Estudo de Implantação de Projeto Sustentável Utilizando Wood Frame



Alexandre Félix dos Santos[1]; Eduardo Pedroso Fernandes [1]; Ricardo Pedroso Fernandes [1]; Marcos Bandle Soler[1]
[1]*Faculdade Educacional Araucária;*

RESUMO

Neste estudo foi realizada uma pesquisa de público alvo, de opinião por meio de dados estatísticos, formulários, levantamento quantitativo e qualitativo de custos globais. Para o estudo da utilização de água e o desperdício de materiais, realizou-se a investigação por métodos estatísticos e pesquisa bibliográfica. A averiguação por meio de entrevistas junto à opinião pública de satisfação de contentamento do tipo de construção utilizou-se de registros escritos e fotográficos, estruturando as informações em analise gráficas. O método de desenvolvimento foi realizado por estudo com fundamentação sobre o tema wood frame, por meio de material técnico cientifico e econômico. A exploração na questão de satisfação foi realizada nos usuários do conjunto habitacional moradias Nilo, na cidade de Curitiba. A utilização de água e geração de resíduos do wood frame ocorreu por meios de estudos dos levantamentos estatísticos junto à Tecverde. No quesito parecer econômico efetuou-se um comparativo orçamentário entre método convencional e wood frame. O resultado de cada tópico afirma o objetivo do trabalho, cujo é implantação do wood frame como um projeto viável economicamente e sustentável, contribuindo para formular informações suficientes ou necessárias para que gestores tomem como base esse documento para tomada de decisões na utilização do método construtivo wood frame.

Palavras chave: wood frame, sustentabilidade, redução.

ABSTRACT

In this study, a target audience, economic and opinion research was conducted by using by statistics data, public opinions forms, quantitative and qualitative survey of overall costs. For the study water expenditure and materials waste, research was done by statistical methods and literature. The ascertainment through interviews with the public contentment satisfaction regarding the type of construction used was written and have photographic records, structuring the information in graphic analysis. The development method was found by study with technical basis on the theme wood frame, through scientific and economic technical material. Using technical visits, literature, postures codes and standards, field research, qualitative and quantitative. Exploiting the issue of satisfaction was carried out using forms, applied to users of residential Houses Nile in the city of Curitiba. The use of water and waste wood frame generation occurred by statistical survey studies along the Tecverde. Regarding the economic opinion, a budget comparison was held between the conventional method and wood frame. The result of each topic will serve in the preparation of the statement of the work object, contributing to make sufficient or necessary information so that managers can take as a basis the document for decision making in the use of constructive wood frame method.

Key Words: wood frame, sustainability, reduction

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil apresenta um crescimento significativo na indústria da construção civil em um ritmo admirável mesmo em momentos de crise mundial. O governo tem um papel muito importante nesse crescimento ofertando planos de crédito habitacional a várias classes econômicas. Segundo a Caixa Econômica Federal (2015), o Brasil tem a capacidade de produzir cerca de 500 a 600 mil residências por ano com a tecnologia de construção baseada na utilização de blocos cerâmicos, conhecido como método convencional, o mais utilizado hoje em dia. No mesmo ritmo de crescimento é notável um grande volume de geração de resíduos e um imenso desperdício de água.

O presente estudo tem como objetivo a implantação de projeto sustentável utilizando *wood frame*, para residências populares de 37,8 m², visando a sustentabilidade construtiva no quesito geração de resíduos sólidos da construção civil e utilização de água, questionando-os no processo construtivo convencional. Com o intuito de modificar a consciência da sociedade, no entendimento sobre o olhar da sustentabilidade ambiental de processo. Buscando assim a conservação dos recursos naturais não renováveis para as futuras gerações, será estudado como alternativa o uso do *wood frame* à sucessão do método convencional em alvenaria.

Com objetivo de trazer a sustentabilidade à reflexão de novos processos construtivos, em prol do uso de tecnologias para construções de edificações, para manter a manutenção e perpetuação dos recursos naturais. Abordando diagnósticos da geração de resíduos e utilização da água através de registros bibliográficos, avaliando custos monetários globais dos métodos construtivos e grau de aceitação do público em questão. Visando a sustentabilidade no processo executivo referente ao quesito redução dos resíduos sólidos e água, em residência popular térrea de 37,8 m² e posteriormente fazendo uma estimativa de custos globais, de geração de resíduos e utilização de água para duzentas casas, com intuito de mostrar a sociedade que a tecnologia estudada neste trabalho em questão é um sistema que tem como principal objetivo a sustentabilidade ambiental, pois é necessário entender que os processos construtivos influenciam no futuro das cidades e das pessoas que nelas habitam, mostrando que são construções extremamente confiáveis e confortáveis idealizando a implantação desse processo que pretende iniciar a inclusão desse processo na construção de habitações para classe média baixa brasileira.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 SUSTENTABILIDADE

Para AGENDA 21 LOCAL (2015), o desenvolvimento sustentável envolve etapas além de proteção ambiental. Busca reconciliar as pressões que aparentam estar em conflito, causa o desenvolvimento econômico, proteção ambiental e a justiça social. Isto é, sem que se rejeitem os benefícios dados pela tecnologia moderna, desde que essa trabalhe dentro dos limites. Esta é uma estratégia para uma nova visão de futuro.

2.2 *WOOD FRAME*

Em definição da TECVERDE (2015), o *wood frame* foi desenvolvido na Alemanha e é amplamente utilizado na Europa, Estados Unidos e Canadá, é uma forma de construção que pode ser industrializada, rápida, eficiente e sustentável. Para LP BRASIL (2015), *wood frame* são perfis leves de madeira de reflorestamento, como pinus autoclavado. A madeira deve ser seca, reta, livre de grandes nós e receber o devido tratamento para preservação ao ataque de insetos.

Segundo TECVERDE (2015), para as condições climáticas e culturais brasileira o sistema construtivo *wood frame* precisou ser adaptado. Foram acrescentadas internamente chapas de OSB (oriented strand board), um painel de madeira mais resistente, possuindo várias finalidades como por exemplo, oferecer maior resistência e durabilidade na estrutura e também auxiliar na fixação de móveis. Além disso foi reforçado o isolamento térmico e acústico incluindo materiais como a lã de vidro, oferecendo um maior conforto em relação a uma parede de alvenaria. Para CALIL E MOLINA (2010), uma das camadas da estrutura é o revestimento tipo "TYVEK" uma membrana hidrófuga plástica que tem a função de proteger o sistema contra intempéries como vento e umidade. Abaixo tem-se a figura 1 demonstrando a parede em *wood frame*.

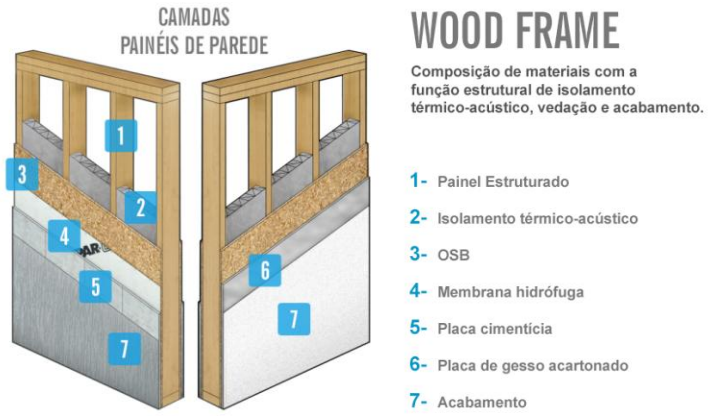


FIGURA 1: CAMADAS DO PAINEL DE *WOOD FRAME* (PAREDE)
FONTE: TECVERDE (2015)

Em definição da TECVERDE (2015), o *wood frame* permite a execução de paredes, lajes e coberturas com as partes elétricas e hidráulicas previstas e instaladas. Com essa técnica ocorre menos atrasos devido à industrialização do processo, se comparada a uma obra convencional reduz 90% o uso de água, 80% a emissão de CO2 e 85% à 90% a geração de resíduos sólidos. Para CALIL E MOLINA (2010), o *wood frame* consiste em um sistema construtivo industrializado estruturado em perfis de madeira reflorestada, tratada e durável, que formam painéis de pisos, paredes e telhados podendo ser combinado e revestido com outros materiais, para então aumentar o conforto térmico e acústico e também para proteger a edificação de intempéries e contra o fogo.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 AVALIAÇÃO DE OPINIÃO QUESTIONÁRIO 01

Para elaboração e fundamentação do estudo de implantação de projeto sustentável foram criados questionários para avaliação de aceitação e opinião para análise desta implantação. Para isso foi elaborado o questionário 01 para analisar os residentes das moradias em *wood frame.* Visando avaliar a satisfação dos moradores com essa tecnologia.

O questionário possui 10 questões, a pesquisa foi realizada com as famílias no conjunto habitacional moradias Nilo localizado em Curitiba. Foi entrevistado 47 moradores. As casas do conjunto habitacional foram construídas em *wood frame* e são térreas com 43 m² de área construída, segundo relatos dos morados faz aproximadamente um ano que estão morando nas casas. Foram casas fornecidas pela COHAB (companhia de habitação popular de Curitiba).

Os gráficos foram desenvolvidos para análise dos resultados, são gráficos em formato rosca. Para fundamentação da pesquisa objetivou-se a aceitação do *wood frame,* visando então em analisar as questões 1, 3, 4, 8 e 9 e para conclusão a questão 5 do questionário, segue abaixo questionário:

1 - Qual é a renda bruta mensal familiar?

- ☐ Até R$ 1576,00.
- ☐ De R$ 1576,01 a R$ 3152,00.
- ☐ De R$ 3152,01 a R$ 7880,00.
- ☐ De R$ 7880,01 a R$ 15760,00.
- ☐ Acima de R$ 15760,01.

2 - Sua antiga residência era em qual material?

- ☐ Alvenaria convencional (Tijolo).
- ☐ Madeira.
- ☐ Bloco estrutural.
- ☐ Outros. Qual? _____

3 - Você já conhecia casa construídas em *wood frame*?

- ☐ Sim. Como? _____
- ☐ Não.

4 - Qual sua primeira impressão sobre casa de *wood frame*?

- ☐ Ótima.
- ☐ Boa.
- ☐ Regular.
- ☐ Ruim.
- ☐ Péssima.

5 - Sua opinião mudou após a utilização?

- ☐ Não. Se sim,

para qual?

- ☐ Ótima.
- ☐ Boa.
- ☐ Regular.
- ☐ Ruim.

☐ Péssima.

6 - Conhece as vantagens que a construção em *wood frame* tem em relação a construção convencional?

☐ Sim. Qual? _____
☐ Não.

7 - Você sabia que na implantação da sua moradia foi utilizado água apenas para a fundação?

☐ Sim.
☐ Não.

8 - Você indicaria esse tipo de residência à outras pessoas?

☐ Sim.
☐ Não. Por que?_____

9 - Se você pudesse escolher entre uma casa de *wood frame* e uma casa de alvenaria, qual escolheria? Quais critérios levaria em consideração para a escolha?

Opções:

☐ *Wood Frame*.
☐ Alvenaria.

Critérios:

☐ Conforto.
☐ Preço.
☐ Segurança.
☐ Prazo de entrega.
☐ Impacto Ambiental.

10 - Sabendo das vantagens do *wood frame*, compraria em qual das situações?

☐ Não compraria.
☐ Se o valor fosse o mesmo de uma casa convencional.
☐ Se fosse mais cara.
Quanto mais cara? R$_____

3.2 AVALIAÇÃO DE OPINIÃO QUESTIONÁRIO 02

Foi criado um segundo questionário intitulado questionário 02, com o intuito de obter um resultado de opiniões que expressa de forma ampla a realidade populacional entre as diversas pessoas com diferente renda, grau de instrução e conhecimento do método construtivo *wood frame*, ou seja, um método aleatório de amostragem. O universo de amostras compreende 105 indivíduos estudantes da Faculdade Educacional Araucária.

O questionário possui 10 questões com intuito de avaliar a aceitação para morar em casas de *wood frame.* Objetivou-se a categorização por renda familiar que atinja a faixa definida para o programa habitacional de residências populares, renda conforme dados do IBGE e IBOPE categorizada pela questão 1 do questionário.

Ocorreu a análise das questões por meio de gráficos em formato rosca, categorizados pelas questões 1, 3, 8 e 9 e para conclusão a questão 10 focando na renda, grau de aceitação

sem conhecimento do assunto e aceitação após um breve texto explicativo sobre *wood frame* para responder as questões 9 e 10, esse texto esta indicado no item 2.2 deste estudo, citação de CALIL e MOLINA (2010) no último parágrafo. Abaixo segue questionário.

1 - Qual é a renda bruta mensal familiar?

- ☐ Até R$ 1576,00.
- ☐ De R$ 1576,01 a R$ 3152,00.
- ☐ De R$ 3152,01 a R$ 7880,00.
- ☐ De R$ 7880,01 a R$ 15760,00.
- ☐ Acima de R$ 15760,01.

2 - Sua antiga residência era em qual material?

- ☐ Alvenaria convencional (Tijolo).
- ☐ Madeira.
- ☐ Bloco estrutural.
- ☐ Outros. Qual? _____

3 - Você já conhecia casa construídas em Wood Frame?

- ☐ Sim. Como? _____
- ☐ Não.

4 - Qual sua primeira impressão sobre casa de Wood Frame?

- ☐ Não conheço.
- ☐ Ótima.
- ☐ Boa.
- ☐ Regular.
- ☐ Ruim.
- ☐ Péssima.

5 - Conhece as vantagens que a construção em Wood Frame tem em relação a construção convencional?

- ☐ Sim. Qual?_____
- ☐ Não.

6 - Você sabia que na implantação de moradias em Wood Frame é utilizado água apenas para a fundação?

- ☐ Sim.
- ☐ Não.

7 - Você moraria em uma residência de Wood Frame?

- ☐ Sim.
- ☐ Não. Por que?_____

8 - Se você pudesse escolher entre uma casa de Wood Frame e uma casa de alvenaria, qual escolheria? Quais critérios levaria em consideração para a escolha?

Opções:

- ☐ Wood Frame.
- ☐ Alvenaria.

Critérios:

- ☐ Conforto.
- ☐ Preço.
- ☐ Segurança.

- ☐ Prazo de entrega.
- ☐ Impacto Ambiental.

9 - Sua opinião mudou após a leitura?

- ☐ Não. Se sim, para qual?
- ☐ Ótima.
- ☐ Boa.
- ☐ Regular.
- ☐ Ruim.
- ☐ Péssima.

10 - Sabendo das vantagens do Wood Frame, compraria em qual das situações?

- ☐ Não compraria.
- ☐ Se o valor fosse o mesmo de uma casa convencional.
- ☐ Se fosse mais cara.

Quanto mais cara? R$_____

3.3 ESTUDO COMPARATIVO DE ÁGUA

Para o item de água foram comparados quanto ao método construtivo convencional com o método construtivo *wood frame*, correlacionadas com pesquisa bibliográfica à fonte TECVERDE (2015). Determinou tal comparação com objetivo de fundamentar a construção sustentável no estudo em questão, visando analisar quantidade de água que é gasta em cada processo construtivo. Com esse estudo foi possível estimar o gasto de água para 200 casas de mesmo *layout* para os métodos construtivos estudados.

O cálculo do consumo de água no método construtivo convencional realizou-se por meio de volume e dosagem do concreto utilizado para execução da residência. A dosagem determinada de projeto foi estabelecida por meio de pesquisas bibliográficas à fonte departamento da construção civil (DCC) UTFPR (2015), utilizado o fator de 210 litros de água por metro cúbico de concreto. Foram considerados os volumes de concreto para os pilares, vigas e radier, calculados pelo engenheiro calculista Mário Bandle Soler. Segue tabela 1 de volumes de concreto.

TABELA 1: TABELA DE VOLUMES DE CONCRETO

ELEMENTOS ESTRUTURAIS	DIMENSÕES (m)	VOLUME DE CONCRETO (m^3)	QUANTIDADE DE ELEMENTOS	VOLUME TOTAL DE CONCRETO (m^3)
Radier	0,16 x 6,00 x 6,30	6,048	1	6,048
Pilares	0,14 x 0,26 x 2,70	0,098	7	0,688
Vigas	0,14 x 0,26 x 6,00	0,218	3	0,655
Vigas	0,14 x 0,26 x 7,70	0,280	2	0,561
Total acumulado	-	-	13	7,952

FONTE: ENGENHEIRO CALCULISTA MÁRIO BANDLE SOLER (2016). MODIFICADO PELO AUTOR.

O volume total de água empregado nos elementos estruturais através da seguinte formula 1:

$$Vta = Vac \times Vc\,, \tag{1}$$

Onde:

Vta = Volume total de água (l),

Vac = Volume de água por metro cúbico de concreto (l/m³),

Vc = Volume de concreto (m³).

Vale ainda salientar que a água proveniente para cura dos elementos estruturais e limpeza dos equipamentos utilizados no canteiro de obras não estão sendo analisadas.

Em relação ao *wood frame* análisou-se apenas o levantamento para o concreto do radier, pois é o único elemento estrutural que envolve a utilização da água, para isso utilizou-se da fórmula 1.

No comparativo foi utilizado os dados de água empregados no método construtivo convencional relacionando-o com os dados de água empregados no método construtivo *wood frame,* executou-se uma análise percentual da redução de água do *wood frame*. Para isso segue fórmula 2:

$$\mathrm{Pr} = \left(\frac{(\mathrm{C} - \mathrm{W})}{\mathrm{C}} \right) \mathrm{x}\, 100 \,, \tag{2}$$

Onde :

Pr= Percentual de redução (%),

C= Litros de água utilizada no convencional (l),

W= Litros de água utilizados no *wood frame* (l).

3.4. ESTUDO COMPARATIVO DE RESÍDUOS

No item resíduos foi comparado quanto ao método construtivo convencional com o método construtivo *wood frame*, por meio de pesquisa bibliográfica à tabela SINDUSCON SP (2015) correlacionadas com pesquisa bibliográfica à fonte TECVERDE (2015). Realizou-se a estimativa da geração de resíduos de construção para 200.

O cálculo dos resíduos do método construtivo convencional foi realizado pelo volume de resíduos gerados por metro quadrado construído. Este fator foi estabelecido por meio de pesquisas bibliográficas a fonte SINDUSCON SP (2015), o valor é de 0,122 m³/m² à 0,222 m³/m². A área a ser construída é de 37,8 m². Segue fórmula 3.

$$Vtr = Fgr \times A \,, \tag{3}$$

Onde:

Vtr = Volume total de resíduos (m³),

Fgr = Fator de geração de resíduos (m³/m²),

A = Área construída (m²).

Foi calculado os valores mínimos e máximos, e feito um valor médio dos resíduos gerados pela residência analisada.

O cálculo dos resíduos do método construtivo *wood frame* realizou-se com base em um fator de redução de resíduos estabelecido por meio de pesquisas bibliográficas a fonte

TECVERDE (2015) que é de 90% de redução com relação ao método convencional. Para isso foi utilizado a fórmula 4.

$$Rwf = Rmcmédio \times 0{,}10\,, \tag{4}$$

Onde:

Rwf = Resíduos gerado pelo Wood frame (m³),

Rmc = Resíduos médio gerado pelo método convencional (m³),

0,10 = Fator de redução, levando em consideração a redução de resíduos em 90% com relação alvenaria convencional, ou seja, 10% do resíduo gerado pela alvenaria.

3.5 METODOLOGIA COMPARATIVA ORÇAMENTÁRIA WOOD FRAME X ALVENARIA

A comparação estimada foi realizada por meio do custo unitário básico CUB (custo unitário básico), de abril de 2016 , residências unifamiliares de baixo padrão (R-1) é de R$ 1.329,11/m². Sendo assim é possível multiplicar o valor adquirido no CUB pela metragem da residência, que no caso é de 37,8m², obtendo assim o valor de uma residencia em alvenaria para uma posterior análise em uma escala de 200 casas.

Com base no comparativo realizado na alvenaria convencional foi reduzido 10% do custo total para a obtenção dos valores para w*ood frame*, segundo dados da TECVERDE (2015)

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

4.1 ANÁLISE E DISCUSSÕES QUESTIONÁRIO 01

Os gráficos abaixo têm como objetivo mostrar o nível de satisfação dos moradores da casas em *wood frame*, representado pelas 47 amostras do conjunto habitacional avaliado.

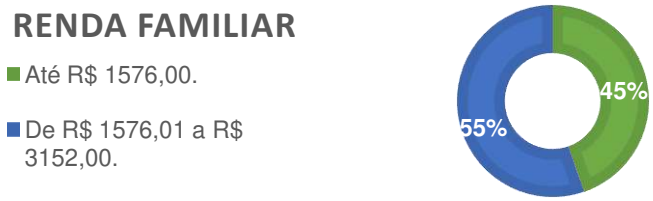


FIGURA 2: ANÁLISE DA RENDA DOS MORADORES DO CONJUNTO HABITACIONAL MORADIAS NILO – QUESTIONÁRIO 01, PERGUNTA 01.
FONTE: AUTOR (2016).

Com a questão 3 foi possível analisar o nível de conhecimento dos entrevistados sobre o processo construtivo antes de morarem nas residências.



FIGURA 3: GRÁFICO SOBRE O CONHECEMINTO DO PROCESSO *WOOD FRAME* – QUESTIONÁRIO 01, PERGUNTA 03.
FONTE: AUTOR (2016).



FIGURA 4: GRÁFICO SOBRE A PRIMEIRA IMPRESSÃO DOS MORADORES EM RELAÇÃO A EDIFICAÇÃO EM *WOOD FRAME* – QUESTIONÁRIO 01, PERGUNTA 04.
FONTE: AUTOR (2016).

Com o gráfico da questão 8 fica nítido que após o uso da residência, a maioria dos moradores gostaram da casa.

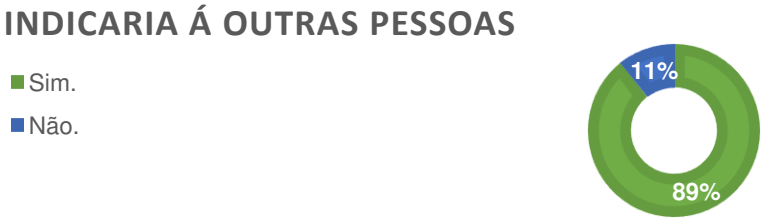


FIGURA 5: GRÁFICO SOBRE INDICAÇÃO A OUTRAS PESSOAS EM RELAÇÃO A EDIFICAÇÃO EM *WOOD FRAME* – QUESTIONÁRIO 01, PERGUNTA 08.
FONTE: AUTOR (2016).

Na questão 9 a maioria, optaram por *wood frame* por diversos aspectos, conforme gráficos.

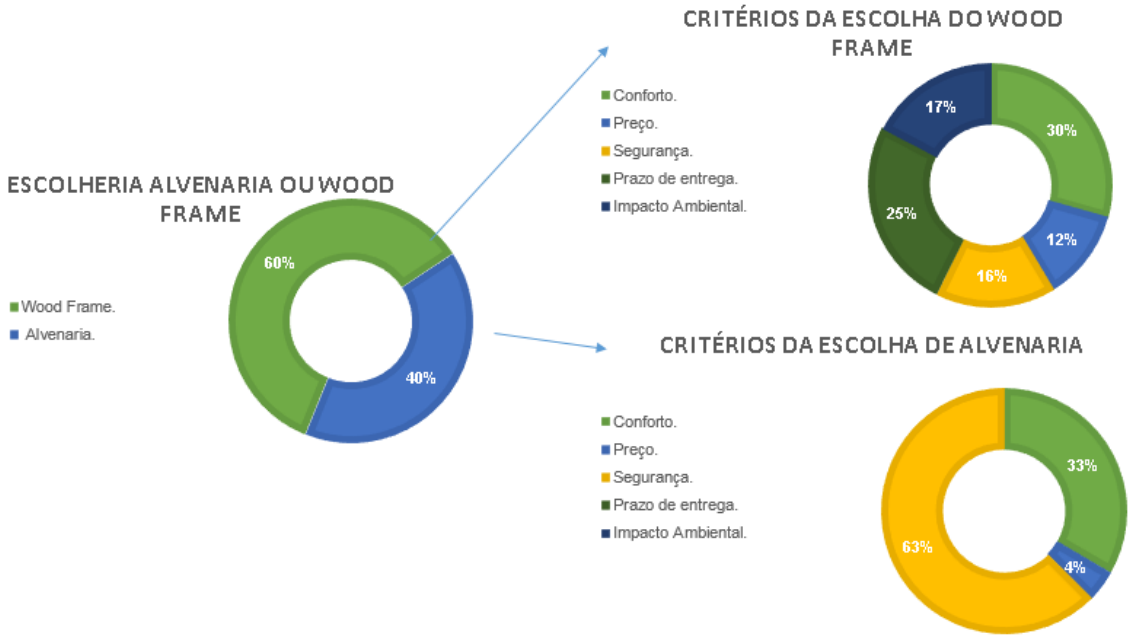


FIGURA 6: GRÁFICO SOBRE ESCOLHA EM RELAÇÃO A EDIFICAÇÃO EM *WOOD FRAME E ALVENARIA* – QUESTIONÁRIO 01, PERGUNTA 09.
FONTE: AUTOR (2016).

4.2 ANÁLISE E DISCUSSÕES QUESTIONÁRIO 02

A análise do questionário 02 consiste em quantificar e identificar a aceitação de morar em uma casa de *wood frame*, sendo pesquisado amostras aleatórias, os dados foram retirados do questionário 02 e corresponde as questões 1, 3, 8 e 9.



FIGURA 7: GRÁFICO DA RENDA FAMILIAR – QUESTIONÁRIO 02, QUESTÃO 1.
FONTE: AUTOR (2016).

Filtrando as informações é obtido 56 amostras, devido às restrições da pesquisa, podendo reformular a análise:



FIGURA 8: GRÁFICO DA RENDA FAMILIAR APENAS COM AS AMOSTRAS QUE ATENDEM OS REQUISITOS DA PESQUISA – QUESTIONÁRIO 02 FILTRANDO QUESTÃO 01.
FONTE: AUTOR (2016).

Com relação a questão 3 o resultado foi como o esperado, por se tratar de uma tecnologia distinta das utilizadas no Brasil.

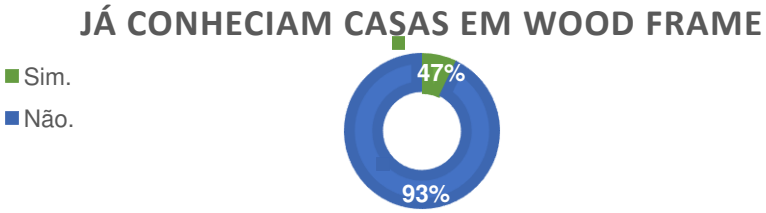


FIGURA 9: GRÁFICO REFERENTE AS PESSOAS QUE JÁ CONHECIAM CASAS EM *WOOD FRAME*, QUESTIONÁRIO 02 QUESTÃO 03.
FONTE: AUTOR (2016)

Em análise a questão 8, pode ser verificada no gráfico que os três principais critérios de escolha de alvenaria seriam conforto, segurança e preço. Para a escolha do *wood frame* os três principais critérios foram impacto ambiental que é focado na geração de resíduos e utilização de água, conforto e preço.

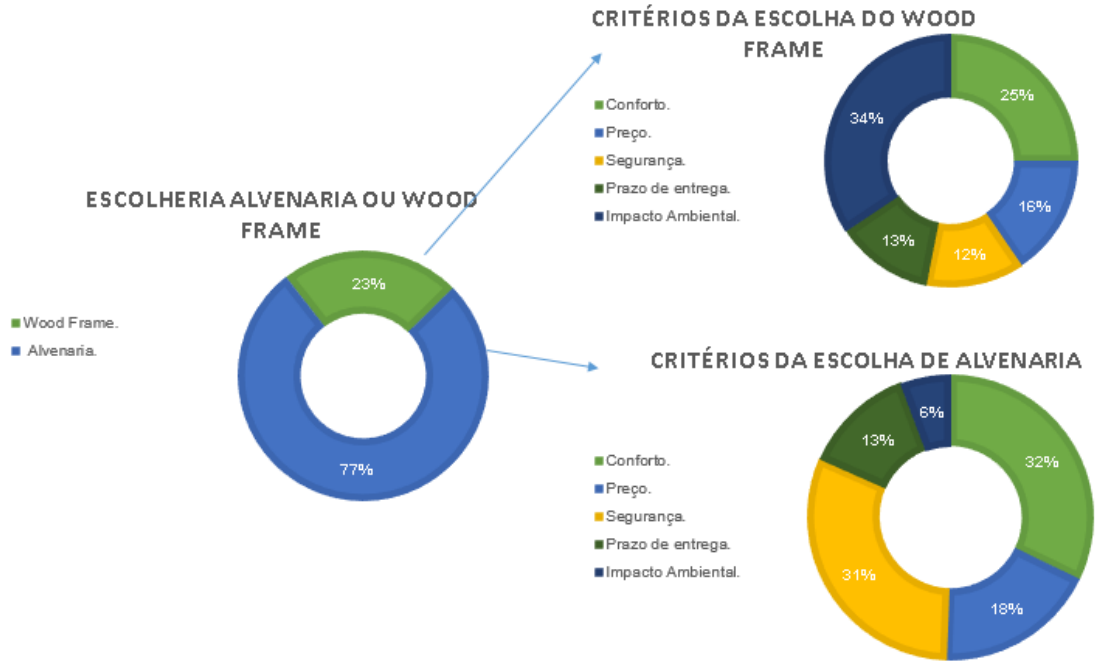


FIGURA 10: GRÁFICO REFERENTE A ESCOLHA ENTRE ALVENARIA E *WOOD FRAME*, QUESTIONÁRIO 02 QUESTÃO 08
FONTE: AUTOR (2016)

Como já citado para a resolução das questões 9 e 10 foi incluído um curto texto explicativo sobre o *wood frame*, após essa leitura houve uma mudança de opinião análisada graficamente.

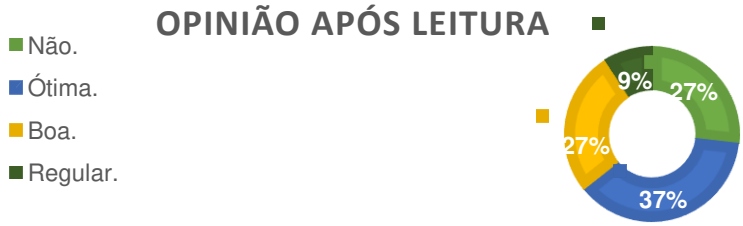


FIGURA 11: GRÁFICO DE OPINIÃO APÓS LEITURA DO TEXTO SOBRE *WOOD FRAME*, QUESTIONÁRIO 02 QUESTÃO 09.
FONTE: AUTOR (2016)

4.3 RESULTADOS QUESTIONÁRIO 01

No gráfico abaixo, sobre a opinião após o uso efetivo da edificação, mostrou que o índice de satisfação caiu apenas 3% do idealizado, ou seja, um percentual final de 74% dos moradores satisfeitos com a edificação.

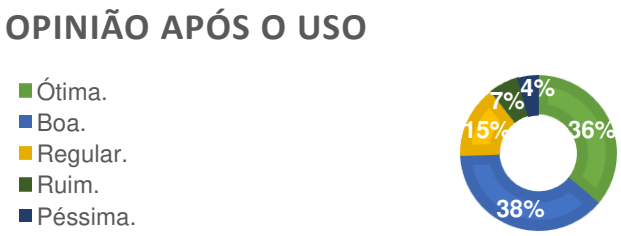


FIGURA 12: GRÁFICO SOBRE A OPINIÃO DOS MORADORES APÓS O USO DA EDIFICAÇÃO EM *WOOD FRAME* – QUESTIONÁRIO 01 QUESTÃO 05.
FONTE: AUTOR (2016).

4.4 RESULTADOS QUESTIONÁRIO 02

Para responder à questão 10 foi apresentado um pequeno texto descrevendo rapidamente a construção em *wood frame* com uma ilustração identificando uma parede. Sendo possível analisar que após essa leitura o interesse mudou e melhorou a aceitação dessa tecnologia.

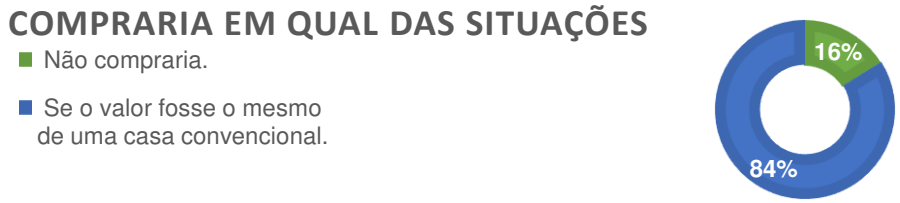


FIGURA 13: GRÁFICO DO NIVEL DE INVESTIMENTO EM RELAÇÃO A UM EDIFICAÇÃO DE *WOOD FRAME* – QUESTIONÁRIO 02 QUESTÃO 10.

4.5 ESTUDO COMPARATIVO DE ÁGUA - WOOD FRAME X ALVENARIA

O Volume total de concreto utilizado nos elementos estruturais é de 7,95 m³, e utilizando a dosagem de concreto de água de 210 litros por metro cúbico de concreto. Por tanto o volume de água utilizado para execução dos elementos estruturais da casa em alvenaria é de 1669,5 litros.

O Volume total de concreto utilizado no *wood frame* é apenas o do radier, sendo um total de 6,048 m³ e utilizando a mesma dosagem do concreto. Por tanto o volume de água utilizado para execução do radier é de 1270,08 litros.

Utilizando os valores de água empregado em cada método na fórmula (2) é obtida a relação percentual de redução de água. É constatado que o consumo de água no *wood frame* é aproximadamente 24% menor em relação ao convencional. Foi registrado na tabela 2 a redução unitária e em escala para duzentas casas.

TABELA 2: TABELA COMPARATIVA DA UTILIZAÇÃO DE ÁGUA

UNIDADES	*WOOD FRAME* (l)	ALVENARIA (l)
1	1270,08	1669,50
200	254.016,00	333.900,00

FONTE: O AUTOR (2016).

4.6 ESTUDO COMPARATIVO DE RESÍDUOS - WOOD FRAMEL X ALVENARIA

O fator de volume de resíduos gerados por metro quadrado construído é de 0,122 m³ para mínimo e 0,222 m³ para máximo e a área construída é de 37,80 m². Para mínimo 4,616 m³ e para máximo 8,3916 m³ por residência.

Para o cálculo do volume dos resíduos do método construtivo *wood frame* foi utilizado a média entre os valores mínimos e máximos, sendo esse valor médio 6,5016m³, e utilizando o fator de redução de 90% relacionado a dados da Tecverde. É obtido o valor do volume aproximado de resíduos gerados pelo *wood frame* de 0,65016 m³ por residência. A tabela 3 demonstra a

diferença de volume de resíduos gerados entre alvenaria e *wood frame* em escala para duzentas casas.

TABELA 3: TABELA COMPARATIVA DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO

UNIDADES	*WOOD FRAME* (m^3)	ALVENARIA (m^3)
1	0,65	6,50
200	130,00	1300,00

FONTE: O AUTOR (2016).

4.7 RESULTADOS ORÇAMENTÁRIOS - WOOD FRAMEL X ALVENARIA

Fazendo a análise conforme a metodologia têm-se que os valores de implantação das 200 casas são:

$$200 \text{ (casas)} \times 37{,}8 \text{ (m}^2\text{)} \times 1.329{,}11 \text{ (R\$/m}^2\text{)} = \text{R\$ } 10.048.071{,}60.$$

Com base na metodologia e nos resultados encontrados acima foi diagnosticada uma redução de 10% relacionada a dados da TECVERDE (2015) em relação ao do processo construtivo convencional, equivale a uma economia para essa implantação no valor de R$ 1.004.907,16.

4.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma importante questão é trazer a sustentabilidade no senso “comum” da sociedade, ou seja, mostrar para as pessoas que isso deve ser tratado como algo necessário. Vive-se em uma época em que a eminente implantação faz se necessária para melhorar a qualidade de vida desta geração e das gerações que estão por vir. Visando diminuir os desperdícios e evoluir o país a uma causa global, garantindo assim uma expectativa de conservação e manutenção dos recursos naturais, buscando ações imediatas de preservação do meio ambiente adotando medidas conscientes contra o uso desenfreado dos recursos naturais.

Com base no estudo realizado comprova-se que o *wood frame* possuí características visivelmente vantajosas em comparação a alvenaria convencional para implantação de duzentas casas, tais como: redução de geração de resíduos da construção civil em 90%, redução da utilização de água em 24% e também a redução dos custos globais em 10%. Além de ter aceitação da implantação perante o público alvo viabilizando o objetivo do estudo de projeto sustentável utilizando *wood frame*.

Levando em consideração os resultados apresentados e a estimativa de produção de residências unifamiliares, cuja é de 500 a 600 mil unidades por ano, pode-se afirmar que se houver a implantação do método construtivo em estudo nessa mesma proporção e com a perpetuação do mesmo, os beneficiados não seriam somente os usuários e empresários, mas também o meio ambiente.

5. REFERÊNCIAS

AGENDA 21 LOCAL, **Sustentabilidade**, Disponível em: <http://www.agenda21local.com.br/sustentabilidade.php>. Acesso em:11/10/2015

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2015, Disponível em: <http://www.caixa.gov.br>. Acesso em:11/10/2015

IBOPE, **Critério Brasil inicia 2015 com nova atualização,** 2015. Disponível em : <http://www.ibope.com.br/pt-br/noticias/Paginas/Criterio-Brasil-inicia-2015-com-nova-atualizacao-.aspx>. Acesso em: 14/11/2015.

LPBRASIL, 2015. Disponível em <http://www.lpbrasil.com.br/sistemas/wood-frame.html>. Acesso em: 08/11/2015.

MOLINA, J. C.; JUNIOR, C. C. **Sistema construtivo em Wood Frame para casas de madeira**. 2010, Londrina: *Ciências Exatas e Tecnológicas*, Disponível em:<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/view/4017/6906>. Acesso em 03/11/2015.

SINDUSCON-SP, 2015. Disponível em <http://www.sindusconsp.com.br/wp-content/uploads/2015/09/MANUAL-DE-RES%C3%8DDUOS-2015.pdf>. Acesso em: 22/04/2016.

TECVERDE, 2015. Disponível em <http://www.tecverde.com.br/sistema-construtivo/>. Acesso em: 08/11/2015.