

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Eduardo Rayher Soares

**LIGHT STEEL FRAME – Análise de comparativa de custos e de processos
construtivos entre a construção a seco e em alvenaria estrutural**

Santa Cruz do Sul

2015

Eduardo Rayher Soares

**LIGHT STEEL FRAME – Análise de comparativa de custos e de processos
construtivos entre a construção a seco e em alvenaria estrutural**

Trabalho de conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade de Santa Cruz do Sul para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Camila Crauss

Santa Cruz do Sul

2015

Eduardo Rayher Soares

LIGHT STEEL FRAME – Análise de viabilidade técnica e econômica da construção a seco quando comparada ao sistema de construção tradicional.

Este trabalho de conclusão foi apresentado ao Curso de Engenharia Civil, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

M. Sc. Camila Crauss
Professora Orientadora – UNISC

M. Sc. Christian Donin
Professor Examinador – UNISC

M. Sc. Henrique Luiz Rupp
Professor Examinador – UNISC

Santa Cruz do Sul

2015

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Protótipo de residência em <i>Light Steel Framing</i> apresentado na exposição mundial de Chicago em 1933	16
Figura 2 – Comparação entre perfil de aço utilizado em LSF e elemento de madeira utilizado no <i>Wood Framing</i>	16
Figura 3 – Linha de produção de módulos residenciais no Japão.....	17
Figura 4 – Residências construídas com o sistema LSF em Cotia – São Paulo.....	18
Figura 5 – Esquema de distribuição de cargas.....	22
Figura 6 – Esquema estrutural <i>baloon e platform Framing</i>	23
Figura 7 – Esquema de painel portante com abertura (típico)	25
Figura 8 – Montagem de painel pelo sistema “Stick”	26
Figura 9 – Montagem de painel pelo sistema “Stick”	26
Figura 10 – Transporte de painéis pré-fabricados.	27
Figura 11 – Montagem de painéis pré-fabricados.....	28
Figura 12 – Conjunto habitacional modular, Moduslar – Portugal.	29
Figura 13 – Módulo sanitário em LSF	29
Figura 14 – Construção Modular.....	30
Figura 15 – Esquema básico para composição de orçamentos pelo método analítico.....	32
Figura 16 – Planta de Primeira fiada em alvenaria estrutural na obra.....	38
Figura 17 – Elevação das paredes em alvenaria estrutural na obra.	38
Figura 18 – Projeto de painel seguindo modulação de 400mm.....	39
Figura 19 – Detalhamento de Fabricação de Painel LSF	41
Figura 20 – Detalhamento de montagem de Painel LSF.....	42
Figura 21 – Lista de corte de perfis para painel.....	43
Figura 22 – Locação do painel na obra.....	43
Figura 23 – Planificação de painel estrutural em LSF	44
Figura 24 – Perspectiva de estrutural em LSF.....	44
Figura 25 – Detalhes de fabricação e montagem	45
Figura 26 – Exemplo Básico de Selo	45
Figura 27 – Plantas baixas de montagem.....	46
Figura 28 – Corte/Elevação da estrutura	47
Figura 29 – Detalhe de montagem fitas metálicas e bloqueadores LSF.	47
Figura 30 – Perspectiva geral da estrutura	48
Figura 31 – Exemplo de lista de Corte e expedição	59
Figura 32 – Gabarito de montagem de painel com perfis preparados para a fabricação	60
Figura 33 – Fabricação de painel de parede sobre mesa gabarito	60
Figura 34 – Painéis depositados horizontalmente na fábrica	61
Figura 35 – Exemplo de montagem dos primeiros painéis.....	63
Figura 36 – Tubulações de água, luz e esgoto em entrepiso.	64

Figura 37 – Instalação da placa OSB com transpasse de membrana hidrófuga.	64
Figura 38 – Esquema de painel interno com isolamento (típico)	65
Figura 39 – Corte de uma estrutura típica em Light Steel Framing	67
Figura 40 – Gráfico representando a influência do custo da mão de obra no custo total do serviço	80
Figura 41 – Gráfico apresentando a diferença de custos entre os dois sistemas.	82
Figura 42 – Gráfico apresentando a distribuição de custo de cada etapa para o LSF.....	82
Figura 43 – Gráfico apresentando a distribuição de custo de cada etapa para a alvenaria estrutural	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Serviços iniciais e despesas com projeto e canteiro - Light Steel Framing.....	71
Tabela 02- Serviços iniciais e despesas com projeto e canteiro - Alvenaria Estrutural	71
Tabela 03 - infraestrutura e obras complementares - Para Light Steel Framing.....	72
Tabela 04 - infraestrutura e obras complementares - Para Alvenaria Estrutura	73
Tabela 05 - Elevação, revestimento, pintura, estrutura de cobertura e forro- Para LSF.	74
Tabela 06 - Composição de custo direto para paredes em LSF	74
Tabela 07 - Elevação, revestimento, pintura, estrutura de cobertura e forro- P/ Alv. Estrutural ..	75
Tabela 08 – Mão de obra para elevação, revestimento, pintura, estrutura de cobertura e forro - Para Alvenaria Estrutural	76
Tabela 09 - Cobertura Shingle	77
Tabela 10 - Instalações hidrossanitárias.....	78
Tabela 11 - Instalações elétricas.....	78
Tabela 12 - Custos da edificação.....	81

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento.

CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço.

EIFS - External Insulation and Finishing System.

Fck – Resistência Característica A Compressão.

IAB – Instituto Aço Brasil

LSF – Light Steel Framing

LSK – European Light Steel Construction Association.

NAPEAD – Núcleo de Apoio Pedagógico à Educação a Distância.

NBR – Norma Brasileira.

NR – Norma Regulamentadora.

OSB – Oriented Strand Board – Painel de tiras de madeira orientadas.

PGC – Perfil Galvanizado “C”.

PGU – Perfil Galvanizado “U”.

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.

SINDUSCON - Sindicato das Indústrias da Construção Civil.

SENGE – Sindicato dos Engenheiros

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria.

UNISC – Universidade de Santa Cruz do Sul.

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 – Planta de situação – edificação analisada.

Anexo 2 – Planta de localização – edificação analisada.

Anexo 3 – Projeto arquitetônico – edificação analisada.

Anexo 4 – Projeto de Instalações Hidrossanitárias – edificação analisada.

Anexo 5 – Projeto de instalações elétricas – edificação analisada.

Anexo 6 – Planta de montagem dos painéis LSF básicos – edificação analisada.

Anexo 7 – Prancha de fabricação de painel externo – edificação analisada.

Anexo 8 – Prancha de fabricação de tesoura – edificação analisada.

Anexo 9 – Prancha de fabricação fitas metálicas – edificação analisada.

Anexo 10 – Prancha de fabricação entrepiso – edificação analisada.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	10
1.1- Área de pesquisa	11
1.2- Limitação do tema.....	11
1.3- Justificativa	12
1.4- Objetivo geral.....	12
1.5- Objetivos específicos.....	12
1.6- Estrutura do trabalho	13
2- REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1- O Sistema <i>Light Steel Framing</i>	14
2.2- <i>Light Steel Framing</i> ao longo do tempo	15
2.3- Vantagens do <i>Light Steel Framing</i>	19
2.4- Obstáculos ao sistema construtivo a seco	20
3- TIPOLOGIA CONSTRUTIVA EM <i>LIGHT STEEL FRAME</i>	22
3.1- Método “Stick”	24
3.2- Método Painelizado	26
3.3- Método Modular	28
4- PLANEJAMENTO	31
4.1- Orçamento	31
4.2- Logística de obra	33
5- METODOLOGIA	36
5.1 Aspectos Construtivos	36
5.2 Projeto.....	37
5.3 Instalações de obra.....	49
5.4 Fundações	50
5.5 Elevação e Revestimento de paredes.....	54
5.5.1 Elevação das paredes em alvenaria.....	54
5.5.2 Revestimento das paredes em alvenaria.....	55
5.5.3 <i>Light Steel Framing</i> - Fabricação.....	58
5.5.4 <i>Light Steel Framing</i> - Montagem.....	62
5.6 Cobertura	68

6- ORÇAMENTO.....	70
6.1 Serviços iniciais e despesas com projeto e canteiro.	70
6.2 Infraestrutura e obras complementares.....	72
6.3 Custos de elevação, revestimento, pintura, estrutura de cobertura e forro para a estrutura em Light Steel Framing.....	73
6.4 Custos de elevação, revestimento, pintura, estrutura de cobertura e forro para a estrutura em Alvenaria.	75
6.5 Custos de telhado	77
6.6 Custos com esquadrias, instalações elétricas e hidrossanitárias.....	77
7- RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	79
8- CONCLUSÕES	84
9- REFERÊNCIAS	85
10- ANEXOS	

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas tem se buscado maneiras de se atenuar o déficit habitacional no país através de programas habitacionais que permitam acesso a moradia a parcelas cada vez maiores da sociedade. Na busca por novas moradias desenvolveram-se diversas técnicas construtivas e sistemas estruturais que permitissem uma maior produtividade a um custo competitivo (BNDES – Banco Nacional do desenvolvimento, 2010).

O crescimento no setor da construção civil ganhou novo impulso no ano de 2009 com a criação do programa Minha Casa Minha Vida por parte do Governo Federal, da Caixa Econômica Federal e com a colaboração dos municípios. Este programa estimulou ainda mais o desenvolvimento de toda a cadeia produtiva da construção civil. (BNDES, 2010).

A rápida expansão da construção civil brasileira trouxe consigo problemas de qualidade e de desempenho as edificações, devido à necessidade de se cortar custos e ganhar produtividade, etapas e processos dentro da obra vieram a ser cortados. A baixa qualidade das obras, materiais de construção e as patologias decorrentes da não regulamentação de parâmetros mínimos de qualidade motivou a criação da Norma de Desempenho (NBR 15.575:2013 - Edificações Habitacionais - Desempenho) (PINI WEB, julho/2013).

A norma inicialmente publicada em 2008 entrou em vigor no ano de 2010 trouxe requisitos até então inéditos de desempenho para as edificações, tanto em termos de qualidade dos materiais empregados, desempenho térmico, acústico, de salubridade, iluminação e hidráulico afim estabelecer parâmetros mínimos de conforto aos usuários. Em 2013 a norma de desempenho foi revisada e ganhou requisitos ainda mais rígidos. (PINI WEB, julho/2013).

As tecnologias construtivas predominantes até então eram estruturas em Concreto Armado com vedações em blocos, com o uso de formas de madeira, armaduras fabricadas manualmente no canteiro de obras, sistema extremamente artesanal. Como meio de se industrializar a construção, voltou a se desenvolver a alvenaria estrutural, que possui características de produção industrial e que seja uma evolução no quesito de produtividade e racionalidade produtiva, continua a dever em termos de desempenho térmico e acústico e necessitar adequações significativas para

atender os requisitos da Norma de Desempenho, o que aumenta o custo e o tempo de execução das obras.

Como afirma Crasto (2005), o *Light Steel Framing* (LSF) é um sistema construtivo que tem por base a utilização de perfis leves de aço estrutural para formar paredes autoportantes. No interior dessas paredes, são instaladas as tubulações hidráulicas, elétricas e o isolamento térmico e acústico. O fechamento destas paredes pode ser feito com placas de gesso acartonado, cimentícias, de OSB, *siding* vinílico entre outros acabamentos industrializados.

O *Light Steel Framing* está no Brasil desde o final da década de 1990, trazido por profissionais originários dos Estados Unidos da América, os quais tentaram implantar o sistema construtivo, inicialmente sem sucesso. A partir da entrada em vigor da NBR/15575:2013, o sistema passou a ser novamente considerado uma alternativa viável tanto econômica quanto tecnicamente aos sistemas predominantes de construção por possuir características de resistência mecânica, estética e de isolamento térmico e acústico além da grande possibilidade de industrialização dos processos construtivos (NAKAMURA, 2007).

Com o passar dos anos o sistema de *Light Steel Framing* passou por diversas etapas de evolução e adequações das técnicas construtivas, dos materiais de construção e da qualificação dos profissionais envolvidos, adequando o sistema as diversas necessidades dos consumidores.

1.1 Área de pesquisa

O presente trabalho foi desenvolvido na área de planejamento e controle de obras, com análise dos processos construtivos e orçamentação.

1.2 Limitação do Tema

Esta pesquisa foi realizada focando a comparação entre sistemas construtivos a seco *Light Steel Framing* e alvenaria estrutural no tangente aos custos e processos construtivos.

1.3 Justificativa

Com o mercado imobiliário atualmente sofrendo um desaquecimento, da entrada em vigor das normas de desempenho, crise hídrica sobretudo nos estados do sudeste do país e da preocupação com a preservação do meio ambiente, o mercado da construção civil deve buscar alternativas mais eficientes, rápidas, baratas, precisas e que ainda tenham um menor impacto ambiental.

A construção Seca, como é conhecido o Light Steel Framing, se apresenta como uma solução viável para a construção civil, visto que apresenta alto padrão de qualidade, acabamento, isolamento térmico e acústico, racionalidade da produção utiliza produtos padronizados, em sua maioria recicláveis, economiza água e energia elétrica tanto em seu processo produtivo quanto ao longo da vida útil da edificação.

Estão busca-se estudar quais as formas corretas de implantação deste sistema, quais as limitações em sua aplicação, de que forma se organizar a construção para que se obtenha o melhor desempenho. Além de se comparar o custo entre os dois tipos de edificação.

1.4 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objeto a análise de viabilidade técnica e econômica da construção a seco, quando comparada a alvenaria estrutural com blocos de concreto no tocante a custos diretos de produção além de processos construtivos para que se obtenha a construção mais eficiente com menor custo e tempo de execução.

1.5 Objetivos Específicos

- Comparar os custos diretos de produção entre o sistema LSF e de alvenaria estrutural em blocos de concreto para uma residência unifamiliar térrea, de padrão normal e sem repetição executada no município de Xangri-lá, Rio Grande do Sul.
- Comparar os processos construtivos dos dois sistemas, quanto a possibilidade de otimização, redução e simultaneidade de operações no canteiro de obras.

- Avaliar os fatores preponderantes na escolha entre os sistemas construtivos *Light Steel Framing* e alvenaria estrutural para obras de pequeno porte levando em consideração o projeto apresentado.

1.6 Estrutura do trabalho

O presente volume é composto de nove capítulos, no primeiro encontram-se a introdução ao tema abordado, as justificativas e objetivos gerais e específicos.

No segundo capítulo é apresentado o referencial teórico descrevendo o sistema construtivo adotado, seu histórico, vantagens e desvantagens de sua adoção.

A terceira parte do trabalho aborda os diferentes métodos construtivos do *Light Steel Framing*.

O capítulo 4 trata dos temas de planejamento de construção, orçamentação e planejamento e organização de canteiros de obras.

O quinto capítulo descreve a metodologia aplicada ao trabalho e expõem os aspectos construtivos de ambas as alternativas estruturais a serem analisadas, descrevendo cada etapa da execução e as melhores práticas em sua execução.

No sexto capítulo apresenta-se a parte de orçamento, mostrando os custos diretos de execução para as duas técnicas construtivas abordadas.

A sétima parte apresenta o resultado das análises, e discute os dados obtidos de forma a ratificar ou não o que foi proposto como objetivo.

No oitavo capítulo se tem a conclusão acerca dos resultados e o cumprimento dos objetivos deste trabalho.

O nono capítulo traz as referências bibliográficas utilizadas para a confecção deste trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo se apresenta o referencial teórico utilizado como balizador deste trabalho.

2.1 O Sistema *Light Steel Framing*

Light Steel Framing é um sistema construtivo cuja estrutura é formada por perfis leves de aço galvanizado, ligados entre si por meio de parafusos e formando painéis estruturais e não estruturais, vigas, entrelaços, lajes, tesouras e contraventos (CRASTO; FREITAS, 2006).

Os elementos formados pelos perfis de aço são chamados de painéis e devem resistir a todas as solicitações impostas a estrutura, sejam carregamentos por peso próprio, cargas de utilização e acidentais.

Segundo o que afirma o manual Consul Steel (2002), o sistema LSF não se resume apenas a estrutura de aço, mas compreende também os diversos subsistemas que compõem a edificação, como o isolante térmico e acústico, fechamentos e acabamentos de parede, impermeabilizantes, composição de lajes, fixações de fundação, instalações hidrossanitárias e elétricas.

Os materiais empregados nas edificações em *Light Steel Framing* são em sua maioria industrializados e já seguem prontos para a aplicação no canteiro, o que colabora para o controle de qualidade, de padronização e evita desperdício e retrabalhos em obra, utiliza menos água na aplicação, e dá agilidade ao processo produtivo. Por esse motivo, o sistema LSF também é chamado de Sistema Autoportante de Construção a Seco (CRASTO; FREITAS, 2006).

Tanto Rodrigues (2006) quanto Magalhaes (2013) concordam que outro ponto forte da construção em aço leve, além da velocidade de produção é o melhor desempenho térmico e acústico das paredes, quando comparadas a alvenaria tradicional de blocos, devido ao fato de se poder empregar diversos materiais combinados, além de composições de placas para minimizar ruídos e trocas de calor indesejáveis, assim o sistema pode atender as exigências de isolamento exigidos na NBR/15575:2013 e oferecer mais conforto aos ocupantes e economia de energia, visto que o melhor isolamento térmico reduz a necessidade da utilização de climatizadores.

2.2 *Light Steel Framing* ao longo do tempo.

Segundo Renata Cristina de Moraes Crasto (2006) o conceito de estruturas reticuladas, formadas por barras e painéis, apesar de ser considerada inovadora no país, remonta ao início do século XIX, nos Estados Unidos, período no qual houve grande crescimento populacional no país, e, assim se fez necessário o desenvolvimento de sistemas construtivos inovadores para que se pudesse suprir a crescente demanda por novas moradias.

Utilizando-se dos recursos tecnológicos e materiais de construção disponíveis na época passou-se a utilizar perfis delgados de madeira para formar painéis leves e portantes. Este sistema, conhecido como *Wood Framing*, se difundiu em diversos continentes sendo ainda hoje utilizado na construção civil.

Com o fim da revolução industrial, por volta do ano 1760, desenvolveu-se a indústria metalúrgica, sobretudo na Inglaterra. Em meados do século XIX, iniciou-se o que é hoje conhecido como “Arquitetura Moderna” e a utilização do ferro como material de construção. A utilização do metal na construção chegou aos Estados Unidos através de imigrantes colonizadores ingleses. (CONSUL STEEL, 2002).

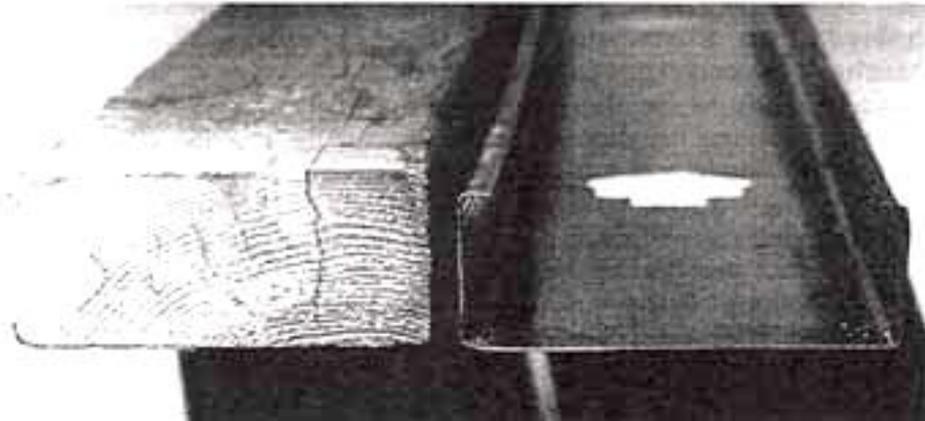
Conforme afirma o manual Consul Steel (2002), a partir do início do século XX, com o desenvolvimento dos materiais, passou-se a utilizar o aço na construção civil, juntamente ao rápido crescimento do setor siderúrgico norte americano. A evolução na laminação e beneficiamento do aço o tornaram um material extremamente competitivo no setor da construção pesada, no entanto a tecnologia predominante para construções residenciais era o *Wood Framing*. Estudos visando à adaptação do aço a construção residencial ou comercial leve culminaram no primeiro protótipo de casa em *Steel Framing*, apresentado na feira mundial de 1933, que tinha vantagens sobre o sistema que levava madeira, pois possuía maior resistência a insetos, maior durabilidade e maior resistência a sismos e catástrofes naturais (CRASTO; FREITAS apud BATEMAN, 1998).

Figura 1 – Protótipo de residência em *Light Steel Framing* apresentado na exposição mundial de Chicago em 1933.



Fonte: CRASTO; FREITAS, 2006.

Figura 2 – Comparação entre perfil de aço utilizado em LSF e elemento de madeira utilizado no *Wood Framing*.

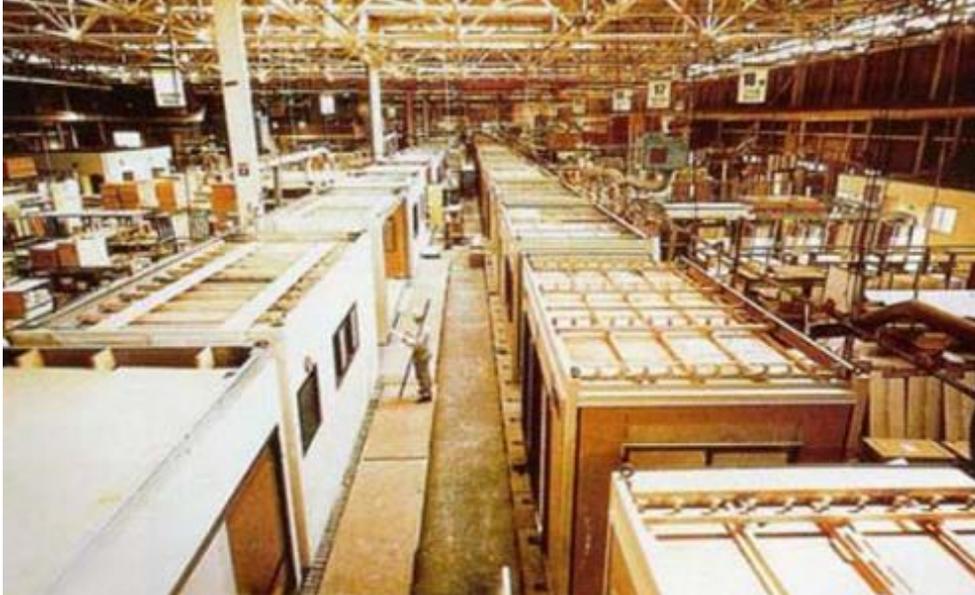


Fonte: CRASTO; FREITAS, 2006

Após a segunda guerra mundial as residências em *Light Steel Framing* ganharam força no cenário da construção civil americana devido a abundância do aço e ao desenvolvimento da metalúrgica durante a guerra. Após o período do conflito o sistema se disseminou por toda a Europa e Ásia, colaborando com a reconstrução das cidades destruídas em bombardeios, fato que se torna evidente quando se observa a reconstrução das cidades japonesas, onde o governo não permitiu o uso dos recursos florestais escassos para a reconstrução e o aço entrou como solução de estrutura leve, rápida e resistente a sismos, hoje a grande maioria das construções

japonesas, europeias e americanas utilizam sistemas de construção industrializados a seco (CRASTO, 2005).

Figura 3 - Linha de produção de módulos residenciais no Japão



Fonte: CRASTO, 2005.

No Brasil a indústria da construção civil ainda é muito primitiva, basicamente artesanal e os métodos e sistemas industrializados ainda são praticamente desconhecidos tanto do público quanto dos profissionais técnicos e construtores.

Segundo Juliana Nakamura (2007), o sistema *Light Steel Framing* desembarcou no Brasil a aproximadamente 18 anos trazido por profissionais vindos dos Estados Unidos. Um dos motivos para o sistema ter demorado a se difundir no país, além da falta de informação do público, foi a falta de capacitação da mão de obra, alto custo da matéria prima, mesmo sendo o Brasil um dos maiores produtores de aço no mundo. O método americano de venda de residências por catálogos foi outro fator que relegou o *Steel Framing* no Brasil ao setor de condomínios fechados de alto padrão, principalmente no estado de São Paulo, atrasando assim a evolução do sistema no país, mas firmando o sistema de construção a seco como opção estrutural viável.

"Viemos da escola norte-americana em que as casas são vendidas por catálogo. Isso nos parecia muito racional, mas o consumidor brasileiro não gostou desse modelo, porque prefere customizar tudo", comenta o arquiteto Alexandre Mariutti, diretor da construtora Seqüência, uma das primeiras a trazer o sistema ao Brasil. Ainda segundo Mariutti, a evolução do sistema Steel Framing no Brasil passa pela elaboração individualizada de projetos para cada edificação, pela exploração do mercado de reformas e de retrofit, pois a leveza e a velocidade de produção do LSF permite a ampliação e até mesmo a construção de novos pavimentos sobre estruturas existentes. (Revista Au março 2007).

Figura 4 - Residências construídas com o sistema LSF em Cotia – São Paulo.



Fonte: CRASTO, 2005.

Os sistemas estruturais desenvolvidos desde 2009, período de rápida expansão do setor trouxeram consigo problemas de qualidade e de desempenho e de materiais empregados às edificações, principalmente pela falta de requisitos e parâmetros mínimos de qualidade nos empreendimentos imobiliários, o setor da construção como um todo desconsiderou critérios executivos em prol da velocidade e do menor custo de produção. Visando o conforto dos consumidores e a qualificação do setor da construção civil, no ano de 2013 o Comitê Brasileiro da Construção Civil, órgão ligado a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, publicou um conjunto de normas que visam balizar a execução de obras civis em todo o território nacional, a chamada Norma de Desempenho – NBR 15575/2013 (MAGALHÃES, 2013).

2.3 Vantagens do *Light Steel Framing*

O sistema *LSF* possui muitas vantagens quando comparado aos sistemas tradicionais de construção, vantagens de produtividade, de qualidade, acabamento além de vantagens em relação à preservação do meio ambiente. Segundo Crasto e Freitas (2006), *LSK – European Light Steel Construction Association* (2005), *Consul Steel* (2002):

- O aço é um material de construção com alto nível de industrialização, isto é, em seu processo de fabricação segue rígidos controles de qualidade, tanto de resistência Mecânica quanto de durabilidade, estabilidade e de dimensões. O aço possui dimensões e tolerâncias medidas em milímetros e normatizadas, assim, independente do fabricante, o material deve possuir características mecânicas e dimensionais especificadas que garantem a qualidade da estrutura.

- Os perfis de aço tanto para o *Light Steel Framing* quanto para o *DryWall* são facilmente encontrados no mercado e já possuem preço competitivo no final da obra com os sistemas convencionais.

- Para o *LSF* os perfis de aço recebem camadas de galvanização para garantir a proteção da estrutura contra a corrosão, a maioria dos fabricantes dão garantias de 150 a 1200 anos contra corrosão, sem cobertura algum, dependendo do grau de agressividade do ambiente.

- Rapidez de fabricação e de montagem dos painéis e das estruturas devido ao alto poder de industrialização do sistema e a bons projetos. A construção em *Light Steel Framing* é mais rápida quando comparada aos sistemas convencionais de construção.

- A Montagem das estruturas é facilitada por conta do baixo peso dos materiais e pela grande precisão das peças constituintes. As ligações entre os perfis em um painel ou entre os painéis se dão com parafusos estruturais e são de transporte fácil por serem muito leves.

- Os perfis de *LSF*, assim como os de *DryWall*, possuem perfurações na alma as quais permitem a passagem de tubulações hidráulicas e conduítes elétricos sem a necessidade de quebrar a parede ou qualquer outro retrabalho, facilitando futuras manutenções.

- Melhor desempenho térmico e acústico se comparados a alvenaria de vedação ou estrutural de mesma espessura, mesmo sem isolantes no interior das paredes. O desempenho é ainda maior quando utilizados isolamentos no interior das paredes, nos espaços entre as barras, além de composições de fechamento das paredes.

- O aço é incombustível, isto é, não propaga chamas, também é invulnerável a ação de insetos, tem estabilidade dimensional sob a ação de umidade e, quando galvanizado, como do caso do *LSF*, resistente as intempéries.

- O *LSF* é um dos sistemas construtivos que menos agride o meio ambiente pois além de empregar materiais recicláveis/renováveis como o aço, madeira, lã de pet, também utiliza menos água em toda a cadeia produtiva, reduz o desperdício de materiais. Apesar de a indústria do aço ser grande geradora de poluição e o minério não ser renovável, o metal figura entre os materiais mais recicláveis e reciclados do mundo. O setor estimula a coleta e recicla o aço contido nos produtos no final da vida útil, empregando-o na fabricação de novos produtos siderúrgicos, sem qualquer perda de qualidade.

Dessa forma, a produção de aço a partir de sucata reduz o consumo de minérios, economiza energia e evita a necessidade de ocupação de áreas para o descarte de produtos não mais utilizáveis. (IAB - Instituto Aço Brasil)

- Como a estrutura é mais leve em relação aos sistemas convencionais de construção, as fundações podem ser de 20 a 30% mais leves em obras de grande porte ou com múltiplos pavimentos.

- Devido à leveza e a flexibilidade dos painéis, o sistema de construção a seco permite vãos livres maiores dos que os praticados em alvenaria estrutural.

- Melhor desempenho energético da edificação, pois o maior isolamento térmico oferecido pelo sistema, quando dotado de mantas isolantes no interior dos painéis tende a reduzir a necessidade o uso de climatizadores.

2.4 Obstáculos ao sistema construtivo a seco

Assim como outros sistemas estruturais, o sistema *LSF* também possui limitações de aplicações, sejam elas culturais, limitações técnicas construtivas e de emprego dos materiais. Segundo o exposto na obra de Crasto e Freitas (2006), Rodrigues (2006) e Consul Steel (2002):

- Em situações de incêndio intenso, os perfis finos (espessura de 0,95 a 2mm) podem oferecer deformações excessivas ou mesmo colapsar a estrutura, requerendo então medidas protetivas e correto dimensionamento para que seja assegurada a segurança dos ocupantes.

- Necessita de profissionais treinados tanto na área de projeto quanto na de execução dos painéis e acabamentos.

- Projetos demorados devido ao alto nível de detalhamento e de precisão necessários para que o sistema se torne econômica e tecnicamente viável, evitando erros e ajustes no canteiro de obras,

- Limitações no número de pavimentos, usualmente são construídas edificações de até seis pavimentos utilizando somente o LSF (MORAIS, 2004).

- Matéria prima apesar de competitivas ainda são caras se comparadas com o material empregado no exterior e em outros sistemas construtivos.

- Falta de mão de obra capacitada para elaboração de projetos, cálculos estruturais, e mesmo construção das estruturas.

- Resistência cultural ao sistema. Como destaca André Morais (2004):

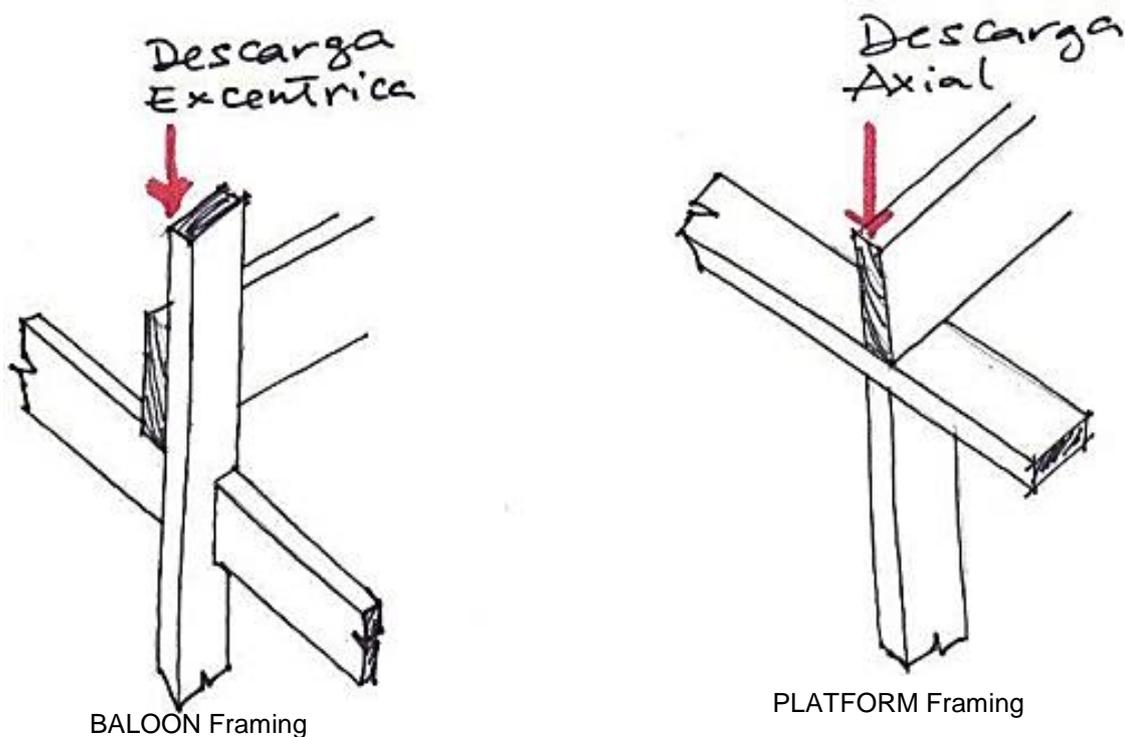
[...] a popularização do sistema depende mais da cultura das construtoras do que do cliente final. A dificuldade da popularização do Steel Frame está em quem executa as obras, pois estes sim têm uma cultura definida. Por Exemplo: o drywall é um conceito que já está bem estabelecido no mercado pois foi feito um trabalho muito grande de conscientização técnica.

3 TIPOLOGIAS CONSTRUTIVAS EM LIGHT STEEL FRAME

O sistema de *Light Steel Framing* possui diversos métodos construtivos que foram sendo desenvolvidos ao longo do tempo, sempre visando a adaptação do sistema as diversas situações de obra e o ganho de produtividade na construção. As técnicas construtivas existentes, assim como as dimensões dos perfis, conceitos estruturais são derivados do *Wood Framing*, sistema do qual o *Steel Framing* se origina. Segundo o *European Light Steel Construction Association* (2005) existem dois conceitos estruturais básicos em *Wood* e *Steel Framing*, são eles o *Baloon Framing* e o *Platform Framing* que podem ser empregadas tanto no método *stick* quanto no método painelizado.

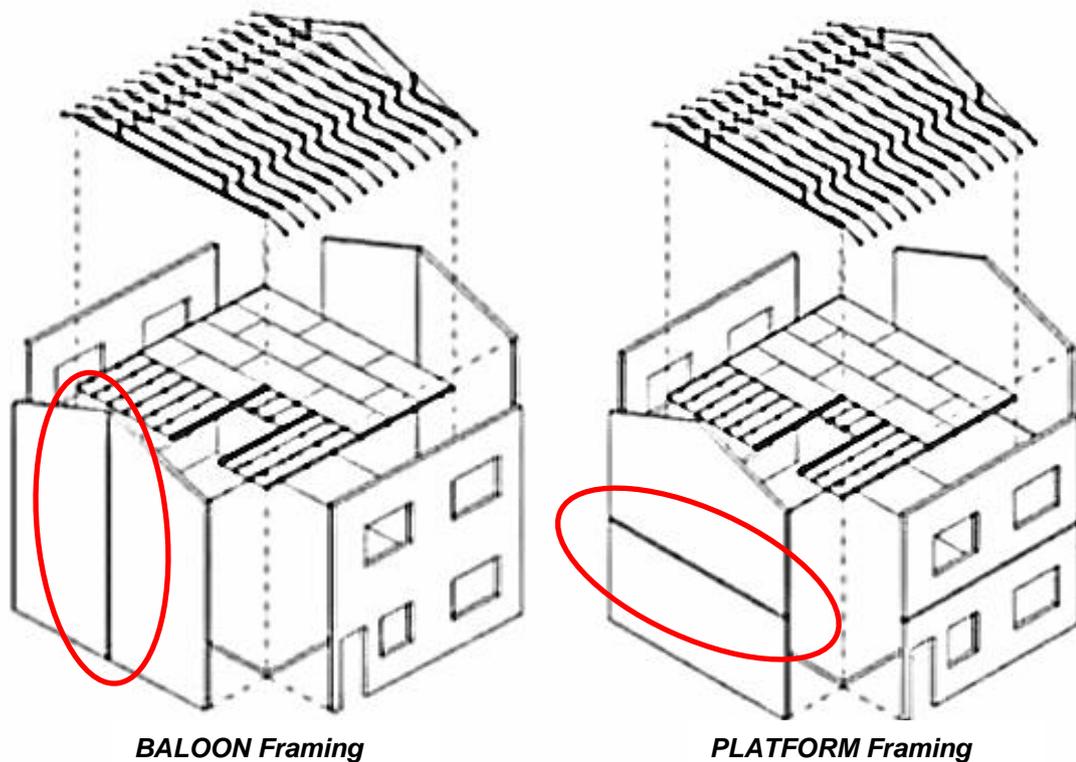
O método do *Baloon Framing* consiste em se fixar as estruturas de pisos e entrepisos diretamente nas almas dos montantes dos painéis adjacentes (Figuras 5 e 6). Como consequência, temos painéis de paredes mais altos e com perfis esbeltos, muitas vezes com a altura de mais de duas vezes o pé direito da edificação.

Figura 5 - Esquema de distribuição de cargas.



Fonte: STEELHOUSE, 2015

Figura 6 - Esquema estrutural *baloon* e *platform framing*



Fonte: CRASTO; FREITAS, 2006

O *Balloon Framing* é utilizado principalmente no sistema *Wood Framing* e adaptado às estruturas de aço, no entanto, nestas estruturas tem entrado em desuso, pois as peças se tornam excessivamente esbeltas causando instabilidade na estrutura devido às sucessivas transferências de carga de formas excêntricas, como ilustrado pela figura 1 (CONSUL STEEL, 2002).

Renata Crasto (2005) afirma que a partir da evolução do *Balloon Framing*, surgiu outro conceito estrutural chamado de *Platform Framing*, neste método os painéis de entepiso ficam apoiados sobre as paredes estruturais do pavimento inferior e suportam os painéis de parede do pavimento superior.

Como o descrito no manual da Consul Steel (2002), cada pavimento tem seus painéis estruturais independentes e a construção se dá geralmente um pavimento por vez, visto que não existe continuidade física entre seus perfis. A redução do comprimento aliada a eliminação das cargas excêntricas reduz o risco de flambagem dos perfis, pois reduz consideravelmente a esbeltez dos elementos.

O *Platform Framing* é o método de construção em LSF mais utilizado atualmente por oferecer soluções estruturais mais eficientes e que permite maior nível de industrialização.

Existem várias técnicas construtivas que compõem o sistema de Steel Framing, neste trabalho serão analisadas as implicações das duas principais formas de se construir, apresentar suas características construtivas, suas implicações no canteiro e suas indicações de utilização (CRASTO; FREITAS, 2006).

3.1 Método “Stick”

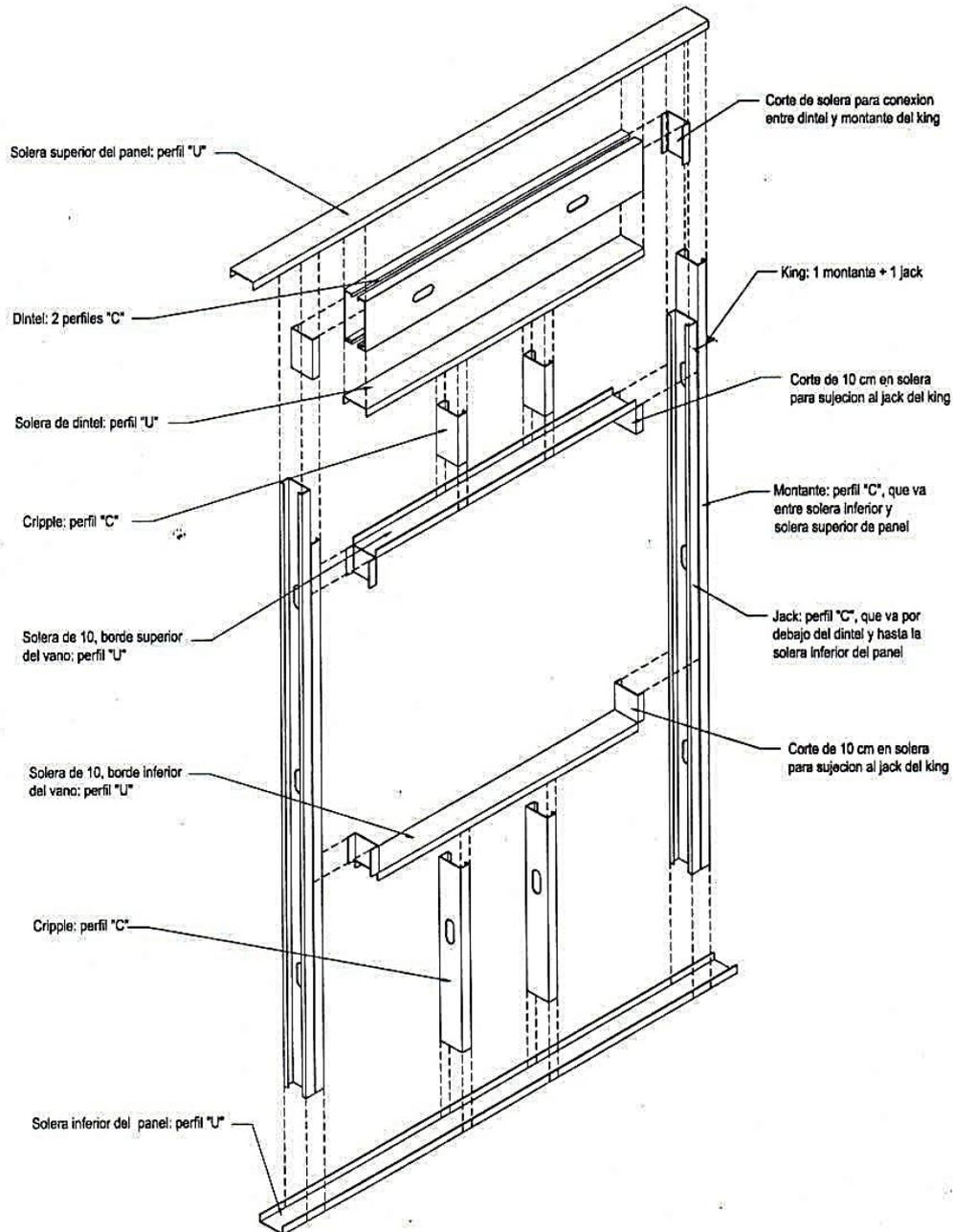
Método construtivo semelhante à execução de paredes de vedação “Dry Wall”, onde os painéis vão sendo formados no local da obra em que ficarão instalados.

Segundo o manual de projetos da empresa Steel House (2011), os perfis guias (Perfis U) inferiores são fixados nos locais onde as paredes ficarão localizadas, então, em sequência são adicionados os montantes das extremidades do painel. Estes montantes são fixados às guias inferiores por meio de parafusos auto brocantes e auto-atarraxantes do tipo “lentilha”, após a fixação inferior são colocados no prumo, alinhados e então fixados a um perfil provisório de travamento. Seguindo a montagem, são posicionados as guias superiores e os perfis componentes de aberturas (Jack, King, Cripples e Vigas) e por fim os montantes restantes, sempre lembrando que nas superfícies em que ocorrerá o emplacamento (revestimento) são utilizados parafusos “lentilha”, e onde não houver, como no caso de vigas, montantes duplos e encontros de parede devem ser utilizados parafusos estruturais com cabeça sextavada e também auto-atarraxantes e auto brocantes.

A composição da estrutura no canteiro de obras é feita perfil por perfil, que podem ou não vir cortados de fábrica, os painéis vão sendo formados já no local definitivo (STEELHOUSE, 2011).

Segundo Freitas e Crasto (2006) o método Stick possui algumas vantagens em relação aos outros métodos construtivos em LSF, como a de facilitar o transporte do material para canteiros de difícil acesso, como locais de reforma ou lotes em que se torna inviável a passagem de peças pré-fabricadas.

Figura 7 - Esquema de painel portante com abertura (típico)



Fonte: STEELHOUSE, 2015

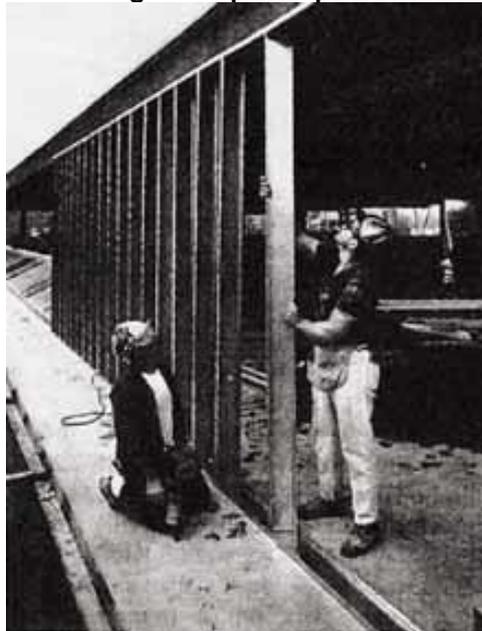
O construtor não necessita ter local para a pré-fabricação das peças e painéis e a ligação entre os diversos componentes da estrutura é facilitado pelo fato de todos estarem sendo construídos simultaneamente. Como desvantagens da adoção desta técnica construtiva se destacam o aumento da quantidade de processo dentro do canteiro de obra, a menor velocidade de produção, maior dificuldade em obedecer à modulação e o projeto estrutural além de exigir mão de obra mais especializada dentro do canteiro de obras.

Figura 8 - Montagem de painel pelo sistema “Stick”



Fonte: disponível em <<http://pedreiro.com.br/wp-content/uploads/2014/05/Steel-Frame-Montantes-Parafuso-Pedreiro.png>>. Acesso em 12 jun.2015.

Figura 9 - Montagem de painel pelo sistema “Stick”



Fonte: Crasto; Freitas, 2006

3.2 Método Painelizado

O método dos painéis consiste em montar os painéis de parede, laje, tesouras e coberturas longe do canteiro de obras, preferencialmente em uma fábrica, mas que cheguem prontos e organizados ao canteiro, juntamente com os painéis devem seguir

para a obra tanto os projetos de fabricação de cada painel quanto as plantas de montagem, para que sejam instalados no local certo e no sentido certo. Este método reduz as etapas realizadas no canteiro de obras, reduz também a possibilidade de erro na execução dos componentes modulação e alinhamento dos perfis (CRASTO; FREITAS, 2006).

Ainda conforme Crasto e Freitas (2006), os benefícios da adoção desta técnica construtiva destacam-se a redução da mão de obra e das etapas executadas no canteiro, maior velocidade de produção e de montagem, maior grau de industrialização, maior controle dimensional e de qualidade. Facilidade na leitura e interpretação dos projetos.

Como limitações a essa técnica destacam-se as limitações decorrentes das movimentações de painéis na obra, pois em alguns casos não é possível transportar os painéis inteiros até o local de instalação, em uma obra racional o sistema não admite adaptações ao painel na obra então todos os empecilhos devem estar previstos e sanados em projeto

Figura 10 – Transporte de painéis pré-fabricados.



Fonte: CRASTO, 2005.

Figura 11 - Montagem de painéis pré-fabricados



Fonte: disponível em: < <http://www.lpbrasil.com.br/sistemas/steel-frame.html>>. Acesso em: 12 jun. 2015

3.3 Método Modular:

Segundo Crasto e Freitas (2006), o sistema de construção modular em Light Steel Framing é o que melhor define o conceito de pré-fabricação devido ao fato de os cômodos da edificação poderem vir completamente prontos de fábrica, com acabamento e pintura e no canteiro de obra ser executado apenas a ligação e o acabamento entre esses módulos.

Quando o volume de produção é muito grande, existe a possibilidade de se criar uma linha de produção dos módulos.

Os principais atrativos deste sistema de construção são a eliminação de muitos processos no canteiro de obras, e de padronização das edificações. As desvantagens são a necessidade de grande estrutura física para a fabricação dos módulos, utilização de equipamentos pesados para a movimentação e transporte dos módulos, necessidade de grande espaço para o armazenamento dos módulos prontos e menor possibilidade de personalização do projeto arquitetônico (CRASTO, 2005).

O método de construção modular é o menos utilizado atualmente devido a necessidade de personalização dos projetos.

Figura 12 - Conjunto habitacional modular, Moduslar - Portugal



Fonte: disponível em : <<http://greensavers.sapo.pt/2013/02/19/atelie-portugues-lanca-novo-conceito-de-arquitectura-e-construcao-modular>>. Acessado 06 jun. 2015

Figura 13 - Módulo sanitário em LSF



Fonte: Crasto, 2005.

Figura 14 – Construção Modular



Fonte: disponível em: <<http://www.casaprefabricada.org/edificios-modulares-solucao-perfeita-para-as-necessidades-de-construcao-atuais>>. Acessado 06 jun. 2015

4. PLANEJAMENTO

Conforme Queiroz (2012) o planejamento é etapa essencial para qualquer obra civil e deve ser realizado e atualizado desde a concepção inicial até a entrega da edificação.

O Planejamento compreende diversas etapas de concepção, controle e gerenciamento, como projetos, detalhamentos, orçamentos, captação, controle e gestão de recursos humanos e financeiros, gerenciamento e controle de execução/evolução dos processos construtivos, produtividade e prazos.

Quando surge alguma falha no planejamento, como o não cumprimento de algum prazo ou algum gasto extra, por exemplo, se adapta o planejamento a realidade da obra. No entanto, esta prática deve ser evitada a fim de que o projeto não perca seu caráter balizador da execução. (QUEIROZ, 2012)

Neste trabalho o foco do planejamento está nas etapas de orçamentos, planejamentos de canteiro de obras, tanto para a técnica construtiva de alvenaria estrutural quanto para a técnica de construção a seco.

4.1 Orçamento

A elaboração de orçamentos é ponto fundamental para o desenvolvimento de projetos de engenharia, pois são ferramentas de análise de viabilidade e úteis para a estimativa e comparação entre diversos fornecedores e construtores bem como para a correta contratação da execução dos projetos e obras (VALENTINI, 2009).

Queiroz (2012) afirma que os orçamentos podem ser calculados de três formas, são elas, tabelado, sintético e analítico. A escolha do tipo de orçamento a ser fornecido depende do nível de precisão da estimativa e do nível de informação do empreendimento que se tem.

No caso de uma estimativa grosseira do custo de uma obra, quando não se exige grande assertividade no orçamento, utiliza-se o método tabelado, que se resume a multiplicação da área que se deseja construir pelo CUB (Custo unitário básico da construção civil) na região e período da análise. Neste tipo de levantamento não se levam em consideração aspectos relativos a uma obra em específico, apenas estimativas feitas sobre uma área genérica a ser edificada. (VALENTINI, 2009 p.10)

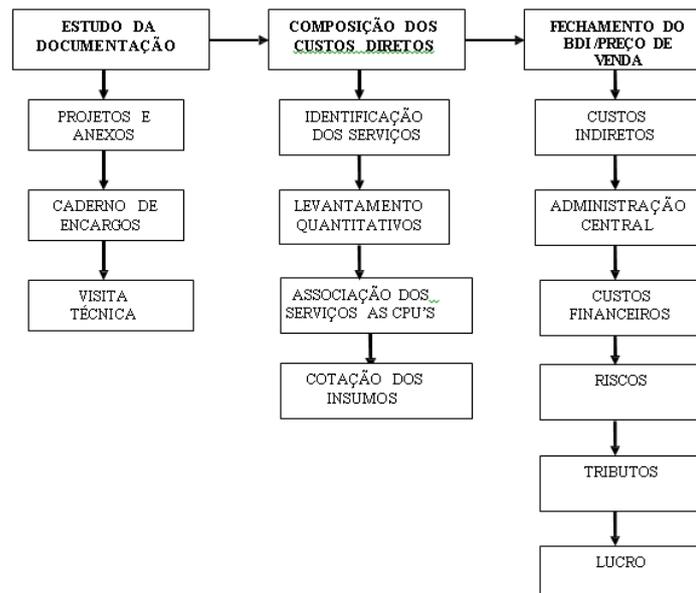
Ainda segundo Valentini (2001), para ter-se uma estimativa mais próxima aos custos reais de uma edificação, necessita-se de um projeto básico sob o qual vai se desenvolver o método de orçamentação sintético, através da quantificação dos serviços mensuráveis em planta baixa e cortes, como a área de cerâmica, piso, paredes, rebocos, forros e acabamentos, esquadrias entre outros. Serviços de concretagem, formas, armaduras e estruturas da obra são quantificados através de índices em função da área construída da tipologia da edificação.

As instalações elétricas e hidrossanitárias podem ser estimadas conforme os pontos de utilização de cada ambiente.

A fim de se corrigir possíveis distorções nas estimativas de custo feitas a partir do método sintético criou-se uma tabela de percentuais de referência, que aponta os percentuais máximos e mínimos para cada serviço relacionado e serve de parâmetro na verificação do orçamento sintético. (VALENTINI, 2009 p.14).

Quando por fim se deseja obter o custo final total ou mesmo parcial, se utiliza o método de orçamentação analítico, o qual exige projetos executivos detalhados além de documentações como memoriais de cálculo e memoriais descritivos, como ilustrado no seguinte o seguinte fluxograma (TISAKA, 2006 e VALENTINI 2009):

Figura 15 – Esquema básico para composição de orçamentos pelo método analítico



Fonte: VALENTINI, 2009

A partir da análise detalhada de todos os processos e da quantificação exata dos materiais a serem empregados à obra, acrescentam-se os custos indiretos,

administrativos, construtivos, de materiais e necessidade de mão de obra, os sistemas convencional e LSF apresentam maneiras diferentes tanto em termos de orçamentação quanto em planejamento da obra.

Fatores como o tempo de execução do empreendimento, nível de especialização dos operários, acesso ao canteiro, planejamento das atividades, estudos de logística e disponibilidade dos insumos são determinantes para uma boa estimativa de custo.

Nesse ponto o sistema de construção a seco se destaca, pois, se utiliza de materiais industrializados, abundantes no mercado, evitando assim adaptações no canteiro e conseqüentemente perdas de eficiência. No entanto, devido à grande velocidade de produção, estes materiais já devem estar disponíveis no início do empreendimento, pois eventuais atrasos de entrega ou indisponibilidades causam prejuízos não previstos no orçamento. (CONSUL STEEL, 2002)

4.2 A logística da Obra

Segundo afirmam Saurin e Formoso (2006) a logística de obra e organização de canteiro de obras são por vezes negligenciadas na indústria da construção civil, onde deixam bastante a desejar em termos de segurança, organização e aparência.

Para Vieira (2006), por ser altamente industrializado, o sistema Light Steel Framing exige um planejamento detalhado de todas as fases da obra, desde o projeto até a entrega ao proprietário, a fim de que se ganhe velocidade, agilidade, precisão e de se reduzir o custo de obra.

Os estudos das dinâmicas de canteiro de obra bem como da influência do treinamento dos operários no canteiro visam ganhar produtividade além de reduzir custos e de aumentar a segurança e o conforto no canteiro (SAURIN; FORMOSO, 2006 e SOUZA, 2006).

Segundo Glauche (2014), as instalações de canteiro devem ser dimensionadas objetivando fornecer o devido suporte logístico, administrativo e operacional ao empreendimento.

A partir da análise do dado de que 27% do tempo de trabalho em um canteiro de obras são considerados improdutivo, ou seja, com o operário parado ou realizando atividades não relacionadas ao processo produtivo. Outros 23% do tempo de trabalho no canteiro são utilizados para atividades auxiliares como montagem de

equipamentos, transporte da matéria prima às frentes de trabalho e limpeza tanto do canteiro quanto de ferramentas, assim restam aproximadamente 50% de tempo efetivamente produtivo no canteiro. (SANTOS; MENDES, 2002. p106).

Para Glauche (2014), estes dados são ainda mais preocupantes, em suas notas de aula ele cita o tempo produtivo como apenas 34%, e os tempos auxiliares e improdutivo como respectivamente 34% e 32%.

Estes dados ilustram a baixa produtividade do setor da construção civil, portanto se tornam fundamentais ações que busquem reduzir os índices de tempo improdutivo e auxiliar e então aumentar o desempenho, se faz necessário o planejamento constante da construção e do canteiro de obras, de modo que existam fluidez nos processos construtivos e o mínimo de deslocamento de pessoas e materiais.

Outro fator a ser considerado na busca de maior eficiência na construção é o nível de treinamento da mão de obra, sobretudo nos sistemas de construção a seco, no qual os profissionais envolvidos necessitam de um maior conhecimento e especialização. Assim, não basta realizar um bom planejamento de canteiro, mas também surge a necessidade de se fornecer treinamento adequado a mão de obra para que se possam cumprir com qualidade todas as etapas construtivas (SAURIN; FORMOSO, 2006).

Ainda segundo os mesmos autores, o planejamento de obra é fundamental para que se obtenha o melhor desempenho de uma edificação com o menor consumo de materiais e de mão de obra.

Existem diversas técnicas de planejamento e gerenciamento adaptadas à construção civil abordando orçamento, programação e execução de obra para o curto, médio e longo prazo e com diversos níveis de detalhamento e frequência de revisão (MATTOS, 2010).

Dentro da parte da organização para a construção, em paralelo ao orçamento, surgem os “Layouts” de canteiro de obras, planejados de acordo com cada etapa a ser executada e constantemente revisados (GLAUCHE, 2014).

No Layout de canteiro devem ser identificados e locados todos os pontos de iluminação e fornecimento de energia elétrica, instalações de água e esgoto do canteiro, independentemente dos definitivos da edificação, infraestrutura para os operários com local para alimentação, descanso e sanitários (GLAUCHE, 2014).

Ainda conforme Ricardo Glauche (2014), o planejamento do canteiro de obras também deve prever local para abrigar o gerenciamento da obra e acomodar os técnicos, locais para o correto armazenamento de matérias primas e componentes pré-fabricados, local para acomodação de equipamentos e pessoal relativo à segurança do trabalho, áreas que permitam o livre acesso de pessoas e de equipamento ao canteiro, evitando obstruções, detalhes para o fechamento da obra (geralmente tapumes), além do detalhamento das estruturas temporárias do canteiro.

Como afirmam Saurin e Formoso (2006) e Glauche (2014) a organização e a limpeza no canteiro de obras, juntamente com a segurança do trabalho e a infraestrutura adequada interferem positivamente na visão de todos os intervenientes do empreendimento. Para os funcionários um bom ambiente de trabalho, limpo e seguro se transforma em motivação nas tarefas cotidianas, e para clientes passa a Figura de confiabilidade e credibilidade para o empreendimento. Este cuidado com a limpeza e organização do canteiro são denominados como objetivos de Alto nível.

Os objetivos de Baixo Nível remetem a aspectos operacionais da obra como a minimização dos tempos de transporte de material e deslocamento de pessoal e equipamento além da eliminação das obstruções de fluxos dentro do canteiro (SAURIN; FORMOSO, 2006).

Ainda conforme Saurin e Formoso (2006), outro aspecto a se considerar no planejamento de canteiros de obra é a proporcionalidade da estrutura de canteiro/ tamanho das equipes frente ao volume de trabalho a ser executado, natureza e importância da obra.

5 METODOLOGIA

Para a análise deste trabalho foi selecionado um projeto de edificação residencial de padrão normal, com dois dormitórios e uma suíte, dois banheiros e um lavabo, com sala e cozinha conjugadas, conforme as plantas em anexo.

A área construída totalizará 101,6 metros quadrados, no entanto a fundação cobrirá uma área de 150 metros quadrados como espera para garagem.

Em ambos os sistemas estruturais os pisos serão cerâmicos com contrapiso, seguindo mesmo padrão. Nas duas situações serão utilizadas fundações do tipo radier, em concreto armado.

Por se tratar de um projeto estrutural já executado, os cálculos referentes a dimensionamento estrutural já foram realizados. Neste trabalho serão abordados aspectos de planejamento, orçamento e construtivos.

O projeto encontra-se anexado ao trabalho. Tanto o arquitetônico quanto a painelização para o sistema de *Light Steel Framing*

5.1 Aspectos Construtivos

A descrição dos processos construtivos analisados levará em consideração técnicas construtivas já consagradas além de, no caso da análise da construção em alvenaria estrutural se observarão as orientações da apostila de Milito (2009) e da NBR/15961:2011, partes 1 e 2, alvenaria estrutural em blocos de concreto – projeto e execução.

Para a execução da fundação, serão observadas orientações dos manuais do CBCA – Centro Brasileiro de construção em aço - *Steel Framing: Arquitetura e Engenharia*, além das orientações da *NBR 6122:2010 – Projeto e execução de fundações*.

Para a descrição dos demais processos de construção, tanto da alvenaria estrutural quanto do *Light Steel Framing* serão observadas determinações normativas e a literatura sobre o assunto, para que não existam omissões de processos e a apuração seja mais exata.

O relato das atividades e dos processos construtivos de cada alternativa comparada será o ponto de partida para a sequência deste trabalho no tocante a orçamentação e organização processos construtivos.

Nesta análise se busca a maior eficiência no canteiro, portanto, a execução das alvenarias, das fundações e o *Light Steel Framing* serão analisados sob seus aspectos máximos de industrialização e eficiência.

5.2 Projeto

A etapa de projeto é fundamental para um bom planejamento de obra, melhor aproveitamento dos insumos empregados na construção além de garantir a segurança e a estabilidade da edificação. Assim, os projetos devem seguir uma modulação lógica conforme os materiais que constituem o sistema construtivo, visando um menor desperdício de material e menos tempo para o ajuste no momento da execução.

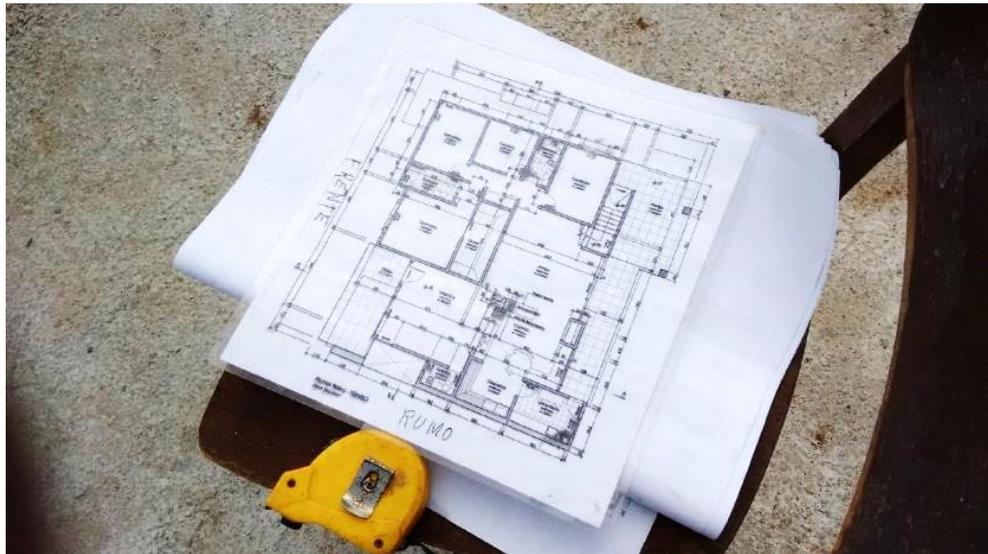
Para que um projeto cumpra sua função, deve dispor de todas as informações pertinentes de forma clara e objetiva, evitando ao máximo a poluição dos desenhos, mas mantendo ainda todos os detalhes que possam sanar o máximo de dúvidas no momento da execução.

Nos projetos executados para o sistema de alvenaria estrutural se fazem necessária uma rigorosa integração de projetos como o arquitetônico, estrutural, modular, hidrossanitários e de instalações elétricas. Devem-se apresentar no projeto plantas de primeira e segunda fiada (Figura 12), elevações de todas as paredes demonstrando os blocos a serem empregados todos os pontos de reforço estrutural (graute) (Figura 13), localização e tipos de bloco, pontos de passagem de tubulação hidráulica e de condução elétrica. Todos estes detalhes e eventuais conflitos devem ser sanados ainda na etapa de projeto, pois os ajustes feitos em obra consomem tempo e recursos, reduzindo assim a tanto eficiência quanto a qualidade da construção.

A mão de obra, por possuir em geral baixa qualificação muitas vezes necessita de treinamento para que consigam compreender e executar corretamente os projetos, assim, deve-se elaborar um método para que se possa treinar de forma rápida e eficiente para uma leitura correta dos desenhos apresentados.

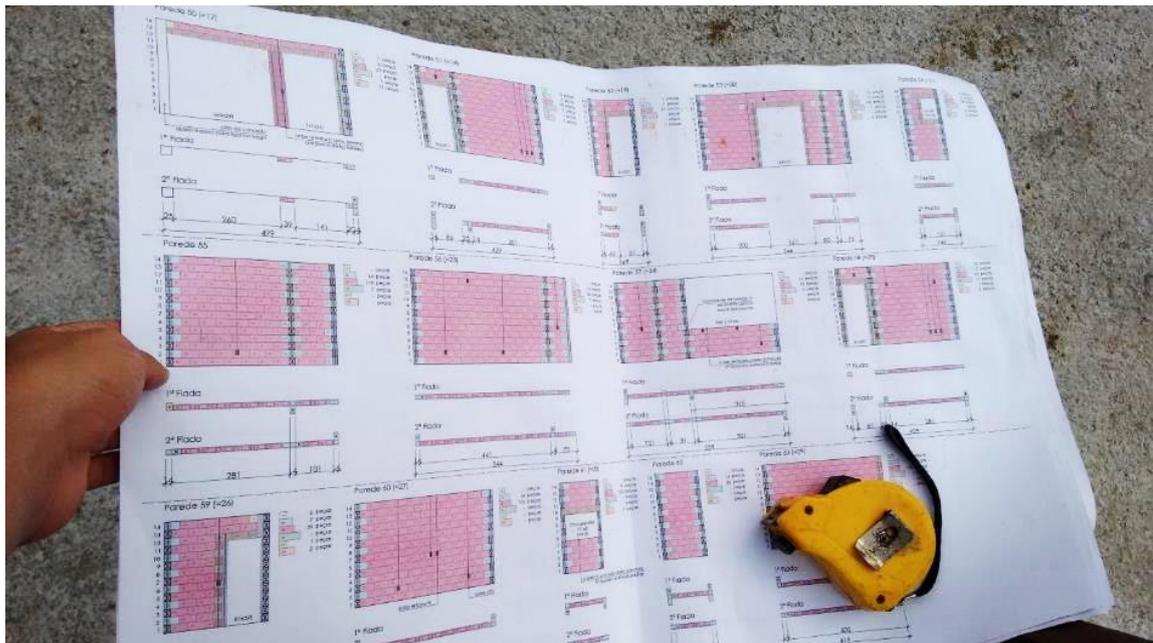
Nas seguintes imagens pode-se observar um projeto em alvenaria estrutural claro e bem detalhado, no entanto sem poluições.

Figura 16 – Planta de Primeira fiada em alvenaria estrutural na obra.



Fonte: Produzida pelo Autor.

Figura 17 – Elevação das paredes em alvenaria estrutural na obra.

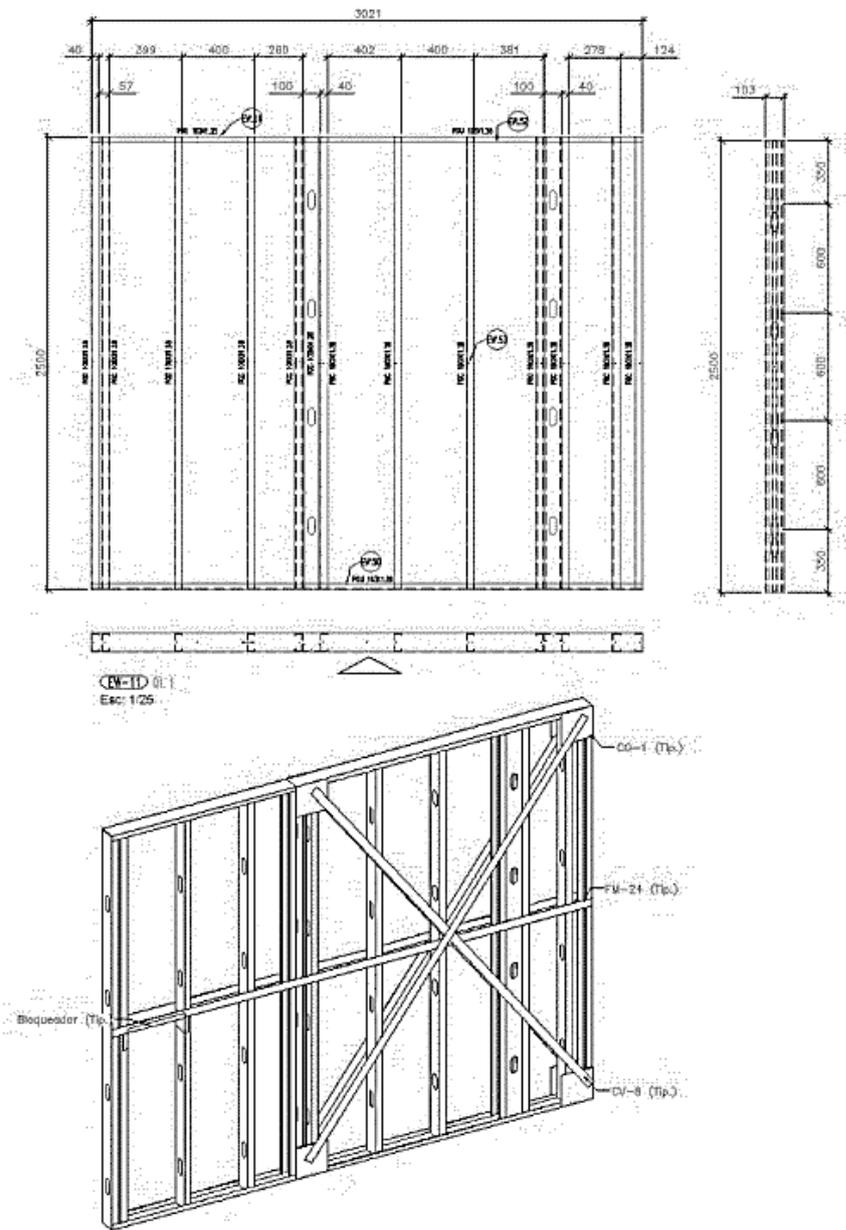


Fonte: Produzida pelo Autor.

Na construção de edificações em LSF, a obra se inicia com a elaboração de um projeto arquitetônico que leve em conta a modulação de 1200mm, visto que as placas comerciais a serem empregadas no fechamento destas estruturas têm por padrão 1,2m de largura, com essa modulação se pode aperfeiçoar o uso do material na obra e reduzir ainda mais o desperdício de material (CRASTO; FREITAS, 2005).

Como concordam Crasto (2005), Rodrigues (2006) e Steel House (2011), o projeto arquitetônico em mãos, o calculista determina o espaçamento máximo das almas dos perfis para que continuem na modulação, a 400mm ou 600mm (em locais de grande carregamento pode ser utilizada modulação de 200mm ou ainda treliças) como exemplificado na figura 5, e suas espessuras, que variam de 0,95mm a 2mm. De posse destes dados, o projetista lança os perfis e elabora o projeto de fabricação dos painéis, planos de corte, plantas de montagem e detalhes construtivos.

Figura 18 – Projeto de painel seguindo modulação de 400mm



Fonte: Produzido pelo Autor.

Então o projeto segue para os projetistas eletricitistas e de instalações hidrossanitárias para uma melhor integração de projetos, e só então, após todos os trâmites totalmente concluídos e aprovados prossegue-se a implantação do canteiro de obras e a efetiva execução do empreendimento.

Todas estas etapas de projeto buscam identificar e minimizar erros e interferências na construção antecipadamente, evitando que se perca tempo em obra fazendo adaptações, correções, retrabalhos, e atrasos no cronograma da obra. Estes procedimentos se aplicam não somente aos Light Steel Framing, mas também a qualquer outro sistema construtivo em que se deseja ter o máximo de eficiência na construção.

A fase de projetos é ainda mais crítica e demorada em LSF devido ao fato de que sua vantagem econômica em relação aos demais sistemas está baseada na racionalização das etapas executadas e a velocidade na construção, assim sendo, a construção seca não admite ajustes e mudanças na obra, e a sua correta execução é determinante para o sucesso do empreendimento (CONSUL STEEL, 2002).

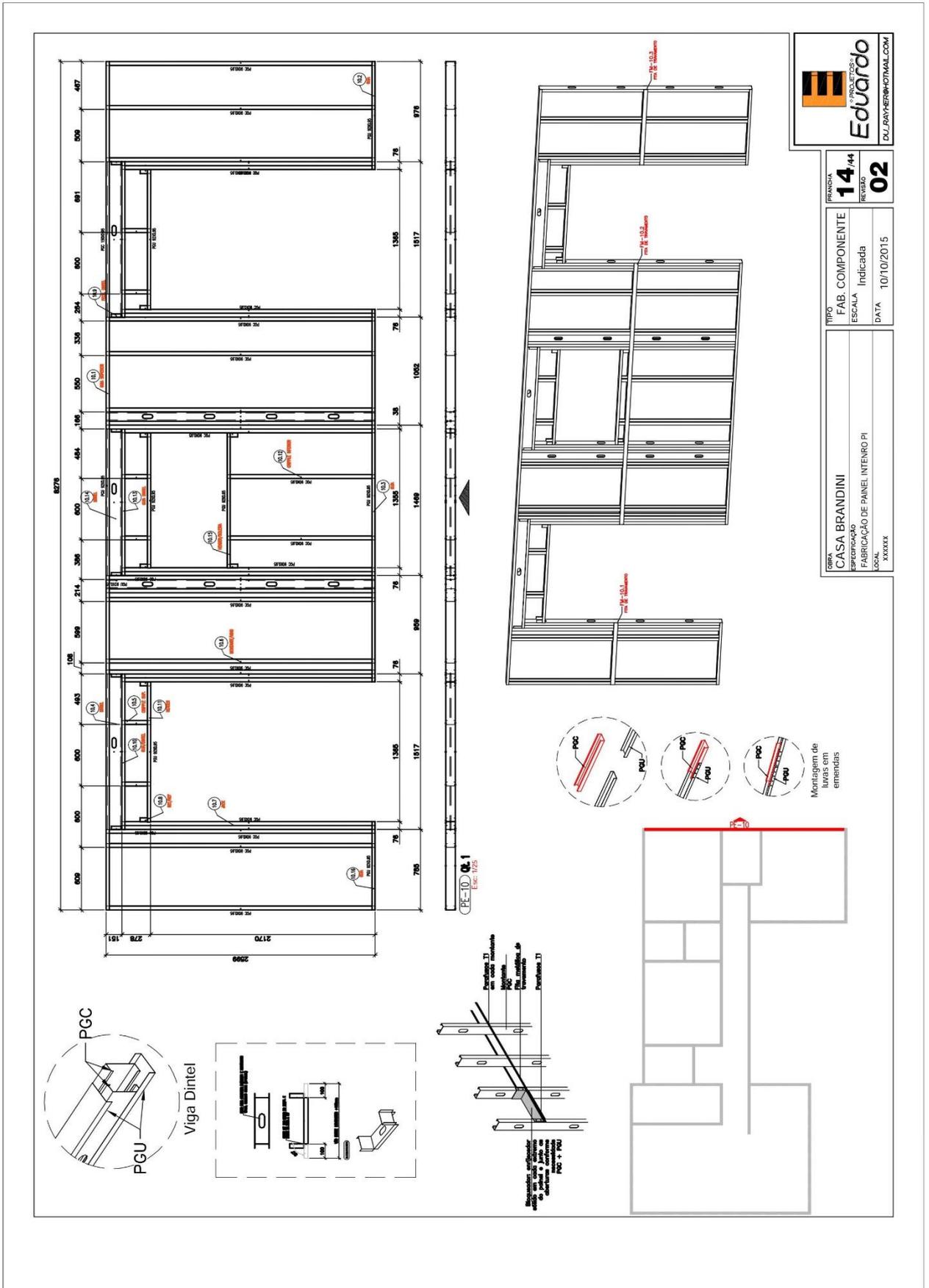
Neste trabalho será analisado principalmente o método construtivo Painelizado (visto no item 3.2), no entanto, em etapas como a instalação de entrespisos, suportes de forro ou mesmo das terças de cobertura usualmente se utilizam o método *Stick* de execução.

Na sequência constam dois exemplos de projetos desenvolvidos em *Light Steel Framing*. Na figura 06 aparece detalhado uma prancha de fabricação de painel, na Figura 07, uma planta de montagem dos painéis.

Na elevação das paredes nos projetos de alvenaria estrutural devem ser discriminados os blocos e sua localização, estes blocos são quantificados e listados ao lado dos respectivos painéis. No sistema de construção a seco, de forma semelhante, existe a atribuição e discriminação dos perfis utilizados na fabricação do painel que fica disposta na prancha de forma a orientar o executor na hora do corte e de montagem do elemento. É muito importante que os executores da obra tenham clareza destas informações para que não cometam enganos na hora da execução do serviço.

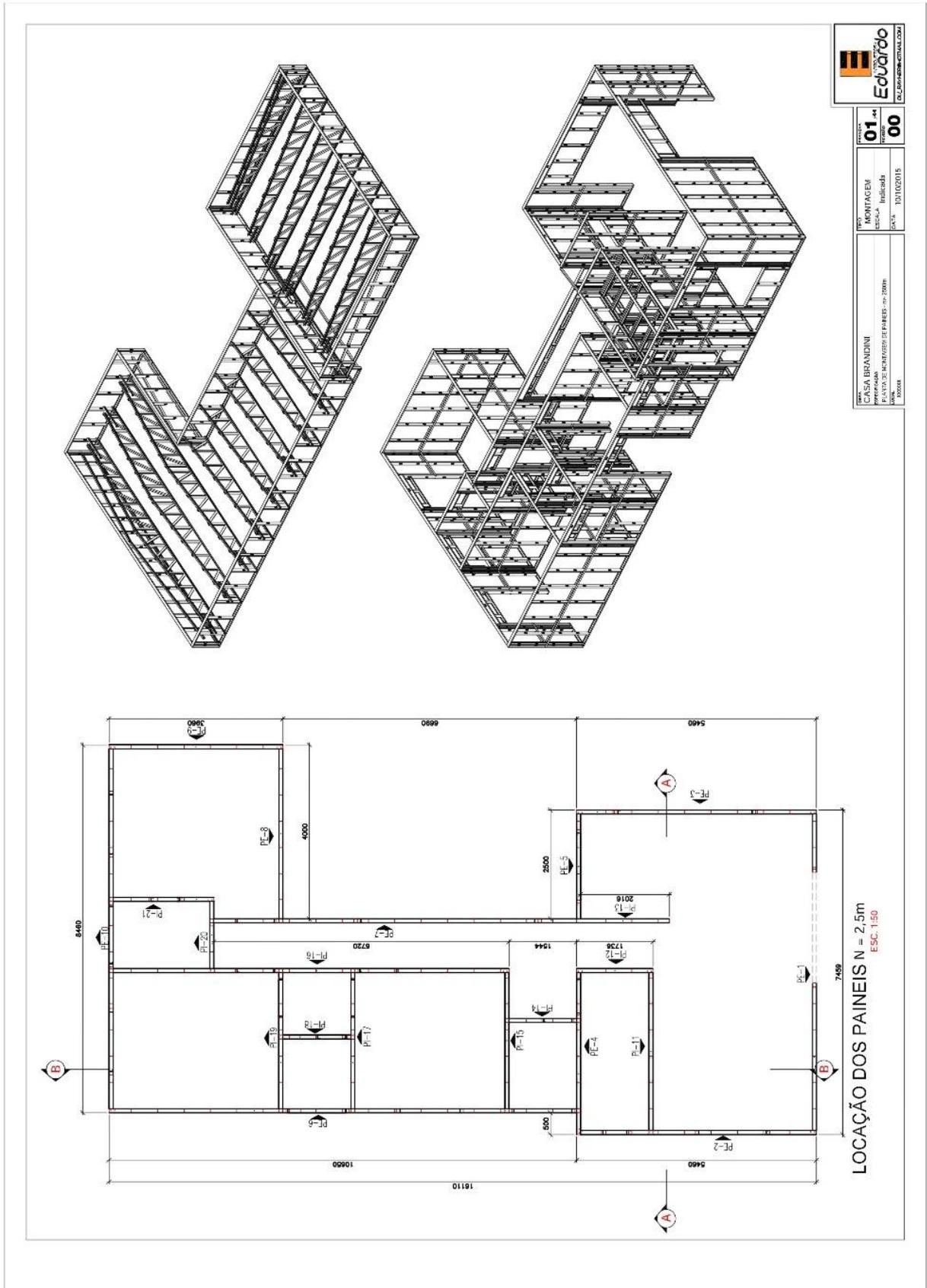
Usualmente são incorporados aos projetos de estruturas LSF pranchas de montagem e fabricação dos painéis.

Figura 19 – Detalhamento de Fabricação de Painel LSF.



Fonte: Produzido pelo Autor.

Figura 20 – Detalhamento de montagem de Painel LSF.



Fonte: Produzido pelo Autor.

A seguir são apresentados alguns elementos básicos para uma correta execução de um projeto em *Light Steel Framing*. Para pranchas de fabricação os principais elementos são:

1- Lista de materiais: Conforme exemplificado na figura 21 descrevendo todos os perfis componentes do painel, é útil para que o profissional possa realizar os cortes do material de forma rápida e precisa, evitando o desperdício dos perfis. A lista de material deve conter a nomenclatura da peça, tipo de perfil, comprimento e a quantidade de cada peça.

Figura 21 – Lista de corte de perfis para painel.

LISTA DE EXPEDIÇÃO						
MARCA	QTDE	DESCRIÇÃO	PESO UN.	PESO TOT.	SUP. TOT.	
PI-5	3	PGU 92X0,95	29,1	87,2	21,4	
LISTA DE MATERIAL						
POS	QTDE	COMP.	PERFIL	NOTAS	P. UN.	P. TOT.
PI-5, 2	18	2668,0	PGC 90X0,95	MONTANTES	4,0	72,7
PI-5, 1	6	2031,0	PGU 92X0,95	GUIA	2,4	14,5

Fonte: Produzido pelo Autor.

2- Locação do Painel: Planta baixa do pavimento extremamente simplificada, destinada a posicionar o painel fabricado, em todas as ocorrências dentro da obra, não substituindo a planta de montagem como exemplificado pela figura 22.

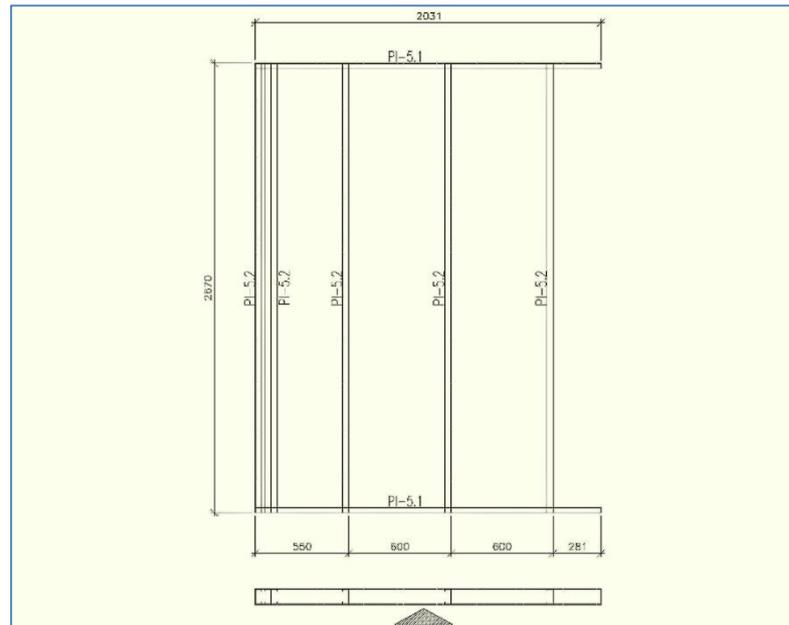
Figura 22 – Locação do painel na obra.



Fonte: Produzido pelo Autor.

3- Detalhamento 2D: no desenho 2D (Figura 23) devem estar expostas cotas de posicionamento dos painéis, a orientação dos perfis e a sua nomenclatura. Deve-se também apresentar o sentido de montagem do painel. O Detalhamento 2D é a informação mais importante do projeto, pois a partir deste se pode montar o painel mantendo o alinhamento de toda a estrutura.

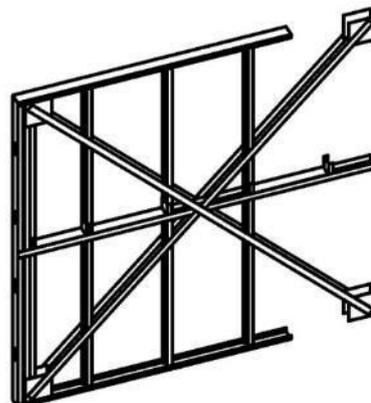
Figura 23 – Planificação de painel estrutural em LSF.



Fonte: Produzido pelo Autor.

4- Perspectiva: Projeção destinada a ilustrar a montagem dos painéis, a fim de dirimir eventuais dúvidas na hora da produção, além de apresentar a posição de acessórios, contraventos, bloqueadores e luvas como exemplificado na figura 24.

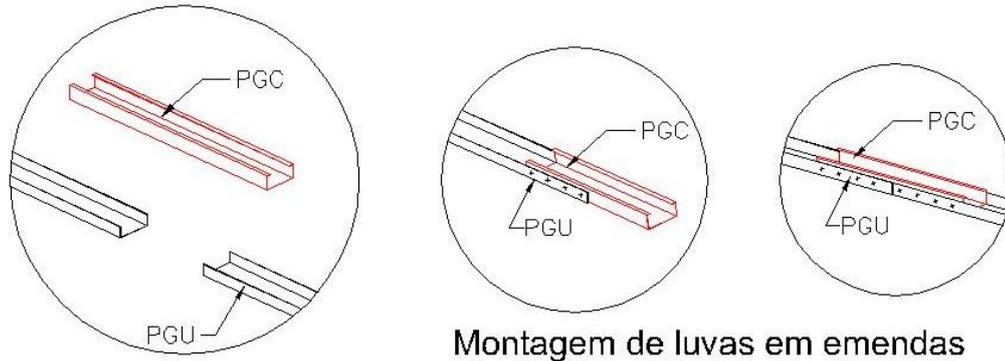
Figura 24 – Perspectiva de painel estrutural em LSF.



Fonte: Produzido pelo Autor.

5- Detalhes: Detalhes de fabricação (Figura 25) e de montagem fornecem informações adicionais que, por motivo de falta de espaço, ou mesmo por não haver a possibilidade, não foram incluídos no detalhamento do painel.

Figura 25 – Detalhes de fabricação e montagem.



Montagem de luvas em emendas

Fonte: Produzido pelo Autor.

6- Selo: Conforme apresentado na figura 26 todas as pranchas do projeto devem possuir selo contendo o número de revisão, data, número de prancha, tipo de prancha (Fabricação, montagem, acessórios ou detalhes), localização além da identificação do fabricante, do cliente e do responsável técnico.

Figura 26 – Exemplo Básico de Selo.

OBRA Obra - Local			 Eduardo PROJETOS DU_RAYHER@HOTMAIL.COM
ESPECIFICAÇÃO Corte e detalhes construtivos	TIPO Montagem	PRANCHA 04/20	
RESPONSÁVEL TÉCNICO APROVAÇÃO Eng. Eduardo Rayher Soares - CREA 0000000	ESCALA Indicada	REVISÃO 00	
PROPRIETÁRIO APROVAÇÃO Sr (a). ----- CPF 000000000-00	DATA xx/xx/xxxx		

Fonte: Produzido pelo Autor.

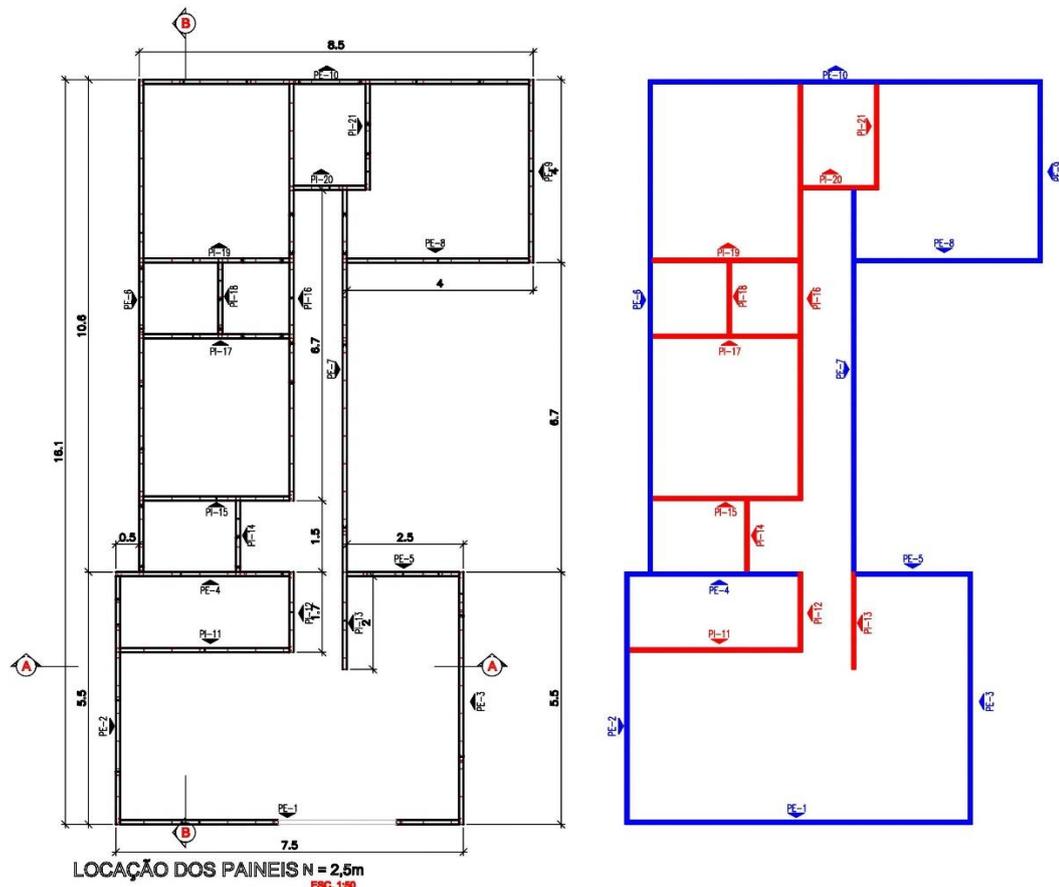
Diferentemente das pranchas de fabricação, as de montagem focam mais no todo da estrutura, deixando de representar e especificar os perfis descritos para expor o posicionamento e a ordem de elementos estruturais como painéis, tesouras entre outros.

A seguir se destacam os principais elementos componentes das pranchas de montagem.

1- Plantas baixas: Plantas baixas (Figura 27) de todos os níveis a serem montados, com a nomenclatura e direção dos painéis, coincidindo com a apresentada nas pranchas de fabricação. Nas plantas baixas também devem ser indicados os cortes e elevações, os níveis quando houver variação além das cotas gerais da edificação e dos painéis.

No caso de os painéis estarem dispostos sequencialmente as cotas devem evidenciar os limites de cada painel, e estas cotas dispostas abaixo das cotas gerais da edificação.

Figura 27 – Plantas baixas de montagem.

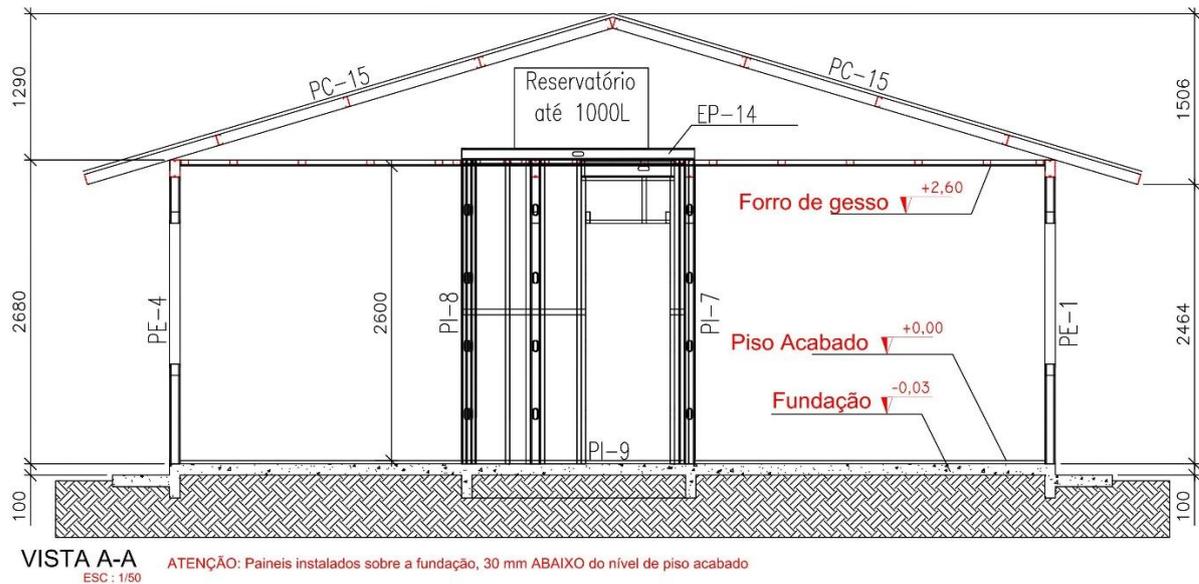


Fonte: Produzido pelo Autor.

2- Elevação e cortes da estrutura: Os cortes e elevações (Figura 28) da estrutura devem apresentar cotas de elevação, níveis, altura livre da estrutura e pé direito.

Nas elevações também devem ser detalhadas as fitas metálicas, os bloqueadores, acessórios e contraventos, indicando os painéis e eventuais detalhes de cobertura e entrepisos.

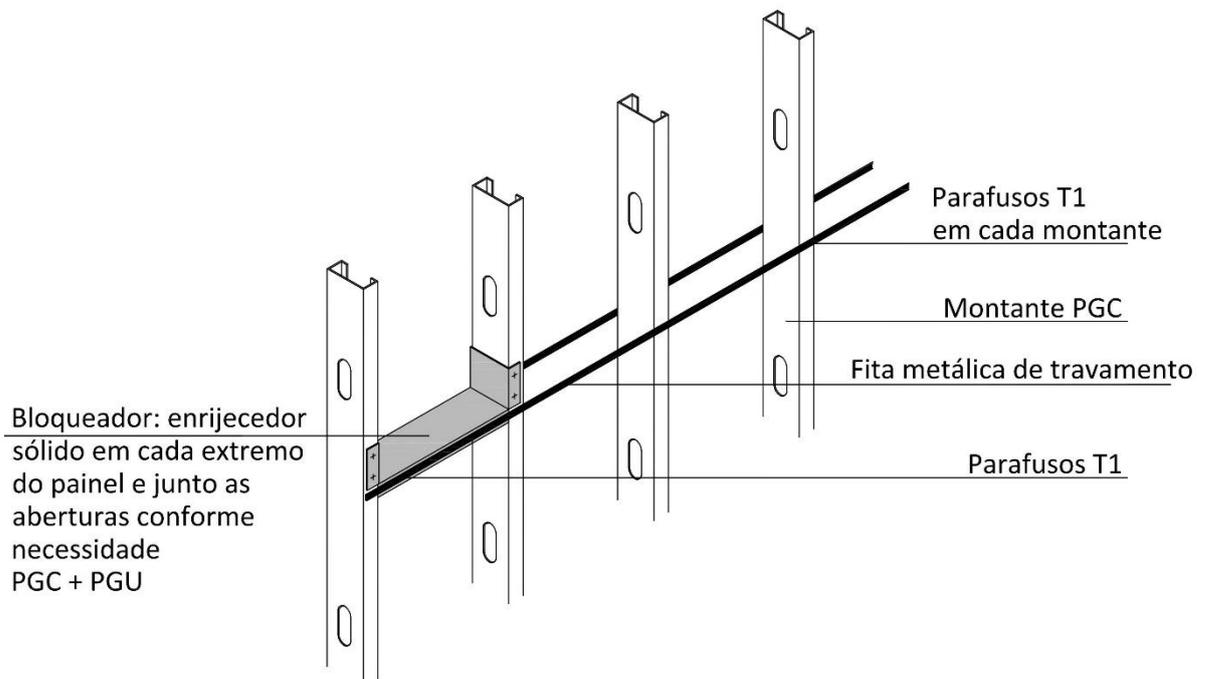
Figura 28 – Corte/Elevação da estrutura.



Fonte: Produzido pelo Autor.

3- Detalhes: Assim como nas pranchas de fabricação, os detalhes visam representar situações de montagem os quais não tenha sido possível contemplar no detalhamento conforme exposto na figura 29.

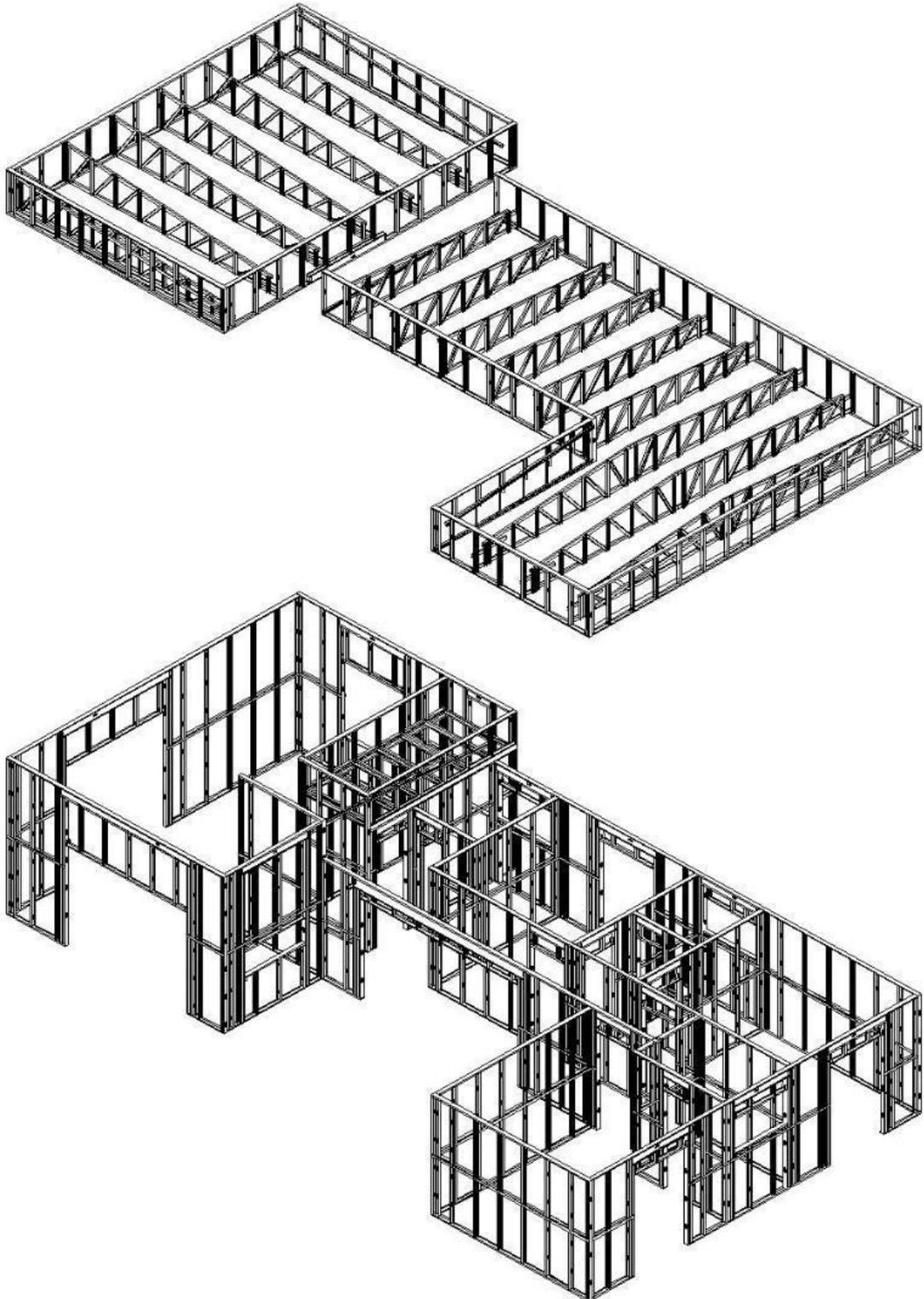
Figura 29– Detalhe de montagem fitas metálicas e bloqueadores LSF.



Fonte: ConsulSteel 2002

4- Perspectiva: Objetiva ilustrar o projeto de forma a apresentar a imagem da estrutura após a montagem dos componentes (Figura 30).

Figura 30 – Perspectiva geral da estrutura.



Fonte: Produzido pelo Autor.

5.3 Instalações de obra

As instalações de canteiro de obras devem ser dimensionadas com base no porte da obra a ser erigida, de forma a fornecer suporte físico e logístico a construção, propiciando fluxos de pessoas e de materiais otimizados, além de proporcionar segurança, energia e os recursos logísticos básicos. Também deve respeitar o que determina a NR-18, no que tange a sanitários, locais para descanso e alimentação dos colaboradores.

Para que se obtenha um melhor desempenho do canteiro de obras recomenda-se que sejam seguidas as etapas descritas a seguir, adaptando-as a realidade de cada projeto.

- 1- Levantamento topográfico para fins de conferência das medidas do terreno e localização do empreendimento.
- 2- Limpeza grosseira do terreno com a retirada da vegetação rasteira, em alguns casos pode ser necessário o uso de retroescavadeiras, retirada de árvores e/ou reflorestamentos.
- 3- Fabricação e montagem de tapume no entorno do terreno da obra, caso existam delimitações físicas de no terreno como muros de vizinhos ou cercas que impeçam a entrada de pessoas estranhas ao canteiro, pode-se utilizar o tapume apenas na testada do lote.

O tapume deve ser composto de material resistente, fechado e com altura mínima de 2,2 metros. Após a instalação dos tapumes procede-se a escavação dos locais necessários para a instalação da fossa e do filtro. Esta escavação pode ser feita manualmente, no entanto, como utilizar-se-á uma retroescavadeira na limpeza preliminar do terreno, convém que essa escavação seja feita pelo equipamento hidráulico. Assim a primeira atividade definitiva para a obra fica sendo a instalação da fossa e do filtro anaeróbico.

O Banheiro da obra será ligado diretamente ao sistema de tratamento de efluentes definitivo da edificação

- 4- Instalações provisórias de energia elétrica, de água, e ligação provisória do banheiro da obra ao sistema de esgoto.
- 5- Execução do depósito, telheiro e bancada de ferreiro e marceneiro, depósito com 12,5m², com estrutura de madeira, fechado com chapas de compensado,

sem forro, com piso de chão batido com estrados de madeira (pallets) e coberto com telhas de fibrocimento de 5mm.

O telheiro será executado anexo ao depósito e terá 12,5m² cobertos por telhas de fibrocimento, abrigará as bancadas de ferreiro e carpinteiro, não contará com forro, nem fechamento lateral, o piso será de chão batido. Tanto o depósito quanto o telheiro disporão da instalação elétrica principal do canteiro.

- 6- Delimitação das áreas de depósito de materiais granulares (britas e areias), barras de aço, elementos de madeira, formas e armaduras prontas, rejeitos oriundos de escavação e resíduos da construção.

5.4 Fundações

As fundações do tipo radier de concreto armado serão executadas da mesma forma para ambos os sistemas construtivos, respeitando, no entanto, o dimensionamento de calculistas fornecido para cada situação, observados também os aspectos de solo e condicionantes ambientais.

Devido ao peso menor da estrutura de aço, as fundações para este sistema construtivo tendem a ser menos robustas, acarretando numa redução significativa no consumo de material e custo da fundação para obras de médio e grande porte, no entanto para obras pequenas como a analisada neste trabalho, esta diferença não é significativa ao ponto de ser considerada um fator determinante para a escolha do sistema construtivo a seco. Quanto ao custo de mão de obra, não se observa uma redução tão significativa de custos, visto que os serviços executados serão os mesmos.

Segundo Milito (2012) primeiramente, após a conclusão da fase de projeto, iniciam-se as fases de nivelamento e apiloamento do terreno, marcação do gabarito da obra, marcação das vigas e da laje.

As cavas para a execução das fundações serão executadas com a utilização de microescavadeiras, que podem ser alugadas com o objetivo de se ganhar tempo e reduzir a mão de obra, além disso, o equipamento auxilia a execução de outras escavações na obra, como rebaixos para a passagem das tubulações de água, equipamentos da rede de esgoto e pluvial e por fim na execução de drenos no terreno quando necessário for.

Com as escavações das cavas concluídas, procede-se o nivelamento manual do fundo das escavações, e em seguida se adiciona uma camada de 5 a 10 centímetros de areia grossa em toda a extensão de terreno que receberá o radier. No projeto analisado neste trabalho a camada de areia será dispensada devido ao fato de o solo ser arenoso. Em seguida, uma camada de brita “1”, de 5 centímetros. Assim a regularização do fundo das cavas deve ser feita a no mínimo 15 cm abaixo das cotas de projeto da fundação. Os objetivos da aplicação destas camadas de agregado abaixo da fundação são nivelar o fundo das nervuras de fundação (vigas), auxiliar na drenagem das águas pluviais e reduzir as infiltrações no radier por capilaridade (CONSUL STEEL, 2002).

Simultaneamente às escavações e a preparação da cancha realiza-se a confecção das formas para a concretagem da fundação, estas serão fabricadas no próprio canteiro de obras. A madeira utilizada nas formas será o pinus (*Pinus elliottii*) devido ao baixo custo de aquisição e boa trabalhabilidade.

As armaduras utilizadas tanto nas fundações quanto em outras etapas da construção (alvenaria) serão cortadas, fabricadas e montagem no canteiro de obras por ferreiro, sendo assim necessário criar uma bancada exclusiva para o ferreiro armador, locais de armazenamento e transporte de barras de aço e minimizar os desperdícios de material. A armadura das lajes do radier serão feitas em malha eletrosoldada reforçada, que assim como nas vigas o aço varia de acordo com o carregamento e com o sistema utilizado.

Devido a atmosfera marinha à qual a obra estará exposta (classe de agressividade III) o concreto da fundação será de classe 30, do tipo usinado. A escolha pela utilização do concreto usinado para a execução da fundação se deu pela padronização e rígido controle de qualidade do material e por proporcionar uma concretagem única e sem emendas (SANTOS, 1998).

Antes de ser iniciada a concretagem é feita a inspeção das armaduras, retirada de eventuais entulhos e sujeira das formas, conferência na amarração dos elementos, posicionamento e nivelamento de mestras. Assim inicia-se a concretagem da fundação, tomando cuidado para que não haja segregação do concreto e nem permaneçam nichos de concretagem (GLAUCHE, 2014).

Segundo Peinado (2013), para que se evitem trincas e para garantir a correta hidratação do cimento, os elementos da fundação deverão ser mantidos úmidos por um período de sete a dez dias, dependendo das condições de temperatura e vento.

Após a cura do concreto, deverá ser feita a impermeabilização da fundação, sobretudo nas regiões onde se localizarão as paredes (GLAUCHE, 2014).

Para um melhor planejamento da etapa de execução da fundação, seguindo o dimensionamento estrutural, recomenda-se a seguinte sequência executiva para a etapa de fundação:

- 1- Montagem do gabarito da fundação, seguindo os alinhamentos da planta de formas da fundação, com o lançamento das linhas de alinhamento, conferência de esquadro de todos os elementos da fundação.
- 2- Escavação, arrasamento e compactação manual do solo, 10 cm abaixo da cota de arrasamento de projeto para o fundo das vigas e da laje.
- 3- Com a escavação e a compactação do solo, faz-se instalação de uma camada de geotêxtil por toda a extensão da obra. Esta camada objetiva isolar o solo natural (areia) da drenagem (brita) sob a fundação.
- 4- Aplica-se uma camada de 10 centímetros de brita 1 sobre a manta de geotêxtil, e, após corretamente nivelada esta camada de brita é coberta por lona preta. A função desta espessa camada de brita, isolada por manta geotêxtil e lona preta é evitar o ataque da umidade do solo à estrutura de fundação, coibindo a capilaridade da água bem como impedindo a infiltração de solo na camada de drenagem.
- 5- Fabricação das formas para vigas de fundação e preparação da armadura para instalação.
 - Para as vigas de fundação dimensionadas para o sistema de alvenaria estrutural serão aplicadas 4 barras de 12,5 mm na parte inferior e duas de 6.3 mm na parte superior dos elementos (apenas montagem), os estribos serão de 5,0 mm, espaçados a cada 15 centímetros.
 - Para as vigas utilizadas no sistema de construção a seco, serão utilizadas 4 barras de 10,0 mm na parte inferior e duas de 6.3 mm na parte superior dos elementos (apenas montagem), os estribos serão de 5,0 mm, espaçados a cada 18 centímetros.
 - As lajes de fundação serão executadas com tela eletrosoldada nervurada, aplicadas na parte inferior da placa de radier, com especificação de 15 x 15 x 4,2 mm (reforçada) para a aplicação do sistema de alvenaria estrutural e de 15 x 15 x 3,4mm (média). As malhas são produzidas em aço CA-60, fornecida em telas de 2,45 x 6 metros e são eletro soldadas, reduzindo assim

o trabalho do armador para a execução da armadura da laje, cabendo a ele apenas o transpasse entre telas.

- As formas de fundação, totalizando 58 m² de formas, executadas com tábuas de pinus, devido ao baixo custo da madeira e sua boa trabalhabilidade. As formas das vigas internas serão perdidas no momento da concretagem, visto que a fundação será concretada de uma única vez.

- 6- Montagem das formas de fundação, tomando cuidado para minimizar os danos à camada drenante inferior.

Um ponto crucial a se considerar em fundações do tipo radier é a instalação hidrossanitária, pois uma vez concretado o elemento, reparos posteriores ficam bastante complicados. Assim, as regiões que receberão instalações hidrossanitárias não receberão laje na fundação, estas peças receberão contrapiso convencional em concreto magro. A etapa de instalações hidrossanitárias poderá ser feita após a execução da fundação, geralmente na mesma etapa de ligação à rede coletora e de esgoto.

- 7- A montagem das armaduras nas fôrmas deve ser feita levando em consideração os cobrimentos mínimos exigidos, visto que por se tratar de uma região litorânea conta com alto grau de agressividade ambiental, a montagem deve ser feita com a utilização de espaçadores de plásticos e, de forma alguma a armadura pode ter contato direto com o ambiente após a concretagem.
- 8- Após o posicionamento da armadura devem ser feitas as guias (mestras) para auxiliar o correto nivelamento da fundação no momento da concretagem.
- 9- Como já dito anteriormente, a concretagem da fundação será feita de uma só vez, utilizando concreto com Fck de 30 MPa usinado e bombeado para o ponto de aplicação. O objetivo do bombeamento é reduzir o número de pessoas e materiais sobre a armadura posicionada e evitar danos a montagem da armadura no momento da concretagem. O fator água/cimento deve ser baixo, em torno de 0,46 (NBR/6118:2014) para que se tenha uma menor porosidade e maior durabilidade da estrutura, no entanto, um baixo fator água/cimento tende a causar uma menor trabalhabilidade do concreto, assim, na concretagem também devem ser utilizados vibradores para que o concreto ocupe totalmente as formas e a área a laje, evitando nicho de concretagem e futuras patologias.

5.5 Elevação e revestimento das paredes

5.5.1 Elevação das paredes em alvenaria

Afim de que se possa extrair uma maior qualidade e produtividade no sistema de construção em alvenarias estruturais, tornam-se fundamentais projetos executivos detalhados e integrados, evitar ao máximo o retrabalho, utilizar-se de material de qualidade e, de preferência industrializado, suprimindo assim processos do canteiro de obras (CAVALHEIRO, 2015).

Assim, serão considerados para este projeto a utilização de blocos de concreto com furos verticais, argamassas e graute industrializados cuja única etapa no canteiro será a adição de água e homogeneização.

Para uma boa execução da alvenaria estrutural, torna-se fundamental a nova conferência de esquadro, do nível e do serviço de impermeabilização realizados na etapa de fundação, e após a liberação procede-se a marcação e conferência dos eixos de referência ortogonais sobre os gabaritos de fundação (MILITO, 2012).

Realiza-se então a limpeza do substrato com a varredura dos detritos e umedecimento da base para que se obtenha uma maior resistência e aderência da argamassa de assentamento da primeira fiada. Segundo Santos (1998) esta primeira camada deve ser de até 1 centímetro, e tem a função de regularizar eventuais desníveis da fundação. Caso haja necessidade de espessuras superiores deve-se recalcular o traço ou utilizar outro tipo de argamassa para esse fim.

Instalados os blocos guias nas extremidades das paredes, confere-se novamente o esquadro, não somente dos blocos entre si, mas também dos ambientes os quais formarão. Após todas as conferências, se posicionam linhas de nylon para referência de alinhamento para a fiada e então são assentados os demais blocos da primeira fiada. Este procedimento é fundamental para a qualidade da obra visto que erros nessa etapa podem interferir em todo o resto da obra, tanto na parte estética quanto serem pontos de surgimento de patologias (SANTOS, 1998).

Segundo Cavalheiro (2015), o objetivo de se ter plantas detalhadas das duas primeiras fiadas é se garantir a correta amarração entre as paredes e se reiterar o posicionamento dos pontos de armadura, de grauteamento, de passagens de instalações elétricas e hidrossanitárias.

Desta forma, seguem o assentamento dos blocos das demais fiadas, sempre se observando os projetos de elevação das paredes para o correto posicionamento de blocos especiais e de acessórios como tubulações e caixas para pontos elétricos, e instalações de água e esgoto, além do correto posicionamento de aberturas para esquadrias, evitando-se assim futuros retrabalhos (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Conforme Santos (1998) a falta de cuidados com prumo e a planicidade dos panos de alvenaria além de causar problemas estéticos, ocasiona desperdício de material de revestimento e/ou de reconstrução, demandam de mais tempo para a correção. Outro fator importante relacionado à prumada das alvenarias se dá quando os elementos são estruturais, pois o desaprumo pode gerar cargas excêntricas para os quais os elementos não são dimensionados.

Os pontos que receberão reforços estruturais, como pontos de grauteamento para a formação de pilares, vergas, contravergas, por exemplo, devem ser mantidos limpos, sem restos de argamassas e impurezas, para que seja feita a correta solidarização entre as armaduras e as alvenarias (DESIR, 2015).

Nos pontos onde haverá grauteamento, o lançamento do produto não deve ser superior a 1,5 metros para que não haja segregação dos agregados. A vibração do micro concreto, assim como a do concreto comum não pode ser feita através das barras de aço da armadura. Em sequência são grauteadas as canaletas da última fiada, afim de que se crie uma cinta de distribuição de cargas no topo dos elementos.

A instalação das caixas nos pontos de utilização de eletricidade previstos desde o projeto e que devem ser observados durante o assentamento da alvenaria, para que não haja a necessidade de abrir rasgos posteriores nas paredes.

5.5.2 Revestimento das paredes em alvenaria

Com as etapas de elevação das alvenarias concluídas Milito (2012) afirma a necessidade de nova conferência de prumada, planicidade e esquadro inferior e superior. Em seguida faz-se a limpeza da alvenaria, onde se retiram pontas metálicas, rebarbas e incrustações de argamassa de assentamento e se preenchem juntas verticais que não tenham ficado devidamente fechadas.

Segue então a lavagem da alvenaria, para a retirada de pó, procedimento que visa garantir a melhor aderência da argamassa de revestimento sobre os blocos de

concreto. Seguindo a lavagem e secagem das paredes faz-se o chapisco nas paredes externas, nas paredes internas o procedimento é opcional (SANTOS, 1998).

O taliscamento das paredes e execução das mestras deve ser feito com a utilização de um prumo e de uma régua, tomando-se o maior cuidado para que fiquem planas, perpendiculares alinhadas, para que não se permita a perda de esquadro da parede devido ao revestimento. (MILITO, 2012).

O revestimento será executado em apenas uma camada de argamassa (Reboco Paulista) nas áreas secas e com emboço, argamassa colante e cerâmica em áreas molhadas. Após a aplicação da argamassa de revestimento uma régua metálica é apoiada sobre as guias e é feito o corte da argamassa para regularização, e em sequência o desempenho da argamassa para dar o acabamento desejado.

Durante o lançamento da argamassa devem ser observados os pontos de passagem de eletricidade e hidráulica, para que não sejam cobertos nem obstruídos pelos revestimentos.

Após a conclusão do revestimento deve-se verificar a planicidade o prumo novamente, através de régua metálica, aguardar o tempo de cura para só então realizar pintura ou assentar a cerâmica conforme o caso (MILITO, 2012).

A sequência executiva de elevação e revestimento da alvenaria foi executada utilizando informações publicadas por Santos (1998), Milito (2012), Desir (2015) e Cavalheiro (2015):

- 1- Limpeza e nivelamento da fundação
- 2- Locação e preparo dos pontos de tubulação elétrica e hidrossanitária, além dos pontos de reforço estrutural.
- 3- Marcação e conferência do esquadro e alinhamento dos eixos da primeira fiada.
- 4- Assentamento da primeira fiada (Utilizar argamassa com aditivo hidrofugante).
- 5- Assentamento dos blocos nos cantos das paredes, formando “castelinhos”, conferência do esquadro em todas as fiadas.
- 6- Durante a elevação das paredes deve ser feita a passagem de tubulações e armadura no interior dos blocos conforme projeto.
- 7- Locação das aberturas, assentamento das vergas e contravergas, ou blocos canaletas com armaduras, conforme projeto.

Neste ponto deve-se respeitar o transpasse mínimo de projeto da armadura, ou elemento pré-fabricado com os blocos estruturais adjacentes afim de evitar trincas e fissuras.

- 8- A depender do porte da obra, deve-se utilizar gabaritos de abertura para que se agilize a execução, além de garantir o padrão e o esquadro de todas as aberturas utilizadas.
- 9- A passagem de tubulações no sentido horizontal deve ser prevista e, onde houver a necessidade, deve ser prevista a utilização de blocos especiais para que não ocorram cortes desnecessários nos blocos estruturais.
- 10- Nos locais destinados ao reforço estrutural devem ser abertas janelas de limpeza na base do vazado afim de que se faça a correta remoção dos detritos. Após a limpeza, cria-se uma pequena forma de madeira afim de que o micro concreto (graute) não deixe o local a ele destinado.
- 11- Grauteamento dos elementos de reforço de alvenaria como vazados de blocos que formam pilares, vergas, contravergas e cintas. Os elementos verticais não devem ser grauteados de uma altura superior a 1,5 metros, assim o grauteamento de pilares e elementos verticais deve ser feito em duas ou mais etapas, durante a elevação da alvenaria. Outro ponto a ser observado durante o processo de grauteamento é que o adensamento do microconcreto deve ser feito com uma barra auxiliar, nunca com a própria armadura, afim de que não haja segregação do material no entorno da barra.
- 12- Limpeza do entorno das paredes, retirada do excesso de argamassa, incrustações e objetos metálicos da superfície da parede, retirada de poeiras e preenchimento de eventuais vazios com argamassa de assentamento e preenchimento das caixas de fiação com papel, para que não sejam obstruídas no momento da aplicação do revestimento.
- 13- Conferência de planicidade, prumada e esquadro de todas as paredes.
- 14- Assentamento de taliscas e mestras para nivelamento da superfície e eventual correção de erros de planicidade e prumada. O revestimento deve possuir espessura de 25 a 35 milímetros sobre a superfície do bloco.
- 15- Precedendo a aplicação do emboço/reboco, deve ser feita a aplicação de chapisco rolado, ou seja, argamassa polimérica industrializada aplicada com a utilização de um rolo de mão rugoso afim de aumentar a aderência do revestimento ao substrato.

- 16- Aplicação do revestimento de argamassado em uma única camada será feito de forma manual e, após desempenado possuir a espessura de revestimento plana, lisa e uniforme. A argamassa de revestimento, assim como a de chapisco será do tipo pré-misturada, devendo apenas ser adicionada água, na proporção indicada pelo fabricante, no canteiro.
- 17- Desempeno da superfície da argamassa para melhor acabamento.
- 18- Tanto no assentamento quanto no revestimento não se deve reutilizar a argamassa após 120 minutos de sua mistura, conforme indicado pelo fabricante e/ou após o produto ter caído no solo.
- 19- Após a conclusão do revestimento, deve-se aguardar no mínimo 28 dias para a cura total do revestimento argamassado, para só então liberá-lo para pintura ou assentamento do revestimento cerâmico.
- 20- Nas áreas de assentamento de revestimento cerâmico, não se deve realizar o desempeno fino do revestimento para que seja favorecida a aderência entre o cimento colante e o substrato. O cimento colante a ser utilizado não deverá ficar em aberto (aplicado à parede sem o assentamento da cerâmica) por mais de 20 minutos e deve ser utilizado de até 2h e 30 minutos após a mistura sob pena de perda de resistência. Os períodos limite de descanso e validade após a mistura de água bem como o tempo em aberto tendem a variar em função da aplicação, tipo e fabricante da argamassa.

5.5.3 Light Steel Framing - Fabricação

O método executivo para LSF adaptado a este trabalho é um compilado entre pesquisa nas referências ConsulSteel (2002), SteelHouse (2011) e conhecimento do autor.

Primeiramente a fabricação dos painéis pode ser executada tanto na fábrica quanto no próprio canteiro de obra quando este oferecer a infraestrutura adequada. Para este trabalho foi considerada a execução dos painéis em uma fábrica e entregues montados no canteiro de obras.

Um dos fatores mais vantajosos dos sistemas de construção a seco é a possibilidade de simultaneidade entre diversas operações de obra, como por exemplo a execução do fechamento externo, montagem das tubulações e montagem da estrutura de cobertura, ou mesmo a simultaneidade entre a execução da fundação e

a fabricação da estrutura. Esse fator aumenta significativamente a produtividade e a velocidade do canteiro.

Por ser um sistema construtivo bastante singular e altamente industrializado a sequência construtiva é dividida entre a fabricação e a montagem dos painéis, conforme o descrito no item 5.1.1. Tanto na etapa de fabricação quanto na de montagem várias etapas e processos podem ser executados simultaneamente.

Na etapa de fabricação de painéis de parede também serão executadas as peças utilizadas na montagem da cobertura (platibandas, tesouras, suportes de forro entre outros) visto que o método de fabricação, as ferramentas e os materiais serão os mesmos.

- 1- Corte e identificação dos perfis de aço seguindo a lista fornecida juntamente com os projetos (Figura 31).

Figura 31 – Exemplo de lista de Corte e expedição

MARCA	QTDE	DESCRIÇÃO	VOLUME	PESO UN.	PESO TOT.	SUP. TOT.	NOTAS
PE-1	1	PGU 92X0.95		116.4	116.4	30.2	
					116.4	30.2	
LISTA DE MATERIAL							
POS	NOTAS	QTDE	PERFIL	COMP.	PESO UN.	PESO TOT.	
1.9	DINTEL	2	PGC 150X0.95	2768.0	5.1	10.3	
1.3	CRIPPLE	4	PGC 90X0.95	708.0	1.0	4.1	
1.4	JACK	6	=	3247.0	4.7	28.1	
1.5	MONTANTE/KING	11	=	3398.0	4.9	53.9	
1.6	REF./RET.	2	=	100.0	0.1	0.3	
1.1	GUIA	1	PGU 92X0.95	3391.2	3.8	3.8	
1.10	HEADER	1	=	2540.0	2.9	2.9	
1.11	GUIA	1	=	7275.9	8.2	8.2	
1.2	GUIA	1	=	1342.7	1.5	1.5	

Fonte: Produzido pelo Autor

- 2- Em sequência os perfis identificados devem ser agrupados conforme o painel que comporão e posicionados próximos a bancada/mesa de montagem. A Figura 32 mostra os montantes de várias tesouras agrupados e posicionados próximos a bancada.

Figura 32 – Gabarito de montagem de painel com perfis preparados para a fabricação



Fonte: Produzido pelo Autor

- 3- Com o projeto do painel em mãos, o montador marca nas guias as medidas principais do projeto do painel e as transfere para guia superior.
- 4- Seguindo preparam-se as peças especiais que comporão os painéis, como por exemplo uniões em "I", bloqueadores, soleiras e vigas dintel.
- 5- Então o montador passa a posicionar as guias e os montantes das extremidades e a marcar o esquadro do painel.
- 6- Na sequência se posicionam as peças pré-montadas, os demais montantes e só então, com todos os componentes posicionados são realizados os ajustes de medida, conferência final do esquadro e então se parafusam os perfis de um lado. Na Figura 33 observa-se a fabricação de painéis com a utilização de mesa de montagem.

Figura 33 – Fabricação de painel de parede sobre mesa gabarito



Fonte: Produzido pelo Autor

- 7- Para permitir o emplaceamento dos painéis não se deve usar parafusos com cabeça hexagonais na face dos painéis, nas áreas que receberão placas utilizam-se parafusos do tipo lentilha, por proporcionarem menor interferência.
 - 8- Com o auxílio de um ajudante o montador vira o painel sobre a mesa afim de parafusar o painel pelo outro lado e instala as fitas metálicas e, conforme projeto, também podem ser montadas chapas OSB, contraventos e fitas metálicas.
 - 9- Por fim aplica-se banda acústica na guia inferior do painel, onde este se apoiará na fundação ou em outros perfis, evitando o desgaste prematuro e a perda do revestimento galvânico.
 - 10- Tanto na fábrica quanto no canteiro de obras recomenda-se o armazenamento horizontal e próximos dos locais de carga/montagem dos painéis a fim de que se evitem empenamento dos elementos. No entanto no transporte da fábrica ao canteiro, recomenda-se o transporte dos painéis na vertical, “de pé”, devido as limitações de dimensões dos veículos.
- Na Figura 34 observa-se o depósito dos painéis de forma horizontal, no entanto estes painéis estão armazenados de forma incorreta por estarem em contato direto com o solo.

Figura 34 – Painéis depositados horizontalmente na fábrica



Fonte: Produzido pelo Autor.

5.5.4 Light Steel Framing – Montagem

Apesar de demandar diversos cuidados especiais no tocante a esquadros, nivelamento, impermeabilização e isolamentos, etapa de montagem dos painéis no canteiro de obras e seu posterior revestimento é bastante rápido e ágil, com diversas etapas podendo ser executadas concomitantemente.

- 1- Recomenda-se que os painéis sejam carregados já na fábrica privilegiando a ordem de montagem para agilizar o trabalho de descarga e montagem no canteiro. Sob hipótese alguma deve-se permitir o contato direto entre o solo e os painéis metálicos para que evite a contaminação por agentes agressivos, desgastes do revestimento e mesmo sujeiras que retardem o momento da montagem.
- 2- Utilizando-se dos gabaritos da etapa de fundação faz-se o nivelamento da base e marca-se o esquadro para o primeiro encontro de painéis.
- 3- Ainda antes de se iniciar a montagem dos painéis deve-se conferir a disponibilidade de todas as ferramentas necessárias.
 - Parafusadeiras com regulagem de torque/rotação e profundidade.
 - Baterias carregadas para parafusadeiras.
 - Parafusos para montagem.
 - Perfis extras.
 - Lixadeira Orbital.
 - Ferramentas de corte.
 - Sargentos.
 - Verificar a integridade da banda acústica na parte inferior dos painéis.
- 4- Instalação do primeiro painel (PE-01): deve ser observada sua orientação na planta de fabricação e em seguida posicionado conforme o sentido descrito na planta de montagem. Seguindo, coloca-se o painel do nível, esquadro e então se escora provisoriamente o topo do pilar à fundação.
- 5- Seguindo a montagem posiciona-se o painel seguinte (PE-02) a 90° do primeiro (Figura 35), nivelado, esquadrado e apurado. Entre os dois

painéis, no topo, parafusa-se um perfil afim de manter o esquadro inicial da edificação.

Figura 35 – Exemplo de montagem dos primeiros painéis.



Fonte: Produzido pelo Autor.

- 6- Procede-se a montagem dos demais painéis, observando o travamento global da estrutura, esquadro e nível das peças.
- 7- Procede-se então a instalação da ancoragem dos painéis à fundação de concreto por meio de chumbadores químicos. A orientação para a correta aplicação do chumbador químico é feita pelo próprio fabricante do produto, bem como a orientação para o seu dimensionamento.
- 8- Instalação das fitas metálicas e contraventamentos, caso não tenham sido feitas durante a etapa de fabricação. Deve-se observar a correta localização, tensão e fixação conforme projeto.
- 9- Instalação das tubulações hidrossanitárias, conduítes e caixas para pontos elétricos e de ar condicionado conforme apresentado na Figura 36, de outra obra em LSF, a tubulação pode ser facilmente instalada entre/sob os perfis metálicos.

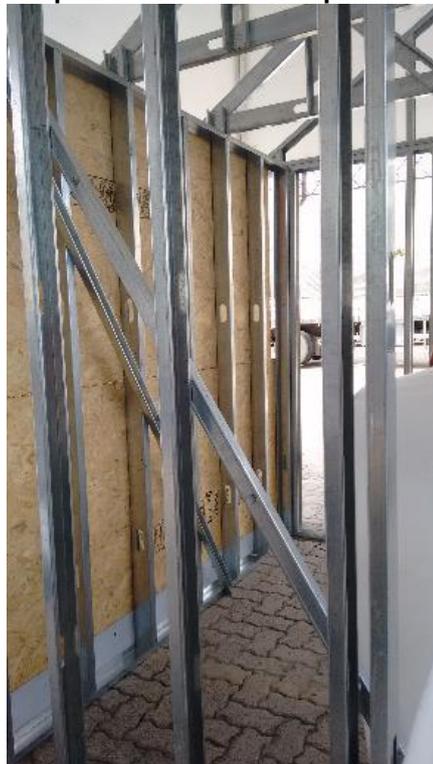
Figura 36 – Tubulações de água, luz e esgoto em entrepiso.



Fonte: Produzido pelo Autor.

10-Instalação do emplaceamento OSB externo e, eventualmente interno, além da membrana hidrófuga. Na instalação da membrana deve ser feito o transpasse inferior de no mínimo 30 cm sob a placa de OSB e ainda observado o sentido da membrana conforme ilustrado pela Figura 37.

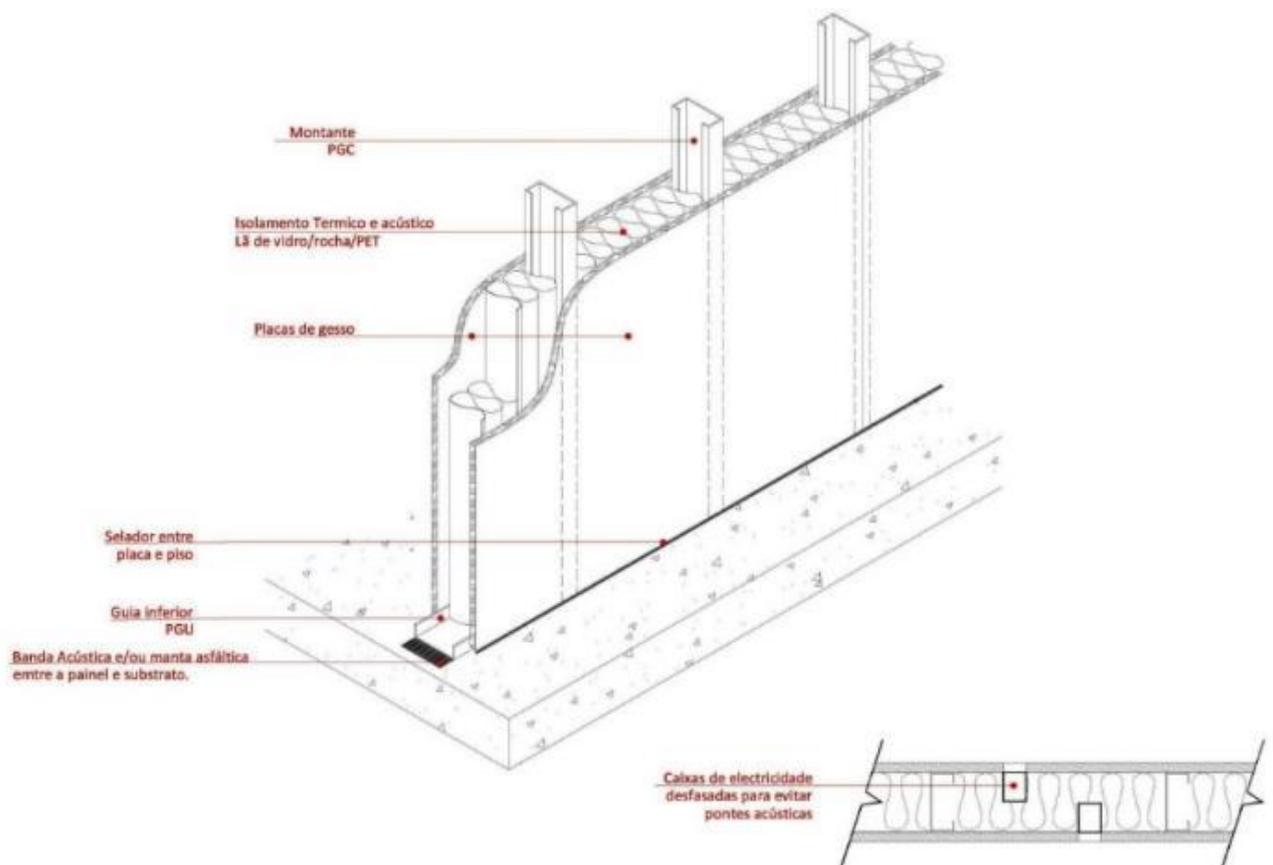
Figura 37 – Instalação da placa OSB com transpasse de membrana hidrófuga.



Fonte: Produzido pelo Autor.

11- Aplicação do isolamento termo acústico no interior das paredes, forros e lajes. Na figura 38 pode-se ver um exemplo de isolamento termo acústico instalado no interior de painel estrutural.

Figura 38 - Esquema de painel interno com isolamento (típico)



Fonte: CONSUL STEEL, 2002.

12- O fechamento interno dos painéis se dá com a instalação das placas de gesso acartonado. Para que isso ocorra sem problemas e com o mínimo de desperdício devem ser respeitadas algumas etapas:

- Paginação de placas ainda na fase de projeto, com o tamanho e tipo, prevendo o reaproveitamento dos retalhos.
- Verificação do esquadro da primeira placa e observação do alinhamento nas demais.
- Posicionar os pontos de utilização de água e energia, realizar os devidos recortes nas chapas de gesso, mantendo alinhamento.

- Parafusar as placas até a cabeça do parafuso ficar rente a face externa da placa.
- Realizar o tratamento das juntas entre placas e entre as paredes e piso/forro. Este rejuntamento deve ser feito com a aplicação de massa para rejunte sobre a junta e sobre os parafusos de fixação da placa. Sobre a massa de rejunte é aplicada uma fita de papel e então uma nova camada de massa.
- Em áreas molhadas deve-se utilizar a placa RU “verde” e sobre esta é aplicada uma camada de catalisador, é realizada a impermeabilização do painel. Para o assentamento de cerâmicas é aplicada uma de cimento colante para “*Drywall*” e então se assentam as cerâmicas comuns.

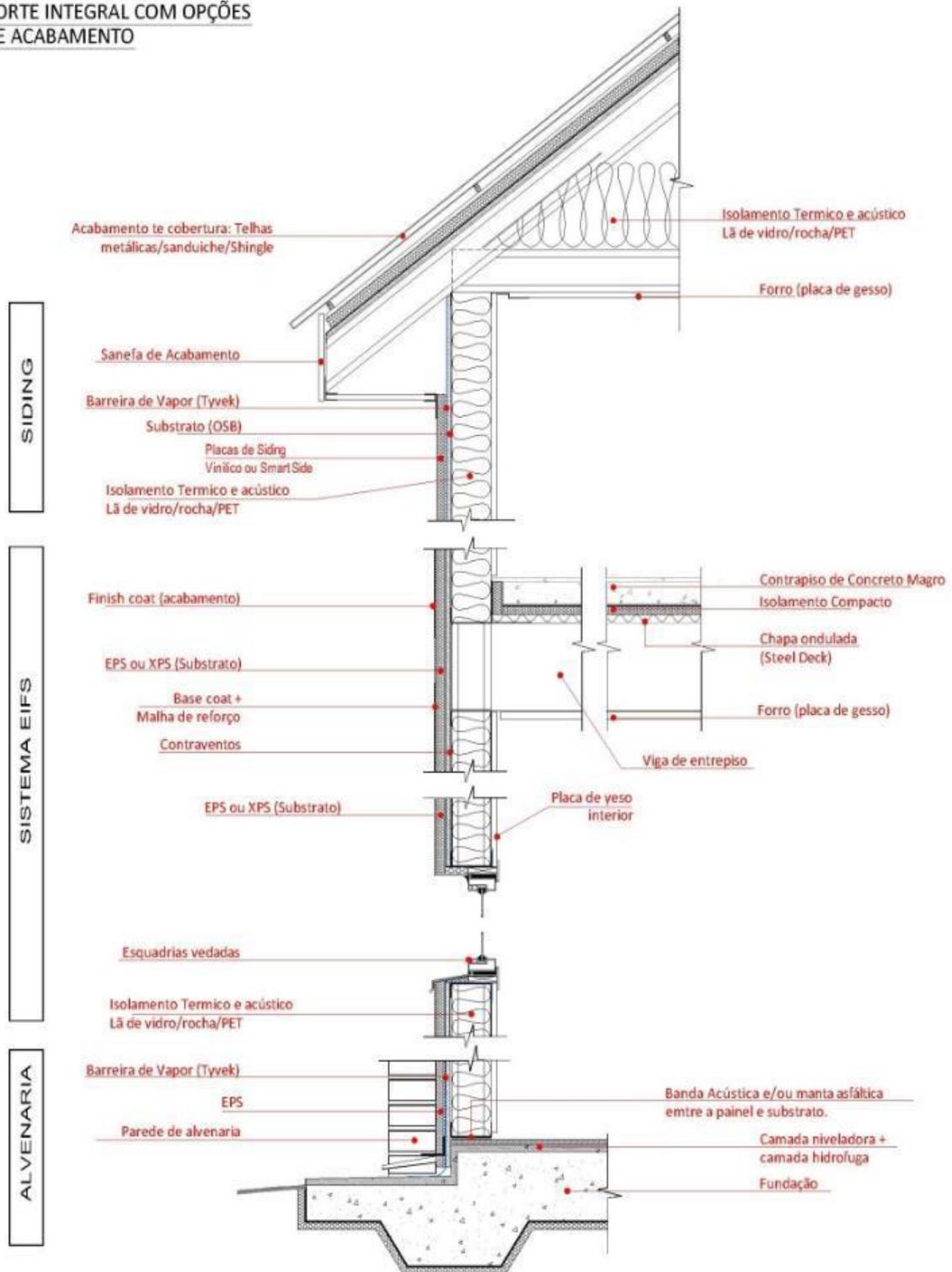
13- Concomitantemente ao fechamento interno dos painéis pode ser feito o fechamento externo. Os cuidados e ferramentas variam conforme o material utilizado, sendo que, para placas cimentícias, toma-se os mesmos cuidados utilizados para placas de gesso.

14- O Processo de pintura interno e externo pode ser feito normalmente, desde que seja passada antes uma camada de selador de base especial para sistemas construtivos secos. Estes seladores tem o objetivo de regulariza a absorção e aumentar a aderência da tinta em relação ao substrato.

15- Instalação das esquadrias, louças e metais.

Figura 39 – Corte de uma estrutura típica em Light Steel Framing

CORTE INTEGRAL COM OPÇÕES DE ACABAMENTO



Fonte: CONSUL STEEL, 2002.

5.1.2.3 Cobertura

Assim como na construção a seco, na alvenaria estrutural também será utilizado telhado do tipo *Shingle*, por ser um sistema com excelente estanqueidade, baixo nível de manutenção, industrializado, rápido, eficiente e esteticamente atraente.

No sistema construtivo em alvenaria estrutural, a sustentação da cobertura será executada no canteiro de obras, com madeira tratada de boa qualidade sendo fixada à cinta superior das alvenarias. As platibandas serão executadas com blocos estruturais e rebocadas por dentro e por fora e contando com rufos chapéu e calhas em aço galvanizado.

Para o Light Steel Frame, a estrutura de cobertura é fabricada juntamente com os painéis e apenas montado na obra. As tesouras e platibandas são executadas com o mesmo aço dos painéis e disporão de revestimento interno e externo em placas cimentícias. No entanto, ao contrário do considerado para as paredes, as platibandas não recebem isolamentos térmicos.

Assim como no sistema de construção a seco, o forro da alternativa em alvenaria estrutural também será em gesso acartonado, dispondo do isolamento térmico e acústico.

Sequência executiva de fabricação e montagem da estrutura de telhado em madeira:

- 1- Utilizando-se dos mesmos equipamentos empregados na confecção das formas e seguindo projeto executivo fornecido o carpinteiro procede então o preparo da madeira para o corte das peças. Deve-se utilizar madeiras secas de boa qualidade, com poucos nós, livre de empenamento ou rachaduras e com tratamento contra o ataque de umidade e de insetos
- 2- Em piso firme e plano, geralmente o contrapiso da própria edificação, marca-se o gabarito para as tesouras.
- 3- Cortam-se todas as peças de madeira necessárias com uma serra circular de mão.
- 4- A união entre todas as peças de madeira das tesouras é feita por meio de pregos.
- 5- A primeira tesoura de cada tipo serve como gabarito para as demais

- 6- As tesouras são fixadas sobre coxins (frechais) de madeira e estes instalados sobre as cintas da alvenaria e posteriormente contraventadas verticalmente por ripas de madeira em diagonal.
- 7- Seguindo instalam-se as terças de madeira espaçadas a cada 40 ou 60 centímetros para que suportem as placas OSB, base para o sistema de cobertura shingle e contraventamentos horizontal da cobertura.

Sequência executiva de montagem dos componentes da estrutura de cobertura em LSF:

- 1- A fabricação dos componentes da cobertura, lajes de entrepiso é executada juntamente com a etapa de fabricação dos painéis de parede e entregues na obra prontos para a instalação.
- 2- Instalação de eventuais lajes de entrepiso e painéis intermediários
- 3- Montagem das platibandas com conferência de esquadro e alinhamento de montantes entre o elemento e o painel inferior.
- 4- Montagem das tesouras. Neste projeto as tesouras serão fixadas diretamente aos montantes da platibanda com parafusos hexagonais.
- 5- Com as tesouras montadas se parafusa perfis diagonais entre as tesouras afim de se aumentar a rigidez do conjunto, funcionando como contraventamento tanto para as platibandas quanto para as tesouras.
- 6- Na parte inferior das tesouras são instalados perfis ômega para suporte de forro. Já na parte superior, são instaladas fitas de contraventamentos e perfis ômega para o suporte das chapas de OSB da cobertura *shingle*.
- 7- Emplacamento exterior e interior das platibandas.

6 ORÇAMENTO

6.1 Serviços iniciais e despesas com projeto e canteiro

Para a elaboração da orçamentação desta fase do trabalho foram tomadas como base sobretudo os relatórios composições e de insumos do SINAPI para construção civil, levando em consideração o mês de agosto de 2015 e sem considerar a desoneração da mão de obra.

Para o levantamento dos custos de projeto adotou-se o critério apresentado na tabela de regulamentação de honorários mínimos para projetos e execução de edificações do sindicato dos engenheiros do Rio Grande do Sul, Senge-RS, levando-se em consideração o valor dos Custos básicos da construção civil, CUB-RS, para o Mês de Outubro de 2015. A edificação analisada se enquadra na categoria de residência unifamiliar padrão normal (Código R 1-N).

Outro fator levado em consideração no orçamento foram as taxas de licenciamento municipais. Para o levantamento destes custos entrou-se em contato com a prefeitura municipal de Xangri-lá, município do litoral norte do Rio Grande do Sul na qual a residência se localizará, no entanto, após diversos contatos por e-mail e por telefone, não se obtiveram os valores das taxas municipais para implantação do empreendimento, assim, para efeito de orçamento, foram utilizados os valores obtidos em consulta a prefeitura Municipal de Venâncio Aires-RS, município do autor do trabalho.

O tempo estimado para a execução da obra foi de 2 meses para a execução em *Light Steel Framing* e de 6 meses para a execução usando a alvenaria estrutural como método construtivo.

As tabelas 01 e 02 apresentam respectivamente os custos diretos com os serviços iniciais e despesas de projeto para *Light Steel Framing* e Alvenaria estrutural de blocos de concreto respectivamente.

Na comparação entre os dois sistemas construtivos observou-se que o principal fator para que houvesse diferença de custo foi o tempo de execução do empreendimento, visto que as estruturas iniciais seriam iguais para os dois sistemas.

Tabela 1 - Serviços iniciais e despesas com projeto e canteiro - Light Steel Framing					
Período (mês(es))					2
Serviço	composição	Consideração	QT/unidade	R\$ Unitário	R\$ Total
Administração/EXECUÇÃO	Senge-RS tab. 6.3	1% CUB/m ² /mês	101,6 m ²	R\$ 31,15	R\$ 3.165,25
Proj. Arquitetônico	Senge-RS tab. 6.3	2% CUB/m ²	101,6 m ²	R\$ 31,15	R\$ 3.165,25
Proj. Estrutural	Senge-RS tab. 6.3	2% CUB/m ²	101,6 m ²	R\$ 31,15	R\$ 3.165,25
Proj. Elétrico/Telefônico	Senge-RS tab. 6.3	0,3% CUB/m ²	101,6 m ²	R\$ 4,67	R\$ 474,79
Proj. Hidrossanitário	Senge-RS tab. 6.3	0,2% CUB/m ²	101,6 m ²	R\$ 3,12	R\$ 316,52
Levantamento Topográfico	Por empresa pret	m ² do lote	364 m ²	R\$ 0,60	R\$ 218,40
Cópias e plotagens	3 vias proj. A2	m ² de prancha	4 m ²	R\$ 10,00	R\$ 40,00
Taxas e lic. - Alinhamento	Prefeitura V. Aires	18 UPM	18 UPM	R\$ 3,25	R\$ 13,00
Taxas e lic. - Lic. Construção	Prefeitura V. Aires	0,64 UPM/m ²	65 UPM	R\$ 3,25	R\$ 58,50
Taxas e lic. - Lic. Tapume	Prefeitura V. Aires	36 UPM	36 UPM	R\$ 3,25	R\$ 211,33
Taxas e lic. - Número edif.	Prefeitura V. Aires	9,8 UPM	9,8 UPM	R\$ 3,25	R\$ 117,00
Taxas e lic. - Habite-se	Prefeitura V. Aires	18 UPM	18 UPM	R\$ 3,25	R\$ 31,85
Placa de obra	SINAPI 74209/1	tab 08/2015	0,25 m ²	R\$ 227,51	R\$ 56,88
Tapume	SINAPI 74220/1	8x2,2 - reap. 2x	17,6 m ²	R\$ 41,37	R\$ 728,11
Escritório	SINAPI				
Depósito cimento	SINAPI	73805/1	2,5x5- reap 5x	12,5 m ²	R\$ 304,30
Depósito ferramentas	SINAPI				
Refeitório	SINAPI				
Banheiro	SINAPI 73752/1				
Telheiro	SINAPI 85253	Reap 3x	12,5 m ²	R\$ 184,96	R\$ 2.312,00
Eletricidade e água	Consideradas nas instalações definitivas				
Locação de obra	SINAPI 74077/1	Sem Reap.	101,6 m ²	R\$ 6,65	R\$ 675,64
Consumo energia elet.	SINAPI 2705	kWh	945,7 kWh	R\$ 0,51	R\$ 482,31
Consumo de água.	Corsan	m ³ /mês	4 m ³	R\$ 5,11	R\$ 40,88
Limp. mecanizada do lote	SINAPI 73822/2	motoniveladora	364 m ²	R\$ 0,48	R\$ 174,72
Retirada de entulho	SINAPI 72209		6 m ³	R\$ 17,00	R\$ 102,00
Total					R\$ 23.099,89

Fonte: Produzido pelo autor

Tabela 2- Serviços iniciais e despesas com projeto e canteiro - Alvenaria Estrutural					
Período (mês(es))					6
Serviço	composição	Consideração	QT/unidade	R\$ Unitário	R\$ Total
Administração/EXECUÇÃO	Senge-RS tab. 6.3	1% CUB/m ² / mês	101,6 m ²	R\$ 93,46	R\$ 9.495,74
Proj. Arquitetônico	Senge-RS tab. 6.3	2% CUB/m ²	101,6 m ²	R\$ 31,15	R\$ 3.165,25
Proj. Estrutural	Senge-RS tab. 6.3	1% CUB/m ²	101,6 m ²	R\$ 15,58	R\$ 1.582,62
Proj. Elétrico/Telefônico	Senge-RS tab. 6.3	0,3% CUB/m ²	101,6 m ²	R\$ 4,67	R\$ 474,79
Proj. Hidrossanitário	Senge-RS tab. 6.3	0,2% CUB/m ²	101,6 m ²	R\$ 3,12	R\$ 316,52
Levantamento Topográfico	Por empresa Local	m ² do lote	364 m ²	R\$ 0,60	R\$ 218,40
Cópias e plotagens	3 vias proj. A2	m ² de prancha	4 m ²	R\$ 10,00	R\$ 40,00
Taxas e lic. - Alinhamento	Prefeitura V. Aires	18 UPM	18 UPM	R\$ 3,25	R\$ 13,00
Taxas e lic. - Lic. Construção	Prefeitura V. Aires	0,64 UPM/m ²	65 UPM	R\$ 3,25	R\$ 58,50
Taxas e lic. - Lic. Tapume	Prefeitura V. Aires	36 UPM	36 UPM	R\$ 3,25	R\$ 211,33
Taxas e lic. - Número edif.	Prefeitura V. Aires	9,8 UPM	9,8 UPM	R\$ 3,25	R\$ 117,00
Taxas e lic. - Habite-se	Prefeitura V. Aires	18 UPM	18 UPM	R\$ 3,25	R\$ 31,85
Placa de obra	SINAPI 74209/1	tab 08/2015	0,25 m ²	R\$ 227,51	R\$ 56,88
Tapume	SINAPI 74220/1	8x2,2 - reap. 2x	17,6 m ²	R\$ 41,37	R\$ 728,11
Escritório	SINAPI				
Depósito cimento	SINAPI	73805/1	2,5x5- reap 5x	12,5 m ²	R\$ 304,30
Depósito ferramentas	SINAPI				
Refeitório	SINAPI				
Banheiro	SINAPI 73752/1				
Telheiro	SINAPI 85253	Reap 3x	12,5 m ²	R\$ 184,96	R\$ 2.312,00
Eletricidade e água	Consideradas nas instalações definitivas				
Locação de obra	SINAPI 74077/1	Sem Reap.	101,6 m ²	R\$ 6,65	R\$ 675,64
Consumo energia elet.	SINAPI 2705	kWh	855 kWh	R\$ 0,51	R\$ 436,05
Consumo de água.	Corsan	m ³ /mês	10 m ³	R\$ 5,11	R\$ 306,60
Limp. mecanizada do lote	SINAPI 73822/2	motoniveladora	364 m ²	R\$ 0,48	R\$ 174,72
Retirada de entulho	SINAPI 72209		6 m ³	R\$ 17,00	R\$ 102,00
Total					R\$ 28.067,22

Fonte: Produzido pelo autor

6.2 Infraestrutura e obras complementares

Para a orçamentação da etapa de fundação em radier foram levadas em consideração as composições de custo de insumos do SINAPI também para o mês de agosto de 2015, para o Rio Grande do Sul, sem considerar a desoneração da folha de pagamento.

Como esperado, não houveram diferenças significativas de custo entre as fundações orçadas para cada sistema construtivo, isso se deve ao fato de nos dois casos o carregamento ser bastante pequeno, não exigindo o limite máximo das fundações. A variação observada nos orçamentos se deve a diferença de bitolas de aço empregados na armadura de fundação para alvenaria estrutural, mais pesada quando comparada às necessárias para o LSF.

A tabela 03 apresenta os custos apurados para a fundação aplicada ao sistema de construção a seco, já a tabela 04 apresenta os custos para a execução da fundação necessária para a alvenaria estrutural.

Tabela 03 - infraestrutura e obras complementares - Para Light Steel Framing					
Serviço	Composição Sinapi	Consideração	QT/unidade	R\$ unitário	R\$ total
Formas	74074/4	Sem Reap.	58 m ²	R\$ 70,06	R\$ 4.063,48
Concreto Fck 30MPa	74138/2	Bomb+ adens.	18,04 m ³	R\$ 389,35	R\$ 7.023,87
Armadura Neg. vigas	00031	4x10mm	286 Kg	R\$ 3,95	R\$ 1.129,70
Armadura Pos. vigas	00022	2x6,3mm	57 kg	R\$ 4,14	R\$ 235,98
Estribos	00039	5c/18cm	95 Kg	R\$ 3,92	R\$ 372,40
Arame Recoz	00337	1kg/m	116 Kg	R\$ 7,62	R\$ 883,92
Malha pop Fundação	21141	15x15x4,2	137 m ²	R\$ 7,13	R\$ 976,81
Lastro de brita	04721	Brita 1	13,7 m ³	R\$ 45,00	R\$ 616,50
Geotextil	04013	Bidim	302 m ²	R\$ 4,76	R\$ 1.437,52
Armador	88245	C/ Encargos	27,06 h	R\$ 14,65	R\$ 396,43
Aux. Armador	88235	C/ Encargos	27,06 h	R\$ 11,85	R\$ 320,66
Carpinteiro de forma	88262	C/ Encargos	27,06 h	R\$ 14,65	R\$ 396,43
Aux. Carpinteiro	88239	C/ Encargos	27,06 h	R\$ 11,85	R\$ 320,66
Pedreiro	88309	C/ Encargos	27,06 h	R\$ 14,65	R\$ 396,43
Servente	88242	C/ Encargos	47,61 h	R\$ 11,59	R\$ 551,80
Total					R\$ 19.122,59

Fonte: Produzido pelo autor

Tabela 04 - infraestrutura e obras complementares - Para Alvenaria Estrutura					
Serviço	Composição Sinapi	Consideração	QT/unidade	R\$ unitário	R\$ total
Formas	74074/4	Sem Reap.	58 m ²	R\$ 70,06	R\$ 4.063,48
Concreto Fck 30MPa	74138/2	Bomb+ adens.	18,04 m ³	R\$ 389,35	R\$ 7.023,87
Armadura Neg. vigas	00031	4x12,5mm	447 Kg	R\$ 3,75	R\$ 1.676,25
Armadura Pos. vigas	00022	2x6,3mm	57 kg	R\$ 4,14	R\$ 235,98
Estribos	00039	5c/15cm	119 Kg	R\$ 3,92	R\$ 466,48
Arame Recoz	00337	1kg/m	116 Kg	R\$ 7,62	R\$ 883,92
Malha pop Fundação	21141	15x15x4,2	137 m ²	R\$ 7,13	R\$ 976,81
Lastro de brita	04721	Brita 1	13,7 m ³	R\$ 45,00	R\$ 616,50
Geotextil	04013	Bidim	302 m ²	R\$ 4,76	R\$ 1.437,52
Armador	88245	C/ Encargos	27,06 h	R\$ 14,65	R\$ 396,43
Aux. Armador	88235	C/ Encargos	27,06 h	R\$ 11,85	R\$ 320,66
Carpinteiro de forma	88262	C/ Encargos	27,06 h	R\$ 14,65	R\$ 396,43
Aux. Carpinteiro	88239	C/ Encargos	27,06 h	R\$ 11,85	R\$ 320,66
Pedreiro	88309	C/ Encargos	27,06 h	R\$ 14,65	R\$ 396,43
Servente	88242	C/ Encargos	47,61 h	R\$ 11,59	R\$ 551,80
Total					R\$ 19.763,22

Fonte: Produzido pelo autor

6.3 Custos de elevação, revestimento, pintura, estrutura de cobertura e forro para a estrutura em *Light Steel Framing*.

Para levantamento dos custos referentes a estrutura em LSF foi necessário desenvolver uma nova composição de custos unitários, visto que não existe um banco de dados confiável e gratuito, como o do SINAPI por exemplo, para que se pudesse obter os dados de forma direta. A composição dos custos unitários básicos para Light Steel Framing, conforme exposto na Tabela 06, se discriminam os materiais cotados, sua incidência, seu custo além do custo total da etapa.

Os materiais para o LSF foram cotados com empresas especializadas em materiais para sistema construtivos leves e estão devidamente referenciadas no último capítulo deste trabalho.

A tabela 5 deste trabalho apresenta o orçamento para a elevação (fabricação e montagem), revestimento e pintura dos painéis de paredes tanto internos quanto externos, platibandas além da fabricação e montagem de toda a estrutura de forro e cobertura. A tabela também apresenta a fração do custo devido a mão de obra empregada.

Tabela 05 - Elevação, revestimento, pintura, estrutura de cobertura e forro- Para Light Steel Framing					
Elemento	Composição	Area Total m²	Valor Unitário	Valor total	% M.O.
Painéis Externos em LSF	Tabela 06	150,2	R\$ 147,47	R\$ 22.149,99	11,3%
Painéis Internos LSF	Tabela 06	79,69	R\$ 128,75	R\$ 10.260,09	14,7%
Estrutura de forro e Cobertura	Tabela 06	101,7	R\$ 37,45	R\$ 3.808,67	14,9%
Revestimento de parede Grês 25x35 Interno	Sinapi 87269	94,87	R\$ 44,45	R\$ 4.216,97	31%
Revestimento de Piso Porcelanato 60x60cm Interno	Sinapi 27262	96	R\$ 78,72	R\$ 7.557,12	19%
Forro Interno Gesso Acartonado	Sinapi 73986/001	96	R\$ 29,62	R\$ 2.843,52	48%
Total				R\$ 50.836,36	17%

Fonte: Produzido pelo autor

Tabela 06 - Composição de custo direto para paredes em LSF											
Insumo	Serviço Custo	Revestimento Externo		Revestimento Interno		Painéis - Estrutura		Painéis - Est. Cobertura e forro		Mão de obra - Encargos sociais 115,67% (horistas)	Valor
		Incidência por m²	Valor	Incidência por m²	Valor	Incidência por m²	Valor	Incidência por m²	Valor		
Montador/Pintor - Com encargos	R\$ 12,85	0,5	R\$ 6,43	0,6	R\$ 7,71	0,25	R\$ 3,21	0,25	R\$ 3,21		
Servente - Com encargos	R\$ 9,38	0,5	R\$ 4,69	0,6	R\$ 5,63	0,25	R\$ 2,35	0,25	R\$ 2,35		
Total			R\$ 11,12		R\$ 13,34		R\$ 5,56		R\$ 5,56		
Materiais											
Placa Cimentícia 1200x2400x8mm	R\$ 93,90	0,34	R\$ 31,93	x		x		x			
Placa OSB 1200x2400x9,5mm	R\$ 35,90	0,34	R\$ 12,21	x		x		x			
Placa de Gesso Acartonado	R\$ 39,90	x		0,7	R\$ -	x		x			
Placa de Gesso Acartonado RU	R\$ 49,90	x		0,15	R\$ -	x		x			
Placa de Gesso Acartonado RF	R\$ 45,90	x		0,15	R\$ -	x		x			
Manta Tyvek rolo 1x30m	R\$ 228,00	0,033	R\$ 7,52	x		x		x			
Lã de Pet	R\$ 132,00	0,067	R\$ 8,84	x		x		x			
Parafusos 8x 1,1/4"	R\$ 0,19	0,17	R\$ 0,03	0,18	R\$ -	x		x			
Perfil U (guia) Kg											
Perfil C (montante) Kg											
Fita metálica Kg	R\$ 5,50	x		x		7,1	R\$ 39,05	5,38	R\$ 29,59		
Placa gousset 200x200mm Kg											
Chumbador químico											
Tinta Latex PVA Premium (litro)	R\$ 12,87	0,18	R\$ 2,32	0,18	R\$ -	x		x			
Selador Latex PVA (litro)	R\$ 5,49	0,9	R\$ 4,94	0,9	R\$ -	x		x			
Massa de Junta Kg (Balde de 30 kg)	R\$ 2,49	1,16	R\$ 2,89	0,058	R\$ -	x		x			
Fita de Fibra de vidro 150m	R\$ 15,90	0,0095	R\$ 0,15	0,0095	R\$ -	x		x			
Banda Acústica 30m	R\$ 63,90	0,011	R\$ -		R\$ -	0,3	R\$ 19,17	x			
Parafuso Autotravante 4,8x19mm	R\$ 0,19	x		x		9	R\$ 1,71	12	R\$ 2,28		
Equipamentos											
Parafusadeira	R\$ 0,15	0,1	R\$ 0,02	0,1	R\$ 0,02	0,1	R\$ 0,02	0,1	R\$ 0,02		
Polimento	R\$ 0,20	x		x		0,05	R\$ 0,01	0,05	R\$ 0,01		
Sub Totais			R\$ 81,96		R\$ 63,24		R\$ 65,51		R\$ 37,45		
Total Paredes externas			R\$ 147,47		R\$ 16,675		R\$ 16,675		R\$ 16,675		11,3%
Total Paredes internas			R\$ 128,75		R\$ 18,9		R\$ 18,9		R\$ 18,9		14,7%
Total Estrutura cobertura			R\$ 37,45		R\$ 5,56		R\$ 5,56		R\$ 5,56		14,9%

Fonte: Produzido pelo Autor.

6.4 Custos de elevação, revestimento, pintura, estrutura de cobertura e forro para a estrutura em Alvenaria.

Para o levantamento de custos da etapa de alvenaria estrutural buscou-se todas as informações nas tabelas disponibilizadas pelo SINAPI em seu relatório de composições. Para que houvesse uma uniformidade no trabalho, facilitando a compreensão, os serviços foram agrupados para orçamento da mesma forma que no executado para o sistema de construção a seco. O orçamento para as etapas de assentamento e revestimento de paredes e piso (argamassado e cerâmico), além de pinturas além da estrutura de suporte da cobertura e forro de gesso (suporte e aplicação) está expresso na tabela 07.

Por ter o suporte semelhante, a estrutura da cobertura foi orçada como se desse suporte a telhas onduladas de fibrocimento.

A tabela 08 exibe o impacto da mão de obra no custo total das etapas construtivas orçadas.

Tabela 07 - Elevação, revestimento, pintura, estrutura de cobertura e forro- Para Alvenaria Estrutural				
Elemento	Composição	Area Total m ²	Valor Unitário	Valor total
Parede de 14cm, bloco de concreto, com a utilização de palheta, sem vãos - Area > 6m ²	Sinapi 89454	83,52	R\$ 51,56	R\$ 4.306,29
Parede de 14cm, bloco de concreto, com a utilização de palheta, sem vãos - Area < 6m ²	Sinapi 89453	32,77	R\$ 53,54	R\$ 1.754,51
Parede de 14cm, bloco de concreto, com a utilização de palheta, com vãos - Area > 6m ²	Sinapi 89458	141,37	R\$ 53,19	R\$ 7.519,47
Parede de 14cm, bloco de concreto, com a utilização de palheta, com vãos - Area < 6m ²	Sinapi 89457	9,91	R\$ 53,35	R\$ 528,70
Revestimento externo 35mm massa única - Sem Vãos	Sinapi 87797	23,05	R\$ 29,83	R\$ 687,58
Revestimento externo 35mm massa única - Com Vãos	Sinapi 87779	127,2	R\$ 41,95	R\$ 5.336,04
Revestimento interno 25mm massa única - Sem Vãos	Sinapi 87792	85,28	R\$ 23,83	R\$ 2.032,22
Revestimento interno 25mm massa única -Com Vãos	Sinapi 87775	67,21	R\$ 35,68	R\$ 2.398,05
Revestimento de parede Grês 25x35 Interno	Sinapi 87269	94,87	R\$ 44,45	R\$ 4.216,97
Revestimento de Piso Porcelanato 60x60cm Interno	Sinapi 27262	96	R\$ 78,72	R\$ 7.557,12
Estrutura de madeira de Lei de 1ª qualidade, Serrada, não aparelhada, para telhas onduladas, vãos de até 7 metros	Sinapi 72081	101,7	R\$ 64,98	R\$ 6.608,47
Pintura latex PVA mais Selador Acrilico	Sinapi 88487 88485	302,74	R\$ 8,60	R\$ 2.603,56
Barroteamento para forro, com peças de madeira de 2,5X10cm, espaçadas a cada 50cm	Sinapi 84091	101,7	R\$ 41,75	R\$ 4.245,98
Forro Interno Gesso Acartonado	Sinapi 73986/001	96	R\$ 29,62	R\$ 2.843,52
Total das paredes, Estrutura cobertura piso e forro instalados			R\$ 52.638,48	

Fonte: Produzido pelo autor

Tabela 08 - Mão de obra para elevação, revestimento, pintura, estrutura de cobertura e forro- Para Alvenaria Estrutural										
Serviço	Função	CHR	Fator	Custo Total	%	Função	CHR	Fator	Custo Total	%
Parede de 14cm, bloco de concreto, com a utilização de palheta, sem vãos - Area > 6m²	Pedreiro 88309	R\$ 16,43	0,46	R\$ 631,23	15%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,35	R\$ 390,25	9%
Parede de 14cm, bloco de concreto, com a utilização de palheta, sem vãos - Area < 6m²	Pedreiro 88309	R\$ 16,43	0,49	R\$ 263,82	15%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,47	R\$ 205,62	12%
Parede de 14cm, bloco de concreto, com a utilização de palheta, com vãos - Area > 6m²	Pedreiro 88309	R\$ 16,43	0,51	R\$ 1.184,58	16%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,38	R\$ 717,17	10%
Parede de 14cm, bloco de concreto, com a utilização de palheta, com vãos - Area < 6m²	Pedreiro 88309	R\$ 16,43	0,57	R\$ 92,81	18%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,43	R\$ 56,89	11%
Revestimento externo 35mm massa única - Sem Vãos	Pedreiro 88309	R\$ 16,43	0,48	R\$ 181,78	26%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,48	R\$ 147,70	21%
Revestimento externo 35mm massa única - Com Vãos	Pedreiro 88309	R\$ 16,43	0,86	R\$ 1.797,31	34%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,86	R\$ 1.460,38	27%
Revestimento interno 25mm massa única - Sem Vãos	Pedreiro 88309	R\$ 16,43	0,4	R\$ 560,46	28%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,4	R\$ 455,40	22%
Revestimento interno 25mm massa única -Com Vãos	Pedreiro 88309	R\$ 16,43	0,78	R\$ 861,32	36%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,78	R\$ 699,86	29%
Revestimento de parede Grés 25x35 Interno	Azulejista 88256	R\$ 15,25	0,61	R\$ 882,53	21%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,34	R\$ 430,61	10%
Revestimento de Piso Porcelanato 60x60cm Interno	Azulejista 88256	R\$ 15,25	0,7	R\$ 1.024,80	14%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,34	R\$ 435,74	6%
Estrutura de madeira de Lei de 1ª qualidade, Serrada, não aparelhada, para telhas onduladas, vãos de até 7 metros	Carpinteiro 88262	R\$ 16,43	0,95	R\$ 1.587,38	24%	Ajud. Carp 88239	R\$ 13,19	0,95	R\$ 1.274,35	19%
Pintura latex PVA mais Selador Acrílico	Pintor 88310	R\$ 16,43	0,52	R\$ 2.586,49	99%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,062	R\$ 250,58	10%
Barroteamento para forro, com peças de madeira de 2,5X10cm, espaçadas a cada 50cm	Carpinteiro 88262	R\$ 16,43	0,8	R\$ 1.336,74	31%	Ajud. Carp 88239	R\$ 13,19	0,8	R\$ 1.073,14	25%
Forro Interno Gesso Acartonado	Gesseiro 88269	R\$ 14,90	0,5	R\$ 715,20	25%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,5	R\$ 640,80	23%
Total				R\$ 13.706,46	26%				R\$ 8.238,49	16%
									R\$ 21.944,95	42%

Fonte: Produzido pelo autor

6.5 Custos de telhado.

O orçamento foi realizado levando em consideração o preço de mercado da mão de obra e dos materiais referentes ao telhado Shingle. Os acessórios como rufos e calhas foram orçados respeitando a tabela SINAPI.

Tabela 09 - Telhado Shingle				
Elemento	Composição	Quant.	Valor Un.	Valor total
Calha em chapa de aço galvanizado nº 24, com desenvolvimento de 50 cm	Sinapi 72105	21,4 m	R\$ 41,72	R\$ 893,64
Rufo (Algeroz) em chapa de aço galvanizado nº 24, com desenvolvimento de 25 cm	Sinapi 72107	59,5 m	R\$ 20,67	R\$ 1.229,87
Telhas Shingle + OSB 11,1mm + Subcobertura + Pregos +10% de perda	DryStore	111 m ²	R\$ 59,90	R\$ 6.618,95
Cumeeira ventilada	DryStore	17,7 m	R\$ 69,90	R\$ 1.237,23
Mão de obra de instalação da cobertura				
Instalador + servente	SteelHouse	111 m ²	R\$ 22,50	R\$ 2.486,25
Total				R\$ 12.465,94
Impacto da M.O.				20%

Fonte: Produzido pelo Autor.

6.6 Custos com esquadrias, instalações elétricas e hidrossanitárias.

As instalações elétricas e hidrossanitárias foram consideradas idênticas para os dois sistemas construtivos, levando em consideração preços de mercado e as tabelas do SINAPI conforme descrito nas tabelas 10 e 11.

Neste trabalho não foram considerados os custos com as esquadrias pelo fato de não se ter uma fonte de custo para as esquadrias personalizadas do projeto analisado e, mesmo após diversos contatos com fabricantes, nenhum resultado foi obtido. Como para as duas alternativas construtivas utilizariam esquadrias semelhantes e teoricamente com pouca variação de custos, este parâmetro de projeto não prejudica a comparação e entre os sistemas construtivos.

Tabela 10 - Instalações hidrossanitárias				
Material	Composição/fonte	QT./unidade	Valor unitário	Valor Total
Tubo 100mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	100 m	R\$ 8,31	R\$ 831,00
Tubo 50mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	8 m	R\$ 12,63	R\$ 101,04
Tubo 32mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	20 m	R\$ 5,63	R\$ 112,60
Tubo 25mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	22 m	R\$ 2,63	R\$ 57,86
Conexão T 100mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	9 un	R\$ 12,79	R\$ 115,11
Conexão T 32mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	3 un	R\$ 2,69	R\$ 8,07
Conexão T 25mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	15 un	R\$ 4,29	R\$ 64,35
Joelho 90 100mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	9 un	R\$ 16,89	R\$ 152,01
Joelho 90° 32	Leroy Merlyn 28/10/2015	2 un	R\$ 5,49	R\$ 10,98
Joelho 90° 25	Leroy Merlyn 28/10/2015	18 un	R\$ 5,90	R\$ 106,20
Curva 45° 100	Leroy Merlyn 28/10/2015	3 un	R\$ 4,09	R\$ 12,27
Curva 45° 25	Leroy Merlyn 28/10/2015	1 un	R\$ 1,11	R\$ 1,11
Reg. Gaveta 32mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	2 un	R\$ 46,90	R\$ 93,80
Reg. Gaveta 25mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	7 un	R\$ 26,90	R\$ 188,30
Redução 32-25mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	11 un	R\$ 1,10	R\$ 12,10
Redução 100-50	Leroy Merlyn 28/10/2015	3 un	R\$ 5,89	R\$ 17,67
Ralo Seco	Leroy Merlyn 28/10/2015	4 un	R\$ 26,90	R\$ 107,60
Válvula de boia	Leroy Merlyn 28/10/2015	1 un	R\$ 35,90	R\$ 35,90
Reservatório 1000 l	Leroy Merlyn 28/10/2015	1 un	R\$ 296,90	R\$ 296,90
Cavalete	Sinapi 73827/1	1 un	R\$ 53,14	R\$ 53,14
Caixa sifonada	Leroy Merlyn 28/10/2015	4 un	R\$ 29,90	R\$ 119,60
Caixa de gordura	Leroy Merlyn 28/10/2015	1 un	R\$ 228,90	R\$ 228,90
Caixa de inspeção 100X100cm	Sinapi72290	1 un	R\$ 357,59	R\$ 357,59
Caixa Inspeção 60X60m	Sinapi72289	2 un	R\$ 317,26	R\$ 634,52
Escavação e reaterro de vala p/ Fc	Sinapi 79480	3 m³	R\$ 2,72	R\$ 8,16
Fossa e filtro	TaQi 28/10/2015	1 un	R\$ 791,12	R\$ 791,12
Mão de obra	Sinapi 88267	27 h	R\$ 26,52	R\$ 716,04
Total				R\$ 5.233,94

Fonte: Produzido pelo autor

tabela 11 - Instalações elétricas				
Material	Composição Sinapi	QT./unidade	Valor unitário	Valor Total
QUADRO DE DISTRIBUICAO p/12 disjuntores (Interno)	83463	1 pc	R\$ 237,64	R\$ 237,64
disjuntor termomagnético monopolar 10A INSTALADO	74130/001	7 un	R\$ 10,56	R\$ 73,92
disjuntor termomagnético monopolar 15A INSTALADO				
disjuntor termomagnético monopolar 35A INSTALADO	74130/002	2 un	R\$ 16,28	R\$ 32,56
Cabo de Cobre isolado PVC -cores- 450/750V 2,5mm² - instalado	73860/8	1220 m	R\$ 2,74	R\$ 3.342,80
Cabo de Cobre isolado PVC -cores- 450/750V 4mm² - instalado	73860/9	44 m	R\$ 3,93	R\$ 172,92
Cabo de Cobre isolado PVC -cores- 450/750V 6mm² - instalado	73860/10	22 m	R\$ 5,24	R\$ 115,28
Caixa de passagem 4"X2" PVC Instalada	83386	48 un	R\$ 5,96	R\$ 286,08
Caixa de passagem Octogonal 3" PVC Instalada	83388	16 un	R\$ 8,30	R\$ 132,80
Eletroduto de PVC Flexível Corrugado 3/4" Instalado	72934	410 m	R\$ 5,02	R\$ 2.058,20
Luminária interna para 1 lamp. Tipo Spot - Instalado	74094	14 un	R\$ 27,75	R\$ 388,50
Luminária interna p/ Fluorecente 2x40w completa - Instalado	73953/6	2 un	R\$ 102,06	R\$ 204,12
Interruptor Paralelo c/1 tecla e 1 tomada c/placa - Instalado	84266	4 un	R\$ 23,96	R\$ 95,84
Interruptor Paralelo c/1 tecla c/placa - Instalado	72334	9 un	R\$ 14,33	R\$ 128,97
Interruptor Paralelo c/2 teclas c/placa - Instalado	84542	3 un	R\$ 28,34	R\$ 85,02
Interruptor Simples c/1 tecla c/placa - Instalado	72332	2 un	R\$ 18,07	R\$ 36,14
Tomada de embutir 2p+t 10A/250V c/placa - Instalado	83540	12 un	R\$ 11,51	R\$ 138,12
Tomada de embutir 2p+t 20A/250V c/placa - Instalado	83555	6 un	R\$ 20,53	R\$ 123,18
Tomada de embutir 2x 2p+t 10A/250V c/placa - Instalado	83566	6 un	R\$ 18,71	R\$ 112,26
Entrada energia elétrica Trifásica 40A c/poste concreto c/cabeamento, proteção do medidor e aterramento	9540	1 un	R\$ 1.300,00	R\$ 1.300,00
	41598			
Total				R\$ 9.064,35

Fonte: Produzido pelo autor

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a análise detalhada dos processos construtivos, foi constatado que tanto os sistemas construtivos em Light Steel Framing quanto em Alvenaria estrutural possuem características importantes de industrialização e racionalização do uso dos recursos disponíveis.

Na construção a seco, as características de industrialização são mais evidentes uma vez que empregam materiais totalmente industrializados sem grandes adaptações em obra. Grande parte do processo construtivo pode ser executado em ambiente fabril, mesmo distante do local da edificação, cabendo ao canteiro apenas as etapas de montagem e fechamento da estrutura e assentamento de cerâmica, instalações elétricas e hidráulicas. Sem contar o fato de que na construção a seco as etapas de canteiro podem muitas vezes ser executadas simultaneamente, reduzindo ainda mais o tempo de execução.

Na alvenaria estrutural o número de operações no canteiro de obras é significativamente maior, requerendo maiores tempos de cura entre um processo e outro, tornando os processos interdependentes.

O resultado dessa diferença entre os dois sistemas construtivos é uma obra até 60% mais rápida na utilização do LSF, o que implica diretamente nos custos da obra e no tempo de retorno do capital investido. Assim, no quesito tempo de execução o Light Steel Framing é mais vantajoso quando comparado a outros métodos construtivos.

Outro fator a ser considerado quando comparados os dois sistemas construtivos é a eficiência energética, limpeza organização e redução de resíduos sólidos no canteiro de obras em LSF comparadas a alvenaria estrutural.

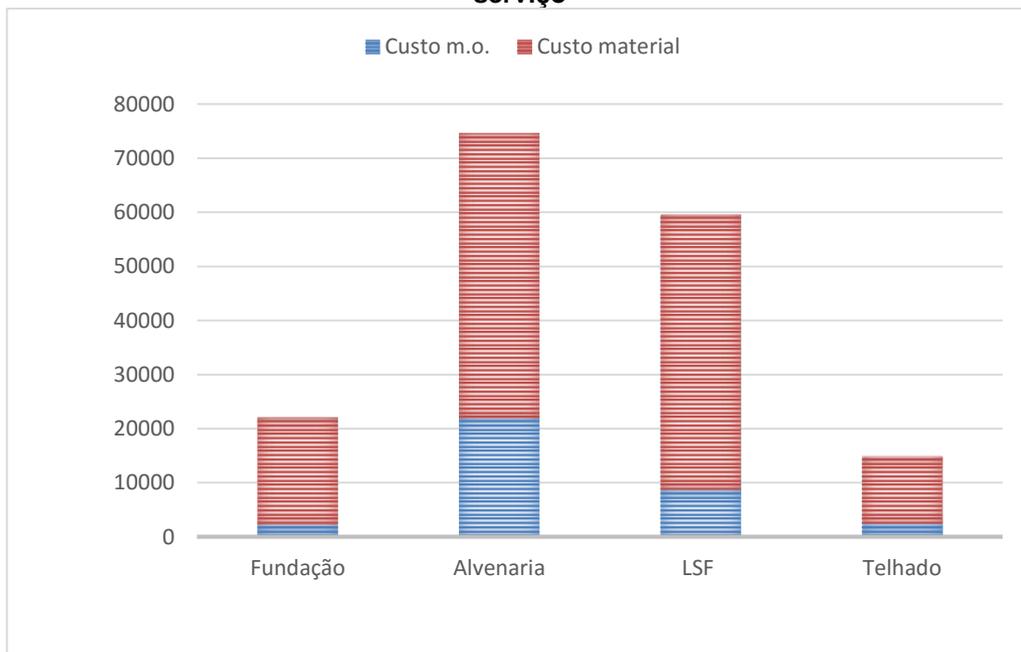
Ao observar os processos construtivos se constata uma significativa redução no consumo de água bem como redução do descarte de matérias primas na construção em LSF no qual o uso da água é restrito ao preparo da argamassa colante para a cerâmica, para o preparo das juntas de placas. Também se constata uma menor necessidade de transporte de material pela obra, o que significa a redução dos tempos auxiliares e improdutivos.

Para a alvenaria estrutural o uso da água ainda é constante, tanto para a confecção da argamassa quanto para a cura e limpeza dos elementos, também

observando algum desperdício de material e principalmente de tempo em atividades secundárias e de espera.

Um fator depreendido na análise dos processos e já explicitada diversas vezes nas bibliografias é o fator da necessidade de treinamento da mão-de-obra, pesando negativamente contra o sistema de construção a seco. No entanto este fator também pesa sobre a alvenaria estrutural, sob a qual o custo da mão de obra, ainda que mais barata impacta mais no custo final do serviço (42% - Tabela 08) por ficar mais tempo a serviço da obra. Sem contar o fato de que, assim como o LSF, também não aceita retrabalhos e adaptações. A figura 40 apresenta a relação do custo da mão de obra para o custo final do serviço.

Figura 40 - Gráfico representando a influência do custo da mão de obra no custo total do serviço



Fonte: Produzido pelo Autor.

Quanto ao nível de acabamento da edificação, na parte exterior possui nível semelhante nos dois sistemas, no entanto, na parte interna as paredes de gesso acartonado tendem a apresentar uma superfície mais lisa e suave em relação à técnica do reboco paulista desempenado, sem massa corrida ou revestimento de gesso.

Quanto a eficiência energética, térmica e acústica entre os dois sistemas construtivos se constata uma grande diferença em termos de desempenho, visto que na alvenaria estrutural não se utilizam tratamentos especiais de isolamento, o

desempenho térmico e acústico é garantido apenas pela massa do bloco e do revestimento. No sistema LSF esse isolamento se dá através da aplicação de isolante fibroso no interior dos painéis, evitando a propagação das ondas de som e mantendo o isolamento térmico, isso garante um menor consumo de energia em climatização e maior conforto aos usuários da edificação.

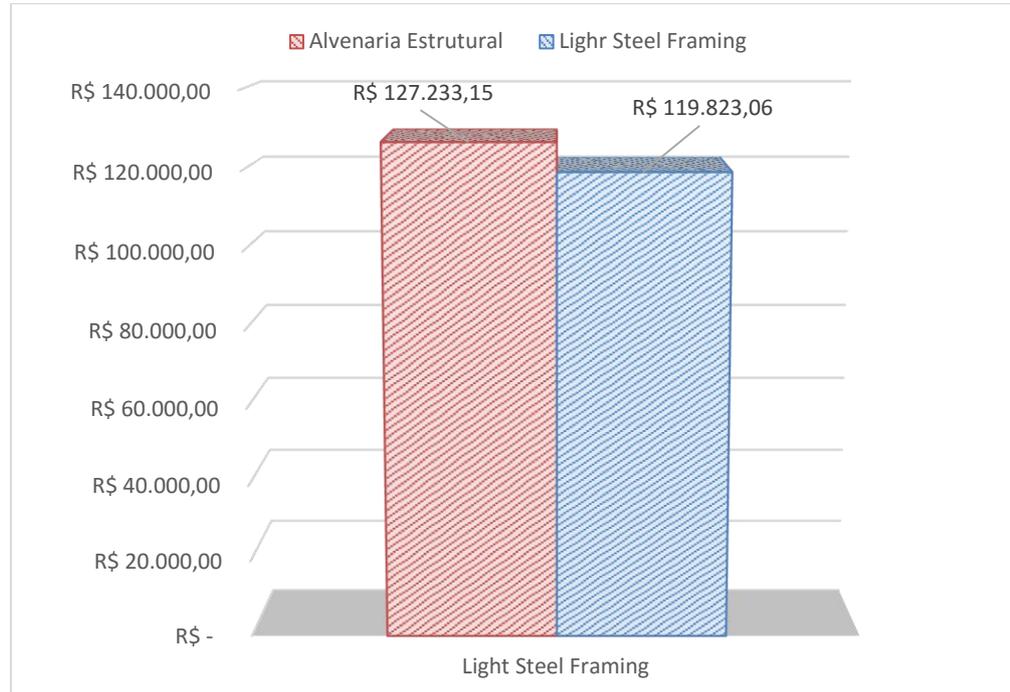
Neste trabalho também foi feita uma comparação de custos diretos entre uma edificação executada em *Light Steel Framing* e o mesmo projeto executado em alvenaria estrutural de blocos de concreto.

Ao se considerar o custo final da obra, desconsiderando para tanto o custo com as esquadrias, louças e metais chegou-se a um custo total R\$ 127.233,15 para a alternativa em alvenaria estrutural e de 119.832,06 reais para a alternativa de construção a seco. A diferença de custos entre os dois sistemas foi de 7410,08 reais, aproximadamente 6% tendendo a se reduzir, em percentual após a inclusão no orçamento das esquadrias e aplicação do BDI (Benefícios e despesas indiretas) para verificar o preço de venda do imóvel.

Tabela 12 - Custos da edificação			
Alvaneria Estrutural		Light Steel Framing	
Serviços Iniciais	R\$ 28.067,22	Serviços Iniciais	R\$ 23.099,89
Infraestrutura	R\$ 19.763,22	Infraestrutura	R\$ 19.122,59
Superestrutura	R\$ 52.638,48	Superestrutura	R\$ 50.836,36
Telhado	R\$ 12.465,94	Telhado	R\$ 12.465,94
Instalações Eletricas	R\$ 9.064,35	Inst. Eletricas	R\$ 9.064,35
Instalações Hidrossanitá	R\$ 5.233,94	Inst. Hidrossanitárias	R\$ 5.233,94
Total	R\$ 127.233,15	Total	R\$ 119.823,06
Diferença	R\$ 7.410,08		6%

Fonte: Produzido pelo Autor.

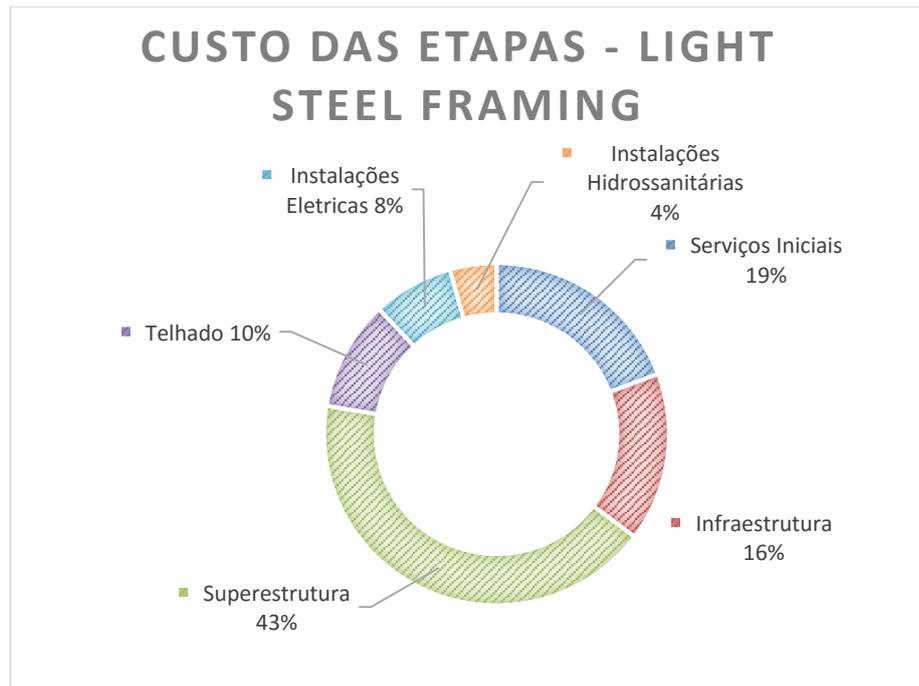
Figura 41 - Gráfico apresentando a diferença de custos entre os dois sistemas.



Fonte: Produzido pelo Autor.

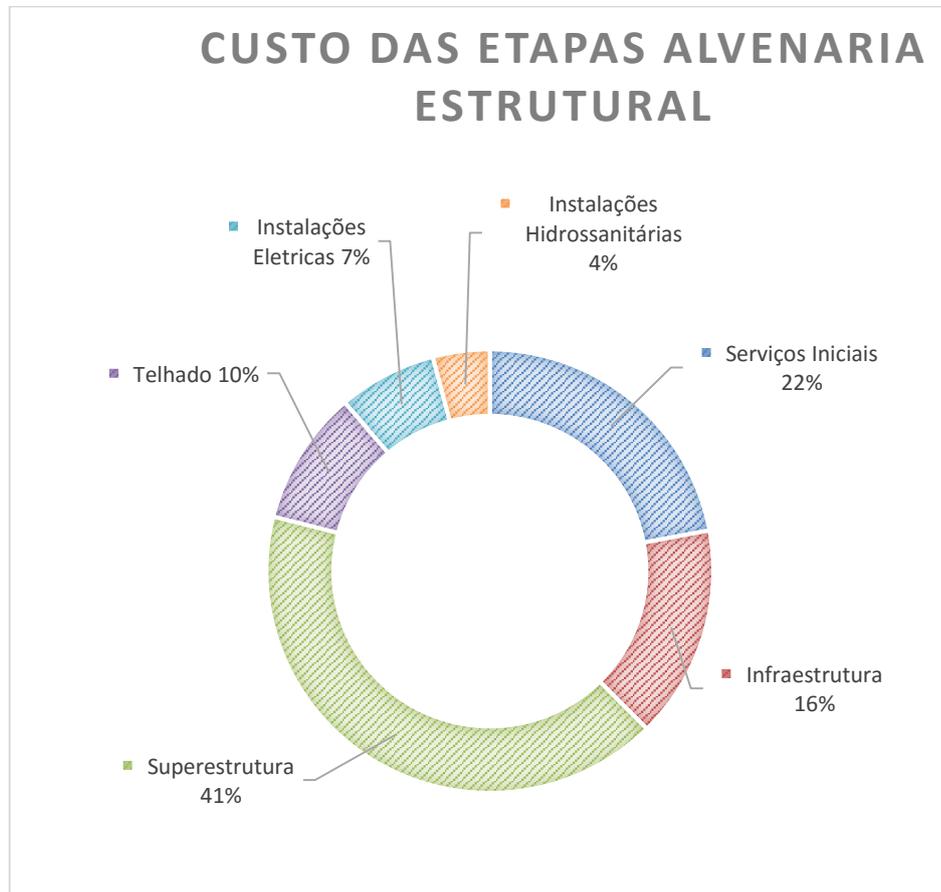
As figuras 42 e 43 apresentam as contribuições de cada etapa construtiva para o custo total da obra para LSF e alvenaria estrutural respectivamente.

Figura 42– Gráfico apresentando a distribuição de custo de cada etapa para o LSF.



Fonte: Produzido pelo Autor.

Figura 43– Gráfico apresentando a distribuição de custo de cada etapa para a alvenaria estrutural.



Fonte: Produzido pelo Autor.

A pequena diferença no custo direto da edificação tende a aumentar sensivelmente a ser acrescido o valor referente aos benefícios e despesas indiretas – BDI, que leva em consideração os impostos incidentes, o custo do capital, as despesas indiretas e o lucro desejado. Isto acontece pelo fato de que um tempo de execução menor acarreta em redução das despesas que ocorrem por determinado período de tempo.

8 CONCLUSÕES

Conclui-se com base no estudo realizado que a construção a seco *Light Steel Framing* é uma técnica viável tanto no ponto de vista de simplicidade de execução de processos construtivos quanto no tocante aos custos de implementação. Ainda que pouco difundida no Brasil, o sistema de construção a seco tem ganho cada dia mais mercado devido a suas qualidades e características de desempenho térmico, acústico e produtivo superiores aos sistemas de construção tradicional e a alvenaria estrutural.

O custo, mesmo que pouco inferior a alvenaria estrutural, hoje não se torna o principal argumento a favor da adoção do sistema para obras de pequeno porte e personalizadas, como no caso do projeto analisado, no entanto, tende a se tornar vantajoso a medida que se padroniza a produção em múltiplas unidades semelhantes ou construção de grande porte, pois o menor tempo de execução tende a reduzir ainda mais o custo além de se aumentar a produtividade da mão de obra.

Os atrativos do sistema LSF são a qualidade do acabamento mais fácil de se obter com o mínimo esforço da mão de obra, velocidade, organização e limpeza na obra. Por se obter um acabamento mais fino mais facilmente, o sistema LSF tem se adaptado bem a diversos padrões de edificação, sendo ainda mais vantajoso para edificações de alto padrão ou produzidos em série.

Outro fator que contribui para a eficiência do sistema é seu custo é menos impactado pelo custo da mão de obra, ou seja, o tempo dos colaboradores é melhor aproveitado e se torna mais eficiente e racional na execução deste sistema construtivo.

A construção em LSF também permite uma maior liberdade arquitetônica, pois por ser mais leve tende a permitir vãos livres maiores da estrutura além de permitir formas mais arrojadas a edificação.

Por fim o sistema de construção a seco é viável para nossas edificações por custar praticamente o mesmo dos métodos tradicionais oferecendo mais desempenho e qualidade.

9 REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15575: Edificações Residenciais - Desempenho*. Rio de Janeiro, 2013.

_____. *NBR 6122: – Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro, 2010

_____. *NBR – 12721: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios - Procedimento*. Rio de Janeiro, 2007.

_____. *NBR – 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia*. Rio de Janeiro, 2013.

_____. *NBR – 15961-1: Alvenaria Estrutural – Blocos de concreto parte 1: Projeto*. Rio de Janeiro, 2011.

_____. *NBR – 15961-2: Alvenaria Estrutural – Blocos de concreto parte 2: Execução*. Rio de Janeiro, 2011.

AGNES, Clarice; HELFER, Inácio. *Normas para apresentação de trabalhos acadêmicos / Universidade de Santa Cruz do Sul.- 9. ed./ Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2011.*

BNDES – BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. *Perspectivas do investimento 2010-2013*. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Paginas/perspectivas_investimento2010.html>. Acesso em 28 de maio de 2015.

BRASIL, Caixa Econômica Federal. *Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI*. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria_660>. Acesso em 27 de outubro de 2015

BRASILIT SAINT GOBAIN. *Telhas shingle e acessórios para telhado*. Catálogo Técnico. 2015. Disponível em <http://www.brasilit.com.br/sites/default/files/catalogos_folhetos/497___catalogo_tecnico_shingle___brasilit___2_1.pdf> Acesso em 05 de junho de 2015

CAVALHEIRO, Odilon Pancaro. *Alvenaria Estrutural, tão antiga e tão atual*. Artigo. Grupo de pesquisa e desenvolvimento em alvenaria estrutural UFSM – GPDAE 2015. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/gpdae/>>. Acesso em 27 de maio de 2015

CONSUL STEEL. *Construcción com acero liviano – manual de procedimiento*. Buenos Aires. Consul Steel. 2002. 1 CD-ROM

CRASTO, Renata C. M. *Arquitetura e tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados – Light Steel Framing*. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.

CRASTO, R. C. M.; FREITAS A. M. S. *Steel Framing: Arquitetura*. – IBS/CBCA. Rio de Janeiro, 2006.

DE MILITO, José Antônio. *Técnicas de construção civil e construção de edifícios*. Apostila. 2009. Disponível em: < <http://demilito.com.br/apostila.html>>. Acessado em 15 de junho de 2015.

DESIR, Jean Marie. *Educação inovadora na engenharia civil: caso da alvenaria estrutural*. NAPEAD – UFRGS. 2015. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/alvenaria-estrutural/blocos_concreto.php>. Acessado em 14 de maio de 2015

FORMOSO, Carlos Torres; SAURIN, Tarcísio Abreu. – *Planejamento de canteiros de obra e gestão de processos (Recomendações técnicas HABITARE v.3)*. ANTAC, Porto Alegre 2006

GLAUCHE, Ricardo W. *Notas de aula – Serviços Preliminares e instalações provisórias*. 52p. Disciplina de Construção Civil I. .2014/2 – Universidade de Santa Cruz do Sul. Santa Cruz do Sul. 2014.

RODRIGUES, Francisco Carlos. *Steel Framing: Engenharia*. – IBS/CBCA. Rio de Janeiro, 2006.

IAB – INSTITUTO AÇO BRASIL. Desenvolvido por Syrius Interativa 2009. Apresenta informações acerca do processo de reciclagem do aço. Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/sustentabilidade/reciclagem.asp>>, Acesso em 11 de junho de 2015.

LP BUILDING PRODUCTS. *Telhas shingle*. Catálogo Técnico. 2015. Disponível em <<http://www.lpbrasil.com.br/sistemas/cobertura-shingle.html>> Acesso em 05 de junho de 2015

LSK – EUROPEAN LIGHT STEEL CONSTRUCTION ASSOCIATION – *European lightweight Steel-framed Construction*. Arcelor. Bruxelas, Bélgica. 2005.

MAGALHÃES, Ruane Fernandes. *Edificações em light steel frame isoladas externamente com EIFS: avaliação de desempenho térmico pela NBR 15.575/2013*. 2013. 92p. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

MATTOS, Aldo Dórea. *Planejamento e controle de obras* – Editora Pini, São Paulo. 2010.

MORAIS, André. *Sala de Imprensa - Steel Frame: 1660 m² em 70 Dias*. Disponível em: <<http://www.ushome.com.br/imprensa/sf1660m/sf1660m.htm>>. Curitiba. 2004. Acesso em: 12 de junho 2009.

NAKAMURA, Juliana. *Tecnologia – Arquitetura Leve*. Revista aU, ed.156, Editora Pini, São Paulo, 2007

PEINADO, Hugo Sefrian. *Conheça as alternativas para fazer a cura de elementos de concreto*. Revista Técne. Ed 201. Editora Pini, São Paulo. 2013.

PINI WEB. *Está em vigor a NBR 15.575 - Norma de Desempenho*. Pini, São Paulo, 19 de julho de 2013. Disponível em:

<<http://piniweb.pini.com.br/construcao/habitacao/esta-em-vigor-a-nbr-15575-norma-de-desempenho-292738-1.aspx>>. Acesso em 10 de junho de 2015.

QUEIROZ, Mario Nalon. *Programação e controle de obras*, Apostila. 2001 Faculdade de Engenharia, Departamento de Construção Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. Revisão 2012.

RAMALHO, M.A.; CORRÊA, M.R.S. *Projetos de edifícios de alvenaria estrutural*. 1. ed. Editora Pini, São Paulo. 2003.

SANTOS, Adriana L. P.; MENDES, Ricardo (Junior). *Simulação de processos de construção como ferramenta de melhorias*. Artigo. Seminário de tecnologia da informação. UFPR. Curitiba. 2002. 109p. Disponível em:

<http://www.cesec.ufpr.br/tic2002/artigos/TIC2002_10.pdf>. Acessado em 10 de maio de 2015.

SANTOS, Marcus Daniel Friedrich dos. *Técnicas construtivas em alvenaria estrutural: contribuição ao uso*. 1998. 157f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria. 1998.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes. *Como aumentar a eficiência da mão de obra: manual de gestão da produtividade na construção civil*. – Editora Pini, São Paulo. 2006.

STEEL HOUSE DO BRASIL. *Apresentação didática*. In: CURSO DE LIGHT STEEL FRAMING. 2015. Apresentações. Porto Alegre: Steel House. 2015. p. 03.

_____. *Manual de projeto: sistema Steel House*. Porto Alegre. 2011.

TISAKA, Maçahiko. *Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução* – Editora Pini, São Paulo. 2006.

VALENTINI, Joel. *Metodologia para elaboração de orçamentos de obras civis*. 2009. 72p. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2009.

VIEIRA, Helio Flávio. *Logística aplicada à construção civil: como melhorar os fluxos de produção nas obras* – Editora Pini, São Paulo. 2006.

Anexo 1 – Planta de situação – edificação analisada.

Anexo 2 – Planta de localização – edificação analisada.

Anexo 3 – Projeto arquitetônico – edificação analisada.

Anexo 4 – Projeto de Instalações Hidrossanitárias – edificação analisada.

Anexo 5 – Projeto de instalações elétricas – edificação analisada.

Anexo 6 – Planta de montagem dos painéis LSF básicos – edificação analisada.

Anexo 7 – Prancha de fabricação de painel externo – edificação analisada.

Anexo 8 – Prancha de fabricação de tesoura – edificação analisada.

Anexo 9 – Prancha de fabricação fitas metálicas – edificação analisada.

Anexo 10 – Prancha de fabricação entrepiso – edificação analisada.

Eduardo Rayher Soares

**LIGHT STEEL FRAME – Análise de comparativa de custos e de processos
construtivos entre a construção a seco e em alvenaria estrutural**

Trabalho de conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade de Santa Cruz do Sul para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Camila Crauss

Santa Cruz do Sul

2015

Eduardo Rayher Soares

LIGHT STEEL FRAME – Análise de viabilidade técnica e econômica da construção a seco quando comparada ao sistema de construção tradicional.

Este trabalho de conclusão foi apresentado ao Curso de Engenharia Civil, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

M. Sc. Camila Crauss
Professora Orientadora – UNISC

M. Sc. Christian Donin
Professor Examinador – UNISC

M. Sc. Henrique Luiz Rupp
Professor Examinador – UNISC

Santa Cruz do Sul

2015

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Protótipo de residência em <i>Light Steel Framing</i> apresentado na exposição mundial de Chicago em 1933	16
Figura 2 – Comparação entre perfil de aço utilizado em LSF e elemento de madeira utilizado no <i>Wood Framing</i>	16
Figura 3 – Linha de produção de módulos residenciais no Japão.....	17
Figura 4 – Residências construídas com o sistema LSF em Cotia – São Paulo.....	18
Figura 5 – Esquema de distribuição de cargas.....	22
Figura 6 – Esquema estrutural <i>baloon e platform Framing</i>	23
Figura 7 – Esquema de painel portante com abertura (típico)	25
Figura 8 – Montagem de painel pelo sistema “Stick”	26
Figura 9 – Montagem de painel pelo sistema “Stick”	26
Figura 10 – Transporte de painéis pré-fabricados.	27
Figura 11 – Montagem de painéis pré-fabricados.....	28
Figura 12 – Conjunto habitacional modular, Moduslar – Portugal.	29
Figura 13 – Módulo sanitário em LSF	29
Figura 14 – Construção Modular.....	30
Figura 15 – Esquema básico para composição de orçamentos pelo método analítico.....	32
Figura 16 – Planta de Primeira fiada em alvenaria estrutural na obra.....	38
Figura 17 – Elevação das paredes em alvenaria estrutural na obra.	38
Figura 18 – Projeto de painel seguindo modulação de 400mm.....	39
Figura 19 – Detalhamento de Fabricação de Painel LSF	41
Figura 20 – Detalhamento de montagem de Painel LSF.....	42
Figura 21 – Lista de corte de perfis para painel.....	43
Figura 22 – Locação do painel na obra.....	43
Figura 23 – Planificação de painel estrutural em LSF	44
Figura 24 – Perspectiva de estrutural em LSF.....	44
Figura 25 – Detalhes de fabricação e montagem	45
Figura 26 – Exemplo Básico de Selo	45
Figura 27 – Plantas baixas de montagem.....	46
Figura 28 – Corte/Elevação da estrutura	47
Figura 29 – Detalhe de montagem fitas metálicas e bloqueadores LSF.	47
Figura 30 – Perspectiva geral da estrutura	48
Figura 31 – Exemplo de lista de Corte e expedição	59
Figura 32 – Gabarito de montagem de painel com perfis preparados para a fabricação	60
Figura 33 – Fabricação de painel de parede sobre mesa gabarito	60
Figura 34 – Painéis depositados horizontalmente na fábrica	61
Figura 35 – Exemplo de montagem dos primeiros painéis.....	63
Figura 36 – Tubulações de água, luz e esgoto em entrepiso.	64

Figura 37 – Instalação da placa OSB com transpasse de membrana hidrófuga.	64
Figura 38 – Esquema de painel interno com isolamento (típico)	65
Figura 39 – Corte de uma estrutura típica em Light Steel Framing	67
Figura 40 – Gráfico representando a influência do custo da mão de obra no custo total do serviço...	80
Figura 41 – Gráfico apresentando a diferença de custos entre os dois sistemas.	82
Figura 42 – Gráfico apresentando a distribuição de custo de cada etapa para o LSF.....	82
Figura 43 – Gráfico apresentando a distribuição de custo de cada etapa para a alvenaria estrutural	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Serviços iniciais e despesas com projeto e canteiro - Light Steel Framing	71
Tabela 02 – Serviços iniciais e despesas com projeto e canteiro - Alvenaria Estrutural.....	71
Tabela 03 – Infraestrutura e obras complementares - Para Light Steel Framing	72
Tabela 04 – Infraestrutura e obras complementares - Para Alvenaria Estrutura	73
Tabela 05 – Elevação, revestimento, pintura, estrutura de cobertura e forro- Para LSF.	74
Tabela 06 – Composição de custo direto para paredes em LSF.....	74
Tabela 07 – Elevação, revestimento, pintura, estrutura de cobertura e forro- P/ Alv. Estrutural ..	75
Tabela 08 – Mão de obra para elevação, revestimento, pintura, estrutura de cobertura e forro - Para Alvenaria Estrutural	76
Tabela 09 – Cobertura Shingle	77
Tabela 10 – Instalações hidrossanitárias	78
Tabela 11 – Instalações elétricas.....	78
Tabela 12 – Custos da edificação.....	81

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento.

CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço.

EIFS – External Insulation and Finishing System.

Fck – Resistência Característica A Compressão.

IAB – Instituto Aço Brasil

LSF – Light Steel Framing

LSK – European Light Steel Construction Association.

NAPEAD – Núcleo de Apoio Pedagógico à Educação a Distância.

NBR – Norma Brasileira.

NR – Norma Regulamentadora.

OSB – Oriented Strand Board – Painel de tiras de madeira orientadas.

PGC – Perfil Galvanizado “C”.

PGU – Perfil Galvanizado “U”.

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.

SINDUSCON – Sindicato das Indústrias da Construção Civil.

SENGE – Sindicato dos Engenheiros

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria.

UNISC – Universidade de Santa Cruz do Sul.

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 – Planta de situação – edificação analisada.

Anexo 2 – Planta de localização – edificação analisada.

Anexo 3 – Projeto arquitetônico – edificação analisada.

Anexo 4 – Projeto de Instalações Hidrossanitárias – edificação analisada.

Anexo 5 – Projeto de instalações elétricas – edificação analisada.

Anexo 6 – Planta de montagem dos painéis LSF básicos – edificação analisada.

Anexo 7 – Prancha de fabricação de painel externo – edificação analisada.

Anexo 8 – Prancha de fabricação de tesoura – edificação analisada.

Anexo 9 – Prancha de fabricação fitas metálicas – edificação analisada.

Anexo 10 – Prancha de fabricação entrepiso – edificação analisada.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	10
1.1- Área de pesquisa	11
1.2- Limitação do tema.....	11
1.3- Justificativa	12
1.4- Objetivo geral.....	12
1.5- Objetivos específicos.....	12
1.6- Estrutura do trabalho	13
2- REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1- O Sistema <i>Light Steel Framing</i>	14
2.2- <i>Light Steel Framing</i> ao longo do tempo	15
2.3- Vantagens do <i>Light Steel Framing</i>	19
2.4- Obstáculos ao sistema construtivo a seco	20
3- TIPOLOGIA CONSTRUTIVA EM <i>LIGHT STEEL FRAME</i>	22
3.1- Método “Stick”	24
3.2- Método Painelizado	26
3.3- Método Modular	28
4- PLANEJAMENTO	31
4.1- Orçamento	31
4.2- Logística de obra	33
5- METODOLOGIA.....	36
5.1 Aspectos Construtivos	36
5.2 Projeto.....	37
5.3 Instalações de obra	49
5.4 Fundações	50
5.5 Elevação e Revestimento de paredes.....	54
5.5.1 Elevação das paredes em alvenaria.....	54
5.5.2 Revestimento das paredes em alvenaria.....	55
5.5.3 <i>Light Steel Framing</i> - Fabricação.....	58
5.5.4 <i>Light Steel Framing</i> - Montagem.....	62
5.6 Cobertura	68

6- ORÇAMENTO	70
6.1 Serviços iniciais e despesas com projeto e canteiro.	70
6.2 Infraestrutura e obras complementares.....	72
6.3 Custos de elevação, revestimento, pintura, estrutura de cobertura e forro para a estrutura em Light Steel Framing.....	73
6.4 Custos de elevação, revestimento, pintura, estrutura de cobertura e forro para a estrutura em Alvenaria.	75
6.5 Custos de telhado	77
6.6 Custos com esquadrias, instalações elétricas e hidrossanitárias.....	77
7- RESULTADOS E DISCUSSÕES	79
8- CONCLUSÕES	84
9- REFERÊNCIAS	85
10- ANEXOS	

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas tem se buscado maneiras de se atenuar o déficit habitacional no país através de programas habitacionais que permitam acesso a moradia a parcelas cada vez maiores da sociedade. Na busca por novas moradias desenvolveram-se diversas técnicas construtivas e sistemas estruturais que permitissem uma maior produtividade a um custo competitivo (BNDES – Banco Nacional do desenvolvimento, 2010).

O crescimento no setor da construção civil ganhou novo impulso no ano de 2009 com a criação do programa Minha Casa Minha Vida por parte do Governo Federal, da Caixa Econômica Federal e com a colaboração dos municípios. Este programa estimulou ainda mais o desenvolvimento de toda a cadeia produtiva da construção civil. (BNDES, 2010).

A rápida expansão da construção civil brasileira trouxe consigo problemas de qualidade e de desempenho as edificações, devido à necessidade de se cortar custos e ganhar produtividade, etapas e processos dentro da obra vieram a ser cortados. A baixa qualidade das obras, materiais de construção e as patologias decorrentes da não regulamentação de parâmetros mínimos de qualidade motivou a criação da Norma de Desempenho (NBR 15.575:2013 - Edificações Habitacionais - Desempenho) (PINI WEB, julho/2013).

A norma inicialmente publicada em 2008 entrou em vigor no ano de 2010 trouxe requisitos até então inéditos de desempenho para as edificações, tanto em termos de qualidade dos materiais empregados, desempenho térmico, acústico, de salubridade, iluminação e hidráulico afim estabelecer parâmetros mínimos de conforto aos usuários. Em 2013 a norma de desempenho foi revisada e ganhou requisitos ainda mais rígidos. (PINI WEB, julho/2013).

As tecnologias construtivas predominantes até então eram estruturas em Concreto Armado com vedações em blocos, com o uso de formas de madeira, armaduras fabricadas manualmente no canteiro de obras, sistema extremamente artesanal. Como meio de se industrializar a construção, voltou a se desenvolver a alvenaria estrutural, que possui características de produção industrial e que seja uma evolução no quesito de produtividade e racionalidade produtiva, continua a dever em termos de desempenho térmico e acústico e necessitar adequações significativas para

atender os requisitos da Norma de Desempenho, o que aumenta o custo e o tempo de execução das obras.

Como afirma Crasto (2005), o *Light Steel Framing* (LSF) é um sistema construtivo que tem por base a utilização de perfis leves de aço estrutural para formar paredes autoportantes. No interior dessas paredes, são instaladas as tubulações hidráulicas, elétricas e o isolamento térmico e acústico. O fechamento destas paredes pode ser feito com placas de gesso acartonado, cimentícias, de OSB, *siding* vinílico entre outros acabamentos industrializados.

O *Light Steel Framing* está no Brasil desde o final da década de 1990, trazido por profissionais originários dos Estados Unidos da América, os quais tentaram implantar o sistema construtivo, inicialmente sem sucesso. A partir da entrada em vigor da NBR/15575:2013, o sistema passou a ser novamente considerado uma alternativa viável tanto econômica quanto tecnicamente aos sistemas predominantes de construção por possuir características de resistência mecânica, estética e de isolamento térmico e acústico além da grande possibilidade de industrialização dos processos construtivos (NAKAMURA, 2007).

Com o passar dos anos o sistema de *Light Steel Framing* passou por diversas etapas de evolução e adequações das técnicas construtivas, dos materiais de construção e da qualificação dos profissionais envolvidos, adequando o sistema as diversas necessidades dos consumidores.

1.1 Área de pesquisa

O presente trabalho foi desenvolvido na área de planejamento e controle de obras, com análise dos processos construtivos e orçamentação.

1.2 Limitação do Tema

Esta pesquisa foi realizada focando a comparação entre sistemas construtivos a seco *Light Steel Framing* e alvenaria estrutural no tangente aos custos e processos construtivos.

1.3 Justificativa

Com o mercado imobiliário atualmente sofrendo um desaquecimento, da entrada em vigor das normas de desempenho, crise hídrica sobretudo nos estados do sudeste do país e da preocupação com a preservação do meio ambiente, o mercado da construção civil deve buscar alternativas mais eficientes, rápidas, baratas, precisas e que ainda tenham um menor impacto ambiental.

A construção Seca, como é conhecido o Light Steel Framing, se apresenta como uma solução viável para a construção civil, visto que apresenta alto padrão de qualidade, acabamento, isolamento térmico e acústico, racionalidade da produção utiliza produtos padronizados, em sua maioria recicláveis, economiza água e energia elétrica tanto em seu processo produtivo quanto ao longo da vida útil da edificação.

Estão busca-se estudar quais as formas corretas de implantação deste sistema, quais as limitações em sua aplicação, de que forma se organizar a construção para que se obtenha o melhor desempenho. Além de se comparar o custo entre os dois tipos de edificação.

1.4 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objeto a análise de viabilidade técnica e econômica da construção a seco, quando comparada a alvenaria estrutural com blocos de concreto no tocante a custos diretos de produção além de processos construtivos para que se obtenha a construção mais eficiente com menor custo e tempo de execução.

1.5 Objetivos Específicos

- Comparar os custos diretos de produção entre o sistema LSF e de alvenaria estrutural em blocos de concreto para uma residência unifamiliar térrea, de padrão normal e sem repetição executada no município de Xangri-lá, Rio Grande do Sul.
- Comparar os processos construtivos dos dois sistemas, quanto a possibilidade de otimização, redução e simultaneidade de operações no canteiro de obras.

- Avaliar os fatores preponderantes na escolha entre os sistemas construtivos *Light Steel Framing* e alvenaria estrutural para obras de pequeno porte levando em consideração o projeto apresentado.

1.6 Estrutura do trabalho

O presente volume é composto de nove capítulos, no primeiro encontram-se a introdução ao tema abordado, as justificativas e objetivos gerais e específicos.

No segundo capítulo é apresentado o referencial teórico descrevendo o sistema construtivo adotado, seu histórico, vantagens e desvantagens de sua adoção.

A terceira parte do trabalho aborda os diferentes métodos construtivos do *Light Steel Framing*.

O capítulo 4 trata dos temas de planejamento de construção, orçamentação e planejamento e organização de canteiros de obras.

O quinto capítulo descreve a metodologia aplicada ao trabalho e expõem os aspectos construtivos de ambas as alternativas estruturais a serem analisadas, descrevendo cada etapa da execução e as melhores práticas em sua execução.

No sexto capítulo apresenta-se a parte de orçamento, mostrando os custos diretos de execução para as duas técnicas construtivas abordadas.

A sétima parte apresenta o resultado das análises, e discute os dados obtidos de forma a ratificar ou não o que foi proposto como objetivo.

No oitavo capítulo se tem a conclusão acerca dos resultados e o cumprimento dos objetivos deste trabalho.

O nono capítulo traz as referências bibliográficas utilizadas para a confecção deste trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo se apresenta o referencial teórico utilizado como balizador deste trabalho.

2.1 O Sistema *Light Steel Framing*

Light Steel Framing é um sistema construtivo cuja estrutura é formada por perfis leves de aço galvanizado, ligados entre si por meio de parafusos e formando painéis estruturais e não estruturais, vigas, entrelaços, lajes, tesouras e contraventos (CRASTO; FREITAS, 2006).

Os elementos formados pelos perfis de aço são chamados de painéis e devem resistir a todas as solicitações impostas a estrutura, sejam carregamentos por peso próprio, cargas de utilização e acidentais.

Segundo o que afirma o manual Consul Steel (2002), o sistema LSF não se resume apenas a estrutura de aço, mas compreende também os diversos subsistemas que compõem a edificação, como o isolante térmico e acústico, fechamentos e acabamentos de parede, impermeabilizantes, composição de lajes, fixações de fundação, instalações hidrossanitárias e elétricas.

Os materiais empregados nas edificações em *Light Steel Framing* são em sua maioria industrializados e já seguem prontos para a aplicação no canteiro, o que colabora para o controle de qualidade, de padronização e evita desperdício e retrabalhos em obra, utiliza menos água na aplicação, e dá agilidade ao processo produtivo. Por esse motivo, o sistema LSF também é chamado de Sistema Autoportante de Construção a Seco (CRASTO; FREITAS, 2006).

Tanto Rodrigues (2006) quanto Magalhaes (2013) concordam que outro ponto forte da construção em aço leve, além da velocidade de produção é o melhor desempenho térmico e acústico das paredes, quando comparadas a alvenaria tradicional de blocos, devido ao fato de se poder empregar diversos materiais combinados, além de composições de placas para minimizar ruídos e trocas de calor indesejáveis, assim o sistema pode atender as exigências de isolamento exigidos na NBR/15575:2013 e oferecer mais conforto aos ocupantes e economia de energia, visto que o melhor isolamento térmico reduz a necessidade da utilização de climatizadores.

2.2 *Light Steel Framing* ao longo do tempo.

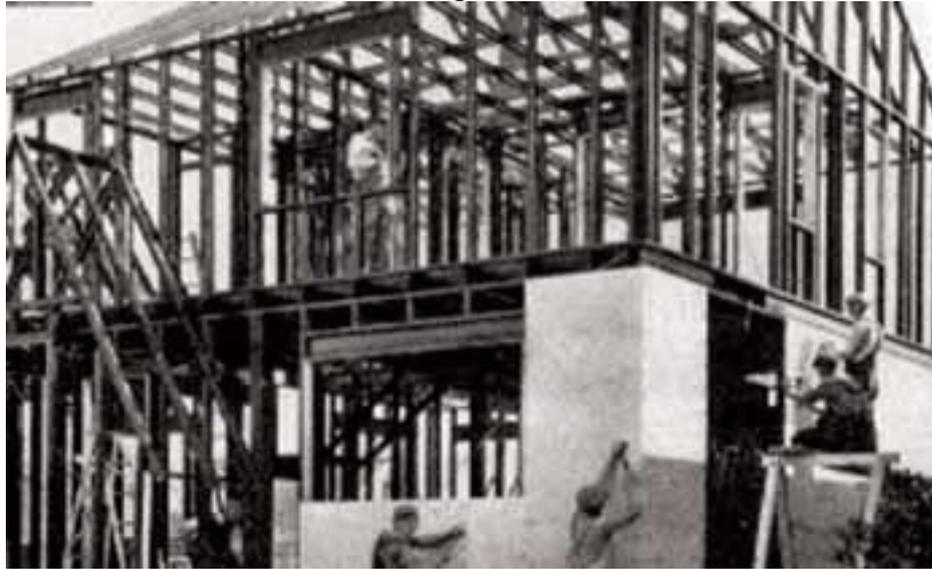
Segundo Renata Cristina de Moraes Crasto (2006) o conceito de estruturas reticuladas, formadas por barras e painéis, apesar de ser considerada inovadora no país, remonta ao início do século XIX, nos Estados Unidos, período no qual houve grande crescimento populacional no país, e, assim se fez necessário o desenvolvimento de sistemas construtivos inovadores para que se pudesse suprir a crescente demanda por novas moradias.

Utilizando-se dos recursos tecnológicos e materiais de construção disponíveis na época passou-se a utilizar perfis delgados de madeira para formar painéis leves e portantes. Este sistema, conhecido como *Wood Framing*, se difundiu em diversos continentes sendo ainda hoje utilizado na construção civil.

Com o fim da revolução industrial, por volta do ano 1760, desenvolveu-se a indústria metalúrgica, sobretudo na Inglaterra. Em meados do século XIX, iniciou-se o que é hoje conhecido como “Arquitetura Moderna” e a utilização do ferro como material de construção. A utilização do metal na construção chegou aos Estados Unidos através de imigrantes colonizadores ingleses. (CONSUL STEEL, 2002).

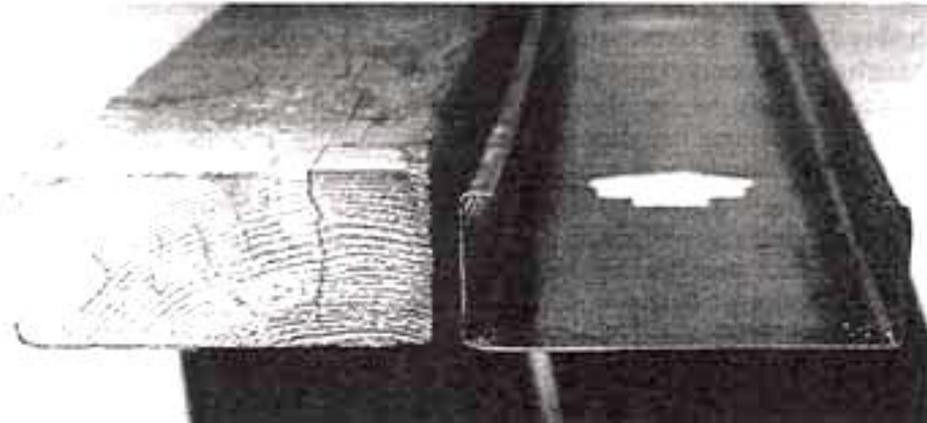
Conforme afirma o manual Consul Steel (2002), a partir do início do século XX, com o desenvolvimento dos materiais, passou-se a utilizar o aço na construção civil, juntamente ao rápido crescimento do setor siderúrgico norte americano. A evolução na laminação e beneficiamento do aço o tornaram um material extremamente competitivo no setor da construção pesada, no entanto a tecnologia predominante para construções residenciais era o *Wood Framing*. Estudos visando à adaptação do aço a construção residencial ou comercial leve culminaram no primeiro protótipo de casa em *Steel Framing*, apresentado na feira mundial de 1933, que tinha vantagens sobre o sistema que levava madeira, pois possuía maior resistência a insetos, maior durabilidade e maior resistência a sismos e catástrofes naturais (CRASTO; FREITAS apud BATEMAN, 1998).

Figura 1 – Protótipo de residência em *Light Steel Framing* apresentado na exposição mundial de Chicago em 1933.



Fonte: CRASTO; FREITAS, 2006.

Figura 2 – Comparação entre perfil de aço utilizado em LSF e elemento de madeira utilizado no *Wood Framing*.

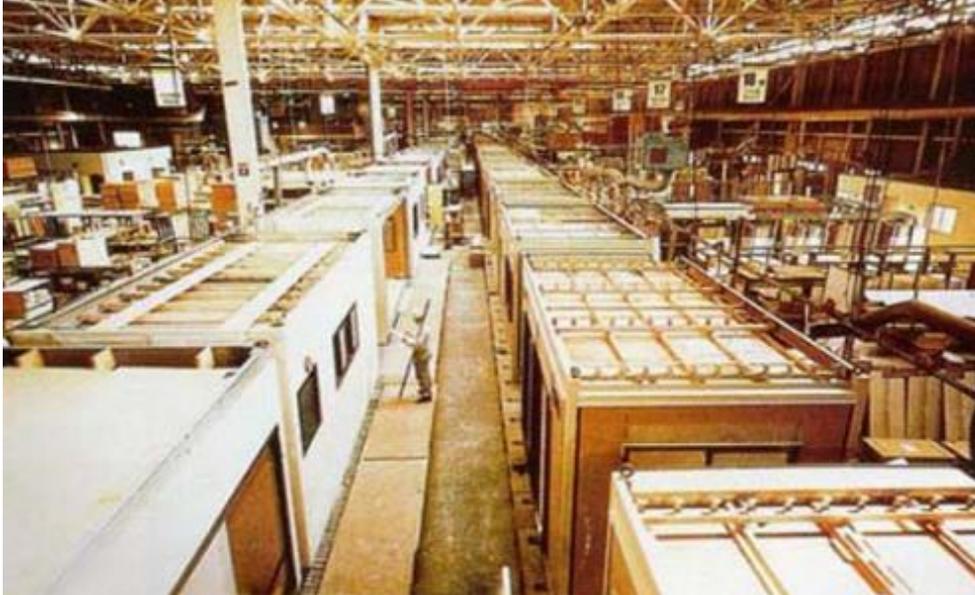


Fonte: CRASTO; FREITAS, 2006

Após a segunda guerra mundial as residências em *Light Steel Framing* ganharam força no cenário da construção civil americana devido a abundância do aço e ao desenvolvimento da metalúrgica durante a guerra. Após o período do conflito o sistema se disseminou por toda a Europa e Ásia, colaborando com a reconstrução das cidades destruídas em bombardeios, fato que se torna evidente quando se observa a reconstrução das cidades japonesas, onde o governo não permitiu o uso dos recursos florestais escassos para a reconstrução e o aço entrou como solução de estrutura leve, rápida e resistente a sismos, hoje a grande maioria das construções

japonesas, europeias e americanas utilizam sistemas de construção industrializados a seco (CRASTO, 2005).

Figura 3 - Linha de produção de módulos residenciais no Japão



Fonte: CRASTO, 2005.

No Brasil a indústria da construção civil ainda é muito primitiva, basicamente artesanal e os métodos e sistemas industrializados ainda são praticamente desconhecidos tanto do público quanto dos profissionais técnicos e construtores.

Segundo Juliana Nakamura (2007), o sistema *Light Steel Framing* desembarcou no Brasil a aproximadamente 18 anos trazido por profissionais vindos dos Estados Unidos. Um dos motivos para o sistema ter demorado a se difundir no país, além da falta de informação do público, foi a falta de capacitação da mão de obra, alto custo da matéria prima, mesmo sendo o Brasil um dos maiores produtores de aço no mundo. O método americano de venda de residências por catálogos foi outro fator que relegou o *Steel Framing* no Brasil ao setor de condomínios fechados de alto padrão, principalmente no estado de São Paulo, atrasando assim a evolução do sistema no país, mas firmando o sistema de construção a seco como opção estrutural viável.

"Viemos da escola norte-americana em que as casas são vendidas por catálogo. Isso nos parecia muito racional, mas o consumidor brasileiro não gostou desse modelo, porque prefere customizar tudo", comenta o arquiteto Alexandre Mariutti, diretor da construtora Seqüência, uma das primeiras a trazer o sistema ao Brasil. Ainda segundo Mariutti, a evolução do sistema Steel Framing no Brasil passa pela elaboração individualizada de projetos para cada edificação, pela exploração do mercado de reformas e de retrofit, pois a leveza e a velocidade de produção do LSF permite a ampliação e até mesmo a construção de novos pavimentos sobre estruturas existentes. (Revista Au março 2007).

Figura 4 - Residências construídas com o sistema LSF em Cotia – São Paulo.



Fonte: CRASTO, 2005.

Os sistemas estruturais desenvolvidos desde 2009, período de rápida expansão do setor trouxeram consigo problemas de qualidade e de desempenho e de materiais empregados às edificações, principalmente pela falta de requisitos e parâmetros mínimos de qualidade nos empreendimentos imobiliários, o setor da construção como um todo desconsiderou critérios executivos em prol da velocidade e do menor custo de produção. Visando o conforto dos consumidores e a qualificação do setor da construção civil, no ano de 2013 o Comitê Brasileiro da Construção Civil, órgão ligado a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, publicou um conjunto de normas que visam balizar a execução de obras civis em todo o território nacional, a chamada Norma de Desempenho – NBR 15575/2013 (MAGALHÃES, 2013).

2.3 Vantagens do *Light Steel Framing*

O sistema *LSF* possui muitas vantagens quando comparado aos sistemas tradicionais de construção, vantagens de produtividade, de qualidade, acabamento além de vantagens em relação à preservação do meio ambiente. Segundo Crasto e Freitas (2006), *LSK – European Light Steel Construction Association* (2005), *Consul Steel* (2002):

- O aço é um material de construção com alto nível de industrialização, isto é, em seu processo de fabricação segue rígidos controles de qualidade, tanto de resistência Mecânica quanto de durabilidade, estabilidade e de dimensões. O aço possui dimensões e tolerâncias medidas em milímetros e normatizadas, assim, independente do fabricante, o material deve possuir características mecânicas e dimensionais especificadas que garantem a qualidade da estrutura.

- Os perfis de aço tanto para o *Light Steel Framing* quanto para o *DryWall* são facilmente encontrados no mercado e já possuem preço competitivo no final da obra com os sistemas convencionais.

- Para o *LSF* os perfis de aço recebem camadas de galvanização para garantir a proteção da estrutura contra a corrosão, a maioria dos fabricantes dão garantias de 150 a 1200 anos contra corrosão, sem cobertura algum, dependendo do grau de agressividade do ambiente.

- Rapidez de fabricação e de montagem dos painéis e das estruturas devido ao alto poder de industrialização do sistema e a bons projetos. A construção em *Light Steel Framing* é mais rápida quando comparada aos sistemas convencionais de construção.

- A Montagem das estruturas é facilitada por conta do baixo peso dos materiais e pela grande precisão das peças constituintes. As ligações entre os perfis em um painel ou entre os painéis se dão com parafusos estruturais e são de transporte fácil por serem muito leves.

- Os perfis de *LSF*, assim como os de *DryWall*, possuem perfurações na alma as quais permitem a passagem de tubulações hidráulicas e conduítes elétricos sem a necessidade de quebrar a parede ou qualquer outro retrabalho, facilitando futuras manutenções.

- Melhor desempenho térmico e acústico se comparados a alvenaria de vedação ou estrutural de mesma espessura, mesmo sem isolantes no interior das paredes. O desempenho é ainda maior quando utilizados isolamentos no interior das paredes, nos espaços entre as barras, além de composições de fechamento das paredes.

- O aço é incombustível, isto é, não propaga chamas, também é invulnerável a ação de insetos, tem estabilidade dimensional sob a ação de umidade e, quando galvanizado, como do caso do *LSF*, resistente as intempéries.

- O *LSF* é um dos sistemas construtivos que menos agride o meio ambiente pois além de empregar materiais recicláveis/renováveis como o aço, madeira, lã de pet, também utiliza menos água em toda a cadeia produtiva, reduz o desperdício de materiais. Apesar de a indústria do aço ser grande geradora de poluição e o minério não ser renovável, o metal figura entre os materiais mais recicláveis e reciclados do mundo. O setor estimula a coleta e recicla o aço contido nos produtos no final da vida útil, empregando-o na fabricação de novos produtos siderúrgicos, sem qualquer perda de qualidade.

Dessa forma, a produção de aço a partir de sucata reduz o consumo de minérios, economiza energia e evita a necessidade de ocupação de áreas para o descarte de produtos não mais utilizáveis. (IAB - Instituto Aço Brasil)

- Como a estrutura é mais leve em relação aos sistemas convencionais de construção, as fundações podem ser de 20 a 30% mais leves em obras de grande porte ou com múltiplos pavimentos.

- Devido à leveza e a flexibilidade dos painéis, o sistema de construção a seco permite vãos livres maiores dos que os praticados em alvenaria estrutural.

- Melhor desempenho energético da edificação, pois o maior isolamento térmico oferecido pelo sistema, quando dotado de mantas isolantes no interior dos painéis tende a reduzir a necessidade o uso de climatizadores.

2.4 Obstáculos ao sistema construtivo a seco

Assim como outros sistemas estruturais, o sistema *LSF* também possui limitações de aplicações, sejam elas culturais, limitações técnicas construtivas e de emprego dos materiais. Segundo o exposto na obra de Crasto e Freitas (2006), Rodrigues (2006) e Consul Steel (2002):

- Em situações de incêndio intenso, os perfis finos (espessura de 0,95 a 2mm) podem oferecer deformações excessivas ou mesmo colapsar a estrutura, requerendo então medidas protetivas e correto dimensionamento para que seja assegurada a segurança dos ocupantes.

- Necessita de profissionais treinados tanto na área de projeto quanto na de execução dos painéis e acabamentos.

- Projetos demorados devido ao alto nível de detalhamento e de precisão necessários para que o sistema se torne econômica e tecnicamente viável, evitando erros e ajustes no canteiro de obras,

- Limitações no número de pavimentos, usualmente são construídas edificações de até seis pavimentos utilizando somente o LSF (MORAIS, 2004).

- Matéria prima apesar de competitivas ainda são caras se comparadas com o material empregado no exterior e em outros sistemas construtivos.

- Falta de mão de obra capacitada para elaboração de projetos, cálculos estruturais, e mesmo construção das estruturas.

- Resistência cultural ao sistema. Como destaca André Morais (2004):

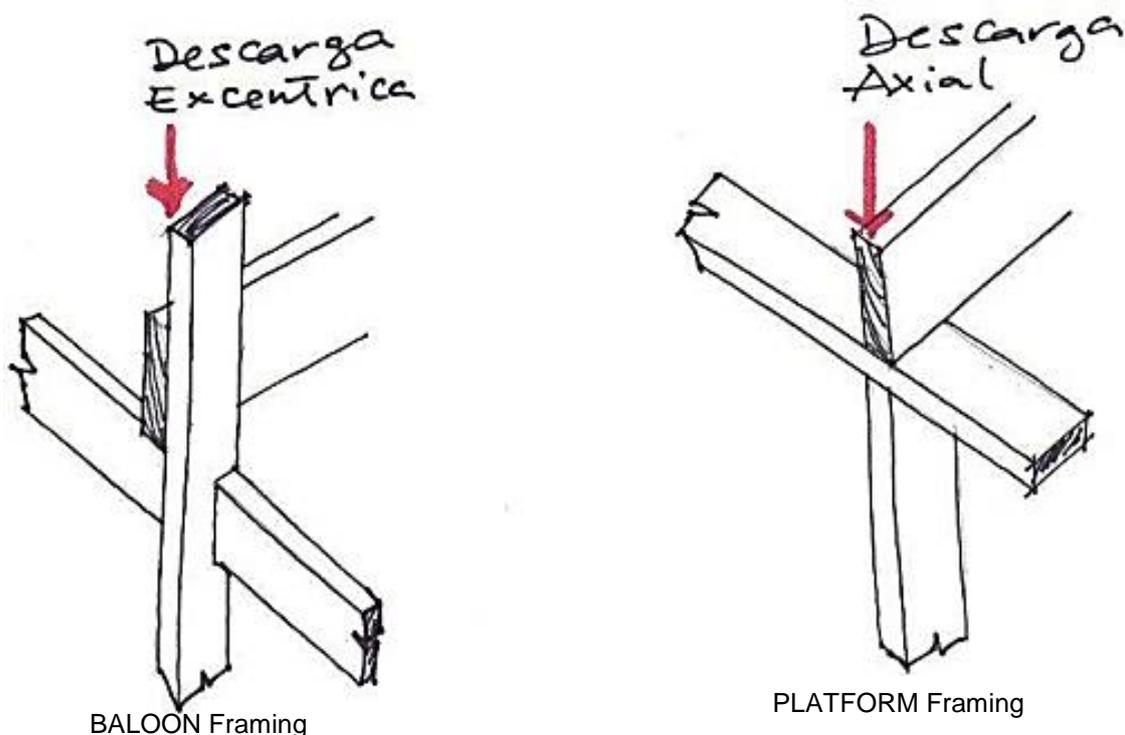
[...] a popularização do sistema depende mais da cultura das construtoras do que do cliente final. A dificuldade da popularização do Steel Frame está em quem executa as obras, pois estes sim têm uma cultura definida. Por Exemplo: o drywall é um conceito que já está bem estabelecido no mercado pois foi feito um trabalho muito grande de conscientização técnica.

3 TIPOLOGIAS CONSTRUTIVAS EM LIGHT STEEL FRAME

O sistema de *Light Steel Framing* possui diversos métodos construtivos que foram sendo desenvolvidos ao longo do tempo, sempre visando a adaptação do sistema as diversas situações de obra e o ganho de produtividade na construção. As técnicas construtivas existentes, assim como as dimensões dos perfis, conceitos estruturais são derivados do *Wood Framing*, sistema do qual o *Steel Framing* se origina. Segundo o *European Light Steel Construction Association* (2005) existem dois conceitos estruturais básicos em *Wood* e *Steel Framing*, são eles o *Baloon Framing* e o *Platform Framing* que podem ser empregadas tanto no método *stick* quanto no método painelizado.

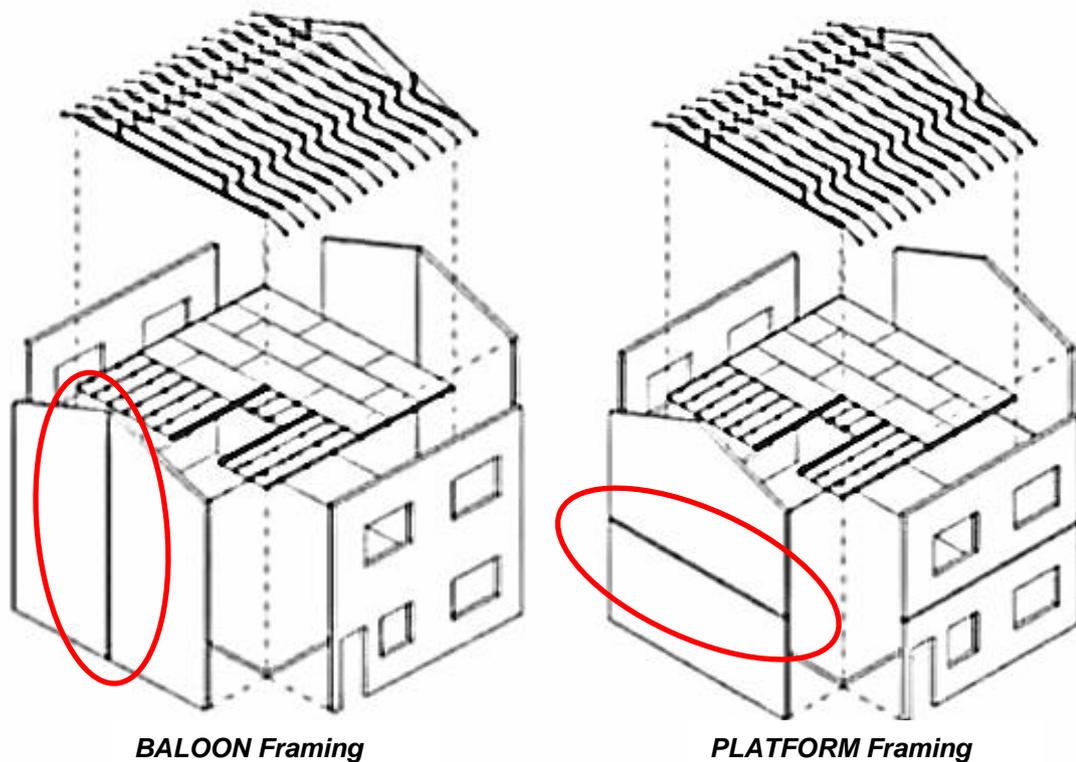
O método do *Baloon Framing* consiste em se fixar as estruturas de pisos e entrepisos diretamente nas almas dos montantes dos painéis adjacentes (Figuras 5 e 6). Como consequência, temos painéis de paredes mais altos e com perfis esbeltos, muitas vezes com a altura de mais de duas vezes o pé direito da edificação.

Figura 5 - Esquema de distribuição de cargas.



Fonte: STEELHOUSE, 2015

Figura 6 - Esquema estrutural *baloon* e *platform framing*



Fonte: CRASTO; FREITAS, 2006

O *Balloon Framing* é utilizado principalmente no sistema *Wood Framing* e adaptado às estruturas de aço, no entanto, nestas estruturas tem entrado em desuso, pois as peças se tornam excessivamente esbeltas causando instabilidade na estrutura devido às sucessivas transferências de carga de formas excêntricas, como ilustrado pela figura 1 (CONSUL STEEL, 2002).

Renata Crasto (2005) afirma que a partir da evolução do *Balloon Framing*, surgiu outro conceito estrutural chamado de *Platform Framing*, neste método os painéis de entepiso ficam apoiados sobre as paredes estruturais do pavimento inferior e suportam os painéis de parede do pavimento superior.

Como o descrito no manual da Consul Steel (2002), cada pavimento tem seus painéis estruturais independentes e a construção se dá geralmente um pavimento por vez, visto que não existe continuidade física entre seus perfis. A redução do comprimento aliada a eliminação das cargas excêntricas reduz o risco de flambagem dos perfis, pois reduz consideravelmente a esbelteza dos elementos.

O *Platform Framing* é o método de construção em LSF mais utilizado atualmente por oferecer soluções estruturais mais eficientes e que permite maior nível de industrialização.

Existem várias técnicas construtivas que compõem o sistema de Steel Framing, neste trabalho serão analisadas as implicações das duas principais formas de se construir, apresentar suas características construtivas, suas implicações no canteiro e suas indicações de utilização (CRASTO; FREITAS, 2006).

3.1 Método “Stick”

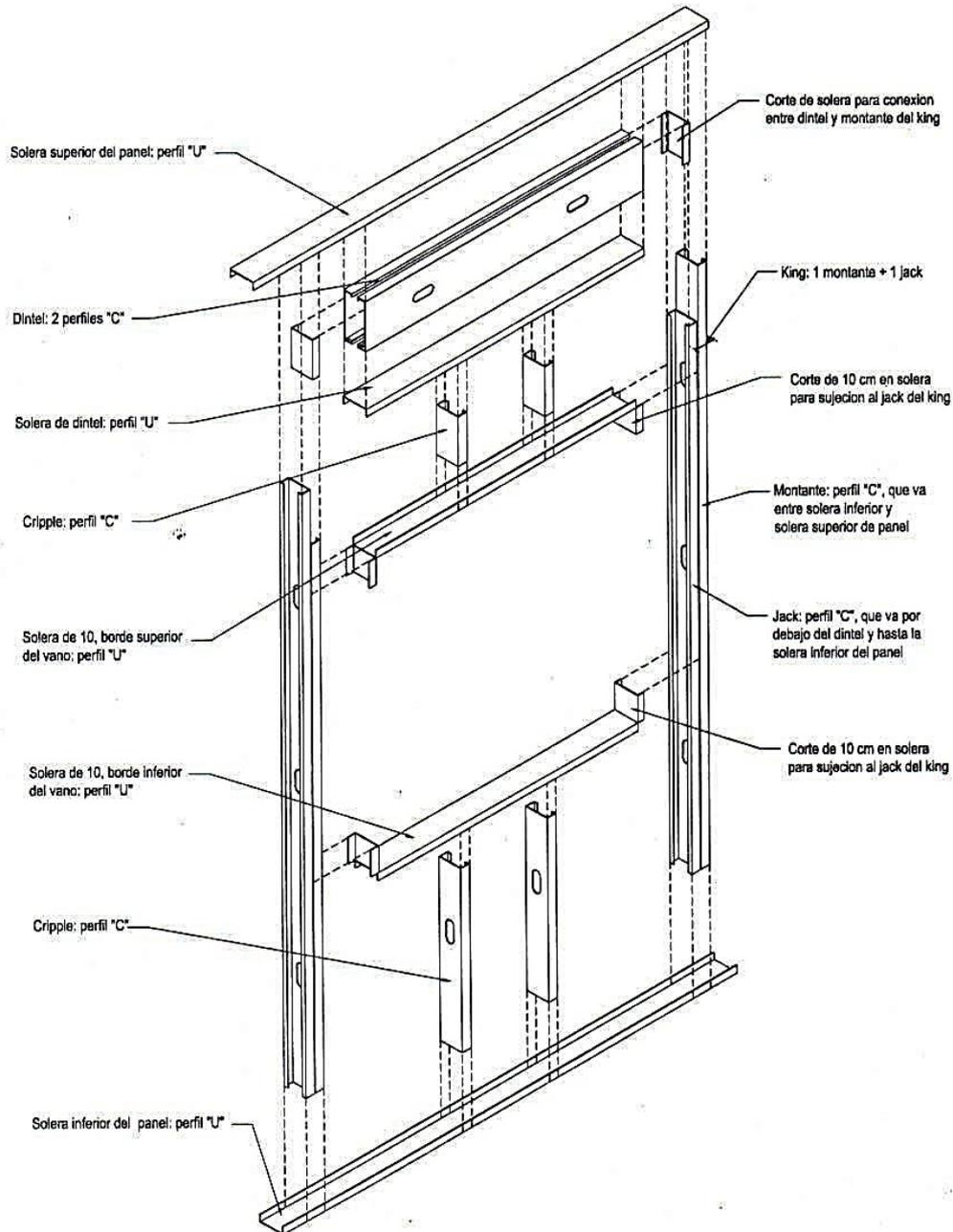
Método construtivo semelhante à execução de paredes de vedação “Dry Wall”, onde os painéis vão sendo formados no local da obra em que ficarão instalados.

Segundo o manual de projetos da empresa Steel House (2011), os perfis guias (Perfis U) inferiores são fixados nos locais onde as paredes ficarão localizadas, então, em sequência são adicionados os montantes das extremidades do painel. Estes montantes são fixados às guias inferiores por meio de parafusos auto brocantes e auto-atarraxantes do tipo “lentilha”, após a fixação inferior são colocados no prumo, alinhados e então fixados a um perfil provisório de travamento. Seguindo a montagem, são posicionados as guias superiores e os perfis componentes de aberturas (Jack, King, Cripples e Vigas) e por fim os montantes restantes, sempre lembrando que nas superfícies em que ocorrerá o emplacamento (revestimento) são utilizados parafusos “lentilha”, e onde não houver, como no caso de vigas, montantes duplos e encontros de parede devem ser utilizados parafusos estruturais com cabeça sextavada e também auto-atarraxantes e auto brocantes.

A composição da estrutura no canteiro de obras é feita perfil por perfil, que podem ou não vir cortados de fábrica, os painéis vão sendo formados já no local definitivo (STEELHOUSE, 2011).

Segundo Freitas e Crasto (2006) o método Stick possui algumas vantagens em relação aos outros métodos construtivos em LSF, como a de facilitar o transporte do material para canteiros de difícil acesso, como locais de reforma ou lotes em que se torna inviável a passagem de peças pré-fabricadas.

Figura 7 - Esquema de painel portante com abertura (típico)



Fonte: STEELHOUSE, 2015

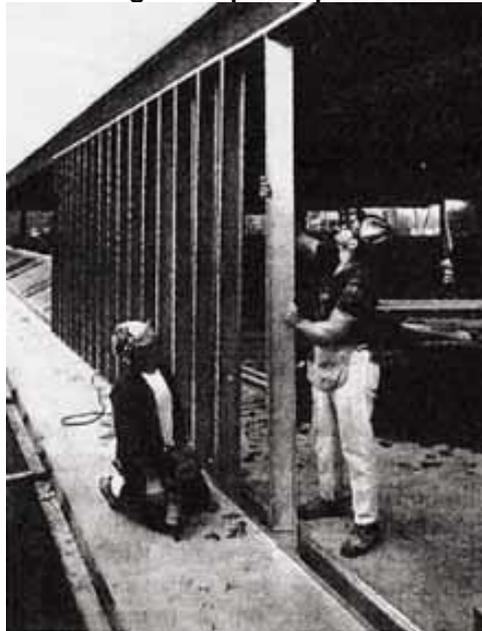
O construtor não necessita ter local para a pré-fabricação das peças e painéis e a ligação entre os diversos componentes da estrutura é facilitado pelo fato de todos estarem sendo construídos simultaneamente. Como desvantagens da adoção desta técnica construtiva se destacam o aumento da quantidade de processo dentro do canteiro de obra, a menor velocidade de produção, maior dificuldade em obedecer à modulação e o projeto estrutural além de exigir mão de obra mais especializada dentro do canteiro de obras.

Figura 8 - Montagem de painel pelo sistema “Stick”



Fonte: disponível em <<http://pedreiro.com.br/wp-content/uploads/2014/05/Steel-Frame-Montantes-Parafuso-Pedreiro.png>>. Acesso em 12 jun.2015.

Figura 9 - Montagem de painel pelo sistema “Stick”



Fonte: Crasto; Freitas, 2006

3.2 Método Painelizado

O método dos painéis consiste em montar os painéis de parede, laje, tesouras e coberturas longe do canteiro de obras, preferencialmente em uma fábrica, mas que cheguem prontos e organizados ao canteiro, juntamente com os painéis devem seguir

para a obra tanto os projetos de fabricação de cada painel quanto as plantas de montagem, para que sejam instalados no local certo e no sentido certo. Este método reduz as etapas realizadas no canteiro de obras, reduz também a possibilidade de erro na execução dos componentes modulação e alinhamento dos perfis (CRASTO; FREITAS, 2006).

Ainda conforme Crasto e Freitas (2006), os benefícios da adoção desta técnica construtiva destacam-se a redução da mão de obra e das etapas executadas no canteiro, maior velocidade de produção e de montagem, maior grau de industrialização, maior controle dimensional e de qualidade. Facilidade na leitura e interpretação dos projetos.

Como limitações a essa técnica destacam-se as limitações decorrentes das movimentações de painéis na obra, pois em alguns casos não é possível transportar os painéis inteiros até o local de instalação, em uma obra racional o sistema não admite adaptações ao painel na obra então todos os empecilhos devem estar previstos e sanados em projeto

Figura 10 – Transporte de painéis pré-fabricados.



Fonte: CRASTO, 2005.

Figura 11 - Montagem de painéis pré-fabricados



Fonte: disponível em: < <http://www.lpbrasil.com.br/sistemas/steel-frame.html>>. Acesso em: 12 jun. 2015

3.3 Método Modular:

Segundo Crasto e Freitas (2006), o sistema de construção modular em Light Steel Framing é o que melhor define o conceito de pré-fabricação devido ao fato de os cômodos da edificação poderem vir completamente prontos de fábrica, com acabamento e pintura e no canteiro de obra ser executado apenas a ligação e o acabamento entre esses módulos.

Quando o volume de produção é muito grande, existe a possibilidade de se criar uma linha de produção dos módulos.

Os principais atrativos deste sistema de construção são a eliminação de muitos processos no canteiro de obras, e de padronização das edificações. As desvantagens são a necessidade de grande estrutura física para a fabricação dos módulos, utilização de equipamentos pesados para a movimentação e transporte dos módulos, necessidade de grande espaço para o armazenamento dos módulos prontos e menor possibilidade de personalização do projeto arquitetônico (CRASTO, 2005).

O método de construção modular é o menos utilizado atualmente devido a necessidade de personalização dos projetos.

Figura 12 - Conjunto habitacional modular, Moduslar - Portugal



Fonte: disponível em : <<http://greensavers.sapo.pt/2013/02/19/atelie-portugues-lanca-novo-conceito-de-arquitectura-e-construcao-modular>>. Acessado 06 jun. 2015

Figura 13 - Módulo sanitário em LSF



Fonte: Crasto, 2005.

Figura 14 – Construção Modular



Fonte: disponível em: <<http://www.casaprefabricada.org/edificios-modulares-solucao-perfeita-para-as-necessidades-de-construcao-atuais>>. Acessado 06 jun. 2015

4. PLANEJAMENTO

Conforme Queiroz (2012) o planejamento é etapa essencial para qualquer obra civil e deve ser realizado e atualizado desde a concepção inicial até a entrega da edificação.

O Planejamento compreende diversas etapas de concepção, controle e gerenciamento, como projetos, detalhamentos, orçamentos, captação, controle e gestão de recursos humanos e financeiros, gerenciamento e controle de execução/evolução dos processos construtivos, produtividade e prazos.

Quando surge alguma falha no planejamento, como o não cumprimento de algum prazo ou algum gasto extra, por exemplo, se adapta o planejamento a realidade da obra. No entanto, esta prática deve ser evitada a fim de que o projeto não perca seu caráter balizador da execução. (QUEIROZ, 2012)

Neste trabalho o foco do planejamento está nas etapas de orçamentos, planejamentos de canteiro de obras, tanto para a técnica construtiva de alvenaria estrutural quanto para a técnica de construção a seco.

4.1 Orçamento

A elaboração de orçamentos é ponto fundamental para o desenvolvimento de projetos de engenharia, pois são ferramentas de análise de viabilidade e úteis para a estimativa e comparação entre diversos fornecedores e construtores bem como para a correta contratação da execução dos projetos e obras (VALENTINI, 2009).

Queiroz (2012) afirma que os orçamentos podem ser calculados de três formas, são elas, tabelado, sintético e analítico. A escolha do tipo de orçamento a ser fornecido depende do nível de precisão da estimativa e do nível de informação do empreendimento que se tem.

No caso de uma estimativa grosseira do custo de uma obra, quando não se exige grande assertividade no orçamento, utiliza-se o método tabelado, que se resume a multiplicação da área que se deseja construir pelo CUB (Custo unitário básico da construção civil) na região e período da análise. Neste tipo de levantamento não se levam em consideração aspectos relativos a uma obra em específico, apenas estimativas feitas sobre uma área genérica a ser edificada. (VALENTINI, 2009 p.10)

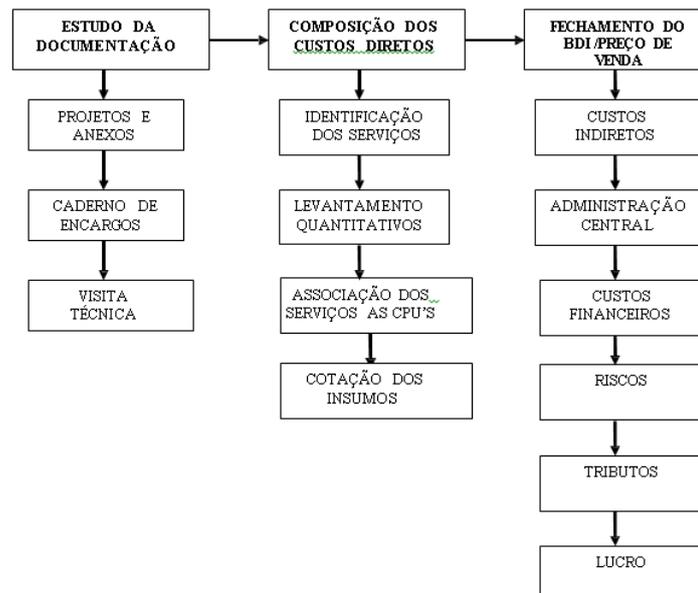
Ainda segundo Valentini (2001), para ter-se uma estimativa mais próxima aos custos reais de uma edificação, necessita-se de um projeto básico sob o qual vai se desenvolver o método de orçamentação sintético, através da quantificação dos serviços mensuráveis em planta baixa e cortes, como a área de cerâmica, piso, paredes, rebocos, forros e acabamentos, esquadrias entre outros. Serviços de concretagem, formas, armaduras e estruturas da obra são quantificados através de índices em função da área construída da tipologia da edificação.

As instalações elétricas e hidrossanitárias podem ser estimadas conforme os pontos de utilização de cada ambiente.

A fim de se corrigir possíveis distorções nas estimativas de custo feitas a partir do método sintético criou-se uma tabela de percentuais de referência, que aponta os percentuais máximos e mínimos para cada serviço relacionado e serve de parâmetro na verificação do orçamento sintético. (VALENTINI, 2009 p.14).

Quando por fim se deseja obter o custo final total ou mesmo parcial, se utiliza o método de orçamentação analítico, o qual exige projetos executivos detalhados além de documentações como memoriais de cálculo e memoriais descritivos, como ilustrado no seguinte o seguinte fluxograma (TISAKA, 2006 e VALENTINI 2009):

Figura 15 – Esquema básico para composição de orçamentos pelo método analítico



Fonte: VALENTINI, 2009

A partir da análise detalhada de todos os processos e da quantificação exata dos materiais a serem empregados à obra, acrescentam-se os custos indiretos,

administrativos, construtivos, de materiais e necessidade de mão de obra, os sistemas convencional e LSF apresentam maneiras diferentes tanto em termos de orçamentação quanto em planejamento da obra.

Fatores como o tempo de execução do empreendimento, nível de especialização dos operários, acesso ao canteiro, planejamento das atividades, estudos de logística e disponibilidade dos insumos são determinantes para uma boa estimativa de custo.

Nesse ponto o sistema de construção a seco se destaca, pois, se utiliza de materiais industrializados, abundantes no mercado, evitando assim adaptações no canteiro e conseqüentemente perdas de eficiência. No entanto, devido à grande velocidade de produção, estes materiais já devem estar disponíveis no início do empreendimento, pois eventuais atrasos de entrega ou indisponibilidades causam prejuízos não previstos no orçamento. (CONSUL STEEL, 2002)

4.2 A logística da Obra

Segundo afirmam Saurin e Formoso (2006) a logística de obra e organização de canteiro de obras são por vezes negligenciadas na indústria da construção civil, onde deixam bastante a desejar em termos de segurança, organização e aparência.

Para Vieira (2006), por ser altamente industrializado, o sistema Light Steel Framing exige um planejamento detalhado de todas as fases da obra, desde o projeto até a entrega ao proprietário, a fim de que se ganhe velocidade, agilidade, precisão e de se reduzir o custo de obra.

Os estudos das dinâmicas de canteiro de obra bem como da influência do treinamento dos operários no canteiro visam ganhar produtividade além de reduzir custos e de aumentar a segurança e o conforto no canteiro (SAURIN; FORMOSO, 2006 e SOUZA, 2006).

Segundo Glauche (2014), as instalações de canteiro devem ser dimensionadas objetivando fornecer o devido suporte logístico, administrativo e operacional ao empreendimento.

A partir da análise do dado de que 27% do tempo de trabalho em um canteiro de obras são considerados improdutivos, ou seja, com o operário parado ou realizando atividades não relacionadas ao processo produtivo. Outros 23% do tempo de trabalho no canteiro são utilizados para atividades auxiliares como montagem de

equipamentos, transporte da matéria prima às frentes de trabalho e limpeza tanto do canteiro quanto de ferramentas, assim restam aproximadamente 50% de tempo efetivamente produtivo no canteiro. (SANTOS; MENDES, 2002. p106).

Para Glauche (2014), estes dados são ainda mais preocupantes, em suas notas de aula ele cita o tempo produtivo como apenas 34%, e os tempos auxiliares e improdutivo como respectivamente 34% e 32%.

Estes dados ilustram a baixa produtividade do setor da construção civil, portanto se tornam fundamentais ações que busquem reduzir os índices de tempo improdutivo e auxiliar e então aumentar o desempenho, se faz necessário o planejamento constante da construção e do canteiro de obras, de modo que existam fluidez nos processos construtivos e o mínimo de deslocamento de pessoas e materiais.

Outro fator a ser considerado na busca de maior eficiência na construção é o nível de treinamento da mão de obra, sobretudo nos sistemas de construção a seco, no qual os profissionais envolvidos necessitam de um maior conhecimento e especialização. Assim, não basta realizar um bom planejamento de canteiro, mas também surge a necessidade de se fornecer treinamento adequado a mão de obra para que se possam cumprir com qualidade todas as etapas construtivas (SAURIN; FORMOSO, 2006).

Ainda segundo os mesmos autores, o planejamento de obra é fundamental para que se obtenha o melhor desempenho de uma edificação com o menor consumo de materiais e de mão de obra.

Existem diversas técnicas de planejamento e gerenciamento adaptadas à construção civil abordando orçamento, programação e execução de obra para o curto, médio e longo prazo e com diversos níveis de detalhamento e frequência de revisão (MATTOS, 2010).

Dentro da parte da organização para a construção, em paralelo ao orçamento, surgem os "Layouts" de canteiro de obras, planejados de acordo com cada etapa a ser executada e constantemente revisados (GLAUCHE, 2014).

No Layout de canteiro devem ser identificados e locados todos os pontos de iluminação e fornecimento de energia elétrica, instalações de água e esgoto do canteiro, independentemente dos definitivos da edificação, infraestrutura para os operários com local para alimentação, descanso e sanitários (GLAUCHE, 2014).

Ainda conforme Ricardo Glauche (2014), o planejamento do canteiro de obras também deve prever local para abrigar o gerenciamento da obra e acomodar os técnicos, locais para o correto armazenamento de matérias primas e componentes pré-fabricados, local para acomodação de equipamentos e pessoal relativo à segurança do trabalho, áreas que permitam o livre acesso de pessoas e de equipamento ao canteiro, evitando obstruções, detalhes para o fechamento da obra (geralmente tapumes), além do detalhamento das estruturas temporárias do canteiro.

Como afirmam Saurin e Formoso (2006) e Glauche (2014) a organização e a limpeza no canteiro de obras, juntamente com a segurança do trabalho e a infraestrutura adequada interferem positivamente na visão de todos os intervenientes do empreendimento. Para os funcionários um bom ambiente de trabalho, limpo e seguro se transforma em motivação nas tarefas cotidianas, e para clientes passa a Figura de confiabilidade e credibilidade para o empreendimento. Este cuidado com a limpeza e organização do canteiro são denominados como objetivos de Alto nível.

Os objetivos de Baixo Nível remetem a aspectos operacionais da obra como a minimização dos tempos de transporte de material e deslocamento de pessoal e equipamento além da eliminação das obstruções de fluxos dentro do canteiro (SAURIN; FORMOSO, 2006).

Ainda conforme Saurin e Formoso (2006), outro aspecto a se considerar no planejamento de canteiros de obra é a proporcionalidade da estrutura de canteiro/ tamanho das equipes frente ao volume de trabalho a ser executado, natureza e importância da obra.

5 METODOLOGIA

Para a análise deste trabalho foi selecionado um projeto de edificação residencial de padrão normal, com dois dormitórios e uma suíte, dois banheiros e um lavabo, com sala e cozinha conjugadas, conforme as plantas em anexo.

A área construída totalizará 101,6 metros quadrados, no entanto a fundação cobrirá uma área de 150 metros quadrados como espera para garagem.

Em ambos os sistemas estruturais os pisos serão cerâmicos com contrapiso, seguindo mesmo padrão. Nas duas situações serão utilizadas fundações do tipo radier, em concreto armado.

Por se tratar de um projeto estrutural já executado, os cálculos referentes a dimensionamento estrutural já foram realizados. Neste trabalho serão abordados aspectos de planejamento, orçamento e construtivos.

O projeto encontra-se anexado ao trabalho. Tanto o arquitetônico quanto a painelização para o sistema de *Light Steel Framing*

5.1 Aspectos Construtivos

A descrição dos processos construtivos analisados levará em consideração técnicas construtivas já consagradas além de, no caso da análise da construção em alvenaria estrutural se observarão as orientações da apostila de Milito (2009) e da NBR/15961:2011, partes 1 e 2, alvenaria estrutural em blocos de concreto – projeto e execução.

Para a execução da fundação, serão observadas orientações dos manuais do CBCA – Centro Brasileiro de construção em aço - *Steel Framing: Arquitetura e Engenharia*, além das orientações da *NBR 6122:2010 – Projeto e execução de fundações*.

Para a descrição dos demais processos de construção, tanto da alvenaria estrutural quanto do *Light Steel Framing* serão observadas determinações normativas e a literatura sobre o assunto, para que não existam omissões de processos e a apuração seja mais exata.

O relato das atividades e dos processos construtivos de cada alternativa comparada será o ponto de partida para a sequência deste trabalho no tocante a orçamentação e organização processos construtivos.

Nesta análise se busca a maior eficiência no canteiro, portanto, a execução das alvenarias, das fundações e o *Light Steel Framing* serão analisados sob seus aspectos máximos de industrialização e eficiência.

5.2 Projeto

A etapa de projeto é fundamental para um bom planejamento de obra, melhor aproveitamento dos insumos empregados na construção além de garantir a segurança e a estabilidade da edificação. Assim, os projetos devem seguir uma modulação lógica conforme os materiais que constituem o sistema construtivo, visando um menor desperdício de material e menos tempo para o ajuste no momento da execução.

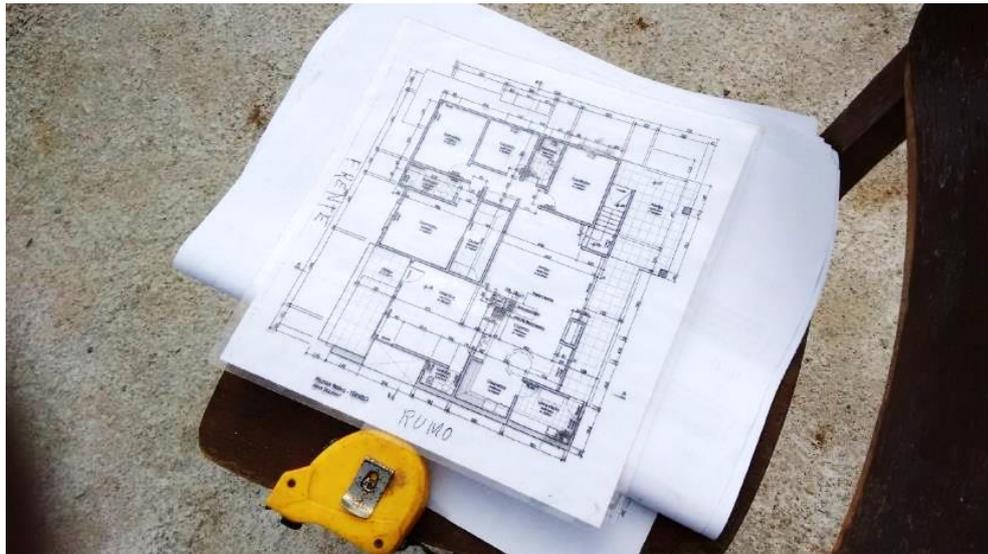
Para que um projeto cumpra sua função, deve dispor de todas as informações pertinentes de forma clara e objetiva, evitando ao máximo a poluição dos desenhos, mas mantendo ainda todos os detalhes que possam sanar o máximo de dúvidas no momento da execução.

Nos projetos executados para o sistema de alvenaria estrutural se fazem necessária uma rigorosa integração de projetos como o arquitetônico, estrutural, modular, hidrossanitários e de instalações elétricas. Devem-se apresentar no projeto plantas de primeira e segunda fiada (Figura 12), elevações de todas as paredes demonstrando os blocos a serem empregados todos os pontos de reforço estrutural (graute) (Figura 13), localização e tipos de bloco, pontos de passagem de tubulação hidráulica e de condução elétrica. Todos estes detalhes e eventuais conflitos devem ser sanados ainda na etapa de projeto, pois os ajustes feitos em obra consomem tempo e recursos, reduzindo assim a tanto eficiência quanto a qualidade da construção.

A mão de obra, por possuir em geral baixa qualificação muitas vezes necessita de treinamento para que consigam compreender e executar corretamente os projetos, assim, deve-se elaborar um método para que se possa treinar de forma rápida e eficiente para uma leitura correta dos desenhos apresentados.

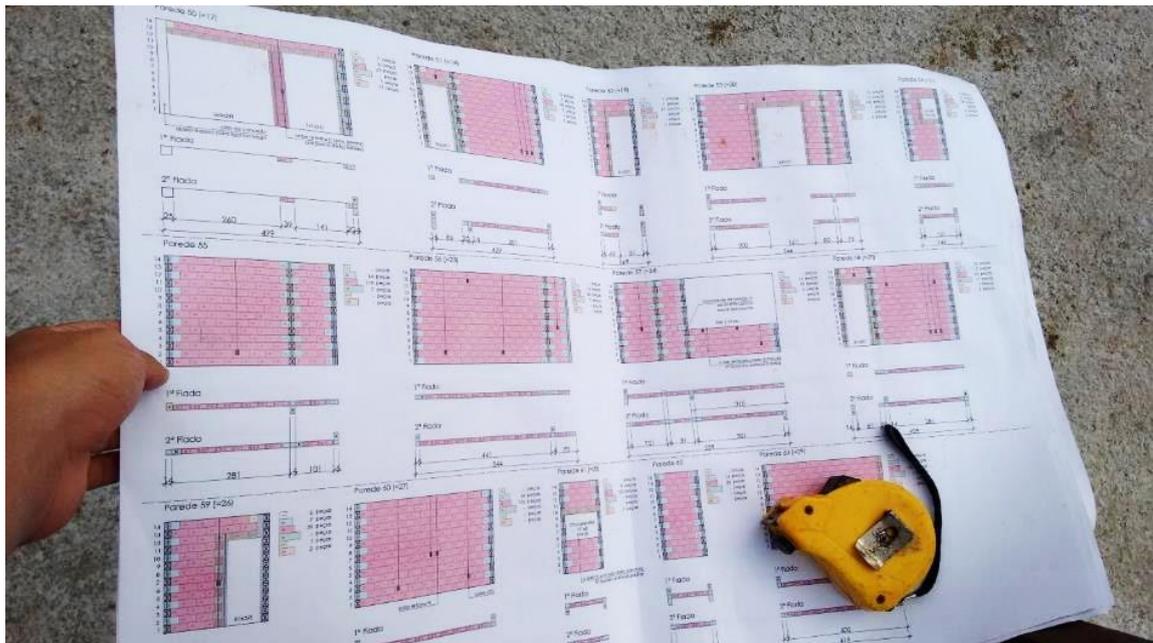
Nas seguintes imagens pode-se observar um projeto em alvenaria estrutural claro e bem detalhado, no entanto sem poluições.

Figura 16 – Planta de Primeira fiada em alvenaria estrutural na obra.



Fonte: Produzida pelo Autor.

Figura 17 – Elevação das paredes em alvenaria estrutural na obra.

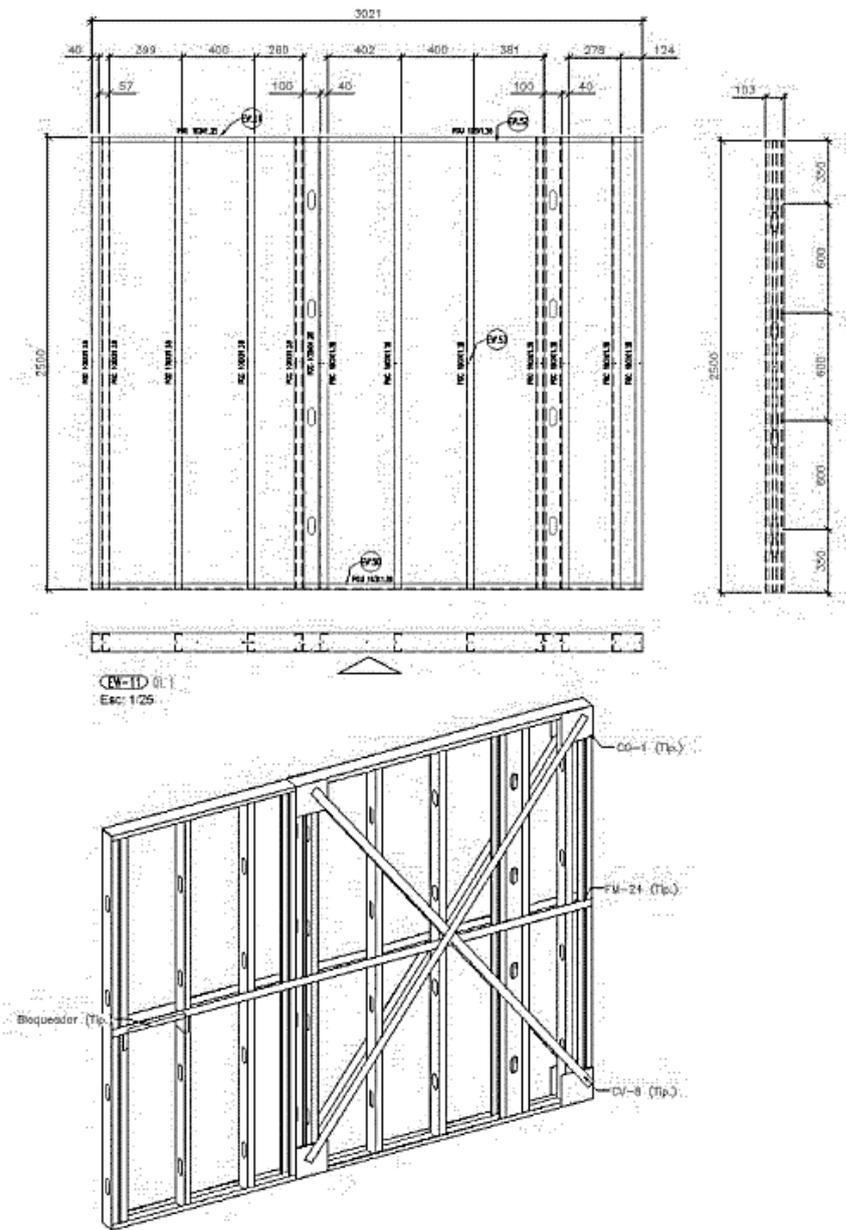


Fonte: Produzida pelo Autor.

Na construção de edificações em LSF, a obra se inicia com a elaboração de um projeto arquitetônico que leve em conta a modulação de 1200mm, visto que as placas comerciais a serem empregadas no fechamento destas estruturas têm por padrão 1,2m de largura, com essa modulação se pode aperfeiçoar o uso do material na obra e reduzir ainda mais o desperdício de material (CRASTO; FREITAS, 2005).

Como concordam Crasto (2005), Rodrigues (2006) e Steel House (2011), o projeto arquitetônico em mãos, o calculista determina o espaçamento máximo das almas dos perfis para que continuem na modulação, a 400mm ou 600mm (em locais de grande carregamento pode ser utilizada modulação de 200mm ou ainda treliças) como exemplificado na figura 5, e suas espessuras, que variam de 0,95mm a 2mm. De posse destes dados, o projetista lança os perfis e elabora o projeto de fabricação dos painéis, planos de corte, plantas de montagem e detalhes construtivos.

Figura 18 – Projeto de painel seguindo modulação de 400mm



Então o projeto segue para os projetistas eletricitistas e de instalações hidrossanitárias para uma melhor integração de projetos, e só então, após todos os trâmites totalmente concluídos e aprovados prossegue-se a implantação do canteiro de obras e a efetiva execução do empreendimento.

Todas estas etapas de projeto buscam identificar e minimizar erros e interferências na construção antecipadamente, evitando que se perca tempo em obra fazendo adaptações, correções, retrabalhos, e atrasos no cronograma da obra. Estes procedimentos se aplicam não somente aos Light Steel Framing, mas também a qualquer outro sistema construtivo em que se deseja ter o máximo de eficiência na construção.

A fase de projetos é ainda mais crítica e demorada em LSF devido ao fato de que sua vantagem econômica em relação aos demais sistemas está baseada na racionalização das etapas executadas e a velocidade na construção, assim sendo, a construção seca não admite ajustes e mudanças na obra, e a sua correta execução é determinante para o sucesso do empreendimento (CONSUL STEEL, 2002).

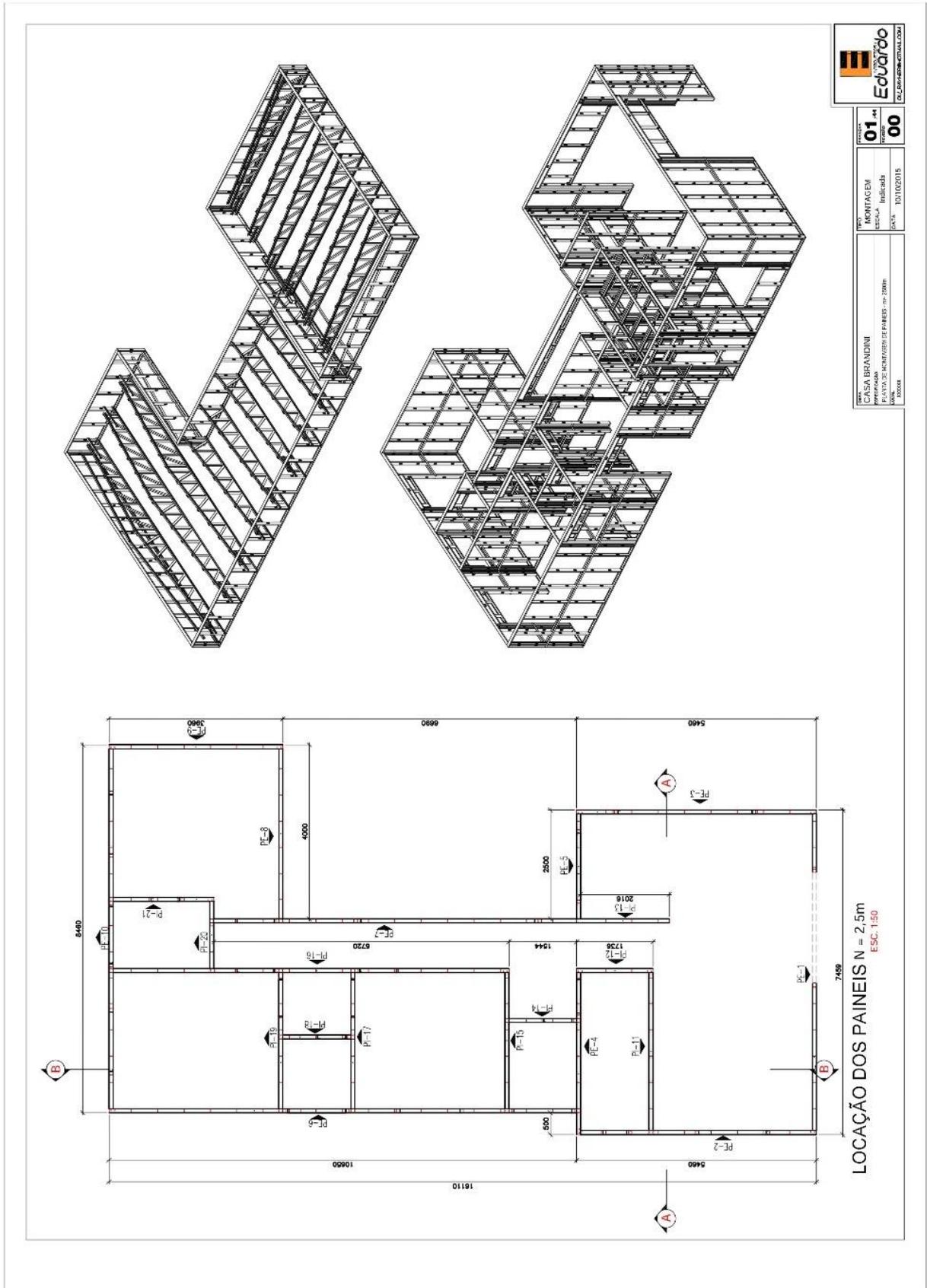
Neste trabalho será analisado principalmente o método construtivo Painelizado (visto no item 3.2), no entanto, em etapas como a instalação de entepisos, suportes de forro ou mesmo das terças de cobertura usualmente se utilizam o método *Stick* de execução.

Na sequência constam dois exemplos de projetos desenvolvidos em *Light Steel Framing*. Na figura 06 aparece detalhado uma prancha de fabricação de painel, na Figura 07, uma planta de montagem dos painéis.

Na elevação das paredes nos projetos de alvenaria estrutural devem ser discriminados os blocos e sua localização, estes blocos são quantificados e listados ao lado dos respectivos painéis. No sistema de construção a seco, de forma semelhante, existe a atribuição e discriminação dos perfis utilizados na fabricação do painel que fica disposta na prancha de forma a orientar o executor na hora do corte e de montagem do elemento. É muito importante que os executores da obra tenham clareza destas informações para que não cometam enganos na hora da execução do serviço.

Usualmente são incorporados aos projetos de estruturas LSF pranchas de montagem e fabricação dos painéis.

Figura 20 – Detalhamento de montagem de Painel LSF.



Fonte: Produzido pelo Autor.

A seguir são apresentados alguns elementos básicos para uma correta execução de um projeto em *Light Steel Framing*. Para pranchas de fabricação os principais elementos são:

1- Lista de materiais: Conforme exemplificado na figura 21 descrevendo todos os perfis componentes do painel, é útil para que o profissional possa realizar os cortes do material de forma rápida e precisa, evitando o desperdício dos perfis. A lista de material deve conter a nomenclatura da peça, tipo de perfil, comprimento e a quantidade de cada peça.

Figura 21 – Lista de corte de perfis para painel.

LISTA DE EXPEDIÇÃO						
MARCA	QTDE	DESCRIÇÃO	PESO UN.	PESO TOT.	SUP. TOT.	
PI-5	3	PGU 92X0,95	29,1	87,2	21,4	
LISTA DE MATERIAL						
POS	QTDE	COMP.	PERFIL	NOTAS	P. UN.	P. TOT.
PI-5, 2	18	2668,0	PGC 90X0,95	MONTANTES	4,0	72,7
PI-5, 1	6	2031,0	PGU 92X0,95	GUIA	2,4	14,5

Fonte: Produzido pelo Autor.

2- Locação do Painel: Planta baixa do pavimento extremamente simplificada, destinada a posicionar o painel fabricado, em todas as ocorrências dentro da obra, não substituindo a planta de montagem como exemplificado pela figura 22.

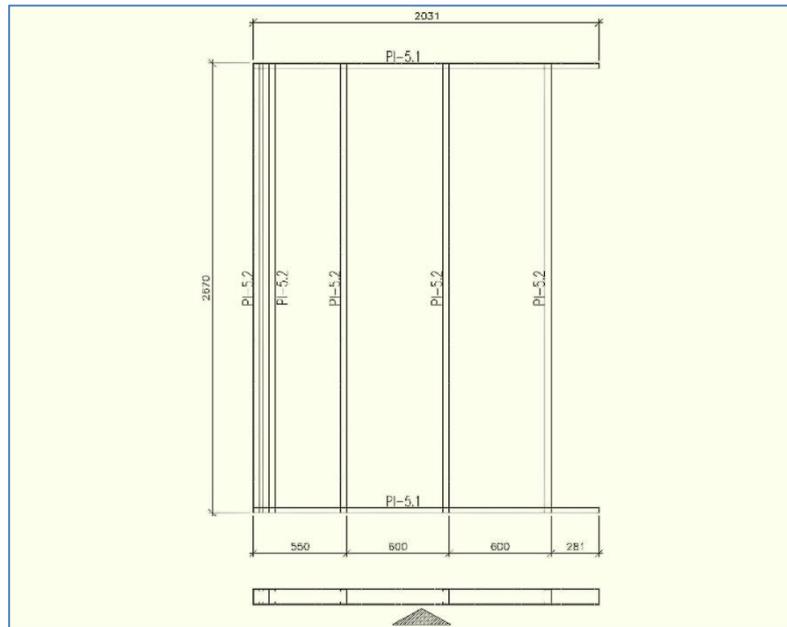
Figura 22 – Locação do painel na obra.



Fonte: Produzido pelo Autor.

3- Detalhamento 2D: no desenho 2D (Figura 23) devem estar expostas cotas de posicionamento dos painéis, a orientação dos perfis e a sua nomenclatura. Deve-se também apresentar o sentido de montagem do painel. O Detalhamento 2D é a informação mais importante do projeto, pois a partir deste se pode montar o painel mantendo o alinhamento de toda a estrutura.

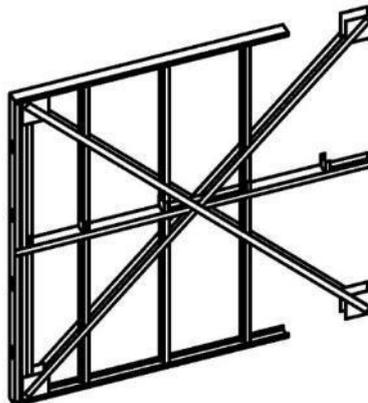
Figura 23 – Planificação de painel estrutural em LSF.



Fonte: Produzido pelo Autor.

4- Perspectiva: Projeção destinada a ilustrar a montagem dos painéis, a fim de dirimir eventuais dúvidas na hora da produção, além de apresentar a posição de acessórios, contraventos, bloqueadores e luvas como exemplificado na figura 24.

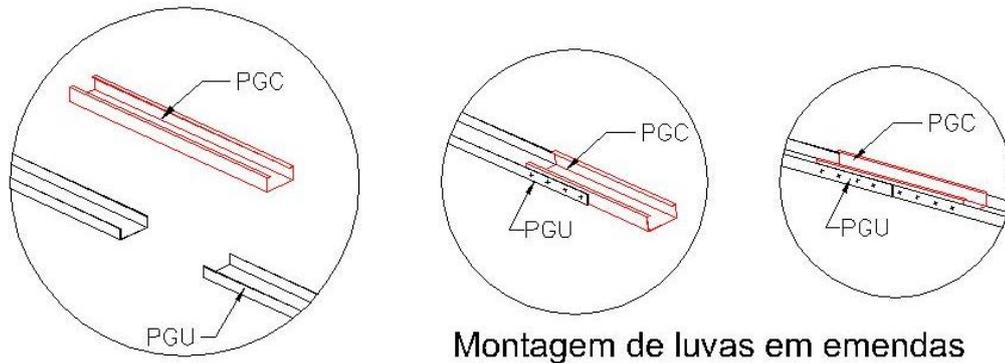
Figura 24 – Perspectiva de painel estrutural em LSF.



Fonte: Produzido pelo Autor.

5- Detalhes: Detalhes de fabricação (Figura 25) e de montagem fornecem informações adicionais que, por motivo de falta de espaço, ou mesmo por não haver a possibilidade, não foram incluídos no detalhamento do painel.

Figura 25 – Detalhes de fabricação e montagem.



Montagem de luvas em emendas

Fonte: Produzido pelo Autor.

6- Selo: Conforme apresentado na figura 26 todas as pranchas do projeto devem possuir selo contendo o número de revisão, data, número de prancha, tipo de prancha (Fabricação, montagem, acessórios ou detalhes), localização além da identificação do fabricante, do cliente e do responsável técnico.

Figura 26 – Exemplo Básico de Selo.

OBRA Obra - Local			 Eduardo PROJETOS DU_RAYHER@HOTMAIL.COM
ESPECIFICAÇÃO Corte e detalhes construtivos	TIPO Montagem	PRANCHA 04/20	
RESPONSÁVEL TÉCNICO APROVAÇÃO Eng. Eduardo Rayher Soares - CREA 0000000	ESCALA Indicada	REVISÃO 00	
PROPRIETÁRIO APROVAÇÃO Sr (a). ----- CPF 000000000-00	DATA xx/xx/xxxx		

Fonte: Produzido pelo Autor.

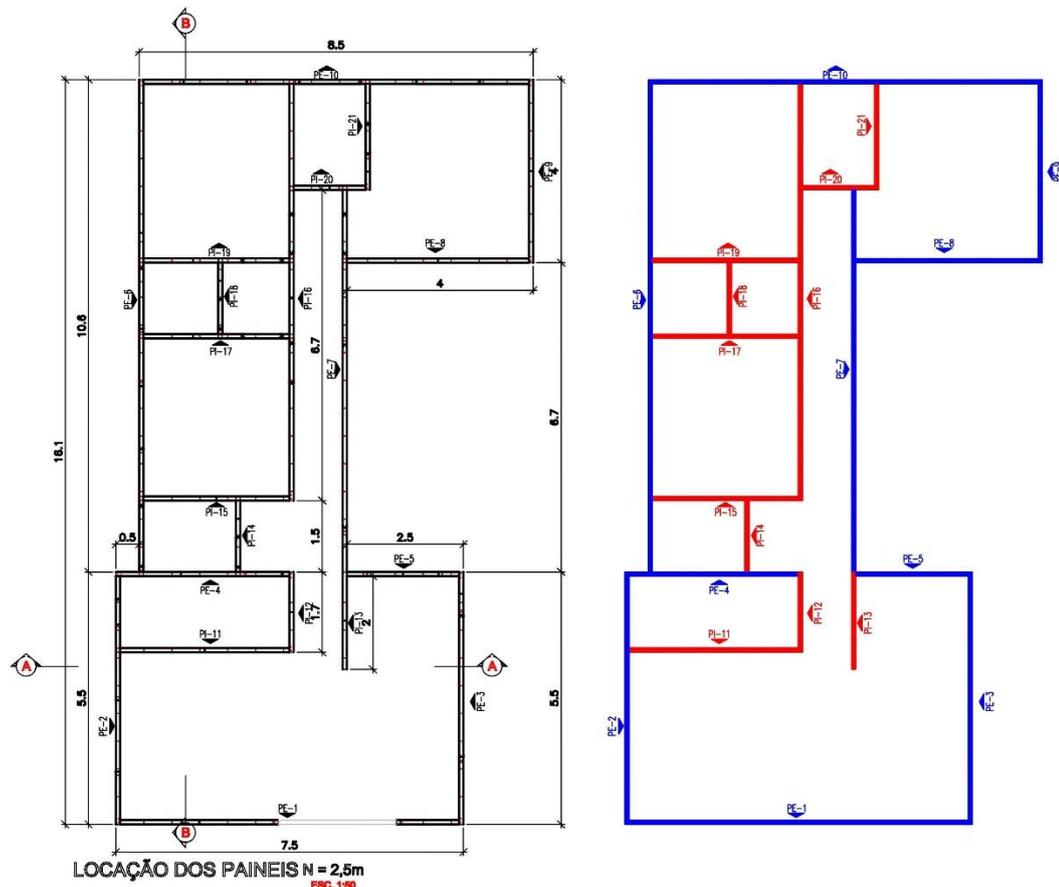
Diferentemente das pranchas de fabricação, as de montagem focam mais no todo da estrutura, deixando de representar e especificar os perfis descritos para expor o posicionamento e a ordem de elementos estruturais como painéis, tesouras entre outros.

A seguir se destacam os principais elementos componentes das pranchas de montagem.

1- Plantas baixas: Plantas baixas (Figura 27) de todos os níveis a serem montados, com a nomenclatura e direção dos painéis, coincidindo com a apresentada nas pranchas de fabricação. Nas plantas baixas também devem ser indicados os cortes e elevações, os níveis quando houver variação além das cotas gerais da edificação e dos painéis.

No caso de os painéis estarem dispostos sequencialmente as cotas devem evidenciar os limites de cada painel, e estas cotas dispostas abaixo das cotas gerais da edificação.

Figura 27 – Plantas baixas de montagem.

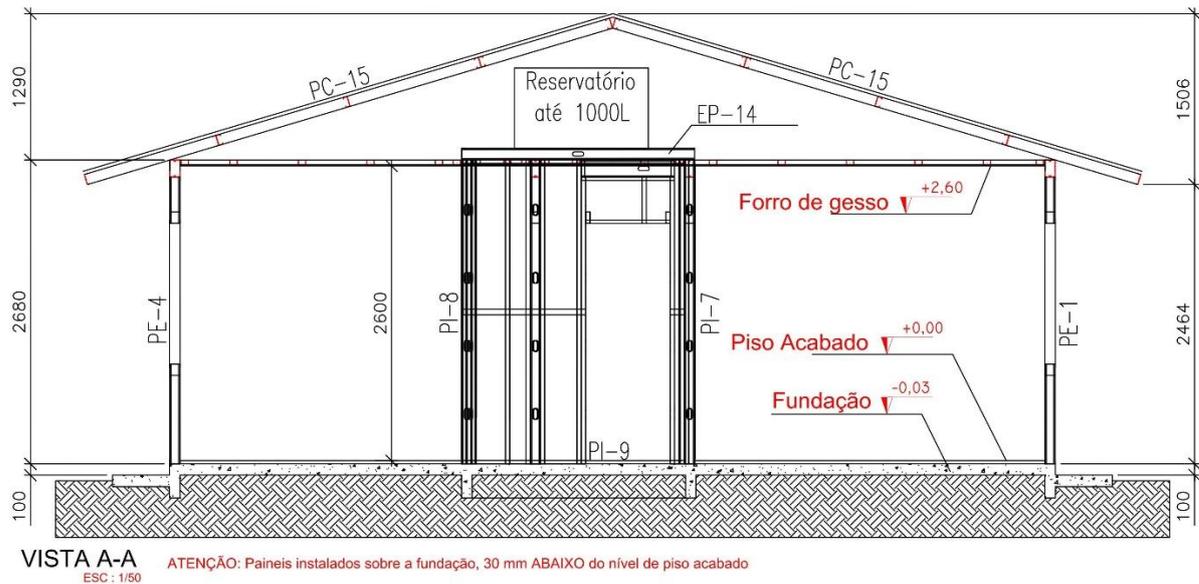


Fonte: Produzido pelo Autor.

2- Elevação e cortes da estrutura: Os cortes e elevações (Figura 28) da estrutura devem apresentar cotas de elevação, níveis, altura livre da estrutura e pé direito.

Nas elevações também devem ser detalhadas as fitas metálicas, os bloqueadores, acessórios e contraventos, indicando os painéis e eventuais detalhes de cobertura e entrepisos.

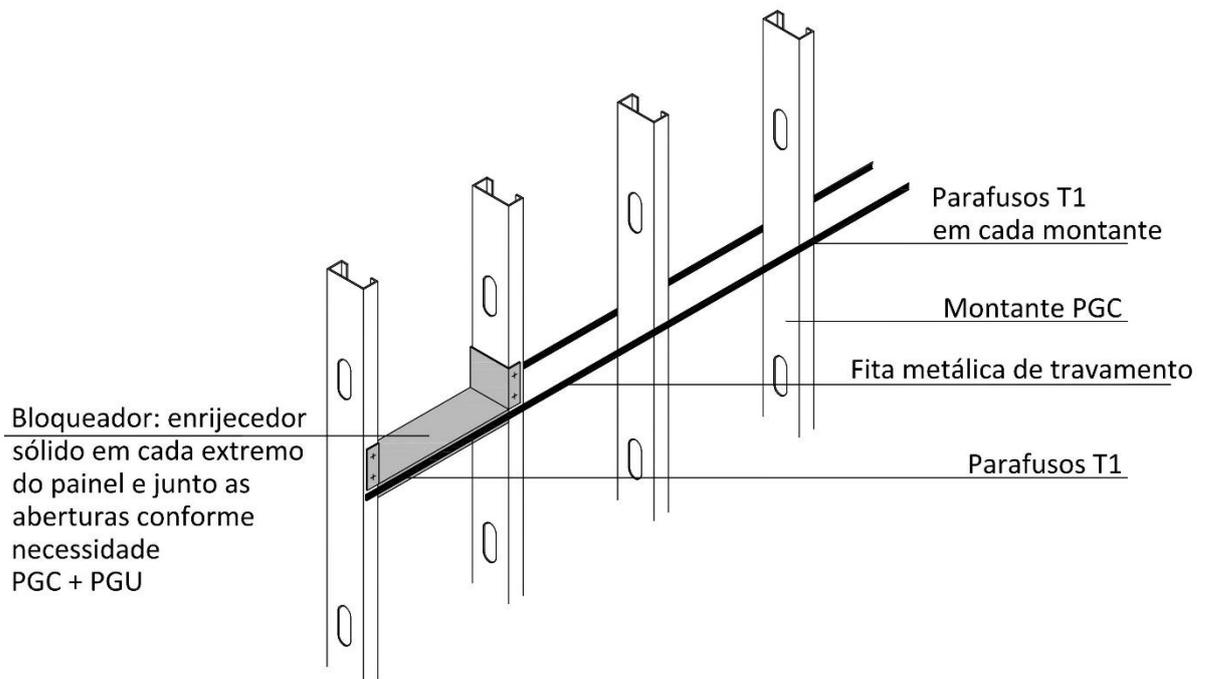
Figura 28 – Corte/Elevação da estrutura.



Fonte: Produzido pelo Autor.

3- Detalhes: Assim como nas pranchas de fabricação, os detalhes visam representar situações de montagem os quais não tenha sido possível contemplar no detalhamento conforme exposto na figura 29.

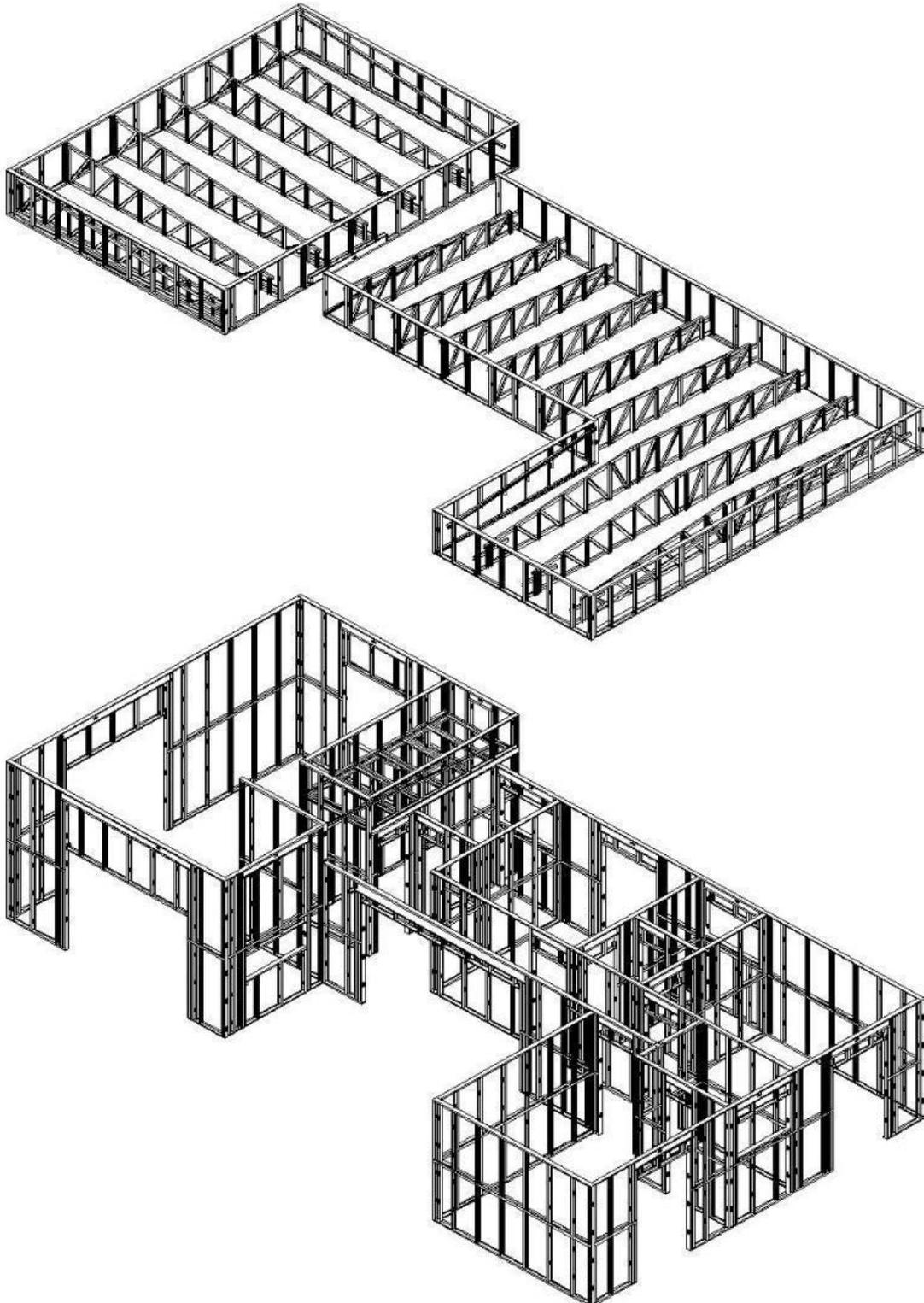
Figura 29– Detalhe de montagem fitas metálicas e bloqueadores LSF.



Fonte: ConsulSteel 2002

4- Perspectiva: Objetiva ilustrar o projeto de forma a apresentar a imagem da estrutura após a montagem dos componentes (Figura 30).

Figura 30 – Perspectiva geral da estrutura.



Fonte: Produzido pelo Autor.

5.3 Instalações de obra

As instalações de canteiro de obras devem ser dimensionadas com base no porte da obra a ser erigida, de forma a fornecer suporte físico e logístico a construção, propiciando fluxos de pessoas e de materiais otimizados, além de proporcionar segurança, energia e os recursos logísticos básicos. Também deve respeitar o que determina a NR-18, no que tange a sanitários, locais para descanso e alimentação dos colaboradores.

Para que se obtenha um melhor desempenho do canteiro de obras recomenda-se que sejam seguidas as etapas descritas a seguir, adaptando-as a realidade de cada projeto.

- 1- Levantamento topográfico para fins de conferência das medidas do terreno e localização do empreendimento.
- 2- Limpeza grosseira do terreno com a retirada da vegetação rasteira, em alguns casos pode ser necessário o uso de retroescavadeiras, retirada de árvores e/ou reflorestamentos.
- 3- Fabricação e montagem de tapume no entorno do terreno da obra, caso existam delimitações físicas de no terreno como muros de vizinhos ou cercas que impeçam a entrada de pessoas estranhas ao canteiro, pode-se utilizar o tapume apenas na testada do lote.

O tapume deve ser composto de material resistente, fechado e com altura mínima de 2,2 metros. Após a instalação dos tapumes procede-se a escavação dos locais necessários para a instalação da fossa e do filtro. Esta escavação pode ser feita manualmente, no entanto, como utilizar-se-á uma retroescavadeira na limpeza preliminar do terreno, convém que essa escavação seja feita pelo equipamento hidráulico. Assim a primeira atividade definitiva para a obra fica sendo a instalação da fossa e do filtro anaeróbico.

O Banheiro da obra será ligado diretamente ao sistema de tratamento de efluentes definitivo da edificação

- 4- Instalações provisórias de energia elétrica, de água, e ligação provisória do banheiro da obra ao sistema de esgoto.
- 5- Execução do depósito, telheiro e bancada de ferreiro e marceneiro, depósito com 12,5m², com estrutura de madeira, fechado com chapas de compensado,

sem forro, com piso de chão batido com estrados de madeira (pallets) e coberto com telhas de fibrocimento de 5mm.

O telheiro será executado anexo ao depósito e terá 12,5m² cobertos por telhas de fibrocimento, abrigará as bancadas de ferreiro e carpinteiro, não contará com forro, nem fechamento lateral, o piso será de chão batido. Tanto o depósito quanto o telheiro disporão da instalação elétrica principal do canteiro.

- 6- Delimitação das áreas de depósito de materiais granulares (britas e areias), barras de aço, elementos de madeira, formas e armaduras prontas, rejeitos oriundos de escavação e resíduos da construção.

5.4 Fundações

As fundações do tipo radier de concreto armado serão executadas da mesma forma para ambos os sistemas construtivos, respeitando, no entanto, o dimensionamento de calculistas fornecido para cada situação, observados também os aspectos de solo e condicionantes ambientais.

Devido ao peso menor da estrutura de aço, as fundações para este sistema construtivo tendem a ser menos robustas, acarretando numa redução significativa no consumo de material e custo da fundação para obras de médio e grande porte, no entanto para obras pequenas como a analisada neste trabalho, esta diferença não é significativa ao ponto de ser considerada um fator determinante para a escolha do sistema construtivo a seco. Quanto ao custo de mão de obra, não se observa uma redução tão significativa de custos, visto que os serviços executados serão os mesmos.

Segundo Milito (2012) primeiramente, após a conclusão da fase de projeto, iniciam-se as fases de nivelamento e apiloamento do terreno, marcação do gabarito da obra, marcação das vigas e da laje.

As cavas para a execução das fundações serão executadas com a utilização de microescavadeiras, que podem ser alugadas com o objetivo de se ganhar tempo e reduzir a mão de obra, além disso, o equipamento auxilia a execução de outras escavações na obra, como rebaixos para a passagem das tubulações de água, equipamentos da rede de esgoto e pluvial e por fim na execução de drenos no terreno quando necessário for.

Com as escavações das cavas concluídas, procede-se o nivelamento manual do fundo das escavações, e em seguida se adiciona uma camada de 5 a 10 centímetros de areia grossa em toda a extensão de terreno que receberá o radier. No projeto analisado neste trabalho a camada de areia será dispensada devido ao fato de o solo ser arenoso. Em seguida, uma camada de brita “1”, de 5 centímetros. Assim a regularização do fundo das cavas deve ser feita a no mínimo 15 cm abaixo das cotas de projeto da fundação. Os objetivos da aplicação destas camadas de agregado abaixo da fundação são nivelar o fundo das nervuras de fundação (vigas), auxiliar na drenagem das águas pluviais e reduzir as infiltrações no radier por capilaridade (CONSUL STEEL, 2002).

Simultaneamente às escavações e a preparação da cancha realiza-se a confecção das formas para a concretagem da fundação, estas serão fabricadas no próprio canteiro de obras. A madeira utilizada nas formas será o pinus (*Pinus elliottii*) devido ao baixo custo de aquisição e boa trabalhabilidade.

As armaduras utilizadas tanto nas fundações quanto em outras etapas da construção (alvenaria) serão cortadas, fabricadas e montagem no canteiro de obras por ferreiro, sendo assim necessário criar uma bancada exclusiva para o ferreiro armador, locais de armazenamento e transporte de barras de aço e minimizar os desperdícios de material. A armadura das lajes do radier serão feitas em malha eletrosoldada reforçada, que assim como nas vigas o aço varia de acordo com o carregamento e com o sistema utilizado.

Devido a atmosfera marinha à qual a obra estará exposta (classe de agressividade III) o concreto da fundação será de classe 30, do tipo usinado. A escolha pela utilização do concreto usinado para a execução da fundação se deu pela padronização e rígido controle de qualidade do material e por proporcionar uma concretagem única e sem emendas (SANTOS, 1998).

Antes de ser iniciada a concretagem é feita a inspeção das armaduras, retirada de eventuais entulhos e sujeira das formas, conferência na amarração dos elementos, posicionamento e nivelamento de mestras. Assim inicia-se a concretagem da fundação, tomando cuidado para que não haja segregação do concreto e nem permaneçam nichos de concretagem (GLAUCHE, 2014).

Segundo Peinado (2013), para que se evitem trincas e para garantir a correta hidratação do cimento, os elementos da fundação deverão ser mantidos úmidos por um período de sete a dez dias, dependendo das condições de temperatura e vento.

Após a cura do concreto, deverá ser feita a impermeabilização da fundação, sobretudo nas regiões onde se localizarão as paredes (GLAUCHE, 2014).

Para um melhor planejamento da etapa de execução da fundação, seguindo o dimensionamento estrutural, recomenda-se a seguinte sequência executiva para a etapa de fundação:

- 1- Montagem do gabarito da fundação, seguindo os alinhamentos da planta de formas da fundação, com o lançamento das linhas de alinhamento, conferência de esquadro de todos os elementos da fundação.
- 2- Escavação, arrasamento e compactação manual do solo, 10 cm abaixo da cota de arrasamento de projeto para o fundo das vigas e da laje.
- 3- Com a escavação e a compactação do solo, faz-se instalação de uma camada de geotêxtil por toda a extensão da obra. Esta camada objetiva isolar o solo natural (areia) da drenagem (brita) sob a fundação.
- 4- Aplica-se uma camada de 10 centímetros de brita 1 sobre a manta de geotêxtil, e, após corretamente nivelada esta camada de brita é coberta por lona preta. A função desta espessa camada de brita, isolada por manta geotêxtil e lona preta é evitar o ataque da umidade do solo à estrutura de fundação, coibindo a capilaridade da água bem como impedindo a infiltração de solo na camada de drenagem.
- 5- Fabricação das formas para vigas de fundação e preparação da armadura para instalação.
 - Para as vigas de fundação dimensionadas para o sistema de alvenaria estrutural serão aplicadas 4 barras de 12,5 mm na parte inferior e duas de 6.3 mm na parte superior dos elementos (apenas montagem), os estribos serão de 5,0 mm, espaçados a cada 15 centímetros.
 - Para as vigas utilizadas no sistema de construção a seco, serão utilizadas 4 barras de 10,0 mm na parte inferior e duas de 6.3 mm na parte superior dos elementos (apenas montagem), os estribos serão de 5,0 mm, espaçados a cada 18 centímetros.
 - As lajes de fundação serão executadas com tela eletrosoldada nervurada, aplicadas na parte inferior da placa de radier, com especificação de 15 x 15 x 4,2 mm (reforçada) para a aplicação do sistema de alvenaria estrutural e de 15 x 15 x 3,4mm (média). As malhas são produzidas em aço CA-60, fornecida em telas de 2,45 x 6 metros e são eletro soldadas, reduzindo assim

o trabalho do armador para a execução da armadura da laje, cabendo a ele apenas o transpasse entre telas.

- As formas de fundação, totalizando 58 m² de formas, executadas com tábuas de pinus, devido ao baixo custo da madeira e sua boa trabalhabilidade. As formas das vigas internas serão perdidas no momento da concretagem, visto que a fundação será concretada de uma única vez.

- 6- Montagem das formas de fundação, tomando cuidado para minimizar os danos à camada drenante inferior.

Um ponto crucial a se considerar em fundações do tipo radier é a instalação hidrossanitária, pois uma vez concretado o elemento, reparos posteriores ficam bastante complicados. Assim, as regiões que receberão instalações hidrossanitárias não receberão laje na fundação, estas peças receberão contrapiso convencional em concreto magro. A etapa de instalações hidrossanitárias poderá ser feita após a execução da fundação, geralmente na mesma etapa de ligação à rede coletora e de esgoto.

- 7- A montagem das armaduras nas fôrmas deve ser feita levando em consideração os cobrimentos mínimos exigidos, visto que por se tratar de uma região litorânea conta com alto grau de agressividade ambiental, a montagem deve ser feita com a utilização de espaçadores de plásticos e, de forma alguma a armadura pode ter contato direto com o ambiente após a concretagem.
- 8- Após o posicionamento da armadura devem ser feitas as guias (mestras) para auxiliar o correto nivelamento da fundação no momento da concretagem.
- 9- Como já dito anteriormente, a concretagem da fundação será feita de uma só vez, utilizando concreto com Fck de 30 MPa usinado e bombeado para o ponto de aplicação. O objetivo do bombeamento é reduzir o número de pessoas e materiais sobre a armadura posicionada e evitar danos a montagem da armadura no momento da concretagem. O fator água/cimento deve ser baixo, em torno de 0,46 (NBR/6118:2014) para que se tenha uma menor porosidade e maior durabilidade da estrutura, no entanto, um baixo fator água/cimento tende a causar uma menor trabalhabilidade do concreto, assim, na concretagem também devem ser utilizados vibradores para que o concreto ocupe totalmente as formas e a área a laje, evitando nicho de concretagem e futuras patologias.

5.5 Elevação e revestimento das paredes

5.5.1 Elevação das paredes em alvenaria

Afim de que se possa extrair uma maior qualidade e produtividade no sistema de construção em alvenarias estruturais, tornam-se fundamentais projetos executivos detalhados e integrados, evitar ao máximo o retrabalho, utilizar-se de material de qualidade e, de preferência industrializado, suprimindo assim processos do canteiro de obras (CAVALHEIRO, 2015).

Assim, serão considerados para este projeto a utilização de blocos de concreto com furos verticais, argamassas e graute industrializados cuja única etapa no canteiro será a adição de água e homogeneização.

Para uma boa execução da alvenaria estrutural, torna-se fundamental a nova conferência de esquadro, do nível e do serviço de impermeabilização realizados na etapa de fundação, e após a liberação procede-se a marcação e conferência dos eixos de referência ortogonais sobre os gabaritos de fundação (MILITO, 2012).

Realiza-se então a limpeza do substrato com a varredura dos detritos e umedecimento da base para que se obtenha uma maior resistência e aderência da argamassa de assentamento da primeira fiada. Segundo Santos (1998) esta primeira camada deve ser de até 1 centímetro, e tem a função de regularizar eventuais desníveis da fundação. Caso haja necessidade de espessuras superiores deve-se recalcular o traço ou utilizar outro tipo de argamassa para esse fim.

Instalados os blocos guias nas extremidades das paredes, confere-se novamente o esquadro, não somente dos blocos entre si, mas também dos ambientes os quais formarão. Após todas as conferências, se posicionam linhas de nylon para referência de alinhamento para a fiada e então são assentados os demais blocos da primeira fiada. Este procedimento é fundamental para a qualidade da obra visto que erros nessa etapa podem interferir em todo o resto da obra, tanto na parte estética quanto serem pontos de surgimento de patologias (SANTOS, 1998).

Segundo Cavalheiro (2015), o objetivo de se ter plantas detalhadas das duas primeiras fiadas é se garantir a correta amarração entre as paredes e se reiterar o posicionamento dos pontos de armadura, de grauteamento, de passagens de instalações elétricas e hidrossanitárias.

Desta forma, seguem o assentamento dos blocos das demais fiadas, sempre se observando os projetos de elevação das paredes para o correto posicionamento de blocos especiais e de acessórios como tubulações e caixas para pontos elétricos, e instalações de água e esgoto, além do correto posicionamento de aberturas para esquadrias, evitando-se assim futuros retrabalhos (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Conforme Santos (1998) a falta de cuidados com prumo e a planicidade dos panos de alvenaria além de causar problemas estéticos, ocasiona desperdício de material de revestimento e/ou de reconstrução, demandam de mais tempo para a correção. Outro fator importante relacionado à prumada das alvenarias se dá quando os elementos são estruturais, pois o desaprumo pode gerar cargas excêntricas para os quais os elementos não são dimensionados.

Os pontos que receberão reforços estruturais, como pontos de grauteamento para a formação de pilares, vergas, contravergas, por exemplo, devem ser mantidos limpos, sem restos de argamassas e impurezas, para que seja feita a correta solidarização entre as armaduras e as alvenarias (DESIR, 2015).

Nos pontos onde haverá grauteamento, o lançamento do produto não deve ser superior a 1,5 metros para que não haja segregação dos agregados. A vibração do micro concreto, assim como a do concreto comum não pode ser feita através das barras de aço da armadura. Em sequência são grauteadas as canaletas da última fiada, afim de que se crie uma cinta de distribuição de cargas no topo dos elementos.

A instalação das caixas nos pontos de utilização de eletricidade previstos desde o projeto e que devem ser observados durante o assentamento da alvenaria, para que não haja a necessidade de abrir rasgos posteriores nas paredes.

5.5.2 Revestimento das paredes em alvenaria

Com as etapas de elevação das alvenarias concluídas Milito (2012) afirma a necessidade de nova conferência de prumada, planicidade e esquadro inferior e superior. Em seguida faz-se a limpeza da alvenaria, onde se retiram pontas metálicas, rebarbas e incrustações de argamassa de assentamento e se preenchem juntas verticais que não tenham ficado devidamente fechadas.

Segue então a lavagem da alvenaria, para a retirada de pó, procedimento que visa garantir a melhor aderência da argamassa de revestimento sobre os blocos de

concreto. Seguindo a lavagem e secagem das paredes faz-se o chapisco nas paredes externas, nas paredes internas o procedimento é opcional (SANTOS, 1998).

O taliscamento das paredes e execução das mestras deve ser feito com a utilização de um prumo e de uma régua, tomando-se o maior cuidado para que fiquem planas, perpendiculares alinhadas, para que não se permita a perda de esquadro da parede devido ao revestimento. (MILITO, 2012).

O revestimento será executado em apenas uma camada de argamassa (Reboco Paulista) nas áreas secas e com emboço, argamassa colante e cerâmica em áreas molhadas. Após a aplicação da argamassa de revestimento uma régua metálica é apoiada sobre as guias e é feito o corte da argamassa para regularização, e em sequência o desempenho da argamassa para dar o acabamento desejado.

Durante o lançamento da argamassa devem ser observados os pontos de passagem de eletricidade e hidráulica, para que não sejam cobertos nem obstruídos pelos revestimentos.

Após a conclusão do revestimento deve-se verificar a planicidade o prumo novamente, através de régua metálica, aguardar o tempo de cura para só então realizar pintura ou assentar a cerâmica conforme o caso (MILITO, 2012).

A sequência executiva de elevação e revestimento da alvenaria foi executada utilizando informações publicadas por Santos (1998), Milito (2012), Desir (2015) e Cavalheiro (2015):

- 1- Limpeza e nivelamento da fundação
- 2- Locação e preparo dos pontos de tubulação elétrica e hidrossanitária, além dos pontos de reforço estrutural.
- 3- Marcação e conferência do esquadro e alinhamento dos eixos da primeira fiada.
- 4- Assentamento da primeira fiada (Utilizar argamassa com aditivo hidrofugante).
- 5- Assentamento dos blocos nos cantos das paredes, formando “castelinhos”, conferência do esquadro em todas as fiadas.
- 6- Durante a elevação das paredes deve ser feita a passagem de tubulações e armadura no interior dos blocos conforme projeto.
- 7- Locação das aberturas, assentamento das vergas e contravergas, ou blocos canaletas com armaduras, conforme projeto.

Neste ponto deve-se respeitar o transpasse mínimo de projeto da armadura, ou elemento pré-fabricado com os blocos estruturais adjacentes afim de evitar trincas e fissuras.

- 8- A depender do porte da obra, deve-se utilizar gabaritos de abertura para que se agilize a execução, além de garantir o padrão e o esquadro de todas as aberturas utilizadas.
- 9- A passagem de tubulações no sentido horizontal deve ser prevista e, onde houver a necessidade, deve ser prevista a utilização de blocos especiais para que não ocorram cortes desnecessários nos blocos estruturais.
- 10- Nos locais destinados ao reforço estrutural devem ser abertas janelas de limpeza na base do vazado afim de que se faça a correta remoção dos detritos. Após a limpeza, cria-se uma pequena forma de madeira afim de que o micro concreto (graute) não deixe o local a ele destinado.
- 11- Grauteamento dos elementos de reforço de alvenaria como vazados de blocos que formam pilares, vergas, contravergas e cintas. Os elementos verticais não devem ser grauteados de uma altura superior a 1,5 metros, assim o grauteamento de pilares e elementos verticais deve ser feito em duas ou mais etapas, durante a elevação da alvenaria. Outro ponto a ser observado durante o processo de grauteamento é que o adensamento do microconcreto deve ser feito com uma barra auxiliar, nunca com a própria armadura, afim de que não haja segregação do material no entorno da barra.
- 12- Limpeza do entorno das paredes, retirada do excesso de argamassa, incrustações e objetos metálicos da superfície da parede, retirada de poeiras e preenchimento de eventuais vazios com argamassa de assentamento e preenchimento das caixas de fiação com papel, para que não sejam obstruídas no momento da aplicação do revestimento.
- 13- Conferência de planicidade, prumada e esquadro de todas as paredes.
- 14- Assentamento de taliscas e mestras para nivelamento da superfície e eventual correção de erros de planicidade e prumada. O revestimento deve possuir espessura de 25 a 35 milímetros sobre a superfície do bloco.
- 15- Precedendo a aplicação do emboço/reboco, deve ser feita a aplicação de chapisco rolado, ou seja, argamassa polimérica industrializada aplicada com a utilização de um rolo de mão rugoso afim de aumentar a aderência do revestimento ao substrato.

- 16- Aplicação do revestimento de argamassado em uma única camada será feito de forma manual e, após desempenado possuir a espessura de revestimento plana, lisa e uniforme. A argamassa de revestimento, assim como a de chapisco será do tipo pré-misturada, devendo apenas ser adicionada água, na proporção indicada pelo fabricante, no canteiro.
- 17- Desempeno da superfície da argamassa para melhor acabamento.
- 18- Tanto no assentamento quanto no revestimento não se deve reutilizar a argamassa após 120 minutos de sua mistura, conforme indicado pelo fabricante e/ou após o produto ter caído no solo.
- 19- Após a conclusão do revestimento, deve-se aguardar no mínimo 28 dias para a cura total do revestimento argamassado, para só então liberá-lo para pintura ou assentamento do revestimento cerâmico.
- 20- Nas áreas de assentamento de revestimento cerâmico, não se deve realizar o desempeno fino do revestimento para que seja favorecida a aderência entre o cimento colante e o substrato. O cimento colante a ser utilizado não deverá ficar em aberto (aplicado à parede sem o assentamento da cerâmica) por mais de 20 minutos e deve ser utilizado de até 2h e 30 minutos após a mistura sob pena de perda de resistência. Os períodos limite de descanso e validade após a mistura de água bem como o tempo em aberto tendem a variar em função da aplicação, tipo e fabricante da argamassa.

5.5.3 Light Steel Framing - Fabricação

O método executivo para LSF adaptado a este trabalho é um compilado entre pesquisa nas referências ConsulSteel (2002), SteelHouse (2011) e conhecimento do autor.

Primeiramente a fabricação dos painéis pode ser executada tanto na fábrica quanto no próprio canteiro de obra quando este oferecer a infraestrutura adequada. Para este trabalho foi considerada a execução dos painéis em uma fábrica e entregues montados no canteiro de obras.

Um dos fatores mais vantajosos dos sistemas de construção a seco é a possibilidade de simultaneidade entre diversas operações de obra, como por exemplo a execução do fechamento externo, montagem das tubulações e montagem da estrutura de cobertura, ou mesmo a simultaneidade entre a execução da fundação e

a fabricação da estrutura. Esse fator aumenta significativamente a produtividade e a velocidade do canteiro.

Por ser um sistema construtivo bastante singular e altamente industrializado a sequência construtiva é dividida entre a fabricação e a montagem dos painéis, conforme o descrito no item 5.1.1. Tanto na etapa de fabricação quanto na de montagem várias etapas e processos podem ser executados simultaneamente.

Na etapa de fabricação de painéis de parede também serão executadas as peças utilizadas na montagem da cobertura (platibandas, tesouras, suportes de forro entre outros) visto que o método de fabricação, as ferramentas e os materiais serão os mesmos.

- 1- Corte e identificação dos perfis de aço seguindo a lista fornecida juntamente com os projetos (Figura 31).

Figura 31 – Exemplo de lista de Corte e expedição

MARCA	QTDE	DESCRIÇÃO	VOLUME	PESO UN.	PESO TOT.	SUP. TOT.	NOTAS
PE-1	1	PGU 92X0.95		116.4	116.4	30.2	
					116.4	30.2	
LISTA DE MATERIAL							
POS	NOTAS	QTDE	PERFIL	COMP.	PESO UN.	PESO TOT.	
1.9	DINTEL	2	PGC 150X0.95	2768.0	5.1	10.3	
1.3	CRIPPLE	4	PGC 90X0.95	708.0	1.0	4.1	
1.4	JACK	6	=	3247.0	4.7	28.1	
1.5	MONTANTE/KING	11	=	3398.0	4.9	53.9	
1.6	REF./RET.	2	=	100.0	0.1	0.3	
1.1	GUIA	1	PGU 92X0.95	3391.2	3.8	3.8	
1.10	HEADER	1	=	2540.0	2.9	2.9	
1.11	GUIA	1	=	7275.9	8.2	8.2	
1.2	GUIA	1	=	1342.7	1.5	1.5	

Fonte: Produzido pelo Autor

- 2- Em sequência os perfis identificados devem ser agrupados conforme o painel que comporão e posicionados próximos a bancada/mesa de montagem. A Figura 32 mostra os montantes de várias tesouras agrupados e posicionados próximos a bancada.

Figura 32 – Gabarito de montagem de painel com perfis preparados para a fabricação



Fonte: Produzido pelo Autor

- 3- Com o projeto do painel em mãos, o montador marca nas guias as medidas principais do projeto do painel e as transfere para guia superior.
- 4- Seguindo preparam-se as peças especiais que comporão os painéis, como por exemplo uniões em "I", bloqueadores, soleiras e vigas dintel.
- 5- Então o montador passa a posicionar as guias e os montantes das extremidades e a marcar o esquadro do painel.
- 6- Na sequência se posicionam as peças pré-montadas, os demais montantes e só então, com todos os componentes posicionados são realizados os ajustes de medida, conferência final do esquadro e então se parafusam os perfis de um lado. Na Figura 33 observa-se a fabricação de painéis com a utilização de mesa de montagem.

Figura 33 – Fabricação de painel de parede sobre mesa gabarito



Fonte: Produzido pelo Autor

- 7- Para permitir o emplaceamento dos painéis não se deve usar parafusos com cabeça hexagonais na face dos painéis, nas áreas que receberão placas utilizam-se parafusos do tipo lentilha, por proporcionarem menor interferência.
 - 8- Com o auxílio de um ajudante o montador vira o painel sobre a mesa afim de parafusar o painel pelo outro lado e instala as fitas metálicas e, conforme projeto, também podem ser montadas chapas OSB, contraventos e fitas metálicas.
 - 9- Por fim aplica-se banda acústica na guia inferior do painel, onde este se apoiará na fundação ou em outros perfis, evitando o desgaste prematuro e a perda do revestimento galvânico.
 - 10- Tanto na fábrica quanto no canteiro de obras recomenda-se o armazenamento horizontal e próximos dos locais de carga/montagem dos painéis a fim de que se evitem empenamento dos elementos. No entanto no transporte da fábrica ao canteiro, recomenda-se o transporte dos painéis na vertical, “de pé”, devido as limitações de dimensões dos veículos.
- Na Figura 34 observa-se o depósito dos painéis de forma horizontal, no entanto estes painéis estão armazenados de forma incorreta por estarem em contato direto com o solo.

Figura 34 – Painéis depositados horizontalmente na fábrica



Fonte: Produzido pelo Autor.

5.5.4 Light Steel Framing – Montagem

Apesar de demandar diversos cuidados especiais no tocante a esquadros, nivelamento, impermeabilização e isolamentos, etapa de montagem dos painéis no canteiro de obras e seu posterior revestimento é bastante rápido e ágil, com diversas etapas podendo ser executadas concomitantemente.

- 1- Recomenda-se que os painéis sejam carregados já na fábrica privilegiando a ordem de montagem para agilizar o trabalho de descarga e montagem no canteiro. Sob hipótese alguma deve-se permitir o contato direto entre o solo e os painéis metálicos para que evite a contaminação por agentes agressivos, desgastes do revestimento e mesmo sujeiras que retardem o momento da montagem.
- 2- Utilizando-se dos gabaritos da etapa de fundação faz-se o nivelamento da base e marca-se o esquadro para o primeiro encontro de painéis.
- 3- Ainda antes de se iniciar a montagem dos painéis deve-se conferir a disponibilidade de todas as ferramentas necessárias.
 - Parafusadeiras com regulagem de torque/rotação e profundidade.
 - Baterias carregadas para parafusadeiras.
 - Parafusos para montagem.
 - Perfis extras.
 - Lixadeira Orbital.
 - Ferramentas de corte.
 - Sargentos.
 - Verificar a integridade da banda acústica na parte inferior dos painéis.
- 4- Instalação do primeiro painel (PE-01): deve ser observada sua orientação na planta de fabricação e em seguida posicionado conforme o sentido descrito na planta de montagem. Seguindo, coloca-se o painel do nível, esquadro e então se escora provisoriamente o topo do pilar à fundação.
- 5- Seguindo a montagem posiciona-se o painel seguinte (PE-02) a 90° do primeiro (Figura 35), nivelado, esquadrado e apurado. Entre os dois

painéis, no topo, parafusa-se um perfil afim de manter o esquadro inicial da edificação.

Figura 35 – Exemplo de montagem dos primeiros painéis.



Fonte: Produzido pelo Autor.

- 6- Procede-se a montagem dos demais painéis, observando o travamento global da estrutura, esquadro e nível das peças.
- 7- Procede-se então a instalação da ancoragem dos painéis à fundação de concreto por meio de chumbadores químicos. A orientação para a correta aplicação do chumbador químico é feita pelo próprio fabricante do produto, bem como a orientação para o seu dimensionamento.
- 8- Instalação das fitas metálicas e contraventamentos, caso não tenham sido feitas durante a etapa de fabricação. Deve-se observar a correta localização, tensão e fixação conforme projeto.
- 9- Instalação das tubulações hidrossanitárias, conduítes e caixas para pontos elétricos e de ar condicionado conforme apresentado na Figura 36, de outra obra em LSF, a tubulação pode ser facilmente instalada entre/sob os perfis metálicos.

Figura 36 – Tubulações de água, luz e esgoto em entrepiso.



Fonte: Produzido pelo Autor.

10-Instalação do emplaceamento OSB externo e, eventualmente interno, além da membrana hidrófuga. Na instalação da membrana deve ser feito o transpasse inferior de no mínimo 30 cm sob a placa de OSB e ainda observado o sentido da membrana conforme ilustrado pela Figura 37.

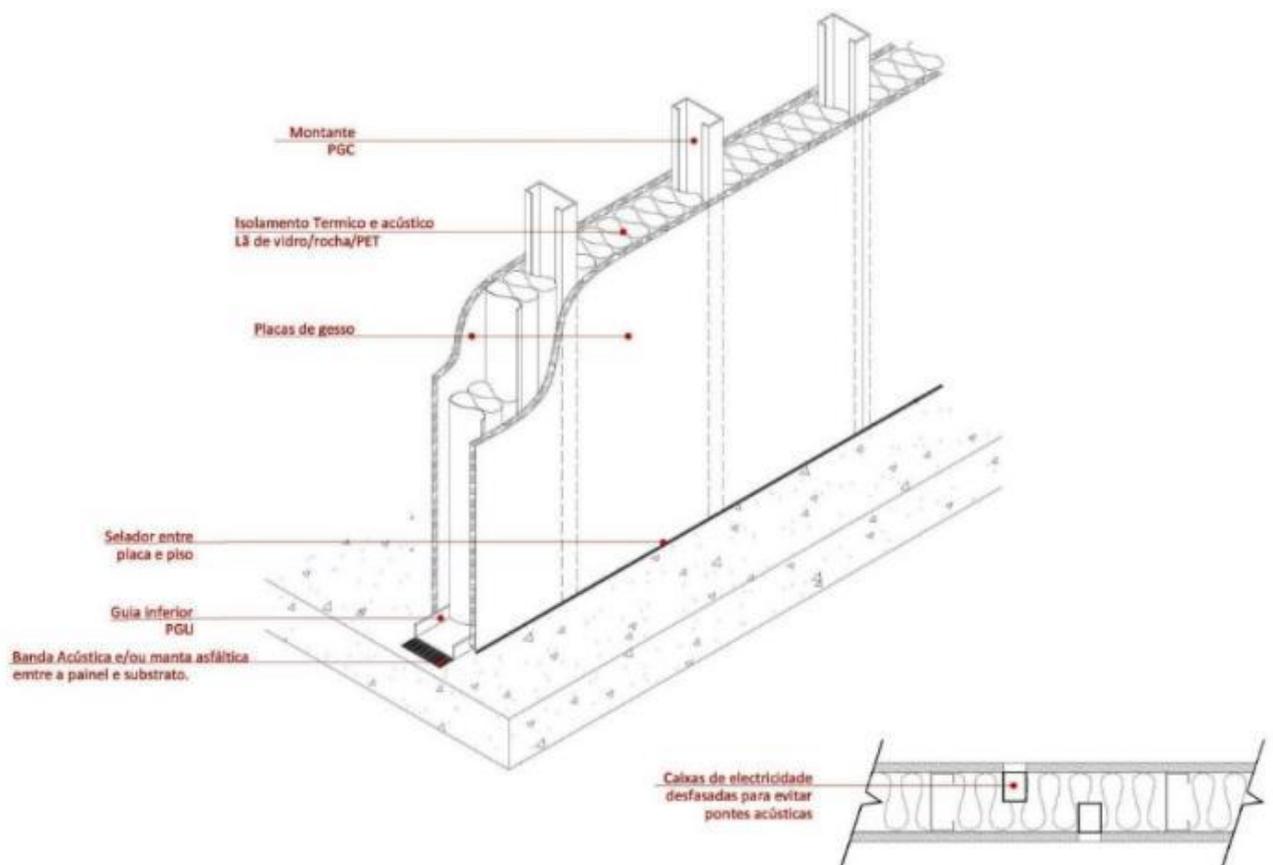
Figura 37 – Instalação da placa OSB com transpasse de membrana hidrófuga.



Fonte: Produzido pelo Autor.

11- Aplicação do isolamento termo acústico no interior das paredes, forros e lajes. Na figura 38 pode-se ver um exemplo de isolamento termo acústico instalado no interior de painel estrutural.

Figura 38 - Esquema de painel interno com isolamento (típico)



Fonte: CONSUL STEEL, 2002.

12- O fechamento interno dos painéis se dá com a instalação das placas de gesso acartonado. Para que isso ocorra sem problemas e com o mínimo de desperdício devem ser respeitadas algumas etapas:

- Paginação de placas ainda na fase de projeto, com o tamanho e tipo, prevendo o reaproveitamento dos retalhos.
- Verificação do esquadro da primeira placa e observação do alinhamento nas demais.
- Posicionar os pontos de utilização de água e energia, realizar os devidos recortes nas chapas de gesso, mantendo alinhamento.

- Parafusar as placas até a cabeça do parafuso ficar rente a face externa da placa.
- Realizar o tratamento das juntas entre placas e entre as paredes e piso/forro. Este rejuntamento deve ser feito com a aplicação de massa para rejunte sobre a junta e sobre os parafusos de fixação da placa. Sobre a massa de rejunte é aplicada uma fita de papel e então uma nova camada de massa.
- Em áreas molhadas deve-se utilizar a placa RU “verde” e sobre esta é aplicada uma camada de catalisador, é realizada a impermeabilização do painel. Para o assentamento de cerâmicas é aplicada uma de cimento colante para “*Drywall*” e então se assentam as cerâmicas comuns.

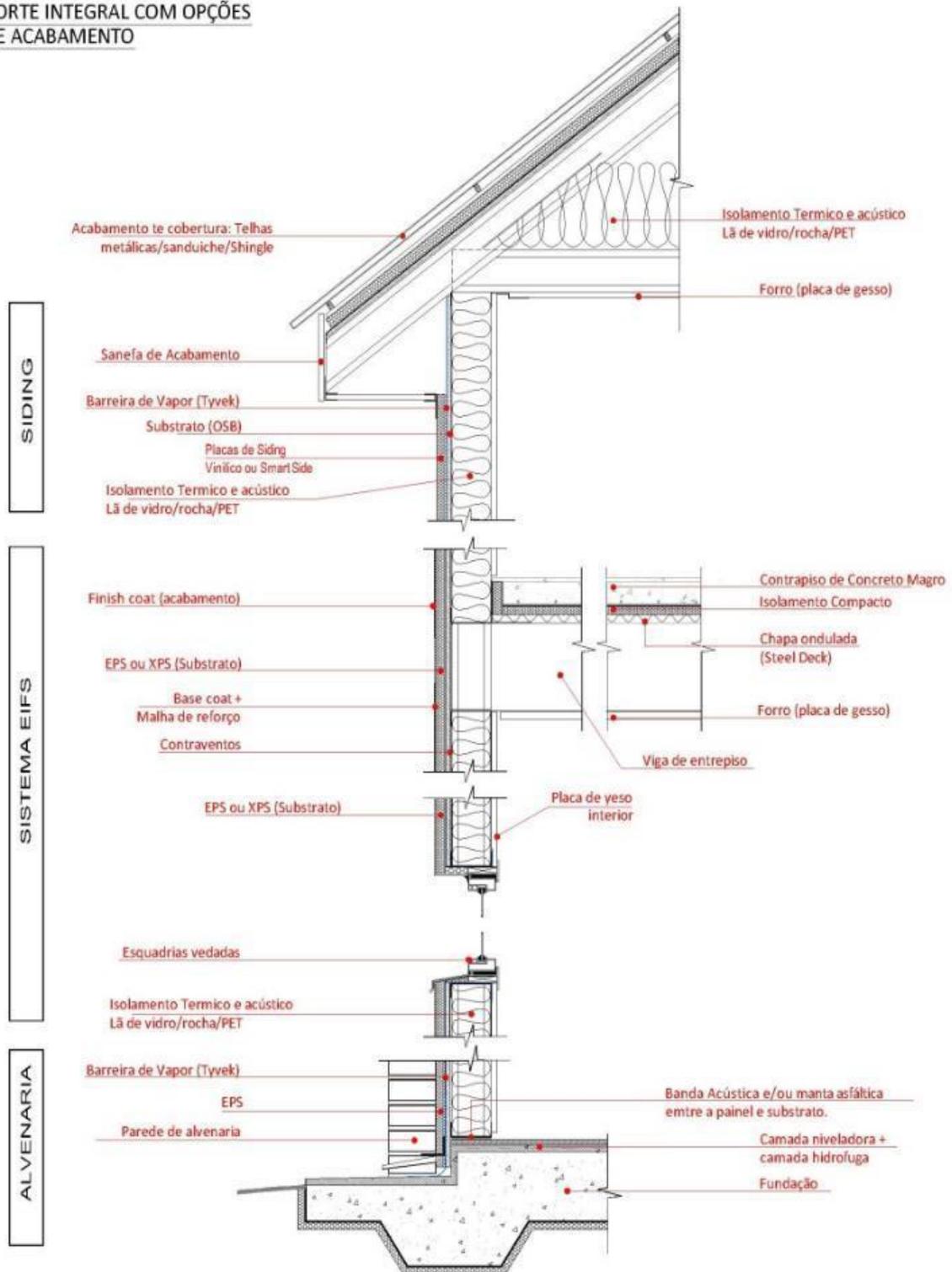
13- Concomitantemente ao fechamento interno dos painéis pode ser feito o fechamento externo. Os cuidados e ferramentas variam conforme o material utilizado, sendo que, para placas cimentícias, toma-se os mesmos cuidados utilizados para placas de gesso.

14- O Processo de pintura interno e externo pode ser feito normalmente, desde que seja passada antes uma camada de selador de base especial para sistemas construtivos secos. Estes seladores tem o objetivo de regulariza a absorção e aumentar a aderência da tinta em relação ao substrato.

15- Instalação das esquadrias, louças e metais.

Figura 39 – Corte de uma estrutura típica em Light Steel Framing

CORTE INTEGRAL COM OPÇÕES DE ACABAMENTO



Fonte: CONSUL STEEL, 2002.

5.1.2.3 Cobertura

Assim como na construção a seco, na alvenaria estrutural também será utilizado telhado do tipo *Shingle*, por ser um sistema com excelente estanqueidade, baixo nível de manutenção, industrializado, rápido, eficiente e esteticamente atraente.

No sistema construtivo em alvenaria estrutural, a sustentação da cobertura será executada no canteiro de obras, com madeira tratada de boa qualidade sendo fixada à cinta superior das alvenarias. As platibandas serão executadas com blocos estruturais e rebocadas por dentro e por fora e contando com rufos chapéu e calhas em aço galvanizado.

Para o Light Steel Frame, a estrutura de cobertura é fabricada juntamente com os painéis e apenas montado na obra. As tesouras e platibandas são executadas com o mesmo aço dos painéis e disporão de revestimento interno e externo em placas cimentícias. No entanto, ao contrário do considerado para as paredes, as platibandas não recebem isolamentos térmicos.

Assim como no sistema de construção a seco, o forro da alternativa em alvenaria estrutural também será em gesso acartonado, dispondo do isolamento térmico e acústico.

Sequência executiva de fabricação e montagem da estrutura de telhado em madeira:

- 1- Utilizando-se dos mesmos equipamentos empregados na confecção das formas e seguindo projeto executivo fornecido o carpinteiro procede então o preparo da madeira para o corte das peças. Deve-se utilizar madeiras secas de boa qualidade, com poucos nós, livre de empenamento ou rachaduras e com tratamento contra o ataque de umidade e de insetos
- 2- Em piso firme e plano, geralmente o contrapiso da própria edificação, marca-se o gabarito para as tesouras.
- 3- Cortam-se todas as peças de madeira necessárias com uma serra circular de mão.
- 4- A união entre todas as peças de madeira das tesouras é feita por meio de pregos.
- 5- A primeira tesoura de cada tipo serve como gabarito para as demais

- 6- As tesouras são fixadas sobre coxins (frechais) de madeira e estes instalados sobre as cintas da alvenaria e posteriormente contraventadas verticalmente por ripas de madeira em diagonal.
- 7- Seguindo instalam-se as terças de madeira espaçadas a cada 40 ou 60 centímetros para que suportem as placas OSB, base para o sistema de cobertura shingle e contraventamentos horizontal da cobertura.

Sequência executiva de montagem dos componentes da estrutura de cobertura em LSF:

- 1- A fabricação dos componentes da cobertura, lajes de entrepiso é executada juntamente com a etapa de fabricação dos painéis de parede e entregues na obra prontos para a instalação.
- 2- Instalação de eventuais lajes de entrepiso e painéis intermediários
- 3- Montagem das platibandas com conferência de esquadro e alinhamento de montantes entre o elemento e o painel inferior.
- 4- Montagem das tesouras. Neste projeto as tesouras serão fixadas diretamente aos montantes da platibanda com parafusos hexagonais.
- 5- Com as tesouras montadas se parafusa perfis diagonais entre as tesouras afim de se aumentar a rigidez do conjunto, funcionando como contraventamento tanto para as platibandas quanto para as tesouras.
- 6- Na parte inferior das tesouras são instalados perfis ômega para suporte de forro. Já na parte superior, são instaladas fitas de contraventamentos e perfis ômega para o suporte das chapas de OSB da cobertura *shingle*.
- 7- Emplacamento exterior e interior das platibandas.

6 ORÇAMENTO

6.1 Serviços iniciais e despesas com projeto e canteiro

Para a elaboração da orçamentação desta fase do trabalho foram tomadas como base sobretudo os relatórios composições e de insumos do SINAPI para construção civil, levando em consideração o mês de agosto de 2015 e sem considerar a desoneração da mão de obra.

Para o levantamento dos custos de projeto adotou-se o critério apresentado na tabela de regulamentação de honorários mínimos para projetos e execução de edificações do sindicato dos engenheiros do Rio Grande do Sul, Senge-RS, levando-se em consideração o valor dos Custos básicos da construção civil, CUB-RS, para o Mês de Outubro de 2015. A edificação analisada se enquadra na categoria de residência unifamiliar padrão normal (Código R 1-N).

Outro fator levado em consideração no orçamento foram as taxas de licenciamento municipais. Para o levantamento destes custos entrou-se em contato com a prefeitura municipal de Xangri-lá, município do litoral norte do Rio Grande do Sul na qual a residência se localizará, no entanto, após diversos contatos por e-mail e por telefone, não se obtiveram os valores das taxas municipais para implantação do empreendimento, assim, para efeito de orçamento, foram utilizados os valores obtidos em consulta a prefeitura Municipal de Venâncio Aires-RS, município do autor do trabalho.

O tempo estimado para a execução da obra foi de 2 meses para a execução em *Light Steel Framing* e de 6 meses para a execução usando a alvenaria estrutural como método construtivo.

As tabelas 01 e 02 apresentam respectivamente os custos diretos com os serviços iniciais e despesas de projeto para Light Steel Framing e Alvenaria estrutural de blocos de concreto respectivamente.

Na comparação entre os dois sistemas construtivos observou-se que o principal fator para que houvesse diferença de custo foi o tempo de execução do empreendimento, visto que as estruturas iniciais seriam iguais para os dois sistemas.

Tabela 1 - Serviços iniciais e despesas com projeto e canteiro - Light Steel Framing					
Período (mês(es))					2
Serviço	composição	Consideração	QT/unidade	R\$ Unitário	R\$ Total
Administração/EXECUÇÃO	Senge-RS tab. 6.3	1% CUB/m ² /mês	101,6 m ²	R\$ 31,15	R\$ 3.165,25
Proj. Arquitetônico	Senge-RS tab. 6.3	2% CUB/m ²	101,6 m ²	R\$ 31,15	R\$ 3.165,25
Proj. Estrutural	Senge-RS tab. 6.3	2% CUB/m ²	101,6 m ²	R\$ 31,15	R\$ 3.165,25
Proj. Elétrico/Telefônico	Senge-RS tab. 6.3	0,3% CUB/m ²	101,6 m ²	R\$ 4,67	R\$ 474,79
Proj. Hidrossanitário	Senge-RS tab. 6.3	0,2% CUB/m ²	101,6 m ²	R\$ 3,12	R\$ 316,52
Levantamento Topográfico	Por empresa pret	m ² do lote	364 m ²	R\$ 0,60	R\$ 218,40
Cópias e plotagens	3 vias proj. A2	m ² de prancha	4 m ²	R\$ 10,00	R\$ 40,00
Taxas e lic. - Alinhamento	Prefeitura V. Aires	18 UPM	18 UPM	R\$ 3,25	R\$ 13,00
Taxas e lic. - Lic. Construção	Prefeitura V. Aires	0,64 UPM/m ²	65 UPM	R\$ 3,25	R\$ 58,50
Taxas e lic. - Lic. Tapume	Prefeitura V. Aires	36 UPM	36 UPM	R\$ 3,25	R\$ 211,33
Taxas e lic. - Número edif.	Prefeitura V. Aires	9,8 UPM	9,8 UPM	R\$ 3,25	R\$ 117,00
Taxas e lic. - Habite-se	Prefeitura V. Aires	18 UPM	18 UPM	R\$ 3,25	R\$ 31,85
Placa de obra	SINAPI 74209/1	tab 08/2015	0,25 m ²	R\$ 227,51	R\$ 56,88
Tapume	SINAPI 74220/1	8x2,2 - reap. 2x	17,6 m ²	R\$ 41,37	R\$ 728,11
Escritório	SINAPI				
Depósito cimento	SINAPI	73805/1	2,5x5- reap 5x	12,5 m ²	R\$ 304,30
Depósito ferramentas	SINAPI				
Refeitório	SINAPI				
Banheiro	SINAPI 73752/1				
Telheiro	SINAPI 85253	Reap 3x	12,5 m ²	R\$ 184,96	R\$ 2.312,00
Eletricidade e água	Consideradas nas instalações definitivas				
Locação de obra	SINAPI 74077/1	Sem Reap.	101,6 m ²	R\$ 6,65	R\$ 675,64
Consumo energia elet.	SINAPI 2705	kWh	945,7 kWh	R\$ 0,51	R\$ 482,31
Consumo de água.	Corsan	m ³ /mês	4 m ³	R\$ 5,11	R\$ 40,88
Limp. mecanizada do lote	SINAPI 73822/2	motoniveladora	364 m ²	R\$ 0,48	R\$ 174,72
Retirada de entulho	SINAPI 72209		6 m ³	R\$ 17,00	R\$ 102,00
Total					R\$ 23.099,89

Fonte: Produzido pelo autor

Tabela 2- Serviços iniciais e despesas com projeto e canteiro - Alvenaria Estrutural					
Período (mês(es))					6
Serviço	composição	Consideração	QT/unidade	R\$ Unitário	R\$ Total
Administração/EXECUÇÃO	Senge-RS tab. 6.3	1% CUB/m ² / mês	101,6 m ²	R\$ 93,46	R\$ 9.495,74
Proj. Arquitetônico	Senge-RS tab. 6.3	2% CUB/m ²	101,6 m ²	R\$ 31,15	R\$ 3.165,25
Proj. Estrutural	Senge-RS tab. 6.3	1% CUB/m ²	101,6 m ²	R\$ 15,58	R\$ 1.582,62
Proj. Elétrico/Telefônico	Senge-RS tab. 6.3	0,3% CUB/m ²	101,6 m ²	R\$ 4,67	R\$ 474,79
Proj. Hidrossanitário	Senge-RS tab. 6.3	0,2% CUB/m ²	101,6 m ²	R\$ 3,12	R\$ 316,52
Levantamento Topográfico	Por empresa Local	m ² do lote	364 m ²	R\$ 0,60	R\$ 218,40
Cópias e plotagens	3 vias proj. A2	m ² de prancha	4 m ²	R\$ 10,00	R\$ 40,00
Taxas e lic. - Alinhamento	Prefeitura V. Aires	18 UPM	18 UPM	R\$ 3,25	R\$ 13,00
Taxas e lic. - Lic. Construção	Prefeitura V. Aires	0,64 UPM/m ²	65 UPM	R\$ 3,25	R\$ 58,50
Taxas e lic. - Lic. Tapume	Prefeitura V. Aires	36 UPM	36 UPM	R\$ 3,25	R\$ 211,33
Taxas e lic. - Número edif.	Prefeitura V. Aires	9,8 UPM	9,8 UPM	R\$ 3,25	R\$ 117,00
Taxas e lic. - Habite-se	Prefeitura V. Aires	18 UPM	18 UPM	R\$ 3,25	R\$ 31,85
Placa de obra	SINAPI 74209/1	tab 08/2015	0,25 m ²	R\$ 227,51	R\$ 56,88
Tapume	SINAPI 74220/1	8x2,2 - reap. 2x	17,6 m ²	R\$ 41,37	R\$ 728,11
Escritório	SINAPI				
Depósito cimento	SINAPI	73805/1	2,5x5- reap 5x	12,5 m ²	R\$ 304,30
Depósito ferramentas	SINAPI				
Refeitório	SINAPI				
Banheiro	SINAPI 73752/1				
Telheiro	SINAPI 85253	Reap 3x	12,5 m ²	R\$ 184,96	R\$ 2.312,00
Eletricidade e água	Consideradas nas instalações definitivas				
Locação de obra	SINAPI 74077/1	Sem Reap.	101,6 m ²	R\$ 6,65	R\$ 675,64
Consumo energia elet.	SINAPI 2705	kWh	855 kWh	R\$ 0,51	R\$ 436,05
Consumo de água.	Corsan	m ³ /mês	10 m ³	R\$ 5,11	R\$ 306,60
Limp. mecanizada do lote	SINAPI 73822/2	motoniveladora	364 m ²	R\$ 0,48	R\$ 174,72
Retirada de entulho	SINAPI 72209		6 m ³	R\$ 17,00	R\$ 102,00
Total					R\$ 28.067,22

Fonte: Produzido pelo autor

6.2 Infraestrutura e obras complementares

Para a orçamentação da etapa de fundação em radier foram levadas em consideração as composições de custo de insumos do SINAPI também para o mês de agosto de 2015, para o Rio Grande do Sul, sem considerar a desoneração da folha de pagamento.

Como esperado, não houveram diferenças significativas de custo entre as fundações orçadas para cada sistema construtivo, isso se deve ao fato de nos dois casos o carregamento ser bastante pequeno, não exigindo o limite máximo das fundações. A variação observada nos orçamentos se deve a diferença de bitolas de aço empregados na armadura de fundação para alvenaria estrutural, mais pesada quando comparada às necessárias para o LSF.

A tabela 03 apresenta os custos apurados para a fundação aplicada ao sistema de construção a seco, já a tabela 04 apresenta os custos para a execução da fundação necessária para a alvenaria estrutural.

Tabela 03 - infraestrutura e obras complementares - Para Light Steel Framing					
Serviço	Composição Sinapi	Consideração	QT/unidade	R\$ unitário	R\$ total
Formas	74074/4	Sem Reap.	58 m ²	R\$ 70,06	R\$ 4.063,48
Concreto Fck 30MPa	74138/2	Bomb+ adens.	18,04 m ³	R\$ 389,35	R\$ 7.023,87
Armadura Neg. vigas	00031	4x10mm	286 Kg	R\$ 3,95	R\$ 1.129,70
Armadura Pos. vigas	00022	2x6,3mm	57 kg	R\$ 4,14	R\$ 235,98
Estribos	00039	5c/18cm	95 Kg	R\$ 3,92	R\$ 372,40
Arame Recoz	00337	1kg/m	116 Kg	R\$ 7,62	R\$ 883,92
Malha pop Fundação	21141	15x15x4,2	137 m ²	R\$ 7,13	R\$ 976,81
Lastro de brita	04721	Brita 1	13,7 m ³	R\$ 45,00	R\$ 616,50
Geotextil	04013	Bidim	302 m ²	R\$ 4,76	R\$ 1.437,52
Armador	88245	C/ Encargos	27,06 h	R\$ 14,65	R\$ 396,43
Aux. Armador	88235	C/ Encargos	27,06 h	R\$ 11,85	R\$ 320,66
Carpinteiro de forma	88262	C/ Encargos	27,06 h	R\$ 14,65	R\$ 396,43
Aux. Carpinteiro	88239	C/ Encargos	27,06 h	R\$ 11,85	R\$ 320,66
Pedreiro	88309	C/ Encargos	27,06 h	R\$ 14,65	R\$ 396,43
Servente	88242	C/ Encargos	47,61 h	R\$ 11,59	R\$ 551,80
Total					R\$ 19.122,59

Fonte: Produzido pelo autor

Tabela 04 - infraestrutura e obras complementares - Para Alvenaria Estrutura					
Serviço	Composição Sinapi	Consideração	QT/unidade	R\$ unitário	R\$ total
Formas	74074/4	Sem Reap.	58 m ²	R\$ 70,06	R\$ 4.063,48
Concreto Fck 30MPa	74138/2	Bomb+ adens.	18,04 m ³	R\$ 389,35	R\$ 7.023,87
Armadura Neg. vigas	00031	4x12,5mm	447 Kg	R\$ 3,75	R\$ 1.676,25
Armadura Pos. vigas	00022	2x6,3mm	57 kg	R\$ 4,14	R\$ 235,98
Estribos	00039	5c/15cm	119 Kg	R\$ 3,92	R\$ 466,48
Arame Recoz	00337	1kg/m	116 Kg	R\$ 7,62	R\$ 883,92
Malha pop Fundação	21141	15x15x4,2	137 m ²	R\$ 7,13	R\$ 976,81
Lastro de brita	04721	Brita 1	13,7 m ³	R\$ 45,00	R\$ 616,50
Geotextil	04013	Bidim	302 m ²	R\$ 4,76	R\$ 1.437,52
Armador	88245	C/ Encargos	27,06 h	R\$ 14,65	R\$ 396,43
Aux. Armador	88235	C/ Encargos	27,06 h	R\$ 11,85	R\$ 320,66
Carpinteiro de forma	88262	C/ Encargos	27,06 h	R\$ 14,65	R\$ 396,43
Aux. Carpinteiro	88239	C/ Encargos	27,06 h	R\$ 11,85	R\$ 320,66
Pedreiro	88309	C/ Encargos	27,06 h	R\$ 14,65	R\$ 396,43
Servente	88242	C/ Encargos	47,61 h	R\$ 11,59	R\$ 551,80
Total					R\$ 19.763,22

Fonte: Produzido pelo autor

6.3 Custos de elevação, revestimento, pintura, estrutura de cobertura e forro para a estrutura em *Light Steel Framing*.

Para levantamento dos custos referentes a estrutura em LSF foi necessário desenvolver uma nova composição de custos unitários, visto que não existe um banco de dados confiável e gratuito, como o do SINAPI por exemplo, para que se pudesse obter os dados de forma direta. A composição dos custos unitários básicos para Light Steel Framing, conforme exposto na Tabela 06, se discriminam os materiais cotados, sua incidência, seu custo além do custo total da etapa.

Os materiais para o LSF foram cotados com empresas especializadas em materiais para sistema construtivos leves e estão devidamente referenciadas no último capítulo deste trabalho.

A tabela 5 deste trabalho apresenta o orçamento para a elevação (fabricação e montagem), revestimento e pintura dos painéis de paredes tanto internos quanto externos, platibandas além da fabricação e montagem de toda a estrutura de forro e cobertura. A tabela também apresenta a fração do custo devido a mão de obra empregada.

Tabela 05 - Elevação, revestimento, pintura, estrutura de cobertura e forro- Para Light Steel Framing					
Elemento	Composição	Area Total m²	Valor Unitário	Valor total	% M.O.
Painéis Externos em LSF	Tabela 06	150,2	R\$ 147,47	R\$ 22.149,99	11,3%
Painéis Internos LSF	Tabela 06	79,69	R\$ 128,75	R\$ 10.260,09	14,7%
Estrutura de forro e Cobertura	Tabela 06	101,7	R\$ 37,45	R\$ 3.808,67	14,9%
Revestimento de parede Grês 25x35 Interno	Sinapi 87269	94,87	R\$ 44,45	R\$ 4.216,97	31%
Revestimento de Piso Porcelanato 60x60cm Interno	Sinapi 27262	96	R\$ 78,72	R\$ 7.557,12	19%
Forro Interno Gesso Acartonado	Sinapi 73986/001	96	R\$ 29,62	R\$ 2.843,52	48%
Total				R\$ 50.836,36	17%

Fonte: Produzido pelo autor

Tabela 06 - Composição de custo direto para paredes em LSF											
Insumo	Serviço Custo	Revestimento Externo		Revestimento Interno		Painéis - Estrutura		Painéis - Est. Cobertura e forro		Mão de obra - Encargos sociais 115,67% (horistas)	Valor
		Incidência por m²	Valor	Incidência por m²	Valor	Incidência por m²	Valor	Incidência por m²	Valor		
Montador/Pintor - Com encargos	R\$ 12,85	0,5	R\$ 6,43	0,6	R\$ 7,71	0,25	R\$ 3,21	0,25	R\$ 3,21		R\$ 3,21
Servente - Com encargos	R\$ 9,38	0,5	R\$ 4,69	0,6	R\$ 5,63	0,25	R\$ 2,35	0,25	R\$ 2,35		R\$ 2,35
Total			R\$ 11,12		R\$ 13,34		R\$ 5,56		R\$ 5,56		R\$ 5,56
Materiais											
Placa Cimentícia 1200x2400x8mm	R\$ 93,90	0,34	R\$ 31,93	x		x		x			
Placa OSB 1200x2400x9,5mm	R\$ 35,90	0,34	R\$ 12,21	x		x		x			
Placa de Gesso Acartonado	R\$ 39,90	x		0,7	R\$ -	x		x			
Placa de Gesso Acartonado RU	R\$ 49,90	x		0,15	R\$ -	x		x			
Placa de Gesso Acartonado RF	R\$ 45,90	x		0,15	R\$ -	x		x			
Manta Tyvek rolo 1x30m	R\$ 228,00	0,033	R\$ 7,52	x		x		x			
Lã de Pet	R\$ 132,00	0,067	R\$ 8,84	x		x		x			
Parafusos 8x 1,1/4"	R\$ 0,19	0,17	R\$ 0,03	0,18	R\$ -	x		x			
Perfil U (guia) Kg											
Perfil C (montante) Kg											
Fita metálica Kg	R\$ 5,50	x		x		7,1	R\$ 39,05	5,38			R\$ 29,59
Placa gousset 200x200mm Kg											
Chumbador químico											
Tinta Latex PVA Premium (litro)	R\$ 12,87	0,18	R\$ 2,32	0,18	R\$ -	x		x			
Selador Latex PVA (litro)	R\$ 5,49	0,9	R\$ 4,94	0,9	R\$ -	x		x			
Massa de Junta Kg (Balde de 30 kg)	R\$ 2,49	1,16	R\$ 2,89	0,058	R\$ -	x		x			
Fita de Fibra de vidro 150m	R\$ 15,90	0,0095	R\$ 0,15	0,0095	R\$ -	x		x			
Banda Acústica 30m	R\$ 63,90	0,011	R\$ -		R\$ -	0,3	R\$ 19,17	x			
Parafuso Autotravante 4,8x19mm	R\$ 0,19	x		x		9	R\$ 1,71	12			R\$ 2,28
Equipamentos											
Parafusadeira	R\$ 0,15	0,1	R\$ 0,02	0,1	R\$ 0,02	0,1	R\$ 0,02	0,1	R\$ 0,02		R\$ 0,02
Polimento	R\$ 0,20	x		x		0,05	R\$ 0,01	0,05			R\$ 0,01
Sub Totais			R\$ 81,96		R\$ 63,24		R\$ 65,51		R\$ 37,45		R\$ 37,45
Total Paredes externas							R\$ 147,47	16,675			R\$ 16,675
Total Paredes internas							R\$ 128,75	18,9			R\$ 18,9
Total Estrutura cobertura							R\$ 37,45	5,56			R\$ 5,56

Fonte: Produzido pelo Autor.

6.4 Custos de elevação, revestimento, pintura, estrutura de cobertura e forro para a estrutura em Alvenaria.

Para o levantamento de custos da etapa de alvenaria estrutural buscou-se todas as informações nas tabelas disponibilizadas pelo SINAPI em seu relatório de composições. Para que houvesse uma uniformidade no trabalho, facilitando a compreensão, os serviços foram agrupados para orçamento da mesma forma que no executado para o sistema de construção a seco. O orçamento para as etapas de assentamento e revestimento de paredes e piso (argamassado e cerâmico), além de pinturas além da estrutura de suporte da cobertura e forro de gesso (suporte e aplicação) está expresso na tabela 07.

Por ter o suporte semelhante, a estrutura da cobertura foi orçada como se desse suporte a telhas onduladas de fibrocimento.

A tabela 08 exibe o impacto da mão de obra no custo total das etapas construtivas orçadas.

Tabela 07 - Elevação, revestimento, pintura, estrutura de cobertura e forro- Para Alvenaria Estrutural				
Elemento	Composição	Area Total m ²	Valor Unitário	Valor total
Parede de 14cm, bloco de concreto, com a utilização de palheta, sem vãos - Area > 6m ²	Sinapi 89454	83,52	R\$ 51,56	R\$ 4.306,29
Parede de 14cm, bloco de concreto, com a utilização de palheta, sem vãos - Area < 6m ²	Sinapi 89453	32,77	R\$ 53,54	R\$ 1.754,51
Parede de 14cm, bloco de concreto, com a utilização de palheta, com vãos - Area > 6m ²	Sinapi 89458	141,37	R\$ 53,19	R\$ 7.519,47
Parede de 14cm, bloco de concreto, com a utilização de palheta, com vãos - Area < 6m ²	Sinapi 89457	9,91	R\$ 53,35	R\$ 528,70
Revestimento externo 35mm massa única - Sem Vãos	Sinapi 87797	23,05	R\$ 29,83	R\$ 687,58
Revestimento externo 35mm massa única - Com Vãos	Sinapi 87779	127,2	R\$ 41,95	R\$ 5.336,04
Revestimento interno 25mm massa única - Sem Vãos	Sinapi 87792	85,28	R\$ 23,83	R\$ 2.032,22
Revestimento interno 25mm massa única -Com Vãos	Sinapi 87775	67,21	R\$ 35,68	R\$ 2.398,05
Revestimento de parede Grês 25x35 Interno	Sinapi 87269	94,87	R\$ 44,45	R\$ 4.216,97
Revestimento de Piso Porcelanato 60x60cm Interno	Sinapi 27262	96	R\$ 78,72	R\$ 7.557,12
Estrutura de madeira de Lei de 1ª qualidade, Serrada, não aparelhada, para telhas onduladas, vãos de até 7 metros	Sinapi 72081	101,7	R\$ 64,98	R\$ 6.608,47
Pintura latex PVA mais Selador Acrilico	Sinapi 88487 88485	302,74	R\$ 8,60	R\$ 2.603,56
Barroteamento para forro, com peças de madeira de 2,5X10cm, espaçadas a cada 50cm	Sinapi 84091	101,7	R\$ 41,75	R\$ 4.245,98
Forro Interno Gesso Acartonado	Sinapi 73986/001	96	R\$ 29,62	R\$ 2.843,52
Total das paredes, Estrutura cobertura piso e forro instalados			R\$ 52.638,48	

Fonte: Produzido pelo autor

Tabela 08 - Mão de obra para elevação, revestimento, pintura, estrutura de cobertura e forro- Para Alvenaria Estrutural										
Serviço	Função	CHR	Fator	Custo Total	%	Função	CHR	Fator	Custo Total	%
Parede de 14cm, bloco de concreto, com a utilização de palheta, sem vãos - Area > 6m²	Pedreiro 88309	R\$ 16,43	0,46	R\$ 631,23	15%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,35	R\$ 390,25	9%
Parede de 14cm, bloco de concreto, com a utilização de palheta, sem vãos - Area < 6m²	Pedreiro 88309	R\$ 16,43	0,49	R\$ 263,82	15%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,47	R\$ 205,62	12%
Parede de 14cm, bloco de concreto, com a utilização de palheta, com vãos - Area > 6m²	Pedreiro 88309	R\$ 16,43	0,51	R\$ 1.184,58	16%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,38	R\$ 717,17	10%
Parede de 14cm, bloco de concreto, com a utilização de palheta, com vãos - Area < 6m²	Pedreiro 88309	R\$ 16,43	0,57	R\$ 92,81	18%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,43	R\$ 56,89	11%
Revestimento externo 35mm massa única - Sem Vãos	Pedreiro 88309	R\$ 16,43	0,48	R\$ 181,78	26%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,48	R\$ 147,70	21%
Revestimento externo 35mm massa única - Com Vãos	Pedreiro 88309	R\$ 16,43	0,86	R\$ 1.797,31	34%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,86	R\$ 1.460,38	27%
Revestimento interno 25mm massa única - Sem Vãos	Pedreiro 88309	R\$ 16,43	0,4	R\$ 560,46	28%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,4	R\$ 455,40	22%
Revestimento interno 25mm massa única -Com Vãos	Pedreiro 88309	R\$ 16,43	0,78	R\$ 861,32	36%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,78	R\$ 699,86	29%
Revestimento de parede Grés 25x35 Interno	Azulejista 88256	R\$ 15,25	0,61	R\$ 882,53	21%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,34	R\$ 430,61	10%
Revestimento de Piso Porcelanato 60x60cm Interno	Azulejista 88256	R\$ 15,25	0,7	R\$ 1.024,80	14%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,34	R\$ 435,74	6%
Estrutura de madeira de Lei de 1ª qualidade, Serrada, não aparelhada, para telhas onduladas, vãos de até 7 metros	Carpinteiro 88262	R\$ 16,43	0,95	R\$ 1.587,38	24%	Ajud. Carp 88239	R\$ 13,19	0,95	R\$ 1.274,35	19%
Pintura latex PVA mais Selador Acrílico	Pintor 88310	R\$ 16,43	0,52	R\$ 2.586,49	99%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,062	R\$ 250,58	10%
Barroteamento para forro, com peças de madeira de 2,5X10cm, espaçadas a cada 50cm	Carpinteiro 88262	R\$ 16,43	0,8	R\$ 1.336,74	31%	Ajud. Carp 88239	R\$ 13,19	0,8	R\$ 1.073,14	25%
Forro Interno Gesso Acartonado	Gesseiro 88269	R\$ 14,90	0,5	R\$ 715,20	25%	Servente 88316	R\$ 13,35	0,5	R\$ 640,80	23%
Total				R\$ 13.706,46	26%				R\$ 8.238,49	16%
									R\$ 21.944,95	42%

Fonte: Produzido pelo autor

6.5 Custos de telhado.

O orçamento foi realizado levando em consideração o preço de mercado da mão de obra e dos materiais referentes ao telhado Shingle. Os acessórios como rufos e calhas foram orçados respeitando a tabela SINAPI.

Tabela 09 - Telhado Shingle				
Elemento	Composição	Quant.	Valor Un.	Valor total
Calha em chapa de aço galvanizado nº 24, com desenvolvimento de 50 cm	Sinapi 72105	21,4 m	R\$ 41,72	R\$ 893,64
Rufo (Algeroz) em chapa de aço galvanizado nº 24, com desenvolvimento de 25 cm	Sinapi 72107	59,5 m	R\$ 20,67	R\$ 1.229,87
Telhas Shingle + OSB 11,1mm + Subcobertura + Pregos +10% de perda	DryStore	111 m ²	R\$ 59,90	R\$ 6.618,95
Cumeeira ventilada	DryStore	17,7 m	R\$ 69,90	R\$ 1.237,23
Mão de obra de instalação da cobertura				
Instalador + servente	SteelHouse	111 m ²	R\$ 22,50	R\$ 2.486,25
Total				R\$ 12.465,94
Impacto da M.O.				20%

Fonte: Produzido pelo Autor.

6.6 Custos com esquadrias, instalações elétricas e hidrossanitárias.

As instalações elétricas e hidrossanitárias foram consideradas idênticas para os dois sistemas construtivos, levando em consideração preços de mercado e as tabelas do SINAPI conforme descrito nas tabelas 10 e 11.

Neste trabalho não foram considerados os custos com as esquadrias pelo fato de não se ter uma fonte de custo para as esquadrias personalizadas do projeto analisado e, mesmo após diversos contatos com fabricantes, nenhum resultado foi obtido. Como para as duas alternativas construtivas utilizariam esquadrias semelhantes e teoricamente com pouca variação de custos, este parâmetro de projeto não prejudica a comparação e entre os sistemas construtivos.

Tabela 10 - Instalações hidrossanitárias				
Material	Composição/fonte	QT./unidade	Valor unitário	Valor Total
Tubo 100mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	100 m	R\$ 8,31	R\$ 831,00
Tubo 50mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	8 m	R\$ 12,63	R\$ 101,04
Tubo 32mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	20 m	R\$ 5,63	R\$ 112,60
Tubo 25mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	22 m	R\$ 2,63	R\$ 57,86
Conexão T 100mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	9 un	R\$ 12,79	R\$ 115,11
Conexão T 32mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	3 un	R\$ 2,69	R\$ 8,07
Conexão T 25mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	15 un	R\$ 4,29	R\$ 64,35
Joelho 90 100mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	9 un	R\$ 16,89	R\$ 152,01
Joelho 90° 32	Leroy Merlyn 28/10/2015	2 un	R\$ 5,49	R\$ 10,98
Joelho 90° 25	Leroy Merlyn 28/10/2015	18 un	R\$ 5,90	R\$ 106,20
Curva 45° 100	Leroy Merlyn 28/10/2015	3 un	R\$ 4,09	R\$ 12,27
Curva 45° 25	Leroy Merlyn 28/10/2015	1 un	R\$ 1,11	R\$ 1,11
Reg. Gaveta 32mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	2 un	R\$ 46,90	R\$ 93,80
Reg. Gaveta 25mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	7 un	R\$ 26,90	R\$ 188,30
Redução 32-25mm	Leroy Merlyn 28/10/2015	11 un	R\$ 1,10	R\$ 12,10
Redução 100-50	Leroy Merlyn 28/10/2015	3 un	R\$ 5,89	R\$ 17,67
Ralo Seco	Leroy Merlyn 28/10/2015	4 un	R\$ 26,90	R\$ 107,60
Válvula de boia	Leroy Merlyn 28/10/2015	1 un	R\$ 35,90	R\$ 35,90
Reservatório 1000 l	Leroy Merlyn 28/10/2015	1 un	R\$ 296,90	R\$ 296,90
Cavalete	Sinapi 73827/1	1 un	R\$ 53,14	R\$ 53,14
Caixa sifonada	Leroy Merlyn 28/10/2015	4 un	R\$ 29,90	R\$ 119,60
Caixa de gordura	Leroy Merlyn 28/10/2015	1 un	R\$ 228,90	R\$ 228,90
Caixa de inspeção 100X100cm	Sinapi72290	1 un	R\$ 357,59	R\$ 357,59
Caixa Inspeção 60X60m	Sinapi72289	2 un	R\$ 317,26	R\$ 634,52
Escavação e reaterro de vala p/ Fc	Sinapi 79480	3 m³	R\$ 2,72	R\$ 8,16
Fossa e filtro	TaQi 28/10/2015	1 un	R\$ 791,12	R\$ 791,12
Mão de obra	Sinapi 88267	27 h	R\$ 26,52	R\$ 716,04
Total				R\$ 5.233,94

Fonte: Produzido pelo autor

tabela 11 - Instalações elétricas				
Material	Composição Sinapi	QT./unidade	Valor unitário	Valor Total
QUADRO DE DISTRIBUICAO p/12 disjuntores (Interno)	83463	1 pc	R\$ 237,64	R\$ 237,64
disjuntor termomagnético monopolar 10A INSTALADO	74130/001	7 un	R\$ 10,56	R\$ 73,92
disjuntor termomagnético monopolar 15A INSTALADO				
disjuntor termomagnético monopolar 35A INSTALADO	74130/002	2 un	R\$ 16,28	R\$ 32,56
Cabo de Cobre isolado PVC -cores- 450/750V 2,5mm² - instalado	73860/8	1220 m	R\$ 2,74	R\$ 3.342,80
Cabo de Cobre isolado PVC -cores- 450/750V 4mm² - instalado	73860/9	44 m	R\$ 3,93	R\$ 172,92
Cabo de Cobre isolado PVC -cores- 450/750V 6mm² - instalado	73860/10	22 m	R\$ 5,24	R\$ 115,28
Caixa de passagem 4"X2" PVC Instalada	83386	48 un	R\$ 5,96	R\$ 286,08
Caixa de passagem Octogonal 3" PVC Instalada	83388	16 un	R\$ 8,30	R\$ 132,80
Eletroduto de PVC Flexível Corrugado 3/4" Instalado	72934	410 m	R\$ 5,02	R\$ 2.058,20
Luminária interna para 1 lamp. Tipo Spot - Instalado	74094	14 un	R\$ 27,75	R\$ 388,50
Luminária interna p/ Fluorecente 2x40w completa - Instalado	73953/6	2 un	R\$ 102,06	R\$ 204,12
Interruptor Paralelo c/1 tecla e 1 tomada c/placa - Instalado	84266	4 un	R\$ 23,96	R\$ 95,84
Interruptor Paralelo c/1 tecla c/placa - Instalado	72334	9 un	R\$ 14,33	R\$ 128,97
Interruptor Paralelo c/2 teclas c/placa - Instalado	84542	3 un	R\$ 28,34	R\$ 85,02
Interruptor Simples c/1 tecla c/placa - Instalado	72332	2 un	R\$ 18,07	R\$ 36,14
Tomada de embutir 2p+t 10A/250V c/placa - Instalado	83540	12 un	R\$ 11,51	R\$ 138,12
Tomada de embutir 2p+t 20A/250V c/placa - Instalado	83555	6 un	R\$ 20,53	R\$ 123,18
Tomada de embutir 2x 2p+t 10A/250V c/placa - Instalado	83566	6 un	R\$ 18,71	R\$ 112,26
Entrada energia elétrica Trifásica 40A c/poste concreto c/cabeamento, proteção do medidor e aterramento	9540	1 un	R\$ 1.300,00	R\$ 1.300,00
	41598			
Total				R\$ 9.064,35

Fonte: Produzido pelo autor

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a análise detalhada dos processos construtivos, foi constatado que tanto os sistemas construtivos em Light Steel Framing quanto em Alvenaria estrutural possuem características importantes de industrialização e racionalização do uso dos recursos disponíveis.

Na construção a seco, as características de industrialização são mais evidentes uma vez que empregam materiais totalmente industrializados sem grandes adaptações em obra. Grande parte do processo construtivo pode ser executado em ambiente fabril, mesmo distante do local da edificação, cabendo ao canteiro apenas as etapas de montagem e fechamento da estrutura e assentamento de cerâmica, instalações elétricas e hidráulicas. Sem contar o fato de que na construção a seco as etapas de canteiro podem muitas vezes ser executadas simultaneamente, reduzindo ainda mais o tempo de execução.

Na alvenaria estrutural o número de operações no canteiro de obras é significativamente maior, requerendo maiores tempos de cura entre um processo e outro, tornando os processos interdependentes.

O resultado dessa diferença entre os dois sistemas construtivos é uma obra até 60% mais rápida na utilização do LSF, o que implica diretamente nos custos da obra e no tempo de retorno do capital investido. Assim, no quesito tempo de execução o Light Steel Framing é mais vantajoso quando comparado a outros métodos construtivos.

Outro fator a ser considerado quando comparados os dois sistemas construtivos é a eficiência energética, limpeza organização e redução de resíduos sólidos no canteiro de obras em LSF comparadas a alvenaria estrutural.

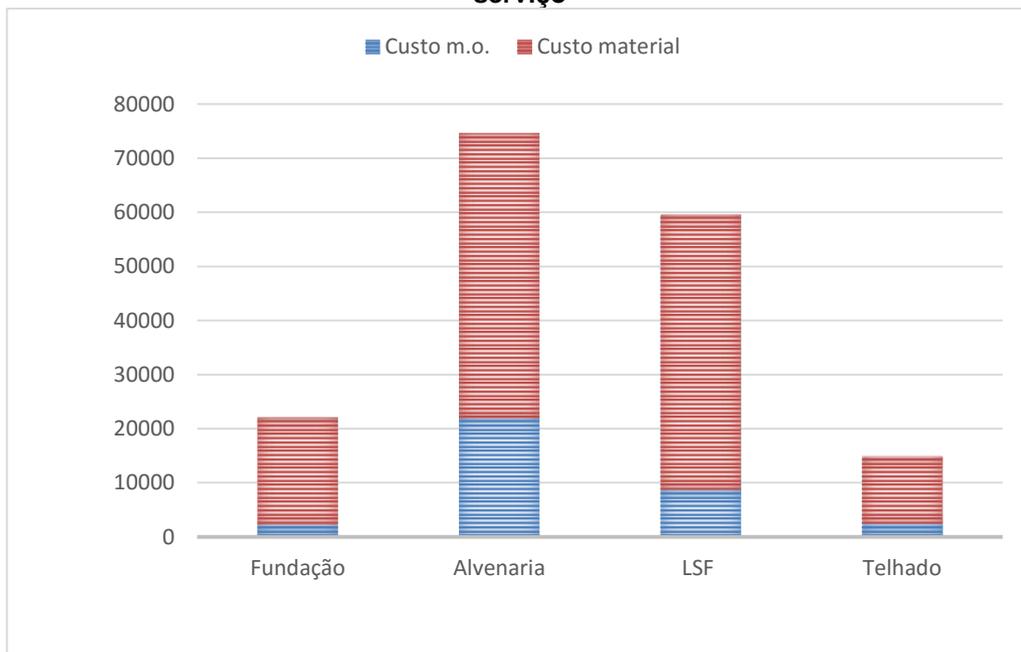
Ao observar os processos construtivos se constata uma significativa redução no consumo de água bem como redução do descarte de matérias primas na construção em LSF no qual o uso da água é restrito ao preparo da argamassa colante para a cerâmica, para o preparo das juntas de placas. Também se constata uma menor necessidade de transporte de material pela obra, o que significa a redução dos tempos auxiliares e improdutivos.

Para a alvenaria estrutural o uso da água ainda é constante, tanto para a confecção da argamassa quanto para a cura e limpeza dos elementos, também

observando algum desperdício de material e principalmente de tempo em atividades secundárias e de espera.

Um fator depreendido na análise dos processos e já explicitada diversas vezes nas bibliografias é o fator da necessidade de treinamento da mão-de-obra, pesando negativamente contra o sistema de construção a seco. No entanto este fator também pesa sobre a alvenaria estrutural, sob a qual o custo da mão de obra, ainda que mais barata impacta mais no custo final do serviço (42% - Tabela 08) por ficar mais tempo a serviço da obra. Sem contar o fato de que, assim como o LSF, também não aceita retrabalhos e adaptações. A figura 40 apresenta a relação do custo da mão de obra para o custo final do serviço.

Figura 40 - Gráfico representando a influência do custo da mão de obra no custo total do serviço



Fonte: Produzido pelo Autor.

Quanto ao nível de acabamento da edificação, na parte exterior possui nível semelhante nos dois sistemas, no entanto, na parte interna as paredes de gesso acartonado tendem a apresentar uma superfície mais lisa e suave em relação à técnica do reboco paulista desempenado, sem massa corrida ou revestimento de gesso.

Quanto a eficiência energética, térmica e acústica entre os dois sistemas construtivos se constata uma grande diferença em termos de desempenho, visto que na alvenaria estrutural não se utilizam tratamentos especiais de isolamento, o

desempenho térmico e acústico é garantido apenas pela massa do bloco e do revestimento. No sistema LSF esse isolamento se dá através da aplicação de isolante fibroso no interior dos painéis, evitando a propagação das ondas de som e mantendo o isolamento térmico, isso garante um menor consumo de energia em climatização e maior conforto aos usuários da edificação.

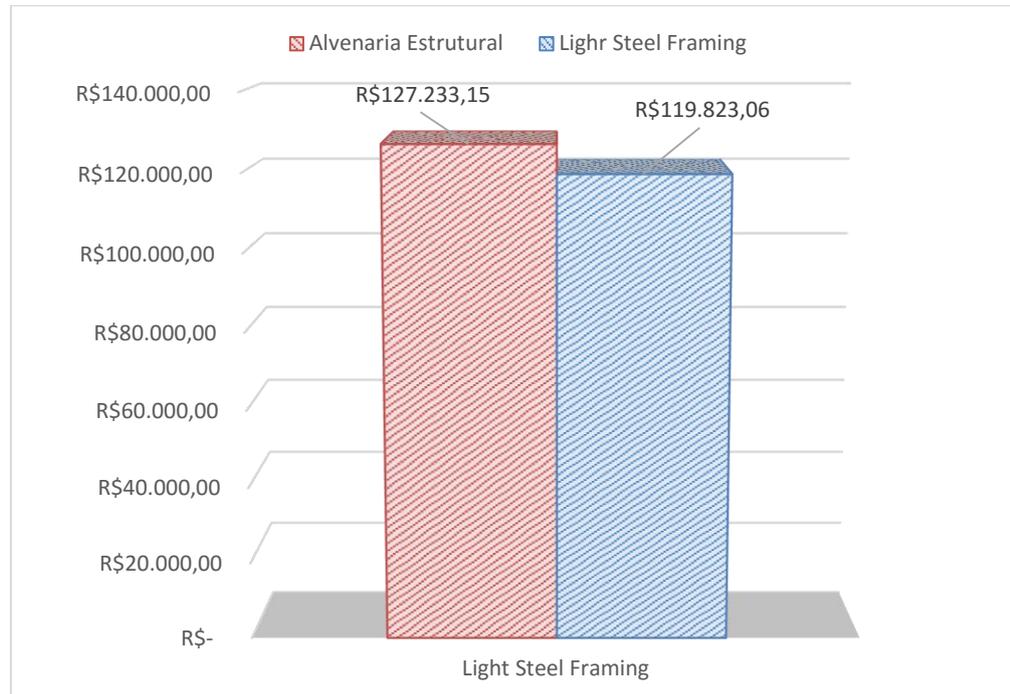
Neste trabalho também foi feita uma comparação de custos diretos entre uma edificação executada em *Light Steel Framing* e o mesmo projeto executado em alvenaria estrutural de blocos de concreto.

Ao se considerar o custo final da obra, desconsiderando para tanto o custo com as esquadrias, louças e metais chegou-se a um custo total R\$ 127.233,15 para a alternativa em alvenaria estrutural e de 119.832,06 reais para a alternativa de construção a seco. A diferença de custos entre os dois sistemas foi de 7410,08 reais, aproximadamente 6% tendendo a se reduzir, em percentual após a inclusão no orçamento das esquadrias e aplicação do BDI (Benefícios e despesas indiretas) para verificar o preço de venda do imóvel.

Tabela 12 - Custos da edificação			
Alvaneria Estrutural		Light Steel Framing	
Serviços Iniciais	R\$ 28.067,22	Serviços Iniciais	R\$ 23.099,89
Infraestrutura	R\$ 19.763,22	Infraestrutura	R\$ 19.122,59
Superestrutura	R\$ 52.638,48	Superestrutura	R\$ 50.836,36
Telhado	R\$ 12.465,94	Telhado	R\$ 12.465,94
Instalações Eletricas	R\$ 9.064,35	Inst. Eletricas	R\$ 9.064,35
Instalações Hidrossanitá	R\$ 5.233,94	Inst. Hidrossanitárias	R\$ 5.233,94
Total	R\$ 127.233,15	Total	R\$ 119.823,06
Diferença	R\$ 7.410,08		6%

Fonte: Produzido pelo Autor.

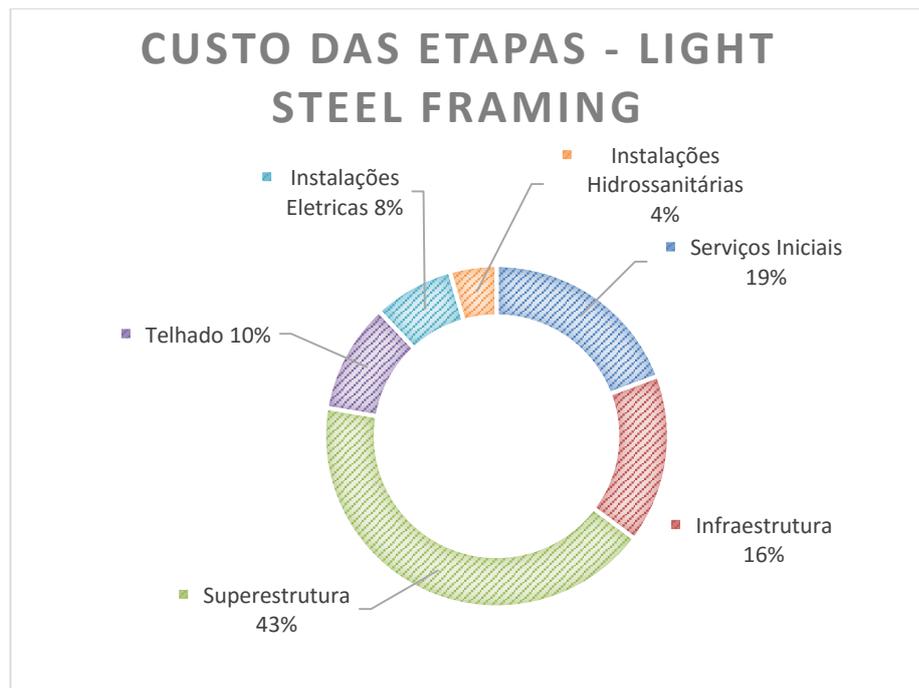
Figura 41 - Gráfico apresentando a diferença de custos entre os dois sistemas.



Fonte: Produzido pelo Autor.

As figuras 42 e 43 apresentam as contribuições de cada etapa construtiva para o custo total da obra para LSF e alvenaria estrutural respectivamente.

Figura 42– Gráfico apresentando a distribuição de custo de cada etapa para o LSF.



Fonte: Produzido pelo Autor.

Figura 43– Gráfico apresentando a distribuição de custo de cada etapa para a alvenaria estrutural.



Fonte: Produzido pelo Autor.

A pequena diferença no custo direto da edificação tende a aumentar sensivelmente a ser acrescido o valor referente aos benefícios e despesas indiretas – BDI, que leva em consideração os impostos incidentes, o custo do capital, as despesas indiretas e o lucro desejado. Isto acontece pelo fato de que um tempo de execução menor acarreta em redução das despesas que ocorrem por determinado período de tempo.

8 CONCLUSÕES

Conclui-se com base no estudo realizado que a construção a seco *Light Steel Framing* é uma técnica viável tanto no ponto de vista de simplicidade de execução de processos construtivos quanto no tocante aos custos de implementação. Ainda que pouco difundida no Brasil, o sistema de construção a seco tem ganho cada dia mais mercado devido a suas qualidades e características de desempenho térmico, acústico e produtivo superiores aos sistemas de construção tradicional e a alvenaria estrutural.

O custo, mesmo que pouco inferior a alvenaria estrutural, hoje não se torna o principal argumento a favor da adoção do sistema para obras de pequeno porte e personalizadas, como no caso do projeto analisado, no entanto, tende a se tornar vantajoso a medida que se padroniza a produção em múltiplas unidades semelhantes ou construção de grande porte, pois o menor tempo de execução tende a reduzir ainda mais o custo além de se aumentar a produtividade da mão de obra.

Os atrativos do sistema LSF são a qualidade do acabamento mais fácil de se obter com o mínimo esforço da mão de obra, velocidade, organização e limpeza na obra. Por se obter um acabamento mais fino mais facilmente, o sistema LSF tem se adaptado bem a diversos padrões de edificação, sendo ainda mais vantajoso para edificações de alto padrão ou produzidos em série.

Outro fator que contribui para a eficiência do sistema é seu custo é menos impactado pelo custo da mão de obra, ou seja, o tempo dos colaboradores é melhor aproveitado e se torna mais eficiente e racional na execução deste sistema construtivo.

A construção em LSF também permite uma maior liberdade arquitetônica, pois por ser mais leve tende a permitir vãos livres maiores da estrutura além de permitir formas mais arrojadas a edificação.

Por fim o sistema de construção a seco é viável para nossas edificações por custar praticamente o mesmo dos métodos tradicionais oferecendo mais desempenho e qualidade.

9 REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15575: Edificações Residenciais - Desempenho*. Rio de Janeiro, 2013.

_____. *NBR 6122: – Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro, 2010

_____. *NBR – 12721: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios - Procedimento*. Rio de Janeiro, 2007.

_____. *NBR – 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia*. Rio de Janeiro, 2013.

_____. *NBR – 15961-1: Alvenaria Estrutural – Blocos de concreto parte 1: Projeto*. Rio de Janeiro, 2011.

_____. *NBR – 15961-2: Alvenaria Estrutural – Blocos de concreto parte 2: Execução*. Rio de Janeiro, 2011.

AGNES, Clarice; HELFER, Inácio. *Normas para apresentação de trabalhos acadêmicos / Universidade de Santa Cruz do Sul.- 9. ed./ Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2011.*

BNDES – BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. *Perspectivas do investimento 2010-2013*. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Paginas/perspectivas_investimento2010.html>. Acesso em 28 de maio de 2015.

BRASIL, Caixa Econômica Federal. *Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI*. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria_660>. Acesso em 27 de outubro de 2015

BRASILIT SAINT GOBAIN. *Telhas shingle e acessórios para telhado*. Catálogo Técnico. 2015. Disponível em <http://www.brasilit.com.br/sites/default/files/catalogos_folhetos/497___catalogo_tecnico_shingle___brasilit___2_1.pdf> Acesso em 05 de junho de 2015

CAVALHEIRO, Odilon Pancaro. *Alvenaria Estrutural, tão antiga e tão atual*. Artigo. Grupo de pesquisa e desenvolvimento em alvenaria estrutural UFSM – GPDAE 2015. Disponível em: < <http://w3.ufsm.br/gpdae/>>. Acesso em 27 de maio de 2015

CONSUL STEEL. *Construcción com acero liviano – manual de procedimiento*. Buenos Aires. Consul Steel. 2002. 1 CD-ROM

CRASTO, Renata C. M. *Arquitetura e tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados – Light Steel Framing*. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.

CRASTO, R. C. M.; FREITAS A. M. S. *Steel Framing: Arquitetura*. – IBS/CBCA. Rio de Janeiro, 2006.

DE MILITO, José Antônio. *Técnicas de construção civil e construção de edifícios*. Apostila. 2009. Disponível em: < <http://demilito.com.br/apostila.html>>. Acessado em 15 de junho de 2015.

DESIR, Jean Marie. *Educação inovadora na engenharia civil: caso da alvenaria estrutural*. NAPEAD – UFRGS. 2015. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/alvenaria-estrutural/blocos_concreto.php>. Acessado em 14 de maio de 2015

FORMOSO, Carlos Torres; SAURIN, Tarcísio Abreu. – *Planejamento de canteiros de obra e gestão de processos (Recomendações técnicas HABITARE v.3)*. ANTAC, Porto Alegre 2006

GLAUCHE, Ricardo W. *Notas de aula – Serviços Preliminares e instalações provisórias*. 52p. Disciplina de Construção Civil I. .2014/2 – Universidade de Santa Cruz do Sul. Santa Cruz do Sul. 2014.

RODRIGUES, Francisco Carlos. *Steel Framing: Engenharia*. – IBS/CBCA. Rio de Janeiro, 2006.

IAB – INSTITUTO AÇO BRASIL. Desenvolvido por Syrius Interativa 2009. Apresenta informações acerca do processo de reciclagem do aço. Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/sustentabilidade/reciclagem.asp>>, Acesso em 11 de junho de 2015.

LP BUILDING PRODUCTS. *Telhas shingle*. Catálogo Técnico. 2015. Disponível em <<http://www.lpbrasil.com.br/sistemas/cobertura-shingle.html>> Acesso em 05 de junho de 2015

LSK – EUROPEAN LIGHT STEEL CONSTRUCTION ASSOCIATION – *European lightweight Steel-framed Construction*. Arcelor. Bruxelas, Bélgica. 2005.

MAGALHÃES, Ruane Fernandes. *Edificações em light steel frame isoladas externamente com EIFS: avaliação de desempenho térmico pela NBR 15.575/2013*. 2013. 92p. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

MATTOS, Aldo Dórea. *Planejamento e controle de obras* – Editora Pini, São Paulo. 2010.

MORAIS, André. *Sala de Imprensa - Steel Frame: 1660 m² em 70 Dias*. Disponível em: <<http://www.ushome.com.br/imprensa/sf1660m/sf1660m.htm>>. Curitiba. 2004. Acesso em: 12 de junho 2009.

NAKAMURA, Juliana. *Tecnologia – Arquitetura Leve*. Revista aU, ed.156, Editora Pini, São Paulo, 2007

PEINADO, Hugo Sefrian. *Conheça as alternativas para fazer a cura de elementos de concreto*. Revista Técne. Ed 201. Editora Pini, São Paulo. 2013.

PINI WEB. *Está em vigor a NBR 15.575 - Norma de Desempenho*. Pini, São Paulo, 19 de julho de 2013. Disponível em:

<<http://piniweb.pini.com.br/construcao/habitacao/esta-em-vigor-a-nbr-15575-norma-de-desempenho-292738-1.aspx>>. Acesso em 10 de junho de 2015.

QUEIROZ, Mario Nalon. *Programação e controle de obras*, Apostila. 2001 Faculdade de Engenharia, Departamento de Construção Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. Revisão 2012.

RAMALHO, M.A.; CORRÊA, M.R.S. *Projetos de edifícios de alvenaria estrutural*. 1. ed. Editora Pini, São Paulo. 2003.

SANTOS, Adriana L. P.; MENDES, Ricardo (Junior). *Simulação de processos de construção como ferramenta de melhorias*. Artigo. Seminário de tecnologia da informação. UFPR. Curitiba. 2002. 109p. Disponível em:

<http://www.cesec.ufpr.br/tic2002/artigos/TIC2002_10.pdf>. Acessado em 10 de maio de 2015.

SANTOS, Marcus Daniel Friedrich dos. *Técnicas construtivas em alvenaria estrutural: contribuição ao uso*. 1998. 157f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Santa Maria. 1998.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes. *Como aumentar a eficiência da mão de obra: manual de gestão da produtividade na construção civil*. – Editora Pini, São Paulo. 2006.

STEEL HOUSE DO BRASIL. *Apresentação didática*. In: CURSO DE LIGHT STEEL FRAMING. 2015. Apresentações. Porto Alegre: Steel House. 2015. p. 03.

_____. *Manual de projeto: sistema Steel House*. Porto Alegre. 2011.

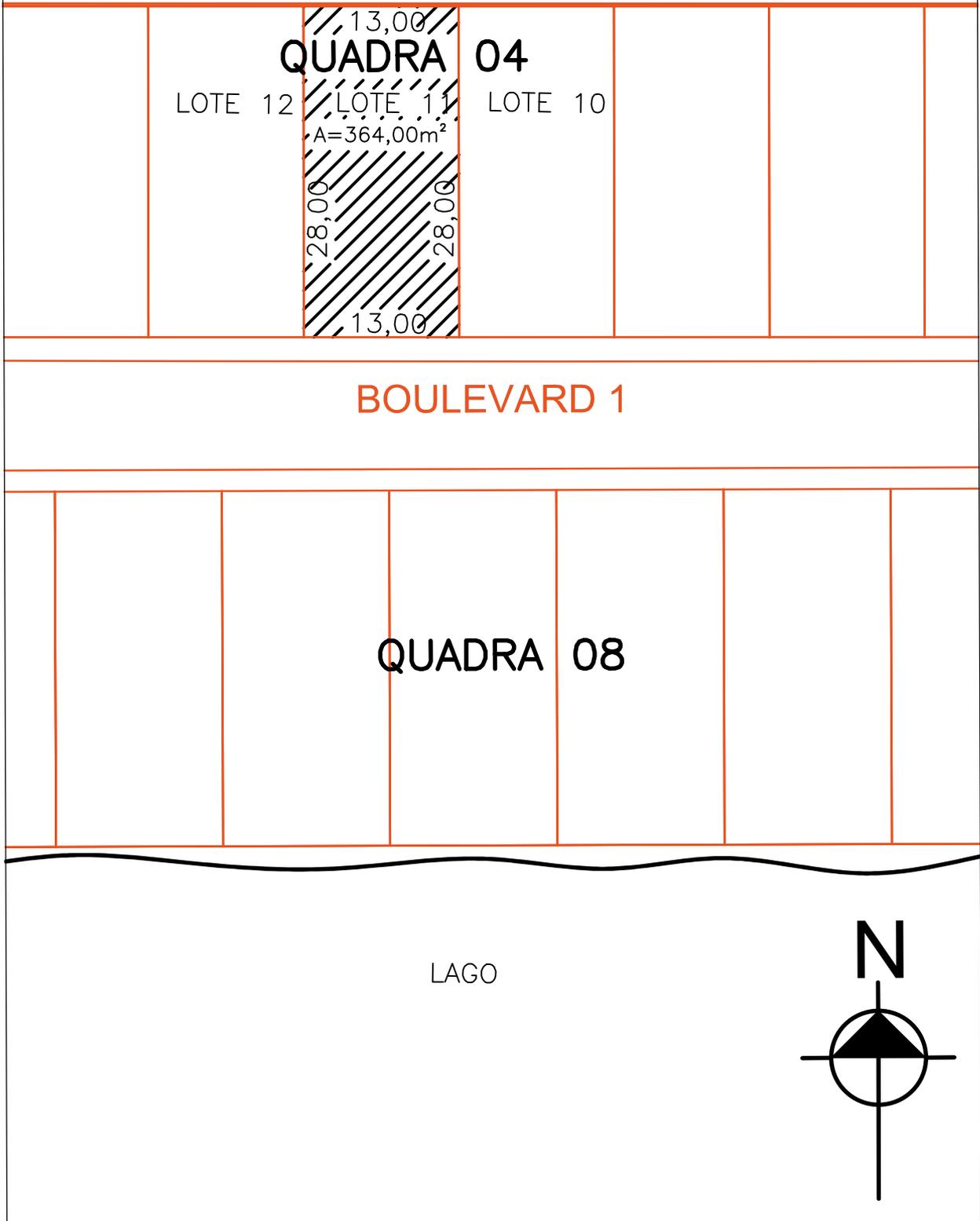
TISAKA, Maçahiko. *Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução* – Editora Pini, São Paulo. 2006.

VALENTINI, Joel. *Metodologia para elaboração de orçamentos de obras civis*. 2009. 72p. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2009.

VIEIRA, Helio Flávio. *Logística aplicada à construção civil: como melhorar os fluxos de produção nas obras* – Editora Pini, São Paulo. 2006.

Anexo 1 – Planta de situação – edificação analisada.

CONDOMÍNIO SEA COAST BEACH VILLAGE



PLANTA DE SITUAÇÃO ESC: 1/500

OBRA
CASA BRANDINI

ESPECIFICAÇÃO
ANEXO 1 - PLANTA DE SITUAÇÃO

LOCAL
XXXXXX

TIPO
PRELIMINAR

ESCALA
Indicada

DATA
05/05/2015

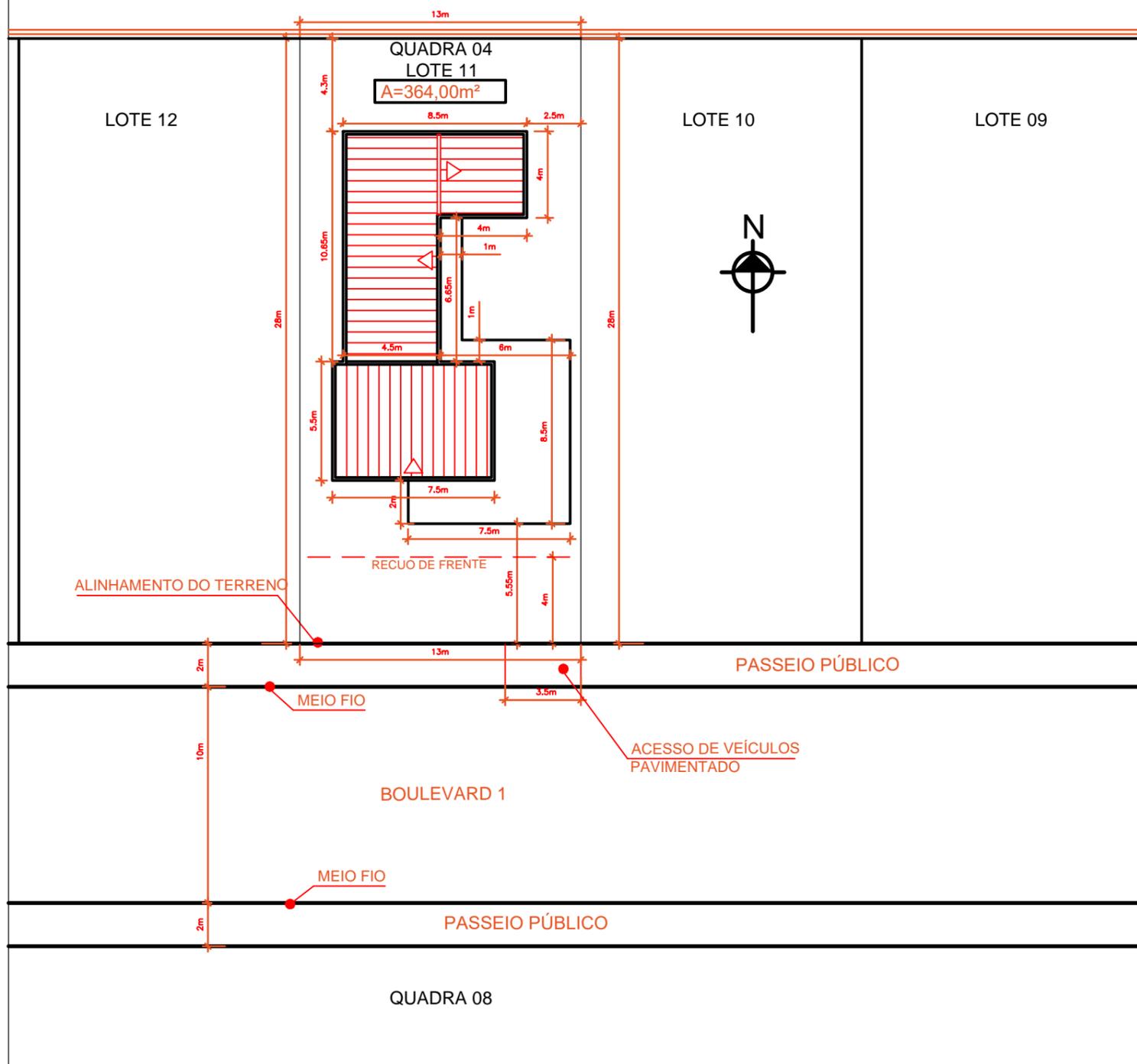
PRANCHA
01 /05
REVISÃO
00



Anexo 2 – Planta de localização – edificação analisada.

CONDOMÍNIO SEA COAST BEACH VILLAGE

DIVISA EXTERNA DO CONDOMÍNIO



PLANTA DE LOCALIZAÇÃO ESC: 1/250

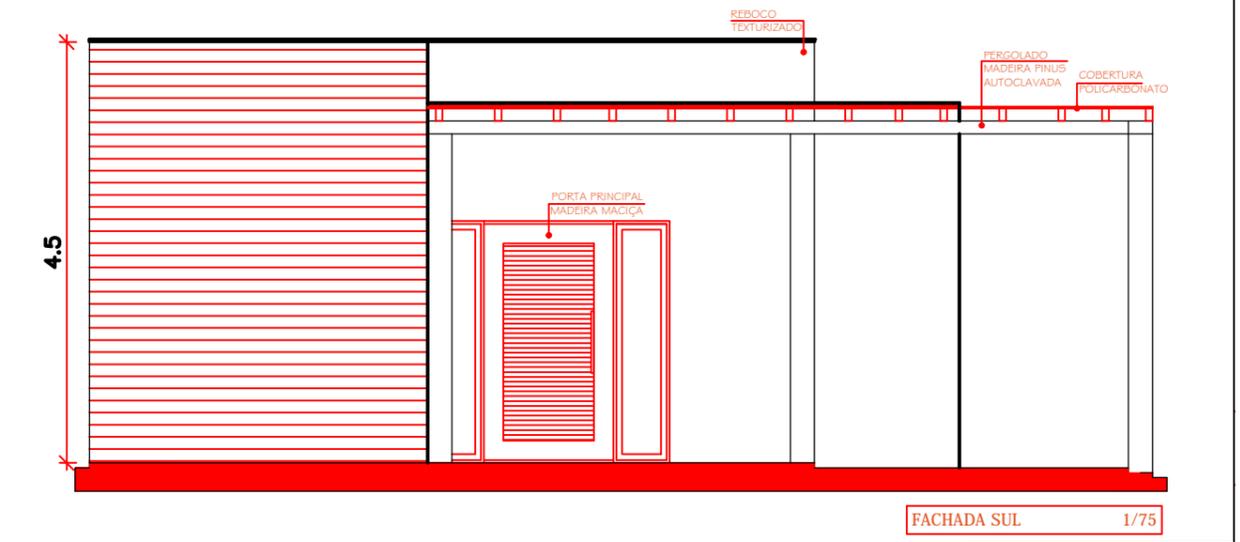
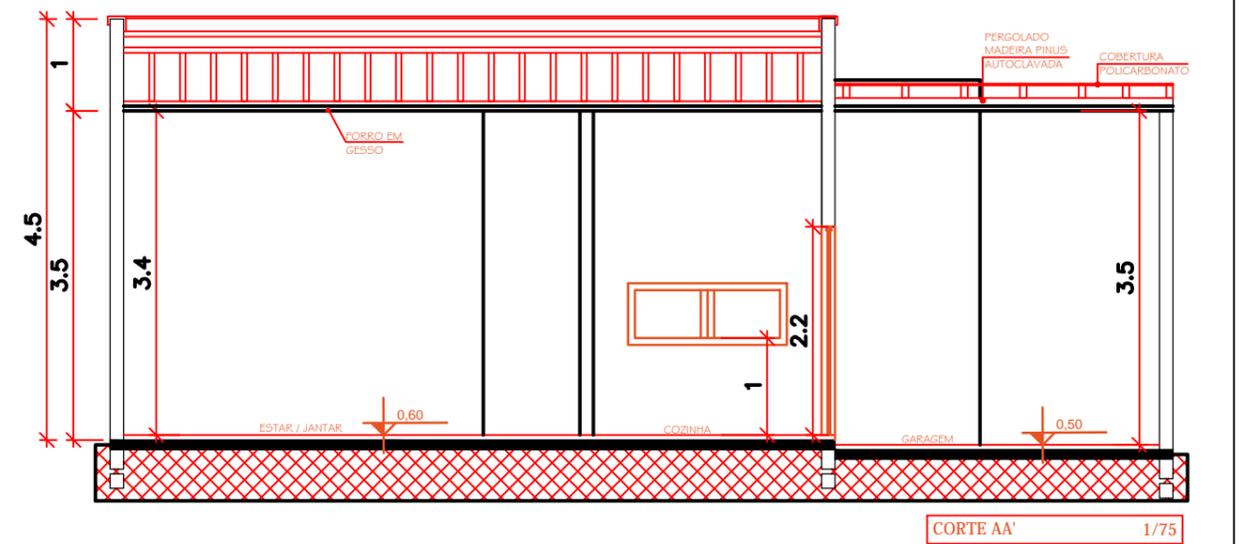
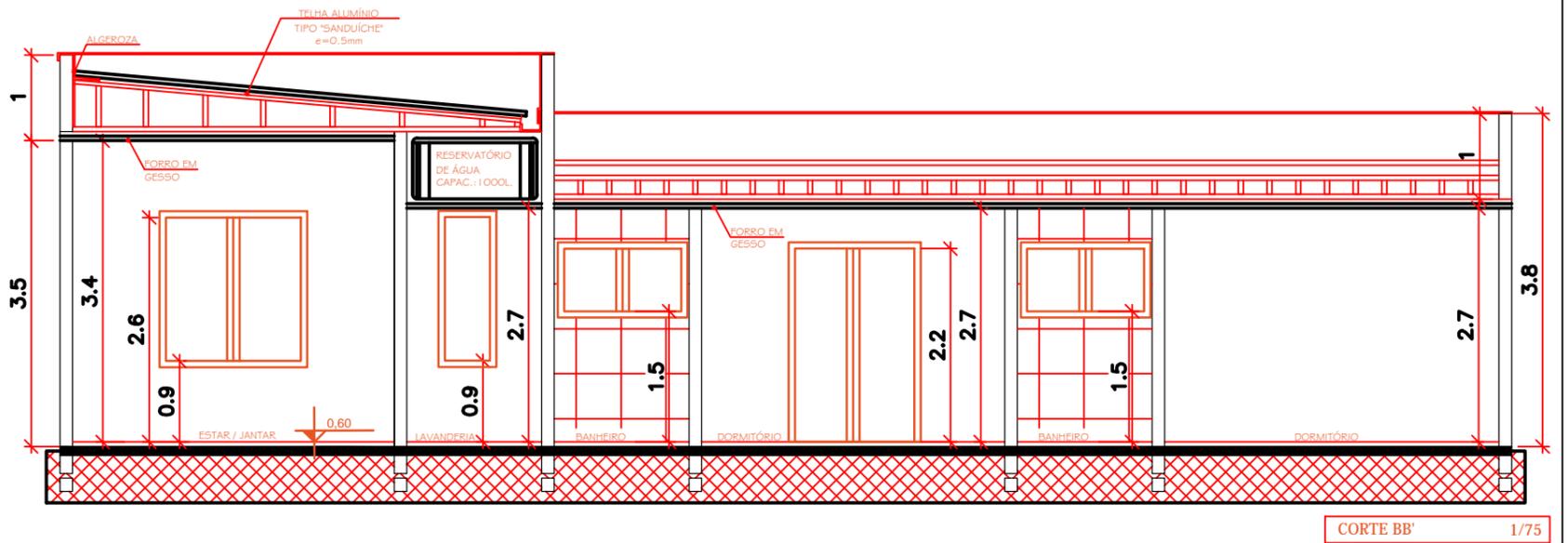
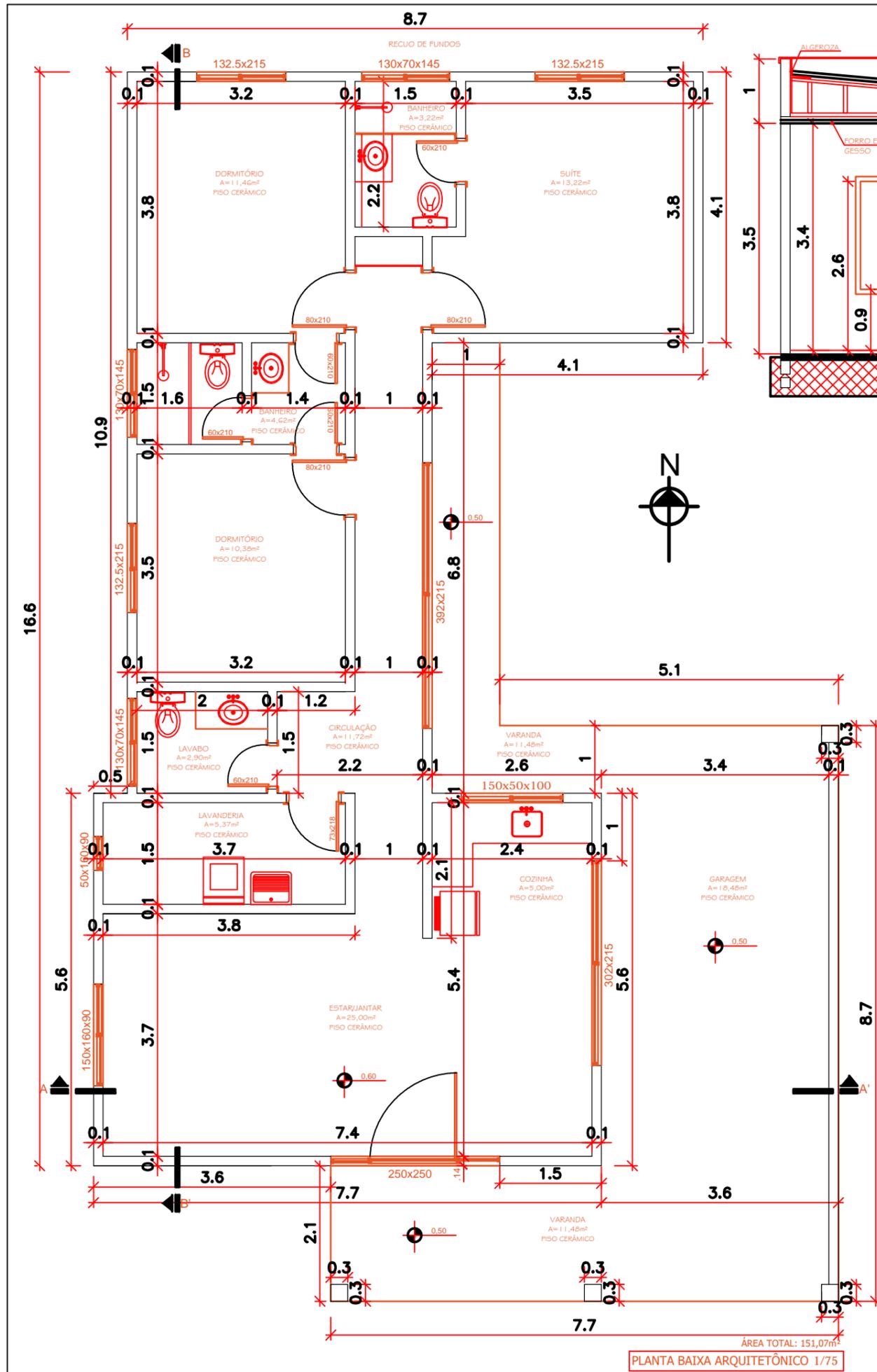
OBRA	CASA BRANDINI
ESPECIFICAÇÃO	ANEXO 2 - PLANTA DE LOCALIZAÇÃO
LOCAL	XXXXXX

TIPO	PRELIMINAR
ESCALA	Indicada
DATA	05/05/2015

PRANCHA	02/05
REVISÃO	00

PROJETOS
Eduardo
DU_RAYHER@HOTMAIL.COM

Anexo 3 – Projeto arquitetônico – edificação analisada.



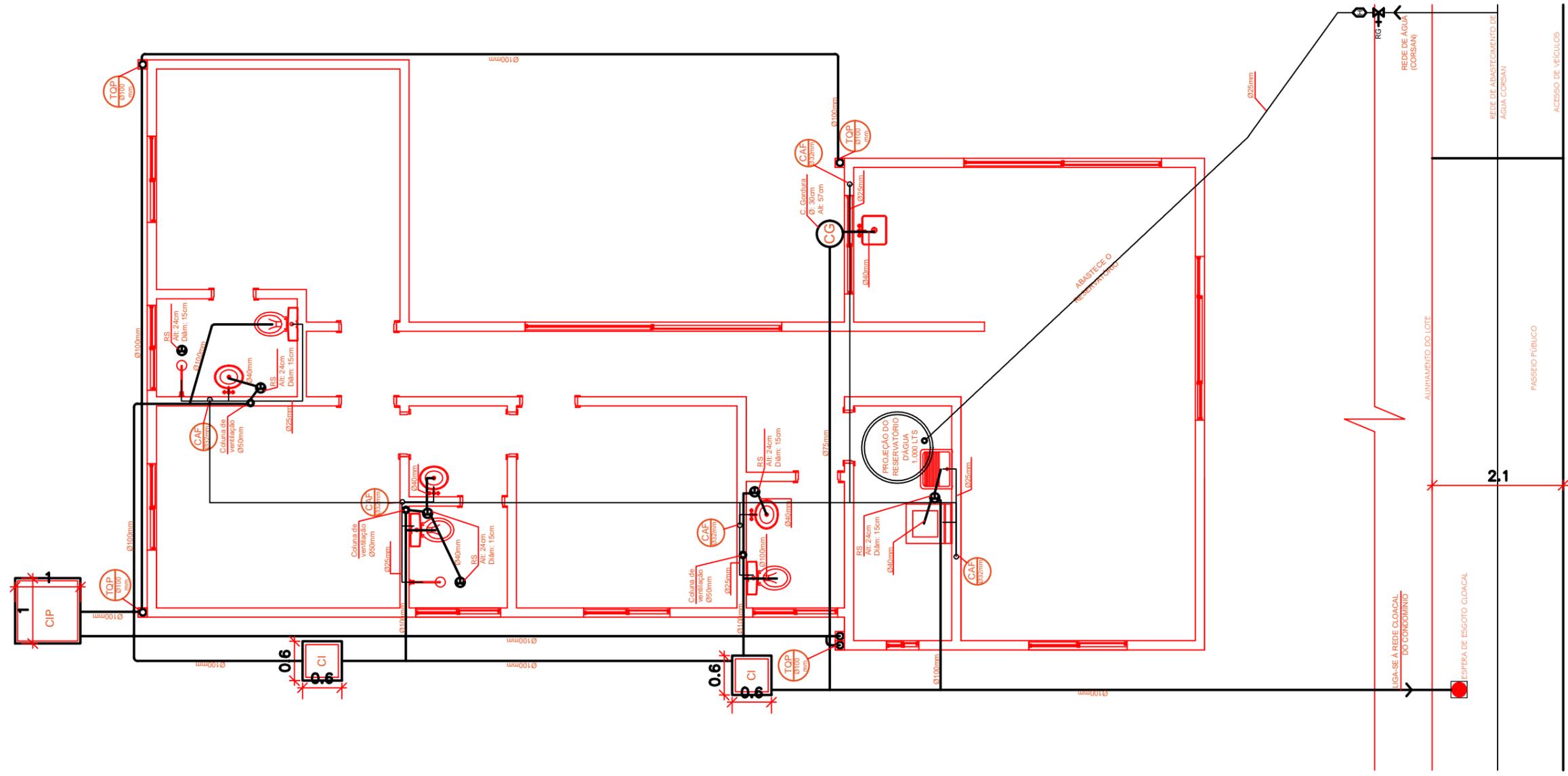
OBRA
CASA BRANDINI
ESPECIFICAÇÃO
ANEXO 3 - PROJETO ARQUITETÔNICO
LOCAL
XXXXXX

TIPO
PRELIMINAR
ESCALA
Indicada
DATA
05/05/2015

PRANCHA
03/05
REVISÃO
00



Anexo 4 – Projeto de Instalações Hidrossanitárias – edificação analisada.



PLANTA BAIXA HIDROSSANITÁRIA 1/75

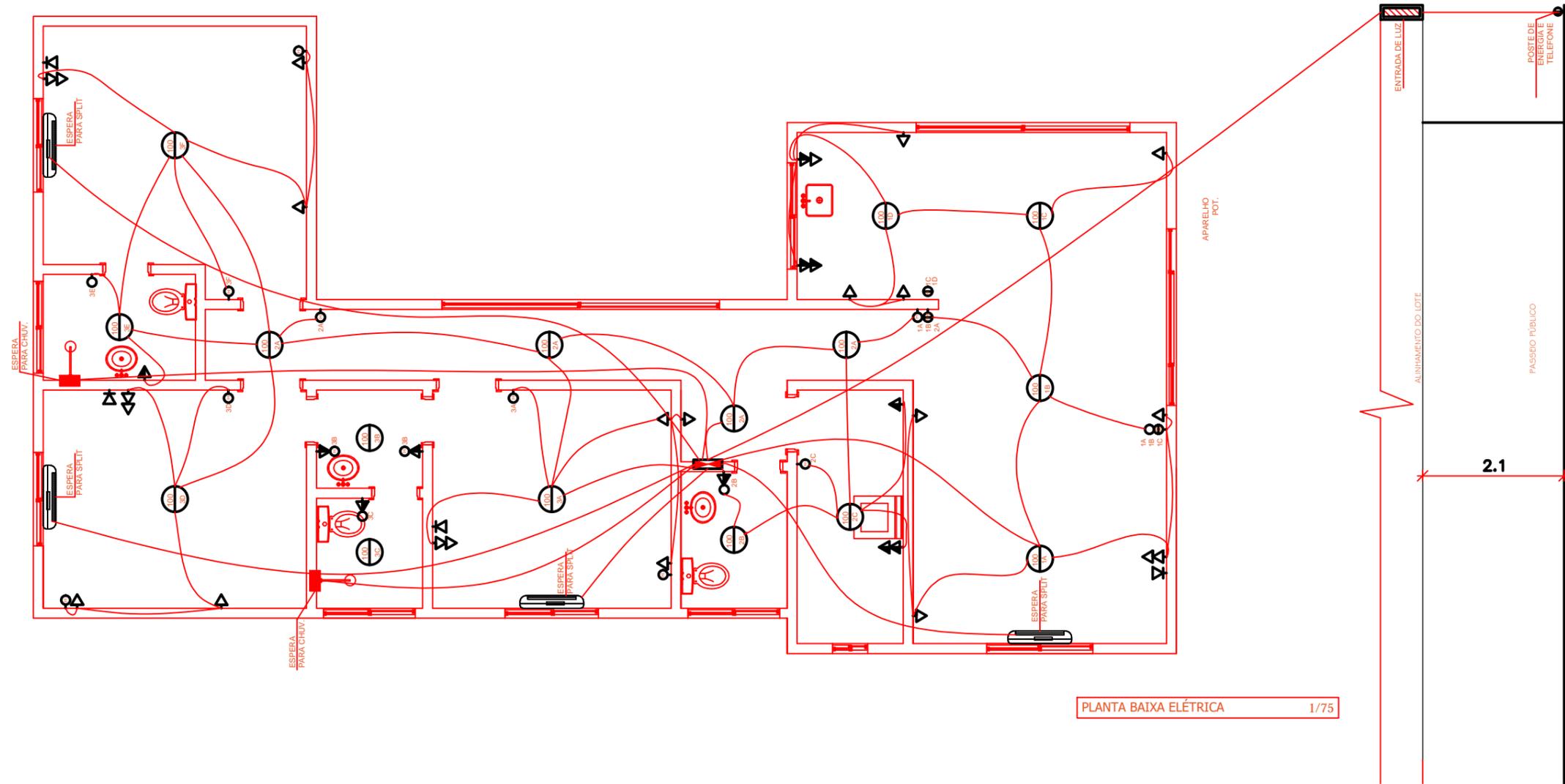
OBRA	CASA BRANDINI
ESPECIFICAÇÃO	ANEXO 4 - INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS
LOCAL	XXXXXX

TIPO	PRELIMINAR
ESCALA	Indicada
DATA	05/05/2015

PRANCHA	04/05
REVISÃO	00

PROJETOS
Eduardo
DU_RAYHER@HOTMAIL.COM

Anexo 5 – Projeto de instalações elétricas – edificação analisada.



PLANTA BAIXA ELÉTRICA 1/75

AMBIENTE	CIRCUITOS	ILUMINAÇÃO		TOMADAS	
		Nº PONTOS	POT. CALC. QUANTID.		
ESTAR/JANTAR	01	03	300	06	
COZINHA	01	01	100	07	
CIRCULAÇÃO	02	04	400	01	
LAVABO	02	01	100	01	
LAVANDERIA	02	01	300	03	
DORMITÓRIO 01	03	01	100	04	
DORMITÓRIO 02	03	01	100	04	
BANHEIRO SOCIAL	03	01	100	01	
SUÍTE	03	01	100	04	
BANHEIRO SUÍTE	03	01	100	01	
CHUVEIRO 01	03	01		01	CHUVEIRO:7500
CHUVEIRO 02	04	01		01	CHUVEIRO:7500
SPLIT SUÍTE	05	01		01	SPLIT:9.000BTU's
SPLIT SALA	06	01		01	SPLIT:24.000BTU's
SPLIT DORMIT. 1	07	01		01	SPLIT:9.000BTU's
SPLIT DORMIT. 2	08	01		01	SPLIT:9.000BTU's

LEGENDA ELÉTRICA	
	PONTO DE LUZ NO TETO
	TOMADA SIMPLES H=30CM
	TOMADA SIMPLES H=120CM
	INTERRUPTOR SIMPLES H=120CM
	INTERRUPTOR DUPLO H=120CM
	INTERRUPTOR DUPLO HOTEL H=120CM
	ESPERA PARA CHUV. ELÉT.H=220CM
	ESPERA PARA ANTENA TEVÊ / CABO
	QD - QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO

OBRA
CASA BRANDINI
 ESPECIFICAÇÃO
 ANEXO 5 - INSTALAÇÕES ELÉTRICAS
 LOCAL
 XXXXXX

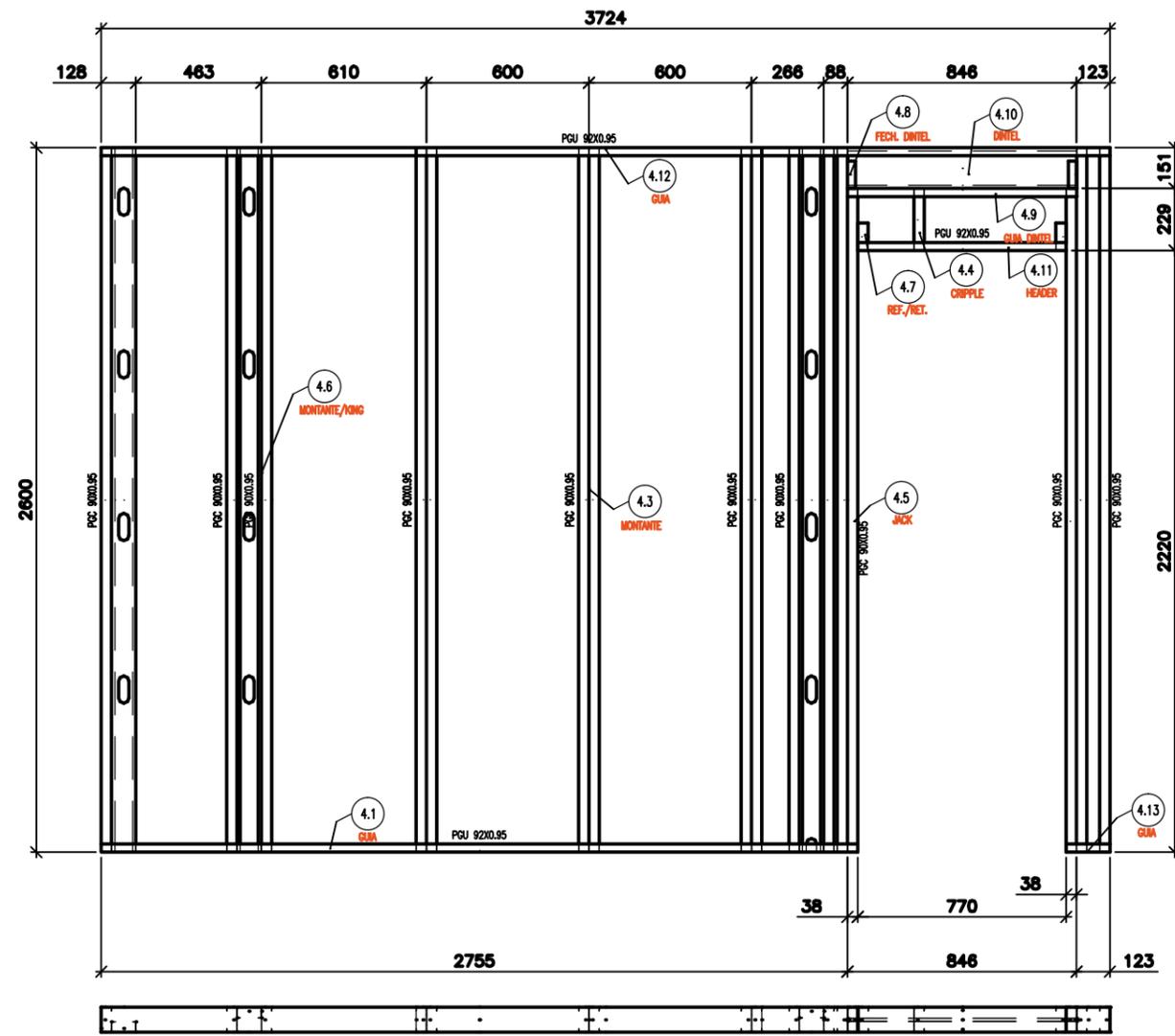
TIPO
PRELIMINAR
 ESCALA
 Indicada
 DATA
 05/05/2015

PRANCHA
05/05
 REVISÃO
00

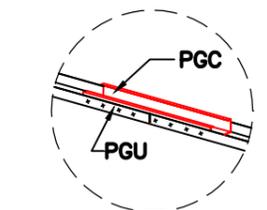
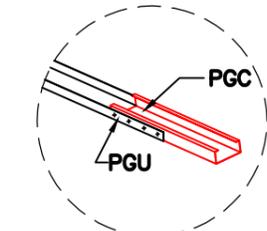
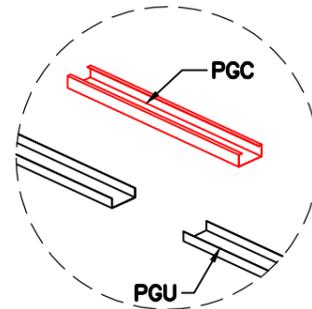
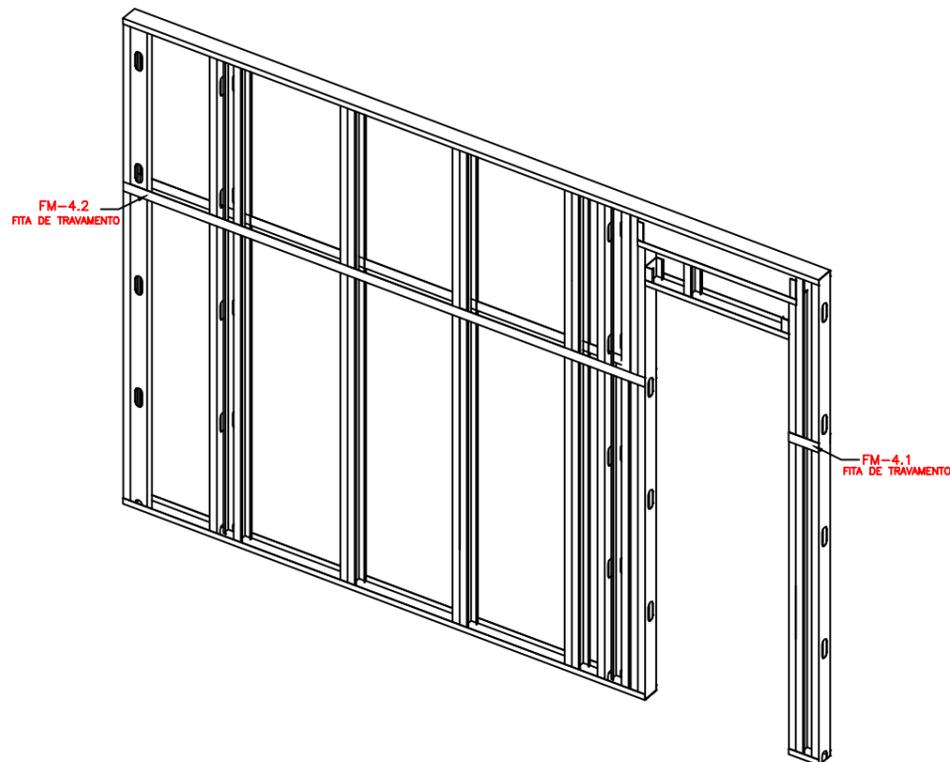


Anexo 6 – Planta de montagem dos painéis LSF básicos – edificação analisada.

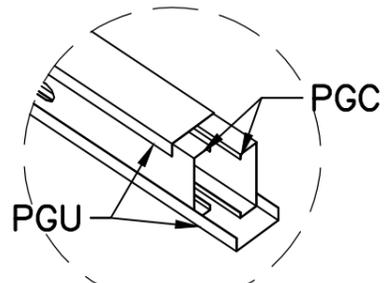
Anexo 7 – Prancha de fabricação de painel externo – edificação analisada.



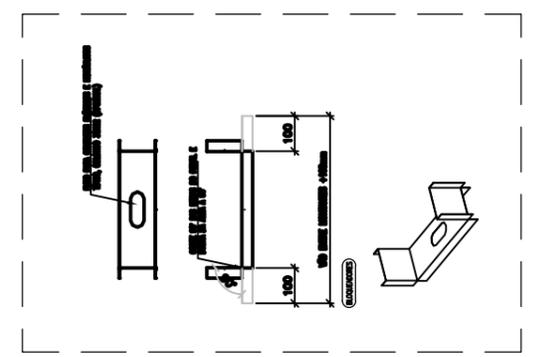
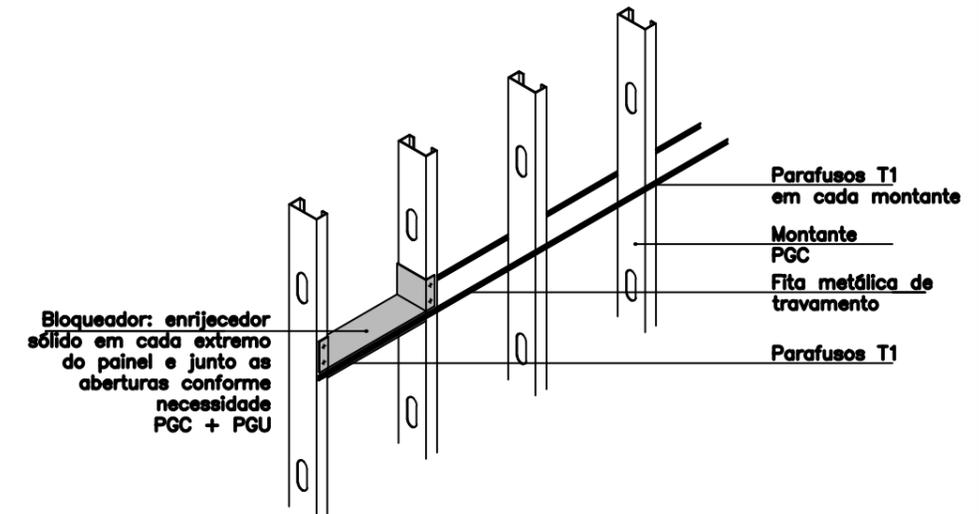
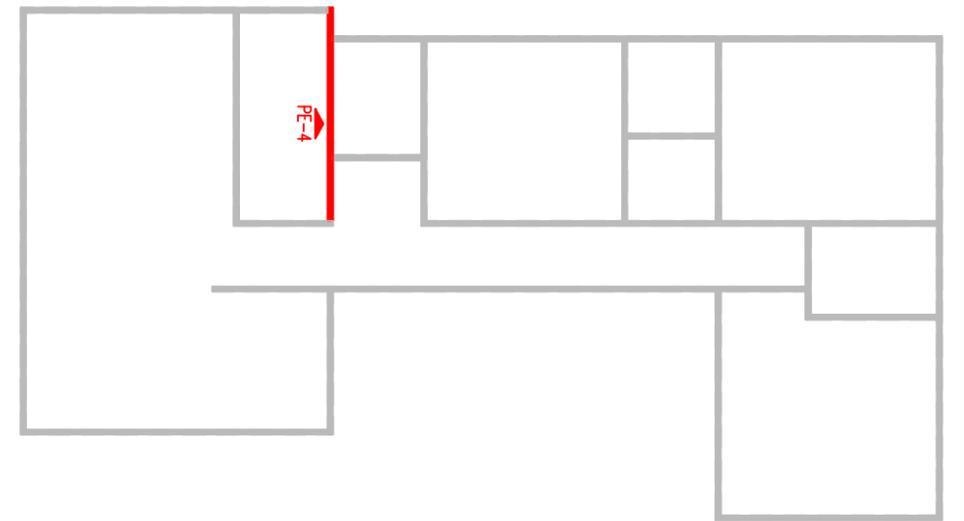
PE-4 Qt. 1
Esc: 1/25



Montagem de luvas em emendas



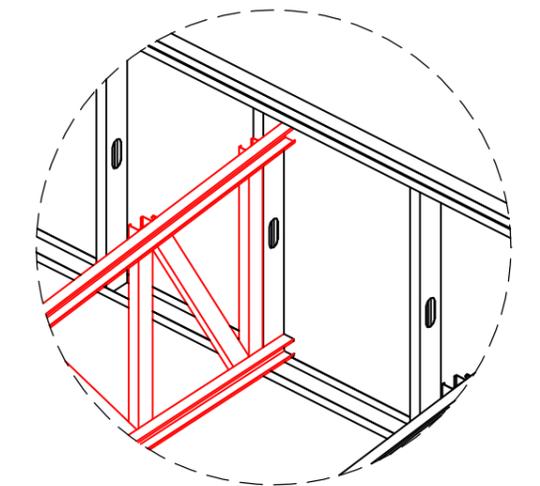
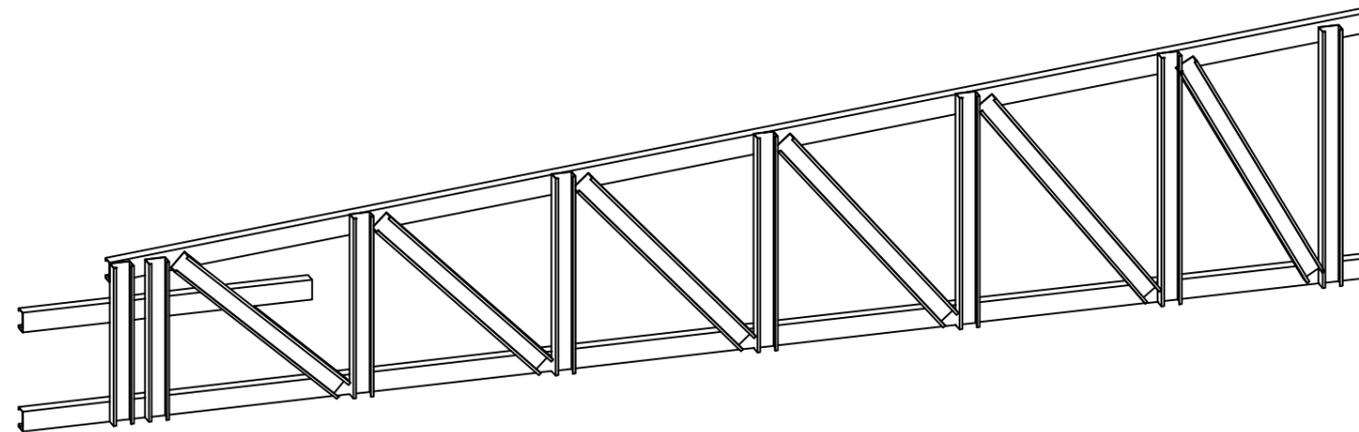
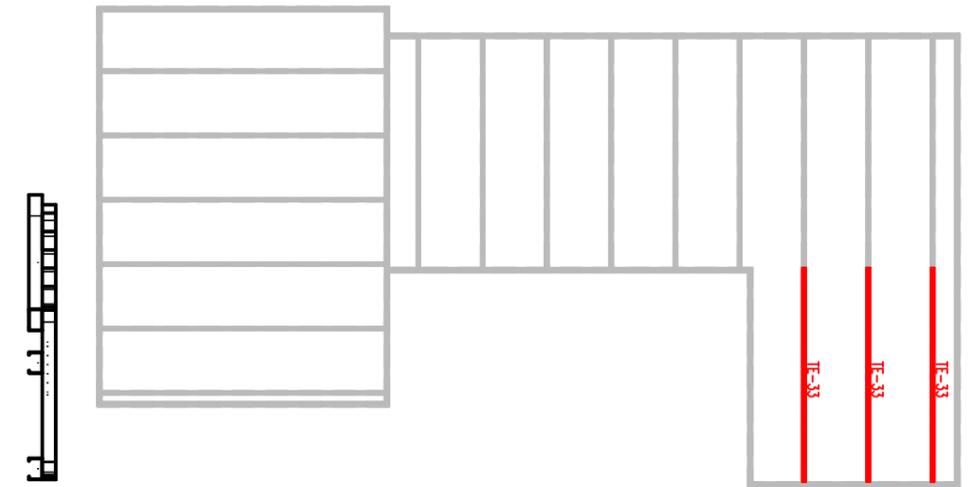
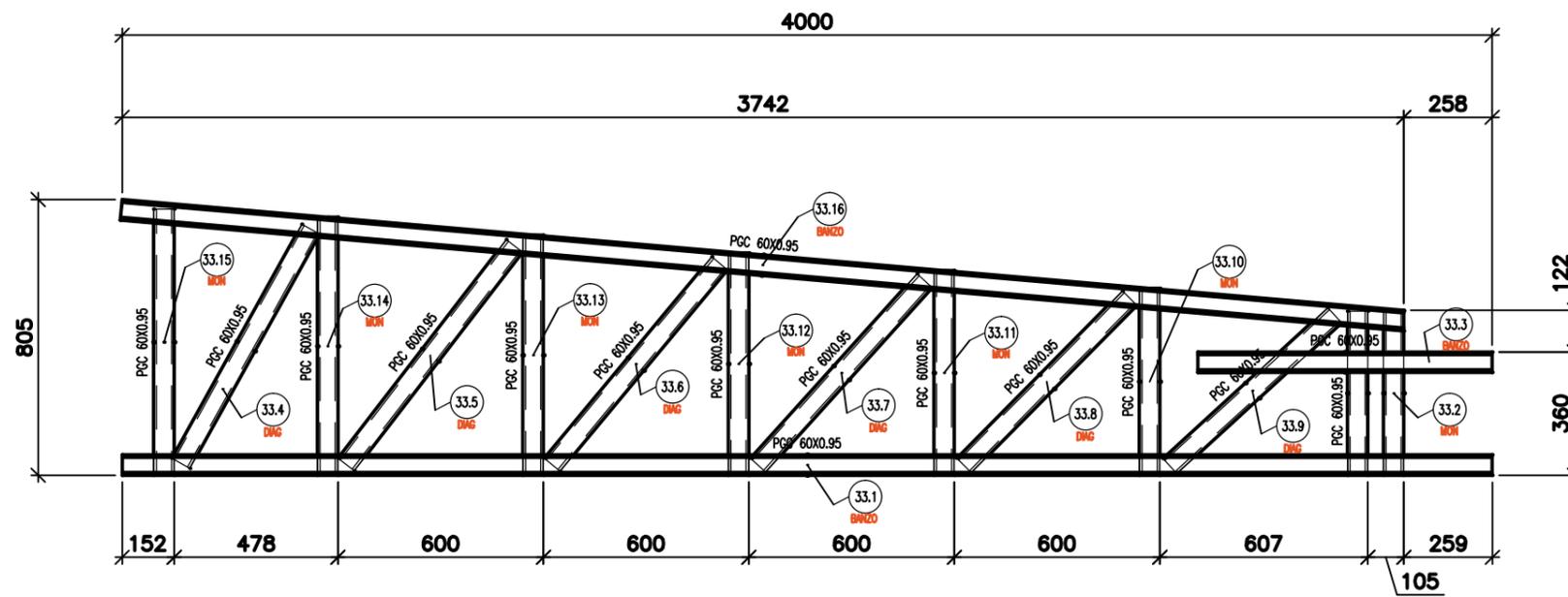
Viga Dintel



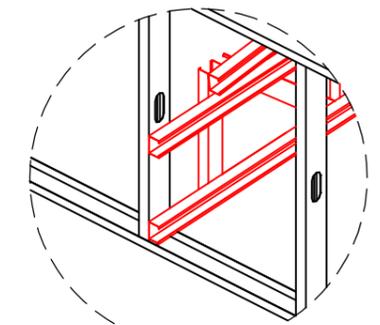
OBRA CASA BRANDINI	TIPO FAB. COMPONENTE	PRANCHA 07 /44
ESPECIFICAÇÃO ANEXO 7 - FABRICAÇÃO DE PAINEL EXTERNO PE-4	ESCALA Indicada	REVISÃO 02
LOCAL XXXXXX	DATA 10/10/2015	

OBRA CASA BRANDINI	TIPO FAB. COMPONENTE	PRANCHA 07 /44
ESPECIFICAÇÃO ANEXO 7 - FABRICAÇÃO DE PAINEL EXTERNO PE-4	ESCALA Indicada	REVISÃO 02
LOCAL XXXXXX	DATA 10/10/2015	

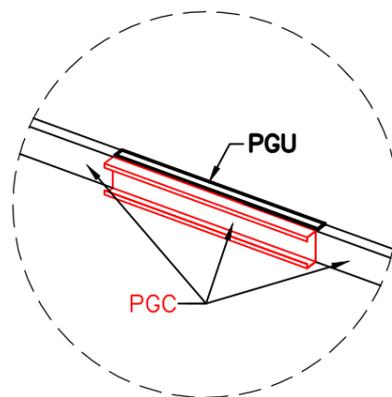
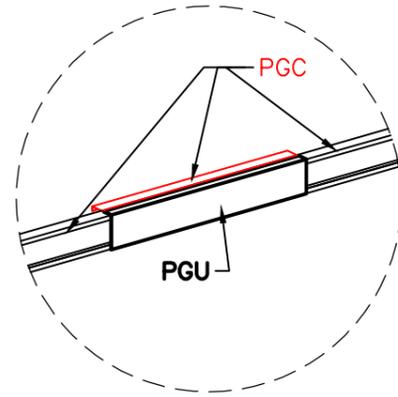
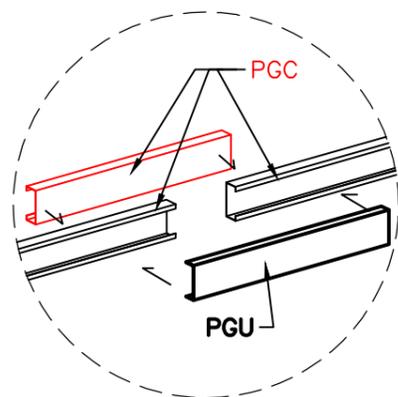
Anexo 8 – Prancha de fabricação de tesoura – edificação analisada.



DETALHE DE LIGAÇÃO ENTRE PLATIBANDAS (PL) E TESOURA (TE)



DETALHE DE LIGAÇÃO ENTRE PLATIBANDAS (PL) E TESOURA (TE)



DETALHE DE EMENDA EM PERFIS C (BANZOS)

OBRA	CASA BRANDINI
ESPECIFICAÇÃO	ANEXO 8 - FABRICAÇÃO DE TESOURA TE-33
LOCAL	XXXXXX

TIPO	FAB. COMPONENTE
ESCALA	Indicada
DATA	10/10/2015

PRANCHA	41/44
REVISÃO	01

Anexo 9 – Prancha de fabricação fitas metálicas – edificação analisada.

FIA 500.95

FM-1.1	0.1	3389
FM-1.2	0.1	1341
FM-2.1	0.2	1141
FM-2.2	0.2	1634
FM-2.3	0.2	513
FM-3.1	0.1	1480
FM-3.2	0.1	940
FM-4.1	0.2	2793
FM-5	0.2	2408
FM-6.1	0.2	2658
FM-6.2	0.2	6627
FM-7.1	0.2	956
FM-7.2	0.2	1977
FM-7.3	0.2	529
FM-8.1	0.2	3907
FM-9.1	0.2	3980
FM-10.1	0.2	861
FM-10.2	0.2	3633
FM-10.3	0.2	1062
FM-11.1	0.2	3632
FM-12.1	0.2	1736
FM-13	0.2	2108
FM-14.1	0.2	114
FM-14.2	0.2	790
FM-15	0.2	3132
FM-16.1	0.2	2557
FM-16.2	0.2	1958
FM-16.3	0.2	2819
FM-17.1	0.2	161
FM-17.2	0.2	2131
FM-18.1	0.2	117
FM-18.2	0.2	791
FM-19.1	0.2	161
FM-19.2	0.2	2131
FM-20.1	0.2	1544
FM-21.1	0.2	791
FM-21.2	0.2	853

FITAS Metálicas de travamento e contraventamento

Sem escala

LISTA DE EXPEDIENTO

MARCA	QTDE	DESCRIÇÃO	PESO UN.	PESO TOT.	SUP. TOT.
FM-1.1	1	FITA 50X0.95	1.4	1.4	0.3
FM-1.2	1	FITA 50X0.95	0.6	0.6	0.1
FM-10.1	2	FITA 50X0.95	0.4	0.7	0.2
FM-10.2	2	FITA 50X0.95	1.5	3.0	0.7
FM-10.3	2	FITA 50X0.95	0.4	0.9	0.2
FM-11.1	2	FITA 50X0.95	1.5	3.0	0.7
FM-12.1	2	FITA 50X0.95	0.7	1.4	0.3
FM-13	2	FITA 50X0.95	0.9	1.7	0.4
FM-14.1	2	FITA 50X0.95	0.0	0.1	0.0
FM-14.2	2	FITA 50X0.95	0.3	0.7	0.2
FM-15	2	FITA 50X0.95	1.3	2.6	0.6
FM-16.1	2	FITA 50X0.95	1.1	2.1	0.5
FM-16.2	2	FITA 50X0.95	0.8	1.6	0.4
FM-16.3	2	FITA 50X0.95	1.2	2.3	0.6
FM-17.1	2	FITA 50X0.95	0.1	0.1	0.0
FM-17.2	2	FITA 50X0.95	0.9	1.8	0.4
FM-18.1	2	FITA 50X0.95	0.0	0.1	0.0
FM-18.2	2	FITA 50X0.95	0.3	0.7	0.2
FM-19.1	2	FITA 50X0.95	0.1	0.1	0.0
FM-19.2	2	FITA 50X0.95	0.9	1.8	0.4
FM-2.1	2	FITA 50X0.95	0.5	0.9	0.2
FM-2.2	2	FITA 50X0.95	0.7	1.3	0.3
FM-2.3	2	FITA 50X0.95	0.2	0.4	0.1
FM-20.1	2	FITA 50X0.95	0.6	1.3	0.3
FM-21.1	2	FITA 50X0.95	0.3	0.7	0.2
FM-21.2	2	FITA 50X0.95	0.4	0.7	0.2
FM-3.1	1	FITA 50X0.95	0.6	0.6	0.1
FM-3.2	1	FITA 50X0.95	0.4	0.4	0.1
FM-4.1	2	FITA 50X0.95	1.2	2.3	0.6
FM-5	2	FITA 50X0.95	1.0	2.0	0.5
FM-6.1	2	FITA 50X0.95	1.1	2.2	0.5
FM-6.2	2	FITA 50X0.95	2.7	5.5	1.3
FM-7.1	2	FITA 50X0.95	0.4	0.8	0.2
FM-7.2	2	FITA 50X0.95	0.8	1.6	0.4
FM-7.3	2	FITA 50X0.95	0.2	0.4	0.1
FM-8.1	2	FITA 50X0.95	1.6	3.2	0.8
FM-9.1	2	FITA 50X0.95	1.6	3.3	0.8
				54.1	13.1

LISTA DE MATERIAL

POS	QTDE	COMP.	PERFIL	NOTAS	P UN.	P. TOT.
FM-1.1	1	3389.2	FITA 50X0.95		1.4	1.4
FM-1.2	1	1340.7	=		0.6	0.6
FM-10.1	2	861.2	=		0.4	0.7
FM-10.2	2	3632.9	=		1.5	3.0
FM-10.3	2	1051.7	=		0.4	0.9
FM-11.1	2	3632.0	=		1.5	3.0
FM-12.1	2	1735.8	=		0.7	1.4
FM-13	2	2107.7	=		0.9	1.7
FM-14.1	2	114.0	=			0.1
FM-14.2	2	790.2	=		0.3	0.7
FM-15	2	3132.0	=		1.3	2.6
FM-16.1	2	2557.0	=		1.1	2.1
FM-16.2	2	1958.0	=		0.8	1.6
FM-16.3	2	2819.0	=		1.2	2.3
FM-17.1	2	161.0	=		0.1	0.1
FM-17.2	2	2131.1	=		0.9	1.8
FM-18.1	2	117.0	=			0.1
FM-18.2	2	791.1	=		0.3	0.7
FM-19.1	2	161.0	=		0.1	0.1
FM-19.2	2	2131.1	=		0.9	1.8
FM-2.1	2	1141.1	=		0.5	0.9
FM-2.2	2	1633.6	=		0.7	1.3
FM-2.3	2	513.1	=		0.2	0.4
FM-20.1	2	1544.0	=		0.6	1.3
FM-21.1	2	791.1	=		0.3	0.7
FM-21.2	2	862.9	=		0.4	0.7
FM-3.1	1	1459.9	=		0.6	0.6
FM-3.2	1	939.9	=		0.4	0.4
FM-4.1	2	2793.0	=		1.2	2.3
FM-5	2	2408.1	=		1.0	2.0
FM-6.1	2	2658.4	=		1.1	2.2
FM-6.2	2	6626.6	=		2.7	5.5
FM-7.1	2	956.4	=		0.4	0.8
FM-7.2	2	1976.5	=		0.8	1.6
FM-7.3	2	529.0	=		0.2	0.4
FM-8.1	2	3907.2	=		1.6	3.2
FM-9.1	2	3959.7	=		1.6	3.3

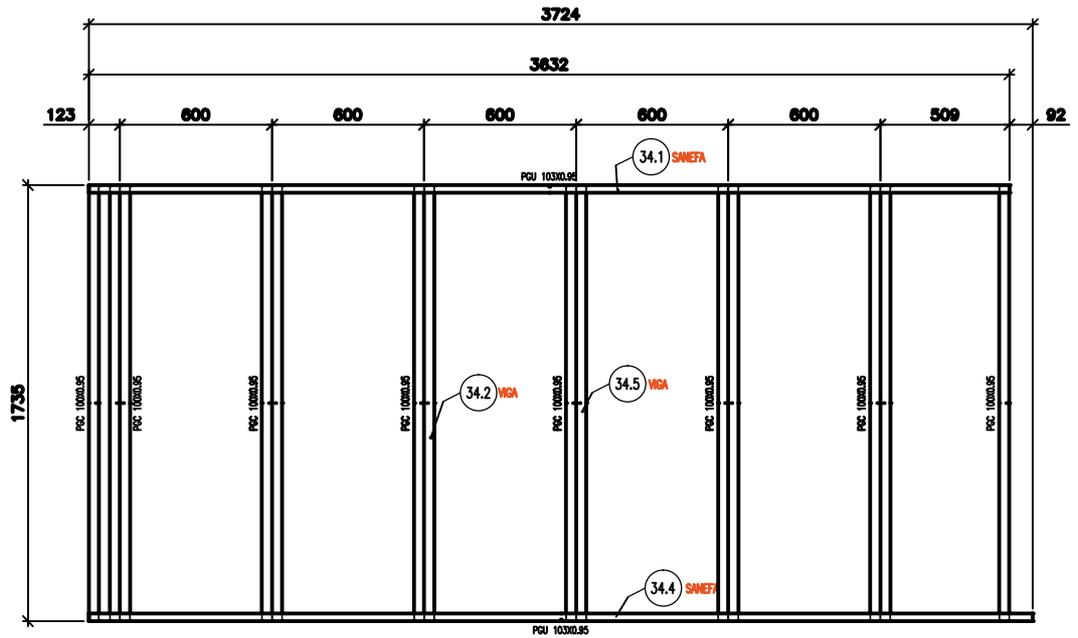
OBRA	CASA BRANDINI
ESPECIFICAÇÃO	ANEXO 9 - FABRICAÇÃO FITAS METÁLICAS DE TRAVAMENTO
LOCAL	XXXXXX

TIPO	FAB. COMPONENTE
ESCALA	Indicada
DATA	10/10/2015

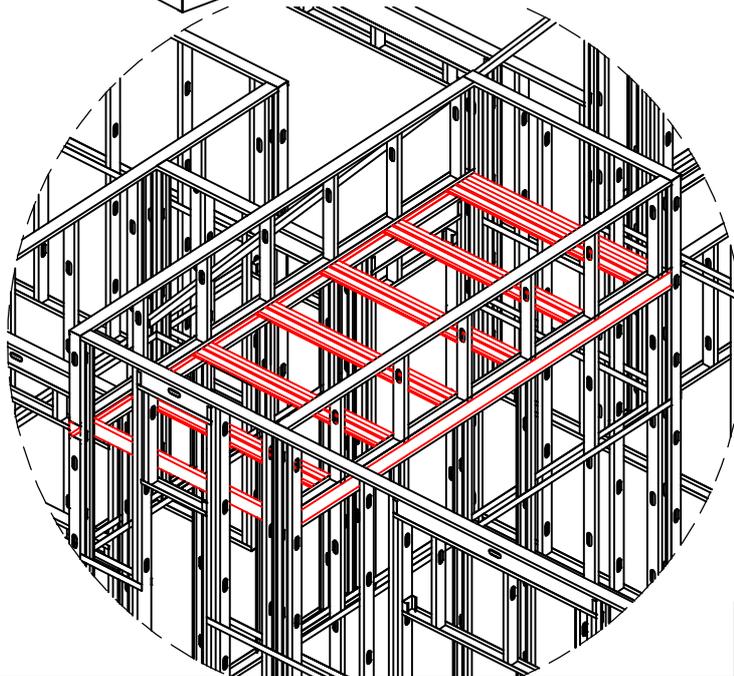
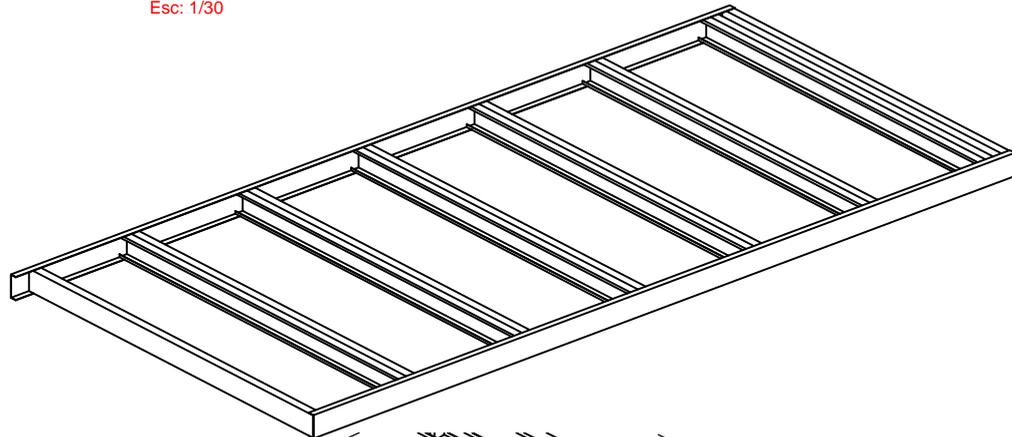
PRANCHA	44/44
REVISÃO	00

DU_RAYHER@HOTMAIL.COM

Anexo 10 – Prancha de fabricação entrepiso – edificação analisada.



EP-34 Qt. 1
Esc: 1/30



OBRA
CASA BRANDINI

ESPECIFICAÇÃO
ANEXO 10 - FABRICAÇÃO DE ENTREPISOS EP-34

LOCAL
XXXXXX

TIPO
FAB. COMPONENTE

ESCALA
Indicada

DATA
10/10/2015

PRANCHA
42/₄₄

REVISÃO
01

