

**Comparativo de Custos Unitário Básico Entre os Sistemas de Construção de *Wood Frame* e Alvenaria Tradicional**

**ALINE ALVES DE LIMA**

*Universidade Federal do Paraná - UFPR*

**CAMILA SNAK**

*Universidade Federal do Paraná - UFPR*

**GABRIEL ASSUNÇÃO DIAS BARBOZA**

*Universidade Federal do Paraná - UFPR*

**RAFAEL LEANDRO COLFERAI**

*Universidade Federal do Paraná - UFPR*

**NAYANE THAIS KRESPI MUSIAL**

*Universidade Federal do Paraná - UFPR*

**Resumo**

Situadas em um ambiente de concorrência acirrada, onde a escassez de recursos no mundo tem chamado à atenção da população, as organizações estão em busca de diferenciais e a sustentabilidade tem sido adotada por empresas de diversos setores. Historicamente, sabe-se que o setor de construção civil tem grande impacto ambiental durante todo o ciclo de vida de sua produção, desde a extração da matéria prima até a deterioração do produto final. Diante do exposto, o presente estudo busca comparar o custo unitário básico e retornos sustentáveis gerados pelos sistemas construtivos de *Wood frame* e alvenaria tradicional na produção de casas Padrão Baixo R-1. Para produzir este trabalho realizou-se um estudo em uma empresa especializada em *Wood frame*, coletando dados dos custos, dos processos e materiais utilizados por ela para a construção das casas com este material. Estes dois meios de construção foram examinados seguindo o padrão de uma casa térrea, com uma área de 42,8 m<sup>2</sup> e com uma cozinha, uma sala, um banheiro e dois quartos. O *Wood frame* se apresenta como uma solução sustentável diante de uma das indústrias que mais consome recursos naturais no mundo, à indústria de construção civil, visto que utiliza como matéria prima a madeira, que além de ser um recurso renovável, reduz consideravelmente a emissão de gás carbônico no meio ambiente. Para uma residência unifamiliar de padrão baixo, os custos do *Wood frame* são maiores devido, principalmente, a mão de obra qualificada, os equipamentos e a necessidade de importação de alguns materiais não disponíveis no Brasil, porém ainda assim é um sistema construtivo a se considerar pelas construtoras no Brasil devido as suas vantagens principalmente em relação ao tempo de obra e sustentabilidade.

**Palavras chave:** *Wood frame*, Alvenaria tradicional, Custos.

## 1 INTRODUÇÃO

Para atender a todos os interessados em seus produtos, ao longo dos anos, as organizações do ramo de construção civil têm realizado vários estudos e pesquisas para proporcionar uma grande variedade de materiais e tecnologias, buscando proporcionar maior agilidade e menor custo de produção para o mercado (Gonçalves & Bispo, 2012). Diante de tal situação, se torna uma das prioridades desse setor a disponibilização de moradias com um custo acessível.

Para a construção de tais moradias, o sistema mais utilizado atualmente é a alvenaria. Conforme o censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE] (2010) a alvenaria é utilizada nas paredes externas de cerca de 97,8% dos domicílios brasileiros, sendo 80% com revestimento e o restante sem revestimento. Segundo Ramos (2012) dentre muitas razões, o elevado uso da alvenaria está associado à sua durabilidade, solidez e baixo custo de manutenção. Todavia, a razão mais forte para o seu uso é a sua simplicidade: a sobreposição de peças sólidas, dispostas umas em cima das outras, com ou sem coesão, introduzida pela presença ou não de argamassa, é um processo de construção fácil e de rápida aprendizagem, que gerou um conhecimento que atravessou séculos.

Outro sistema construtivo disponível é o *Wood frame*, que surgiu em meados do século XIX, sendo muito utilizado em vários países do 1º mundo, como principalmente no continente norte americano e no norte da Europa. Sua entrada no Brasil se deu há 15 anos, e começa a ter crescimento nos momentos atuais, sendo de maior oferta nos estados do Paraná e Espírito Santo (Vasques & Pizzo, 2014). Para Molina e Calil (2010, p. 143) o sistema de *Wood frame* é “[...] muito interessante, pois é um sistema leve, estruturado em perfis de madeira reflorestada tratada, que permite a utilização em conjunto com diversos materiais, [...]”. Tal sistema foi desenvolvido para ser uma tecnologia eficiente e ecológica, que proporciona diversas vantagens competitivas, como: isolamento térmico; utilização de materiais de reflorestamento; pouca utilização de água em seu processo produtivo; rápida produção e montagem (Vasques & Pizzo, 2014).

Situadas em um ambiente de concorrência acirrada, onde a escassez de recursos no mundo tem chamado à atenção da população, as organizações estão em busca de diferenciais e a sustentabilidade tem sido adotada por empresas de diversos setores. Para Ferraz (2003) o conceito de sustentabilidade tem relação com três diferentes dimensões, sendo elas: ambiental, social e econômica. A sustentabilidade ambiental apresenta o uso consciente dos recursos necessários para a preservação do meio ambiente; a sustentabilidade social visa reduzir as diferenças sociais, tratando de valores culturais e éticos; a sustentabilidade econômica abrange a geração de valor para a sociedade e investidores, e a economia financeira em longo prazo.

Conforme projeção populacional do IBGE (2010), em 2050, a população brasileira será de aproximadamente 240 milhões de pessoas, um aumento em mais de 31 milhões. Além disso, o déficit habitacional brasileiro segundo Quintão (2017) já chega em 7,7 milhões de residências. Considerando esses dados, segundo Arcari (2010), o alto déficit habitacional Brasileiro Desafia o setor de construção civil a desenvolver novas técnicas e métodos para produção que unam qualidade e garantia passíveis de serem utilizados em larga escala, visando a redução de custos. Além de aumentar ainda mais a necessidade de sistemas que não agriçam o meio ambiente.

O setor de construção civil tem grande impacto ambiental durante todo o ciclo de vida de sua produção, desde a extração da matéria prima até a deterioração do produto final. Nesse contexto, o presente estudo busca responder a seguinte problemática: **Quais as diferenças entre custo unitário básico e retornos sustentáveis gerados pelos sistemas construtivos de *Wood frame* e alvenaria tradicional na produção de casas Padrão Baixo R-1?** Diante do exposto, essa pesquisa tem como objetivo comparar o custo unitário básico e retornos

sustentáveis gerados pelos sistemas construtivos de *Wood frame* e alvenaria tradicional na produção de casas Padrão Baixo R-1.

Em países como a Noruega, Suécia, Canadá e Austrália a madeira fundamenta 90% da construção civil (Monich, 2012). Já no Brasil, esta estrutura é pouco utilizada, pois Paese (2012) afirma que a madeira utilizada na construção civil brasileira ficou conhecida como um material secundário. Assim, a população menos favorecida utilizou destes produtos secundários para a construção de suas casas e barracões em regiões periféricas e sem planejamento urbano, ocasionando moradias precárias, sem segurança e conforto. Devido a isso, muitos brasileiros ainda não confiam em residências que possuem a madeira como principal material.

Com a maior exigência dos consumidores, a competição se torna algo presente em grande parte das organizações, manter um bom controle de custos pode ajudar a empresa a tomar melhores decisões para desenvolver diferenciais e, conseqüentemente ganhar a atenção do cliente. Dentre esses controles têm-se os métodos de custeio que, para Carareto, Jayme, Tavares e Vale (2006, p. 2) “[...] são considerados fontes gerenciais de extrema importância para a tomada de decisões, para a obtenção de lucros e alcance dos objetivos previamente traçados”.

Há estudos que demonstram a comparação do custo de uma casa uni familiar entre sistemas construtivos de alvenaria tradicional e *Wood frame*, nas áreas de engenharia civil e arquitetura e urbanismo. Com menor enfoque nos custos individuais de cada sistema, os mesmos são apresentados de forma geral e tratam sobre obras já finalizadas, voltando sua atenção principalmente para as diferenças de materiais. Para Souza (2012), a melhor opção de sistemas construtivos a ser adotada no Brasil é o sistema de *Wood frame*, devido a suas vantagens de custos. A execução deste trabalho foi incentivada pela carência de estudos no Brasil, com enfoque na área contábil, de comparativos e demonstrações de custos de produção e os impactos ambientais entre o *Wood frame* e alvenaria tradicional.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Contabilidade de Custos

A contabilidade de custos surgiu em meados do século XVIII durante a Revolução Industrial, e sua estrutura era voltada principalmente para atender as empresas comerciais. O comércio, juntamente das instituições financeiras, possuía grande força na época, ao contrário da fabricação, tornando mais simples a verificação dos valores de compra dos bens (Martins, 2010).

Com a reversão da situação, a indústria passou a ganhar maior espaço no mercado, a utilização de diversos fatores para atribuição de valores na produção, para a apuração de compras, os gastos passam a ser apropriados como despesas do período, independentemente da venda dos produtos (Martins, 2010). Essa, dentre outras adaptações, foram construídas até à contabilidade de custos conhecida atualmente.

A contabilidade de custos se volta principalmente para indústrias, devido a existência de uma maior necessidade de controle e de custeamento dos bens produzidos (Martins, 2010). Na aplicação da contabilidade de custos é importante destacar a diferença entre gastos, custos, despesas e perdas.

Os gastos são representados pelo sacrifício financeiro realizado por uma organização para a aquisição de bens ou serviços, também possível nomear tal sacrifício como desembolso. O gasto retrata o momento em que o pagamento é realizado, ou seja, a entrega de ativos por parte da entidade pela aquisição de bens e serviços, podendo ocorrer durante, após ou depois do momento da entrada da utilidade adquirida (Martins, 2010).

Custo também é considerado como um gasto, porém é reconhecido como tal no momento em que o bem ou serviço é utilizado na fabricação do produto ou execução do

serviço. O desembolso realizado no momento da aquisição da matéria prima é caracterizada como gasto. Durante o período em que a mesma permanece armazenada nos estoques da empresa passa a ser parte do investimento, e quando se fizer necessário sua utilização para fabricação de determinado produto, o custo de tal matéria prima passa a integrar o produto elaborado, o mesmo é armazenado, se tornando parte do investimento, até a sua venda. A energia elétrica passa pelo mesmo processo, no momento de sua aquisição é caracterizada como gasto e, logo após, passa a ser alocado ao custo do produto, devido a sua utilização para a elaboração do mesmo (Martins, 2010). Custo é o consumo de bens e serviços para a produção ou execução de outros bens ou serviços, a parcela da produção que é transferida ao produto (Martins, 2010).

Despesas são os bens ou serviços utilizados para o alcance de receitas, reduzindo o patrimônio líquido da entidade e possui característica de sacrifício (Talaquichande, 2010). Para Martins (2010, p. 25) “o equipamento usado na produção, que fora gasto transformado em investimento e posteriormente considerado parcialmente como custo, torna-se venda do produto feito, uma despesa.”

Perdas se tratam de bens e serviços que são consumidos de forma anormal e involuntária, não se configuram como custos nem como despesas, por não se tratarem de desembolsos intencionais que gerem a obtenção de receitas. Como por exemplo, as perdas por incêndio; roubo de materiais; desperdício de materiais de construção e estoques obsoletos, os registros decorrentes das perdas são efetuados diretamente em contas de resultado da entidade (Martins, 2010).

## 2.2. A Construção Civil no Brasil

A construção civil apresenta um forte impacto na economia brasileira, tendo em vista que ela é uma grande produtora de serviços, renda e tributos, pois cria a infraestrutura necessária para a realização da atividade de outros setores da economia (Souza, Oliveira, Viana & Santos, 2015).

Além disso, conforme apresentado por Bufon e Anschau (2016), o ramo de construção civil é um dos maiores ramos de serviço no Brasil e o que mais absorve mão de obra nacional. Representando uma grande importância para a economia brasileira, gera muitos empregos diretos e indiretos, influenciando fortemente no Produto Interno Bruto – PIB.

Um levantamento foi realizado pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil do Sindicato da Indústria da Construção Civil [SINDUSCON] (2015), apresentando que os gastos de mão de obra correspondem a cerca de 61,77% dos custos mensais das construtoras, a frente dos gastos com matéria prima, 35,01% e despesas administrativas, 3,22%.

De acordo com os dados do estudo de perfil realizado pelo sindicato dos trabalhadores da construção civil – SINDUSCON (2015) - foi apontado que cerca de 40,2% dos trabalhadores não sabe ler e escrever ou não possui o ensino fundamental completo, 13,2% possui o ensino médio completo, 3,4% possui um ensino técnico finalizado e apenas 2,4% terminou o ensino superior.

Um fator relevante, que pode colaborar diretamente com o baixo nível de escolaridade, é a baixa remuneração que esse ramo do mercado proporciona. Conforme apontado por Marder (2001) a remuneração do setor de construção civil, utilizando alvenaria, é um dos valores mais baixos quando comparado com outros setores industriais. A maior concentração de remuneração se encontrar em dois salários mínimos, cerca de 50% dos trabalhadores, e cerca de 42% recebem entre dois até cinco salários mínimos.

Existem diversos tipos de construção, essa pesquisa abordará dois desses tipos: alvenaria tradicional e *wood frame*. A alvenariatradicional, de vedação ou também muito conhecida como comum é um dos sistemas de construção mais antigos conhecidos e elaborado pelo homem, sendo o mais utilizado em todo mundo.

De acordo com Cavalheiro (1999) no seu início, eram utilizados como matéria-prima nas construções grandes pedras ou tijolos cerâmicos secados ao sol, ambos apresentavam grandes dimensões. Muito utilizada em obras de estruturas imponentes, como em monumentos e templos religiosos antigos, não havia conhecimento teórico sobre as estruturas, ou seja, não apresentavam cálculos apurados e precisos, logo, as estruturas eram construídas, principalmente, baseadas no conhecimento adquirido ao longo da experiência dos trabalhadores.

No Brasil, Flores (2018) afirma que em 1996 ocorreu a construção dos primeiros edifícios, para o fim habitacional, utilizando a alvenaria. Mesmo apresentando desvantagens como qualquer sistema construtivo, ficou popularizado pela utilização de um método mais racionalizado de construção e pela durabilidade de seus componentes.

Conforme apontado por Vasques e Pizzo (2014) há um predomínio do uso do sistema convencional nas edificações do Brasil, devido ao pouco conhecimento em outros sistemas construtivos. Esse “monopólio” gera desafios para a criação de casas de baixo custo e acessível para a população brasileira. De maneira social, a população mais atingida, no fim, é a mais necessitada.

Conforme Santos (2013) poucos materiais são utilizados de maneira comum na alvenaria tradicional. Em especial, são utilizados a argamassa de assentamento e os blocos, principalmente os preparados com barro cozido. Entretanto, o avanço do setor gerou uma grande variedade de tipos e características dessa matéria-prima, com o objetivo de atender as exigências técnicas e gerar maior eficiência ao produto final.

Lopes (2013) desenvolveu um estudo averiguando a alvenaria convencional, com o objetivo de esclarecer as vantagens e desvantagens de sua utilização, conforme Figura 1.

Problema	Vantagens	Desvantagens
Diferença de Custo	Alguns materiais apresentam preço menor que os perfis de madeira de <i>Wood frame</i> , tendo o mesmo destino de estrutura.	Quantidades maiores de material, mão de obra especializada, gastos maiores por causa de desperdício.
Comprometimento da Estrutura	Sendo o método mais utilizado, a estrutura apresenta garantia de funcionalidade, a partir de um controle técnico especializado para que não tenha problemas futuros.	–
Desempenho térmico e acústico	Está no padrão, comparado com outros métodos de estrutura, de acordo com a NBR – 15575 (Desempenho Térmico e Acústico em edifícios habitacionais de até cinco pavimentos)	
Emissão de CO2	–	Apresenta cerca de 80% maior de emissão, comparado o método do <i>Wood frame</i> .
Versatilidade e Peculiaridade do Material	Facilidade de encontrar os materiais necessários, tendo uma grande variedade do tipo de método ou material a ser utilizado na execução da obra.	Meio de Construção que apresenta muito retrabalho, podendo fazer com que a obra apresente atraso. Apresenta maior quantidade de entulho e deficiência na limpeza.
Instalações Elétricas e Hidráulicas	–	Maior trabalho para instalação e pré-disposição das tubulações, comparado com o método do <i>Wood frame</i> .

**Figura 1.** Vantagens e Desvantagens do Sistema de Construção de Alvenaria Tradicional  
Fonte: Lopes (2013, p. 21).

Em alguns países da América, como por exemplo, nos EUA, não se encontra mais obras que utilizem sistemas convencionais de construção, isso se dá pelo enraizado do sistema construtivo de *Wood frame* na cultura do país, seu crescimento nos EUA está ligado principalmente à industrialização no ramo da construção civil, a redução de custos e de prazos (Garcia, Bernardes, Martins, Romanini & Folle, 2013).

De acordo com Molina e Calil (2010, p. 144), o *Wood frame* é um sistema construtivo industrializado, durável, na maioria das vezes, utiliza como matéria prima a madeira reflorestada e tratada, produzindo pisos, paredes e telhados que, normalmente, são combinados com outros materiais com o objetivo de aumentar o conforto térmico e acústico.

No Brasil, ainda segundo Molina e Calil (2010, p. 144), a madeira foi muito utilizada em construções no século XX, mas a tecnologia começou a perder espaço devido às imposições no mercado e utilização maciça das estruturas de concreto e alvenaria convencional. No resto do mundo, a utilização da madeira continuou evoluindo essa tecnologia.

Por se tratar de um sistema construtivo a seco, as matérias primas utilizadas são materiais industrializados e prontos para o uso, nesse caso, a madeira, e não há necessidade da utilização de água durante o processo de construção ou montagem das estruturas.

De acordo com Leite e Lahr (2015), a madeira utilizada no processo construtivo é proveniente do reflorestamento e certificada. As árvores normalmente utilizadas e escolhidas são *Pinnus* e *Eucalyptus*.

A madeira pode ser encontrada em florestas plantadas e nativas, sendo que a matéria prima da indústria da madeira serrada, de painéis e móveis é oriunda das florestas plantadas e sua utilização deve seguir projetos de manejo aprovados previamente pelo IBAMA (CAMPOS, 2015).

Conforme Cardoso (2015) a industrialização do processo é permitida devido a montagem das paredes ser realizada completamente em ambiente fabril e, após serem encaminhadas para a obra, guindastes e gruas auxiliam no processo de encaixe e fixação das paredes.

Novamente, Lopes (2013) apresentou um estudo averiguando o *Wood frame*, com o objetivo de esclarecer as vantagens e desvantagens de sua utilização, conforme Figura 2.

Problema	Vantagens	Desvantagens
Diferença de Custo	Utilizando perfis de madeira, ao invés de materiais convencionais na construção civil, ocorreu uma diferença nos custos por metragem quadrada, fazendo com que gastos e tempo de execução apresentem-se menores.	Mão de obra precisa ser especializada, por ser um meio diferente comparado com o levantamento de alvenaria convencional.
Comprometimento da Estrutura	Para o caso de como a estrutura irá reagir, os métodos de Fundação e Estrutura ao longo da Construção utilizando <i>Wood frame</i> , são feitos do jeito convencional, fazendo com que não haja mudanças nas reações das mesmas. Mesmo considerando por ser madeira, a dilatação, umidade, flexão, compressão, inchamento das bordas, e principalmente resistência a ataque de cupins, são todos analisados ao longo do andamento de uma obra de até 5 Pavimentos.	
Desempenho térmico e acústico	Apresentando um espaço de 20 cm a 25 cm entre a parede externa e a interna de uma Parede Convencional de <i>Wood frame</i> , pode ser aplicado um preenchimento de isopor nesse espaço, garantindo uma amenização da influência acústica e térmica que o cômodo pode	-

	oferecer, juntamente com placas de OSB na parte externa.	
Emissão de CO2	Convencionalmente, por ser feita de árvores reflorestadas e manejadas, o uso do <i>Wood frame</i> , ao invés de uma estrutura padrão, permite a redução de até 85% da utilização de concreto e aço, de acordo com o <i>Canadian Wood Council</i> , sendo esses os maiores geradores de CO2 e que possuem o consumo energético mais alto de uma construção civil.	-

**Quadro 1.** Vantagens e Desvantagens do Sistema de Construção de *Wood frame*

Fonte: Lopes (2013, p. 22).

### 2.3 Custo Unitário Básico: CUB

O Custo Unitário Básico (CUB/m<sup>2</sup>) foi criado em dezembro de 1964 através da lei federal 4.591 e desde então passou por muitas mudanças motivadas pela modernização dos processos de construção e a evolução da legislação urbana (Sindicato da Indústria DA Construção Civil – Minas Gerais [SINDUSCON-MG] (2007). Atualmente a norma técnica que normatiza o cálculo do CUB é a Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT] NBR 12721 (2006) que se atualizou constantemente desde a ABNT NB-140 (1965), que foi a primeira a estabelecer uma metodologia de cálculo, demonstrando assim uma constante adequação ao desenvolvimento do mercado imobiliário.

Conforme o Sindicato dos Construtores (SINDUSCON-MG, 2007), com a constante evolução normativa, o CUB foi ganhando cada vez mais espaço no mercado. Inicialmente criado apenas como uma referência para o custo total da obra hoje é considerado como um índice para reajuste de preços em contratos de compras de apartamentos em construção, e também como um indicador macroeconômico dos custos do setor da construção civil, além de assegurar aos compradores em potencial um parâmetro comparativo à realidade dos custos, devido ao reflexo de sua efetividade ao espelhar os custos das obras, seriedade e constante atualização normativa.

A responsabilidade do cálculo do CUB conforme art. 54 da Lei 4.591 (1964) é dos sindicatos da indústria de construção, para cada estado, e é divulgado até o dia 05 de cada mês, adotando como referência do indicador, o mês da publicação e coleta de preços e salários. Dessa forma o CUB de janeiro é calculado até o dia 05 de fevereiro (BRASIL, 1964).

De acordo com ABNT (2006, p. 07) no item 3.9, o conceito de Custo Unitário Básico é:

Custo por metro quadrado de construção do projeto-padrão considerado, calculado de acordo com a metodologia estabelecida em 8.3, pelos Sindicatos da Indústria da Construção Civil, em atendimento ao disposto no artigo 54 da Lei nº 4.591/64 e que serve de base para a avaliação de parte dos custos de construção das edificações.

Segundo o SINDUSCON-MG (2007), é importante ressaltar que o CUB/m<sup>2</sup> representa o custo parcial da obra e não o global, sendo assim, não leva em consideração os custos adicionais, como por exemplo: fundações e submuros, fogões, aquecedores, elevadores, piscinas, ar-condicionado, impostos, taxas, remuneração do construtor e incorporador, entre outros que também devem ser observados para chegar ao valor exato por m<sup>2</sup> na construção. O

custo real global da obra só pode ser obtido através de um orçamento completo com todas as especificações de cada projeto.

Para o cálculo do CUB é levado em consideração projetos padrões, que são definidos pela ABNT (2006, p. 03) como:

Projetos selecionados para representar os diferentes tipos de edificações, que são usualmente objeto de incorporação para construção em condomínio e conjunto de edificações, definidos por suas características principais:

- a) número de pavimentos;
- b) número de dependências por unidade;
- c) áreas equivalentes à área de custo padrão privativas das unidades autônomas;
- d) padrão de acabamento da construção;
- e) número total de unidades.

Dessa forma tem-se os seguintes projetos-padrão residências: padrão baixo, R-1, PP-4 e R-8; padrão normal R-1, PP-4, R-8 e R-16; padrão alto R-1, R-8 e R-16. Os projetos de padrão baixo representam casas que contam com 02 quartos, 01 sala, 01 cozinha e 01 banheiro, já os projetos de padrão médio e alto contam com mais quartos, suítes, garagem entre outros. Para este trabalho utilizou-se o padrão R1-baixo, de acordo com o projeto de casas uni familiares do programa Minha Casa Minha Vida, este padrão é descrito pelo Projeto de Revisão NBR 12721 (ABNT, 2016, p. 15) como “residência uni familiar padrão baixo: 01 pavimento, com 02 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área para tanque com uma área real de 58,64 m<sup>2</sup>”, para os cálculos do presente trabalho não é considerado a área tanque e quintal, dessa forma os cálculos serão efetuados com base em uma área total de 42,8 m<sup>2</sup>.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A tecnologia *Wood frame* ainda é pouco abordada no cenário científico e acadêmico do Brasil, devido a sua recente aparição no território brasileiro. Logo, foi escolhida para a coleta de dados uma empresa de construção civil com *know-how* dessa tecnologia estrangeira.

A empresa em questão está localizada no sul do Brasil, no Paraná. Presente no mercado desde 2009, data na qual marcou sua fundação e a transferência da tecnologia estrangeira para o Brasil, tem como objetivo ser a maior fornecedora de residências em âmbito nacional. Ela realiza a produção e montagem de casas, condomínios e prédios de até cinco pavimentos, atuando nas regiões sul, sudeste e centro-oeste do Brasil e utiliza a madeira tratada, transformada em *Wood frame*.

Além disso, seus concorrentes diretos são outras empresas que trabalham com a mesma tecnologia, como a empresa *Volver*, localizada em Curitiba, e a *Stamade*, localizada em São Paulo. Entretanto, toda empresa que realize a construção de residências, independentemente da tecnologia aplicada, pode ser considerada como uma concorrente da empresa estudada.

Como ela atua em um novo mercado, um dos maiores desafios enfrentados pela empresa é o preconceito cultural dos brasileiros em relação a produtos que possuem a madeira como principal fonte de matéria prima, sejam eles móveis, como mesas e cadeiras (que já possuem exemplares feitos de outros materiais), ou imóveis, como casas.

O presente trabalho compreende uma breve apresentação das características dos sistemas construtivos de *Wood frame* e alvenaria tradicional, bem como o CUB de cada sistema na construção de casas Padrão Baixo R-1. Para a análise será criada uma tabela comparativa entre os dois modelos construtivos, usando como base o cálculo CUB presente na alvenaria tradicional e disponibilizada pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil – Paraná [SINDUSCON – PR].

Os dois sistemas foram avaliados considerando a execução de uma casa em seus determinados padrões. Para garantir a comparabilidade dos dados, o empreendimento escolhido para análise corresponde a uma casa Térrea, com uma área equivalente a 42,8 m<sup>2</sup>

possuindo uma cozinha, uma sala, um banheiro e dois quartos. Por se tratar de uma residência unifamiliar padrão baixo, que consiste em um pavimento com até dois dormitórios, de acordo com a tabela CUB, será utilizado os custos do Padrão Baixo R-1.

As informações coletadas são à base da tabela comparativa acerca do CUB utilizado na alvenaria para o sistema *Wood frame*. Esse método foi escolhido principalmente devido à pouca abordagem relativa ao *Wood frame* no cenário acadêmico brasileiro, apesar do sistema ser muito utilizado em países como Estados Unidos e Canadá. Por isso a importância de se delimitar os custos e características do *Wood frame* para o Brasil.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 Mão de Obra e Encargos Sociais

Para a apuração do custo unitário básico por m<sup>2</sup> de mão de obra foi considerado o quadro funcional padrão da empresa de *Wood frame* por empreendimento, ou seja, os colaboradores localizados na respectiva obra, que consiste pelo padrão da empresa em uma obra de pequeno porte, portanto o quadro funcional se compõe por: um engenheiro coordenador, um mestre de obras, um técnico de segurança, quatro montadores e dois estagiários. Os encargos sociais utilizados estão presentes na cartilha de principais aspectos do CUB e o valor apresentado pela alvenaria tradicional foi retirado do SINDUSCON – PR.

Projeto	Mão de Obra Direta (R\$)	
	Comum	Wood Frame
R1-B	847,21	857,92

**Tabela 1.** Comparativo de Custo Único Básico de Mão de obra Direta

Fonte: Dados da Pesquisa.

Nota: R1-B - Residência unifamiliar padrão baixo.

Embora apresentem valores próximos, uma das desvantagens da tecnologia *Wood frame* apontada por Lopes (2013) é de que a mão de obra necessita ser especializada. Pelas diferenças apresentadas no cenário brasileiro do sistema construtivo de *Wood frame* em relação à alvenaria tradicional, a empresa necessita arcar com os treinamentos necessários para que o colaborador possa realizar seu trabalho adequadamente. Em casos de novas contratações, o treinamento inicial pode durar de uma até duas semanas e seus custos não são considerados para o cálculo do CUB.

Com a consideração dos custos de treinamento no comparativo de mão de obra direta, o valor final de uma casa unifamiliar construída com a tecnologia de *Wood frame* pode ter um aumento em cerca de 20% a 60% em relação à alvenaria tradicional, elevando a diferença do custo de mão de obra das tecnologias de 1,2641% para até 62,0226%.

### 4.2 Material

Na alvenaria tradicional, além dos materiais mais utilizados, como a argamassa de assentamento e os blocos de cerâmica (Santos, 2013), é utilizado em grandes quantidades a areia, a brita, os impermeabilizantes e as placa de gesso. A parte hidráulica é representada pelos tubos de PVC e ferro, e a parte elétrica pelos fios de cobre e disjuntores, conforme Figura 3.

Materiais de Alvenaria Tradicional	Materiais de <i>Wood frame</i>
Chapa compensado plastificado 18 mm 2,20 x 1,10 m	Cantoneiras - Diversos Tamanhos
Aço CA-50 ø 10 mm	Chapa Cimentícia
Concreto fck=25 MPa abatimento 5±1 cm,.br. 1 e 2 pré-dosado	Chapa prego para soleiras e telhados

Cimento CP-32 II	Contramarco de Alumínio
Areia média	Energia elétrica
Brita n° 02	Ensaio, fretes, gestão de resíduos e outros
Bloco cerâmico para alvenaria de vedação 9 cm x 19 cm x 19 cm	Fita Adesiva
Bloco de concreto sem função estrutural 19 x 19 x 39 cm	Fretes diversos
Telha fibrocimento ondulada 6 mm 2,44 x 1,10 m	Fundação
Porta interna semi-oca para pintura 0,60 x 2,10 m.	Gessos Diversos
Esquadria de correr tamanho 2,00 x 1,40 m, em 04 folhas (2 de correr), sem bsculas, em alumínio anodizado cor Natural, perfis da linha 25.	Grampo OSB
Janela de correr tamanho 1,20 m x 1,20 m em 2 folhas, em perfil de chapa de ferro dobrada n° 20, com tratamento em fundo anticorrosivo	Impermeabilizantes
Fechadura para porta interna, tráfego moderado, tipo IV (55 mm), em ferro, acabamento cromado	Instalação elétrica (tubulação e caixas)
Placa cerâmica (azulejo) de dimensão 30 cm x 40 cm, PEI II, cor clara, imitando pedras naturais	Instalação hidráulica interna paredes
Bancada de pia de mármore branco 2,00 m x 0,60 x 0,02 m	Janelas – diversos tamanhos
Placa de gesso liso 0,60 x 0,60 m	Madeira para treliças
Vidro liso transparente 4 mm colocado com massa	Massa cimentícia para canto e parafusos
Tinta látex PVA	Membrana Hidrófuga
Emulsão asfáltica impermeabilizante	OSB - Diversos Tamanhos
Fio de cobre antichama, isolamento 750 V, # 2,5 mm <sup>2</sup>	Pregos lisos, grampos normais
Disjuntor tripolar 70 A	Parafuso para Gesso
Bacia sanitária branca com caixa acoplada	Parafusos para Entrepiso
Registro de pressão cromado ø 1/2"	Parafusos para Placa Cimentícia
Tubo de ferro galvanizado com costura ø 2 1/2"	Parafusos Rosca Soberba TBS
Tubo de PVC-R rígido reforçado para esgoto ø 150 mm	Pingadeira de Fundação e de dilatação
	Pingadeiras em alumínio
	Pinus - Diversos Tamanhos
	Plástico Rígido
	Portas – Diversos tamanhos
	Pregos Framing
	Ripas
	Tabeiras
	Tratamento de Juntas - Interno
	Tratamento de Juntas Externas

**Figura 2.** Materiais de Alvenaria Tradicional

Fonte: Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Minas Gerais (2007).

Para determinar os valores de custo do sistema construtivo de *Wood frame*, os mesmos foram separados em duas categorias.

A primeira categoria se trata dos materiais apresentados no Quadro 4 - Materiais de *Wood frame*, apresentado abaixo. Nele consta a matéria prima principal, a madeira, fitas, parafusos, chapas cimentícias e gesso, que são empregados na fixação dos painéis.

A segunda categoria aborda todos os processos decorridos em fábrica para a produção dos painéis. Tratando-se de um processo fabril, todas as etapas que agregam valor ao produto final foram consideradas nesse cálculo, como por exemplo, os gastos com a infraestrutura (energia elétrica, manutenção do maquinário), logística (fretes e transporte de equipe), mão de obra localizada na fábrica e mão de obra externa (serviços de terceiros).

Projeto	Materiais (R\$)	
	Comum	Wood Frame
R1-B	554,43	610,09

**Tabela 2.** Comparativo de Custo Unitário Básico de Materiais

Fonte: Dados da Pesquisa.

Nota: R1-B - Residência unifamiliar padrão baixo.

Embora Garcia *et al.* (2013) mencione que o *Wood frame* proporciona redução de custos devido a sua industrialização, a tecnologia ainda é recente no cenário brasileiro. Ainda é escasso o fornecimento de materiais necessários para a realização dos projetos em *Wood frame*, grande parcela da diferença de 10,0391% entre as tecnologias se dá pelos custos com a importação dos materiais de outros países, se destacando os parafusos especiais para madeira utilizados na fixação da estrutura.

#### 4.3 Despesas Administrativas

Semelhante ao método de custeio por absorção citado por Pinzan (2013), as despesas incorridas no canteiro de obras não serão atribuídas diretamente no custo do produto, fato que ocorre com os custos de fábrica. Utilizam-se como base as variáveis consideradas pelo CUB no sistema construtivo de alvenaria tradicional, os valores da Tabela 3 - Comparativo de Custo Unitário Básico de Despesas Administrativas, que engloba as despesas com água, luz, telefone, combustível, lubrificantes e cópias xerográficas de ambas as tecnologias.

Projeto	Despesas Administrativas (R\$)	
	Comum	Wood Frame
R1-B	154,14	212,55

**Tabela 3.** Comparativo de Custo Unitário Básico de Despesas Administrativas

Fonte: Dados da Pesquisa.

Nota: R1-B - Residência unifamiliar padrão baixo.

Foi identificada na empresa de *Wood frame* estudada uma política interna que aprova, além das despesas citadas anteriormente, o aluguel de alojamentos para os colaboradores residentes em outras regiões (a empresa possui mão de obra de vários estados do Brasil) e alugueis de automóveis de acordo com as necessidades do canteiro de obras (transporte de colaboradores e frete de pequenos materiais). Por se tratarem de despesas de suporte à realização da atividade principal, elas foram consideradas nesse tópico e são responsáveis pela diferença de 37,8941% entre as tecnologias.

#### 4.4 Equipamentos

Conforme exposto por Cardoso (2015) na execução da montagem do *Wood frame* são utilizados guindastes e guias, os quais auxiliam no encaixe das paredes e no seu deslocamento. Esses equipamentos são responsáveis pela movimentação dos painéis e suspensão das paredes em seu local na fundação da estrutura, as quais serão encaixadas e fixadas pela equipe de montagem. Para a alvenaria tradicional, são utilizadas as betoneiras, as

quais servem para realizar a mistura da massa, como o cimento, que é utilizado para a fixação dos blocos de cerâmica e acabamento da estrutura.

Os custos desses equipamentos podem ser observados na Tabela 4 – Comparativo de Custo Unitário Básico de Equipamentos.

Projeto	Equipamentos (R\$)	
	Comum	Wood Frame
R1-B	2,73	38,63

**Tabela 4.** Comparativo de Custo Unitário Básico de Equipamentos

Fonte: Dados da Pesquisa.

Nota: R1-B - Residência unifamiliar padrão baixo.

Por apresentar equipamentos com alto custo de aluguel, aquisição e manutenção, a logística e complexidade superior presentes no processo do *Wood frame* elevam o custo de equipamentos em cerca de 1315,0183%, quando comparados ao equipamento de baixo custo presente na alvenaria tradicional.

#### 4.5 Avaliação Geral

Para uma avaliação geral, pode-se observar que todos os índices possuem valor superior no sistema construtivo de *Wood frame* quando comparados com a alvenaria tradicional. Entretanto, uma variação percentual elevada pode não afetar o total de uma maneira significativa.

Elencando de uma maneira decrescente a diferença percentual entre os índices apresentados, tem-se: equipamentos – 1315,02%, despesas administrativas – 37,89%, materiais – 10,04% e mão de obra direta – 1,26%.

Em contrapartida, quando elencando de maneira decrescente, a influência de cada índice no valor total do *Wood frame*, apresenta: mão de obra direta – 49,90%, materiais – 35,49%, despesas administrativas – 12,36% e equipamentos – 2,25%.

Dessa maneira, podem-se localizar as variações que possuem maior impacto na diferença final de 10,31% entre as duas estruturas, ao observar a Tabela 5.

Avaliação Geral					
Índice	Comum (R\$)	Total (%)	Wood frame (R\$)	Total (%)	Varição (%)
Mão de Obra	847,21	54,36	857,92	49,90	1,26
Material	554,43	35,57	610,09	35,49	10,04
Despesas Administrativas	154,14	9,89	212,55	12,36	37,89
Equipamento	2,73	0,18	38,63	2,25	1315,02
<b>Total</b>	<b>1.558,51</b>	<b>100,00</b>	<b>1.719,19</b>	<b>100,00</b>	<b>10,31</b>

**Tabela 5.** Avaliação Geral

Fonte: Dados da Pesquisa.

Nota: R1-B - Residência unifamiliar padrão baixo.

#### 4.6 Impactos Ambientais

O conceito de impacto ambiental de acordo com Vasconcellos e Ahdeve (1993) é a colisão de substâncias sólidas, líquidas ou gasosas que a partir de obras ou atividades, causa alteração danosa do ambiente natural, artificial, cultural ou social.

O setor de construção civil é um dos grandes utilizadores de recursos naturais no mundo e sua atividade é responsável por diversos impactos no meio-ambiente com alguns números elevados. Por exemplo, a construção civil mundial demanda 40% da energia e um terço dos recursos naturais; emite um terço dos gases de efeito estufa; consome 12% da água potável e produz 40% dos resíduos sólidos urbanos (Conselho Brasileiro de Construção Sustentável [CBCS], 2014).

Muitos fatores contam pra os impactos ambientais principalmente o consumo energético, as emissões atmosféricas, o consumo de recursos hídricos, a geração de resíduos e os ruídos emitidos na construção civil.

Há ocorrência de consumo energético nas duas tecnologias de construção estudadas, que ocorrem em diversos momentos da produção, por exemplo: na exploração e industrialização da matéria prima; na produção de tijolos e argamassa; no transporte de materiais. A queima de combustíveis fósseis e o consumo de energia elétrica ocorrem em todo o processo produtivo de alvenaria tradicional e *Wood frame* (Santos, 2013).

A emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é inerente ao processo construtivo de alvenaria tradicional, e a maior ocorrência de emissão atmosférica se dá durante a mineração e transporte da matéria prima, e nas atividades que envolvem o tratamento materiais residuais.

O consumo de recursos hídricos ocorre em grande parte do processo produtivo da construção civil. Os veículos que transportam a matéria prima precisam ser lavados sempre em que é deixado o parque de extração e a mesma necessidade de lavagem ocorre no transporte do produto para as obras. No sistema construtivo de alvenaria tradicional os recursos hídricos também são utilizados em abundância para dar o traço entre areia, cimento e cal.

A geração de resíduos se dá principalmente pelo desperdício de matérias que ocorre devido às perdas no processo de produção e aos retrabalhos. O material não utilizado passa a ser tratado como resíduos oriundos da construção. O maior problema ocorre no depósito dos entulhos, que por muitas vezes é realizado em locais inapropriados. Os resíduos oriundos do *Wood frame* acontecem principalmente no chão de fábrica por motivos de erro onde são necessários retrabalhos (Santos, 2013), quanto ao canteiro de obras, à maioria das peças está pronta e corretamente dimensionada para a produção, o que acarreta em poucos ajustes no local da edificação, sendo a maior parte durante a fase de acabamento. De acordo com Torquato (2010) o setor de construção civil produz cerca de 30% a 40% do total de resíduos produzidos no Brasil, se considerado os resíduos de demolição os números se igualam, podendo até ser superiores, a massa de lixo urbano, com aproximadamente 400,00 kg por habitação ao ano. Conforme o SINDUSCON (2015) os resíduos gerados pela construção civil representam entre 50% e 70% das principais cidades do estado de São Paulo.

Em relação aos ruídos, ou poluição sonora, são gerados por ambos os sistemas construtivos significativamente em todo o processo de extração, fabricação, transporte e no canteiro de obras. Após o processo de construção não há grandes impactos na poluição sonora.

Com base na pesquisa documental foram analisados estudos de diversos autores a cerca dos impactos ambientais causados pelos sistemas construtivos de alvenaria tradicional e *Wood frame*, o qual originou a Figura 5.

Fatores	Alvenaria Tradicional	Wood frame
<b>Consumo energético</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diesel para maquinários na exploração da matéria prima e fabricação de materiais;</li> <li>▪ Queima para a fabricação de produtos;</li> <li>▪ Diesel para maquinários de transporte em todo o processo;</li> <li>▪ Baixa produtividade térmica na vida útil.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energia elétrica para maquinários e fabricação de materiais;</li> <li>▪ Energia elétrica para sistemas pneumáticos;</li> <li>▪ Aproveitamento térmico na vida útil.</li> </ul>
<b>Emissões Atmosféricas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Emissão na extração da matéria prima;</li> <li>▪ Emissão na fabricação do produto;</li> <li>▪ Emissão na queima do diesel para transporte.</li> <li>▪ Emissão na exploração das jazidas de gases que estavam retidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Emissão negativa na extração da matéria prima;</li> <li>▪ Emissões na fabricação do produto;</li> <li>▪ Emissão no descarte devido ao Pinus;</li> <li>▪ Emissão na queima do diesel para transporte.</li> </ul>
<b>Consumo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lavagem dos veículos na extração de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lavagem dos veículos, pouco significativo;</li> </ul>

<b>Hídrico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>matéria prima;</li> <li>▪ Composição da massa do tijolo;</li> <li>▪ Composição da argamassa;</li> <li>▪ Lavagem dos veículos após o transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Construção a seco;</li> </ul>
<b>Resíduos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Perdas na exploração da matéria prima e fabricação de materiais;</li> <li>▪ Perdas no processo de produção e retrabalhos;</li> <li>▪ Produz cerca de 30% a 40% do total de resíduos produzidos no Brasil.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Perdas na exploração da matéria prima e fabricação de materiais;</li> <li>▪ Perdas no processo de produção e retrabalhos,</li> <li>▪ Possibilidade de redução em até 85% o desperdício de matéria-prima no canteiro de obra.</li> </ul>
<b>Ruídos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gerados em todo o processo de extração, fabricação, transporte;</li> <li>▪ Não é significativo na vida útil.</li> </ul>	

**Quadro 3.** Comparativo de Impactos Ambientais entre os Sistemas Construtivos de Alvenaria Tradicional e *Wood frame*.

Fonte: SANTOS, 2013.

O *Wood frame* apresenta diversas vantagens e desvantagens em relação aos impactos ambientais causados pela alvenaria. Como por exemplo, no consumo de energia o *Wood frame* faz uso do diesel na extração e no seu processo de produção, porém de acordo com Santos (2013), a sua principal fonte de energia, utilizada em seus maquinários e pneumáticos, é a energia elétrica, fonte renovável e de menor impacto ambiental em relação aos combustíveis fósseis. Além de sua principal matéria prima, o Pinus, utilizar como fonte de energia, a energia solar. O *Wood frame* possui um bom aproveitamento térmico, o que acarreta em um consumo menor de energia no ambiente durante sua vida útil. Porém um ponto a se ressaltar é que para uso no sistema construtivo em *Wood frame*, é necessário tratar o Pinus para a prevenção de infestações de cupins e comprometimento das construções, (Torquato, 2010, p. 24). Os restos do Pinus não podem ser reutilizados ou reciclados e conforme as normas brasileiras deve-se queimar o material com tratamento dos efluentes atmosféricos (Ramos, 2012).

Quanto às emissões atmosféricas o *Wood frame* se destaca, pois durante a silvicultura do Pinus há o sequestro de carbono mantendo a emissão atmosférica negativa. Sob a perspectiva ambiental, o Pinus pode ser considerado como uma fonte renovável e de importante papel para equilibrar climas locais, e devido ao seu rápido crescimento, absorve altas taxas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) da atmosfera (BRACELPA, 2012). O *Wood frame* possui emissão atmosférica mais significativa no transporte, que ocorre em todo o processo produtivo, e no futuro descarte da madeira Pinus, que precisa ser queimada devido à liberação de substâncias perigosas que contém, porém possui tratamentos previstos em lei para ser menos agressivo ao meio ambiente. Em uma edificação construída pela tecnologia de *Wood frame*, e de aproximadamente 40m<sup>2</sup>, a redução de emissões de dióxido de carbono ocorre em até 73%, se comparado com a alvenaria tradicional. (Santos, 2013).

Em relação aos resíduos no sistema construtivo de *Wood frame*, acontece principalmente no chão de fábrica por motivos de erro onde são necessários retrabalhos, porém há possibilidade de redução. Quanto ao canteiro de obras à grande parte das peças está pronta e possui correta dimensão, o que leva a ajustes mínimos no local da edificação, sendo a maior necessidade de ajustes durante a fase de acabamento. O *Wood frame* pode reduzir em até 85% o desperdício de matéria-prima no canteiro de obra (Santos, 2013).

Com relação ao consumo dos recursos hídricos, segundo Torquato (2010) o *Wood frame* é considerado um sistema de construção a seco, conhecido por não utilizar água no processo de execução da obra. Utiliza-se de materiais com menor necessidade de consumo de água para limpeza e manutenção. Portanto, apesar de também utilizar água na lavagem dos veículos, os recursos utilizados são menos significativos do que na alvenaria tradicional.

As obras feitas a partir do sistema construtivo em *Wood frame* possuem alto potencial sustentável capaz de causar efeitos significativos no atual cenário de impactos ambientais causados pela indústria de construção civil no Brasil.

É necessária a atenção com a construção de habitações mais sustentáveis as quais minimizam os impactos negativos sobre o meio ambiente além de promover a economia dos recursos naturais e a melhoria na qualidade de vida dos seus ocupantes. Uma obra sustentável leva em consideração todo o projeto da obra: os procedimentos anteriores a construção, o qual deve ser analisado o ciclo de vida do empreendimento e dos materiais que serão usados; cuidados com a geração de resíduos; minimização do uso de matérias-primas com reaproveitamento de materiais durante a execução da obra até o tempo de vida útil da obra e a sustentabilidade da sua manutenção (BRASIL, 2014).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou os custos e os impactos ambientais gerados pelos sistemas de construção em alvenaria tradicional e *Wood frame*, com o objetivo de comparar o custo unitário básico e os impactos ambientais de ambas as tecnologias utilizadas na construção de casas Padrão Baixo R-1

Para a comparação foram utilizados os dados de uma empresa que possui a tecnologia de *Wood frame* para a construção de casas. Para os custos de alvenaria tradicional foram utilizados os dados disponibilizados pelo SINDUSCON-PR.

Foram pesquisadas as características da alvenaria tradicional e do *Wood frame* no modelo de casas Padrão Baixo R-1. Na alvenaria há a utilização de argamassa de assentamento e blocos, preparados com barro cozido, também há a utilização de areia, brita, impermeabilizante e placa de gesso. A parte hidráulica é representada pelos tubos de PVC e de ferro, e a elétrica pelos fios de cobre e disjuntores. Já no *Wood frame* utiliza-se madeira proveniente de reflorestamento e certificada, as árvores normalmente escolhidas são *Pinnus* e *Eucalyptus*. Além disso, na alvenaria alguns materiais apresentam preço menor que os perfis de madeira de *Wood frame*, tendo o mesmo destino de estrutura. A alvenaria tradicional é um meio de Construção que apresenta muito retrabalho, podendo fazer com que a obra apresente prazos até 03 vezes maiores que o sistema de *Wood frame*, também apresenta maior quantidade de entulho, deficiência na limpeza e maior trabalho para instalação e pré-disposição das tubulações, comparado com o método do *Wood frame*. Porém o *Wood frame* necessita de mão de obra especializada, por possuir tecnologia diferente da utilizada no sistema construtivo de alvenaria tradicional. Porém permite a redução em até 85% da utilização de concreto e aço, sendo esses os maiores geradores de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e onde ocorre o maior consumo energético no processo produtivo.

Para à análise dos custos unitários básicos das casas Padrão Baixo R-1, houve a seguinte divisão: mão de obra direta e encargos, materiais, despesas administrativas e equipamentos. Sendo utilizada como padrão de comparação, uma residência unifamiliar padrão baixo. A mão de obra e encargos apresenta pouca diferença entre ambos os sistemas construtivos, a alvenaria tradicional apresentou um CUB de R\$ 847,21 e *Wood frame* R\$ 857,92, não considerando o custo de treinamento necessário pra a montagem do *Wood frame*. Também houve pouca diferença no CUB do material usado em ambos os modelos, a alvenaria tradicional apresentou CUB de R\$ 554, 43 e o *Wood frame* R\$ 610,09, isso ocorreu porque a maioria dos materiais utilizados no *Wood frame* são importados, por ser uma tecnologia recente no Brasil. Para as despesas administrativas, foram analisadas as despesas com água, luz, telefone, combustível, lubrificantes e cópias xerográficas de ambas as tecnologias, e para o sistema de *Wood frame* houve a despesa de aluguel de alojamentos para os colaboradores de outras regiões que resultou em um CUB de R\$ 212,55 e R\$ 154,14 para a alvenaria tradicional. A maior diferença se da no custo com equipamentos, pois o *Wood frame*

apresenta equipamentos com alto valor de aluguel, aquisição e manutenção, a logística e complexidade superior presentes no processo do *Wood frame* também elevam seu custo com equipamentos, resultando em CUB de R\$ 38,63 e R\$ 2,73 para a alvenaria tradicional.

O *Wood frame* se apresenta como uma solução sustentável diante de uma das indústrias que mais consome recursos naturais no mundo, à indústria de construção civil. Utiliza como matéria prima a madeira, que além de ser um recurso renovável, reduz consideravelmente a emissão de gás carbônico no meio ambiente. Utiliza fontes renováveis de energia que conforme revisão bibliográfica pode diminuir 73% dos gases emitidos e em 85% os desperdícios gerados no canteiro de obra. Além de utilizar menos recursos hídricos.

Diante do déficit habitacional brasileiro e o crescimento da população para os próximos anos, cada vez mais as construtoras precisam se adaptar e criar novas soluções em um mercado que demanda maior efetividade, velocidade e é carente de tecnologia. Diante disso o *Wood frame* se apresenta como uma solução sustentável, de construção rápida e de baixo custo, que demonstra bons resultados em países desenvolvidos. O mercado brasileiro, principalmente nas regiões sul e sudeste, apresenta grande disponibilidade de matéria-prima e capacidade de suprir as demandas de insumos das diversas etapas construtivas do sistema de *Wood frame*.

Para uma residência unifamiliar de padrão baixo, os custos do *Wood frame* são maiores devido, principalmente, a mão de obra qualificada, os equipamentos e a necessidade de importação de alguns materiais não disponíveis no Brasil, porém ainda assim é um sistema construtivo a se considerar pelas construtoras no Brasil devido as suas vantagens principalmente em relação ao tempo de obra e sustentabilidade.

Portanto pode-se concluir que apesar de ser um sistema que atualmente no Brasil possui um maior custo, devido a ser uma nova tecnologia, possui grandes vantagens em relação à alvenaria tradicional, podendo entregar residências rapidamente, e consequentemente contribuindo para diminuir a demanda habitacional no país, com maior sustentabilidade e modernização dos processos na construção civil. É um sistema viável para ser empregado como um sistema construtivo de habitações de interesse social no país.

Para os próximos trabalhos, podem ser utilizados os custos totais de ambas as tecnologias para averiguar os custos-benefícios resultantes, situação que é impedida neste estudo pelas limitações apresentadas pelo modelo de custo utilizado, o CUB.

Outra ideia obtida durante a realização desta pesquisa foi à aplicação do estudo do CUB x sistema construtivo, utilizando como fator de quantidade uma demanda em grande escala. Desse modo, será colocado o fator tempo como uma nova variável e demonstrará o quanto ele influencia nos custos dos sistemas construtivos no final de um grande projeto, o que costuma ser o principal foco das empresas.

## REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. Projeto NBR N° 12721, de setembro de 2005. Dispõe sobre a avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios. Recuperado em 24 setembro, 2019 de <https://central3.to.gov.br/arquivo/176706/>.
- Arcari, A. (2010). *Alvenaria estrutural e estrutura aporticada de concreto armado: Estudo comparativo de custos*. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. Disponível: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/28550/000769494.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Bufon, N. & Anschau, C. T. (2016). O perfil da mão de obra na construção civil de Chapecó/SC. *Revista Tecnológica*, 4(1), 194-210.

- Campos, L. A. (2015). *Análise do sistema construtivo Wood Frame e a comparação de custos com a alvenaria*. Trabalho de conclusão de curso, Faculdade de Ciências Sociais e Agrárias de Itapeva, Itapeva, SP, Brasil. Recuperado em 19 fevereiro, 2020 de [https://www.academia.edu/22615855/AN%C3%81LISE\\_DO\\_SISTEMA\\_CONSTRUT\\_CON\\_WOOD\\_FRAME\\_E\\_A\\_COMPARA%C3%87%C3%83O\\_DE\\_CUSTOS\\_COM\\_A\\_ALVENARIA](https://www.academia.edu/22615855/AN%C3%81LISE_DO_SISTEMA_CONSTRUT_CON_WOOD_FRAME_E_A_COMPARA%C3%87%C3%83O_DE_CUSTOS_COM_A_ALVENARIA).
- Carareto, E. S., Jayme, G., Tavares, M. P. Z. & Vale, V. P. (2006). Gestão estratégica de custos: custos na tomada de decisão. *Revista de Economia da UEG*, 2(2), 1-24.
- Cardoso, A. L. (2015). Estudo do método construtivo wood framing para construção de habitações de interesse social. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil. Recuperado em 20 fevereiro, 2020 de <https://www.tecverde.com.br/wpcontent/uploads/2016/07/CARDOSOL.A.Estudodome%CC%81todo-construtivo-wood-framing-para-construc%CC%A7o%CC%83es-de-HIS.pdf>.
- Cavalheiro, O. P. (1999, agosto). Alvenaria estrutural: tão antiga e tão atual. Acessado em 20 fevereiro, 2020 de [https://anicerpro.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Alvenaria-Estrutural\\_T%C3%A3o-antiga-e-t%C3%A3o-atual\\_cavalheiro1.pdf](https://anicerpro.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Alvenaria-Estrutural_T%C3%A3o-antiga-e-t%C3%A3o-atual_cavalheiro1.pdf).
- Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. Aspectos da construção sustentável no Brasil e promoção de políticas públicas, de novembro de 2014. Recuperado em 20 fevereiro, 2020 de <http://www.cbcs.org.br/website/aspectos-construcao-sustentavel/show.asp?ppgCode=DAE7FB57-D662-4F48-9CA6-1B3047C09318>.
- Flores, K. B. (2018). *Alvenaria convencional X alvenaria estrutural: vantagens e desvantagens*. Trabalho de conclusão de curso, Grupo Kroton Educacional. Recuperado em 22 novembro, 2018 de <http://repositorio.pgsskroton.com.br/bitstream/123456789/20204/1/KELYTON%20BRANDAO%20FLORES.pdf>.
- Garcia, S., Bernardes, M., Martins, M. S., Romanini, A. & Folle, D. (2013, outubro). Sistema Construtivo Wood frame. *Anais da Mostra de Iniciação Científica do IMED*, Porto Alegre, RS, Brasil, 7.
- Gonçalves, D. L. & Bispo, O. N. A. (2012). Análise dos fatores determinantes da estrutura de capital de companhias de construção civil inseridas no segmento Bovespa. *Revista de Contabilidade e Controladoria*, 4(1), 110-130.
- Ferraz, J. M. G. (2003). *As Dimensões da Sustentabilidade e seus Indicadores*. Recuperado em 19 fevereiro, 2020 de [www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1076520/1/Ferrazasdimensoes.pdf](http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1076520/1/Ferrazasdimensoes.pdf).
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010, de 2010. Recuperado em 19 fevereiro, 2020 de [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/97/cd\\_2010\\_familias\\_domicilios\\_amostra.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/97/cd_2010_familias_domicilios_amostra.pdf).
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Projeções e estimativas da população do Brasil e das Unidades da Federação, de 2018. Recuperado em 20 fevereiro, 2020 de <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>.
- Lei nº 4.591, de 16 de dezembro de 1964 (1964). Dispõe sobre o condomínio em edificações e as incorporações imobiliárias. Diário Oficial da União. Brasília, DF. Recuperada em 20 fevereiro, 2020 de [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L4591.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4591.htm).

- Leite, J. C. P. S. & Lahr, F. A. R. (2015). Diretrizes básicas para projetos em wood frame. *Construindo*, 7(2), 1-16.
- Lopes, E. C. A. (2013). *Tecnologias sustentáveis em obras de pequeno e médio porte – custos, vantagens e desvantagens no uso do wood frame*. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Católica de Brasília, Brasília, DF, Brasil. Recuperado em 25 novembro, 2018 de <https://repositorio.ucb.br/jspui/bitstream/10869/4629/5/Eduardo%20Caetano%20Alves%20Lopes.pdf>.
- Marder, T. S. (2001). *A produtividade da mão-de-obra no serviço de alvenaria no município de Ijuí*. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, RS, Brasil. Recuperado em 20 fevereiro, 2020 de [http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wpcontent/uploads/tccs/tccitulos/2001/A\\_ProdProdutivi\\_da\\_Mao\\_de\\_Obra\\_no\\_Servico\\_e\\_Alvenaria\\_no\\_Municipio\\_de\\_Ijui.pdf](http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wpcontent/uploads/tccs/tccitulos/2001/A_ProdProdutivi_da_Mao_de_Obra_no_Servico_e_Alvenaria_no_Municipio_de_Ijui.pdf).
- Martins, E. (2010). *Contabilidade de custos* (10a ed.). São Paulo: Atlas.
- Molina, J. C. & Calil, C. Jr. (2010). Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, 31(2), 143-156.
- Monich, C. R. (2012). *Avaliação ambiental de uma habitação de interesse social pré-fabricada em madeira no sistema Wood frame no estado do Paraná*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil. Recuperado em 20 fevereiro, 2020 de <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/35982/R%20%20D%20%20CARLA%20RABELO%20MONICH.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Paese, M. C. B. (2012). *Análise de sistemas construtivos em madeira implantados na região de Curitiba*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Pr, Brasil. Recuperado em 20 fevereiro, 2020 de [http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/500/1/CT\\_PPGECC\\_M\\_Paese%2c%20Michelle%20Cristine%20Bonatto\\_2012.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/500/1/CT_PPGECC_M_Paese%2c%20Michelle%20Cristine%20Bonatto_2012.pdf).
- Pinzan, A. (2013). *Métodos de custeio e seus propósitos de uso: Análise por meio de estudo de casos múltiplos*. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. Recuperado em 28 novembro, 2018 de <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12136/tde25072013145836/publico/AnderAndersonFerreiraPin.pdf>.
- Quintão, C. (2017, agosto 3). Custo da construção fica quase estável em julho, informa SINDUSCON SP. *Valor Econômico*, Caderno Empresas.
- Ramos, J. L. F. S. (2012). *Análise experimental e numérica de estruturas históricas de alvenaria*. Dissertação de mestrado, Universidade do Minho, Braga, Portugal. Recuperado em 28 novembro, 2018 de <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/14>.
- Santos, E. B. (2013). *Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em habitações populares*. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, PR, Brasil. Recuperado em 20 fevereiro, 2020 de [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1869/1/CM\\_COECI\\_2013\\_1\\_04.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1869/1/CM_COECI_2013_1_04.pdf).

Sindicato da Indústria da Construção Civil. Perfil do Trabalhador da Construção Civil, de 2015. Recuperado em 02 dezembro, 2018 de <http://SINDUSCONfpolis.org.br/MyFiles/comunica%C3%A7%C3%A3o%202015/Perfil%20do%20Trabalhador%20da%20Constru%C3%A7%C3%A3o%20Civil%202015.pdf>.

Sindicato da Indústria da Construção Civil no estado de Minas Gerais. Custo Unitário Básico (CUB/m<sup>2</sup>): principais aspectos, de 2007. Recuperado em 24 setembro, 2019 de <http://www.cub.org.br/static/web/download/cartilha-principais-aspectos-cub.pdf>.

Sindicato da Indústria da Construção Civil no estado do Paraná. Tabelas de cub, de 2006. Recuperado em 20 fevereiro, 2020 de <https://sindusconpr.com.br/tabela-completa-370-p>.

Souza, B. A., Oliveira, C. A. C., Viana, L. A. C. Neto & Santos, D. G. (2015). Análise dos indicadores PIB nacional e PIB da indústria da construção civil. *Revista de Desenvolvimento Econômico*, 17(31), 140-150.

Souza, U E. L. (2012). *Como medir a produtividade da mão-de-obra na construção civil*. Recuperado em 30 agosto, 2018 de <http://www.gerenciamento.ufba.br/Disciplinas/Produtividade/como%20medir%20produtividade%20-%20Entac.pdf>.

Talaquichande, A. S. M. M. (2010). *Estimativa de Custos na Construção Civil*. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Moçambique. Recuperado em 20 fevereiro, 2020 de <http://monografias.uem.mz/bitstream/123456789/587/1/2010%20%20Talaquichande%20C%20Abdel%20Saquina%20Muhorro%20Mussagy.pdf>.

Torquato, M. L. (2010). *Estudo comparativo quanto a preceitos de sustentabilidade entre o método tradicional de produção e o sistema light wood framing para a construção de biblioteca cidadã*. Monografia de especialização, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil. Recuperado em 20 fevereiro, 2020 de <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/34352/TORQUATO%2C%20MARIO%20LEONARDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Vasques, C. C. P. C. F. & Pizzo, L. M. B. F. (2014). Comparativo de sistemas construtivos, convencional e wood frame em residências unifamiliares. *Cognitio*, 1(1), 1-17.