



**ESTUDO AVALIATIVO DO SISTEMA WOOD FRAME EM COMPARAÇÃO AO SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL PARA RESIDÊNCIAS POPULARES**

**EVALUATIVE STUDY OF THE WOOD FRAME SYSTEM COMPARED TO THE CONVENTIONAL MASONRY SYSTEM FOR LOW-INCOME HOMES**

**ESTUDIO DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ESTRUCTURA DE MADERA COMPARADO CON EL SISTEMA DE MAMPOSTERÍA CONVENCIONAL PARA RESIDENCIAS POPULARES**

Érico Clévio da Roza<sup>1</sup>, Julia Favretto<sup>2</sup>

e473502

<https://doi.org/10.47820/recima21.v4i7.3502>

PUBLICADO: 07/2023

**RESUMO**

A construção civil é um dos setores que mais geram emprego no Brasil, sendo de grande relevância para a economia do país. Em contrapartida, é um setor que causa grandes impactos ambientais. Na tentativa de novas possibilidades que buscam a redução na utilização de recursos naturais, os sistemas industrializados se destacam. O presente trabalho tem como propósito comparar o sistema construtivo alvenaria convencional com o método Wood frame. O Wood frame é composto por sistema estrutural em madeira reflorestada, revestido com painéis. Deste modo, este trabalho busca analisar as vantagens e desvantagens do sistema Wood frame em relação ao tradicional, através de uma análise comparativa, desenvolvida a partir de estudos bibliográficos, avaliando pontos como custo de construção, conforto termoacústico, sustentabilidade e aspectos ambientais, resistência ao fogo e manutenção. Para cada um dos pontos foram atribuídos pesos e notas, sendo calculado o valor de viabilidade, concedido por uma equação matemática, servindo assim como parâmetro geral para a avaliação. Portanto, foi possível constatar que o método Wood frame apresentou vantagens nos resultados obtidos, principalmente nos pontos sustentabilidade, conforto termoacústico e facilidade de manutenção. Com isso, este sistema tem potencial para ser aplicado em projetos para residências populares.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistemas construtivos. Wood frame. Sustentabilidade.

**ABSTRACT**

*Civil construction is one of the sectors that generate the most jobs in Brazil, being of great relevance to the country's economy. On the other hand, it is a sector that causes great environmental impacts. In the attempt of new possibilities that seek to reduce the use of natural resources, industrialized systems stand out. The present work aims to compare the conventional masonry construction system with the Wood frame method. The Wood frame is composed of a structural system in reforested wood, coated with panels. Thus, this work seeks to analyze the advantages and disadvantages of the Wood frame system in relation to the traditional one, through a comparative analysis, developed from bibliographic studies, evaluating points such as construction cost, thermoacoustic comfort, sustainability and environmental aspects, fire resistance and maintenance. For each of the points, weights and grades were assigned, and the feasibility value was calculated, granted by a mathematical equation, thus serving as a general parameter for the evaluation. Therefore, it was possible to verify that the Wood frame method presented advantages in the results obtained, especially in the points sustainability, thermoacoustic comfort and ease of maintenance. With this, this system has the potential to be applied in projects for popular residences.*

**KEYWORDS:** Construction systems. Wood frame. Sustainability.

**RESUMEN**

*La construcción civil es uno de los sectores que más empleos generan en Brasil, siendo de gran relevancia para la economía del país. Por otro lado, es un sector que causa grandes impactos ambientales. En el intento de nuevas posibilidades que buscan reducir el uso de los recursos*

<sup>1</sup> Ulbra - Universidade Luterana do Brasil - Carazinho - RS.

<sup>2</sup> Professora Orientadora - Ulbra - Universidade Luterana do Brasil - Carazinho - RS.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ESTUDO AVALIATIVO DO SISTEMA WOOD FRAME EM COMPARAÇÃO AO SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL PARA RESIDÊNCIAS POPULARES  
Érico Clévio da Roza, Julia Favretto

*naturales, se destacan los sistemas industrializados. El presente trabajo tiene como objetivo comparar el sistema de construcción de mampostería convencional con el método de marco de madera. El marco de madera está compuesto por un sistema estructural en madera reforestada, recubierto con paneles. Así, este trabajo busca analizar las ventajas y desventajas del sistema de marco de madera en relación con el tradicional, a través de un análisis comparativo, desarrollado a partir de estudios bibliográficos, evaluando puntos como el costo de construcción, el confort termoacústico, la sostenibilidad y los aspectos ambientales, la resistencia al fuego y el mantenimiento. Para cada uno de los puntos, se asignaron pesos y calificaciones, y se calculó el valor de factibilidad, otorgado por una ecuación matemática, sirviendo así como parámetro general para la evaluación. Por lo tanto, fue posible verificar que el método del marco de madera presentó ventajas en los resultados obtenidos, especialmente en los puntos de sostenibilidad, confort termoacústico y facilidad de mantenimiento. Con esto, este sistema tiene el potencial de ser aplicado en proyectos para residencias populares.*

**PALABRAS CLAVE:** *Sistemas constructivos. Marco de madera. Sostenibilidad.*

### 1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história a construção civil sempre procurou atender às necessidades básicas do ser humano. No entanto, com o decorrer dos anos, vem se preocupando cada vez mais com a segurança, conforto e sustentabilidade das edificações, principalmente com o desenvolvimento de novos materiais, métodos e técnicas construtivas e autossustentáveis.

A definição de sustentabilidade mais conhecida é a da Comissão *Brundtland* (WCED, 1987), a qual considera que o desenvolvimento sustentável deve satisfazer às necessidades da geração presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras. Essa definição deixa claro um dos princípios básicos de sustentabilidade, a visão de longo prazo, uma vez que os interesses das futuras gerações devem ser analisados.

O conceito de sustentabilidade é decorrente do debate sobre desenvolvimento sustentável, que teve início na primeira Conferência Internacional das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano (*United Nations Conference on the Human Environment*), realizada em 1972 na cidade de Estocolmo, capital da Suécia. Esse conceito de desenvolvimento sustentável refere-se ao modo de desenvolvimento que tem o objetivo de alcançar a sustentabilidade. Ele trata do processo de manutenção do equilíbrio entre a capacidade do ambiente e as demandas por igualdade, prosperidade e qualidade de vida da população humana (CIB, 2002).

A adequação de práticas sustentáveis na construção civil vem se tornando uma tendência cada vez mais crescente no ramo da construção. É um caminho sem volta, pois cada vez mais consumidores investidores e órgãos públicos cobram por obras construídas de maneira ecologicamente correta. Cada vez mais o setor da construção precisa adequar sua forma de construir e gerenciar suas obras. Deve-se buscar, em cada obra, soluções economicamente viáveis e sustentáveis para o empreendimento (CORRÊA, 2009, p. 21).

Para o Conselho Internacional para Pesquisa e Inovação em Construção (CIB), construção sustentável é “o processo holístico para restabelecer e manter a harmonia entre o ambiente natural e



construído e criar estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica” (CIB, 2002, p. 82).

A noção de construção sustentável deve estar presente em todo o ciclo de vida do empreendimento, desde sua concepção até sua requalificação, desconstrução ou demolição. É necessário um detalhamento do que pode ser feito em cada fase da obra, demonstrando aspectos e impactos ambientais e como estes itens devem ser trabalhados para que se caminhe para um empreendimento que seja: uma ideia sustentável, uma implantação sustentável e uma moradia sustentável. A sustentabilidade urbana é um assunto emergente, conforme Lazaroiu e Roscia (2012).

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma análise comparativa de sustentabilidade ambiental entre os métodos construtivos de Alvenaria Convencional e Sistema *Wood Frame*, desde a emissão de poluentes na fabricação de suas respectivas matérias primas que serão utilizadas na construção, da sustentabilidade no decorrer da obra até a utilização do imóvel ao longo de sua vida útil.

## **2.MÉTODOS CONSTRUTIVOS**

Com o crescimento da população mundial, também aumentou a necessidade de novas residências, gerando um maior consumo de recursos no setor da construção civil e conseqüentemente uma maior contribuição para o aquecimento global. Segundo Bolsoni (2020, p 12), em 2010, o setor da construção civil foi responsável por 32% do consumo total de energia, 19% dos gases do efeito estufa, 40% dos resíduos sólidos urbanos, 75% dos recursos naturais extraídos do planeta.

O Sistema construtivo pode ser definido com um conjunto de métodos analíticos e executivos que reunidos visam à criação de um empreendimento (CASTELAR, 2017, p.18). Eles são muitos variados e cada um tem vantagens e desvantagens dependendo do clima, distância da fonte de suprimento, orçamento, estilo e aparência desejada (BOLSONI, 2020, p.14). Para escolher o melhor método construtivo é preciso levar em conta a finalidade, o prazo para a construção, o investimento e também é preciso considerar o impacto ambiental que o empreendimento irá causar (CASTELAR, 2017, p. 18).

De acordo com Bolsoni (2020, p. 16) construções pesadas são recomendadas para locais onde há grande diferença de temperatura diurna e noturna, elas também têm mais energia incorporada, necessitam de uma maior fundação, também causa maior impacto e perturbação no local, grande parte de seus insumos são extraídos ou processados com alto impacto ambiental.

Construções leves, no sistema *Wood frame*, tem menor energia incorporada, geram menos uso de energia total, especialmente em lugares onde a diferença de temperatura diurna é baixa, responde rapidamente a mudanças de temperatura, gerando benefícios consideráveis em climas quentes, resfriando rapidamente o ambiente ou o inverso (BOLSONI, 2020 p. 17).

Conforme Bolsoni (2020), os fatores que devem influenciar na escolha de um sistema construtivo de uma residência são a sua durabilidade e vida útil, levando em consideração o custo-

benefício do ciclo de vida do imóvel bem como o consumo de energia utilizado no decorrer do tempo pelo imóvel. Também se deve observar a disponibilidade de mão de obra e de materiais, procurando evitar o transporte dos insumos de locais muito distantes.

## 2.1 Sistema convencional

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

A utilização da alvenaria convencional é influente em construções brasileiras; um sistema elaborado de modo rústico com métodos construtivos tradicionais concedidos sem mão de obra qualificada (SILVA, 2003).

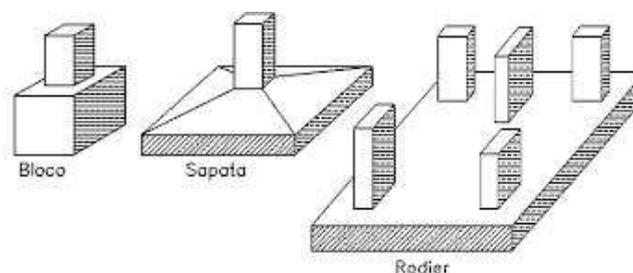
Rodrigues (2018) ressalta que a alvenaria de vedação não tem função estrutural. As cargas da edificação, salvo pequenas cargas de móveis, decoração etc., devem ser absorvidas pela estrutura, ou seja, pelos pilares, vigas, lajes e a fundação, elementos geralmente moldados *in loco*, por formas de madeira. No método construtivo convencional, as paredes não devem resistir às cargas verticais além de seu próprio peso, tornando-se apenas um sistema de vedação e estabelecendo condições mínimas de instalação para o habitante.

### 2.1.1 Fundações

Com relação à 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 ela não ocasione a ruptura do solo (PORTO; 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. A Figura 1 abaixo ilustra os tipos de Fundações para residências de pequeno porte.

Figura 1: Tipos de fundações mais usadas no sistema convencional



Fonte: Carvalho (2015)

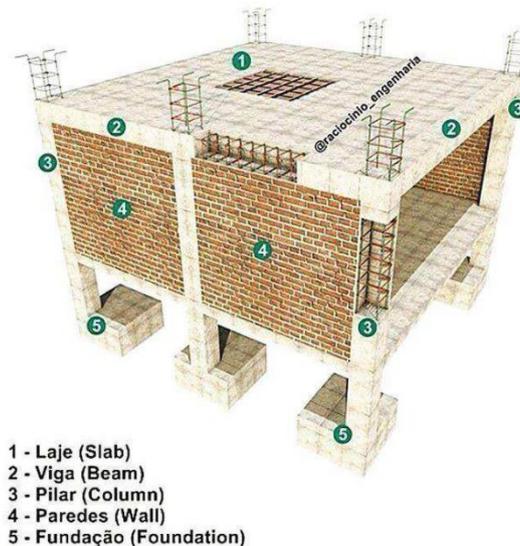
### 2.1.2 Pilares, vigas e lajes

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.

As 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 conhecidas 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; SANTOS, 2003). Abaixo a Figura 2 mostra a combinação de uma estrutura.

Figura 2: 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)

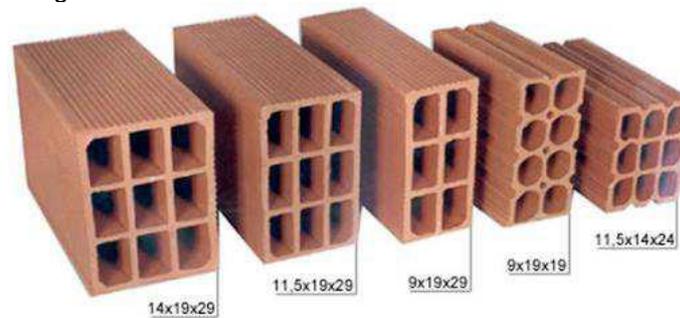
### 2.1.3 Alvenaria e blocos cerâmicos

O termo alvenaria se refere ao conjunto de blocos cerâmicos justapostos, assentados por argamassa apropriada, formando 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; NESE, 2010).

Conforme Rodrigues (2018), a alvenaria de vedação não tem função estrutural. As cargas da edificação devem ser absorvidas pela estrutura, ou seja, pelos pilares, vigas, lajes e a fundação, elementos geralmente moldados no canteiro de obras, por formas de madeira.

Os blocos cerâmicos são componentes em forma de um prisma reto, que possuem furos perpendiculares às 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). Os Blocos estão disponíveis no mercado em diferentes dimensões, conforme a Figura 3.

Figura 3: Blocos cerâmicos com dimensões diferentes



Fonte: Monteiro (2018)

#### 2.1.4 Argamassa para 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 melhoram a trabalhabilidade da mistura.

Com relação à 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). A Figura 4 abaixo indica com deve ser feito a Elevação de alvenaria.

Figura 4: Elevação de alvenaria



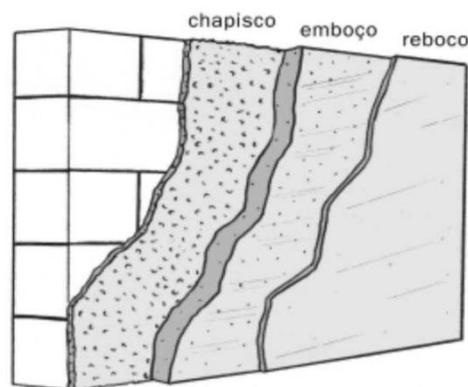
Fonte: Campos (2012)

### 2.1.5 Chapisco, emboço e reboco

De acordo com 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 um acabamento final.

Estes revestimentos se dividem basicamente em três: chapisco, emboço e reboco, conforme ilustra a Figura 5, 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 5: Revestimentos de argamassa



Fonte: ABCP *et al.* (2020)

Conforme a ABNT NBR 13529, define-se chapisco como a camada de preparo da base, constituída de mistura de cimento, areia e aditivos, aplicada de forma contínua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento.

De acordo com Yazigi (2009), o emboço é uma camada de massa grossa aplicada sobre a superfície previamente chapiscada e após o prazo de cura (no mínimo três dias). Para áreas

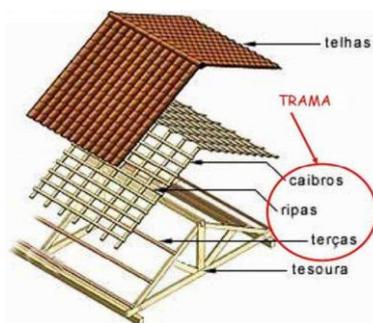
externas, é adotado um traço de 1:2:6, e internas 1:2:8, sendo uma parte de cimento, duas de cal hidratada e seis ou oito de areia média.

A última das camadas de revestimento com argamassa é o reboco, 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).

#### 2.1.6 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. A Figura 6 mostra os Componentes básicos de uma cobertura.

Figura 6: Componentes de uma estrutura de cobertura em madeira e telhas cerâmicas



Fonte: Silva (2017)

#### 2.1.7 Instalações elétricas e hidráulicas

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 são feitos um "rasgo" na parede onde serão alocados os elementos, ficando outra parte no entre forro/cobertura e/ou no solo. (FÓRUM DA CONSTRUÇÃO, 2019). A Figura 7 ilustra a tubulação sendo instalada.

Figura 7: Instalações no sistema convencional



Fonte: Cotanet (2017)

## 2.2 Sistema Wood frame

De origem norte-americana, o progresso do sistema construtivo Wood frame é definido pela praticidade, redução de prazos para montagem e custos quando comparado à construção no sistema convencional, devido aos elementos que estão conectados a outros elementos (GARCIA *et al.*, 2014). É um sistema consolidado em diversos países, nos Estados Unidos é utilizado há mais de 150 anos, correspondendo a 90 % das casas e construções de pequeno porte. (THALLON, 2008).

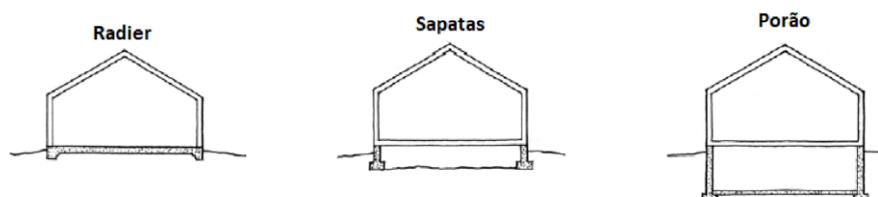
O sistema é constituído por quadros estruturais de peças de madeira maciça e com fechamento em chapas de OSB (*Oriented Strand Board*, painel de tiras orientadas, em português). É formado por montantes e travessas de madeira de pequena seção (em torno de 4 cm x 9 cm). O espaçamento varia entre 40 cm e 60 cm, dependendo da necessidade estrutural nos eixos verticais (BURROWS, 2014; ESPINOLA; MORAES, 2008; SINAT, 2017).

### 2.2.1 Fundações

Conforme Thallon (2008), a fundação consiste em suportar estruturalmente a edificação, mantendo-a nivelada, resistindo a força horizontal (vento), minimizar os efeitos de acomodação no solo, além de manter a estrutura de madeira elevada em relação a cota do solo, protegendo-a contra agentes degradadores e umidade provenientes do solo.

Para escolher qual o tipo de fundação, é necessário ter algumas informações do local onde ela será construída, como clima, tipo de solo, bem como as dimensões e peso da estrutura (THALLON, 2008). Thallon (2008) afirma que os tipos de fundação mais utilizados nos Estados Unidos são do tipo porão, sapatas e “*slab-on grade*”, como mostra Figura 8:

Figura 8: Tipos de fundação utilizados no sistema Wood frame.

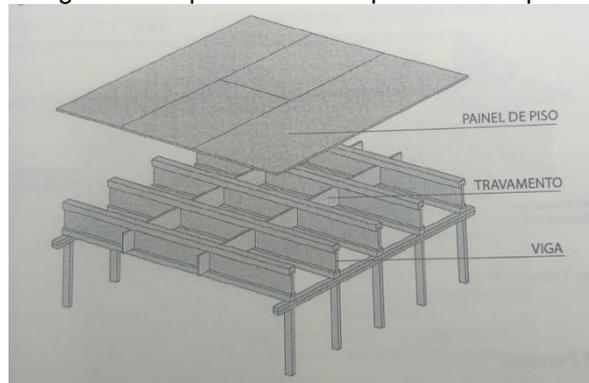


Fonte: adaptado de THALLON, (2008)

### 2.2.2 Pisos e entrepiso

Os painéis de pisos são compostos por vigas distribuídas em paralelo, travamento no sentido perpendicular às vigas e as chapas de OSB, onde será colocado o piso (SILVA 2004; THALLON, 2008). Eles serão apoiados diretamente sobre uma estrutura de fundação ou sobre as estruturas de parede, no caso de a edificação ter mais de um pavimento (SILVA; CUNHA; CÉSAR, 2020), conforme mostra a Figura 9.

Figura 9: Esquema dos componentes de piso



Fonte: Silva (2004)

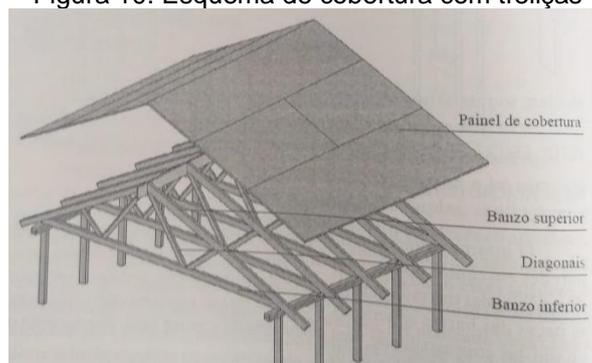
### 2.2.3 Paredes

Os painéis de parede do sistema Wood frame são formados por montantes e travessas inferiores e superiores e vergas, contravergas, chapas de fechamento interno e externo (OSB), membrana hidrófugas, *sidings* (tapumes) ou chapas cimentícias (SILVA, 2004; VELLOSO, 2010).

### 2.2.4 Telhado

O sistema de treliças pré-fabricadas de madeira é método mais usual para a cobertura de construção em Wood frame, a distribuição das treliças pode obedecer à modulação dos montantes dos painéis de parede ou a espaçamentos maiores, intercalando com os montantes (SILVA; CUNHA; CÉSAR; 2020). Para Velloso (2010), o distanciamento entre as treliças da cobertura pode variar entre 60cm e 120cm. A Figura 10 mostra a disposição das treliças.

Figura 10: Esquema de cobertura com treliças

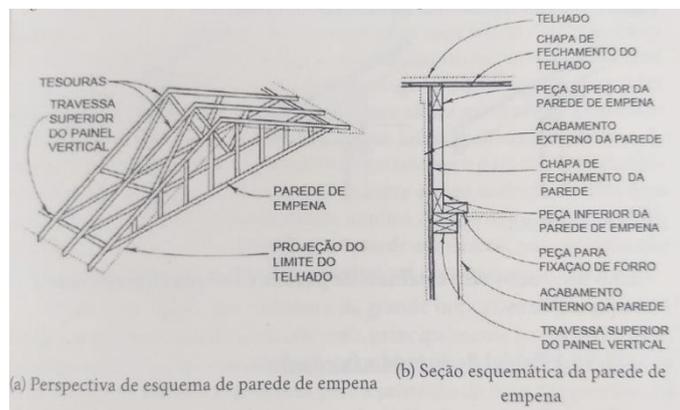


Fonte: Silva (2004)

Segundo Bolsoni (2020), com a utilização de treliças industrializadas é possível reduzir o peso da cobertura em até 40 %, pois as seções dos materiais que a compõem são de pequenas dimensões. Conforme destacam Silva (2004) e Zaparte (2014), uma das vantagens do uso de treliças é o fato delas se apoiarem apenas nas paredes externas da edificação, possibilitando maior liberdade para a distribuição dos espaços internos.

As últimas tesouras, alinhadas às paredes limites da edificação podem vir a ser substituídas por paredes de empina, conforme afirma Rob Thallon (2008), conforme apresentado na Figura 11.

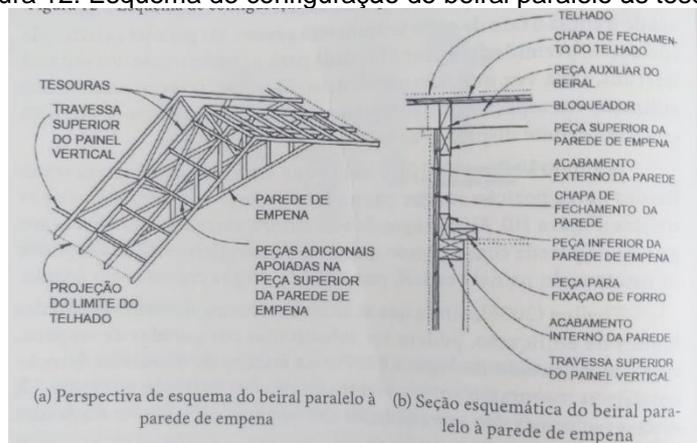
Figura 11: Esquema da parede de empina substituindo última tesoura



Fonte: Thallon (2008)

Já para a criação de beirais na direção paralela às tesouras, Rob apresenta outro recurso conforme ilustrado na Figura 12.

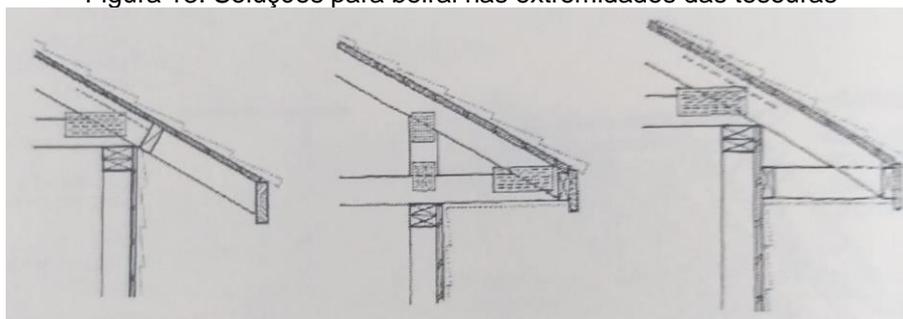
Figura 12: Esquema de configuração do beiral paralelo às tesouras



Fonte: Thallon (2008)

Para os beirais das tesouras, as soluções estão ilustradas na Figura 13.

Figura 13: Soluções para beiral nas extremidades das tesouras



Fonte: Thallon (2008)



### 2.2.5 Revestimento externo

Para o revestimento externo no sistema Wood frame, há uma gama maior de materiais para esta finalidade, diferente do sistema convencional que possui apenas o reboco como opção. Placa cimentícia, madeira, PVC são alguns dos materiais indicados para o revestimento externo conforme destaca Bolsoni (2020).

### 2.2.6 Manta hidrófuga

As mantas hidrófugas agem como um obstáculo para a umidade, impedem que a água ingresse na edificação, também atuam como um bloqueio contra o vapor e condensação, deixando o material interno respire no sentido dentro para fora. Também são eficazes contra o vento, calor e poeira, permitindo uma ventilação adequada das partes internas das paredes, permitindo a saída da umidade. As mantas devem ser instaladas sobre a estrutura ou em cima das chapas de contraventamento, antes do revestimento externo (BOLSONI, 2020).

### 2.2.7 Contraventamento

De acordo com Bolsoni (2020), o contraventamento oferece rigidez e estabilidade na configuração estrutural contra forças laterais como vento. No dimensionamento do contraventamento devem ser analisados os defeitos geométricos das peças, as excentricidades inevitáveis dos carregamentos e os efeitos de segunda ordem decorrentes das deformações das peças fletidas.

## 2.3 Conforto termoacústico

### 2.3.1 Conforto térmico

De acordo Ruas (1999), o conforto térmico se dá quando o indivíduo sente uma sensação de conforto no lugar onde se encontra. Esta sensibilidade é consequência de uma série de elementos, 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 as roupas usadas pelos indivíduos.

O conforto térmico age como uma barreira na transmissão de calor que é necessária para manter o imóvel quente no inverno e fresco no verão (BOLSONI, 2020, p. 64). O imóvel bem isolado e projetado disponibilizará bem-estar durante o ano todo aos seus usuários, reduzindo gastos com a conta de energia elétrica, diminuindo também a emissão de gases de efeito estufa, contribuindo para o combate ao aquecimento global. O isolamento térmico deve atender às variações de temperatura.

A madeira é um excelente isolante térmico natural decorrente de sua configuração celular, com baixa condução térmica se comparado a outros materiais de construção. A condutividade da madeira é cerca de 1700 vezes menor que a do alumínio, 400 vezes menor que a do aço, 10 vezes menor que a do concreto e 6 vezes menor que a do tijolo e vidro (BOLSONI, 2020, p. 64). Com uma condutividade térmica mais baixa, a madeira minimiza a ocorrência de pontes térmicas, com o



ambiente externo, transformando o em um sistema mais responsivo aos equipamentos de aquecimento e refrigeração.

### 2.3.2 Conforto acústico

Conforto Acústico, por sua vez, pode ser identificado como a percepção auditiva de conforto em um determinado ambiente, proporcionando que os indivíduos possam executar suas tarefas sem desvios de atenção, provocados por barulhos demasiados internos ou externos. Os materiais utilizados nas edificações interferem diretamente no conforto acústico de um ambiente, uma vez que possuem propriedades acústicas, ou seja, eles transmitem, refletem ou absorvem os sons (CA2, 2019).

Segundo Bolsoni (2020), o isolamento acústico é obtido por uma barreira de massa suficiente para absorver a energia sonora. Em construções de Wood frame, a cavidade da estrutura proporciona uma almofada de ar que recebe parte da energia sonora. Obstáculos acústicos podem ser utilizados, instalando-se mantas especiais entre os montantes da estrutura.

A verificação das vedações verticais e horizontais externas e internas, deve ser realizada, de acordo com a NBR 15575:2013 por meio de ensaio acústico realizado na edificação. 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).

## 2.4 Sustentabilidade ambiental e econômica

A construção civil é um dos mais importantes setores econômicos do país. Também é considerada uma atividade responsável por causar grandes impactos ambientais, como causador 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).

Segundo Sousa (2015), a sustentabilidade pode ser identificada como o conjunto de atividades e ações humanas com a finalidade de satisfazer aos interesses do homem atualmente sem afetar ou pôr em risco as gerações futuras. As práticas sustentáveis são as que buscam o desenvolvimento econômico, minimizando ao máximo as agressividades ao meio ambiente, explorando recursos naturais de maneira consciente, sendo assim conter um esgotamento prematuro dos recursos naturais.

No âmbito econômico, a sustentabilidade procura promover o acesso aos recursos dentro dos limites do que é ecologicamente aceitável, de forma a não ferir os direitos humanos básicos. Deve analisar uma logística de produção dos bens de consumo, integrando o uso eficiente dos recursos (CIB, 2000).



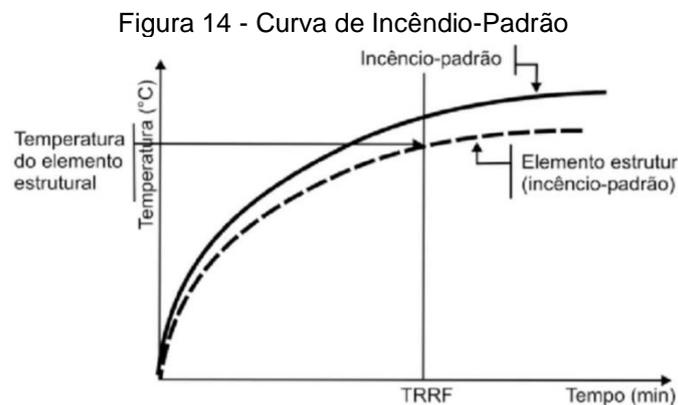
## 2.5 Resistência e manutenção

### 2.5.1 Resistência ao fogo

A NBR 14432 (ABNT,2001) determina os critérios a serem cumpridos pelos componentes estruturais e de compartimentação da edificação, de forma a impedir a ruptura da estrutura em condição de incêndio. Os elementos que compõem a estrutura devem satisfazer os requisitos de estanqueidade e isolamento em tempo satisfatório para permitir a saída dos indivíduos que ocupam a edificação em posição 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).

Araújo (2019) ainda destaca que para estabelecer o intervalo de tempo exigido para que a estrutura sustente as cargas extras causadas pelo aumento da temperatura, foram adotadas curvas de incêndio padronizadas que devem servir como modelo para verificações experimentais, empregadas em estudos em que não há indicadores precisos com relação às temperaturas envolvidas. Esta curva é denominada de incêndio-padrão.

A curva de incêndio padrão tem como aspecto principal ter apenas um ramo ascendente, pois, a temperatura dos gases aumenta no decorrer do tempo, como também independe das características do ambiente e da carga de incêndio (SILVA *et al.*, 2006). A Figura 14 apresenta a Curva de incêndio.



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

Embora seja um material inflamável, a madeira pode proporcionar boa resistência ao fogo. As camadas externas sofrem carbonização, desacelerando a propagação do calor para o interior da seção e preservando por um maior tempo a resistência mecânica da peça (BOLSONI, 2020, p. 33).

### 2.5.2 Manutenção

De acordo com Villanueva (2015), a realização de manutenção tem como consequência direta o prolongamento da durabilidade e da vida útil da edificação. No entanto, as práticas de manutenção ainda não são tão comuns no Brasil, são poucos os usuários que fazem a manutenção preventiva.



De acordo com a NBR 5.674:2012 as edificações requerem manutenções eficientes para atingirem um tempo de vida útil maior. Conforme a mesma norma, manutenção indica um conjunto de ações que devem ser executadas de forma a restaurar a capacidade de operação de uma edificação, correspondendo com segurança às necessidades de seus usuários (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012).

## 2.6 Orçamento

Conforme Mattos (2006), a palavra orçamento indica a estimativa dos custos e o resultante estabelecimento do preço de venda de uma edificação, sendo, um exercício de previsão. Há diversos itens que interferem 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.

Ainda de acordo com Mattos (2006), 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.

## 3 MÉTODO

De acordo com Bendix (1963), comparar é uma tarefa muito importante na procura do entendimento de certos fatos, e Tilly (1964) afirma que o método comparativo proporciona, através da utilização de similaridades e desigualdades, estabelecer os princípios de variação ou padrões de um fenômeno.

Conforme Fachin (2001), o método comparativo abrange em uma análise e explicação baseada em semelhanças e diferenças. Esta metodologia, possibilita uma avaliação de informações precisas, deduzindo igualdades e diferenças de itens e proporcionando uma análise de caráter indireto.

### 3.1 Metodologia comparativa

O método comparativo utilizado no presente trabalho é *embasado* nos trabalhos Melo (2019) e Almeida (2021). O primeiro analisou a aplicabilidade de sistemas construtivos alternativos em construções residenciais de médio e alto padrão, enquanto Almeida (2019) considerou a viabilidade do sistema construtivo alternativo Wood frame para Habitações de Interesse Social (HIS) em comparação ao Sistema Convencional.

Sendo assim, a partir das notas e dos pesos, Melo (2019) e Almeida (2021) alcançaram uma nota geral de desempenho para cada um dos sistemas construtivos avaliados, através de uma equação de viabilidade que interliga as notas e os pesos atingidos em cada critério analisado, dado pela equação 01.



Equação 1: Viabilidade

$$V = \frac{(N1 \times P1) + (N2 \times P2) + \dots + (Nn \times Pn)}{P1 + P2 + \dots + Pn} \quad \text{Eq. 1}$$

Fonte: Almeida (2021)

Onde,

V = Viabilidade

N = Nota para o critério avaliado

P = Peso do critério

Os dois autores, através de uma revisão bibliográfica, colheram informações qualitativas e quantitativas referentes a alguns critérios de análise de viabilidade de edificações em distintos métodos construtivos, como custo, conforto termoacústico, durabilidade, sustentabilidade, resistência ao fogo, entre outros; e concederam notas de eficácia para cada um dos requisitos avaliados.

Portanto, os trabalhos de Melo (2019) e Almeida (2021) atribuíram notas que alternam de 1 a 5, seguindo a mesma lógica, onde a nota mínima indicava baixo desempenho e a nota máxima um ótimo desempenho.

Ambos os autores concederam pesos que variam de 1 a 3. A distribuição desses pesos se explica pela questão 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.

Desta forma, embasado nas metodologias de Melo (2019) e Almeida (2021), o presente trabalho submeteu a apresentar a viabilização do método construtivo Wood frame em comparação ao convencional, descrevendo por meio de estudo comparativo, as vantagens e desvantagens de ambos os sistemas.

### 3.2 Critério de pesos

Com respeito ao peso dos critérios analisados por Melo (2019) e Almeida (2021), eles foram concedidos considerando uma escala que varia de 1 a 3. O peso 1 foi atribuído a critérios considerados pouco relevantes, o peso 2 a critérios considerados relevantes e o peso 3 a critérios considerados muito relevantes. O Quadro 1 apresenta a escala de pesos a serem atribuídos aos critérios avaliados.

Quadro 1: Pesos

Pouco relevante	Relevante	Muito relevante
1	3	5

Fonte: Almeida (2021)



### 3.3 Critério de notas

Para destinar as notas para cada um dos critérios, Melo (2019) e Almeida (2021) propuseram uma escala que associa o desempenho do método construtivo, no critério avaliado, com notas que variam de 0 a 5. Quando o sistema construtivo teve um péssimo desempenho, a nota atribuída considerada foi entre 0 e 1, ruim entre 1,1 e 2, regular de 2,1 a 3, bom entre 3,1 e 4 e excelente entre 4,1 e 5. O Quadro 2 mostra a escala de notas a serem atribuídas aos critérios avaliados.

Quadro 2: Notas

Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Excelente
0 até 1	1,1 até 2	2,1 até 3	3,1 até 4	4,1 até 5

Fonte: Almeida (2021)

### 3.4 Requisitos avaliativos

Os requisitos analisados na verificação do sistema Wood frame em comparação ao sistema convencional foram os seguintes:

- Custo de construção;
- Conforto termoacústico;
- Sustentabilidade e aspectos ambientais;
- Manutenção e
- Resistência ao fogo.

### 3.5 Justificativa aos pesos atribuídos

De acordo com Almeida (2021), o requisito custo de construção foi considerado muito relevante (peso 3), devido às Habitações de Interesse Social serem destinadas a pessoas de baixa renda, com objetivo de reduzir o *déficit* habitacional do país, o custo tem grande importância segundo Anversa (2020).

O requisito conforto termoacústico considerou-se relevante (peso 2), pois a qualidade e eficiência de uma casa, conforme Arantes (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, devendo estar dentro dos valores normatizados.

O requisito sustentabilidade e aspectos ambientais também foi considerado muito relevante (Peso 3) pois, a construção civil é um dos setores que mais atingem o meio ambiente, se fazendo necessário a adoção de processos que reduzam os impactos ambientais (CALVI, 2018).

A resistência ao fogo foi considerada como um critério muito relevante (Peso 3), pois este requisito está relacionado à segurança pessoal e patrimonial dos usuários, ou seja, um incêndio poderia dar origem a danos irreparáveis aos usuários e quanto menor a renda da família, mais substancial são as perdas; além disso, um incêndio oferece enormes riscos aos usuários quando expostos a chamas, como queimaduras e inalação de fumaça (CASMET, 2019).



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ESTUDO AVALIATIVO DO SISTEMA WOOD FRAME EM COMPARAÇÃO AO SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL PARA RESIDÊNCIAS POPULARES  
Érico Clévio da Roza, Julia Favretto

No quesito manutenção, o critério a ser considerado será o pouco relevante (Peso 1) devido às limitações deste trabalho, que atentou-se tão somente à facilidade de reparos promovido por cada um dos sistemas. Mas é válido salientar que a manutenção das edificações, conforme Villanueva (2015), é de enorme importância, pois sua ausência é responsável por diversas anomalias e patologias. O Quadro 3 apresenta os pesos.

Quadro 3 - Resumo: pesos atribuídos aos parâmetros comparativos

Parâmetro	Relevância	Peso
Custo	Muito relevante	3
Conforto termoacústico	Relevante	2
Sustentabilidade	Muito relevante	3
Manutenção	Pouco relevante	1
Resistência ao fogo	Muito relevante	3

Fonte: Almeida (2021)

### 3.6 Considerações sobre o estudo comparativo

O sistema Wood frame é um sistema ainda com pouco uso no Brasil, por diversos fatores, devido a este motivo, o estudo comparativo mostra certas limitações. Assim, para comparar os dois sistemas foram levadas em conta as seguintes considerações.

No comparativo de custos, os estudos referentes a habitações em Wood frame disponíveis na literatura nem sempre levam em conta que as Habitações de Interesse Social, o tamanho e o padrão da edificação, tem influência direta no custo. Por este motivo, foram considerados apenas estudos que analisaram habitações semelhantes às Habitações de Interesse Social.

É importante salientar, que na comparação dos custos, considerou-se unicamente os gastos diretos, os gastos indiretos são mais difíceis de serem mensurados como por exemplo o custo com o transporte de materiais são mais difíceis de serem estimados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Custo

O trabalho realizado por Oliveira *et al.*, (2019) analisou os métodos construtivos *Wood Frame* e alvenaria convencional e constatou que uma casa popular construída em Wood Frame é 10% mais barata que pelo sistema convencional, sendo, assim, um sistema economicamente viável e competitivo em comparação ao método tradicional. Os custos com a mão de obra são os mais relevantes, no sistema Wood Frame a mão de obra se torna mais barata devido à agilidade na construção e por se tratar de um processo mais industrializado, muitas partes dos componentes já chegam à obra montados.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ESTUDO AVALIATIVO DO SISTEMA WOOD FRAME EM COMPARAÇÃO AO SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL PARA RESIDÊNCIAS POPULARES  
Érico Clévio da Roza, Julia Favretto

Os gastos detectados pelo trabalho de Oliveira *et al.*, (2019) estão fornecidos no quadro, através do qual percebe-se que, em um comparativo aos custos dos materiais, obteve um decréscimo em torno de 13% em comparação ao método convencional. No entanto, os custos com mão de obra e equipamentos ficaram, respectivamente, em torno de 50 e 56% menor no Wood frame. O Quadro 4 apresenta os custos diretos.

Quadro 4: Custos direto dos sistemas alvenaria convencional e Wood frame

	<b>Alvenaria convencional</b>	<b>Wood frame</b>
Equipamentos	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: Oliveira *et al.* (2019)

Souza (2013) avaliou uma casa unifamiliar de 51m<sup>2</sup> e concluiu que os custos do sistema Wood frame são cerca de 12,5% mais baixo que no sistema de alvenaria convencional, os valores alcançados na análise da autora estão representados no Quadro 5, abaixo.

Quadro 5: Custos direto dos sistemas alvenaria convencional e Wood frame

	<b>Alvenaria convencional</b>	<b>Wood frame</b>
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: Souza (2013)

As informações apresentadas indicam, dentro das limitações das avaliações realizadas, que o gasto direto total para construção de uma habitação popular com área entre 33 e 50m<sup>2</sup> deve ficar em torno de 10% menor no sistema Wood frame na comparação com o sistema de alvenaria convencional. Deste modo, os dois sistemas foram considerados como bons no requisito custo. O método em Wood frame ficou com a nota 4,0 e o Sistema de alvenaria convencional com a nota 10% menor, sendo 3,6 a nota, mantendo, assim, uma proporcionalidade das notas em relação aos custos apresentados. O Quadro 6 apresenta as notas atribuídas.

Quadro 6: Notas atribuídas ao critério custo

	<b>Péssimo 0 até 1</b>	<b>Ruim 1,1 até 2</b>	<b>Regular 2,1 até 3</b>	<b>Bom 3,1 até 4</b>	<b>Excelente 4,1 até 5</b>
<b>Convencional</b>				3,6	
<b>Wood frame</b>				4,0	

Fonte: autor (2022)



#### 4.2 CONFORTO TERMOACÚSTICO

De acordo com Brauhardt (2016), a eficiência térmica de vedações verticais (paredes), e seu potencial para residências populares, mostrou quatro tipos de formatação 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 efetuar uma avaliação dos aspectos térmicos, desenvolvendo o cálculo das propriedades térmicas dos materiais, observadas na normalização brasileira.

No sistema Wood frame as paredes foram desenhadas com uma altura de 150cm e espessura de 13,5cm. Já na 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 15.

Figura 15: Cálculo das propriedades térmicas de vedações verticais analisadas por Brauhardt (2016)

Vedação	Resistência Térmica (W/m <sup>2</sup> K)	Transmit. Térmica (KJ/m <sup>2</sup> k)	Capacidade Térmica (KJ/m <sup>2</sup> 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

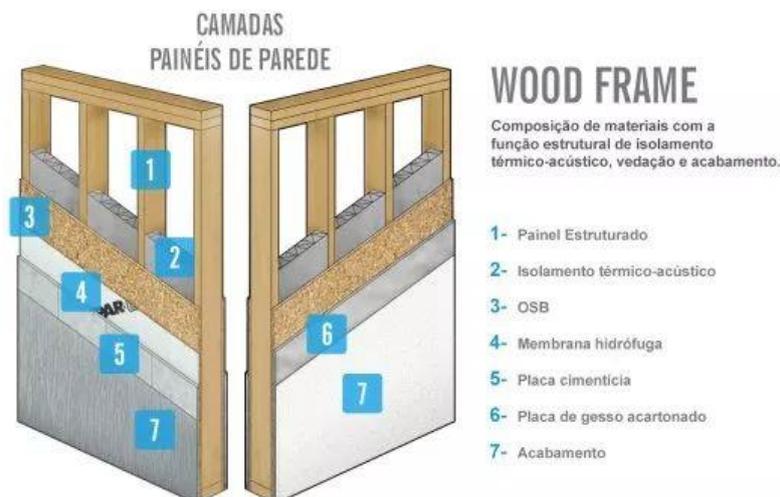
Alv. =	Alvenaria com blocos cerâmicos
W1 =	Wood Frame com câmara de ar não ventilada
W2 =	Wood Frame com lã de vidro e câmara de ar não ventilada
W3 =	Wood Frame com lã de vidro

Fonte: Brauhardt (2016)

Conforme conclui Brauhardt (2016), a partir do cálculo das características térmicas das vedações verticais, os painéis do sistema *Wood Frame* obtiveram um bom desempenho térmico na comparação com o sistema de alvenaria, principalmente no critério resistência e transmissão térmica. Segundo o autor, como a madeira apresenta baixa condutividade térmica, e com a utilização de componentes adicionais como câmaras de ar e isolantes térmicos como a lã de vidro, apresenta uma redução ainda maior na passagem de calor em comparação à alvenaria. Para Brauhardt o sistema Wood frame pode ser uma opção possível na produção de habitação social, por ser um sistema fortalecido em países de primeiro mundo.

No quesito conforto acústico, Murari, Pablos e Stamato (2017) analisaram uma habitação popular em Wood frame, situada em um condomínio de casas, na cidade de São Carlos-SP, como sua vedação vertical externa é composta por montantes de madeira pinus com seção de 3,8x9cm e revestida em ambas as faces por chapas de OSB (*Oriented Strand Board* ou em português, chapa de tiras de madeira orientadas) de 1,2cm de espessura, e internamente por placas de gesso acartonado com 1,25cm de espessura, manta hidrófuga e ripas de pinus com 2,2cm de espessura. Na Figura 16 está demonstrado como é a estrutura avaliada pelos autores.

Figura 16: esquema de vedação vertical externa avaliada



Fonte: internet (2022)

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: O Quadro 7 apresenta os níveis de vedação vertical externa medidos através de ensaios em campo.

Quadro 7 - Níveis de desempenho de vedação vertical externa medidos através de ensaios em campo

Frequência (hz)	Classe de ruído	D2m,nt,w (db)	Nível de desempenho
Aguda	I	47,1	S
Média	I	40,6	S
Grave	I	31,6	S

Fonte: Murari, Pablos e Stamato (2017)

O quadro 06 apresenta o nível de eficiência da vedação vertical avaliada por Murari, Pablos e Stamato (2017), ele se mostrou superior em todas as faixas de frequências consideradas, para habitações distantes de fontes de barulho intenso (classe I) e, mesmo para residências 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.

De acordo com os trabalhos relatados, a eficácia do desempenho termoacústico foi considerado, dentro da escala qualitativa, excelente para o sistema Wood frame, no entanto, para o método de alvenaria convencional foi considerado bom, uma vez que os autores concordam com relação a superioridade do sistema Wood frame. Com relação às notas, ao Wood frame foi atribuída a nota 4,5, dentro da categoria excelente. Já a alvenaria convencional ficou com a nota 3,5, sendo



assim, uma nota dentro da categoria bom. O Quadro 8 apresenta as notas atribuídas ao critério termoacústico.

Quadro 8: Notas atribuídas ao critério termoacústico

	<b>Péssimo 0 até 1</b>	<b>Ruim 1,1 até 2</b>	<b>Regular 2,1 até 3</b>	<b>Bom 3,1 até 4</b>	<b>Excelente 4,1 até 5</b>
<b>Convencional</b>				3,5	
<b>Wood frame</b>					4,5

Fonte: autor (2022)

### 4.3 SUSTENTABILIDADE

Conforme Pinto (1999), seu estudo demonstrou que a massa (grupo de materiais) utilizada na construção de uma edificação pelo sistema convencional gira em torno de 1.200 kg/m<sup>2</sup>, com 25% deste valor é o percentual de perda média dos materiais em relação à massa levada ao canteiro de obras. Isso significa que a cada metro quadrado construído são gerados 300 quilos de resíduos de desperdício.

Santos *et al.* (2016) avaliaram a utilização de água e a produção de resíduos para construção de uma residência de 37,8m<sup>2</sup> de padrão popular, para ambos os sistemas construtivos. Eles constataram que a utilização de água no Wood frame é cerca de 24% menor que o consumo em relação ao convencional. Para a unidade construída pelo método Wood frame foi utilizado 1.270,08 l de água, já no sistema convencional foram consumidos 1.669,50 l. A respeito da geração de resíduos, a mesma unidade habitacional avaliada gerou um volume de 0,65m<sup>3</sup> pelo sistema Wood frame, já a unidade construída pelo método convencional gerou 6,50m<sup>3</sup> de resíduos.

Segundo Werner (2007), dentre os sistemas estudados, o que possui menor geração de resíduos é o Wood-frame.

Castelar (2017) estudou os danos ambientais gerados na edificação de uma residência unifamiliar de 44,30m<sup>2</sup>, localizada na cidade de Florianópolis-SC. Na avaliação foram considerados quatro parâmetros: Energia Incorporada (MJ) e Emissão de CO<sub>2</sub> na produção (Kg), Energia consumida no transporte (MJ) e Emissão de CO<sub>2</sub> 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 alcançados podem ser vistos no Quadro 9.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ESTUDO AVALIATIVO DO SISTEMA WOOD FRAME EM COMPARAÇÃO AO SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL PARA RESIDÊNCIAS POPULARES  
Érico Clévio da Roza, Julia Favretto

Quadro 9: Comparação de impactos ambientais na produção e transporte de materiais

Análise ambiental					
Sistema analisado		Produção de material		Transporte do material	
Item	Sistema	EI - Energia incorporada (MJ)	CO2(Kg)	Energia gasta	CO2(Kg)
1	Convencional	65.702,73	26.053,06	1.539,26	113,91
2	Wood Frame	10.823,86	2.562,01	1.391,31	102,96

Fonte: Adaptado Castelar (2017)

Observando o quadro 08, percebe-se que o sistema convencional consumiu 65.702, 73 MJ de energia para produção dos seus materiais, enquanto o sistema Wood frame consumiu apenas 10.823, 86, uma redução de mais de 80%. Sobre a emissão de CO<sub>2</sub>, o decréscimo no método Wood Frame na comparação com o sistema convencional foi de mais de 90%. Na questão do transporte dos insumos, a energia gasta e a emissão de CO<sub>2</sub> foram razoavelmente parecidas entre os sistemas, com uma pequena variação entre ambos os sistemas.

Portanto, o sistema Wood frame foi considerado excelente no quesito sustentabilidade e danos ambientais, este método construtivo está entre os menos agressivos ao meio ambiente, em relação sistema tradicional, mas também em relação a outros sistemas. Já o sistema de alvenaria convencional nos trabalhos apresentados, não obteve um rendimento satisfatório, sendo o sistema que mais causa danos ambientais. Deste modo, a nota atribuída ao Sistema Wood frame foi 4,5, sendo considerado um sistema excelente, por outro lado a alvenaria convencional foi considerada um método regular no quesito ambiental, obtendo uma nota de 2,5. As notas atribuídas ao critério sustentabilidade são apresentadas no Quadro 10.

Quadro 10: Notas atribuídas ao critério sustentabilidade.

	Péssimo 0 até 1	Ruim 1,1 até 2	Regular 2,1 até 3	Bom 3,1 até 4	Excelente 4,1 até 5
Convencional			2,5		
Wood frame					4,5

Fonte: autor (2022)



#### 4.4 MANUTENÇÃO

O Centro Brasileiro De Construção Em Aço - CBCA (2016) salienta que solucionar um problema no sistema convencional costuma levar mais tempo, principalmente se o problema não puder ser detectado tão facilmente, tendo a necessidade de quebrar partes das paredes ou pisos, dependendo da situação, o que produziria resíduos, poeira e perturbação aos moradores. Além do mais, após finalizar o conserto, seria necessário refazer novamente os acabamentos.

Refkalefsky (2021) salienta que uma das desvantagens do sistema Wood frame no quesito manutenção é o fato de que nesse sistema tem uma necessidade maior de ficar atento a necessidade de reparos, por exemplo se um vazamento de água no sistema hidráulico ocorrer isso pode comprometer a estrutura de madeira e ocasionar o aparecimento de fungos ou outros tipos de degradação biológica.

Os autores assinalaram que o sistema Wood frame é mais funcional e rápido, há necessidade de manutenção e reparos, pelo fato de não haver a necessidade de quebrar os 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. Portanto, o sistema Wood frame foi considerado bom no quesito reparos e manutenção, e teve nota 3,5, não atingindo a excelência por exigir mais atenção que o convencional. Já o sistema convencional foi considerado regular obtendo a nota 2,5. Abaixo, no Quadro 11, as notas do critério manutenção.

Quadro 11: Notas atribuídas ao critério manutenção

	<b>Péssimo 0 até 1</b>	<b>Ruim 1,1 até 2</b>	<b>Regular 2,1 até 3</b>	<b>Bom 3,1 até 4</b>	<b>Excelente 4,1 até 5</b>
<b>Convencional</b>			2,5		
<b>Wood frame</b>				3,5	

Fonte: autor (2022)

#### 4.5 RESISTÊNCIA AO FOGO

Conforme Bolsoni (2020), apesar da madeira ser um material inflamável, ela apresenta boa resistência ao fogo. As camadas externas sofrem carbonização, demorando a propagação do calor para o interior da seção, conservando por um maior período a resistência mecânica da peça. O autor afirma que o Wood frame tem revestimentos externos (placas cimentícias) e internos (gesso acartonado) que protegem a estrutura principal contra o fogo.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas analisou a resistência ao fogo de uma casa Wood frame. O resultado foi que todas as exigências da ABNT NBR 15200 (2004) são adequadas (IPT, 2009). Porém, a madeira pode servir como combustível para a propagação do fogo.

Conforme Chaves e Aragão (2019), mesmo sendo um produto inflamável, as peças estruturais de madeira demonstram certo desempenho a altas temperaturas, inclusive sendo melhor que outros materiais. A carbonização superficial das peças gera uma espécie de barreira de isolamento

térmica. Como a madeira é um material ruim na condução de calor, a temperatura interna aumenta de modo mais lento, enquanto outros materiais como o aço, por exemplo, já teriam entrado em colapso (escoamento), mesmo não sendo inflamável. Abaixo na Figura 17, apresenta a seção de um caibro de madeira carbonizada.



Fonte: Google (2022)

Conforme Maso (2017), os blocos cerâmicos dispõem ótimo comportamento contra o fogo, enquanto o método Wood frame, demonstra um comportamento satisfatório, atendendo ao Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF), que é normatizado pela NBR 14432:2001: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimentos (ABNT, 2001).

Na questão de resistência ao fogo, existe concordância entre os autores que a madeira por se tratar de um material natural, é mais suscetível a um incêndio e a danos quando submetida a altas temperaturas. No entanto, seu comportamento frente a ação do fogo é satisfatório, e atende as normas. Os autores destacam que a alvenaria convencional, possui excelente desempenho de resistência ao fogo, uma vez que os materiais que a compõem não são, em geral, inflamáveis. Deste modo, no quesito resistência ao fogo, a alvenaria convencional atingiu a nota 4,5 por ser considerado um excelente sistema construtivo, enquanto o sistema Wood frame foi considerado regular, obtendo nota 2,5. O Quadro 12 apresenta as notas atribuídas ao critério fogo.

Quadro 12: Notas atribuídas ao critério resistência ao fogo

	<b>Péssimo 0 até 1</b>	<b>Ruim 1,1 até 2</b>	<b>Regular 2,1 até 3</b>	<b>Bom 3,1 até 4</b>	<b>Excelente 4,1 até 5</b>
<b>Convencional</b>					4,5
<b>Wood frame</b>			2,5		

Fonte: autor (2022)



#### 4.6 CÁLCULO DA VIABILIDADE

Portanto, como descrito na metodologia, a equação da viabilidade inclui as notas e os pesos atribuídos a cada um dos critérios avaliados. Os valores estão apresentados no Quadro 13.

Quadro 13: Notas e pesos para aplicação na equação

<b>Critério</b>	<b>Wood frame</b>	<b>Alvenaria Convencional</b>	<b>Peso</b>
Custo	4,0	3,6	3
Conforto termoacústico	4,5	3,5	2
Sustentabilidade	4,5	2,5	3
Manutenção	3,5	2,5	1
Resistência ao fogo	2,5	4,5	3

Fonte: autor (2022)

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

$$V = \frac{(N1 \times P1) + (N2 \times P2) + \dots + (Nn \times Pn)}{P1 + P2 + \dots + Pn} \quad \text{Eq. 01}$$

Fonte: Almeida (2021)

A viabilidade do Sistema Wood frame ( $V_{swf}$ ), é resolvida pela Equação 2.

Equação 03: Viabilidade do Sistema Wood frame.

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

$$V_{swf} = 3,79$$

A viabilidade do sistema Alvenaria Convencional ( $V_{sac}$ ) é calculada pela Equação 3.

Equação 04: Viabilidade do Sistema Alvenaria Convencional.

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

$$V_{sac} = 3,44$$



## 5 CONCLUSÃO

Com a ascensão da tecnologia nos mais diversos setores, a necessidade de mudanças no setor da construção civil também não é diferente. Com todo o *déficit* habitacional presente no Brasil, tal movimento se torna mais necessário.

Portanto, a necessidade por novos métodos construtivos se torna primordial, conciliando agilidade e custo reduzido, mantendo a qualidade similar ou superior ao sistema construtivo de alvenaria convencional empregado atualmente.

O sistema Wood frame surge como uma alternativa satisfatória, pois, em países desenvolvidos, como Canadá e Estados Unidos, a ampla maioria das residências são construídas neste sistema. Ele apresenta vantagens com relação à alvenaria convencional. Entre as vantagens destaca-se a produtividade, redução do custo com a mão de obra devido à fabricação industrializada, menor gastos com água, diminuição na produção de resíduos, permitindo maior organização no canteiro de obras, redução com o custo das fundações, pois se trata de uma obra mais leve, melhor conforto termoacústico.

Quanto à sustentabilidade, o Wood frame se destaca por utilizar madeiras coníferas como principal elemento na fabricação da estrutura, as mesmas são de origem de reflorestamento. Além de ser um recurso renovável, reduz consideravelmente a emissão de gás carbônico no meio ambiente.

Com relação aos custos, o sistema Wood frame apresentou ter um custo menor, sendo 10% mais barato que o convencional, porém cabe ao consumidor definir a preferência por um sistema.

O Wood frame tem pior desempenho no quesito resistência ao fogo, pois tem na madeira o seu principal componente do sistema, ela é um material natural e necessita de tratamentos químicos. Já o sistema convencional teve seus piores desempenhos nos quesitos sustentabilidade ambiental e manutenção, isso se dá pelos altos volumes de resíduos gerados, tanto na construção, como também na manutenção quando, por vezes, há a necessidade de quebrar paredes ou outros componentes.

O sistema Wood frame apresentou potencial para implementação em habitações populares, pois, essas habitações geralmente são construídas em larga escala e financiadas pelo governo. A adoção deste tipo de sistema serviria de incentivo para sua adoção.

Por fim, estudar e inserir novos métodos construtivos pode gerar benefícios expressivos para o setor da construção civil do Brasil, contribuindo para a preservação do meio ambiente, permitindo ao país maior desenvolvimento e expansão na construção civil de forma sustentável.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. F. **Viabilidade do Sistema Construtivo Wood Frame para Habitações de Interesse Social em Comparação ao Sistema Convencional**. 2021. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Pombal, PB, 2021. Disponível em : <http://dSPACE.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/21740/1/GILANILDO%20FREIRES%20DE%2>



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ESTUDO AVALIATIVO DO SISTEMA WOOD FRAME EM COMPARAÇÃO AO SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL PARA RESIDÊNCIAS POPULARES  
Érico Clévio da Roza, Julia Favretto

[0ALMEIDA%20%20TCC%20%20BACHARELADO%20EM%20ENGENHARIA%20CIVIL%202021.pdf](#)

. Acesso em: 22 mar. 2022.

ARANTES, B. **Conforto térmico em habitações de interesse social** - um estudo de caso. 2013. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2013. Cap. 2. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91724/arantes\\_b\\_me\\_bauru.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91724/arantes_b_me_bauru.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 20 jun. 2022.

ARAÚJO, J. N. S. **Determinação da espessura ótima da proteção contra incêndios para vigas metálicas através de planilha eletrônica**. 2019. 79 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2019. Disponível em: [https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/3542/2/JessicaNSA\\_MONO.pdf](https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/3542/2/JessicaNSA_MONO.pdf). Acesso em: 02 set. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP) (São Paulo). **Manual de Revestimentos de Argamassa**. São Paulo: ABCP, 2020. 104p. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/279/anexo/ativosmanu.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14432**: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2001. 14 p. Disponível em: [https://www.academia.edu/38576918/NBR\\_14432\\_Exig%C3%Aancias\\_de\\_resist%C3%Aancia\\_ao\\_fogo\\_de\\_elementos\\_construtivos\\_de\\_edifica%C3%A7%C3%B5es\\_Procedimento](https://www.academia.edu/38576918/NBR_14432_Exig%C3%Aancias_de_resist%C3%Aancia_ao_fogo_de_elementos_construtivos_de_edifica%C3%A7%C3%B5es_Procedimento). Acesso em: 28 abr. 2022.

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. Rio de Janeiro: ABNT Editora, 2005. 40 p. Disponível em: <https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/27316/nbr15220-2-desempenhotermico-de-edificacoes-parte-2-metodo-de-celulo-da-transmitanciatermica-da-capacidade-termica-do-atraso-termico-e-do-fator-solar-de-elementos-ecomponentes-de-edificacoes>. Acesso em: 27 mar. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edifícios Habitacionais de até 5 pavimentos - Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 71 p. Disponível em: [https://360arquitetura.arg.br/wpcontent/uploads/2016/01/NBR\\_15575-1\\_2013\\_FinalRequisitos-Gerais.pdf](https://360arquitetura.arg.br/wpcontent/uploads/2016/01/NBR_15575-1_2013_FinalRequisitos-Gerais.pdf). Acesso em: 28 mar. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-2**: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. 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: 12 maio 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro: Abnt Editora, 2013. 57 p. Disponível em: [https://360arquitetura.arg.br/wp-content/uploads/2016/01/NBR\\_155754\\_2013\\_FinalSistemas-de-veda%C3%A7%C3%B5es-verticais-internas-e-externas.pdf](https://360arquitetura.arg.br/wp-content/uploads/2016/01/NBR_155754_2013_FinalSistemas-de-veda%C3%A7%C3%B5es-verticais-internas-e-externas.pdf). Acesso em: 28 mar. 2022.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ESTUDO AVALIATIVO DO SISTEMA WOOD FRAME EM COMPARAÇÃO AO SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL PARA RESIDÊNCIAS POPULARES  
Érico Clévio da Roza, Julia Favretto

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 25 p. Disponível em: <http://www.macedoadministradora.com.br/arquivos/leis/Norma%20ABNT%20NBR%205674.pdf>. Acesso em: 13 maio 2022.

BASTOS, P. S. S. **Estruturas de concreto armado**. 2014. 63f. (Notas de aula) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP, 2014. Disponível em: <https://wwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2022.

BENDIX, R. Concepts and generalizations in comparative sociological studies. **American Sociological Review**, v. 28, n. 4, p. 532-539, aug. 1963. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2090069>. Acesso em: 15 maio 2022.

BOLSONI, Fernando. **Introdução ao Wood Frame**. Florianópolis, SC: Editora Criativa, 2020.

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. **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: 29 maio 2022.

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: 12 jun. 2022.

BURROWS, J. **Canadian wood-frame house construction**. [S. l.]: Central Mortgage and Housing Corporation, 2014. 378p.

CA2. Disponível em: <https://ca-2.com/o-que-e-conforto-acustico/>. Acesso em: 28 mar. 2022

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: 02 abr. 2022.

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.

CASMET, Engenharia e consultoria. **A importância da segurança contra incêndio**. [S. l.]: Prestadora de serviços nas áreas de segurança do trabalho e meio ambiente, 2019. Disponível em: <http://casmetsconsultoria.com.br/blog/index.php/8-blog/2-aimportancia-da-seguranca-contra-incendio>. Acesso em: 25 maio 2022.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ESTUDO AVALIATIVO DO SISTEMA WOOD FRAME EM COMPARAÇÃO AO SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL PARA RESIDÊNCIAS POPULARES  
Érico Clévio da Roza, Julia Favretto

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: 20 mar. 2022.

CBCA - CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. 2010. Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/index.php/>. Acesso em: 13 jun. 2022.

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%20%20M%C3%89TODO%20CONSTRUTIVO%20FRAMING%20E%20%20CONVENCIONAL.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2022.

CIB. **Agenda 21 for sustainable construction in developing countries: A discussion document**. South Africa: CIB, 2002. 82 p.

CIB. **Agenda 21 para a construção sustentável**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2000. (Publicação CIB 237). Disponível em: [www.cibworld.nl](http://www.cibworld.nl). Acesso em: 25 abr. 2021.

CORRÊA, Lásaro, **Monografia Sustentabilidade na Construção Civil**. [S. l.: s. n.], 2009, p. 21.

ESPÍNOLA, L. R.; MORAES, P. D. Coordenação modular em sistemas leves de madeira e sistemas mistos. In: **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUTIVO**, 12., 2008. Fortaleza. Anais [...]. Porto Alegre: Antac, 2008.

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: 16 maio 2022.

FERREIRA, R. **Guia da Construção 146: Conheça a tecnologia e os custos de construção do primeiro empreendimento em Wood Frame do programa Minha Casa**. Pelotas: Minha Vida, 2017. . 6 p. Disponível em: [https://www.tecverde.com.br/wpcontent/uploads/2017/03/Reportagem\\_Guia-da-Constru%C3%A7%C3%A3o\\_146.pdf](https://www.tecverde.com.br/wpcontent/uploads/2017/03/Reportagem_Guia-da-Constru%C3%A7%C3%A3o_146.pdf). Acesso em: 11 jun. 2022.

GARCIA, S. *et al.* Sistema Construtivo Wood Frame. A arte de fazer ciência; problematizar, pesquisar e publicar. In: VIII Mostra de iniciação científica IMED, Passo Fundo, 2014.

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: 21 mar. 2022.

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: 03 abr. 2022.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ESTUDO AVALIATIVO DO SISTEMA WOOD FRAME EM COMPARAÇÃO AO SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL PARA RESIDÊNCIAS POPULARES  
Érico Clévio da Roza, Julia Favretto

LAZAROUIU, George Cristian; ROSCIA, Mariacristina. Definition methodology for the smart cities model. *Energy*, v. 47, n. 1, p. 326-332, 2012.

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: 13 jun. 2022.

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-orc3a7amentosde-obras-aldo-dc3b3rea-mattos.pdf>. Acesso em: 10 maio 2022.

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.

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: 12 jun. 2022.

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. DOI: <http://dx.doi.org/10.17648/tecsic-2017-72121>. Acesso em: 12 jun. 2022.

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. 183, 05 nov. 2019. Disponível em: <https://semanaacademica.com.br/artigo/viabilidadeeconomica-do-sistema-construtivo-wood-frame-na-execucao-de-habitacao-popularem>. Acesso em: 11 jun. 2022.

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-osistema-construtivo-light-steel-framing->. Acesso em: 17 maio 2022.

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](http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Lajes/Lajes_Macicas_EESC.pdf). Acesso em: 25 mar. 2022.

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.

PORTO, T. B.; FERNANDES, D. S. G. **Curso Básico de Concreto Armado: conforme a NBR 6118/2014**. São Paulo: [s. n], 2015. 51 p. Disponível em: <http://ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/Curso-basico-concreto-armado-DEG.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2022.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ESTUDO AVALIATIVO DO SISTEMA WOOD FRAME EM COMPARAÇÃO AO SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL PARA RESIDÊNCIAS POPULARES  
Érico Clévio da Roza, Julia Favretto

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003. Disponível em:

[https://www.academia.edu/43120810/Projeto\\_de\\_edif%C3%AAdcios\\_de\\_alvenaria\\_estrutural\\_Ramalh\\_o\\_Marcio\\_A](https://www.academia.edu/43120810/Projeto_de_edif%C3%AAdcios_de_alvenaria_estrutural_Ramalh_o_Marcio_A). Acesso em: 05 abr. 2022.

REFKALEFSKY, I. Wood Frame: Conheça tudo sobre essa Técnica Construtiva. **Blog de Engenharia**, 2021. Disponível em: <https://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/wood-frame-conheca-tudo-sobre-essa-tecnica-construtiva/>. Acesso em: 13 jun. 2022.

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=2ahUKEwj82PuJoZ3zAhUDlBkGHSSdDfQQFnoECAIQ&url=https%3A%2F%2Frepositorio.faxe.edu.br%2Findex.php%2Ffaex%2Fcatalog%2Fview%2F48%2F49%2F2011&usq=AOvVaw12rmKI3aG3gOtuBlcvEssK>. Acesso em: 21 mar. 2022.

RUAS, A.C. **Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho**. Campinas: Fundacentro, 1999. 94 p. Disponível em: <https://proamaneus.com.br/ohs/data/docs/conforto-termico-nos-ambientes-de-trabalho.pdf>. Acesso em 27 ago. 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: 13 jun. 2022.

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](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5632/2/CM_COMAC_2012_1_01.pdf). Acesso em: 26 mar. 2022.

SILVA, A. **Comportamento diafragma de paredes de madeira no sistema leve plataforma**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004.

SILVA, J. de C.; OLIVEIRA, J. T. da S. Avaliação das propriedades higroscópicas da madeira de eucalyptus saligna Sm., em diferentes condições de umidade relativa do ar. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 233-239, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v27n2/15941.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2022.

SILVA, Julia Cruz da; CUNHA, Rita Dione Araújo; CÉSAR, Sandro Fábio. **Proposta de adaptação de painéis verticais para Sistema Construtivo Wood Frame com madeira de eucalipto**. Curitiba: Editora Appris, 2020.

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](https://www.researchgate.net/publication/265972104_A_REAL_FIRE_IN_SMALL_APARTMENT_-_A_CASE_STUDY). Acesso em: 01 maio 2022.

SOUSA, A. A. P.; CRUZ, B. P. C.; CORREA, M. P. C.; GOMES, C. A responsabilidade ambiental na formação do engenheiro civil. **Revista do CEDS**, Maranhão, 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](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: 06 abr. 2022.



**RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR**  
**ISSN 2675-6218**

ESTUDO AVALIATIVO DO SISTEMA WOOD FRAME EM COMPARAÇÃO AO SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL PARA RESIDÊNCIAS POPULARES  
 Érico Clévio da Roza, Julia Favretto

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-docusto-de-uma-casa-unifamiliar-nos-sistemas-construtivos-de-alvenaria-madeira-delei-e-wood-frame.html>. Acesso em: 11 jun. 2022.

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/alvenariaestrutural.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2021.

THALLON, R. **Graphic guide to frame construction**. [S. l.]: Newtown Tauton, 2008. 258 p.

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: 03 maio 2022.

WERNER, F.; RICHTER, K. **Wooden building products in comparative LCA**. [S. l.: s. n.], 2007.

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](https://www.academia.edu/35905846/A_T%C3%A9cnica_de_Edificar). Acesso em: 11 maio 2022.

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