

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil

Dissertação de Mestrado

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO
SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING NA
EXECUÇÃO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE
SOCIAL: UMA ABORDAGEM PRAGMÁTICA.**

Autor: Fernando Cesar Firpe Penna

Orientador: Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior

Co-Orientador: Prof. Dr. Francisco Carlos Rodrigues

Belo Horizonte

2009

Fernando Cesar Firpe Penna

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO
SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING NA
EXECUÇÃO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE
SOCIAL: UMA ABORDAGEM PRAGMÁTICA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador:

Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior

Co-Orientador:

Prof. Dr. Francisco Carlos Rodrigues

Belo Horizonte

2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil: Materiais de Construção

Dissertação intitulada “Análise da viabilidade econômica do Sistema Light Steel Framing na Execução de Habitações de Interesse Social”, de autoria do mestrando Fernando Cesar Firpe Penna, defendida em 19 de agosto de 2009 e submetida à banca examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior
Orientador - Escola de Engenharia/UFMG

Prof. Dr. Francisco Carlos Rodrigues
Co-Orientador - Escola de Engenharia/UFMG

Prof. Dr. Abdias Magalhães Gomes
Escola de Engenharia/UFMG

Prof. Dr. Eduardo Chahud
FUMEC

*Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Materiais e da
Construção Civil da EEUFMG, em especial, ao Júnior, Dalmo, Teresa e Ivonete
(não necessariamente nessa ordem....).
A culpa foi deles.*

AGRADECIMENTOS

A todos que me ajudaram e que tiveram paciência para conviver comigo nesse período.

RESUMO

O presente trabalho avaliou a influência de aspectos dos projetos arquitetônicos e estruturais, bem como da escolha dos materiais de fechamento dos painéis, nos custos das construções utilizando o Sistema Light Steel Framing (LSF). Este estudo procurou estabelecer princípios e conceitos de projetos além da especificação de materiais determinantes na composição do custo de construções utilizando o LSF, objetivando a viabilização da sua utilização na construção de Habitações de Interesse Social (HIS).

A metodologia da pesquisa contemplou a avaliação de projetos desenvolvidos e construídos com a participação do autor nos últimos três anos, analisando as alternativas de projeto, materiais e conceitos estruturais que culminaram com a construção de um protótipo. Tal avaliação possibilitou a análise da viabilidade econômica do sistema construtivo quando aplicado na HIS, notadamente no Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), faixa de renda 0-3 Salários Mínimos (SM).

Palavras-chave: Sistema Light Steel Framing (LSF); Habitações de Interesse Social (HIS); Viabilidade Econômica, Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV).

ABSTRACT

This study evaluated the influence of aspects of architectural and structural designs, as well as the choice of material for the closure of the panels, in the costs of building using the system Light Steel Framing (LSF). This study sought to establish principles and design concepts in addition to the specification of materials in determining the composition of the cost of construction using LSF, aiming at the feasibility of its use in the construction of houses for low income people (HLIP).

The research methodology included the evaluation of designs developed and built with the participation of the author over the past three years, analyzing the alternatives in design, materials and structural concepts that led to the construction of a prototype. This assessment enabled the analysis of the economic feasibility of building system when applied to the HLIP, notably in the program "My House, My Life" (PMHML), income range 0-3 Minimum Wage (MW).

Keywords: Light Steel Framing (LSF); Houses for low income people (HLIP); Economic feasibility, Program My House, My Life (PMHML).

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVO.....	18
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1 Déficit habitacional atual do país	19
3.2 Programa Habitacional “Minha Casa, Minha Vida” (PMCMV).....	20
3.3 A industrialização da construção civil na diminuição do déficit habitacional.....	24
3.4 Sistema Light Steel Framing (LSF).....	24
3.4.1 Histórico da utilização do Sistema LSF.....	26
3.4.2 Elementos básicos para uma construção em LSF.....	28
3.4.2.1 Referências normativas.....	31
3.4.2.2 Estrutura (painéis, ligações, lajes e fundações).....	33
3.4.2.3 Revestimento e conforto dos painéis externos e internos	39
4 METODOLOGIA.....	43
4.1 Projeto arquitetônico.....	43
4.1.1 Malha arquitetônica básica.....	43
4.1.2 Adequação às diretrizes dos órgãos reguladores	45
4.1.2.1 Especificações e dimensões das unidades habitacionais e dos cômodos ..	45
4.1.2.1.1 Programa Minha Casa, Minha Vida.....	45
4.1.2.1.2 Exigências das Prefeituras Municipais.....	48
4.2 Estrutura.....	48
4.2.1 Cálculo estrutural.....	49
4.2.2 Detalhamento.....	49
4.2.3 Fabricação.....	50
4.2.4 Montagem	52
4.3 Projetos complementares (instalações elétricas, telefônicas e hidro-sanitárias).....	52
4.4 Esquadrias.....	54

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES : ESTUDO DE CASO.....	56
5.1 Protótipo estudado.....	56
5.2 Malha arquitetônica e estrutural.....	57
5.3 Projeto arquitetônico.....	58
5.4 Projeto estrutural / Modelagem da montagem.....	62
5.5 Montagem do protótipo.....	67
5.6 Projeção dos custos reais do protótipo adaptado às especificações e dimensões mínimas do PMCMV.....	70
5.7 Viabilidade econômica do projeto quando inserido no PMCMV.....	79
5.8 Análise dos resultados	81
5.8.1 Custo Direto (CD).....	81
5.8.1.1 Perdas de materiais	82
5.8.1.2 Otimização da mão de obra.....	83
5.8.1.3 Custo Direto Total	83
5.8.2 BDI.....	83
5.8.3 Custo do terreno.....	85
5.8.4 Infraestrutura.....	85
5.8.5 Impostos.....	85
5.8.6 Custo Total.....	86
6 CONCLUSÃO.....	87
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	89
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – PMCMV.....	20
FIGURA 2 – Estrutura de prédio em LSF	25
FIGURA 3 – Prédio da Figura 2 depois de pronto.....	26
FIGURA 4 – Wood Frame	27
FIGURA 5 – Casa em LSF.....	29
FIGURA 6 – Detalhes do Sistema LSF	30
FIGURA 7 – Conjunto de casas em LSF.....	31
FIGURA 8 – Perfil Guia	33
FIGURA 9 – Perfil Montante.....	33
FIGURA 10 – Detalhes dos Painéis	34
FIGURA 11 – Montagem dos Painéis	35
FIGURA 12 – Parafusos.....	36
FIGURA 13 – Laje úmida	37
FIGURA 14 – Laje seca	37
FIGURA 15 – Radier	38
FIGURA 16 – Placa cimentícia externa	39
FIGURA 17 – Placa cimentícia externa	39
FIGURA 18 – Siding Vinílico sobre OSB revestido com manta hidrófuga	40
FIGURA 19 – Siding Vinílico sobre OSB revestido com manta hidrófuga	40
FIGURA 20 – Gesso Acartonado ST	41
FIGURA 21 – Gesso Acartonado RU	41

FIGURA 22 – Lã de vidro	42
FIGURA 23 – Especificações - PMCMV	46
FIGURA 24 – Esquema estrutural	49
FIGURA 25 – Detalhamento.....	50
FIGURA 26 – Transporte de painéis	51
FIGURA 27 – Bancada de montagem de painéis na obra	51
FIGURA 28 – Montagem dos Painéis.....	52
FIGURA 29 – Tubulação elétrica	53
FIGURA 30 – Tubulação hidráulica Pex	53
FIGURA 31 – Porta de madeira e janela de alumínio.....	54
FIGURA 32 – Janela de aço	55
FIGURA 33 – Malha Arquitetônica	57
FIGURA 34 – Projeto Arquitetônico / Mobiliário	58
FIGURA 35 – Cortes esquemáticos	59
FIGURA 36 – Fachadas.....	60
FIGURA 37 – Planta Humanizada	61
FIGURA 38 – Fundação	62
FIGURA 39 – Painel lateral direito	62
FIGURA 40 – Painel de fundos	63
FIGURA 41 – Painel interno 1	63
FIGURA 42 – Painel interno 2	64
FIGURA 43 – Painel frontal.....	64

FIGURA 44 – Painel lateral direito.....	65
FIGURA 45 – Engradamento da cobertura.....	65
FIGURA 46 – Colocação das telhas	66
FIGURA 47 – Fechamento dos painéis	66
FIGURA 48 – Primeiro dia de montagem do protótipo.....	68
FIGURA 49 – Segundo dia de montagem do protótipo.....	69
FIGURA 50 – Terceiro dia de montagem do protótipo.....	69
FIGURA 51 – Quarto dia de montagem do protótipo.....	70
FIGURA 52 – Fórmula TCU para determinação do BDI	84

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

TABELA 1 – Distribuição das moradias a serem construídas através do PMCMV por estados e regiões do país (PNH,2009)	22
TABELA 2 – Dimensões nominais usuais de perfis de aço (NBR 6355:2003)..	34
TABELA 3 – Especificações complementares.PMCMV-Parte 1	47
TABELA 4 – Especificações complementares PMCMV- Parte 2	47
TABELA 5 – Especificações complementares PMCMV-Parte 3	48
TABELA 6 – Histograma de mão obra a montagem de uma casa.....	71
TABELA 7 – Planilha de Custos Diretos	72
TABELA 8 – Valores do CUB – Julho 2009	76
TABELA 9 – Classificação dos Custos Diretos	77
TABELA 10 – Estratificação dos Custos Diretos	78
TABELA 11 – Valores máximos das unidades nos municípios com população acima de 50 mil habitantes	80
TABELA 12 – Inserção dos custos totais no PMCMV	81
TABELA 13 – Faixa de valores para os componentes do BDI.....	84
GRÁFICO 1 – Distribuição do déficit habitacional do Brasil por regiões geográficas (PNH, 2009).....	19
GRÁFICO 2 – Redução do CD x Número de Geminações	79

LISTA DE NOTAÇÕES

ABREVIATURAS

- . ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas
- . AISI : American Iron and Steel Institute
- . ASTM: American Society for Testing and Materials
- . BDI: Bonificação e Despesas Indiretas
- . CBCA: Centro Brasileiro da Construção em Aço.
- . CD: Custo Direto
- . CEF: Caixa Econômica FederalB: Companhia de Habitação
- . CSLL: Contribuição Social sobre Lucro Líquido
- . CSN: Companhia Siderúrgica Nacional
- . CUB : Custo Unitário Básico
- . DI: Despesas Indiretas.
- . EE.UFMG: Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais
- . FCO: Fundação Christiano Ottoni
- . GERIC: Gerência de Risco de Crédito da CEF
- . HIS: Habitação de Interesse Social
- . IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- . IRPJ: Imposto de Renda Pessoa Jurídica
- . LSF: Light Steel Framing
- . NBR: Norma Brasileira (Denominação de Norma da ABNT)
- . NM: Norma Mercosul
- . OSB: Oriented Strand Board
- . PAR: Programa de Arrendamento Residencial
- . PFF: Perfis Formados a Frio
- . PIS: Programa de Integração Social
- . PNAD: Pesquisa Nacional por Amostra de Municípios
- . PNH: Plano Nacional de Habitação
- PMCMV: Programa Habitacional Minha Casa, Minha Vida.
- RET: Regime Especial de Tributação da Construção Civil
- . RU (Gesso Acartonado): Resistente à Umidade
- .

SINDUSCON/MG: Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de Minas

Gerais

- . SM: Salário Mínimo
- . ST (Gesso Acartonado): Standard
- . TCU: Tribunal de Contas da União
- . USIMINAS: Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A.

UNIDADES

- . m: metro
- . m²: metro quadrado
- . mm: milímetro
- . vb: verba
- . pç: peça
- . un: unidade

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, existem duas premissas ligadas ao meio da construção civil que há muito tempo são consenso:

- há um considerável déficit habitacional no país;
- existe espaço no mercado da construção civil para a industrialização dos sistemas construtivos.

Através da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) 2007 o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) definiu de maneira consistente o déficit habitacional do país, que totaliza 7,2 milhões de habitações.

Este déficit se formou ao longo de toda a história do país, cuja política urbana sempre proporcionou melhores condições de vida nos grandes centros, atraindo a população para as capitais sem a efetivação de programas habitacionais que resolvessem de maneira consistente tal déficit habitacional.

Segundo alguns urbanistas, dentre os quais se destaca a Prof^a. Ermínia Maricato (2001), uma das maneiras mais efetivas para solucionar o problema de moradia no país é a ampliação do acesso à moradia uma vez que o mercado residencial sempre deixou excluída faixas da população que abrangem até a classe média. As famílias com renda até 10 salários mínimos, historicamente, não têm acesso ao mercado privado imobiliário, ou seja, segundo Maricato (2001), 60% da população está excluída deste mercado no Brasil.

No ano de 2009, para tentar solucionar pelo menos 14% desta necessidade, o Governo brasileiro lançou o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), objetivando a construção de um milhão de moradias, sendo 40% delas (400 mil) destinadas ao público com faixa de renda de 0 a 3 Salários Mínimos (SM) e as demais para as faixas de 4 a 10 SM. A faixa 0 a 3 SM engloba as construções anteriormente denominadas *populares* e, atualmente, tratados tecnicamente como Habitações de Interesse Social. A faixa 4 a 10SM, no jargão das construtoras, engloba as construções chamadas de *econômicas* (faixa aproximada de 6-10 SM) e, se mais simples, *super-econômicas* (faixa 4-6 SM).

Como o PMCMV prevê uma série de incentivos para a aquisição da casa própria, o mercado da construção civil constatou um aquecimento das vendas para os imóveis com valores de venda (base dezembro 2010) entre R\$1.500,00/m² e R\$2.000,00/m², voltados para a população do programa na faixa de renda até 10 SM .

Face à necessidade de se construir um grande volume de obras em um período relativamente pequeno, consolida-se a possibilidade para a industrialização das construções e o próprio PMCMV prevê incentivos para tal.

Ao se comparar estes dados com a redução no consumo mundial de aço conseqüente da crise econômica global de 2008, criou-se um cenário favorável (por aumento da oferta) para utilização das estruturas metálicas na industrialização da construção civil.

Há algum tempo o autor deste trabalho vem estudando alternativas para a utilização do Sistema Light Steel Framing (LSF) em Habitações de Interesse Social. A ocorrência simultânea dos fatores citados permitiu uma atenção especial do mercado construtor na utilização do LSF neste tipo de habitação, fato que era visto com reserva até pouco tempo.

Neste estudo, a análise do tema enfatizou aspectos práticos das construções, buscando soluções que atendessem igualmente a todos os envolvidos na cadeia da construção civil, a saber:

- aos moradores, do ponto de vista de qualidade arquitetônica e construtiva;
- aos empreendedores e construtores, quanto aos aspectos de produtividade, facilidade de construção e rentabilidade;
- ao meio ambiente em geral quanto aos aspectos de sustentabilidade da cadeia produtiva da construção civil.

Com isso, através das técnicas projetuais e construtivas, buscou-se obter uma análise pragmática do tema, que, em última instância, busca uma solução viável econômica para a industrialização das Habitações de Interesse Social utilizando o sistema LSF.

2 OBJETIVO

Avaliar a Viabilidade Econômica da utilização do Sistema Light Steel Framing na construção de Habitações de Interesse Social, notadamente para as que se destinam à faixa de renda de 0 a 3 Salários Mínimos (SM) do Programa Minha Casa, Minha Vida.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Déficit habitacional atual do país

Segundo dados do IBGE, resultantes da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD 2007, que mapeou as características gerais da população, migração, educação, trabalho, famílias, domicílios e rendimento, o Brasil apresenta um déficit habitacional de 7,2 milhões de moradias, assim distribuído:

POR FAIXA DE RENDA:

- Faixa de 0 – 3 SM: 90,9%
- Faixa de 3 – 6 SM: 6,7%
- Faixa de 6 – 10 SM: 2,4%

POR REGIÃO:

- Norte: 10,3%
- Nordeste: 34,3%
- Sudeste: 36,4%
- Sul: 12,0%
- Centro-Oeste: 7,0%

È a seguinte a distribuição do déficit habitacional brasileiro por regiões, conforme relatado no Plano Nacional de Habitação (PNH 2009).

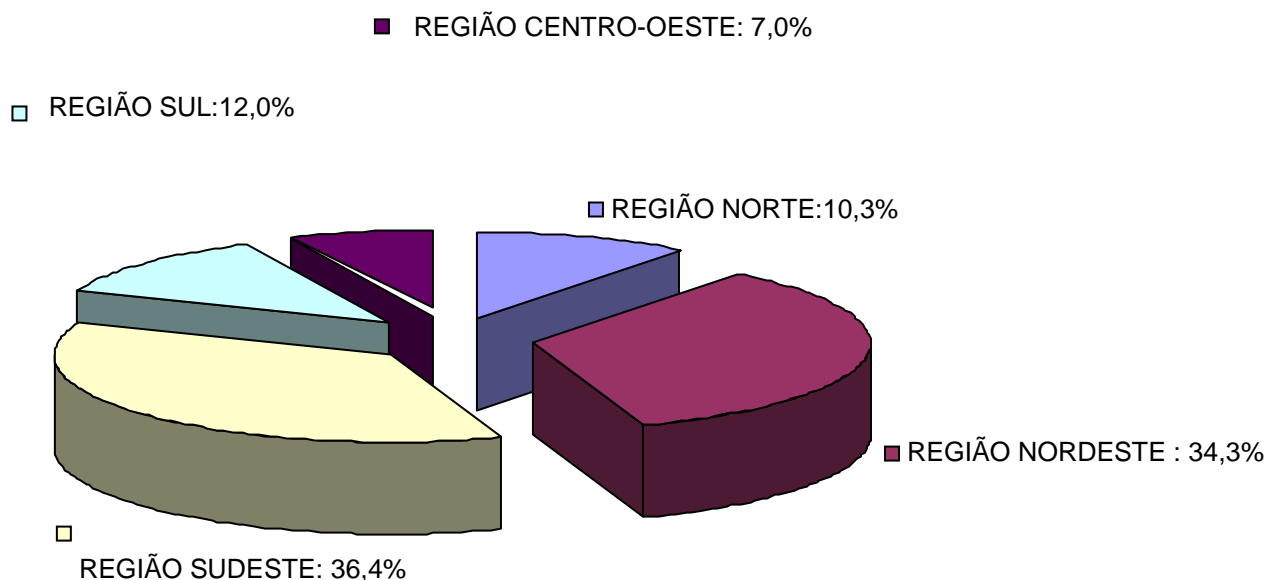


GRÁFICO 1 – Distribuição do déficit habitacional do Brasil por regiões geográficas (Fonte: PNH, 2009).

3.2 Programa Habitacional “Minha Casa, Minha Vida” (PMCMV)



FIGURA 1 - PMCMV (Fonte: CEF - 2009).

Para solucionar pelo menos 14% do déficit habitacional do país a curto e médio prazos, o Governo Federal criou, para implementar o PNH - Plano Nacional de Habitação, o Programa Habitacional Minha Casa, Minha Vida – PMCMV, que tem também, dentre seus objetivos, além da construção de 1 milhão de moradias, aumentar o acesso das famílias de baixa renda à casa própria e gerar emprego e renda por meio do aumento do investimento na construção civil.

O PMCMV apresenta as seguintes proposições para redução do déficit habitacional:

a) Construção de 1 milhão de moradias destinadas a famílias com faixa de renda entre 0 e 10 SM, assim distribuídas nas faixas de renda :

- Faixa 0 – 3 SM: 400 mil;

- Faixa 3 – 4 SM: 200 mil;

- Faixa 4 – 5 SM: 100 mil;

- Faixa 5 – 6 SM: 100 mil;

- Faixa 6 – 10 SM: 200 mil.

b) Distribuição da construção das unidades habitacionais pelas diversas regiões do país, respeitando a composição regional do déficit habitacional:

- Região Norte: 10,3% (103.018 unidades);

- Região Nordeste: 34,3% (343.197 unidades);

- Região Sudeste: 36,4% (363.984 unidades);

- Região Sul: 12,0% (120.016 unidades);

- Região Centro-Oeste: 7,0% (69.786 unidades).

c) Distribuição das moradias pelos Estados do Brasil:

Baseado nos percentuais regionais mostrados no item anterior, na Tabela 1 é mostrada a distribuição prevista, por estado, para o primeiro milhão de moradias a serem financiadas através do programa Minha Casa, Minha Vida.

TABELA 1 – Distribuição das moradias a serem construídas através do PMCMV por estados e regiões do país (Fonte: PNH, 2009).

REGIÃO	UF	TOTAL DE UNIDADES	%
NORTE	RO	8.495	0,8%
	AC	3.939	0,4%
	AM	22.238	2,2%
	RO	2.793	0,3%
	PA	50.667	5,1%
	AP	4.589	0,5%
	TO	10.297	1,0%
	Σ	103.018	10,3%
NORDESTE	MA	72.756	7,3%
	PI	21.837	2,2%
	CE	51.664	5,2%
	RN	19.224	1,9%
	PB	21.306	2,1%
	PE	44.706	4,5%
	AL	19.679	2,0%
	SE	11.301	1,1%
	BA	80.744	8,1%
		Σ	343.217
SUDESTE	MG	88.485	8,8%
	ES	16.846	1,7%
	RJ	74.657	7,5%
	SP	183.995	18,4%
		Σ	363.983
SUL	PR	44.172	4,4%
	SC	24.049	2,4%
	RS	51.795	5,2%
		Σ	120.016
CENTRO-OESTE	MS	12.244	1,2%
	MT	13.390	1,3%
	GO	27.613	2,8%
	DF	16.538	1,7%
		Σ	69.785
TOTAL		1.000.000	100,0%

d) Considerações gerais sobre o PMCMV:

d.1) Foram criados subsídios para todas as faixas de renda na aquisição da casa própria, iniciando com subsídio integral na faixa 0-3 SM e reduzindo gradualmente em outras duas faixas, uma de 3 – 6 SM e outra de 6 – 10 SM.

d.2) Haverá compatibilização da prestação da casa própria com a capacidade de pagamento da família, sendo que na faixa 0 – 3 SM haverá um aporte da união de R\$16 bilhões, prestações de até 10% da renda familiar por 10 anos, com prestação mínima de R\$50,00.

d.3) Considerando o aporte da união de R\$16 bilhões e as 400 mil unidades previstas, temos um valor médio da unidade de R\$40 mil, que foi definido pelo PMCMV, inicialmente (ano 2009) como R\$38 mil para as casas e R\$42 mil para os apartamentos, com algumas variações para as Regiões Metropolitanas dos grandes centros urbanos.

d.4) No caso da faixa 0-3 SM o Governo, através da CEF, adquire os imóveis diretamente das construtoras, em modalidade semelhante ao antigo Programa de Arrendamento Residencial (PAR). As edificações para esta faixa serão, prioritariamente, construídas nas capitais e regiões metropolitanas, municípios com mais de 100 mil habitantes e, em condições especiais, nos municípios entre 50 e 100 mil habitantes.

d.5) Para todas as faixas de renda haverá desoneração fiscal através de redução da alíquota do Regime Especial de Tributação da Construção Civil (RET) de 7% para 1%, substituindo a incidência dos impostos PIS, COFINS, IRPJ e CSLL.

d.6) Particularidades:

- Aquisição do empreendimento pela CEF ainda na planta, com especificações e custos previamente definidos;
- Pagamento a vista do terreno diretamente ao empreendedor;
- Liberação dos recursos mediante a execução das etapas da obra;
- Possibilidade de antecipação do recurso equivalente à primeira parcela;
- Concluído o empreendimento, as unidades são alienadas aos beneficiários finais;
- Desoneração do RET pelo governo federal e dos impostos estaduais e municipais;
- Inexistência de seguro garantia de término de obra.

3.3 A industrialização da construção civil na diminuição do déficit habitacional

Uma das linhas de financiamento previstas no PMCMV destina-se ao desenvolvimento de construções industrializadas, provendo alternativas construtivas que possibilitem menor custo, menor prazo de entrega, menor impacto ambiental e maior qualidade construtiva, financiando:

- Implantação e expansão de unidades industriais,
- Desenvolvimento de produtos;
- Capacitação técnica de pessoal;
- Capital de giro associado a projetos de investimento;
- Máquinas e equipamentos nacionais.

As construções que utilizam o Sistema LSF se encaixam em todas as premissas previstas no PMCMV, sendo, portanto, uma das alternativas viáveis para o sucesso do programa e o cumprimento das metas de construção previstas pelo Governo para a faixa 0 – 3 SM.

3.4 Sistema Light Steel Framing (LSF)

O termo Light Steel Framing (LSF), conforme definido por RODRIGUES (2006), é decorrente da conjunção das seguintes conceitos básicos: **Frame** refere-se ao esqueleto estrutural projetado para dar forma e suportar a edificação, sendo constituído por elementos leves – os perfis formados a frio (PFF) e **Framing** é o processo pelo qual se unem e vinculam estes elementos. Com isso, se encontra na bibliografia internacional, expressões como **Light Steel Framing House** (Europa) e **Residencial Cold-Formed Steel Framing** (Estados Unidos), ambas referindo-se às residências construídas com painéis estruturados com perfis de aço com revestimento metálico - geralmente galvanização por imersão a quente - formados a frio (perfilados). Já o **Sistema Light Steel Framing**, conforme definido por FREITAS (2006) não se resume apenas à estrutura da edificação, sendo composto por vários componentes e “subsistemas” que são, além do sistema estrutural, os sistemas de fundações, isolamento termo-acústico, fechamento externo e interno e instalações elétricas, telefônicas e hidrossanitárias.

Um exemplo de utilização do Sistema LSF em edifícios de 5 pavimentos construídos em Belo Horizonte, MG, em 2008/09 é mostrado nas FIGURAS 2 e 3. Trata-se de um conjunto habitacional com dois blocos de apartamentos com 2 quartos e 3 quartos com suíte, sendo que a concepção e desenvolvimento dos projetos foi coordenada pelo autor do presente trabalho e o cálculo estrutural desenvolvido pelo Professor Doutor Francisco Carlos Rodrigues da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (EE UFMG) através da Fundação Christiano Ottoni (FCO) em 2008, conforme mostrado nas Figuras 2 e 3 a seguir:



FIGURA 2 – Estrutura de prédio em LSF (Fonte: Arquivo do autor –2008).



FIGURA 3 – Prédio da Figura 2 depois de pronto (Fonte: Arquivo do autor –2009).

3.4.1 Histórico da utilização do Sistema LSF

Apesar de ser considerada uma tecnologia nova, segundo as pesquisas de RODRIGUES (2006) e FREITAS (2006), a origem do LSF remonta ao século XIX, entre os anos de 1810, quando os Estados Unidos começaram a conquista do território americano e 1860, quando a imigração chegou à Costa Oeste, ou seja, ao Oceano Pacífico. Nesta ocasião, para atender à forte demanda por habitação, devido ao grande crescimento da população em um período curto de tempo, recorreu-se à utilização dos materiais existentes no local (madeira) utilizando conceitos de praticidade, velocidade e produtividade originados na revolução industrial e adaptados às construções industrializadas. Este método consistia na utilização de estrutura constituída por peças de madeira serrada de pequena seção transversal conhecidos por “Ballon Framing” e fechados por peças de madeira, originando o sistema construtivo “Wood Frame” que se tornou a tipologia residencial mais comum nos Estados Unidos, conforme mostrado na Figura 4.



FIGURA 4 – Wood Frame (Fonte: *The Engines of Our Ingenuity*–J. H. Lienhard, 1993).

Segundo Freitas (2006), aproximadamente um século após, com o desenvolvimento da indústria do aço nos Estados Unidos, foi lançado na Feira Mundial de Chicago de 1933 o protótipo de uma residência em Light Steel Framing (LSF), utilizando perfis de aço em substituição à madeira. Com o crescimento da economia após a Segunda Guerra Mundial e a grande produção de aço nos EUA, houve uma significativa evolução nos processos de fabricação dos perfis formados a frio, que gradualmente foram substituindo os de madeira nas construções, até que, no final da década de 90, o percentual estimado de construções em LSF estava na casa de 25% (Bateman, 1998).

No Japão, segundo Freitas (2006), as primeiras construções em LSF foram feitas após a Segunda Guerra Mundial, quando houve a necessidade de se reconstruir cerca de quatro milhões de casas destruídas pelos bombardeios. A madeira utilizada na estrutura das casas originais foi um fator agravante dos incêndios que se alastraram durante os ataques, fato que levou a uma série de restrições do governo japonês à sua utilização estrutural, gerando um mercado e uma indústria altamente desenvolvidos na área da construção em perfis formados a frio (PFF) no Japão.

No Brasil, onde ainda prevalece o método de construção artesanal, o LSF ainda é pouco difundido. Este sistema é largamente utilizado há mais de 30 anos nos países onde a construção civil é predominantemente industrializada, notadamente os Estados Unidos, Inglaterra, Austrália, Japão e Canadá.

Segundo Hernandez (2004), o sistema a seco começou a ser apresentado pela construção civil brasileira nos início da década de 90, através do DRYWALL. No entanto, era apenas utilizado nas paredes internas de uma construção, como paredes de vedação.

Ainda segundo Hernandez (2004), só em 1998 surgiram no Brasil, as primeiras construções em LSF, um produto tecnológico razoavelmente novo no país o qual, estrategicamente, teve seus primeiros grandes projetos focados na construção residencial de médio e alto padrão, para romper conceitos culturais, formar opinião e adequar as possibilidades de financiamento existentes.

A experiência do autor na utilização do LSF em habitações populares se iniciou por volta de 2005, com os primeiros estudos patrocinados pela Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais (USIMINAS) em busca de novos mercados para o aço galvanizado, estudos estes que foram paralisados em 2007 face à grande demanda do produto pela indústria automobilística, e retomados no final de 2008, quando a crise econômica diminuiu a demanda por aço galvanizado no Brasil, permitindo oferta do produto para a construção civil.

3.4.2 Elementos básicos para uma construção em LSF

Conforme definido por Hernandez (2004), o sistema construtivo LSF tem como conceito construtivo básico o emprego de componentes industrializados na construção civil, aliados a uma metodologia executiva desses componentes que promovem um controle do processo do produto final mais apurado. A participação do aço no sistema é significativa, pois a superestrutura - paredes e estrutura de telhado - da obra é composta de perfis de aço galvanizado formados a frio (PFF).

Para os demais componentes existe uma grande gama de produtos e materiais, largamente detalhados na bibliografia, notadamente nos Manuais CBCA Steel Framing: Arquitetura – Freitas e Crasto (2006) e Steel Framing: Engenharia – Rodrigues (2006) não sendo o objetivo desta dissertação, enumerar e discutir os diversos sistemas. O que se pretende é apontar os sistemas que podem, para os diversos fins a que se destinam, apresentar a melhor relação custo/benefício para os projetos destinados às Habitações de Interesse Social, notadamente às destinadas ao Programa Minha Casa, Minha Vida.

Segundo Hernandez (2004), no sistema LSF é utilizado o conceito de cargas distribuídas para distribuição dos esforços gerados pelas edificações. A estrutura é composta por perfis formados a frio (PFF) de aço galvanizado denominados montantes e guias que formam os painéis autoportantes das paredes e estrutura de telhado, constituindo um conjunto monolítico leve e resistente, conforme apresentado na Figura 5.



FIGURA 5 – Casa em LSF (Fonte: Construtora Sequência, Granja Viana-SP, 2004).

Os detalhes dos principais elementos construtivos são apresentados na Figura 6, onde se pode destacar os seguintes elementos construtivos, que serão detalhados no decorrer deste trabalho:

- Perfis: Montantes e Guias;
- Lajes: Secas e Úmidas;
- Fechamento externo dos painéis: OSB;
- Fechamento interno dos painéis: Gesso Acartonado.
- Isolamento térmico e acústico: Lã de Vidro ou Lã de Pet.

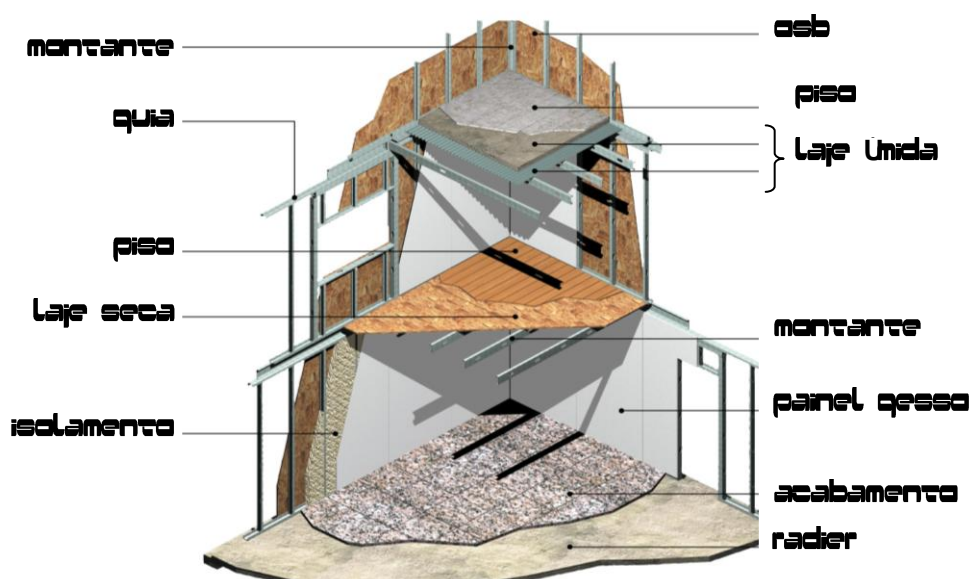


FIGURA 6 – Detalhes do Sistema LSF (Fonte: Usiminas, 2004).

O resultado final das casas construídas pela Construtora Sequência cuja obra foi mostrada na Figura 5, pode ser visto na Figura 7.



FIGURA 7 – Conjunto de casas em LSF executado pela Construtora Sequência (Fonte: Arquivo do autor, 2007).

3.4.2.1 Referências normativas

a) Os aços estruturais devem seguir as seguintes normas:

- ABNT NBR 10735:1989 - Chapas de aço de alta resistência mecânica zincadas continuamente por imersão a quente. ABNT, Rio de Janeiro, 1989.
- ABNT NBR 7013:1981 – Chapas de aço-carbono zincadas por imersão a quente – Requisitos gerais. ABNT, Rio de Janeiro, 1981.
- NBR 7008:2003 Chapas de aço-carbono zincadas pelo processo contínuo de imersão a quente. ABNT, Rio de Janeiro, 2003.

b) Os perfis deverão a padronização disposta nas normas:

- ABNT NBR 6355:2003 – Perfis estruturais, de aço, formados a frio – Padronização. ABNT, Rio de Janeiro, 2003.

- ABNT NBR 15253:2005 – Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações – Requisitos gerais. ABNT, Rio de Janeiro, 2005.

c) As estruturas de aço deverão atender aos critérios de segurança da norma ABNT NBR 8681:2003 – Ações e segurança nas estruturas. ABNT, Rio de Janeiro, 2003.

d) As ações consideradas no projeto estrutural deverão ser determinadas com base nas seguintes normas brasileiras:

- ABNT NBR 6120:1980 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. ABNT, Rio de Janeiro, 1980.

- ABNT NBR 6123:1988 - Forças devidas ao vento em edificações. ABNT, Rio de Janeiro, 1988.

e) As edificações deverão obedecer às exigências de Proteção contra Incêndio de acordo com as Especificações Estaduais do Corpo de Bombeiros, bem como as normas brasileiras:

- ABNT NBR 14432:2000-Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações.

- NBR 14323:2003 - Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio-Procedimento.

f) As estruturas de aço deverão ser dimensionadas de acordo as normas brasileiras ou normas estrangeiras, tais como:

- NBR 14762:2001 - Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio – Procedimento. ABNT, Rio de Janeiro, 2001.

- ABNT NBR 8800:1986 - Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios. ABNT, Rio de Janeiro, 1988.

- AMERICAN IRON AND STEEL INSTITUTE - AISI - Specification for the design of cold-formed steel structural members (AISI. Washington, 2007).

3.4.2.2 Estrutura (painéis, ligações, lajes e fundações)

A estrutura de sustentação sugerida para as edificações em LSF utilizam perfis leves de aço zincado por imersão a quente e formados a frio, a partir de bobinas de aço galvanizado Z180 conforme definido na Norma NBR 7008, produzidos, no Brasil, em grande escala, pelas Usinas Siderúrgicas Usiminas, CSN e Vega / Arcelor Mittal. Os perfis são formados a frio a partir de bobinas de aço galvanizado e apresentam dimensões definidas pelo calculista, dentre os perfis padronizados pelas Normas ABNT NBR 6355:2003 e NBR 15.253:2005. Estes perfis são unidos por parafusos autobrocantes e por pinos especiais, formando painéis de paredes e estrutura de laje e cobertura, originando um conjunto autoportante, apto a receber os esforços solicitados pelas edificações, ou seja, com resistência suficiente para suportar as cargas estabelecidas em projeto, conforme mostrado nas Figuras 8 e 9.

Perfis utilizados:

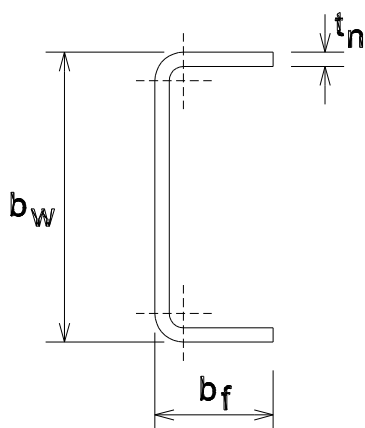


FIGURA 8– Perfil Guia
(Fonte: NBR 6355:2003)

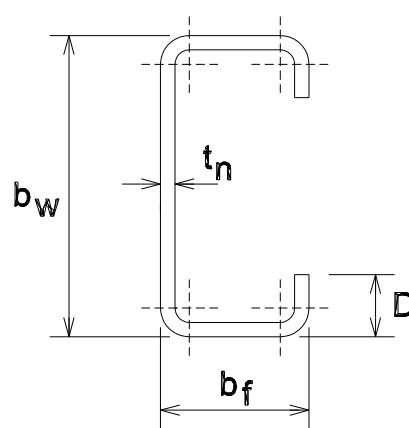


FIGURA 9– Perfil Montante
(Fonte: NBR 6355:2003)

As dimensões nominais usuais de perfis de aço são apresentadas na Tabela 2.

TABELA 2 – Dimensões nominais usuais de perfis de aço (Fonte: NBR 6355:2003).

DIMENSÕES	DESIGNAÇÃO	LARGURA DA ALMA ou ABA	LARGURA DA MESA ou ABA	LARGURA DO ENRIJECEDOR DE BORDA
mm		mm	mm	mm
90 x 40	Montante	90	40	12
140 x 40	Montante	140	40	12
200 x 40	Montante	200	40	12
250 x 40	Montante	250	40	12
300 x 40	Montante	300	40	12
90 x 40	guia	92	38	-
140 x 40	guia	142	38	-
200 x 40	guia	202	38	-
250 x 40	guia	252	38	-
300 x 40	guia	302	38	-

Estes perfis, adequadamente dimensionados e detalhados, originam os painéis, conforme mostrado na Figura 10:



FIGURA 10 – Detalhes dos Painéis (Fonte: Usiminas- 2004).

A montagem dos painéis pode ser verificada na Figura 11, referente ao prédio de cinco pavimentos construído em Belo Horizonte e já citado no Item 3.4 e apresentados nas Figuras 2 e 3



FIGURA 11 – Montagem dos Painéis (Fonte: Arquivo do autor, 2008).

Os parafusos e pinos para formação dos painéis e instalações dos fechamentos são mostrados a seguir, na Figura 12.



FIGURA 12 – Parafusos (Fonte: Usiminas , 2004).

As lajes, conforme orientação da CEF, deverão ser construídas no sistema de laje úmida, constituída pelos seguintes elementos:

- “Deck” metálico definido por telhas -onduladas ou trapezoidais- perfiladas a partir de chapas de aço galvanizado que servem como forma para o concreto e como diafragma para proporcionar rigidez horizontal;
- Concreto moldado “in loco”, apoiado no “deck metálico”, com tela de aço para suportar retração do concreto, com especificações de diâmetro e espaçamento das barras de aço definidas pelo calculista. Na figura 13 é apresentada uma laje úmida, com utilização de concreto armado.



FIGURA 13 – Laje úmida (Fonte: Usiminas, 2004).

A título de informação, uma outra tipologia de laje muito usada no Sistema LSF é a Laje Seca, utilizando painéis de OSB, conforme Figura 14.



FIGURA 14 – Laje seca (Fonte: Usiminas, 2004)

Quanto às fundações, o sistema que permite maior rapidez de montagem em série de casas é constituído por uma laje de concreto armado, tipo “radier”, apoiado sobre terreno nivelado e compactado. Outros tipos de fundação, como sapatas corridas sob as paredes ou mesmo, no caso de prédios, sistema de tubulões/estacas, coroados por blocos e unidos por cintamento convencional podem ser utilizados, dependendo do tipo de solo e necessidades do projeto estrutural.



FIGURA 15 – Radier (Fonte: Saint-Gobain, 2008).

3.4.2.3 Revestimento e conforto dos painéis externos e internos

Existem disponíveis no mercado nacional diversos materiais adequados ao revestimento dos painéis, tanto interno quanto externo. Entende-se que os mais adequados às HIS são os apresentados a seguir:

A) Revestimento Externo:

-Placa Cimentícia



FIGURA 16 – Placa cimentícia externa (Fonte: Arquivo Saint-Gobain, 2008).



FIGURA 17 – Placa cimentícia externa (Arquivo do autor, 2009).

- Siding Vinílico aplicado sobre base executada com placas de Oriented Strand Board (OSB), espessura 12 mm, protegido por manta hidrófuga para evitar umidade no interior do painel, conforme mostrado na Figura 18.



FIGURA 18 – Siding Vinílico aplicado sobre placa de OSB revestido com manta hidrófuga (Fonte: Usiminas, 2004).

Na Figura 19 é apresentado prédio de 4 pavimentos situado na cidade de Bragança Paulista, SP, construído com o Sistema LSF e revestido externamente com Siding Vinílico.

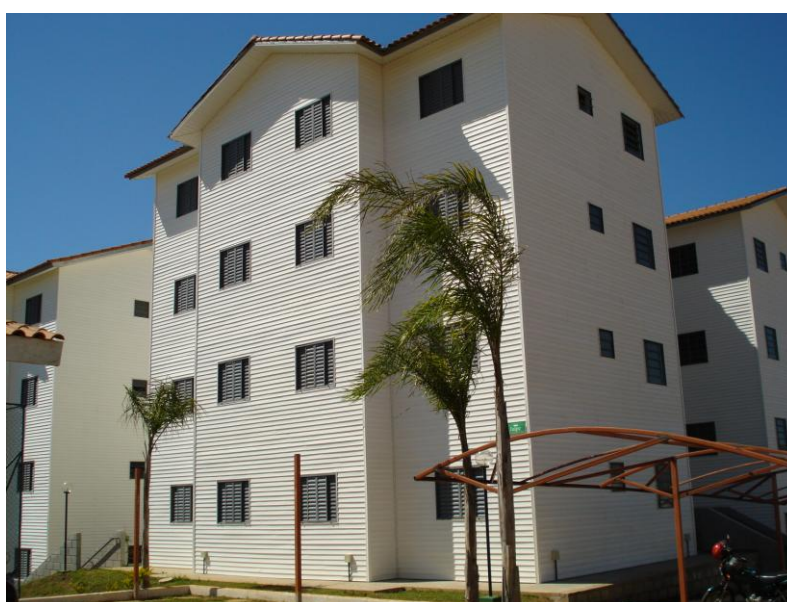


FIGURA 19 – Siding Vinílico sobre OSB revestido com manta hidrófuga (Fonte: Arquivo do autor, 2007).

B) Revestimento interno:

- Gesso Acartonado Standard (ST) com espessura 11,5 mm, utilizados no revestimento das paredes das áreas secas das edificações e Gesso Acartonado Resistente à Umidade (RU) utilizado nas áreas molhadas das edificações, como mostrado nas Figuras 20 e 21.



FIGURA 20 – Gesso Acartonado ST (Fonte: Arquivo do autor, 2007).



FIGURA 21 – Gesso Acartonado RU (Fonte: Arquivo do autor, 2008).

C) Isolamento térmico e acústico

Para melhorar o conforto térmico e acústico das edificações é recomendável utilizar materiais tais como lã de vidro, conforme mostrado na Figura 21. Este material é facilmente recortado pois o papelão acartonado que o reveste é quadriculado de 5 em 5 cm e, alternativamente, pode vir já na dimensão exata de utilização da fábrica, sendo instalada no espaço existente entre os perfis metálicos no vão entre as placas de vedação dos painéis.

Atualmente existem, também, lãs de pet que estão sendo utilizadas como isolamento das paredes divisórias das edificações.

Na Figura 22 é apresentada obra em execução, onde se utiliza Lã de Vidro da Isover (Grupo Saint-Gobain).



FIGURA 22 – Lã de vidro (Fonte: Arquivo do autor, 2008).

4 METODOLOGIA

Face à abordagem pragmática que se pretende para este estudo, a metodologia de trabalho desenvolvida foi toda calcada na busca de resultados práticos que atendessem satisfatoriamente à legislação pertinente e aos limites de utilização econômica dos materiais. Para tal, seguiu-se um roteiro de trabalho iniciado no projeto que culminou na construção de um protótipo em escala natural, conforme detalhado a seguir:

4.1 Projeto arquitetônico

4.1.1 Malha arquitetônica básica

Todo sistema industrializado de produção exige um rigoroso estudo de suas particularidades para que ele se torne competitivo em escala quando competem com sistemas artesanais que aprestam custos de produção menores, notadamente em relação à mão de obra.

No caso das casas utilizando o Sistema LSF, os Custos Diretos da edificação, a princípio, podem ser maiores que os das construções convencionais, mas existem pelo menos duas maneiras de se conseguir resultados satisfatórios em sua utilização, a saber:

- 1- Diminuição das Despesas Indiretas em decorrência da diminuição do prazo de construção em pelo menos 30% quando comparados com as construções convencionais;
- 2- Diminuição da incidência de mão de obra nos Custos Diretos das edificações em LSF em função da otimização da utilização dos materiais, principalmente das placas de vedação. Conforme poderá ser verificado no Capítulo 5, a cadeia produtiva do LSF, representada pelo aço, placas cimentícias e gesso acartonado, representa cerca de 50% do custo da obra, sendo que os materiais são responsáveis por 75% deste total e a mão de obra por 25%.

Considerando que o aço, em função das modernas perfiladeiras, pode ser adquirido nas dimensões e comprimentos exatos da sua utilização, as perdas por corte das barras praticamente não existem. As possibilidades de melhoria de resultado em função da redução das perdas concentram-se, portanto, na adequada utilização das placas cimentícias e de gesso acartonado. Para se entender como aproveitar melhor os materiais, é importante saber trabalhar as dimensões comerciais dos materiais. Ao se consultar as tabelas dos diversos fabricantes, verifica-se que todos trabalham com dimensões fixas de largura de 1.200 mm e comprimentos variáveis, que podem ser encomendados, em média, de 2.400 mm a 3.000mm. Este fato direciona a utilização das placas com o comprimento no sentido vertical, as quais devem ser encomendadas nas dimensões que mais se adequar ao pé-direito da edificação. Muito importante também, é a modulação horizontal do projeto, conforme se detalhará a seguir.

Em relação à largura das placas, estas estão, portanto, intimamente relacionadas com a malha de posicionamento dos perfis estruturais. Existem algumas premissas que orientam a escolha da melhor malha estrutural. São elas:

- Otimização estrutural;
- Espaçamento do apoio das placas limitado em 600 mm;
- Espaçamento otimizado em função da largura das placas de 1.200 mm.

Com isso, observam-se duas possibilidades interessantes para a malha a ser adotada:

- Malha de (600 x 600) mm ideal para casas de um pavimento;
- Malha de (400 x 400) mm para edificações de andares múltiplos.

Para o caso do projeto das HIS em LSF optou-se, portanto, por uma malha arquitetônica e estrutural de (600 x 600) mm.

4.1.2 Adequação às diretrizes dos órgãos reguladores

Para a construção de um projeto de edificação a ser financiado pela CEF através de programas habitacionais do tipo PMCMV são necessárias aprovações em dois órgãos:

- 1- Prefeitura Municipal da cidade onde ele será executado;
- 2- CEF.

A aprovação pela Prefeitura Municipal deverá preceder à aprovação pela CEF e esta, só aprova projetos que utilizem sistemas construtivos aprovados por ela – ressalta-se que o Sistema LSF é aprovado pela CEF como tal- e que apresentem características de projeto segundo suas especificações. O processo de aprovação, portanto, é uma envoltória de exigências, sendo necessário o atendimento às mais rigorosas de cada órgão. As edificações até 5 pavimentos devem atender, também às prescrições da Norma ABNT NBR 15.575:2008 , Norma de Desempenho que se divide em 6 partes:

- ABNT **NBR15575-1** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais

- ABNT **NBR15575-2** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais

-ABNT **NBR15575-3** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos

- ABNT **NBR15575-4** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas

- ABNT **NBR15575-5** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas

- ABNT **NBR15575-6** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 6: Sistemas hidrossanitários

4.1.2.1 Especificações e dimensões das unidades habitacionais e dos cômodos

4.1.2.1.1 Programa Minha Casa, Minha Vida

Logo que foi lançado o PMCMV, em abril do ano de 2009, a CEF divulgou as especificações mínimas exigidas para as edificações, que no caso das casas estão detalhadas na tabela constante da Figura 23.

ESPECIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

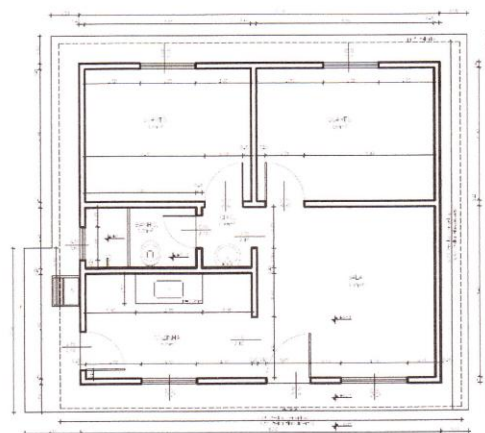
Casas térreas ou prédios de acordo com as características, especificações e custos pré-definidos. Com limites de até 500 unidades por módulo, ou condomínios segmentados em 250 unidades. Não incidem custos de comercialização e incorporação.

ESPECIFICAÇÃO PADRONIZADA

- Tipologia 1 – casa térrea – 35 m².
- Tipologia 2 – apartamento – 42 m².

ESPECIFICAÇÃO DA TIPOLOGIA 1 (CASA TÉRREA COM 35 m²)

- Compartimentos: sala, cozinha, banheiro, 2 dormitórios, área externa com tanque.
- Área da unidade: 35 m².
- Área interna: 32 m².
- Piso: cerâmico na cozinha e banheiro, cimentado no restante.
- Revestimento de alvenarias: azulejo 1,50m nas paredes hidráulicas e box. Reboco interno e externo com pintura PVA no restante.
- Forro: laje de concreto ou forro de madeira ou pvc.
- Cobertura: telha cerâmica.
- Esquadrias: janelas de ferro ou alumínio e portas de madeira.
- Dimensões dos compartimentos: compatível com mobiliário mínimo.
- Pé-direito: 2,20m na cozinha e banheiro, 2,50m no restante.
- Instalações hidráulicas: número de pontos definido, medição independente.
- Instalações elétricas: número de pontos definido, especificação mínima de materiais.
- Aquecimento solar/térmico: instalação de kit completo.
- Passeio: 0,50m no perímetro da construção.



Exemplo da tipologia 1 – Casa térrea

Posteriormente, em 30 de julho de 2009, a CEF publicou especificações complementares, conforme mostrado nas Tabelas 3, 4 e 5

TABELA 3– Especificações Complementares - PMCMV - Parte 1 (Fonte: CEF, 2009).

Projeto	Projeto paradigma - Casa com sala / 1 dormitório para casal e 1 dormitório para duas pessoas / cozinha / área de serviço(externa) / circulação / banheiro.
DIMENSÕES DOS CÔMODOS - Observar as dimensões da NBR 15.575	
Mobiliário mínimo dormitório casal	1 cama (1,40x1,95); 1 criado-mudo (0,50x0,50); 1 guarda-roupa (1,50x0,55) e circulação de 0,50m.
Mobiliário mínimo dormitório duas pessoas	2 camas (0,80x1,95); 1 criado (0,50x0,50); 1 guarda-roupa (1,50x0,55) e circulação de 0,80 m entre as camas e restante com 0,50 m.
Mobiliário mínimo cozinha	Largura mínima da cozinha: 1,60m. Quantidade mínima: pia, fogão (0,60x0,60) e geladeira (0,70x0,70). Previsão para armário sob a pia e gabinete.
Sala de estar/refeições	Largura mínima sala de estar/refeições: 2,40m. Quantidade mínima de móveis: sofás com número de assentos igual ao número de leitos, mesa para 4 pessoas e Estante/Armário TV.
Área de Serviço	Quantidade mínima: 1 tanque (0,60x0,55) e 1 máquina (0,60x0,65).

TABELA 4– Especificações Complementares - PMCMV - Parte 2 (Fonte: CEF, 2009).

CARACTERÍSTICAS GERAIS	
Área útil (área interna, sem contar áreas de paredes)	32 m ² (não computada área de serviço).
Pé direito mínimo	Observar a orientação municipal vigente ou adotar as dimensões mínimas previstas na Norma de Desempenho quando o município não regulamentar o assunto.
Forro	Forro de madeira ou PVC.
Cobertura	Cobertura em telha cerâmica sobre estrutura de madeira ou metálica ou outra solução com desempenho equivalente.
Revestimento Interno	Massa única, gesso (exceto banheiros, cozinhas ou áreas de serviço) ou concreto regularizado para pintura.
Revestimento Externo	Massa única ou concreto regularizado para pintura.
Revestimento Áreas Molhadas	Azulejo no box com altura mínima de 1,50m. Barrado impermeável sobre a pia e o tanque.
Revestimento áreas comuns	Massa única, gesso ou concreto regularizado para pintura.
Esquadrias e Ferragens	Portas internas, completas, em madeira. Aceitável porta metálica adequada à agressividade do meio no acesso à casa.
Portas banheiro	largura de 0,80 para o caso de unidades adaptadas para portadores de necessidades especiais
Portas quartos	largura de 0,80 para o caso de unidades adaptadas para portadores de necessidades especiais
Portas externas	0,80 x 2,10m
Janelas	De alumínio para regiões litorâneas(ou meios agressivos) e de aço para demais regiões.
Pisos	Cerâmica esmaltada em banheiro e cozinha, com rodapé. Cimentado preparado para aplicação de cerâmica nas demais áreas.
Ampliação da UH	Os projetos deverão prever a ampliação das casas.

TABELA 5– Especificações Complementares - PMCMV - Parte 3 (Fonte: CEF, 2009).

DIVERSOS	
Reservatório	Caixa d'água de 500 litros ou de maior capacidade quando exigido pela concessionária local. Para reservatório elevado de água potável, em condomínio, prever instalação de no mínimo 2 bombas de recalque com manobra simultânea.
Vagas	Vagas de garagem conforme definido na legislação municipal
Cercamento do condomínio	Alambrado com baldrame e altura mínima de 1,80m no entorno do condomínio.
Proteção da alvenaria externa	Piso em concreto de 0,50 m de largura ao redor da edificação.
Calçadas	Quando previstas, as calçadas deverão apresentar largura mínima de 0,80m.
Máquina Lavar	Prever solução para máquina de lavar roupas (ponto elétrico, hidráulica e de esgoto).
Equipamento de lazer / uso comunitário	Para empreendimentos com 60UH ou mais, prever 1% da soma dos custos de Infraestrutura e Edificações para construção de equipamentos de lazer/uso comum. Priorização: centro comunitário, quadra de esportes, praça / playground.

O atendimento a estas especificações é, portanto, condição básica para a aprovação do projeto junto à CEF para poder ser financiado através do PMCMV faixa 0- 3 SM.

4.1.2.1.2 Exigências das Prefeituras Municipais

Antes de se submeter o projeto à aprovação da CEF ele deve ser aprovado pela Prefeitura Municipal da localidade na qual será construído. Para tal, deve atender aos requisitos da Lei de uso e Ocupação do Solo e ao Código de Obras do Município.

4.2 Estrutura

Uma vez definida a malha arquitetônica e estrutural e elaborado o Projeto Arquitetônico segundo os preceitos legais detalhados, procede-se à etapa seguinte, referente ao dimensionamento estrutural, constituído por duas etapas, o cálculo estrutural e o detalhamento para fabricação.

4.2.1 Cálculo estrutural

O cálculo estrutural, realizado por profissional especializado em estruturas de chapas finas dobradas a frio define, de maneira unifilar, os esforços em cada elemento e sugere os perfis a serem utilizados.

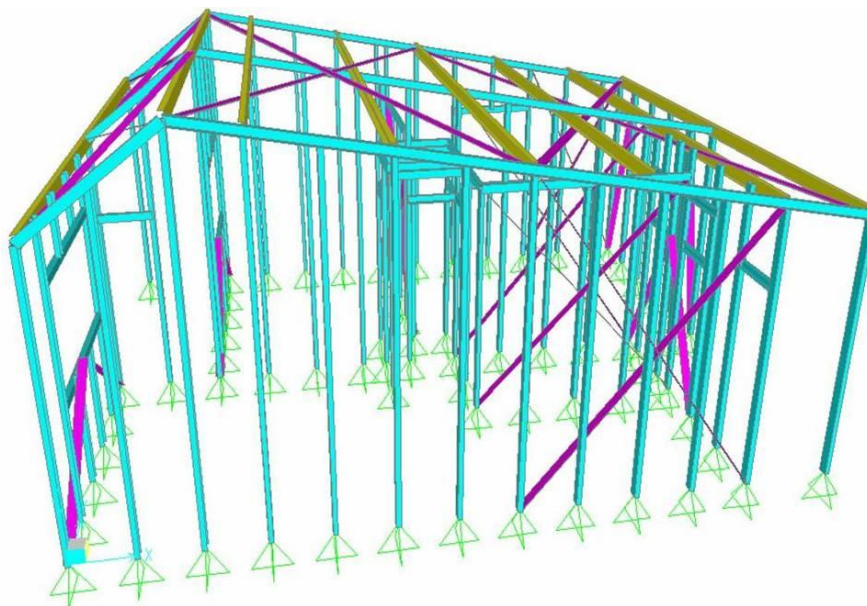


FIGURA 24 – Esquema estrutural - (Fonte: RODRIGUES, 2008).

4.2.2 Detalhamento

De posse do cálculo estrutural e das especificações de perfis a serem utilizados em cada barra, o projetista de estrutura metálica procede à execução do detalhamento para fabricação da estrutura, onde são definidos os comprimentos, furos, fixações e outros parâmetros de cada barra, bem como projeta os painéis a serem montados previamente, para posterior montagem de campo conforme pode ser visto na Figura 25.



FIGURA 26 – Transporte de painéis (Fonte: Usiminas, 2004).

2- Fabricação dos painéis no próprio canteiro de obras, através da montagem de uma bancada com gabarito que permite a fabricação “in loco” dos painéis, conforme pode ser visto na Figura 27, onde se mostra uma bancada de montagem de painéis na própria obra.



FIGURA 27 – Bancada de montagem de painéis na obra (Fonte: Arquivo do autor, 2009).

4.2.4 Montagem

Com os painéis prontos, fabricados na obra ou não, procede-se a montagem que, no caso das casas é muito simples, face à leveza da estrutura.



FIGURA 28 – Montagem dos Painéis (Fonte: Saint-Gobain, 2008).

4.3 Projetos complementares (instalações elétricas, telefônicas e hidrossanitárias).

Como os montantes dos perfis possuem furação padronizada que pode ocorrer de 600 em 600 mm, a partir de um espaçamento inicial da borda do perfil de 300 mm e com diâmetro máximo de 38 mm, fica muito simples a passagem de dutos elétricos e hidráulicos -sistema Pex- por estas furações, antes de se fechar os painéis internos com o gesso acartonado. Esta possibilidade facilita e barateia muito as instalações em geral quando comparadas com as construções em sistemas convencionais.

Estes detalhes podem ser verificados nas Figuras 29 e 30.



FIGURA 29 – Tubulação elétrica (Fonte: Usiminas – 2004).

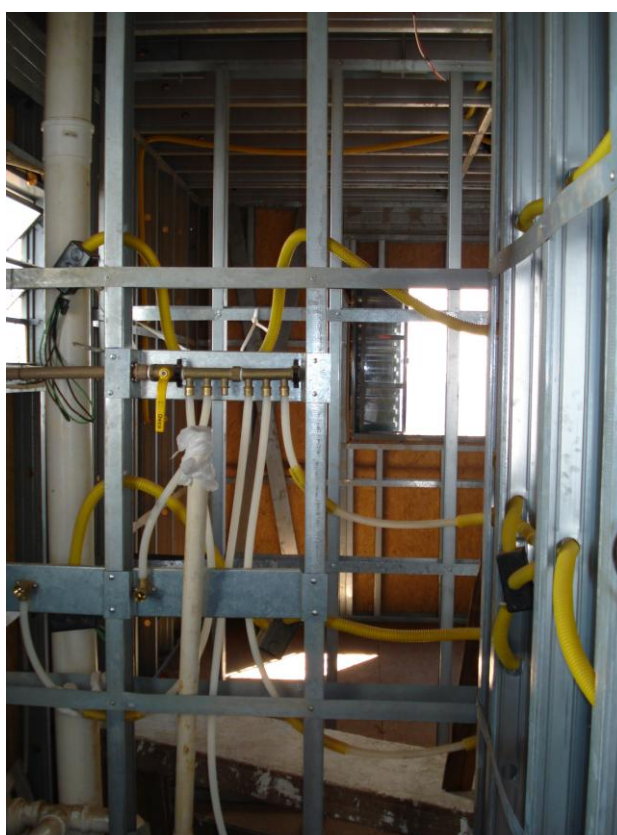


FIGURA 30 – Tubulação hidráulica Pex (Fonte:Arquivo do autor, 2007).

4.4 Esquadrias

As esquadrias utilizadas nas obras em LSF podem ser as mesmas utilizadas nas obras convencionais. Tais esquadrias podem ser assentadas utilizando parafusos ou espuma de poliuretano expandido.

Na Figura 31 é apresentada uma situação de utilização de esquadria de alumínio padronizada para a janela e porta pronta em ma madeira.



FIGURA 31 – Porta de madeira e janela de alumínio (Fonte: Saint-Gobain, 2008).

Na Figura 32 é apresentada a utilização de esquadria em aço para janela.



FIGURA 32 – Janela de aço (Fonte: Arquivo do autor, 2007).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES : ESTUDO DE CASO

5.1- Protótipo estudado

Para o estudo da viabilidade econômica de um empreendimento a ser utilizado em HIS foi desenvolvido o projeto de uma residência intitulada “casa de entrada”, com o seguinte programa arquitetônico:

- Sala;
- 2 quartos;
- Cozinha;
- Banheiro;
- Área de Serviço.

Apesar das áreas dos cômodos serem as mínimas possíveis, só se comparando àquelas utilizadas em projetos de algumas COHAB's, procurou-se desenvolver o projeto seguindo os preceitos de mobiliário mínimo da CEF, inserindo em cada cômodo os móveis exigidos pela CEF com suas reais dimensões.

Este protótipo foi efetivamente construído sob o patrocínio da empresa CENTERTRADING, do Grupo BMG, que na ocasião comercializava o aço galvanizado utilizado nas construções em LSF, sendo apresentado na Feira Expo Construção Minas de 2008, realizada no Parque de Exposições da Gameleira, em Belo Horizonte, MG, no período de 16 a 20 de setembro de 2008.

Esse protótipo, cujo projeto é apresentado nos itens seguintes, tinha área bruta construída de 34,02 m² e área líquida ou “área de vassoura” de 30,07 m².

Toda a fabricação e montagem do protótipo foi monitorada, de forma que foi montado um banco de dados que permitiu avaliar com precisão os custos de projeto, fabricação e montagem e construção da casa. Posteriormente, adaptou-se os custos unitários às dimensões mínimas dos cômodos exigidas pela CEF, que remetem a uma construção com área bruta mínima de cerca de 38 m² e refez-se os orçamentos, que são apresentados, juntamente com os estudos de inserção do projeto no PMCMV, Faixa 0- 3 SM.

5.2 Malha arquitetônica e estrutural

Para otimização do Sistema LSF no Projeto Arquitetônico, além das premissas de programa e dimensões mínimas dos cômodos que permitissem a colocação do mobiliário mínimo exigido pela CEF, levou-se em consideração a utilização de uma malha arquitetônica de (600 x 600) mm para possibilitar aproveitamento total dos materiais de fechamento - placa cimentícia e placa de gesso acartonado – que possuem largura de 1.200mm (1,20 m), conforme apresentado na Figura 33.

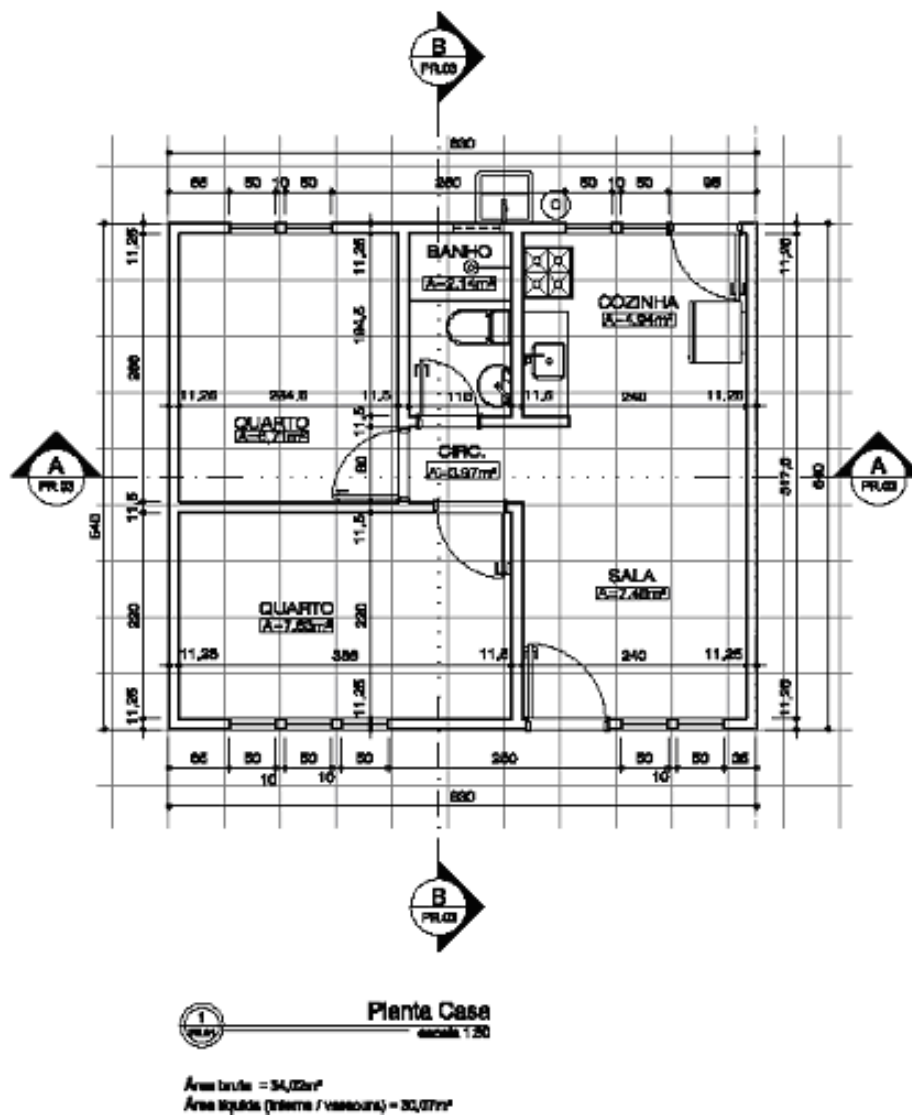


FIGURA 33 – Malha Arquitetônica (Fonte: Arquivo do autor, 2008).

5.3 Projeto arquitetônico

Baseado na malha definida, no programa arquitetônico e no mobiliário mínimo da CEF, desenvolveu-se o seguinte projeto arquitetônico conceitual, para a construção do protótipo, que apresenta Área Bruta de 34,02 m² e Área Líquida -“vassoura”- de 30,07 m²:

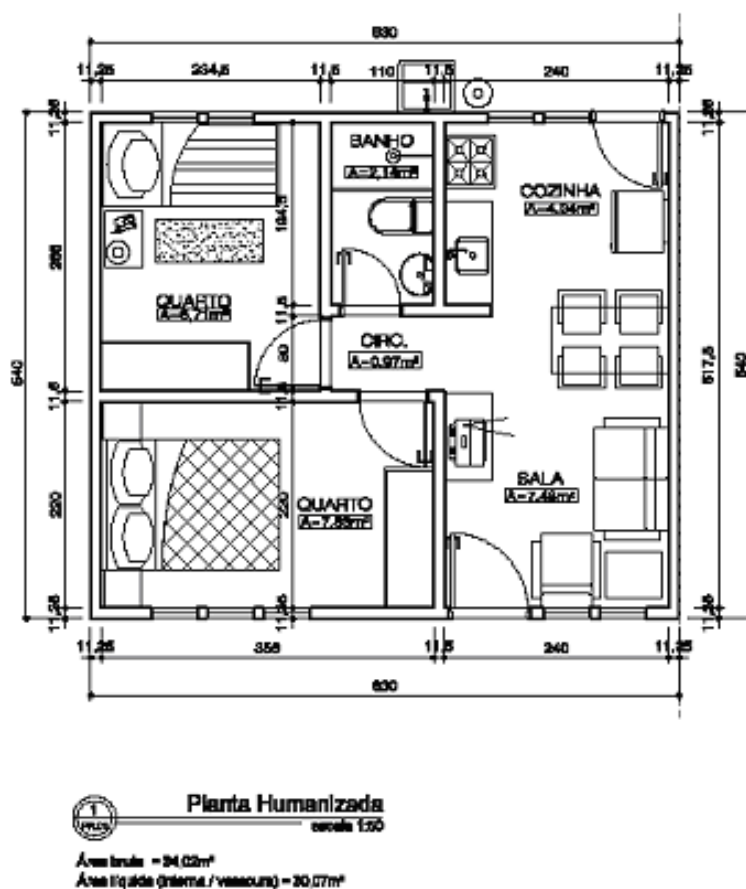


FIGURA 34 – Projeto Arquitetônico / Mobiliário (Fonte: Arquivo do autor, 2008).

A Figura 35 apresenta os cortes esquemáticos do projeto.

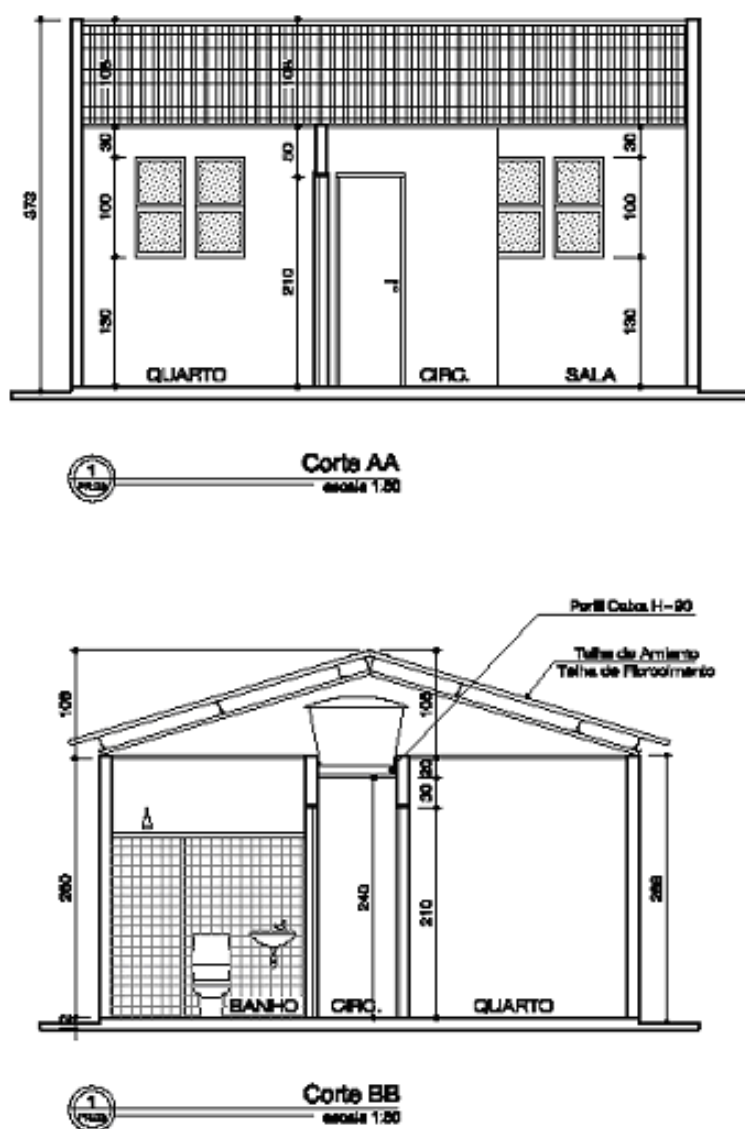


FIGURA 35 – Cortes esquemáticos (Fonte: Arquivo do autor, 2008).

Foi adotada uma programação de cores que seguem, sempre, os alinhamentos das portas e janelas, facilitando a sua execução no canteiro, pois os pintores podem aproveitar tais alinhamentos para esticar as linhas de separação entre as cores, conforme mostrado na Figura 36.

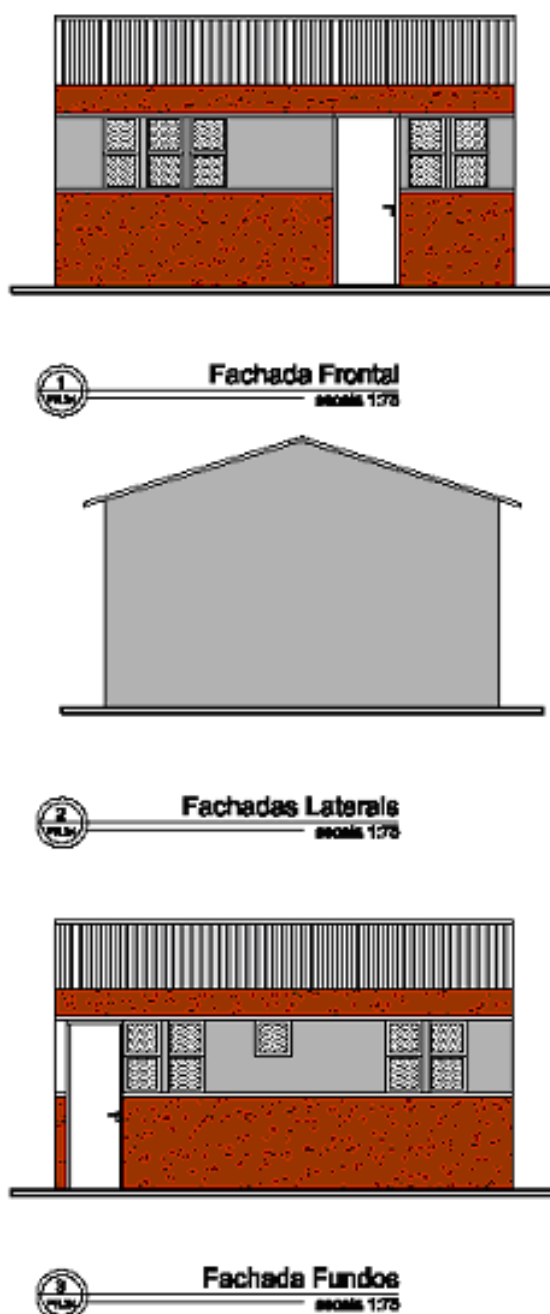


FIGURA 36 – Fachadas (Fonte:Arquivo do autor, 2008).

Para certificar a correta adoção do mobiliário especificado pela CEF, foi elaborada uma Planta Humanizada, com as dimensões dos móveis e utensílios domésticos:



- 1 Cama solteiro - 90 x 190 cm
- 2 Criado mudo - 40 x 60 cm
- 3 Armário - 160 x 50 cm
- 4 Criado mudo - 50 x 50 cm
- 5 Cama casal - 140 x 190 cm
- 6 Criado mudo - 50 x 50 cm
- 7 Armário - 175 x 50 cm
- 8 Fogão - 55 x 55 cm
- 9 Bancada - 50 x 110 cm
- 10 Geladeira - 60 x 65 cm
- 11 Mesa - 70 x 125 cm
- 12 Sofá 2 lugares - 80 x 130 cm
- 13 Mesa de canto - 60 x 50 cm
- 14 Sofá 1 lugar - 80 x 75 cm
- 15 Mesa de apoio 50 x 94 cm

FIGURA 37 – Planta Humanizada (Fonte: Arquivo do autor, 2008).

5.4 Projeto estrutural / Modelagem da montagem

O projeto estrutural, realizado sob a supervisão do Prof. Dr. Francisco Carlos Rodrigues, foi desenvolvido utilizando perfis estruturais Ue 90 x 40 x 12 x 0,8 mm para os montantes (elementos verticais) e Ue 90 x 40 0,8 mm para as guias (elementos horizontais), utilizando aço galvanizado e com malha estrutural de 600 mm preconizada no projeto de arquitetura.

A estrutura foi dividida em painéis estruturais, cada um representando uma parede ou segmento de parede, para facilitar a fabricação e montagem da casa..

Para melhor entendimento da sequência de montagem, foi estabelecida uma modelagem hipotética, para estudo de tempos e movimentos:

Nas Figuras 38 e 39 são mostrados o radier preparado para receber a montagem da casa, bem como a montagem do primeiro painel.



FIGURA 38: Fundação (Fonte: Arquivo do autor, 2008).



FIGURA 39 - Painel lateral direito (Fonte: Arquivo do autor, 2008).

Nas Figuras 40 e 41 se verifica a montagem do segundo painel externo e do primeiro painel interno, destinado a dar rigidez inicial ao conjunto.



FIGURA 40 – Painel de fundos (Fonte: Arquivo do autor, 2008).



FIGURA 41 – Painel interno 1 (Fonte: Arquivo do autor, 2008).

Nas Figuras 42 e 43 se verifica a montagem dos painéis subsequentes, sempre em sequência adequada a se proporcionar rigidez ao conjunto.



FIGURA 42 – Painel interno 2 (Fonte: Arquivo do autor, 2008).



FIGURA 43 – Painel frontal (Fonte: Arquivo do autor, 2008).

As Figuras 44 e 45 mostram o fechamento completo dos painéis laterais e a montagem do engradamento do telhado.



FIGURA 44 – Painel lateral direito (Fonte: Arquivo do autor, 2008).

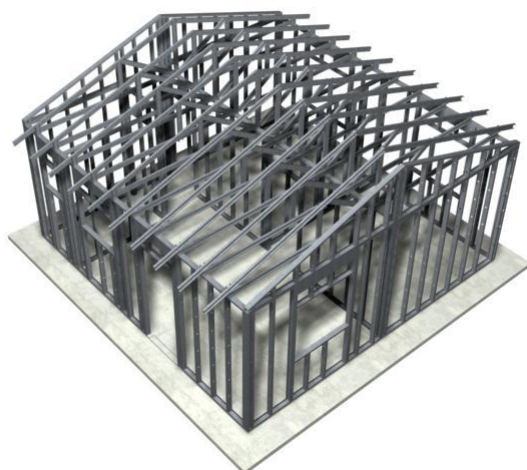


FIGURA 45 – Engradamento da cobertura (Fonte: Arquivo do autor, 2008).

As Figuras 46 e 47 mostram a colocação das telhas e o fechamento dos painéis externos, com placas cimentícias;



FIGURA 46 – Colocação das telhas (Fonte: Arquivo do autor, 2008).



FIGURA 47 – Fechamento dos painéis (Fonte: Arquivo do autor, 2008).

5.5 Montagem do protótipo

O tempo disponibilizado pela organização do evento onde o protótipo foi montado era de quatro dias, o que, de certa forma, proporcionou uma ótima oportunidade de testar o planejamento de montagem de campo da obra.

As atividades foram assim planejadas:

I- ATIVIDADES FABRIS EXTRACAMPO

- 1- Fabricação dos perfis.
- 2- Montagem dos painéis.

II- ATIVIDADES DE CAMPO

- 1- Execução das fundações.
- 2- Montagem dos painéis, conforme sequência modelada anteriormente.
- 3- Montagem da cobertura.
- 4- Fechamento dos painéis externos.
- 5- Execução das instalações elétricas, telefônicas e hidrossanitárias.
- 6- Fechamento dos painéis internos.
- 7- Instalação das esquadrias de portas e janelas.
- 8- Revestimento das paredes e piso do banho e cozinha.
- 9- Instalação das louças.
- 10- Pintura interna e externa.

No protótipo foram executadas as seguintes atividades, dentre aquelas planejadas para uma obra real:

- 1- Montagem da base, que simulou as fundações.
- 2- Montagem dos painéis, conforme sequência modelada.
- 3- Montagem da cobertura.
- 4- Fechamento dos painéis externos.
- 5- Execução de parte das instalações elétricas - um circuito iluminando toda a casa-.
- 6- Fechamento dos painéis internos.
- 7- Instalação das esquadrias das janelas.
- 10- Pintura interna e externa.

Ou seja, não se executou as instalações completas, não se revestiu nem as paredes nem o piso da cozinha e banho (no PMCMV os demais pisos são cimentados), não se instalou as louças e nem as portas.

A seguir são mostradas fotos registradas ao final de cada dia de montagem do protótipo:

Primeiro dia



FIGURA 48 – Primeiro dia de montagem do protótipo: execução da base e dos painéis estruturais (Fonte: Arquivo do autor, 2008).

Segundo dia



FIGURA 49 – Segundo dia de montagem do protótipo: fechamento dos painéis verticais internos e externos, cobertura (Fonte: Arquivo do autor, 2008).

Terceiro dia



FIGURA 50 – Terceiro dia de montagem do protótipo: instalações elétricas, instalação das janelas, primeira demão de pintura (Arquivo do autor, 2008).

Quarto dia



FIGURA 51 – Quarto dia de montagem do protótipo: segunda demão de pintura, retoques finais (Fonte: Arquivo do autor, 2008).

5.6 Projeção dos custos reais do protótipo adaptado às especificações e dimensões mínimas do PMCMV

O PMCMV, lançado em Abril/2009, portanto posterior à execução do protótipo construído e apresentado na Feira Expo Construção Minas 2008, apresentou algumas especificações mínimas para as casas e apartamentos a serem construídos com recursos

do Governo Federal para a faixa 0-3 SM, bem como indicou um exemplo de projeto arquitetônico para esta faixa de renda, conforme apresentado no item 4.1.2.

Estas premissas de projeto, adaptadas ao modelo de projeto sugerido pela CEF, nos permitiram a elaboração de um orçamento detalhado para os CUSTOS DIRETOS da solução em LSF, a partir das seguintes premissas:

- MATERIAIS: determinados considerando casa de 38 m² de área bruta, conforme modelo da CEF e atendendo aos requisitos mínimos de projeto e dimensão dos cômodos.
- MÃO DE OBRA: Orçada com base no Histograma de Mão de Obra apresentado abaixo, onde se planejou um ciclo de construção de 20 dias para cada casa:

TABELA 6 – Histograma de mão de obra da montagem de uma casa (Fonte: arquivo do autor, 2009)

HISTOGRAMA DE MÃO DE OBRA DIRETA (MOD)																											
ATIVIDADE	SERVIÇO		PRODUTIVIDADE		MÃO DE OBRA DIRETA			NÚMERO DE DIAS ÚTEIS DE TRABALHO (8 h/dia)																			
	QUANT.	UNID.	ÍNDICE	UNID.	EQUIPE	Hh EQUIPE	DIAS (8h) EQUIPE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
RADIER	50	m ²	0,50	Hh/m ²	OFICIAIS	2	25,0	3,1	2	2	2																
					AJUDANTES	1			1	1																	
ESTRUTURA DE AÇO	600	kg	0,04	Hh/kg	OFICIAIS	3	24,0	3,0			3	3	3														
					AJUDANTES	1				1	1	1															
COBERTURA	50	m ²	0,25	Hh/m ²	OFICIAIS	2	12,5	1,6						2	2												
					AJUDANTES	1				1	1																
FECHAMENTO EXTERNO	60	m ²	0,40	Hh/m ²	OFICIAIS	3	24,0	3,0							3	3	3										
					AJUDANTES	1								1	1	1											
FECHAMENTO INTERNO /FORRO / ISOLAMENTO	120	m ²	0,20	Hh/m ²	OFICIAIS	2	24,0	3,0									2	2	2								
					AJUDANTES	1													1	1	1						
INSTALAÇÕES					OFICIAIS	1	6,0								1	1	1	1							1	1	
					AJUDANTES	1											1	1	1	1							
PINTURA	180	m ²	0,30	Hh/m ²	OFICIAIS	1	54,0	6,8															1	1	1	1	1
					AJUDANTES	1																					1
LOUÇAS E CERÂMICA					OFICIAIS	2		4,0																			
					AJUDANTES	1																					
ESQUADRIAS					OFICIAIS	1		2,0										1									
					AJUDANTES	1																	1				
TOTAL					OFICIAIS			2	2	2	3	3	3	2	2	4	4	4	4	2	3	2	1	1	1	2	2
					AJUDANTES			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	1	2	2	1	1	1

Consolidando o levantamento de materiais e a previsão de Mão de Obra Direta, formatou-se a seguinte planilha orçamentária para uma casa com 38 m² de área bruta, com custos base Julho/2009:

TABELA 7 – Planilha de Custos Diretos (Fonte:Elaboração do autor – 2009)

PROJETO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL EM LIGHT STEEL FRAMING			PLANILHA DE CUSTOS DIRETOS			DATA	REVISÃO
ITEM	DESCRIÇÃO DOS INSUMOS	UN	QUANT	VALOR UNITÁRIO (R\$)		Julho/09	0
				MAT	MOD	TOTAL	TOTAL (R\$)
1	PROJETOS						200,00
1.1	Projeto Arquitetônico LSF, Estrutural e Detalhamento do LSF	vb	1,0			150,00	150,00
1.2	Projeto Elétrico, Telefônico e Hidro-sanitário	vb	1,0			50,00	50,00
2	FUNDAÇÕES						2.750,00
2.1	Radier	m ²	50,0	45,00	10,00	55,00	2.750,00
3	ESTRUTURA LIGHT STEEL FRAMING						5.263,80
3.1	Perfis em Steel Frame, chapa 0,8mm	kg	700,0	5,50		5,00	3.850,00
3.2	Chumbadores Tipo Para Bolt	un	12,0	2,00		2,00	24,00
3.3	Parafuso Cabeça Lentilha n. 8 x 19mm	un	1.800,0	0,05		0,05	90,00
3.4	Parafuso Sextavado n. 8 x 19mm	un	1.700,0	0,07		0,07	119,00
3.5	Pino com arruela cônica	un	60,0	0,35		0,35	21,00
3.6	Finca pino Amarela	un	60,0	0,35		0,35	21,00
3.7	Banda acústica AUTO ADESIVA 90 X 4 X 10,0 m	m	35,0	1,68		1,68	58,80
3.8	Mão de Obra para Montagem de Estrutura Metálica	kg	600,0		1,80	1,80	1.080,00
4	VEDAÇÕES						5.782,68
4.1	VEDAÇÕES EXTERNAS - CHAPA CIMENTÍCIA						2.610,00
4.1.1	Placa Cimentícia 10 mm x 1,20 x 3,00 m	m ²	59,3	17,50		17,50	1.038,10
4.1.2	Parafusos para Placas Cimentícias	un	1.200,0	0,075		0,08	96,00
4.1.3	Massa para Placas Cimentícias	kg	45,0	9,7		9,7	436,50
4.1.4	Fita 10cm	m	80,0	0,79		0,79	63,20
4.1.5	Fita 5cm	m	80,0	0,52		0,52	41,60
4.1.6	Lã de Vidro 50mm, sem revestimento	m ²	60,0	7,41		7,41	444,60
4.1.7	Mão de Obra para Instalação de Chapas Cimentícias	m ²	70,0		7,00	7,00	490,00
4.2	VEDAÇÕES INTERNAS						2.374,70
4.2.1	Placa de Gesso Acartonado ST	m ²	78,2	7,21		7,21	563,61
4.2.2	Placa de Gesso Acartonado RU	m ²	33,0	10,60		10,60	349,48
4.2.3	Pararusos 3,5x25 ponta broca	un	1.500,0	0,01		0,01	15,00
4.2.4	Fita cartão para Gesso Acartonado	m	100,0	0,07		0,07	7,00
4.2.5	Massa para Gesso Acartonado	kg	50,0	1,32		1,32	66,00
4.2.6	Lã de Vidro 50mm, sem revestimento	m ²	59,3	7,41		7,41	439,41
4.2.7	Cantoneira metálica perfurada	m	40,0	1,48		1,48	59,20
4.2.8	MO para Instalação de Chapas de Gesso Acartonado	m ²	125,0		7,00	7,00	875,00
4.3	FORRO GESSO ACARTONADO						797,98
4.3.1	Placa de Gesso Acartonado ST	m ²	33,4	7,21		7,21	240,74
4.3.2	Pararusos 3,5x25 ponta broca	un	500,0	0,01		0,01	5,00
4.3.3	Fita cartão para Gesso Acartonado	m	32,0	0,07		0,07	2,24
4.3.4	Massa para gesso Acartonado	kg	15,0	1,32		1,32	19,80
4.3.5	Arame n.10	m	20,0	1,1		1,1	22,00

4.3.6	Regulador para Perfil	un	40,0	0,57		0,57	22,80
4.3.7	Perfil	m	50,0	2,2		2,2	110,00
4.3.8	Cantoneira	m	30,0	1,38		1,38	41,40
4.3.9	Mão de Obra para execução de forros	m ²	33,4		10,00	10,00	334,00
5	COBERTURA						1.981,00
5.1	Vigas perfil U espessura 0,8 mm	kg	60,0	5,50		5,00	330,00
5.2	OSB 12 mm	m ²	45,0	7,80		7,80	351,00
5.3	Mão de Obra construção da estrutura	vb	1,0		200,00	200,00	200,00
5.4	Telha cerâmica	m ²	45,0	20,00		20,00	900,00
5.5	Mão de Obra para instalação das telhas	vb	1,0		200,00	200,00	200,00
6	ESQUADRIAS						2.202,00
6.1	JANELAS DE ALUMÍNIO						952,00
6.1.1	Janela de correr 140x100	un	1,0	200,00		200,00	200,00
6.1.2	Janela de correr 120x100	un	2,0	160,00		160,00	320,00
6.1.3	Janela de correr 100x100	un	1,0	130,00		130,00	130,00
6.1.4	Janela tipo máximo ar 60x60	un	1,0	80,00		80,00	80,00
6.1.5	Espuma poliuretano expandido	un	1,0	22,00		22,00	22,00
6.1.6	Mão de obra para assentamento das janelas	vb	5,0		40,00	40,00	200,00
6.2	PORTA DE MADEIRA (c/ batente, guarnição e ferragem)						1.250,00
6.2.1	Porta interna 0,70x2,10m	un	3,0			180,00	540,00
6.2.2	Porta externa 0,80x2,10m	un	2,0			200,00	400,00
6.2.3	Espuma poliuretano expandido	un	5,0	22,00		22,00	110,00
6.2.4	Mão de obra para assentamento das portas	un	5,0		40,00	40,00	200,00
7	INSTALAÇÕES HIDRO-SANITÁRIAS						1.387,52
7.1	ARMAZENAGEM E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA						511,23
7.1.1	Caixa d'água polietileno 500L	un	1,0	89,46		89,46	89,46
7.1.2	Tubo DN 1/2"	m	21,0	1,04		1,04	21,84
7.1.3	DN 3/4"	m	9,0	1,32		1,32	11,88
7.1.4	Joelho 90° DN 1/2"	pç	8,0	0,26		0,26	2,08
7.1.5	DN 3/4"	pç	3,0	0,4		0,4	1,20
7.1.6	TE DN 3/4"	pç	1,0	0,66		0,66	0,66
7.1.7	TE DN 1/2"	pç	1,0	0,52		0,52	0,52
7.1.8	TE 90o de redução 3/4 x 1/2	pç	2,0	1,54		1,54	3,08
7.1.9	Bucha de redução curta DN 25 x 20 mm	pç	1,0	0,43		0,43	0,43
7.1.10	Joelho de 90° com bucha de latão DN 20x 1/2 "	pç	4,0	2,82		2,82	11,28
7.1.11	Joelho de 90° com bucha de latão DN 25x 3/4"	pç	1,0	3,26		3,26	3,26
7.1.12	Adaptador soldável curto DN 3/4"	pç	5,0	0,43		0,43	2,15
7.1.13	Luva soldável com bucha de latão DN 3/4"	pç	1,0	3,07		3,07	3,07
7.1.14	Luva soldável DN 3/4"	pç	3,0	0,35		0,35	1,05
7.1.15	Luva soldável DN 1/2"	pç	1,0	0,34		0,34	0,34
7.1.16	Base para registro de gaveta 3/4"	pç	2,0	25,34		25,34	50,68
7.1.17	Base para registro de pressão 1/2"	pç	1,0	26,74		26,74	26,74
7.1.18	Registro de bóia DN 1/2"	pç	1,0	12,93		12,93	12,93
7.1.19	Acabamento registro 1/2" 3/4"	pç	2,0	14,87		14,87	29,74
7.1.20	Adesivo para tubo de PVC 175gr	fr	1,0	6,03		6,03	6,03
7.1.21	Fita veda rosca 18mmx50mt	un	1,0	6,33		6,33	6,33
7.1.22	Plug com rosca 1/2"	pç	4,0	0,26		0,26	1,04
7.1.23	Plug com rosca 3/4"	pç	1,0	0,34		0,34	0,34
7.1.24	Cap. Sold. 1/2"	pç	1,0	0,57		0,57	0,57
7.1.25	Adaptador com flange 1/2"	pç	1,0	4,66		4,66	4,66
7.1.26	Adaptador com flange 3/4"	pç	2,0	5,99		5,99	11,98
7.1.27	Engate Flexível PVC 1/2"	un	3,0	2,63		2,63	7,89
7.1.28	Mão de obra	vb	1,0		200	200	200,00
7.2	ESGOTO SANITÁRIO						386,93
7.2.1	Tubo PVC Esgoto Ø 100 mm	m	3,0	4,96		4,96	14,88
7.2.2	Tubo PVC Esgoto Ø 50 mm	m	7,0	3,78		3,78	26,46

7.2.3	Tubo PVC Esgoto Ø 40 mm	m	5,0	2,14	2,14	10,70
7.2.4	Joelho 90° - Ø 100mm	pç	1,0	3,21	3,21	3,21
7.2.5	Joelho 90° - Ø 50mm	pç	3,0	1,19	1,19	3,57
7.2.6	Joelho 90° - Ø 40mm	pç	3,0	0,52	0,52	1,56
7.2.7	Joelho 90° - Ø 40mm – com anel	pç	3,0	1,94	1,94	5,82
7.2.8	Joelho 45° - Ø 50mm	pç	3,0	1,28	1,28	3,84
7.2.9	Joelho 45° - Ø 40mm	pç	2,0	0,79	0,79	1,58
7.2.10	Junção Ø 100mm x 50mm	pç	1,0	5,81	5,81	5,81
7.2.11	Bucha de Redução longa Ø 50mm x 40mm	pç	1,0	0,78	0,78	0,78
7.2.12	Te redução 4x2"	pç	1,0	0,78	0,78	0,78
7.2.13	Caixa sifonada Ø 100mm x 150mm x 50mm	pç	2,0	5,5	5,5	11,00
7.2.14	Grelha caixa sifonada 100mm	pç	2,0	4,45	4,45	8,90
7.2.15	Porta grelha 100mm	pç	2,0	3,61	3,61	7,22
7.2.16	Luva simples Ø100mm	pç	2,0	2,11	2,11	4,22
7.2.17	Luva simples Ø 50mm	pç	3,0	1,19	1,19	3,57
7.2.18	Adesivo para tubo de PVC	fr	1,0	6,03	6,03	6,03
7.2.19	Anel de borracha Ø100mm	pç	4,0	0,66	0,66	2,64
7.2.20	Anel de borracha Ø 50mm	pç	8,0	0,4	0,4	3,20
7.2.21	Caixa de gordura	pç	1,0	20,94	20,94	20,94
7.2.22	Caixa de inspeção	pç	1,0	20,94	20,94	20,94
7.2.23	Lixa ferro R0,80	un	3,0	2,02	2,02	6,06
7.2.24	Anel de vedação para bacia	un	1,0	14,95	14,95	14,95
7.2.25	Tubo externo c/ anel polipropileno.	un	3,0	4,83	4,83	14,49
7.2.26	Cap esgoto 4"	pç	1,0	3,78	3,78	3,78
7.2.27	Mão de obra	vb	1,0		180	180,00
7.3	APARELHOS, METAIS SANITÁRIOS					489,36
7.3.1	Bacia louça c/ caixa acoplada	un	1,0	111,75	111,75	111,75
7.3.2	Lavatório louça 47x38,5 branco, c/ coluna	un	1,0	42,02	42,02	42,02
7.3.4	Pia mármore sintético 1,2x0,53m	un	1,0	47,00	47,00	47,00
7.3.5	Tanque plástico 20L	un	1,0	67,70	67,70	67,70
7.3.6	Torneira lavatório	un	1,0	16,63	16,63	16,63
7.3.7	Torneira de cozinha	un	1,0	22,30	22,30	22,30
7.3.8	Torneira para jardim (Tanque)	un	1,0	9,94	9,94	9,94
7.3.9	Suporte reforçado 30x40 (mão francesa)	un	2,0	18,66	18,66	37,32
7.3.10	Válvula para lavatório S/L	un	2,0	2,07	2,07	4,14
7.3.11	Válvula para tanque clic clac	un	1,0	6,60	6,60	6,60
7.3.12	Parafuso madeira cab chata 29 6,1x75	un	2,0	1,98	1,98	3,96
7.3.13	Mão de obra	vb	1,0		120,00	120,00
8	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS					1.090,33
8.1	Quadro de distribuição 6/8 embutido BR	un	1,0	16,35	16,35	16,35
8.1.1	- Disjuntores termomagnéticos monofásicos 20 A	un	3,0	5,62	5,62	16,86
8.1.2	- 1 Disjuntor termomagnético monofásico 35A	un	1,0	9,94	9,94	9,94
8.1.3	- Interruptor diferencial residual fase / neutro 40 A (DR)	un	1,0	82,72	82,72	82,72
8.2	Eletroduto PVC corrugado DN 3/4 x 25m	m	125,0	0,75	0,75	93,75
8.3	Eletroduto roscável PVC rígido DN 1.1/2"	m	6,0	3,23	3,23	19,38
8.4	Eletroduto roscável PVC rígido DN 1.1/4"	m	3,0	2,23	2,23	6,69
8.5	Luva com rosca eletroduto 1.1/2"	pç	1,0	1,54	1,54	1,54
8.6	Luva com rosca eletroduto 1.1/4"	pç	2,0	1,19	1,19	2,38
8.7	Curva com rosca eletroduto 90 GR 1.1/4"	pç	1,0	2,29	2,29	2,29
8.8	Curva com rosca eletroduto 90 GR 1.1/2"	pç	1,0	2,64	2,64	2,64
8.9	Caixa de luz para drywall 4" x 2"	pç	20,0	1,84	1,84	36,80
8.10	Caixa de luz para drywall 4" x 4"	pç	7,0	2,68	2,68	18,76
8.11	Interruptor simples 1 tecla com placa 4" x 2"	pç	4,0	2,95	2,95	11,80
8.12	Interruptor simples	pç	2,0	6,68	6,68	13,36
8.13	2 interruptoes simples juntos	pç	1,0	13,36	13,36	13,36
8.14	Placa 2P sep 4" x 2"	pç	1,0	1,4	1,4	1,40
8.15	Tomada 2P+T Universal	pç	10,0	4,3	4,3	43,00

8.16	Tomada RJ 2 Fios	pç	1,0	7,56	7,56	7,56
8.17	Placa 1P Red. 1DU 4" x 4"	pç	1,0	2,86	2,86	2,86
8.18	Placa 1P red. 4" x 2 "	pç	10,0	1,4	1,4	14,00
8.19	Placa 2P red. 4" x 4"	pç	1,0	2,86	2,86	2,86
8.20	Placa saída de fio	pç	1,0	1,4	1,4	1,40
8.21	Cabo de cobre isolamento para 750V – PVC 70° Bitola 16mm2	m	12,0	4,31	4,31	51,72
8.22	#2,5mm ² - preto	m	60,0	0,59	0,59	35,40
8.23	#2,5mm ² - azul	m	55,0	0,59	0,59	32,45
8.24	#2,5mm ² - cinza	m	16,0	0,59	0,59	9,44
8.25	#2,5mm ² - verde	m	55,0	0,59	0,59	32,45
8.26	#6,0mm ² - preto	m	10,0	3,43	3,43	34,30
8.27	#6,0mm ² - azul	m	10,0	3,43	3,43	34,30
8.28	#6,0mm ² - cinza	m	10,0	3,43	3,43	34,30
8.29	Fita isolante	un	1,0	4,27	4,27	4,27
8.30	Mão de obra	vb	1,0		400,00	400,00
9	PINTURA DE FORROS E PAREDES					1.589,87
9.1	Textura acrílica 15L (consumo de 1,07L/m ²)	m ²	68,4	3,17	3,17	216,67
9.2	Latex Acrílico 18L branco (consumo de 0,2L/m ²)	m ²	20,3	1,62	1,62	32,92
9.3	Selador acrílico 18L (consumo de 0,18L/m ²)	m ²	88,7	0,36	0,36	31,92
9.4	Latex PVA 18L branco (consumo de 0,2L/m ²)	m ²	132,4	1,36	1,36	180,00
9.5	Latex Acrílico 18L branco (consumo de 0,2L/m ²)	m ²	20,3	1,62	1,62	32,95
9.6	Fundo preparador base água 18L (consumo de 0,05L/m ²)	m ²	152,7	0,29	0,29	44,28
9.7	Massa acrílica 3,6L	un	1,0	16,01	16,01	16,01
9.8	Massa corrida PVA 3,6L	un	1,0	11,26	11,26	11,26
9.9	Polyjuntas poliuretano cinza 310gr	un	2,0	24,98	24,98	49,96
9.10	Esmalte acetinado 3,2L	m ²	22,1	1,4	1,4	30,87
9.11	Fundo nivelador 3,6L para portas	m ²	22,1	1,23	1,23	27,12
9.12	Fita crepe uso geral 25mmx50m	un	3,0	3,74	3,74	11,22
9.13	Águarraz 900ml	un	0,3	5,19	5,19	1,30
9.14	Lixa madeira R 100	un	10,0	0,34	0,34	3,40
9.15	Mão de obra	vb	1,0		900,00	900,00
10	REVESTIMENTOS E PISOS CERÂMICOS					164,37
10.1	Faixa cerâmica pia da cozinha	m ²	0,5	4,40	4,40	2,20
10.2	Paredes do box do banheiro - revestimento 30x40cm	m ²	4,5	4,40	4,40	19,80
10.3	Faixa cerâmica no lavatório - revestimento 30x40cm	m ²	0,3	4,40	4,40	1,10
10.4	Piso cerâmico banho e cozinha	m ²	8,2	3,92	3,92	32,14
10.5	Argamassa AC 2 20kg (4,5kg/m ²)	m ²	5,3	2,63	2,63	13,81
10.6	Argamassa interno sc 20kg (4,5kg/m ²)	m ²	8,2	1,36	1,36	11,15
10.7	Rejunte branco sc 5kg (0,235kg/m ²)	m ²	13,5	0,31	0,31	4,17
10.8	Mão de obra	vb	1,0		80,00	80,00
11	LIMPEZA FINAL					76,00
11.1	Limpeza final	m ²	38,0	0,00	2,00	2,00
12	TOTAL	R\$				22.487,57
13	ÁREA BRUTA	m²	38,0			
12	CUSTO DIRETO / m²	R\$/m²				591,78

Conforme pode ser verificado, o resultado obtido, por volta de R\$22.500,00 para a casa, o que representa menos de R\$600,00/m². Para efeito de comparação e atualização destes valores, cabe ressaltar que o valor do CUB publicado pelo SINDUSCON MG em Julho/2009 para a faixa PIS (Padrão Interesse Social) equivalia a R\$533,86 / m², conforme Tabela 8, o que indica competitividade deste tipo de obra em termos de HIS,

principalmente quando se considera que as Despesas Indiretas e componentes do BDI do seu Custo Total, face à industrialização do sistema, serão consideravelmente menores do que nas construções convencionais.

TABELA 8 – Valores do CUB – Julho 2009 (Fonte: site do SINDUSCON MG – acesso em 10/agosto/2009).



CUB/m² - NBR 12.721:2006 - Julho/2009 Composição

Valores em R\$/m²

Item	Projetos-Padrão Residencias - Baixo			
	R-1	PP-4	R-8	PIS
Material	415,56	459,31	445,74	284,07
Mão-de-obra	344,31	288,92	271,70	234,62
Desp. Administ.	58,54	15,57	14,01	14,52
Equip. mento	1,28	1,24	1,30	0,65
TOTAL	819,69	765,03	732,74	533,86

Na tabela 8 também se pode verificar a relação entre os valores dos percentuais dos Materiais e da Mão de Obra para este tipo de construção convencional que equivalem, respectivamente, a aproximadamente 53% e a 44% do custo total da edificação., ou seja, demonstra uma forte incidência do valor da Mão de Obra como insumo.

Para uma análise mais profunda da formação do custo objetivando sua redução, é importante se verificar a incidência percentual de cada grupo de insumos no custo total da casa executada no sistema LSF.

Esta verificação pode ser analisada através da TABELA 9, com a estratificação dos valores dos CUSTOS DIRETOS da casa de 38 m² apresentados na Tabela em três grupos denominados A, B e C, típicos de uma Classificação ABC de insumos.

TABELA 9 – Classificação dos Custos Diretos (Fonte: Arquivo do autor, 2009)

INSUMO	VALOR (R\$)	%
PROJETO	200,00	0,89%
FUNDAÇÕES	2.750,00	12,23%
ESTRUTURA LSF	5.263,80	23,41%
VEDAÇÕES	5.782,68	25,72%
COBERTURA	1.981,00	8,81%
ESQUADRIAS	2.202,00	9,79%
INST. HIDRO-SANITÁRIAS	1.387,52	6,17%
INST. ELÉTRICAS	1.090,33	4,85%
PINTURA	1.589,87	7,07%
REVEST. CERÂMICOS	164,37	0,73%
LIMPEZA	76,00	0,34%
TOTAL	22.487,57	100,00%
CLASSIFICAÇÃO A		49,12%
CLASSIFICAÇÃO B		48,92%
CLASSIFICAÇÃO C		1,96%

A estratificação dos CUSTOS DIRETOS indica, claramente, que a incidência de praticamente 50% do CD refere-se aos itens da Cadeia Produtiva do LSF.

Ao se analisar a composição destes dois itens principais, depara-se com uma outra característica peculiar de sistemas industrializados de construção civil, em especial o LSF, que é a distribuição percentual entre os custos dos materiais (~ 75%) e mão de obra (~25%) as quais, em construção convencional tendem a se equilibrar, conforme pode ser verificado na Tabela 8.

Este fato demonstra um fator positivo do sistema que é uma menor dependência da mão de obra em época de aquecimento do mercado das construções.

TABELA 10 – Estratificação dos Custos Diretos (Fonte: Arquivo do autor, 2009).

ITEM	CUSTO (R\$)		
	TOTAL	MATERIAL	MÃO DE OBRA
ESTRUTURA LSF	5.263,80	4.183,80	1.080,00
VEDAÇÕES	5.782,68	4.083,68	1.699,00
TOTAL	11.046,48	8.267,48	2.779,00
INCIDÊNCIA %	100,00%	74,84%	25,16%

Uma outra observação importante diz respeito à diminuição dos Custos Diretos quando se considera a geminação das casas. Nesse caso o custo por m² pode ser reduzido significativamente quando se gemina até 4 casas, o que não ocorre com tanta intensidade com geminações subseqüentes, conforme pode ser verificado no GRÁFICO 2, onde se tabulou os Custos/m² x N^o de geminações.

Esta diminuição no ritmo de redução do custo pode ser facilmente entendida quando se verifica o que ocorre nas geminações:

- Uma casa individual: 2 paredes laterais/casa.
- Duas casas geminadas: 2 paredes laterais e 1 central , do que resulta uma média de 1,5 parede lateral / casa
- Três casas geminadas: 2 paredes laterais e 2 centrais , do que resulta uma média de 1,33 parede lateral/casa.
- Quatro casas geminadas: 2 paredes laterais e 3 centrais , do que resulta uma média de 1,25 parede lateral/casa.
- Cinco casas geminadas: 2 paredes laterais e 4 centrais , do que resulta uma média de 1,2 parede lateral/casa.
- até se chegar a
- 10 casas geminadas: 2 paredes laterais e 9 centrais , do que resulta uma média de 1,1 parede lateral/casa.

Resumindo, na medida em que se aumenta o número de geminações, a taxa de diminuição de parede lateral/casa vai diminuindo, reduzindo a velocidade de diminuição do custo da casa.

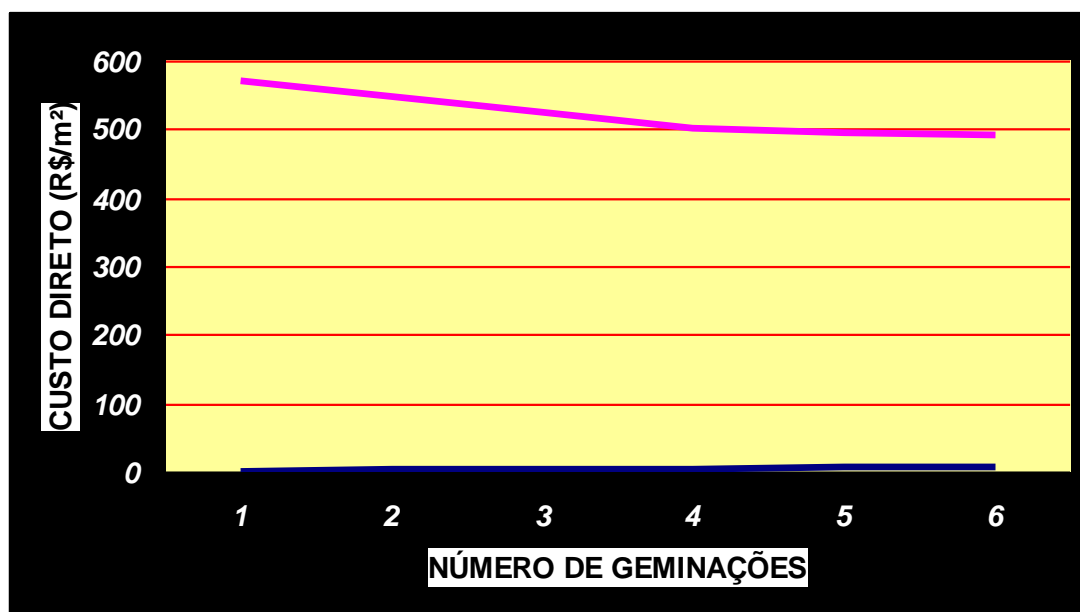


GRÁFICO 2 – Redução do CD x Número de Geminações (Fonte: Arquivo do autor, 2009)

5.7 Viabilidade econômica do projeto quando inserido no PMCMV.

Na análise de um empreendimento de casas a ser inserido no PMCMV – Faixa 0-3 SM, é importante verificarmos não só os Custos Diretos, como também os demais custos inerentes à obra (custo do terreno, despesas indiretas e custos de implantação) pois, segundo a Portaria 139 de 13/04/2009 do Ministério das Cidades, o valor total a ser pago pela CEF por cada casa pronta varia entre R\$37.000,00 e R\$48.000,00, dependendo da localização do empreendimento.

Os valores estipulados pelo Ministério das Cidades pela citada Portaria são apresentados na Tabela 11, referentes aos valores máximos das unidades nos municípios com população acima de 50 mil habitantes, onde se pode verificar que a grande maioria das faixas se situa abaixo de R\$42.000,00.

TABELA 11 – Valores máximos das unidades nos municípios com população acima de 50 mil habitantes (FONTE: Portaria 139 de 13/04/2009 do Ministério das Cidades).Consulta ao Site da CEF em agosto de 2009.

UF	LOCALIDADE	VALOR MÁXIMO DE AQUISIÇÃO DA UNIDADE	
		APARTAMENTO	CASA
SP/DF	Municípios integrantes das regiões metropolitanas do Estado de São Paulo, municípios de Jundiaí/SP, São José dos Campos/SP, Jacareí/SP e RIDE DF	52.000,00	48.000,00
	Demais Municípios	46.000,00	42.000,00
RJ	Capital	51.000,00	47.000,00
	Municípios integrantes da região metropolitana do estado do Rio de Janeiro	49.000,00	45.000,00
	Demais Municípios	42.000,00	38.000,00
MG	Capital e respectiva região Metropolitana	46.000,00	42.000,00
	Demais Municípios	42.000,00	38.000,00
BA	Capital e respectiva região Metropolitana	46.000,00	42.000,00
	Demais Municípios	41.000,00	37.000,00
PE/CE	Capital e respectiva região Metropolitana	45.000,00	41.000,00
	Demais Municípios	41.000,00	37.000,00
RS, PR, SC	Capital e respectivas regiões metropolitanas e demais municípios	45.000,00	41.000,00
AC, AM, AP, PA, RO e RR		43.000,00	39.000,00
TO		42.000,00	38.000,00
ES, MT, MS, e GO		42.000,00	39.000,00
AL, RN, PB, PI, SE e MA		41.000,00	37.000,00

Para efeito de comparação, a Tabela 12 apresenta, sob forma de planilha, uma simulação de Custos Totais para um Conjunto Habitacional com 100 casas, onde se indicou:

1) CUSTO DIRETO: estratificado em:

- Custo de projeto;
- Custo da cadeia produtiva do LSF;
- BDI (calculado em 16% CD);
- Custo do Terreno - limitado em 8% do valor total do empreendimento;
- Custo da Infra-estrutura de implantação - estimado em R\$3.000,00/casa;
- Impostos/taxas cartorias: 1% pela desoneração fiscal do PMCMV.

TABELA 12 - Inserção dos custos totais no PMCMV (Fonte:Arquivo do autor, 2009)

COMPOSIÇÃO DE CUSTOS CONJUNTO HABITACIONAL COM 100 UNIDADES INDIVIDUAIS			PMCMV FAIXA 0-3 SM			
			PRODUTO : CASA INDIVIDUAL - 2 QUARTOS		NÚMERO DE UNIDADES :	
			ÁREA TOTAL DE CADA CASA (m²) :	38,0	100	
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	INDICATIVOS	VALOR UNITÁRIO (R\$/m²)	VALOR POR CASA (R\$)	VALOR POR CONJUNTO HABITACIONAL (R\$)	% EM RELAÇÃO AO CUSTO TOTAL DA
1	CUSTO DIRETO (CD)	PROJETOS	5,26	200,00	20.000,00	0,63%
		CADEIA STEEL FRAMING	314,99	11.969,76	1.196.976,00	37,52%
		OUTROS CUSTOS	271,52	10.317,81	1.031.781,00	32,34%
		TOTAL - CD	591,78	22.487,57	2.248.757,00	70,48%
2	BDI	MÁXIMO: 16% DO CD	94,68	3.598,01	359.801,12	11,28%
3	TERRENO	MÁXIMO: 8% DO VALOR TOTAL	65,79	2.500,00	250.000,00	7,84%
4	INFRA ESTRUTURA	MÉDIA: R\$3.000,00 / CASA	78,95	3.000,00	300.000,00	9,40%
5	IMPOSTOS/CARTÓRIO (1%)	1% DO VALOR TOTAL	8,39	319,00	31.900,00	1,00%
6	TOTAL	VALOR MÁXIMO DO PMCMV: R\$38.000,00 / CASA	839,59	31.904,58	3.190.458,12	100,00%

Conforme pode se verificar, os custos totais estimados estão abaixo de R\$32.000,00/casa, ou seja, 91,9% do menor valor estipulado pelo PMCMV para as casas a serem construídas para a faixa de renda de 0-3 SM, que é de R\$37.000,00.

5.8 Análise dos resultados

A tabela 9 mostrada no item anterior consolida uma série de parâmetros importantes para uma análise consistente da viabilidade econômica do sistema estudado. Além dos valores explicitados, existem informações intrínsecas que devem ser destacadas, conforme detalhado a seguir:

5.8.1 Custo Direto (CD)

Considerando como CD os valores referentes aos materiais e mão de obra, destacam-se os seguintes aspectos relacionados a estes insumos:

5.8.1.1 Perdas de materiais:

Os resultados verificados são altamente confiáveis quando se leva em consideração que as perdas do sistema são muito baixas quando comparadas com os sistemas convencionais de construção, utilizando alvenaria de blocos cerâmicos ou de concreto.

O percentual médio ponderado de perdas fica abaixo de 3%, pelos seguintes aspectos do sistema LSF considerado:

- o aço utilizado pode não ter praticamente nenhuma perda uma vez que as modernas perfiladeiras permitem programação da produção por peça, ou seja, cada barra pode ser produzida com suas dimensões exatas. As eventuais perdas são inerentes ao processo, tais como as tiras de *slitter* resultantes do plano de corte da bobina. Mesmo assim, essas tiras, conforme sua largura, podem ser utilizadas na execução dos contraventamentos.
- as placas cimentícias também apresentam perdas insignificantes, uma vez que a modulação da malha arquitetônica foi elaborada levando em consideração a utilização de placas inteiras ou submúltiplos exatos ($\frac{1}{2}$ placa ou $\frac{1}{4}$ placa). Também as peças triangulares que formam a lateral da cobertura podem ser paginadas para não apresentar perdas no corte.
- as placas de gesso acartonado apresentam pequenas perdas devido ao fato da malha arquitetônica estar localizada no eixo das paredes internas e na borda das paredes externas, o que proporciona a necessidade de pequenos cortes longitudinais equivalentes à metade da espessura das paredes.
- a lã de vidro pode ser adquirida na largura exata da sua utilização entre os perfis.

Também cabe ressaltar que, com a utilização do sistema LSF, evitam-se todas as perdas mais significativas das construções convencionais, principalmente:

- quebra dos tijolos cerâmicos ou de concreto;
- perda de argamassa no revestimento das paredes externas;
- perda de gesso no revestimento das paredes internas em “gesso liso”;
- perda de aço comprado em vergalhões para as armações.

5.8.1.2 Otimização da mão de obra

Conforme demonstrado, a mão de obra necessária para a execução do Sistema LSF representa aproximadamente 25% do custo total do sistema, ou seja, os materiais representam cerca de 75% dos custos o que causa uma menor dependência do sistema em relação à mão de obra quando comparado com sistemas convencionais. Tal fato é bastante significativo em época de aquecimento do mercado construtor, com conseqüente escassez de mão de obra.

5.8.1.3 Custo Direto total

A faixa de valores obtida para o custo CD – R\$22.487,57/casa ou R\$591,78/m² - é compatível com as construções deste tipo quando inseridas no PMCMV faixa 0-3 SM, uma vez que, apesar de serem um pouco superiores aos das construções convencionais, permitem significativa redução nas Despesas Indiretas em decorrência da industrialização do sistema, do que pode resultar um Custo Total final até menor que o de uma construção dita convencional.

5.8.2 BDI

O termo BDI significa Bonificação e Despesas Indiretas ou Benefícios e Despesas Indiretas e também é conhecido como LDI = Lucro e Despesas Indiretas.

Como as obras ligadas ao PMCMV faixa 0-3 SM são todas de caráter público, é interessante se observar as recomendações do Tribunal de Contas da União (TCU), na Decisão 255/1999 – Plenário, definiu o BDI ***“como um percentual a ser aplicado sobre o custo para chegar ao preço de venda para ser apresentado ao cliente”***.

Com isso temos : Preço de Venda (PV) = Custo Direto (CD) x (1+ BDI/100).

O Custo Direto (CD), parcela sobre a qual será aplicado o BDI, é definido pelo Instituto de Engenharia como ***o “resultado da soma de todos os custos unitários de serviços necessários para a construção da edificação, obtidos pela aplicação dos consumos dos insumos sobre os preços de mercado, multiplicados pelas respectivas quantidades, mais os custos da infra-estrutura necessária para a realização da obra”***.

Para a definição da taxa de BDI, o TCU Obras Públicas – Recomendações Básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras de Edificações Públicas – Tribunal de Contas da União – TCU – 2009 definiu fórmula apresentada na Figura 52.

$$LDI = \left[\left(\frac{(1 + AC/100)(1 + DF/100)(1 + R/100)(1 + L/100)}{\left(1 - \left(\frac{I}{100}\right)\right)} \right) - 1 \right] \times 100$$

Onde:

AC = taxa de rateio da Administração Central;

DF = taxa das despesas financeiras;

R = taxa de risco, seguro e garantia do empreendimento;

I = taxa de tributos;

L = taxa de lucro.

FIGURA 52 – Fórmula TCU para determinação do BDI (Fonte: Recomendações Básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras de Edificações Públicas – Tribunal de Contas da União – TCU – 2009)

Também o TCU indica faixas de aceitabilidade para os diversos componentes do BDI, conforme indicado na Tabela 13.

TABELA 13 – Faixa de valores para os componentes do BDI (Fonte: Recomendações Básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras de Edificações Públicas – Tribunal de Contas da União – TCU – 2009)

DESCRIÇÃO	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIO
Garantia	0,00	0,42	0,21
Risco	0,00	2,05	0,97
Despesas Financeiras	0,00	1,20	0,59
Administração Central	0,11	8,03	4,07
Lucro	3,83	9,96	6,90
TRIBUTOS	5,65	8,65	7,27
COFINS	3,00	3,00	3,00
PIS	0,65	0,65	0,65
ISS	2,00	5,00	3,62
CPMF	0,00	0,00	0,00

Esta recomendação do TCU deixa implícita que a Administração Local, ou seja, os custos do Canteiro de Obras, Mão de Obra Condutiva, etc. estejam lançados na Planilha de Custos Diretos. Com isso, a redução dos custos de um empreendimento em LSF decorrente da diminuição do prazo, ficará explícito nos Custos Diretos da Obra. Considerando que o BDI representa um percentual a ser aplicado sobre os Custos Diretos, um CD menor equivalerá a um Custo Total menor quando se incidir o BDI sobre ele.

5.8.3 Custo do terreno

O tipo de empreendimento para o PMCMV na faixa 0 a 3 SM sinaliza para terrenos que tenham fração por unidade autônoma da ordem de R\$2.500,00 a Rr\$3.000,00. Os elevados custos dos terrenos urbanos nas grandes cidades tem, cada vez mais, tornado difícil a viabilização destes empreendimentos, que tendem a ser localizar em cidades menores, geralmente nas Regiões Metropolitanas dos grandes centros.

5.8.4 Infraestrutura

Sem se conhecer a área do empreendimento, este item é de difícil previsibilidade, pois é diretamente proporcional à disponibilidade de serviços públicos de água, esgoto, eletricidade e telefonia nas ruas lindeiras ao empreendimento. Internamente, a implantação deve ser estudada de forma a se ter a menor necessidade de vias pavimentadas – exigidas para veículos e pedestres – e o conjunto de casas deve ser locado o mais próximo possível às vias públicas onde existem os serviços citados, para diminuição das redes de serviços (elétricas, telefônicas e hidrossanitárias).

5.8.5 Impostos

O PMCMV prevê desoneração fiscal e tributária, além de redução nos custos cartoriais, de forma que a soma destes tributos e taxas não ultrapasse 1% do valor da casa, ou seja, R\$380,00 nas capitais e regiões Metropolitanas, exceto Rio, São Paulo e Brasília, onde os valores são superiores.

5.8.6 Custo Total

Todos os itens analisados, que compõem o custo da casa, foram orçados, conforme apresentado, em cerca de R\$32 mil / casa, ou seja, bem abaixo do limite mínimo de R\$37 mil previsto pelo PMCMV na faixa 0-3 SM.

Este valor, além de ser interessante para o programa, pois está bem abaixo do limite máximo estabelecido, permite uma remuneração consistente ao empreendedor.

Tal remuneração ocorre não só pelo BDI definido, como também pelo fato de se ter uma maior confiabilidade nos custos, decorrente da incidência dos custos de 75% dos materiais na composição de custos, o que diminui consideravelmente a variabilidade dos valores orçados, muito mais relacionada ao custo da mão de obra que dos materiais. Mesmo na mão de obra, por se tratar de contratações geralmente a pacote fechado de valores, as variações devido à improdutividade são bem menos significativas que nas construções convencionais.

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos foram muito consistentes quando confrontados com os objetivos propostos por esta pesquisa, pois indicaram uma clara possibilidade de viabilização econômica do modelo de Habitação de Interesse Social utilizando o Sistema LSF quando pensado como tal desde a concepção do projeto arquitetônico.

Entendemos que os resultados foram consistentes porque foram decorrentes dos seguintes fatos ocorridos:

- Foi desenvolvido um projeto arquitetônico em sintonia com a solução estrutural a ser utilizadas, ou seja, os dois caminharam juntos e o resultado final apresentou grande otimização de elementos construtivos, principalmente no que se refere a baixo consumo de aço e praticamente nenhuma perda de materiais de revestimento.
- Foi construído um protótipo em verdadeira grandeza, o que permitiu análise completa das características construtivas, bem como do acompanhamento físico e financeiro da obra.

Os Custos Diretos apurados (por volta de R\$32.000,00), quando somados ao BDI segundo os padrões da CEF na análise econômica das casas para a faixa de renda 0-3 SM do Programa “Minha Casa, Minha Vida” proporcionam custos que são perfeitamente assimilados pelo PMCMV e permitem remuneração do empreendedor em escala, no mínimo, igual à que ele teria utilizando sistemas construtivos convencionais.

Entende-se que o modelo de negócio estudado é interessante economicamente para as construtoras e apresenta bons resultados tanto para os futuros moradores quanto para a rápida diminuição do déficit habitacional no Brasil. Isso é possível face à sua rapidez de execução e possibilidade de ser fabricado e montado diretamente nos canteiros de obra, por mais distantes que estejam em relação aos centros produtores dos materiais.

Outro aspecto muito interessante do sistema que, inclusive tem viabilizado alguns empreendimentos, diz respeito às mínimas perdas, o que permite se transportar as casas

para serem montadas em locais distantes e não gerarem nenhum tipo de resíduo de construção.

Por fim, conclui-se que a industrialização proposta representa um novo paradigma para as HIS, se apresentando como uma solução tanto arquitetônica quanto economicamente viável, aliando aspectos de sustentabilidade e redução de perdas à construção civil.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Em continuidade com o caráter prático que norteou este trabalho, existem duas indagações formuladas por técnicos da CEF ao analisarem este projeto que entendemos que são boas sugestões para trabalhos futuros:

1- Existem dúvidas a respeito da aceitação cultural desta mudança de paradigma do modelo de casa, saindo do tijolo e passando para o painel de aço, a placa cimentícia, a placa de gesso, etc.. Não existem dúvidas de que, em habitações utilizando LSF, não só para os usuários das Habitações de Interesse Social, como para todos que nunca tiveram contato com sistemas parecidos, como o *drywall*, será necessário a formulação de Manuais de Uso e Manutenção bem detalhados e, se possível, treinamento prático das pessoas para pequenos reparos, instalação de quadros na parede, etc.. A idéia é a casa ir acompanhada, não só deste Manual, como também de um pequeno kit com buchas, parafusos, etc.. Uma primeira sugestão para trabalhos futuros seria, portanto, este Programa de Treinamento de Uso e Manutenção da Nova Casa.

2- Outra questão discutida diz respeito à possibilidade de ampliação das casas, fato muito comum neste tipo de moradia. Entendemos que a questão é pertinente e não podemos nos esquivar nem assumir que tais ampliações, certamente, serão feitas no modelo tradicional de construção. Sugerimos, portanto, como uma segunda sugestão de trabalhos futuros, a elaboração de um modelo de ampliação da casa já prevendo a utilização do tijolo cerâmico como material de construção, estudando as formas de ancoragem na estrutura da casa, os locais e modos de abertura da passagem, etc.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR6120:1980 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações, ABNT, Rio de Janeiro, 1980.

_____. NBR 8800:1986 – Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios. ABNT, Rio de Janeiro, 1986.

_____. NBR 6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações. ABNT, Rio de Janeiro, 1988.

_____. NBR 10735:1989 – Chapas de aço de alta resistência mecânica zincadas continuamente por imersão a quente . ABNT, Rio de Janeiro, 1989.

_____. NM 86:1996 – Norma Mercosul – Chapas de aço lisas revestidas com liga alumínio-zinco pelo processo contínuo de imersão a quente – Qualidade comercial, perfilação e estampagem. ABNT, Rio de Janeiro, 1996.

_____. NBR 14432:2000-Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações. ABNT, Rio de Janeiro, 2000-Procedimento. ABNT, Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR 14762:2001 – Projeto e Execução de Estruturas de Aço em Edifícios (Método dos Estados Limites) Procedimento. ABNT, Rio de Janeiro, 1986.

_____. NBR 6355:2003 – Perfis estruturais, de aço, formados a frio – Padronização. ABNT, Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR 7008:2003 – Chapas de aço carbono zincadas pelo processo contínuo de imersão a quente – Requisitos gerais. ABNT, Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR 7013:2003 – Ações e segurança nas estruturas. ABNT, Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR 8681:2003 – Chapas de aço carbono zincadas por imersão a quente – Requisitos gerais. ABNT, Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR 14323:2003 - Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio-Procedimento. ABNT, Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR 15.253:2005 Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações – Requisitos gerais. ABNT, Rio de Janeiro, 2005.

AMERICAN IRON AND STEEL INSTITUTE – Cold-formed steel design manual. AISI, Washington, 2007.

AMERICAN IRON AND STEEL INSTITUTE AND CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION – North american specification for the design of cold-formed steel structures members. AISI and CSA 2001.

BRASILIT. Sistema construtivo brasiplac – paredes internas e externas: catálogo. São Paulo, 2004.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL – Sistema construtivo em painéis reticulados estruturados com perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico (Light Steel Framing) – Requisitos mínimos para financiamento pela Caixa . Caixa Econômica Federal, 2003.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL – CARTILHA. Programa Minha Casa, Minha Vida. Caixa Econômica Federal, 2009.

CISER PARAFUSOS E PORCAS – ESPECIFICAÇÕES DE PRODUTO. Parafusos para Steel Frame CISER, 2005.

CONSTRUTORA SEQUÊNCIA. Portifólio de obras. Disponível em [HTTP://www.constutorasequencia.com.br](http://www.constutorasequencia.com.br) . Acesso entre set/2008 e jan/2009.

DIAS, Luís Andrade de Mattos. Estruturas de aço: conceitos, técnicas e linguagem. Zigurate Editora, 2002.

FREITAS, A. M. S, CRASTO, R. C. M.. Steel Framing: Arquitetura (Manual de Construção em Aço). Rio de Janeiro, CBCA, 2006.

GOVERNO DO BRASIL – Programa Minha Casa, Minha Vida, 2009.

GOVERNO DO BRASIL – Plano nacional de Habitação, 2009.

HERNANDES, H. Palestra Steel Framing, CBCA, 2004.

IBGE – PNAD 2007.-Consulta ao site do Ministério das Cidades em agosto de 2009

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION . ISO1006: Building construction – Modular coordination: Basic Module. Londres, 1983.

INSTITUTO DE ENGENHARIA – Metodologia de Cálculo do Orçamento de Edificações – Composição do BDI (Acórdão nº 325/2007 do TCU).

MARICATO, Ermínia. Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana. Editora Vozes, Petrópolis, 2001.

MASISA. Painel Estrutural Catálogo eletrônico de recomendações práticas, 2006.

MICHAELIS TECH. Dicionário técnico multilíngüe. Ed. Melhoramentos. São Paulo, 1996.

NORTH AMERICAN STEEL FRAMING ALLIANCE – Prescriptive method for residential cold-formed steel framing. NASFA, 2000.

PENNA, F. C. F. Manual de Viabilidade Econômica das Estruturas em Aço (Manual de Construção em Aço). Rio de Janeiro, CBCA, 2008.

RODRIGUES, F. C. Steel Framing: Engenharia (Manual de Construção em Aço). Rio de Janeiro, CBCA, 2006.

RODRIGUES, F. C. Dimensionamento do protótipo da casa Saint-Gobain. FCO, 2008.

STRUCTURAL BOARD ASSOCIATION - OSB wall sheathing works. Vancouver, 2004.

TCU - Tribunal de Contas da União, Decisão 255/1999 – Plenário. Brasília, 1999.

TCU - Tribunal de Contas da União, Acórdão nº 325/2007. Brasília, 2007.

TCU - Tribunal de Contas da União, Obras Públicas – Recomendações Básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras de Edificações Públicas. Brasília, 2009.

THE STEEL CONSTRUCTION INSTITUTE – Building design using cold-formed steel sections – Construction detailing and practice. SDCI publication, 1997.