

**Área:** Sustentabilidade | **Tema:** Temas Emergentes em Sustentabilidade

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DE SISTEMA DE ALVENARIA E CONCRETO ARMADO E DE SISTEMA DE WOOD FRAME PARA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR DO PROGRAMA “MINHA CASA, MINHA VIDA”**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE COSTS OF A MASONRY AND REINFORCED CONCRETE SYSTEM AND A WOOD FRAME SYSTEM FOR A SINGLE-FAMILY DWELLING OF THE “MINHA CASA, MINHA VIDA” PROGRAM**

Selton Fernandes De Sousa Lima, Eduardo Henrique Lucca Santos e Arthur Pereira Rodrigues

**RESUMO**

Na construção civil, um dos principais responsáveis pela emissão do dióxido de carbono é o cimento. Entretanto, existem tecnologias construtivas que demandam menos uso desse material, como o Wood Frame. Entre outras vantagens, esse sistema construtivo produz menos resíduos e demanda menos água, contribuindo para o desenvolvimento sustentável. Apesar do largo conhecimento dos benefícios relacionados à sustentabilidade, o Wood Frame ainda é pouco utilizado no cenário brasileiro. Nesse sentido, o presente trabalho buscou comparar os custos da construção de uma residência unifamiliar para dois sistemas construtivos: alvenaria com concreto armado e Wood Frame. Para tanto, foram calculados os custos diretos com o auxílio de planilhas do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) e orçamentos de empresas. Também foram estimados a produtividade e o cronograma para cada um dos sistemas. Os custos diretos do sistema de alvenaria e concreto armado foram 8,07% menores que o sistema em Wood Frame, mas os custos indiretos foram 27,52% maiores. Dessa forma, o sistema de alvenaria e concreto armado apresenta custo total 2,54% menor que o sistema de Wood Frame. Por outro lado, o sistema em Wood Frame demanda 56,52% menos tempo de construção e apresenta produtividade 129,96% maior. Políticas de incentivo ao uso desse sistema poderiam ser realizadas, o que reduziria essa diferença.

**Palavras-Chave:** Wood Frame. Custos. Sustentabilidade.

**ABSTRACT**

In the construction sector, cement is one of the main responsible for the emission of carbon dioxide. However, there are constructive technologies that require less use of this material, such as Wood Frame. Among other advantages, this building system produces less waste and demands less water, contributing to sustainable development. Despite the wide knowledge of the benefits related to sustainability, Wood Frame is still rarely used in the Brazilian scenario. In this sense, the present work sought to compare the costs of constructing a single-family house with two different construction methods: reinforced concrete with masonry and Wood Frame. For this research, the direct costs were calculated based on SINAPI (National System of Research of Costs and Indexes of the Construction) worksheets and on budgets provided by companies. The productivity and the construction duration for each one of the systems were also estimated. The direct costs of the reinforced concrete with masonry system were 8.07% lower than the Wood Frame system, but the indirect costs were 27.52% higher. So, the reinforced concrete with masonry system has a total cost 2.54% lower than the Wood Frame system. On the other hand, the Wood Frame system requires 56.52% less construction time and its productivity is 129.96% higher. Policies to encourage the use of this system could be implemented, which would reduce this difference.

**Keywords:** Wood Frame. Costs. Sustainability.

# ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DE SISTEMA DE ALVENARIA E CONCRETO ARMADO E DE SISTEMA DE *WOOD FRAME* PARA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR DO PROGRAMA “MINHA CASA, MINHA VIDA”

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com o relatório de Brundtland (1987), desenvolvimento sustentável é descrito como o aquele que satisfaz as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das futuras gerações de suprir suas próprias necessidades. Porém, o setor da construção civil ainda está distante de atingir esse conceito. Segundo o relatório da ONU Meio Ambiente (2018), as emissões de dióxido de carbono na construção civil atingiram 76 gigatoneladas entre 2010 e 2016.

Nesse setor, um dos principais responsáveis pela emissão do dióxido de carbono, principal gás do efeito estufa, é o cimento. De acordo com o WBCSD (2010), 5% de todas as emissões de gás carbônico efetuadas pelos homens na atmosfera são provenientes da produção de cimento. No Brasil, como o sistema construtivo comumente utilizado demanda muito desse insumo, a indústria do cimento foi responsável por 29,7% de todas as emissões de dióxido de carbono em 2012 (BRASIL, 2014).

Nesse sentido, sistemas construtivos mais sustentáveis devem ser adotados. As construções a seco reduzem os desperdícios de algumas atividades na construção, seja na abertura de passagens para as instalações, seja em relação aos materiais utilizados em procedimentos como chapisco, emboço e reboco. Um dos tipos de construção a seco é o *Wood Frame*, sistema em que as paredes são compostas por perfis estruturais de madeira juntamente a placas para a vedação, que podem ser cimentícias, de madeira ou de gesso, por exemplo (SOTSEK e SANTOS, 2018).

Mahapatra (2007) afirma que a substituição do consumo de concreto e aço por madeira pode reduzir as emissões líquidas de dióxido de carbono e o consumo de energia primária. Espíndola (2015) realizou um estudo com a simulação do consumo de energia de uma habitação de interesse social com os programas ECOTEC e HOT2000. As simulações mostraram que, a depender das composições dos fechamentos dos painéis e da integração com um sistema de geração de energia, seria possível zerar o consumo de energia elétrica em uma construção executada com *Wood Frame*.

Silva (2015) analisou a viabilidade técnica de implantação desse sistema construtivo no Brasil, elencando etapas, métodos e materiais utilizados na construção de uma habitação de dois pisos localizada em Arcos – MG. Dessa forma, o autor conclui que uma das grandes vantagens apontadas na adoção do *Wood Frame* frente à sustentabilidade é a sua industrialização. Com isso, na maior parte da edificação são utilizadas peças pré-moldadas, reduzindo a geração de resíduos sólidos.

Pereira e Vieira (2015) realizaram orçamentos para comparar o sistema de construção de alvenaria e concreto armado e o *Wood Frame* em uma habitação de interesse social localizada em Pelotas -RS. O trabalho apontou as vantagens técnicas do *Wood Frame*, principalmente a sua acessibilidade econômica. Os autores concluíram, portanto, que esse sistema construtivo oferece uma excelente relação custo-benefício aos seus usuários.

Apesar das evidentes vantagens do sistema *Wood Frame* frente à construção em alvenaria e concreto armado, ainda há receio por parte dos construtores em relação aos custos do sistema inovador. Dessa forma, o presente trabalho se propõe a comparar o orçamento de ambos os sistemas construtivos de forma a verificar a viabilidade da implantação do sistema construtivo *Wood Frame* no Brasil e aumentar o acervo bibliográfico a respeito deste tema.

## 1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é comparar os custos diretos e indiretos, a produtividade da mão de obra e o tempo demandado para a construção de uma habitação unifamiliar do programa “Minha Casa, Minha Vida” no município de Dourados - MS em dois sistemas construtivos: alvenaria de tijolo cerâmico e *Wood Frame*.

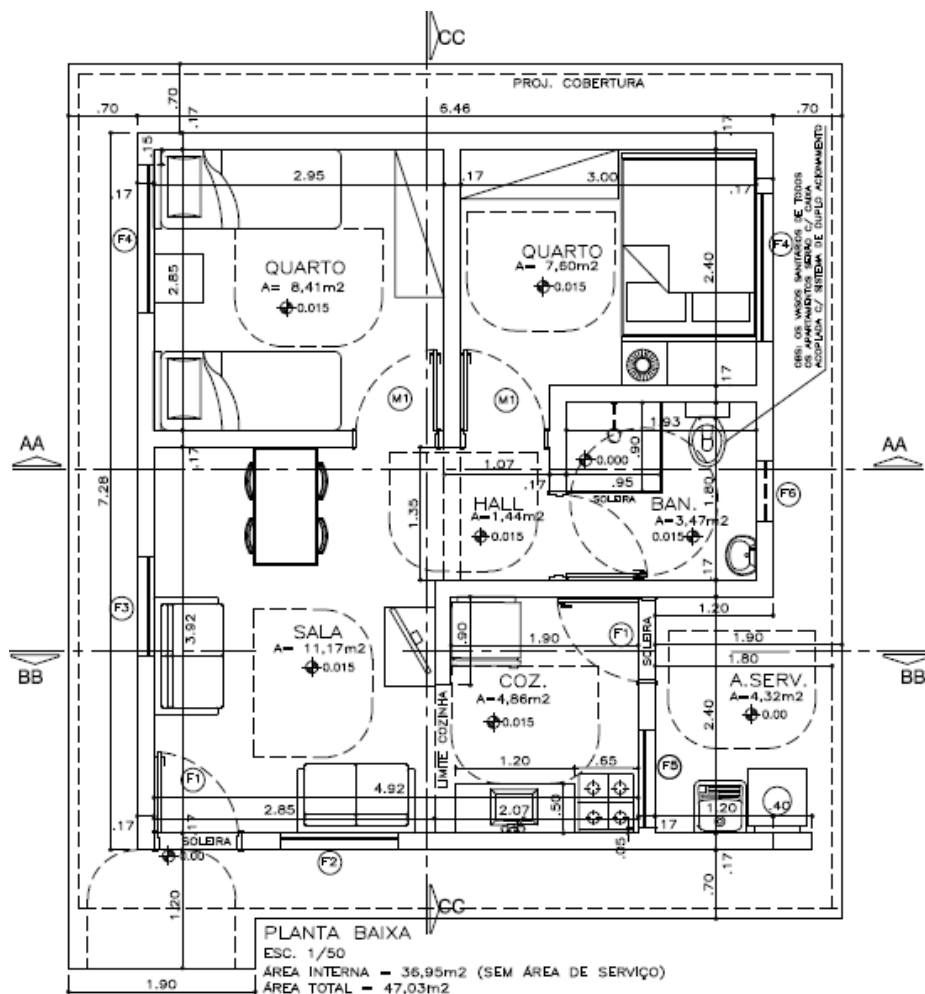
## 2 METODOLOGIA

### 2.1 DEFINIÇÃO DO MODELO ORIGINAL

O desenvolvimento do trabalho ocorreu a partir do estudo de caso de um projeto do programa “Minha Casa, Minha Vida” em Dourados - MS, desenvolvido pelo Governo Federal em parceria com a Caixa Econômica Federal. A partir de dados fornecidos pela empresa responsável pela execução do projeto, o modelo original foi definido como uma habitação de interesse social, com área total de 47,03 m<sup>2</sup> e área útil de 36,95 m<sup>2</sup>. A edificação possui dois dormitórios, um banheiro, uma sala de estar com cozinha integrada e uma área de serviço externa, conforme a

Figura 1.

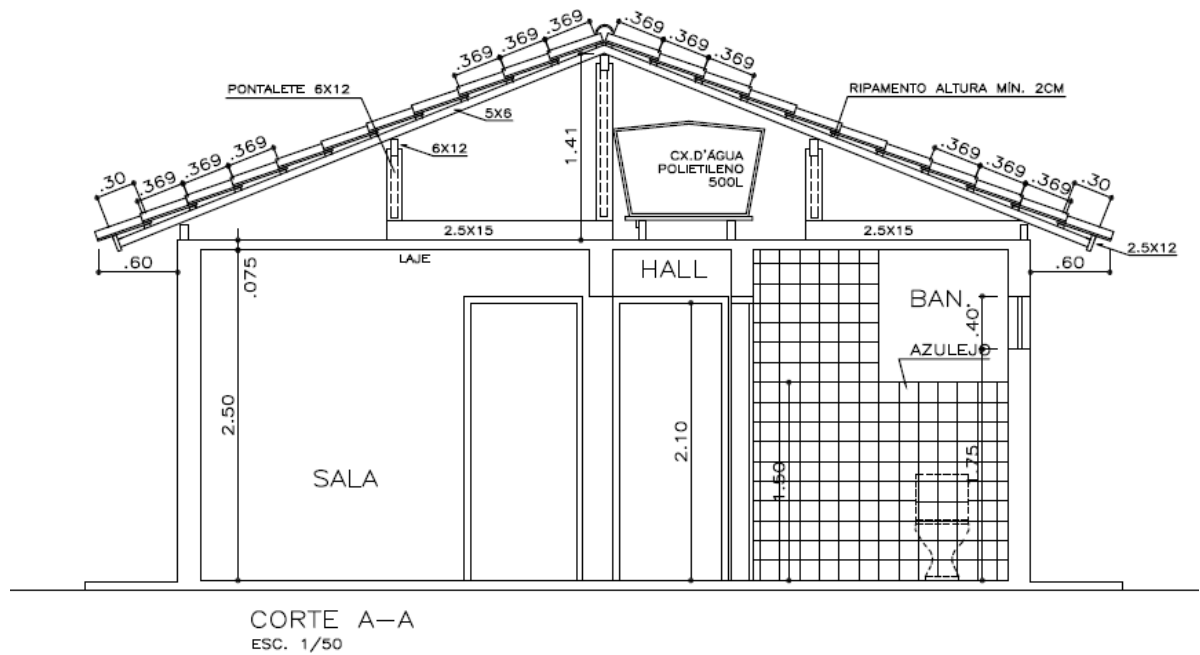
Figura 1 - Planta Baixa do modelo original



Fonte: autores.

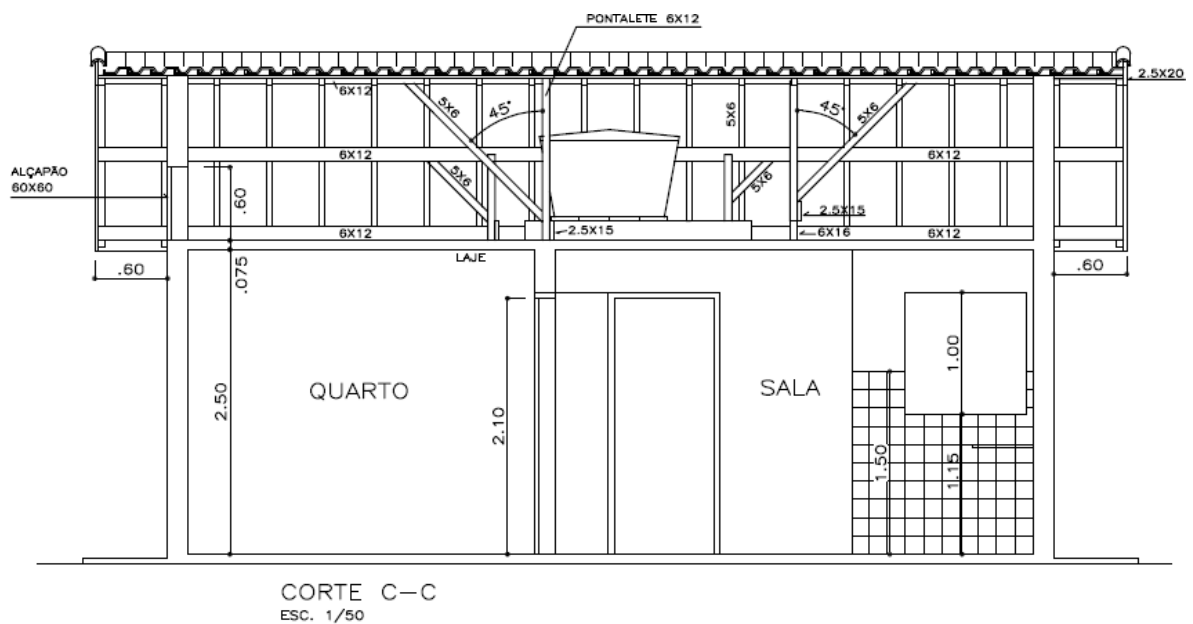
A Figura 2 e a Figura 3 apresentam os cortes AA e CC do modelo original, respectivamente. Dessa forma, são descritos detalhamentos do interior da edificação, altura da caixa d'água, posicionamento e dimensões das tesouras do telhado, inclinação do telhado, pé direito, além da altura das portas e janelas. Na Figura 4 são apresentados detalhamentos relacionados à fachada da edificação.

Figura 2 - Corte AA do modelo original



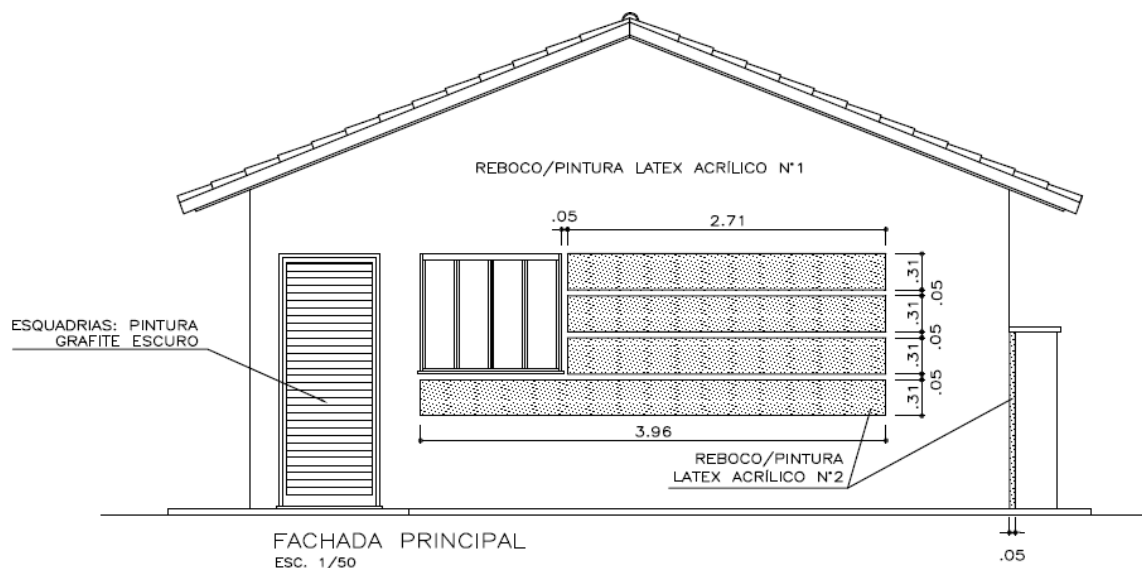
Fonte: autores.

Figura 3 - Corte CC do modelo original



Fonte: autores.

Figura 4 - Fachada do modelo original



Fonte: autores.

## 2.2 ADAPTAÇÃO DO MODELO PARA *WOOD FRAME*

No modelo original, foi utilizada a fundação do tipo *Radier*. No modelo em *Wood Frame*, foi utilizado a mesma fundação por conta da facilidade e da rapidez de execução, visto que a economia de tempo e mão de obra implicariam em um custo reduzido. Os projetos complementares de instalações hidrossanitárias e elétricas também foram mantidos, pois não houve alteração no layout do projeto adaptado para *Wood Frame*.

O modelo construtivo original adota um sistema estrutural composto por pilares e lajes de concreto armado e paredes de alvenaria de tijolos cerâmicos assentados com argamassa. Já no modelo de *Wood Frame* o sistema estrutural é formado de painéis estruturais de madeira, com espaçamento de 40 cm entre si, placas cimentícias, membrana hidrófuga, lã de vidro (para isolamento térmico e acústico) e placas de gesso acartonado.

A estrutura da cobertura não sofreu alteração no processo de adaptação do modelo original para *Wood Frame*, pois o material utilizado nas tesouras é o mesmo em ambos os sistemas construtivos. Além disso, foram utilizadas telhas cerâmicas sobre as tesouras nos dois modelos.

A pintura, as esquadrias e as louças serão mantidas no projeto adaptado. Internamente, serão utilizadas placas de gesso acartonado para áreas não molháveis e gesso acartonado especial para áreas molháveis, enquanto o exterior será revestido de placas cimentícias.

## 2.3 REALIZAÇÃO E ANÁLISE DOS ORÇAMENTOS

No orçamento da obra são previstos e contabilizados os serviços, materiais e a mão de obra necessários para a execução do projeto, configurando-se como uma das etapas mais importantes da construção. Desse modo, são incluídas especificações sobre os insumos, composições, impostos e outros custos indiretos da obra.

O orçamento do sistema construtivo de estrutura de concreto armado e alvenaria cerâmica foi obtido com base nas tabelas do SINAPI referentes ao estado de Mato Grosso do Sul em outubro de 2018. No modelo em *Wood Frame*, os principais dados utilizados foram

fornecidos pela empresa “Tecverde Construções Eficientes”, referência neste tipo de construção e com atuação em Dourados – MS.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 CUSTOS DIRETOS

##### 3.1.1 Sistema construtivo de alvenaria e concreto armado

Com auxílio das tabelas do SINAPI, a empresa responsável pela execução da obra elaborou o orçamento analítico da habitação de sistema construtivo de alvenaria e concreto armado. A Tabela 1 apresenta uma síntese desse orçamento, discriminando o custo de materiais demandados para cada etapa da obra, considerando o valor do BDI (benefícios e despesas indiretas) em 20%.

Tabela 1 - Síntese do orçamento para o modelo original

Item	Descrição	Subtotal (R\$)	%
1	Serviços preliminares	1.125,59	1,43
2	Infraestrutura	4.180,87	5,32
3	Supraestrutura	14.510,87	18,46
4	Paredes e Painéis	7.804,07	9,93
5	Esquadrias e Ferragens	7.650,65	9,74
6	Cobertura	8.600,39	10,94
7	Revestimentos, Pintura e Elementos	13.483,33	17,16
8	Pavimentação	3.308,65	4,21
9	Instalações e aparelhos	15.792,53	20,10
10	Serviços complementares	2.129,34	2,71
	<b>Total</b>	<b>78.585,87</b>	<b>100,00</b>

Fonte: autores.

##### 3.1.2 Wood Frame

Após a adequação do projeto de sistema construtivo de alvenaria e concreto armado, foram definidos os quantitativos de materiais necessários à execução da habitação em *Wood Frame*, considerando o valor do BDI em 20%. Os valores referentes ao orçamento, sintetizados na Tabela 2, foram obtidos a partir de pesquisa com lojas e fornecedores de materiais que atuam no estado do Mato Grosso do Sul. Dentre as empresas consultadas, destaca-se a “Tecverde Construções Eficientes”, referência em projetos de madeira em todo o Brasil.

Tabela 2 - Síntese do orçamento para o modelo *Wood Frame*

Item	Descrição	Subtotal (R\$)	%
1	Serviços preliminares	1.125,59	1,32
2	Infraestrutura	4.180,87	4,89
3	Supraestrutura	0,00	0,00
4	Paredes e Painéis	18.390,26	21,51
5	Esquadrias e Ferragens	7.650,65	8,95
6	Cobertura	11.382,22	13,31
7	Revestimentos, Pintura e Elementos	21.527,78	25,18
8	Pavimentação	3.308,65	3,87
9	Instalações e aparelhos	15.792,53	18,47
10	Serviços complementares	2.129,34	2,49
	<b>Total</b>	<b>85.487,46</b>	<b>100,00</b>

Fonte: autores.

### 3.2 CUSTOS INDIRETOS

Além dos custos diretos (materiais, mão de obra operacional e equipamento) para a execução de uma edificação, o orçamento deve contemplar os custos referentes às despesas administrativas, mão de obra técnica, canteiro de obras e segurança do trabalho, chamados de custo indireto. A Tabela 3 mostra os valores considerados em relação às despesas com mão de obra e custos mensais.

Tabela 3 - Custos indiretos dos modelos analisados

Item	Descrição	Alvenaria e Concreto Armado (R\$)	Wood Frame (R\$)
1	Vale Transporte	1520,00	1120,00
2	Vale Alimentação	0,00	0,00
3	Seguro e Documentação	11400,00	8400,00
4	Uniforme e Equipamentos	29,45	21,70
5	Treinamento, Execução e Qualidade	72,20	28,88
6	Engenheiro	1179,90	869,40
7	Mestre de obras	400,48	295,09
8	Encarregado	566,69	417,56
9	Técnico de Segurança	142,96	105,34
10	Almoxarife	71,65	52,79
11	Apontador	71,82	52,92
12	Vigia	64,13	47,25
13	Segurança da obra	332,50	245,00
14	Água/Luz	256,50	18,90
	<b>Total (R\$)</b>	<b>16.108,28</b>	<b>11.674,83</b>
	<b>Total por m<sup>2</sup> (R\$/m<sup>2</sup>)</b>	<b>342,51</b>	<b>248,24</b>

Fonte: autores.

### 3.3 PRODUTIVIDADE

Com base na pesquisa de Doramascki e Fagiani (2009), que determina a produção da mão de obra a partir da multiplicação das produtividades de cada serviço pela área correspondente, foi calculada a produtividade do sistema de alvenaria e concreto armado (Tabela 4) e *Wood Frame* (Tabela 5) para o estudo de caso. Além disso, a produtividade total é dada pela divisão do somatório de horas demandas para a execução de todos os serviços pela área da edificação.

Tabela 4 - Produtividade do modelo original

Item	Descrição	Produtividade (h/m <sup>2</sup> )	Quantidade (m <sup>2</sup> )	Total (h)
1	Execução de Formas p/ Concreto	0,84	97,68	82,05
2	Armação de Armadura (m/corrido)	0,185	334,60	61,90
3	Concretagem de Peças Estrut.	1,08	144,71	156,29
4	Execução de Alvenaria	1,69	157,40	266,01
5	Chapisco	0,70	224,28	157,00
6	Reboco	0,08	224,28	18,84
7	Execução da Estrutura p/ Cobertura	0,40	64,95	25,98
	<b>Total</b>			<b>768,06</b>
	<b>Produtividade modelo original (h/m<sup>2</sup>)</b>			<b>16,33</b>

Fonte: autores.

Tabela 5 - Produtividade do modelo em *Wood Frame*

Item	Descrição	Produtividade (h/m <sup>2</sup> )	Quantidade (m <sup>2</sup> )	Total (h)
1	Montagem da Estrutura	0,63	89,08	55,94
2	Colocação de Placas Cimentícias	0,156	92,23	14,39
3	Colocação de Placas OSB	0,156	224,28	34,99
4	Colocação de Gesso Acartonado	0,156	168,58	26,30
5	Isolamento Termo-Acústico	0,07	168,58	11,46
6	Colocação de Membrana Hidrófuga	0,07	92,23	6,46
7	Montagem da Estrutura p/ Cobertura	2,84	64,95	184,46
<b>Total</b>				<b>333,99</b>
<b>Produtividade WF (h/m<sup>2</sup>)</b>				<b>7,10</b>

Fonte: autores.

### 3.4 CRONOGRAMA

A partir do cálculo da produtividade, é possível calcular o tempo total necessário para a execução dos serviços. Utilizando três equipes de mão de obra, em que cada equipe é composta por um pedreiro e dois serventes e considerando 8 horas de serviço diárias, cada dia possui 24 horas de pedreiro por dia. Dessa forma, basta dividir o total de horas demandas pelos serviços (calculadas na etapa de determinação da produtividade) pelo total de horas de pedreiro por dia. Assim, no sistema de alvenaria e concreto armado são necessários 32 dias para a execução da obra, enquanto o sistema em *Wood Frame* demanda 14 dias.

### 3.5 ANÁLISE DE VIABILIDADE

Na etapa de determinação dos custos diretos, os valores correspondentes aos serviços preliminares, infraestrutura, esquadrias e ferragens, pavimentação, instalações e aparelhos e serviços complementares foram os mesmos nos dois sistemas construtivos devido a sua similaridade de execução. Porém, no restante dos itens, os custos diretos comportaram-se de maneira diferente (Tabela 1 e Tabela 2). O sistema construtivo em alvenaria e concreto armado obteve custo direto 8,07% menor que o sistema em *Wood Frame*.

No sistema em *Wood Frame* não houve gasto com Supraestrutura, pois além da habitação possuir apenas um pavimento, esse sistema utiliza painéis autoportantes, diferentemente do sistema de alvenaria e concreto armado. O custo direto com o item Parede e painéis, entretanto, foi maior no sistema em *Wood Frame*, pois além dos perfis em madeira, esse sistema construtivo leva em consideração materiais de isolamento termoacústico, gasto com membrana hidrófuga e, o principal responsável pela elevação do custo, placa OSB. Na cobertura, o custo direto de *Wood Frame* também foi maior, pois foi considerado forro de gesso acartonado com isolamento termoacústico. No item de Revestimentos, Pintura e Elementos, o custo direto no sistema em *Wood Frame* também foi maior, devido principalmente ao revestimento externo com Basecoat (argamassa monocomponente à base de cimento modificada com polímeros e fibras, recomendada para paredes externas).

Na etapa referente aos custos indiretos, o sistema em *Wood Frame* apresentou melhores resultados, com necessidade de investimento 27,52% menor (Tabela 3). Isso ocorre pela industrialização do processo, o que requer menor custo por conta de problemas com qualidade (retrabalho) e pela menor utilização de água e de maquinário (como betoneira, por exemplo).

Em relação à produtividade, a quantidade de horas necessárias à execução da habitação a partir do sistema WF corresponde à 43,48% das horas necessárias no sistema construtivo de



alvenaria e concreto armado, mais uma vez devido à industrialização do processo em *Wood Frame*.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados da comparação entre os dois sistemas construtivos. Apesar do modelo original ter menor custo direto (8,07% a menos), o custo indireto é expressivamente maior. O custo indireto calculado no sistema de alvenaria e concreto armado é 27,52% maior que o custo indireto correspondente ao sistema em *Wood Frame*. Como reflexo desses dados, o custo total da obra em alvenaria e concreto armado é 2,54% menor que o modelo em *Wood Frame*. Além disso, são necessários 18 dias a mais na obra de alvenaria e concreto armado para o cumprimento dos serviços, resultando em um aumento de 129,96% no cronograma.

Tabela 6 - Comparação dos sistemas construtivos

Item	Descrição	Alvenaria e Concreto Armado	<i>Wood Frame</i>
<b>1</b>	<b>Custos Diretos (R\$)</b>	<b>78.585,87</b>	<b>85.487,46</b>
<b>1.1</b>	Custos diretos por m <sup>2</sup> (R\$/m <sup>2</sup> )	1.670,97	1.817,72
<b>2</b>	<b>Custos Indiretos (R\$)</b>	<b>16.108,28</b>	<b>11.674,83</b>
<b>2.1</b>	Custos Indiretos por m <sup>2</sup> (R\$/m <sup>2</sup> )	342,51	248,24
<b>3</b>	<b>Custo Total (R\$)</b>	<b>94.694,15</b>	<b>97.162,29</b>
<b>3.1</b>	Custo Total por m <sup>2</sup> (R\$/m <sup>2</sup> )	2.013,48	2.065,96
<b>4</b>	<b>Produtividade (h/m<sup>2</sup>)</b>	<b>16,33</b>	<b>7,10</b>
<b>5</b>	<b>Tempo (dias)</b>	<b>32</b>	<b>14</b>

Fonte: autores.

## 4 CONCLUSÃO

Nos últimos anos, o governo brasileiro vem financiando projetos e moradias a pessoas de baixa renda com a intenção de reduzir o déficit habitacional existente. Entretanto, grande parte desses empreendimentos utiliza o sistema construtivo tradicional, demandando muito tempo, trabalho manual e desperdício de recursos.

O sistema construtivo em *Wood Frame* apresenta diversas vantagens frente ao sistema de construção de alvenaria e concreto armado. A adoção desse método, garante qualidade, eficiência, conforto ao usuário e maior sustentabilidade às edificações. À medida em que se estuda mais sobre este tema, maior a divulgação desse sistema construtivo e maior conhecimento e confiabilidade por parte dos usuários.

Muitas vezes, um dos obstáculos à utilização de algum método não convencional é o desconhecimento frente ao custo da sua adoção. Como o viés sustentável já é amplamente divulgado, estudos a respeito do custo de implantação do sistema em *Wood Frame* podem ajudar a romper essa barreira.

O sistema construtivo em *Wood Frame* se mostra promissor no Mato Grosso do Sul, pois além da rápida execução, apresenta um orçamento de menor custo, comprovando a viabilidade de uso destes sistemas para a construção de conjuntos habitacionais na região. A alta produtividade e agilidade construtiva do método são vantagens frente ao sistema construtivo de alvenaria e concreto armado e refletem em um canteiro de obra organizado, limpo e sem grandes quantidades de entulho.

Assim, após a execução do programa experimental do presente trabalho, observou-se que o custo total da construção em *Wood Frame* é 2,54% maior, porém o tempo de execução é 56,52% menor. Desse modo, construir nessas circunstâncias com *Wood Frame* tem custo similar, é mais rápido e mais sustentável frente ao método de alvenaria e concreto armado.

Caso sejam estabelecidas políticas de incentivo do *Wood Frame*, o pequeno acréscimo de custo observado poderia ser revertido. Uma vez que esse sistema construtivo seja mais utilizado em uma região, o custo embutido em transporte de materiais e treinamento de pessoal, por exemplo, poderia ser reduzido, podendo inclusive fazer com que o custo total da edificação em *Wood Frame* seja menor que o de alvenaria e concreto armado.

## 5 LIMITAÇÕES

- O orçamento resultante do presente trabalho depende da localidade em que a edificação é construída, pois esse aspecto influencia no frete dos materiais de construção, impactando no custo direto da obra;
- Caso fossem tomados dados de mais empresas, o custo total da obra poderia ter maior representatividade;
- O tipo de edificação estudada (habitação de interesse social) também influencia no custo estimado, devido a sua baixa complexidade de execução.

## 6 RECOMENDAÇÕES DE ESTUDO

- Realizar o estudo para uma edificação localizada em Santa Maria – RS;
- Adotar mais de uma empresa para a composição dos orçamentos;
- Avaliar o custo de implantação de uma edificação em *Wood Frame* com maior complexidade (maior área construída ou mais de um pavimento, por exemplo).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa Brasil**. 2. ed. Brasília, 2014.

BRUNDTLAND, Gro Harlem et al. *Our common future*. New York, 1987.

DOMARASKI, C.S.; FAGIANI, L.S. **Estudo comparativo dos Sistemas Construtivos: Steel Frame, Concreto PVC e Sistema Convencional**. 2009. 76 f. Monografia (Graduação). Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, 2009.

EMISSÕES DE GÁS CARBÔNICO DO SETOR DE CONSTRUÇÃO CHEGARAM A 76 GIGATONELADAS EM 2010-2016. **ONU Meio Ambiente**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/emissoes-de-gas-carbonico-do-setor-de-construcaochegaram-a-76-gigatoneladas-em-2010-2016/>>. Acesso em: 07 maio 2018.

ESPÍNDOLA, L. da R. Simulação de Eficiência Energética em Projeto Para Habitação Social em Madeira. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA. 10., Curitiba, 2016. **Anais...** Curitiba: EBRAMEM, 2016.

MAHAPATRA, K. **Diffusion of Innovative Domestic Heating Systems and Multi-Storey Wood-Framed Buildings in Sweden**. PhD Thesis 33, Mid Sweden University, Ostersund, 2007.

PEREIRA, N. N.; VIEIRA, R. B. “Wood Frame”: Tecnologia de Construção Sustentável. **Revista Perquirere**, v. 12, n. 1, p. 194-213, jul. 2015.

SILVA, R. G. da L. **Viabilidade Técnica do Sistema Construtivo Light Wood Frame na Construção de Uma Unidade Habitacional de Dois Pavimentos: estudo de caso no município de Arcos - MG**. Formiga, 2015. 69 f. Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Civil) – Unifor, Formiga, 2015.

SOTSEK, Nicolle Christine; SANTOS, Adriane de Paula Lacerda. **Brazilian light wood frame system overview**. *Ambiente construído*, v. 18, n. 3, p. 309-326, 2018.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT – WBCSD. **Cement Sustainability Initiative**. Cement technology roadmap 2009: carbon emissions reductions up to 2050. Paris, 2010.