>. Acesso em: 01/10/2018.

PINHEIRO, L. M.; MUZARDO, C. D.; SANTOS, S. P. **Lajes maciças**. São Paulo: Edusp, 2003. 29 p. Disponível em: http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Lajes/Lajes_Macicas_EESC.pdf. Acesso em: 07 set. 2021.

PINTO, T.P.; LIMA, J. A. R Industrialização de componentes a partir de uma política de reciclagem de resíduos da construção urbana. In : Simpósio Íbero - Americano Sobre Técnicas Construtivas Industrializadas Para Habitação De Interesse Social; 3., São Paulo, 1993. **Anais**. São Paulo, IPT, 1993. p. 528-537.

PORTAL DA CIDADE DE LUCAS DO RIO VERDE (Brasil). **Construção de escola que atenderá mais de 1,4 mil alunos avança**. 2018. Disponível em: <https://lucasdoriorverde.portaldacidade.com/noticias/educacao/construcao-de-escola-que-atendera-mais-de-14-mil-alunos-avanca-3915>. Acesso em: 05 set. 2021.

PORTO, T. B.; FERNANDES, D. S. G. **Curso Básico de Concreto Armado**: conforme a NBR 6118/2014. São Paulo: Copiright, 2015. 51 p. Disponível em: <http://ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/Curso-basico-concreto-armado-DEG.pdf>. Acesso em: 05 set. 2021.

POSSAN, E; DEMOLINER, C. A. Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral. **Revista Técnico-Científica do CREA-Pr**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 1-14, out. 2013. Semestral. Disponível em: <http://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/sistema/index.php/revista/article/download/14/10>. Acesso em: 10 jul. 2021.

PRUDÊNCIO JR, L. R., OLIVEIRA, A. L., BEDIN, C.A. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto**, Florianópolis, Editora Gráfica Palloti, 2003. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwia4MeMp53zAhUsGbkGHaWNC88QFnoECAIQAQ&url=https%3A%2F%2Flivraria.com.br%2Flivros%2Falvenaria-estrutural-de-blocos-de-concreto-luiz-roberto-prudencio-jr-alexandre-lima-de-oliveira-carlos-augusto-bedin%2F&usg=AOvVaw3o-bs3xxtm6Jca0OL90m2x>. Acesso em: 06 set. 2021.

PRUDÊNCIO, M. V. M. V. **Projeto e análise comparativa de custo de uma residência unifamiliar utilizando os sistemas construtivos convencional e Light Steel Framing**. 2013. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2013. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1862>. Acesso em: 08 set. 2021.

QUEIROZ, N. T. Construções sustentáveis na Engenharia Civil e a responsabilidade socioambiental. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. vol. 3, n. 6, p.255-263, 2016. Disponível em: <http://revista.ecogestaobrasil.net/v3n6/v03n06a01.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2021.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. Pini. São Paulo, 2003. Disponível em: https://www.academia.edu/43120810/Projeto_de_edif%C3%ADcios_de_alvenaria_estrutural_Ramalho_Marcio_A. Acesso em: 05 set. 2021.

REFKALEFSKY, I. **Wood Frame: Conheça tudo sobre essa Técnica Construtiva**. 2021. Blog de Engenharia. Disponível em: <https://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/wood-frame-conheca-tudo-sobre-essa-tecnica-construtiva/>. Acesso em: 10 jul. 2021.

REZENDE, J. M. S.; FILHO, J. C. G. de; NASCIMENTO, N. L. F. **O desempenho acústico segundo a norma de desempenho abnt nbr 15 575**: isolamento sonoro contra ruído aéreo de vedações verticais internas medido em campo. 2014. 126 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014. Disponível em:

https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/O_DESEMPENHO_AC%C3%9ASTICO_SEGUNDO_A_NORMA_DE_DESEMEPENHO_ABNT_NBR_15_575_ISOLAMENT%C3%87O_SONORO_CONTRA_RU%C3%8DDO_A%C3%89R%C3%87O_DE_VEDA%C3%87OES_VERTICAIS_INTERNAS_MEDIDO_EM_CAMPO.pdf. Acesso em: 29 ago. 2021.

RIBEIRO, L. C. de Q.; PECHMAN, R. M. **O que é questão da moradia**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1983. 71 p.

RIGHI, P. C. da R. **Ferramenta para análise do desempenho acústico das edificações para fins de financiamento imobiliário**. 2013. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013. Disponível em:

<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7815/RIGHI%2C%20PAULO%20ESAR%20DA%20ROSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 30 ago. 2021.

ROCHA, F. N. A.; PEREIRA, G. B. **Análise de viabilidade técnica do sistema wood frame na construção de unidades unifamiliares no brasil**. 2016. 40 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2016. Disponível em: <https://biblioteca.univap.br/dados/000030/000030e2.pdf>. Acesso em: 10 set. 2021.

ROCHA, F. N. A.; PEREIRA, G. B.; YOKOYAMA, N. O. Análise de viabilidade técnica do sistema Wood Frame na construção de unidades unifamiliares no brasil. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, 20., 2016, São José dos Campos. **Anais [...]**. São José dos Campos: Univap, 2016. v. 1, p. 1-5. Disponível em:

http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2016/anais/arquivos/RE_1153_1189_01.pdf. Acesso em: 27 jun. 2021.

RODRIGUES, J. C. **Alvenaria estrutural e sistema construtivo**. 2018. 68 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Faex Faculdade de Ciências Aplicadas de Extrema, Extrema, 2018. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj82PuJoZ3zAhUDlbkGHSSdDfQQFnoECAIQAQ&url=https%3A%2F%2Frepositorio.feax.edu.br%2Findex.php%2Ffaex%2Fcatalog%2Fview%2F48%2F49%2F201-1&usq=AOvVaw12rmKI3aG3gOtuBlcvEssK>. Acesso em: 04 set. 2021.

ROSSI, A. M. G. Exemplos de flexibilidade na tipologia habitacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 1998. p.211-217. Disponível em: <https://entac2020.com.br>. Acesso em: 03 set. 2021.

RUAS, A.C. **Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho**. 1. ed. Fundacentro: Campinas, 1999. 94 p. Disponível em: <https://proamaneus.com.br/ohs/data/docs/conforto-termico-nos-ambientes-de-trabalho.pdf>. Acesso em 27 ago. 2021.

SACCO, M. de F; STAMATO, G. C. Light Wood Frame - Construções com Estrutura Leve de Madeira. **Revista Técnica**, São Paulo, n. 140, nov. 2008. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/140/artigo287602-3.aspx>. Acesso em: 08 set. 2021.

SANTOS, A. F. *et al.* Estudo de Implantação de Projeto Sustentável Utilizando Wood Frame. **Revista Eletrônica Multidisciplinar Unifacear**, Araucária, v. 2, n. 1, p. 1-15, jun. 2016. Quadrimestral. Disponível em: [http://revista.facear.edu.br/edicao/\\$/volume-2-ano-5-agosto-de-2016](http://revista.facear.edu.br/edicao/$/volume-2-ano-5-agosto-de-2016). Acesso em: 01 jul. 2021.

SANTOS, A. R. dos. **Estudo da técnica de assentamento da alvenaria de vedação em blocos**. 2012. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Materiais Para Edificações, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2012. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5632/2/CM_COMAC_2012_1_01.pdf. Acesso em: 05 set. 2021.

SANTOS, P. A. S. **Avaliação da junta vertical com argamassa convencional em paredes de alvenaria com blocos cerâmicos**. 2016. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016. Disponível em: http://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/copy_of_2016.1/avaliacao-da-junta-vertical-com-argamassa-convencional-em-paredes-de-alvenaria-com-blocos-ceramicos.pdf. Acesso em: 05 set. 2021.

SECRETARIA DA SEGURANÇA PÚBLICA DO ESTADO DE GOIÁS. **NORMA TÉCNICA 02/2014**: Conceitos básicos de segurança contra incêndio. 1 ed. Goiânia: S.I, 2014. 32 p. Disponível em: https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2014/03/nt-02_2014-conceitos-basicos-de-seguranca-contraincendio1.pdf. Acesso em: 02 set. 2021.

SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA. **Acervos Artísticos e Culturais da Prefeitura De São Paulo**. [S.D]. Disponível em: <http://www.acervosdacidade.prefeitura.sp.gov.br/PORTALACERVOS/>. Acesso em: 15 jul. 2021.

SILVA, F. B. da. **Sistemas construtivos**: Wood frame - construções com perfis e chapas de madeira. ago. 2010. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/161/sistemas-construtivos-286726-1.aspx>. Acesso em: 10 set. 2021.

SILVA, M. O. da S. e. **Política Habitacional Brasileira**: verso e reverso. São Paulo: Cortez Editora, 1989. 199 p. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/n81vv50>. Acesso em: 22 jul. 2021.

SILVA, P. **Acústica Arquitetônica e Condicionamento de Ar**. 4. ed. Belo Horizonte: Edital, 2005. 283 p. Disponível em: https://www.estantevirtual.com.br/alegriadosaber/prof-perides-silva-acustica-arquitetonica-e-condicionamento-de-ar-2433290521?show_suggestion=0. Acesso em: 30 ago. 2021.

SILVA, V. *et al.* **A real fire in small apartment: a case study**. In: SIF'06 INTERNATIONAL WORKSHOP STRUCTURES IN FIRES, 4, 2006, Aveiro. Proceedings... Aveiro: University of Aveiro-Theoria poesis praxis, 2006. V. 2, p. 1023-1034. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/265972104_A_REAL_FIRE_IN_SMALL_APARTMENT_-_A_CASE_STUDY. Acesso em: 02 set. 2021.

SILVA, V. R. da *et al.* Sistema Construtivo Inovador: Light Wood Frame a Sustentabilidade ao seu alcance. **Brazilian Journal Of Development**. Curitiba, p. 99-107. 01 dez. 2016. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/12/10>. Acesso em: 22 jun. 2021.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros**: diretrizes e base metodológica. 2003. 210 f.. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/309187129_AVALIACAO_DA_SUSTENTABILIDADE_DE_EDIFICIOS_D_E_ESCRITORIOS_BRASILEIROS_DIRETRIZES_E_BASE_METODOLOGICA. Acesso em: 30 ago. 2021.

SOUSA, A. A. P.; CRUZ, B. P. C.; CORREA, M. P. C.; GOMES, C. A responsabilidade ambiental na formação do engenheiro civil. Maranhão: **Revista do CEDS**, v. 1, n.3, 2015. Disponível em: http://sou.undb.edu.br/public/publicacoes/rev._ceds_n._3_-_a_reponsabilidade_ambiental_na_formacao_do_engenheiro_civil__adriano_sousa_diana_cruz__magno_correa.pdf. Acesso em: 30 ago. 2021.

SOUSA, R. A. **Análise comparativa entre métodos construtivos residenciais em alvenaria convencional em bloco cerâmico e Wood Frame**. 2018. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Formiga, Formiga, 2018. Cap. 5. Disponível em: https://repositorioinstitucional.uniformg.edu.br:21074/xmlui/bitstream/handle/123456789/802/TCC_RayaneArantesSousa.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 01 jul. 2021.

SOUZA, F. H. R. de; TRANIN, S. M. S. **Compatibilização de projetos**. 2014. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Tecnológico de Caratinga, Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <https://dSPACE.doctum.edu.br/bitstream/123456789/1135/1/MONOGRAFIA%20%20COMPATIBILIZA%C3%87%C3%83O%20DE%20PROJETOS%20-%20STELLA%20TRANIN%20E%20FRANCIANY%20RIBEIRO.pdf>. Acesso em: 07 set. 2021.

SOUZA, L. G. Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood frame. **Revista Online Especialize**, jan. 2013. Disponível em: <https://docplayer.com.br/9885607-Analise-comparativa-do-custo-de-uma-casa-unifamiliar-nos-sistemas-construtivos-de-alvenaria-madeira-de-lei-e-wood-frame.html>. Acesso em: 24 jun. 2021

SPANIOL, N. C. **Análise comparativa dos sistemas construtivos alvenaria convencional e Wood Frame para habitação de interesse social**. 2018. 96 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018. Cap. 5. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11149/1/PB_COECI_2018_1_29.pdf. Acesso em: 10 jul. 2021.

SUDECAP (Belo Horizonte). **REVESTIMENTOS**. 4. ed. Belo Horizonte: Pini, 2018. 17 p. Caderno de encargos. Disponível em: https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/Capitulo_14_R5.pdf. Acesso em: 07 set. 2021.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Editora Pini, 2010. 183 p. Disponível em: <https://engucm.files.wordpress.com/2017/12/alvenaria-estrutural.pdf>. Acesso em: 04 set. 2021.

TÉCHNE. **Pronta entrega**. Téchne, n. 151. São Paulo: Pini (OUT/2009). Disponível em: . Acesso em: 21 set. 2020.

TECVERDE (Araucária). **Tecnologia Wood Frame**. Araucária: Tecverde, 2019. 34 slides, color, 25x20. Disponível em: [http://www.fiepr.org.br/para-empresas/conselhos/base_florestal/uploadAddress/2_-_Wood_Frame\[44709\].pdf](http://www.fiepr.org.br/para-empresas/conselhos/base_florestal/uploadAddress/2_-_Wood_Frame[44709].pdf). Acesso em: 27 jun. 2021.

TEIXEIRA, M. M. **"Capacidade térmica"; Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/capacidade-termica.htm>. Acesso em: 27 ago. 2021.

THÓRUS ENGENHARIA (Joinville). **Tempo Requerido de Resistência ao Fogo: o que é e como dimensionar o trrf?. o que é e como dimensionar o TRRF?**. 2019. Disponível em: <https://thorusengenharia.com.br/trrf-como-dimensionar/>. Acesso em: 02 set. 2021.

TILLY, Charles. **Big structures, large processes, huge comparisons**. New York: Russel Sage Fdtn., Vol. 1, n. 1, 192 p., 1984. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/10.7758/9781610447720>. Acesso em: 07 set. 2021.

TISAKA, M. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2011. Disponível em: https://www.academia.edu/38919559/Or%C3%A7amento_na_constru%C3%A7%C3%A3o_civil_consultoria_projeto_e_execu%C3%A7%C3%A3o. Acesso em: 26 ago. 2021.

TONE, B. B. **Notas Sobre a Valorização Imobiliária em São Paulo na Era do Capital Fictício**. (2010). 158 f. (mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16137/tde-05072010-094710/pt-br.php>. Acesso em: 08 ago. 2021.

VERDÉRIO, H. M. O.; BERTUZZO, T. A. **Utilização de Wood Frame para casas padrão minha casa minha vida (MCMV)**. 2018. 32 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Paranaense, Toledo, 2018. Cap. 2. Disponível em: <https://tcc.unipar.br/files/tccs/0d6ae84e571c637dd6f5f23418d16b76.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2021.

VILELA, K. C. **Desenvolvimento de sistema de baixo custo para medição de condutividade térmica em corpos de prova cerâmicos**. 2017. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: https://www.demat.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/25/2018/06/TCCII_Keila-Cristina-Vilela.pdf. Acesso em: 27 ago. 2021.

VILLANUEVA, M. M. **A importância da manutenção preventiva para o bom desempenho da edificação**. 2015. 173 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Cap. 3. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10013451.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2021.

VITTORINO, F. **Requisitos de Conforto Acústico, Desempenho Acústico e as Experiências de ensaios de laboratório e campo**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de SP, 2013. 50 slides, color. Disponível em: https://www.proacustica.org.br/assets/files/DiaRuido/Apresentacoes2013/FulvioVitorino_IPT_24AbrilProAcustica.pdf. Acesso em: 30 ago. 2021.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar**. 10. ed. São Paulo: Pini, 2009. Disponível em: https://www.academia.edu/35905846/A_T%C3%A9cnica_de_Edificar. Acesso em: 07 set. 2021.