

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ESCOLA DE ENGENHARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

**TÉCNICAS, MÉTODOS E PROCESSOS DE PROJETO E
CONSTRUÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO *LIGHT*
*STEEL FRAME***

Rondinely Francisco de Lima

Belo Horizonte

2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ESCOLA DE ENGENHARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

Rondinely Francisco de Lima

**TÉCNICAS, MÉTODOS E PROCESSOS DE PROJETO E
CONSTRUÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO *LIGHT*
*STEEL FRAME***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Construção Civil da Universidade Federal de Minas Gerais, Como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Francisco Carlos Rodrigues

DEES-UFMG (Orientador)

Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior

DEMC-UFMG (Co-Orientador)

Prof^a. Dr^a. Arlene Maria Sarmanho Freitas

UFOP

Prof. Dr. Paulo Gustavo Von Krüger

TAU-UFMG

AGRADECIMENTOS

Ao senhor Deus e às pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho: Esposa e família, Francisco, Júnior, Abdias, Adriano, Alexandre e Pedro (Flasan), Heloísa e Boni (Mitech), Célio, Bárbara, Ulisses, José, Ricardo, Jonas, Marcos, funcionários do LAEES e Ivonete.

RESUMO

A proposta do presente trabalho é subsidiar a elaboração de uma norma técnica de projeto e procedimentos executivos para fabricação e montagem de sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço formados a frio, com fechamentos em chapas delgadas, conhecido internacionalmente como Light Steel Frame (LSF). Norma similar já existe para os sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall (ABNT NBR 15758:2009, partes 1, 2 e 3). Para compor o conjunto de informações, foi feita a revisão bibliográfica em publicações e normas técnicas nacionais e estrangeiras sobre o assunto. Também foram considerados os conhecimentos obtidos pelo autor em cursos de treinamento de projeto, fabricação e montagem do sistema LSF - com a construção de uma edificação habitacional de interesse social (HIS) - e visitas técnicas em diversas obras e empresas do ramo. O sistema construtivo LSF foi dividido em processos, métodos e técnicas de maneira a facilitar o seu entendimento e proporcionar aos profissionais os principais conceitos para o desenvolvimento de projetos de maneira racionalizada, à luz das boas práticas da engenharia e da arquitetura. Assim, espera-se que com este trabalho os profissionais interessados possam contar com mais uma referência para a utilização do sistema LSF, e que seja à base do texto para a elaboração da norma técnica pretendida e sirva também para o desenvolvimento de novos estudos e pesquisas sobre o tema.

Palavras-chave: *Light Steel Frame*, normalização, procedimentos, projeto, construção.

ABSTRACT

The proposal of this study is to support the development of a Brazilian Technical Standard of design and executive procedures for fabrication and erection of constructive systems structured by the light cold-formed steel profiles, with wall in slim plates, internationally known as Light Steel Frame (LSF). Similar technical standard already exists for constructive systems in plaster board for drywall (ABNT NBR 15758:2009, parts 1, 2 and 3). To compose the set of information it was made the bibliographical revision in publications and national technical standards and foreigners on the subject. Also were considered the knowledge obtained by the author in training courses for design, manufacture and erection of the LSF system - with the construction of a building of social interest housing (HIS) - and technical visits to several constructions and specialized offices. The LSF constructive system was divided into processes, methods and techniques in order to facilitate its understanding and to provide to the professionals the main concepts for the development of projects in a rationalized way, to the light of the good practices of the engineering and of the architecture. Thus, it is waited that with this work, the interested professionals can count with one more reference for the use of the LSF system, and that it is the base of the text for the elaboration of the intended technical standard and be also for the development of new studies and researches on the theme.

Keywords: *Light Steel Frame, standards, procedures, design, construction.*

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Organização dos trabalhos de um sistema construtivo.....	2
FIGURA 2 – Estrutura da pesquisa.	6
FIGURA 3 – Perfis típicos para uso em <i>Steel Frame</i>	9
FIGURA 4 – Tipos de ligações entre perfis ou chapas.....	14
FIGURA 5 – Detalhes de placa cimentícia.	20
FIGURA 6 – Zonas bioclimáticas brasileiras.....	49
FIGURA 7 – Projeto integrado de edifícios.....	56
FIGURA 8 – Painéis.....	60
FIGURA 9 – Tipos, funções e componentes de painéis.....	61
FIGURA 10 – Fatores que afetam a estrutura do LSF sob carga lateral.	62
FIGURA 11 – Detalhes dos perfis U e U _e	64
FIGURA 12 – Abertura na alma de perfil e distância mínima entre furos.....	64
FIGURA 13 – Reforço em abertura feita na alma de perfil.....	65
FIGURA 14 – Perfil com alma perfurada.....	65
FIGURA 15 – Bloqueador e fitas.....	66
FIGURA 16 – Enrijecedor.....	66
FIGURA 17 – Combinação de perfis parafusados.....	67
FIGURA 18 - Fitas.....	67
FIGURA 19– Detalhes do contraventamento.....	67
FIGURA 20 – Detalhes de ligações.....	68
FIGURA 21– Chapas.....	68
FIGURA 22 – Ligações.....	69
FIGURA 23 – Cantoneiras.....	69
FIGURA 24 – Modos de ruína em ligações de pressão por contato.....	70
FIGURA 25 – Diagramas.....	71
FIGURA 26 – Transmissão axial de esforços verticais.....	72
FIGURA 27 – Ancoragem da estrutura na fundação.....	72
FIGURA 28 – Chumbadores.....	73
FIGURA 29 – Pannel típico de laje composto por vigas.....	74
FIGURA 30 – Lajes.....	74
FIGURA 31 – Abertura de painéis de laje.....	75

FIGURA 32 – Piso elevado	75
FIGURA 33– Componentes do subsistema de piso.	76
FIGURA 34 – Ponte térmica através de painel.....	79
FIGURA 35 – Interação das moléculas de água e a um material de construção.....	83
FIGURA 36 – Superfícies em contato com água.....	84
FIGURA 37 - Alinhamento dos painéis de cobertura e de vedação externa.....	88
FIGURA 38 - Planta modelo de mesa de corte.....	89
FIGURA 39 - Planta de mesa para confecção de painéis.....	90
FIGURA 40 - Produção automatizada de painéis	91
FIGURA 41 - Perfiladeira e bobina de aço	91
FIGURA 42 - Princípios de ligação de painéis verticais e horizontais.....	93
FIGURA 43 - Designação padronizada de painéis	95
FIGURA 44 - Fixação de painel na fundação	98
FIGURA 45 - Conexões.....	100
FIGURA 46 - Laje úmida.....	104
FIGURA 47 - Laje seca.....	106
FIGURA 48 - Vão em laje.	106
FIGURA 49 - Escadas.....	107
FIGURA 50 - Detalhe de encontro do piso e parede em áreas molháveis.....	107
FIGURA 51 - Detalhe de fixação de caixilho	108
FIGURA 52 - Instalações embutidas em painéis.....	111
FIGURA 53 - Colocação de isolante acústico em entrepiso..	112
FIGURA 54 - Colocação de isolamento térmico em fachada (EPS ou XPS)..	112
FIGURA 55 - Detalhes de um telhado	113
FIGURA 56 - Exemplo de estrutura de cobertura	114

LISTA DE TABELAS

1 - Revestimento mínimo das chapas de aço em perfis estruturais	11
2 - Perfil U simples	12
3 - Perfil U enrijecido.....	13
4 - Tipos de parafusos e aplicações.....	15
5 - Parafusos: dimensões e ligações.....	16
6 - Parafusos: requisitos.....	16
7 - Materiais para revestimento interno e externo	18
8 - Placas cimentícias: classificação e caracterização	22
9 - Chapas (OSB): Classificação e propriedades físicas, mecânicas e químicas.....	25
10 - Sidings: Características geométricas e físicas	27
11 - Chapas de gesso acartonado	29
12 - Selantes: características.....	31
13 - Classificação de Selantes.....	32
14 - Massa para juntas - Tipos, informações técnicas e aplicações.....	33
15 - Fitas para tratamento de juntas – Tipos e aplicações.....	34
16 - EIFS Principais materiais e características	36
17 - Características de sistemas de lajes e entrepisos para LSF.....	38
18 - Características de materiais para sistemas de cobertura.	40
19 - Requisitos de desempenho do subsistema estrutural.....	43
20 - Requisitos de desempenho sob impactos	44
21 - Classificação dos materiais de acabamento relativamente à reação ao fogo.....	46
22 - Requisitos da norma relativos à estanqueidade.....	48
23 - Critérios para o procedimento simplificado de avaliação do desempenho térmico.....	50
24 - Requisitos de desempenho acústico.....	52
25 - Durabilidade e manutenibilidade	54
26 - Diretrizes para o projeto estrutural	63
27 - Isolantes térmicos usualmente utilizados em edificações.....	82
28 - Parâmetros empíricos de avaliação para isolantes acústicos utilizados em edificações	82
29 - Propriedades de redução acústica de alguns materiais utilizados nos painéis	82
30 - Matriz de interfaces para o subsistema de vedação vertical.....	86
31 - Encontro de perfis e painéis	94

32 - Instalação dos painéis	99
33 - Instalação de placas e chapas	103
34 - Especificação de juntas	110
35 - Técnicas, métodos e processos do sistema construtivo desenvolvidos no Brasil	116

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT.....	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AISI	<i>American Iron and Steel Institute</i>
APA.....	<i>The Engineered Wood Association – U.S.A</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
BS.....	<i>British Standards</i>
CBCA.....	Centro Brasileiro de Construção em Aço
CFS.....	<i>Cold Formed Steel Sections</i>
CSSBI.....	<i>Canadian Sheet Steel Building Institute</i>
CSTB	<i>Centre Scientifique et technique Du bâtiment – France</i>
DATEC.....	Documento técnico de avaliação
EIFS	<i>Exterior Insulation and Finish System</i>
EIMA.....	<i>EIFS Industry Members Association</i>
EUROCODE	<i>European Committee for Standardisation</i>
HVAC	<i>Heating, ventilating and air conditioning</i>
ISO	<i>International Organization For Standardization</i>
IPT.....	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
JISF.....	<i>Japan Iron and Steel Federation</i>
LEED.....	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
LGSF.....	<i>Light Gauge Steel Frame</i>
LSF	<i>Light Steel Frame</i>
LSK.....	<i>European Light Steel Construction Association</i>
NIST	<i>National Institute of Standards and Technology – U.S.A</i>
OSB.....	<i>Oriented Strand Board</i>
PFF.....	Perfis formados a frio
SINAT.....	Sistema Nacional de Avaliações Técnicas

SUMÁRIO

RESUMO	iv
ABSTRACT.....	v
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 – CONTEXTUALIZAÇÃO.....	1
1.2 – JUSTIFICATIVA	5
1.3 – OBJETIVOS	6
1.3.1 – GERAL	6
1.3.2 – ESPECÍFICO	6
1.4 – LIMITAÇÃO	6
1.5 – ESTRUTURA	6
2 – SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAME	8
2.1 – GENERALIDADES.....	8
2.2 – FUNÇÃO GLOBAL.....	8
2.3 – TIPO DE USO.....	8
2.4 – CONDICIONANTES LIMITADORAS	8
2.4.1 – ALTURA DA EDIFICAÇÃO	8
2.4.2 – ARQUITETURA	8
2.5 - CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAME	8
2.5.1 – SUBSISTEMAS	9
2.5.1.1 – SUBSISTEMA ESTRUTURAL.....	9
2.5.1.2 – SUBSISTEMA DE VEDAÇÃO.....	17
2.5.1.2.1 – REVESTIMENTO EXTERNO.....	19
2.5.1.2.2 – REVESTIMENTO INTERNO	28
2.5.1.2.3 – MATERIAIS PARA EXECUÇÃO DE JUNTAS ENTRE COMPONENTES.....	30
2.5.1.2.4 – MATERIAIS PARA EXECUÇÃO DO SUBSISTEMA DE PISO	37
2.5.1.2.5 – MATERIAIS PARA EXECUÇÃO DO SUBSISTEMA DE COBERTURA	39
2.5.2 – EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO DO SISTEMA.....	42

2.5.2.1 – DESEMPENHO ESTRUTURAL	42
2.5.2.2 – SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO	45
2.5.2.3 – ESTANQUEIDADE À ÁGUA.....	47
2.5.2.4 – CONFORTO TÉRMICO	49
2.5.2.5 – CONFORTO ACÚSTICO.....	51
2.5.2.6 – DURABILIDADE E MANUTENABILIDADE.....	53
3 – PROCEDIMENTOS DE PROJETO DO SISTEMA CONSTRUTIVO LSF	55
3.1 – ESTUDOS PRELIMINARES PARA O PROJETO INTEGRADO	55
3.2 – EXECUÇÃO DO CÁLCULO ESTRUTURAL.....	57
3.2.1 – CONCEITOS BÁSICOS SOBRE O RETICULADO METÁLICO E SUAS LIGAÇÕES.....	64
3.2.2 – CONCEITOS BÁSICOS SOBRE PISOS E COBERTURAS.....	73
3.2.2.1 –PISOS	73
3.2.2.2 – COBERTURAS.....	76
3.3 – ESPECIFIC. E SELEÇÃO DE MATERIAIS E COMP. DE VEDAÇÃO, PISO E COBERTURA	78
3.3.1 – SELEC. DOS REVESTIM. PARA ATEND. AOS REQUISITOS DE DESEMP. TÉRMICO	78
3.3.2 – SELEC. DOS REVESTIM. PARA ATEND. AOS REQUISITOS DE DESEMP. ACÚSTICO.....	80
3.3.3 – SELEC. DOS REVESTIM. PARA ATEND. AOS REQ. DE ESTANQUEIDADE A ÁGUA.....	83
3.3.4 – SELEC. DOS REVESTIM. PARA ATEND. AOS REQ. DE RESISTÊNCIA AO FOGO	87
3.3.5 – SELEÇÃO DE MATERIAIS PARA COBERTURAS.....	87
3.4 – PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO DOS PAINÉIS.....	88
3.4.1 – PRÉ-FABRICAÇÃO E MONTAGEM AUTOMATIZADA DE PAINÉIS	90
4 – TÉCNICAS CONSTRUTIVAS NO LSF	92
4.1 – TÉCNICAS DE PROJETO	92
4.1.1 – DESIGNAÇÃO PADRONIZADA	95
4.2 – TÉCNICAS DE EXECUÇÃO E MONTAGEM	96
4.2.1 – REQUISITOS PARA MONTAGEM.....	96
4.2.2 – INSTALAÇÃO DOS PAINÉIS.....	99
4.2.3 – EXECUÇÃO DO CONTRAVENTAMENTO.....	100
4.2.4 – COLOCAÇÃO DAS PLACAS DE OSB OU CIMENTÍCIAS NAS VEDAÇÕES EXTERNAS.....	100
4.2.5 – EXECUÇÃO DE PISO E ESCADAS.....	104
4.2.5.1 – EXECUÇÃO DE LAJE ÚMIDA	104
4.2.5.2 – EXECUÇÃO DE LAJE SECA	105
4.2.5.3 – EXECUÇÃO DE VÃOS EM PISOS	106
4.2.5.4 – EXECUÇÃO DE ESCADAS	107

4.2.6 – EXECUÇÃO DE PAREDES EM ÁREAS MOLHÁVEIS.....	107
4.2.7 – EXECUÇÃO DE PISOS EM ÁREAS MOLHÁVEIS	108
4.2.8 – INSTALAÇÃO DE CAIXILHOS.....	108
4.2.9 – JUNTAS DE MOVIMENTAÇÃO E JUNTAS FLEXÍVEIS.....	108
4.2.10 – INST. ELETRO-ELETR., HIDROSANITÁRIAS E GÁS E HVAC.....	111
4.2.11 – COLOCAÇÃO DE ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO.....	112
4.2.12 – REVESTIMENTOS INTERNOS, EXTERNOS E PISOS.....	112
4.2.13 – EXECUÇÃO DE COBERTURAS.....	113
4.3 – TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO E CONSERVAÇÃO.....	114
5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO	117
6 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	118
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119
8 – ANEXOS.....	131
8.1 – REFERÊNCIAS NORMATIVAS.....	131
8.2 – TERMOS E DEFINIÇÕES.....	134
8.3 – DESENHOS.....	141
8.3.1 – EXEMPLO DE PLANTA BAIXA COM IDENTIFICAÇÃO DOS EIXOS.....	142
8.3.2 – EXEMPLO DE PLANTA BAIXA E MALHA MODULAR	143
8.3.3 – EXEMPLO DE REPRESENTAÇÃO DE PAINÉIS.....	144

1 - INTRODUÇÃO

1.1) CONTEXTUALIZAÇÃO

A presente pesquisa contém recomendações práticas de construção relativas a um sistema construtivo que está sendo utilizado no Brasil há pouco mais de uma década. O tema é objeto de estudo em algumas universidades brasileiras, em especial na UFMG, onde foi proposto devido à necessidade de pesquisas e normatização desse sistema construtivo.

Acredita-se que os profissionais envolvidos na cadeia produtiva da construção civil necessitam de um aperfeiçoamento técnico constante. De pouco adianta um projeto bem detalhado, após horas de levantamentos e estudos, sem que a mão de obra não esteja preparada para interpretá-lo e lidar com materiais, ferramentas e técnicas adequadas de execução.

O sistema construtivo *Light Steel Frame* é confundido muitas das vezes com o sistema construtivo em chapas de gesso para Drywall. Apesar de fazer parte da família de sistemas construtivos a seco, o *Light Steel Frame* (LSF) introduz o reticulado metálico com função estrutural. Com o elevado custo da mão de obra e do aumento da autoconstrução, faz-se necessário que o *Light Steel Frame* seja consolidado no Brasil como um sistema construtivo não inovador, ou seja, a solução completa para uma edificação com materiais já existentes no mercado.

Conforme Agopyan et al (2011), é necessário um grande aumento na produtividade do setor da construção civil Brasileira, que comparando-se, são apenas 15% da encontrada na construção norte-americana e 20% da que se pode encontrar na comunidade européia. Esse aumento da produtividade depende da redução da informalidade no setor, mudanças na base tecnológica e atração de trabalhadores mais qualificados. Entende-se por qualificação da mão de obra a educação básica dos trabalhadores e posterior treinamento sobre os materiais, equipamentos, processos de produção, montagem, qualidade e produtividade na construção civil. De acordo com Mello (2009), não é somente a falta de qualificação e preparo da mão de obra que causa a baixa produtividade na construção civil brasileira. Mello (2009) destaca que as causas da baixa produtividade da construção civil brasileira, comparada com os Estados Unidos e União Européia, se devem aos fatores:

- Falta de padronização e não conformidade dos materiais;
- Quadro regulatório burocrático e deficiente;
- Pouca utilização da tecnologia da informação;

- Alta incidência de tributos e encargos;
- Pouca utilização de equipamentos que proporcionem alta produtividade.

Começando pela concepção até a pós-ocupação da obra, todo o sistema construtivo deve ter um desempenho aceitável para um usuário cada vez mais exigente para os quesitos de acessibilidade, durabilidade, impacto ambiental, conforto térmico e acústico, estanqueidade a água de chuva e permeabilidade ao vapor, etc.

O sistema construtivo *Light Steel Frame* foi introduzido no Brasil no final da década de 90, sendo reconhecido pelo Ministério das Cidades como uma tecnologia inovadora. A diretriz para avaliação técnica de produtos (SINAT 003/2010) nomeia o sistema construtivo LSF como: “Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço conformados a frio com fechamentos em chapas delgadas”. De acordo com Sabbatini (1989), um sistema construtivo é inovador quando incorpora uma nova idéia que produza um sensível avanço na tecnologia existente no momento de sua aplicação.

Sabbatini (1989) pesquisou, conceituou e estratificou os conhecimentos científicos e empíricos pertencentes a um modo específico de se construir, em cinco níveis distintos, conforme a figura 1. O sistema construtivo deve representar o mais elevado nível de integração dos subsistemas envolvidos em uma edificação. Os subsistemas agregam os processos, métodos e técnicas construtivas.

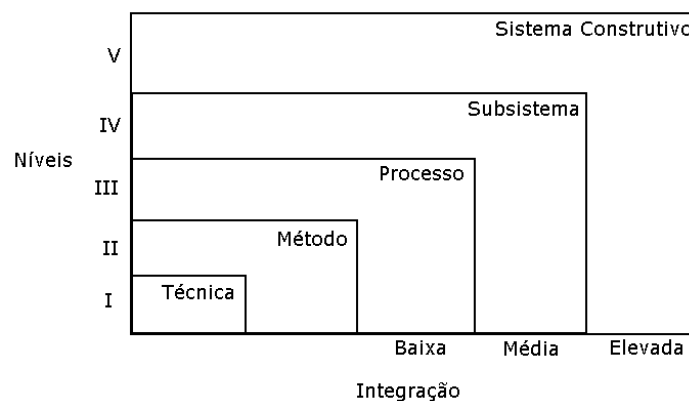


Figura 1: Organização dos trabalhos de um sistema construtivo.

Assim como várias tecnologias construtivas, o LSF foi introduzido no Brasil por profissionais que conheceram o sistema construtivo no exterior. Há várias décadas o LSF é amplamente utilizado nos Estados Unidos, Canadá, França, Austrália e Japão, em projetos de edificações residenciais e não residenciais. Internacionalmente, o sistema é também denominado *Light Gauge Steel Frame* (EUA), *Lightweight Steel Frame* (CANADÁ) e *Light*

Steel Frame Housing (Europa). O LSF, no Reino Unido, faz parte do sistema construtivo baseado em perfis formados a frio (*Cold Formed Steel Sections*). O aço galvanizado tem sido usado com sucesso por mais de 60 anos em perfis e outras aplicações nas edificações residenciais nos Estados Unidos, Japão, França e Canadá. Especificamente nos Estados Unidos, na última década, foram construídas aproximadamente 500 mil casas em LSF, conforme Lawson et al (2010). Os trunfos do LSF são os ganhos advindos da pré-fabricação, precisão e confiabilidade do sistema, atingida após anos de avanço tecnológico.

A importação de sistemas construtivos deve ser criteriosa e precedida pelo processo de adaptação à realidade local. A industrialização da construção não é a simples reprodução de técnicas, métodos e processos construtivos estrangeiros, e sim o desenvolvimento de técnicas, métodos e processos locais que aumentem a produtividade com qualidade e desempenho satisfatórios. Como se trata de uma tecnologia recente no Brasil, há espaço para novas pesquisas e desenvolvimento de soluções conforme exemplos abaixo:

- Desenvolvimento de técnicas, métodos e processos locais de construção, baseado nas melhores práticas nacionais e internacionais, substituindo o estágio atual de imitação para o estágio de inovação.
- Normatização do sistema construtivo e dos componentes que ainda não são normatizados no Brasil;
- Requisitos de desempenho pela norma ABNT NBR 15575-1:2013.

Atualmente no Brasil, assim como em diversos países,, o sistema construtivo LSF, além de ser utilizado na construção de edificações residenciais e não residenciais, tem aplicação em:

- Projetos de fachadas e retrofit;
- Projetos de obras não residenciais (instituições de ensino e pesquisa, postos de saúde, lojas de conveniência, agências bancárias e salas comerciais);
- Projetos de ampliação e reforma onde é imperativo o uso de estruturas leves, tais como sobre lojas e subsolos com pouca capacidade de suporte;
- Projetos de edificações provisórias como stands, apartamentos modelo, quiosques e canteiros de obra.

A expectativa do aumento do uso do Light Steel frame no Brasil é devida aos seguintes fatores:

- Indústria de aço com capacidade de fornecer em larga escala;
- Programas de habitação de interesse Social (HIS);
- Possibilidade de redução no custo dos insumos devido à lei da oferta e demanda;

Os principais aspectos que dificultam o desenvolvimento da tecnologia e da sua aplicação são:

- Cultural;
- Formação de mão de obra;
- Falta de reconhecimento como um sistema construtivo assim como os demais, sendo ainda considerado um “sistema construtivo inovador”.
- Processos construtivos ainda muito ligados as práticas dos países de origem, devendo ser adaptadas a realidade brasileira;
- A falta de uma organização setorial, composta pela cadeia produtiva, empresas e profissionais, tendo como objetivos a troca de experiências, divulgação da tecnologia, redução dos custos, aumento da qualidade e competitividade através do associativismo.

1.2) JUSTIFICATIVA

A formação de mão de obra especializada é um desafio na construção civil brasileira. O déficit habitacional aliado à autoconstrução e à informalidade do setor criam um vetor de construções irregulares que apresentam diversas patologias. De outro lado, nas construções formais, o cliente está cada vez mais exigente e consciente dos seus direitos como consumidor.

As normas técnicas, que tem força de lei, devem ser utilizadas desde a concepção da obra até a sua pós-ocupação por meio do manual de operação, uso e manutenção da edificação. A elaboração de normas é um processo dinâmico onde as pesquisas, boas práticas, experiências sobre um assunto são sintetizados após um período de consolidação do conhecimento.

A produção de literatura técnica especializada é fundamental para que sejam discutidas maneiras de se produzir com o menor índice de falhas, e que sejam espelho da solução técnica mais adequada para a melhoria dos métodos, processos e sistemas construtivos. O aperfeiçoamento e consolidação de soluções técnicas são longos processos que podem culminar no surgimento de uma diretriz ou norma técnica.

Para Mello e Amorim (2009), do ponto de vista tecnológico, é necessário no Brasil um substancial aumento no uso de equipamentos, padronização e redução da não conformidade dos materiais e componentes. O uso de materiais, componentes, técnicas ou procedimentos sem padronização ou infundados é um ato ilegal.

A norma, por representar um conhecimento em constante evolução, é um instrumento de grande valor para o desenvolvimento tecnológico. Segundo Agopyan et al (2011), no Brasil, vários componentes da construção não estão em conformidade com as normas técnicas vigentes, contribuindo para o aumento da informalidade no setor, acrescentado que o Programa Brasileiro de Produtividade e Qualidade do Habitat (PBQP-H) não contempla uma fração considerável dos produtos disponíveis.

No Brasil não é comum o uso de normas de procedimentos envolvendo o aço no contexto da estrutura de edificações. O sistema construtivo LSF vem se consolidando neste país, apesar de ser uma tecnologia estrangeira, que está em processo de adaptação à nossa realidade. Thomaz (2001) afirma que uma nova tecnologia não deve ser encarada com as mesmas condicionantes, práticas e educação dos sistemas antigos.

1.3) OBJETIVOS

1.3.1) GERAL

Com o presente trabalho pretende-se organizar e acrescentar informações técnicas para a formulação de um projeto de norma de projeto e procedimentos executivos para a fabricação e montagem do sistema construtivo LSF, tendo como bases as normas e recomendações nacionais e internacionais da construção civil, cursos, workshops e visitas técnicas. O trabalho não visa comparar o sistema LSF com os demais no que tange a qualidade, eficiência ou redução de custos.

1.3.2) ESPECÍFICO

O objetivo específico do trabalho é a elaboração de um conjunto de recomendações e diretrizes de projeto e procedimentos executivos para fabricação e montagem, através de pesquisa sobre o estado da arte da construção em *Light Steel Frame*. O agrupamento destas informações é importante devido a variações e adequações da tecnologia que estão surgindo no Brasil.

1.4) LIMITAÇÃO

Edificações residenciais e não residenciais com até 05 (cinco) pavimentos utilizando o sistema construtivo *Light Steel Frame*.

1.5) ESTRUTURA

A dissertação está estruturada conforme a figura 2.

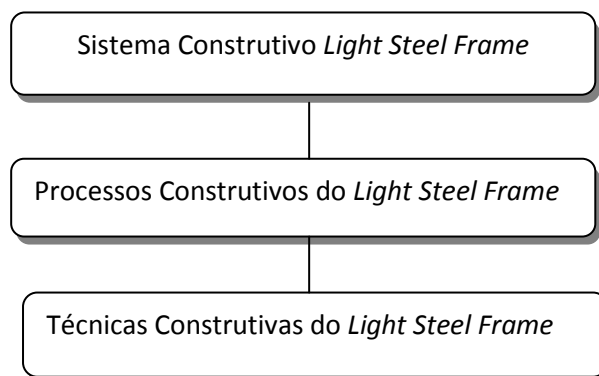


Figura 2: Estrutura da pesquisa.

Por ser uma solução completa e aberta, o sistema construtivo LSF deve ser projetado de maneira que os processos e técnicas, que envolvem desde a escolha de

materiais, o projeto e a avaliação do ambiente construído, sejam compatibilizados. Uma falha que provoque uma patologia no sistema construtivo, em geral, resulta em um não atendimento de um requisito.

Acredita-se que esta abordagem facilita a obtenção da excelência em projetos envolvendo este sistema por facilitar a sua análise em pesquisas e diagnósticos de falhas ou patologias. A dissertação foi dividida de maneira a descrever o sistema construtivo LSF com vistas a auxiliar a comunidade técnica a conhecer o sistema construtivo, seus processos e técnicas construtivas, nos capítulos:

1 - Introdução: apresenta a contextualização, o tema, o problema, a justificativa, os objetivos, as limitações e a estrutura da pesquisa;

2 – Sistema Construtivo *Light Steel Frame*: descreve o sistema construtivo *Light Steel Frame* do ponto de vista técnico, com suas referências normativas, termos técnicos, limitações de uso e as características técnicas de todos os materiais;

3 – Métodos Construtivos em *Light Steel Frame*: sugere os procedimentos ou metodologias de trabalho específicas para se projetar de maneira a aproveitar o máximo do sistema construtivo;

4 – Técnicas construtivas em *Light Steel Frame*: indicam os princípios, técnicas e procedimentos de execução de projetos no sistema construtivo *Light Steel Frame* através de exemplos e ilustrações;

5 – Conclusão;

6 – Sugestões para trabalhos futuros;

7 – Referências bibliográficas e anexos.

2 – SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAME

2.1) GENERALIDADES

As normas técnicas que fazem parte de um conjunto de documentos que foram utilizadas para a elaboração desta dissertação são relacionadas no anexo 1. No anexo 2 podem ser encontrados os termos e definições relacionados ao sistema LSF.

2.2) FUNÇÃO GLOBAL

A função global do sistema construtivo *Light Steel Frame* é atender aos requisitos de desempenho para uma edificação. Para que esta meta seja atingida, o sistema construtivo deve estar adequado ao meio ambiente e às normas técnicas vigentes.

2.3) TIPO DE USO

O sistema construtivo LSF pode ser usado em projetos de edificações residenciais e em edifícios de uso não residencial. Onde são necessários grandes espaços, este sistema construtivo pode ser adequado em vãos com até 12,00 m.

2.4) CONDICIONANTES LIMITADORAS

2.4.1) ALTURA DA EDIFICAÇÃO

Na altura, considerando os parâmetros brasileiros, pode-se afirmar que o sistema construtivo *Light Steel Frame* é adequado a edifícios de no máximo cinco pavimentos.

2.4.2) ARQUITETURA

O sistema construtivo em *Light Steel Frame* deve ser projetado à luz das diretrizes e normas técnicas específicas de edificações estruturadas em perfis leves de aço. Este aspecto deve ser considerado durante a elaboração do projeto arquitetônico, para que se possa obter uma estrutura leve e com adequada capacidade portante.

2.5) CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAME

O sistema construtivo LSF utiliza como estrutura um reticulado formado por perfis leves de aço formados a frio zincado por imersão a quente ou com revestimento de alumínio-zinco por imersão a quente, ligados em geral por parafusos autobrocantes e autoatarraxantes, formando painéis de paredes, laje, piso e cobertura, compondo um

conjunto autoportante, dimensionado com a finalidade de receber e transmitir os esforços atuantes nas edificações.

2.5.1) SUBSISTEMAS

O sistema construtivo LSF é o produto de um conjunto de processos resultantes de métodos e técnicas construtivas específicas oriundas dos sistemas construtivos a seco e de construções em aço. Os processos estão inseridos no subsistema estrutural ou reticulado metálico, vedação interna, externa, caixilhos e isolamento multicamada (EIFS), piso, laje e entrepiso e cobertura.

Recomenda-se a consulta Diretriz SINAT 003/2010, que relaciona os principais requisitos e critérios básicos para a seleção de materiais a serem utilizados nos subsistemas. No sistema construtivo os materiais, processos, métodos e técnicas são bem definidos. Esta afirmativa corrobora a tese que se forem seguidas todas as recomendações e normas técnicas, o risco de que ocorram falhas é bem reduzido.

2.5.1.1) SUBSISTEMA ESTRUTURAL

O subsistema estrutural é formado por um reticulado de perfis de aço zincado cuja especificação do material se encontra nas normas ABNT NBR 10735:1989, NBR 7013:2003 e NBR 7008:2012. A resistência ao escoamento dos perfis do sistema LSF, obtida conforme a ABNT NBR 6673:1981, não deve ser inferior a 230 MPa. De acordo com a ABNT NBR 6355:2012, os perfis estruturais devem ter a geometria de acordo com a figura 3:

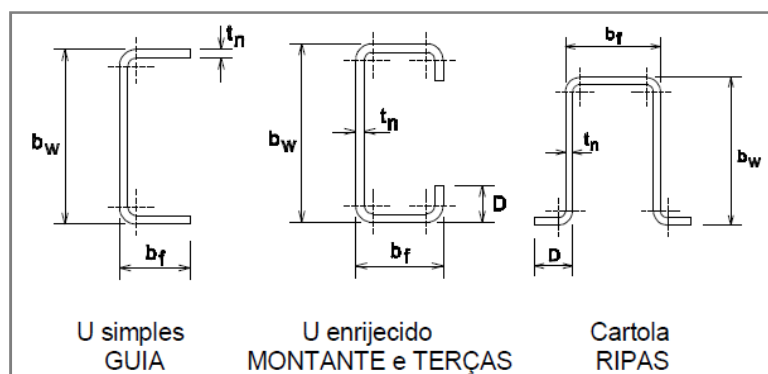


Figura 3: Perfis típicos para uso em *Steel Frame* - “U simples”, “U enrijecido” e “cartola”.

Fonte: ABNT NBR 6355:2012.

Elementos com diferentes geometrias poderão ser utilizados desde que se tenha comprovado tecnicamente o seu desempenho em uso e estar de acordo com as normas

prescritas acima. A partir da evolução do uso do LSF surgiram variações na geometria dos perfis que foram incorporadas na diretriz SINAT 003/2010, revisão 1. As tabelas 1 a 3 apresentam as dimensões padronizadas (usuais), características físicas e geométricas dos perfis para o sistema construtivo LSF. As tolerâncias dimensionais deverão estar de acordo com a norma ABNT NBR 6355:2012.

Tabela 1 – Revestimento mínimo das chapas de aço em perfis estruturais

Classe de chapa	Massa mínima de revestimento	Ref. Normativa
Zincada por imersão a quente	275g/m ² e 350g/cm ² (Z275* e Z350**)	NBR 7008
Revestida com Al-Zn por imersão a quente	180g/m ² (AZ150)	NM86

Obs:
 As bobinas que constituem a matéria-prima para a fabricação dos perfis devem ter a espessura nominal (t_n) mínima de 0,80 mm, exceto as terças (0,65 mm), devendo ser respeitados os requisitos mínimos de qualidade e segurança.
 Podem ser utilizados revestimentos metálicos diferentes dos indicados, desde que a massa de revestimento correspondente comprove a durabilidade compatível ao processo zincado por imersão a quente ou eletrodeposição.
 A massa mínima refere-se à soma das duas faces.
 *Espessura mínima de revestimento em atmosferas urbanas e rurais.
 **Espessura mínima de revestimento para atmosferas marinhas (aquelas distantes até 2.000m da orla marítima).
 O limite de escoamento dos perfis de aço zincado, determinado de acordo com a norma NBR 6673, não deve ser inferior a 230 MPa.

Fonte: Diretriz SINAT 003/2010 e proj. rev. ABNT NBR 15253.

Tipos e denominações de perfis comerciais			
Tipo	Designação	Utilização	Figura
Guia	U	Estruturação de paredes, lajes, coberturas e revestimentos.	
	U _e	Estruturação de paredes, lajes, coberturas e revestimentos (Sistema de Encaixes Estampados).	
Montante	M	Estruturação de paredes, lajes, coberturas e revestimentos.	

Fonte: Projeto de revisão da ABNT NBR 15253:2005.

Espessura nominal mínima dos perfis (t_n).	
Componente	Espessuras nominais (t_n)
Perfil cartola	0,65 - 0,95
Cantoneira de abas desiguais	0,65 – 1,55
Montante e guias - perfis U simples ou enrijecidos	0,80 - 0,95 - 1,25 - 1,55 - 2,65 - 3,00

Fonte: Diretriz SINAT 003/2010 e proj. de revisão da ABNT NBR 15253:2005.

Obs: Espessura nominal (t_n), mínima de 0,65 mm em perfis cartola utilizados como ripas e máxima de 3,0 mm.

Cartola	Cantoneira de abas desiguais
Cr $b_w \times b_f \times D \times t_n$	L $b_{11} \times b_{12} \times t_n$

Tabela 2 – Perfil U simples – Dimensões, massa e propriedades geométricas. Adaptado de RODRIGUES 2008.

Perfil U	Características		Dimensões				Eixo X					Eixo Y					
	m kg/m	A cm ²	b _w mm	b _f mm	t _n mm	r _i mm	I _x cm ⁴	W _x cm ³	r _x cm	x _g cm	x ₀ cm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm	I _t cm ⁴	C _w cm ⁶	r ₀ cm
92 x 39 x 0,80	1,05	1,34	92	39	0,80	0,80	17,15	3,73	3,58	0,93	2,28	2,00	2,16	1,22	0,0029	29,46	4,41
92 x 39 x 0,95	1,24	1,59	92	39	0,95	0,95	20,08	4,37	3,56	0,94	2,27	2,36	2,53	1,22	0,0048	34,67	4,40
92 x 39 x 1,25	1,63	2,07	92	39	1,25	1,25	25,70	5,59	3,52	0,95	2,26	3,07	3,24	1,22	0,0108	44,80	4,36
142 x 39 x 0,80	1,37	1,74	142	39	0,80	0,80	47,80	6,73	5,24	0,73	1,88	2,25	3,11	1,14	0,0037	81,65	5,69
142 x 39 x 0,95	1,62	2,06	142	39	0,95	0,95	56,12	7,91	5,22	0,73	1,88	2,65	3,63	1,13	0,0062	96,22	5,66
142 x 39 x 1,25	2,12	2,70	142	39	1,25	1,25	72,19	10,17	5,17	0,74	1,87	3,45	4,64	1,13	0,0141	124,67	5,62
202 x 39 x 0,80	1,74	2,22	202	39	0,80	0,80	113,36	11,23	7,15	0,58	1,57	2,42	4,21	1,05	0,0047	185,84	7,39
202 x 39 x 0,95	2,06	2,63	202	39	0,95	0,95	133,36	13,21	7,12	0,58	1,57	2,86	4,92	1,04	0,0079	219,15	7,37
202 x 39 x 1,25	2,71	3,45	202	39	1,25	1,25	172,71	17,05	7,07	0,60	1,56	3,72	6,26	1,04	0,0180	284,37	7,31
92 x 40 x 0,80	1,06	1,35	92	40	0,80	0,80	17,48	3,80	3,59	0,97	2,36	2,15	2,23	1,26	0,0029	31,54	4,48
92 x 40 x 0,95	1,26	1,60	92	40	0,95	0,95	20,48	4,45	3,57	0,97	2,35	2,53	2,61	1,26	0,0048	37,13	4,46
92 x 40 x 1,25	1,65	2,10	92	40	1,25	1,25	26,22	5,70	3,53	0,99	2,35	3,29	3,34	1,25	0,0109	47,79	4,42
142 x 40 x 0,80	1,38	1,75	142	40	0,80	0,80	48,59	6,85	5,26	0,75	1,96	2,41	3,20	1,17	0,0037	87,42	5,74
142 x 40 x 0,95	1,63	2,08	142	40	0,95	0,95	57,07	8,04	5,24	0,76	1,95	2,85	3,75	1,17	0,0063	103,03	5,71
142 x 40 x 1,25	2,14	2,72	202	40	1,25	1,25	73,43	10,35	5,19	0,77	1,95	3,70	4,79	1,17	0,0142	133,54	5,67
202 x 40 x 0,80	1,75	2,23	202	40	0,80	0,80	114,98	11,39	7,17	0,60	1,63	2,60	4,34	1,08	0,0048	199,06	7,43
202 x 40 x 0,95	2,08	2,65	202	40	0,95	0,95	135,28	13,40	7,15	0,61	1,63	3,08	5,08	1,08	0,0080	234,78	7,41
202 x 40 x 1,25	2,73	3,47	202	40	1,25	1,25	174,73	17,30	7,09	0,62	1,62	4,00	6,47	1,07	0,0181	304,73	7,35

Cálculos conforme ABNT NBR 6355:2012. Espessura do revestimento metálico considerada no cálculo: $t_r = 0,036$ mm.

Onde: m = massa da seção, A = área da seção, b_w = largura da alma, t_n = espessura nominal da chapa e b_f = largura da mesa.

Como exemplo, a denominação U 92 x 38 x 1,25, significa perfil U simples, utilizado para guia – por exemplo, com 92 mm de largura nominal da alma (b_w), 38 mm de largura nominal da mesa (b_f) e 0,95 mm de espessura nominal da chapa (t_n), que é igual à soma da espessura da chapa de aço (t) e do revestimento metálico ($t_r = 0,036$ mm, em média, para massa mínima de revestimento de 180g/m²). Os demais parâmetros são descritos na norma ABNT NBR 6355:2012.

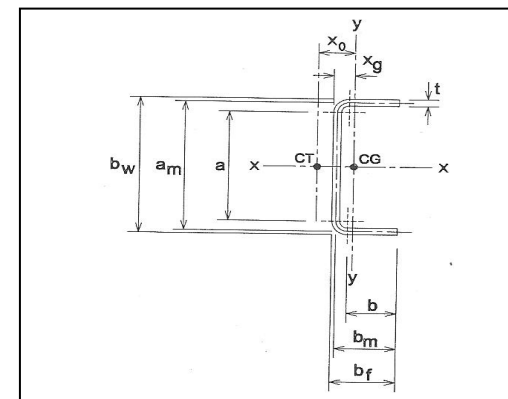
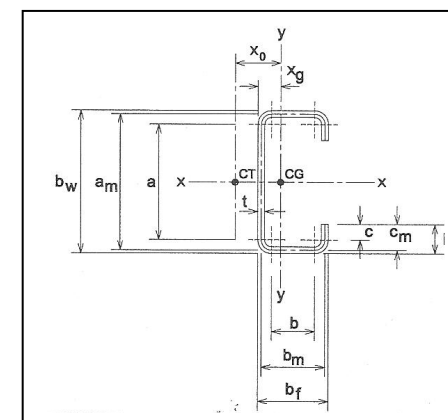


Tabela 3 – Perfil U enrijecido – Dimensões, massa e propriedades geométricas. Adaptado de RODRIGUES 2008.

Perfil	Características		Dimensões						Eixo X					Eixo Y			Outros		
	Ue	m kg/m	A cm ²	b _w mm	b _f mm	D mm	t _n mm	t mm	r _i mm	I _x cm ⁴	W _x cm ³	r _x cm	x _g cm	x ₀ cm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm	I _t cm ⁴	C _w cm ⁶
92 x 39 x 12 x 0,80	1,12	1,43	90	39	12	0,80	0,764	0,80	18,57	4,13	3,61	1,27	3,12	3,14	1,20	1,48	0,0028	56,32	4,99
92 x 39 x 12 x 0,95	1,33	1,70	90	39	12	0,95	0,914	0,95	21,99	4,89	3,60	1,27	3,10	3,70	1,41	1,48	0,0047	66,24	4,97
92 x 39 x 12 x 1,25	1,75	2,23	90	39	12	1,25	1,214	1,25	28,61	6,36	3,50	1,27	3,06	4,75	1,81	1,46	0,0110	85,03	4,93
142 x 39 x 12 x 0,80	1,42	1,81	140	39	12	0,80	0,764	0,80	52,13	7,45	5,37	1,01	2,62	3,60	1,25	1,41	0,0035	143,35	6,14
142 x 39 x 12 x 0,95	1,69	2,16	140	39	12	0,95	0,914	0,95	61,85	8,84	5,36	1,01	2,60	4,24	1,47	1,40	0,0060	168,96	6,12
142 x 39 x 12 x 1,25	2,23	2,84	140	39	12	1,25	1,214	1,25	80,80	11,54	5,33	1,01	2,57	5,46	1,89	1,39	0,0139	217,78	6,08
202 x 39 x 12 x 0,80	1,78	2,27	200	39	12	0,80	0,764	0,80	122,82	12,28	7,36	0,82	2,21	3,95	1,28	1,32	0,0044	316,03	7,80
202 x 39 x 12 x 0,95	2,12	2,70	200	39	12	0,95	0,914	0,95	145,93	14,59	7,35	0,82	2,20	4,65	1,51	1,31	0,0075	372,88	7,78
202 x 39 x 12 x 1,25	2,80	3,57	200	39	12	1,25	1,214	1,25	191,17	19,12	7,32	0,82	2,17	5,98	1,94	1,29	0,0175	481,68	7,74
92 x 40 x 12 x 0,80	1,13	1,44	90	40	12	0,80	0,764	0,80	18,88	4,19	3,62	1,31	3,21	3,33	1,24	1,52	0,0028	59,70	5,07
92 x 40 x 12 x 0,95	1,35	1,72	90	40	12	0,95	0,914	0,95	22,35	4,97	3,61	1,31	3,19	3,93	1,46	1,51	0,0048	70,23	5,05
92 x 40 x 12 x 1,25	1,77	2,26	90	40	12	1,25	1,214	1,25	29,09	6,46	3,59	1,31	3,15	5,05	1,88	1,50	0,0111	90,19	5,01
142 x 40 x 12 x 0,80	1,43	1,83	140	40	12	0,80	0,764	0,80	52,87	7,55	5,38	1,05	2,70	3,83	1,30	1,45	0,0035	151,95	6,19
142 x 40 x 12 x 0,95	1,71	2,17	140	40	12	0,95	0,914	0,95	62,73	8,96	5,37	1,05	2,68	4,51	1,53	1,44	0,0060	179,14	6,17
142 x 40 x 12 x 1,25	2,25	2,86	140	40	12	1,25	1,214	1,25	81,97	11,71	5,35	1,05	2,65	5,80	1,96	1,42	0,0141	231,02	6,14
202 x 40 x 12 x 0,80	1,79	2,28	200	40	12	0,80	0,764	0,80	124,33	12,43	7,38	0,84	2,29	4,20	1,33	1,36	0,0044	335,08	7,84
202 x 40 x 12 x 0,95	2,14	2,72	200	40	12	0,95	0,914	0,95	147,74	14,77	7,37	0,85	2,27	4,95	1,57	1,35	0,0076	395,46	7,82
202 x 40 x 12 x 1,25	2,82	3,59	200	40	12	1,25	1,214	1,25	193,57	19,36	7,34	0,85	2,24	6,36	2,02	1,33	0,0176	511,10	7,79

Cálculos conforme ABNT NBR 6355:2003. Espessura do revestimento metálico considerada no cálculo: $t_r = 0,036$ mm.

Onde: m = massa da seção, A = área da seção, b_w = largura da alma, t_n = espessura nominal da chapa, b_f = largura da mesa e D = largura nominal do enrijecedor de borda do perfil. Como exemplo, a denominação U_e 90 x 40 x 12 x 1,25 significa perfil U enrijecido, utilizado para montante – por exemplo, com 90 mm de largura nominal da alma (b_w), 40 mm de largura nominal da mesa (b_f), 12 mm de largura nominal do enrijecedor de borda do perfil e 0,95 mm de espessura nominal da chapa (t_n), que é igual à soma da espessura da chapa de aço (t) e do revestimento metálico ($t_r = 0,036$ mm, em média, para massa mínima de revestimento de 180g/m²). Os demais parâmetros são descritos na ABNT NBR 6355:2012.



Para a ligação dos elementos metálicos entre si e outros materiais são recomendados os parafusos do tipo auto-brocantes ou auto-atarrachantes com qualificação estrutural conforme a norma NBR 14762:2010. Assim como o aço utilizado nos perfis, os parafusos devem ser resistentes à corrosão, portanto deverão ser usados parafusos do tipo zincados.

A publicação *European Lightweight Steel Framed Construction* da *European Light Steel Construction Association* - LSK (2005) mostra através da figura 4 as tipologias de elementos de ligações entre perfis que são utilizadas na Europa:

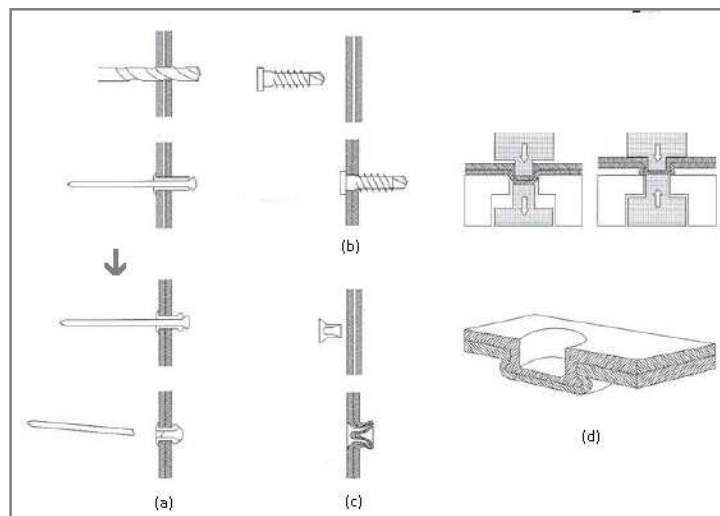






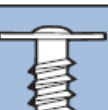




FIGURA 4: Tipos de ligações entre perfis ou chapas (a) *blind rivets* (Rebitagem), (b) *Screws* (Parafusamento), (c) *Punch riveting* e (d) *Clinching*. Fonte: LSK (2005).

Para a ligação da estrutura de aço com outros materiais, podem ser utilizados chumbadores mecânicos (atuação por fricção e/ou base de suporte), químicos (atuação por adesão) ou sistemas de fixação acionados a pólvora (finca-pinos), que devem garantir a fixação do sistema no material base. Nas tabelas 4, 5 e 6 constam as características técnicas e especificações de parafusos:

Tabela 4 – Tipos de parafusos e aplicações

Tipo de cabeça	Aplicação	Tipo de ponta	Aplicação
 Panela	Usado para prender o montante à guia, ligações entre chapas onde não há interferência com o acabamento e para fixação de portais e acessórios. Ligação metal-metal.	 Ponta agulha – autoatarraxante – <i>Sharp point</i>	Perfuram chapas de aço com espessura máxima de 0,80 mm. São recomendados para uso em perfis de aço não estruturais e acabamento do tipo <i>siding</i> vinílico.
 Sextavada HWH	Usado para ligações entre painéis, ligações de perfis em tesouras, enrijecedores de alma em vigas de piso e em peças de apoio das tesouras. O perfil de sua cabeça causa interferência com o acabamento, portanto deve ser evitado nestes locais. Ligação metal-metal.	 Ponta broca – autoperfurante - S12 <i>Traxx – Drill point</i>	Perfuram chapas com espessura mínima de 0,80 mm. São recomendados nas ligações de perfis estruturais e quando se necessita conectar várias camadas de materiais (gesso acartonado, placa cimentícia, OSB, fitas e placa de gousset).
 Trombeta	Utilizado para fixação de placas de gesso acartonado, placas cimentícias e placas de OSB. Sua cabeça permite a total penetração no substrato, ficando rente à superfície. Não interfere no acabamento. Ligação chapa-metal.	 Ponta broca com asas – <i>Drill point</i>	Perfuram chapas cimentícias e osb. As asas proporcionam uma perfuração de maior diâmetro na placa, não permitindo que filamentos do material obstruam a perfuração. Ao entrar em contato com o perfil metálico as asas se desprendem.
 Lentilha	Utilizado em ligações tipo metal/metal, ou seja, entre vigas, montantes, guias, tesouras e fitas de aço galvanizado. Sua cabeça larga e baixa permite fixar firmemente as chapas de aço sem que estas se rasguem. Também denominado cabeça flangeada.		
 Oval “Lath”	Utilizado em ligações tipo chapa-metal, onde se precisa maior área de contato. Causa interferência com o acabamento.		
 Chata Dentada	Utilizado quando se deseja um menor dano no substrato em ligações entre as placas e o acabamento. Ligação chapa-metal.		

FONTES: CSSBI (2005). Pini (2006). Walsywa (2011).

Tabela 5 - Parafusos – dimensões e ligações.

Descrição			Diâmetro	Bitola		Comprimento		Ligações	
Cabeça	Ponta	Rosca		(in)	(mm)	(in)	(mm)	Perfil metálico	Chapas ou placas
Flangeada	Broca	Auto atarraxante	D8	0,164	4,2	½ a 1"	12,7 a 25,4	Espessuras de 0,65 mm até 3,0 mm	Fixação de perfis metálicos entre si*
Flangeada	Broca		D10	0,190	4,8	½ a 1.½"	12,7 a 38,1		
Flangeada	Broca		D12	0,216	5,5	½ a 1.½"	12,7 a 38,1		
Panela	Broca		d8	0,216	5,5	½ a 1.½"	12,7 a 38,1		
Sextavada	Broca		D10	0,190	4,8	½ a 1.½"	12,7 a 38,1		
Chata dentada	Broca c/ asas		D8	0,164	4,2	1.1/4"	32		Fixação de placas cimentícias
Chata dentada	Broca		D8	0,164	4,2	1.1/4"	32		Fixação de placas OSB e placas cimentícias
Flangeada	Agulha	Auto perfurante	D8	0,164	4,2	½ a 1"	12,7 a 25,4	-	Fixação de siding vinílico (revestimento externo).
Trombeta	Broca	Auto atarraxante	D8	0,164	4,2	1" a 2.3/4"	25 A 70	Espessuras de 0,65 mm até 2,0 mm	Fixação de chapa de gesso acartonado

FONTE: NASFA (2000). CSSBI (2005). Ciser (2012). * O comprimento deve ultrapassar o último elemento metálico, no mínimo em três passos de rosca.

Tabela 6 – Parafusos - Requisitos

Requisitos	Indicador de conformidade
Descrição, tipo e uso	Indicado no projeto ou em DATEC específico.
Proteção contra corrosão, tipo e espessura do revestimento.	
Resistência à corrosão (tempo mínimo para aparecimento de corrosão vermelha no material base quando exposto em câmara de névoa salina) <i>Salt spray</i> .	Parafusos aplicados para fixação das chapas internas de fechamento dos quadros estruturais de áreas secas: 96 horas; Parafusos aplicados para a fixação das chapas internas de fechamento dos quadros estruturais áreas molhadas ou molháveis: 240 horas; Parafusos aplicados entre perfis metálicos para a fixação dos quadros estruturas e nos chumbadores de fixação desses quadros à fundação: 240 horas; Parafusos para fixação das chapas externas aos quadros estruturais em ambientes rurais: 240 horas; Parafusos para fixação de chapas externas aos quadros estruturais em ambientes urbanos, industriais leves, ou a mais que 2.000 metros da orla marítima: 480 horas; Parafusos para fixação de chapas externas aos quadros estruturais em ambientes marinhos: 720 horas.

FONTE: SINAT 003/2010 revisão 1.

2.5.1.2) SUBSISTEMA DE VEDAÇÃO

No LSF as paredes são formadas a partir da ligação criteriosa das chapas delgadas a estrutura formada por perfis estruturais leves de aço. O subsistema de vedação interna, externa, caixilhos e isolamento (EIFS), associados ao subsistema estrutural, formam o invólucro e a compartimentação da edificação. A composição das paredes que têm contato direto com a área externa da edificação têm a responsabilidade de, além da estética, contribuir para um bom desempenho térmico, acústico e durabilidade da edificação.

Segundo Terni et al (2008), o sistema de vedação vertical pode ser dividido em três partes: a primeira corresponde aos fechamentos externos que delimitam as áreas molháveis; a segunda refere-se ao sistema de isolamento termo-acústico (instalados entre os painéis e o fechamento externo) e por último os fechamentos internos, instalados nas áreas secas ou úmidas, mas não molháveis.

É permitida a composição de paredes utilizando camadas de materiais distintos, desde que o produto final se torne um compósito unido mecanicamente ou quimicamente. Conforme Pinheiro (2010), um material compósito é um material constituído por dois ou mais materiais diferentes a nível molecular, que podem ser mecânica ou quimicamente separáveis, e quando unidos num só material, as propriedades finais desse material sejam superiores às propriedades iniciais de cada um dos seus constituintes. Este conceito deve ser aplicado na escolha de revestimentos multicamada.

Para os componentes de revestimento interno e externo no sistema construtivo LSF, a diretriz SINAT 003/2010 recomenda que o critério de seleção tenha como objetivo identificar as características principais dos componentes do revestimento, realizando ensaios de caracterização nesses componentes segundo normas técnicas pertinentes ou critérios específicos, além de mostrar compatibilidade física e química com o substrato a ser aplicado.

Os substratos em geral são, na área interna, chapas de gesso acartonado e na área externa placas cimentícias ou chapas de OSB. Em áreas externas usa-se o sistema multicamadas formado pela combinação de materiais e isolantes. Os materiais de revestimento e isolamento exercem influência no peso próprio dos painéis (reticulado metálico com adição de revestimento, isolante e caixilhos), devendo ser especificados e informados ao projetista estrutural. Na tabela 7 constam os principais materiais de revestimento utilizados no sistema construtivo LSF, na área externa e interna.

Tabela 7 - Materiais para revestimento interno e externo

Tipo	Composição	Substrato recomendado			Tipo de ligação ou fixação ao substrato	Juntas de dilatação		Consultar projetista estrutural		Observações
		Placa cimentícia	Chapa de gesso acartonado	Chapa OSB		Sim	Não	Sim	Não	
Pintura acrílica ou texturizada (interno)	Resinas e cargas minerais.	X	X	-	Ponte de aderência PVA	X	-	-	X	Seguir as recomendações do fabricante das placas ou chapas para o tratamento das juntas e cabeças de parafusos. Aplicar massas de regularização de base acrílica.
Papel de parede (interno)	Celulose	X	X	-	Colas especiais	X	-	-	X	Aplicar conforme as recomendações do fabricante. Em placas cimentícias usar cola resistente a alcalinidade da placa.
Revestimento cerâmico (interno)	Cerâmica, grés, pastilhas de porcelana ou de vidro.	X	X	-	Argamassa colante AC-II	X	-	X	-	Utilizar chapas de gesso acartonado RU em áreas sujeitas à umidade temporária. Fazer a impermeabilização dos ambientes sujeitos à umidade, consultar a ABNT NBR 13754.
Revestimentos laminados melamínicos (interno)	Chapas laminadas melamínicas fenólicas LDAP. Laminados decorativos de alta pressão	X	X	-	Colas especiais	X	-	X	-	As características do LDAP devem estar de acordo com as normas ABNT NBR 9442 e 166/71. Para a fixação seguir as recomendações do fabricante.
Sidings ou painéis esbeltos (externo)	Placas de OSB, alumínio, PVC, laminados.	X	X	-	Parafusadas ou ancoradas com buchas especiais	X	-	X	-	Fazer o correto dimensionamento do painel no qual o acabamento será fixado, prevendo reforço de acordo com as solicitações.
Pedra natural (interno)	Chapas ou filetes de pedra natural	X	X	-	Argamassa colante ou inserto metálico	X	-	X	-	Fazer o correto dimensionamento do painel no qual o acabamento será fixado, prevendo reforço de acordo com as solicitações.
Argamassa (externo)	Cimento portland e aditivos	-	-	X	Tela metálica	X	-	X	-	Aguardar a cura da argamassa para realizar a pintura ou assentamento de camadas de revestimento.
Pintura (externa)	Resinas e cargas minerais.	X	-	-	Ponte de aderência PVA	X	-	-	X	Recomenda-se o uso de tintas com adição de elastômeros.

FONTE: Adaptado de Brasilit (2011) e Sabbatini et al (2003).

2.5.1.2.1) REVESTIMENTO EXTERNO

De acordo com Terni et al (2008), para compor os revestimentos externos, que estão sujeitos às ações das intempéries, são recomendados o uso de materiais com propriedades de estanqueidade, durabilidade e que apresentem uma estética adequada. De acordo com EIMA (2007), o EIFS *Exterior Insulation and Finish System* consiste em uma série de configurações de revestimentos externos composto por camadas.

Na vedação externa o isolamento é mais vulnerável ao meio ambiente. Li e Shi (2012) exemplificam que em Xangai a temperatura de superfície da camada exterior de acabamento EIFS pode atingir 75° C sob a radiação solar direta. Em uma tempestade, o gradiente de temperatura pode chegar a 50° C, causando um alto estresse térmico. Ainda de acordo com Li e Shi (2012), fornecedores estrangeiros introduziram o sistema na China na década de 80. Nesta época, a mão de obra desconhecia o sistema que era mais sofisticado que os sistemas tradicionais. Somente após o desenvolvimento de soluções locais e a criação de códigos é que o sistema passou a não apresentar falhas como rachaduras, problemas em juntas, abaulamento e patologias. As falhas eram devido ao projeto, material de baixa qualidade e erros durante a aplicação.

Os materiais que se sobrepõem são devidamente selecionados com o objetivo de promover o isolamento térmico, agregando características mecânicas e hidrófugas. No Brasil as camadas são compostas, em geral, por placa cimentícia ou OSB combinadas com barreira impermeável (não-tecido), tela de fibra de vidro, EPS e argamassa colante.

Segundo Li e Shi (2012), para projetar corretamente o sistema multicamada EIFS devem ser consideradas as propriedades físicas de cada material, sendo necessário, em alguns casos, alterar alguma propriedade física específica para se obter um desempenho específico. Dentre as propriedades são citadas a tensão, módulo de elasticidade, flexibilidade, resistência à compressão e absorção de água.

De acordo com CSSBI (2005), é importante controlar o fluxo de ar, vapor e umidade em edificações em LSF. Barreiras reduzem a troca de ar entre o interior da edificação e o exterior, bloqueando a condensação de umidade no interior da edificação. Barreiras de vapor retardam a difusão de vapor de água e devem ser instaladas na face com maior temperatura da edificação, ou seja, na estrutura pelo lado externo, cobrindo a maior área possível.

Segundo Popo-ola et al, (2000), a durabilidade dos perfis estruturais de aço pode ser aumentada na medida em que os painéis estejam isolados de vapor e condensação. Para tal, faz-se necessário o uso de membranas e de sistemas de vedação que dificultem a entrada de água e vapor e permitam a sua saída. Membranas são produzidas com material “não tecido”, composto por polipropileno (20 a 30%) e uma camada de aglomerante (70 a 80%), USG (2012), ou polietileno de alta densidade. Em um processo industrial, fibras de polipropileno são unidas através de um processo de centrifugação. Uma característica desejável é a resistência à tração e a flexibilidade para resistir ao processo de instalação. Placo (2012) fala que as membranas são fornecidas em rolos com larguras de 90 cm ou 2,75 m e comprimento de 30 m. A gramatura aproximada é de 105g/m². A finalidade das membranas é o auxílio de tipologias de vedação verticais capazes de criar uma barreira de ar e retardadores de vapor, com vistas a melhorar o conforto e evitar a condensação de água no interior dos painéis.

De acordo com a Norma Brasileira ABNT NBR 15498:2007 a placa cimentícia é um produto resultante da mistura de cimento Portland, adições ou aditivos com reforços de fibras, fios, filamentos ou telas, com exceção de fibras de amianto, conforme Figura 5. Os requisitos e métodos de ensaio são contemplados nesta norma.

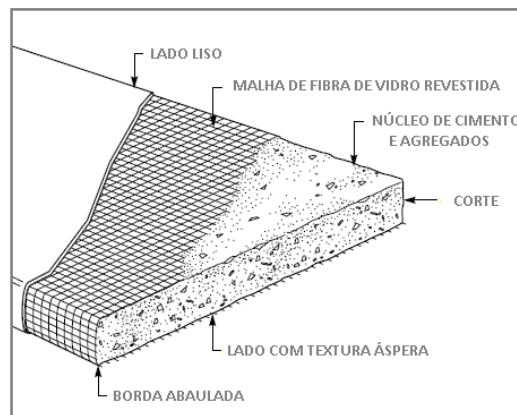


Figura 5: Detalhes de placa cimentícia. Adaptado de USG (2000).


Segundo Cichinelli (2007), as placas cimentícias se dividem em CRFS (cimento reforçado com fios sintéticos) ou GRFC - *glass fiber reinforced concrete*, sendo a primeira composta de cimento portland, agregados naturais, celulose e fios sintéticos, e a segunda composta de cimento portland agregados e fibra de vidro resistente a álcalis dispersos na matriz.

Placas cimentícias

Conforme Campos (2006), devido aos diversos processos de fabricação e às diferentes matérias-primas utilizadas, as placas apresentam sutis diferenças em características mecânicas e físicas, tais como a resistência à flexão, o módulo de elasticidade, a absorção de água e a dilatação térmica. Diante desta afirmativa, não é recomendado o uso de placas de fornecedores diferentes em uma mesma parede, e em grande escala, em um mesmo projeto. Para a especificação de placas, Cichinelli (2007) recomenda um estudo das condições periféricas de ventos e umidade, e especifica a classe e espessura da placa. No caso de aplicações em vedações externas, o vento e a presença de umidade podem afetar placas que apresentam uma maior variação dimensional.

Apesar dos fabricantes declararem que as placas são impermeabilizadas, a partir de ensaios da Norma Brasileira ABNT NBR 5642, as mesmas apresentam índices de absorção de água entre 10% e 30% em um estudo realizado por Campos (2006). Na tabela 08 constam as características das placas cimentícias.

Tabela 8 – Placas cimentícias – Classificação e caracterização.

Classificação		Tensão mínima de ruptura por flexão (MPa).			Requisitos para caracterização	
Placas de Classe A	Placas de Classe B	Categoria	Placas Classe A	Placas Classe B	Característica de aceitação	Requisitos
Indicadas para aplicações externas, onde elas podem estar sujeitas a ação do sol, chuva calor e umidade.	Indicadas para aplicações internas, onde elas não serão submetidas à ação direta do sol, da chuva, calor e umidade.	1	-	4	Dimensionamento nominal (comprimento e largura) Espessura nominal Tolerâncias dimensionais Tolerância sobre a forma	Comprimento nominal de até 3000 mm. Largura nominal de até 1200 mm Espessura de 4 mm a 30 mm. Comprimento e largura – Placas classe A: +/- 2 mm/ m. Placas classe B: +/- 3 mm/m. Espessura – Placas classe A e classe B: +/- 10%. Linearidade das bordas: 3 mm/m
		2	4	7		
		3	7	10		
		4	13	16		
		5	18**	22***		
<p>*O Li é o limite inferior para um intervalo de confiança de 95%.</p> <p>**Condição saturada.</p> <p>***Condição de equilíbrio.</p> <p>Rebaixo em placas:</p> 				Características dimensionais e geométricas	Características mecânicas e físicas	
					Massa volumétrica aparente	A massa volumétrica mínima para cada categoria de placa deve ser especificada pelo fabricante.
					Reação ao fogo	Materiais Classe I (incombustível) a Classe II-B (combustível com índice de propagação de chamas menor que 25) (critério adotado da CB – IT 10, 2001)
					Permeabilidade à água	Baixa. Em situações de ensaios podem aparecer traços de umidade na face inferior das placas, porém sem surgimento de gotas de água.
					Absorção de água	A ≤ 25%
					Durabilidade: resistência após ciclos de imersão em água e secagem	A resistência à flexão após ensaio não deve ser inferior a 70% da resistência de referência.
					Durabilidade: resistência à água quente	A resistência à flexão após ensaio não deve ser inferior a 70% da resistência de referência
				Variação dimensional em função de gradientes higrotérmicos	A variação dimensional da chapa, considerado o tratamento empregado nas juntas, não pode permitir a ocorrência de falhas, como fissuras, destacamentos e descolamentos.	

Fonte: ABNT NBR 15498. SINAT 003/2010 revisão 1.

Placas OSB

As chapas OSB são caracterizadas na norma ISO 16894:2009 “*Wood Based Panels - Oriented Strand Board – OSB – Definitions, classification and Specifications*”. A Norma Brasileira ABNT NBR 14810:2006 descreve as placas de partículas de madeira como um produto em forma de painel, variando de 3 a 50 mm de espessura, constituído por partículas de madeira aglomeradas com resinas naturais ou sintéticas, termofixas sob ação de pressão e calor. A geometria das partículas, sua homogeneidade, tipos de adesivos, a densidade e os processos de fabricação podem variar para a produção de produtos adequados a fins específicos. Segundo Meirelles et al (2012), o processo de produção de chapas de aglomerado OSB se inicia com o descascamento de toras. Depois de descascadas, as toras são encaminhadas à viruteira (equipamento que produz as tiras de madeira). As tiras seguem para um umedecedor, que homogeneiza a umidade de acordo com o tipo de madeira, entre 3 e 5%. Em um misturador, as tiras são envolvidas por resinas sintéticas, parafina e cupincida. Após a mistura, o formador de camadas coloca a primeira e quarta camadas no sentido longitudinal e a segunda e terceira no sentido transversal.

A peça é transportada para uma prensa contínua de 44 m, onde é prensada a quente (temperatura de 190° C) em espessuras que podem variar de 6 a 40 mm. O resultado é um material compacto. A parte 2 da Norma Brasileira ABNT NBR 14810:2006 apresenta os requisitos para a classificação de chapa aglomerada e a sua parte 3 traz os métodos de ensaio. A parte 3 da referida norma deve ser consultada para obtenção da conformação do OSB aos requisitos especificados. Painéis certificados pela APA – *The Engineered Wood Association*- são classificados de acordo com a origem da madeira e a resistência do painel. Após serem verificadas, através de ensaios, as características como resistência, rigidez, durabilidade e estabilidade dimensional, a chapa recebe um selo, com informações importantes sobre a sua especificação e desempenho, ilustrado na tabela 10.

As placas de OSB não foram desenvolvidas para utilização em contato direto com a água e o vapor. Logo, devem ser instaladas com afastamento de locais úmidos e protegidas por membrana hidrófuga. De acordo com LP (2011), deve ser feito um processo de estabilização e climatização da placa de OSB, visando a igualar o conteúdo de umidade da placa com a umidade de equilíbrio do local onde será utilizada. Ainda de acordo com a LP, a umidade de equilíbrio da madeira no Brasil pode variar entre 12 e 25%. Para determinar a umidade, recomenda-se usar um higrômetro de superfície em uma madeira localizada próxima ao local de instalação e comparar com o conteúdo de umidade das placas. O

procedimento para a estabilização (incorporar umidade ou secar as placas) está descrito na especificação do fabricante. Na tabela 9 constam as características das placas de OSB.

Tabela 9 - Chapas de madeira aglomerada (OSB): Classificação e propriedades físicas, mecânicas e químicas

Classificação	Espessura (mm)	Tração perpendicular mínima (MPa)	Flexão estática mín. MOR (MPa)	Resistência superficial mín. (MPa)	Inchamento máximo em 2h (%)	Arrancamento de parafuso mínimo (N)		Índice de Umidade	Resistência ao ataque de cupins	Resist. ao crescimento de fungos
						Topo	Face			
Tipo 2 (para uso em ambientes secos); Tipo 3 (para uso em ambientes úmidos), segundo DIN EN 300.	3 - 4	-	17	1	I ≤ 20% para OSB tipo 2; e 15% para OSB tipo 3	NA	NA	2 a 12%, conforme DIN EN 300.	Conforme Diretriz SINAT 003/2010	Conforme Diretriz SINAT 003/2010
	5 - 7	0,40	17			NA	NA			
	8 - 13	0,40	18			NA	NA			
	14 - 20	0,35	16			800	1020			
	21 - 25	0,30	14			800	1020			
	26 - 32	0,24	12			700	1020			
	33 - 50	0,20	10			700	1020			

Notas sobre propriedades estruturais de chapas de OSB	Variações dimensionais aceitáveis para chapas de madeira aglomerada de 3 mm a 50 mm de espessura			
	Propriedade	Unidade	Variação dimensional aceitável	
<p>1- As chapas de OSB estrutural poderão ser consideradas como componentes de contraventamento desde que atendam os requisitos mencionados na diretriz SINAT 003/2010.</p> <p>2 - É recomendado o emprego de barreiras impermeáveis à água e permeáveis ao vapor sobre as chapas de OSB com função de contraventamento ou de fechamento, em paredes externas. Na face externa das chapas, a barreira é aplicada em toda a área da parede e na face interna, no mínimo 20 cm de altura a partir da base da chapa, por toda a extensão da parede e na face internas em paredes que contenham instalações hidráulicas.</p>	Largura e comprimento			
			mm	± 5,00
	Espessura	Lixada	mm	± 0,3 entre chapas e ± 0,2 na mesma chapa
		Não lixada	mm	-
	Retilineidade das bordas		mm/m	= 1
Empenamento	De 8 mm a 13 mm de espessura	mm/m	= 3,0	
	= 14 mm de espessura	mm/m	=2,0	

Fonte: APA 2011. Diretriz SINAT 003/2010 revisão 1.

Exemplo de propriedades de placa de OSB									
Espessura da placa (mm)	Retilidade (mm/m)	Densidade (kg/m ³)	Umidade (%)	Resistência à flexão (N/mm ²)		Resistência à tração (N/mm ²)	Inchamento após 24h	Módulo de elasticidade (N/mm ²)	
				Maior eixo	Menor eixo			Maior eixo	Menor eixo
6 a 10	1,5 mm/m	640±40	9 ± 4	4,8	1,9	0,34	12%	3500	1400
11 a 18									
19 a 25									
26 a 40									
		580				0,30			

Fonte: ABNT NBR 14810/2006. SINAT 003/2010 revisão 1.

Sidings e argamassas

Siding é a denominação para um tipo de revestimento externo que é recomendado para edificações em LSF. Também conhecidas como régua, os componentes são comercializadas em peças cuja medida da largura é bem menor em relação ao comprimento. Deve ter propriedades que lhe garantem desempenho e durabilidade em contato com intempéries, além da estética. No mercado estão disponíveis sidings vinílicos (PVC), sidings baseados em chapas aglomeradas de madeira (OSB) e sidings cimentícios (Chapas cimentícias).

Segundo Terni et al (2008), para o uso de revestimento externo argamassado deverá ser criada sobre a barreira de umidade e vapor (membrana), uma ponte de aderência. Para tal, deve-se grampear uma tela própria para este fim sobre a manta de maneira, a fim de permitir a projeção de uma fina camada de argamassa. Na tabela 10 constam as características dos sidings:

Tabela 10 – Sidings: Características geométricas e físicas

Tipo	Composição	Dimensões			Peso médio (kg/m ²)	Resistência aos raios ultravioletas	Módulo de elasticidade na flexão	Resistência ao impacto	Aspecto visual	Normas Técnicas Aplicáveis
		Largura (m)	Compr. (m)	Espessura (mm)						
Vinílico	PVC – Policloreto de vinila.	0,20	3,80	±2	2,02	2000 horas de exposição em câmara de CUV.	R _{após envelhecimento} ≥ 0,70 R _{inicial}	R _{após envelhecimento} ≥ 0,70 R _{inicial}	Sem bolhas, sem fissuras, ou escamações, após exposição de 2000 horas em câmara de CUV.	ASTM D 3679 ASTM D4756
Chapa de OSB	OSB – <i>Oriented Strand Board</i>	0,20	4,88	11,1 a 17,5	5,43	-	-	-	-	APA PS 2-04 ABNT NBR 14810. SINAT 003.
Chapa cimentícia	Núcleo de cimento Portland, agregados, aditivos e fios sintéticos	0,20	2,00 a 3,00	8 a 12	15,3	-	-	-	-	ABNT NBR 15498.

Fontes: LP, BRASILIT. Para especificação consultar SINAT 003.



Placas de OSB – Estabilização e climatização		
Classe de umidade	Umidade relativa do ambiente – U _{amb}	Umidade de equilíbrio da madeira
1	≤65 %	12%
2	65 % ≤ U _{amb} ≤ 75%	15%
3	75 % ≤ U _{amb} ≤ 85%	18%
4	U _{amb} ≥ 85% por longos períodos	25%

Fonte: APA 2011. (U_{amb} = umidade relativa do ambiente). Observações:

- 1 - A classe do grau de exposição não deve ser confundida com a classe de umidade.
- 2 - Uma chapa com grau de exposição 1 é indicada para um mínimo e eventual contato com a umidade.
- 3 - Uma chapa classificada como uso exterior resiste ao intemperismo por um período maior.
- 4 - Na figura ao lado o selo de identificação de chapas de OSB certificados pela APA.

2.5.1.2.2) REVESTIMENTO INTERNO

Chapas de gesso acartonado

Os chapas de gesso acartonado e placas cimentícias são os materiais mais utilizados nos fechamentos internos. Instalados em áreas secas ou úmidas, mas não molháveis, servem para fazer a compartimentação e separação dos espaços internos nas edificações em LSF. Por se tratar de um sistema multicamadas, formado pela junção de materiais compósitos a vedação interna e externa, se não bem projetada, pode acarretar falhas que devem ser previstas.

As chapas de gesso acartonado são produzidas industrialmente a partir da extração da gipsita, moagem e peneiramento para obtenção do gesso ($\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$). Uma vez estocado em silos o gesso tem sua massa apurada e conforme o tipo de placa a ser moldada é adicionado amido, fibra de vidro ou vermiculita. O gesso proporciona resistência à compressão e o papel cartão à tração. O papel kraft é composto por fibras de celulose curtas e longas tratadas com sulfato de sódio, conferindo ao material resistência mecânica. A gramatura de 80 a 90g/m² confere ao papel resistência ao rasgo e alongamento de até 8% no sentido longitudinal.

A chapa de gesso acartonado é sensível à água, seja no estado líquido, sólido ou gasoso. A placa resistente à umidade (RU) foi desenvolvida para ambientes sujeitos à ação da umidade, por tempo limitado e de forma intermitente. As chapas resistentes ao fogo (RF) são recomendadas em ambientes onde é necessário um melhor desempenho em relação a incêndio. Conforme USG (2000), quando atacada pelo fogo, a água que está presente na composição química da placa é liberada em forma de vapor, retardando a propagação das chamas. A placa resistente ao fogo (RF) possui características que lhe conferem maior redundância ao fogo. De acordo com USG (2000), o núcleo da chapa de gesso não sustenta ou transmite a combustão a temperaturas acima de 100° C até que esteja totalmente calcinado. Na tabela 11 estão às especificações técnicas das chapas de gesso acartonado:

Tabela 11 – Chapas de gesso acartonado – Características geométricas e físicas

Características geométricas					Dimensões padrão			
Tipo	Sigla	Cor predominante	Aplicação	Bordas		Espessura (mm)	Largura (mm)	Comprimento (mm)
				Br Rebaixada	Bq Quadrada			
Normal ou standard	ST	Cinza / Beje	Em paredes e forros sem exigências específicas. Áreas secas.	Onde há necessidade de tratamento de junta*.	Em divisórias e em forros removíveis	10	1200	De 1800 a 3600
Hidrófuga	RU	Verde	Em paredes e ambientes sujeitos a umidade, por tempo limitado e de forma intermitente.			12,5	1200	De 1800 a 3600
Resistente ao fogo	RF	Rosa	Em paredes que exijam maior resistência ao fogo. Possuem retardantes de chama em sua composição.			15	1200	De 1800 a 3600

Fonte: ABNT NBR 14715:2010. *A borda rebaixada deve estar situada na face frontal da chapa.

Características físicas				
		Espessura da chapa (mm)		
		9,5	12,5	15,0
Densidade superficial de massa	Mínimo	6,5	8,0	10,0
	Máximo	8,5	12,0	14,0
	Varição máxima em relação à média das amostras de um lote	±0,5		
Resistência mínima de ruptura na flexão (N)	Longitudinal**	400	550	650
	Transversal***	160	210	250
Dureza superficial determinada pelo diâmetro máximo (mm)		20		
Absorção máxima de água para chapa resistente à umidade RU – em %		5		
Absorção superficial máxima de água para chapa resistente à umidade – RU – tanto para a face da frente quanto para a face do verso – característica facultativa – (g/m ²)		160		
Condutividade térmica		$\lambda = 0,18 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$ (0,16 Kcal/h m.°C)		
Higroscopia		A chapa de gesso se comporta perante a umidade como um regulador: absorvendo umidade quando o ambiente está excessivamente úmido e liberando-a quando o ambiente está seco.		

Fonte: PINI (2006). **Amostra com a face da frente virada para baixo e carga aplicada no verso. *** idem, amostra com a face da frente virada para cima.

2.5.1.2.3) MATERIAIS PARA A EXECUÇÃO DE JUNTAS ENTRE COMPONENTES

A especificação correta do método e das técnicas que visam ao tratamento da junta e sua execução é posterior ao entendimento por parte do projetista dos tipos de juntas entre os subsistemas do LSF. Falhas no projeto e execução das diversas juntas, existente na interface dos subsistemas ou entre os componentes, podem explicar a grande ocorrência de patologias, que se observa nas edificações em LSF em uso no Brasil, conforme a pesquisa feita por Campos (2010).

Conforme a Norma ABNT NBR 13755:2013, a junta é um espaço regular entre duas peças de materiais idênticos ou distintos. Uma junta de movimentação é um espaço regular cuja função é subdividir o revestimento com o objetivo de aliviar tensões provocadas pela movimentação da base ou do próprio revestimento. A junta de dessolidarização é um espaço regular que visa a separar o revestimento para aliviar as tensões provocadas pela movimentação da base ou do próprio revestimento. A Diretriz SINAT 003/2010 menciona os seguintes produtos relacionados ao tratamento de juntas:

- 1 - Selantes para preenchimento de juntas visíveis;
- 2 - Massa para preenchimento de juntas dissimuladas;
- 3 - Fita ou tela utilizada em juntas dissimuladas.

A Norma ISO 11600:2002 faz a classificação dos selantes utilizados em edificações e relaciona os seus requisitos. A Norma prescreve a divisão dos selantes em tipos G e F. Os selantes do tipo G são específicos para e juntas de movimentação entre diferentes substratos fazendo interface com vidro. No caso do LSF, os selantes do tipo F são os mais utilizados por serem indicados para juntas de movimentação cíclicas entre diversos materiais.

A diretriz SINAT 003/2010 informa que o atendimento aos requisitos para selantes apresentados na tabela 12 devem constar no projeto ou no DATEC específico: alongamento, resistência à ruptura do selante na tração antes e após ciclos de envelhecimento, dureza inicial (1 a 6 meses) a 20°C, resistência a raios UV, umidade e produtos químicos, temperatura de trabalho e tempo de cura. As especificações de selantes, massas e fitas utilizados em LSF estão nas tabelas 12, 13, 14 e 15:

Tabela 12 – Selantes – Características

Material	Características ou subdivisões		Recomendações de uso
Elastômeros	Movimentação	Plásticos: absorvem as deformações principalmente por escorrimento viscoso.	Tratamento de juntas de movimentação entre chapas cimentícias. Selante entre esquadrias e acabamentos. Tratamento de juntas entre placas OSB. A quantidade e abertura das juntas devem ser dimensionadas para uma movimentação máxima de $\pm 25\%$.
		Elastoplásticos: a recuperação elástica prevalece sobre a viscosa, o que as torna capazes de absorver deformações tanto permanentes quanto variáveis no tempo.	
		Elásticos: recuperação quase completa da deformação, o que os torna indicados para juntas dinâmicas com movimentos cíclicos e rápidos.	
	Endurecimento	Monocomponente. Bicomponente.	
Polissulfetos	Monocomponentes	Endurecem ao ar só com o efeito da umidade e permitem deformações de até 25%.	Vedação entre chapas cimentícias, madeira e cerâmica.
	Bicomponentes		
Borrachas Butílicas	Copolímeros isobutano-isopreno IRR	Endurecem por evaporação do solvente.	Indicados para juntas entre esquadrias e paredes que resistem a baixas temperaturas. Contra indicados para ficarem expostos à radiação (sol).
Base Betume	Aplicados a quente próprio para ambientes úmidos e junta com movimentos restritos.		Selantes para coberturas.
Base látex de polímeros acrílicos	Endurecem pela evaporação de água, com boa resistência a radiações ultravioleta e à umidade. Possibilita seu uso sobre superfícies úmidas com boa aderência.		Recomendado para juntas dinâmicas e paredes corta-fogo.
Silocônicos	Elevado módulo de elasticidade.	Os Monocomponentes exigem o uso de primer em superfícies porosas. Apresentam boa aderência em metais e vidro, com deformações entre -50% e +100%.	Recomendado para juntas de dilatação verticais e horizontais. Com elevado módulo de elasticidade são muito usados em fachadas contínuas, como pele de vidro. Com baixo módulo de elasticidade são indicados para seguir movimentos térmicos e causados pela umidade.
	Baixo módulo de elasticidade.		
Poliuretânicos	Mono	Secagem rápida.	Os bicomponentes são indicados para selagem em contato permanente com água.
	Bicomponentes		

FONTE: Adaptação de Bertolini (2010). Basf (2012) e Anchartec Quartzolit (2012).

Tabela 13 – Classificação de Selantes

Selante	Parâmetros			
	Finalidade	Capacidade de Movimentação	Módulo	Elasticidade
	(G) – Uso em vidros	7,5 a 25%	Baixo (LM) Alto (HM)	Elástico (E) Plástico (P)
(F) – Selante para materiais de construção em geral.	7,5 a 25%	Baixo (LM) Alto (HM)	Elástico (E) Plástico (P)	
Observações	Exemplo: PELE DE VIDRO – (G) PLACA CIMENTÍCIA –(F)	A amplitude de extensão e compressão máxima é de 25%.	Módulo de elasticidade.	Para situações onde há incidência de pressões cíclicas na junta especifica-se selante mais elástico (E).
Exemplo de designação: SELANTE ISO 11600 – F – 25LM.				

FONTE: BASF 2011.

Geometria e disposição das juntas		
Componentes	Distância mínima de junta (mm)	Disposição típica de juntas entre peças
Placas cimentícias	3	A junta entre duas placas adjacentes deve efetuar-se sobre a mesa de um montante. Juntas desencontradas. As juntas entre placas não devem coincidir com as juntas de painéis. Chapas em geral fixadas no sentido vertical, podendo ser usadas na horizontal.
Chapas de gesso acartonado*	3	Juntas desencontradas em relação às chapas da face oposta. Juntas horizontais desencontradas. As juntas verticais devem ser feitas sobre os montantes. Chapas fixadas no sentido vertical.
Chapas de OSB	3	A junta entre duas placas adjacentes deve efetuar-se sobre a mesa de um montante. Juntas desencontradas. Chapas fixadas no sentido horizontal ou vertical.

FONTE: ETERNIT – ABNT NBR 15758 – LP. *No caso de junta de dilatação o espaçamento mínimo é 15 mm.

Materiais complementares na aplicação de selantes em juntas	
Material	Características
Fitas adesivas	Fita adesiva tipo crepe com largura proporcional a abertura da junta. Resistência à tração.
Fita isoladora	Usados em juntas de baixa profundidade. Composta por polietileno expandido com face aderente a base.
Cordões de polietileno	Cordão de polietileno expandido de células fechadas (Tarucel). Delimitador.
Primer	Deve melhorar a ponte de aderência entre o selante e substrato. Aumenta a rugosidade em superfícies lisas (metais, PVC, vidro e pode preencher as deformações porventura existentes em superfícies porosas. Preparo de superfície.
Fita microperfurada ou tela	Tratamento de juntas entre chapas e tratamento dos encontros entre chapas e o substrato. Resistência à tração.
Fita com reforço metálico	Fita com maior resistência à tração para uso em juntas entre chapas a 90°.

FONTE: Adaptado de Beltrame e Loh (2009).

Tabela 14 – Massa para juntas - Tipos, informações técnicas e aplicações.

Tipo de massa - Informações		Aplicação
Massa em pó para tratamento de junta	Pega rápida: tempo de secagem de 1 hora e meia a 4 horas, devendo ser aplicada logo após a sua adição com água.	Tratamento de juntas entre chapas em paredes, forros e revestimentos.
	Pega lenta: tempo de secagem entre 12 a 48 horas, dispondo um maior tempo para aplicação do produto e acabamento da junta.	
Massa pronta para tratamento de juntas	É comercializada em baldes, dosada e pronta para uso, não sendo permitida adição de água na obra.	Tratamento de juntas entre chapas em paredes, forros e revestimentos.
Massa de colagem	Deve ser misturada em água para a sua aplicação.	Fixação de chapas de gesso acartonado diretamente sobre suportes verticais de alvenaria e estrutura de concreto e para pequenos reparos em chapas. Revestimento por meio da colagem de placas em alvenarias estruturas de concreto ou outros substratos.

FONTE: Adaptação de ABNT NBR 15758-1:2009 e Oliveira Jr (2005).

Massa para juntas - Características desejáveis, métodos de ensaio e requisitos

Requisitos	Critérios	Método de ensaio	Requisitos SINAT	Indicador de conformidade
Retração	≤ 35%	ASTM C 474 e C 475	Teor de resina	Informação deve constar no projeto ou DATEC.
Craqueamento/ fissuração	Não ocorrência		Aptidão para dissimular fissura	
Putrefação ^a	≥ 96h		Craqueamento/fissuração	
Aderência da fita à massa	≥90%		Retração	
Fissuração da massa nas bordas da fita	≤10%			

^a Esta característica somente é aplicada para a massa pronta para tratamento de juntas.

FONTE: ABNT NBR 15758-1:2009. SINAT 003/2010.

Tabela 15 – Fitas para tratamento de juntas – Tipos e aplicações

Tipos de fita	Aplicação
Fita de papel	Tratamento de juntas entre chapas
Fita de papel com reforço metálico (aço galvanizado ou alumínio) ^a	Reforço de ângulos salientes
Fita para isolamento acústico ^b (banda acústica)	Isolamento dos perfis nos perímetros das paredes, forros e revestimentos.
Fita de papel microperfurado.	Tratamento de juntas entre chapas e tratamento de encontros de chapa e o substrato.
Fita de fibra de vidro	Tratamento de juntas em placas cimentícias.
^a As características são aquelas informadas pelo fornecedor das fitas ou conforme especificações constantes no projeto. ^b Fita de espuma de poliuretano, auto-adesiva em uma das faces, com espessura maior ou igual a 3mm, com largura em função do tipo de perfil.	

Fonte ABNT NBR 15758-1:2009

Fitas para tratamento de juntas – Requisitos e métodos de ensaio.

Requisitos	Critérios	Métodos de ensaio
Resistência à tração	$\geq 5,25 \text{ N/mm}$	ASTM C 474
Largura ^a (L) em mm	$47,6 \leq L \leq 57,2$	
Espessura (e) ^a	$\leq 0,30\text{mm}$	
Estabilidade dimensional ^a	Longitudinal $\leq 0,4 \%$	-
	Transversal $\leq 2,5\%$	
Quantidade de furos por metro (furos/m)	$200 \leq \text{furos/m} \leq 500$	Contagem
^a Segundo ASTM C 475.		

Fonte ABNT NBR 15758-1:2009

O conjunto de Normas da série ABNT NBR 10821:2011 estabelece as terminologias, condições exigíveis de desempenho, metodologia de ensaio e recomendações para instalação e manutenção de caixilhos (janelas e portas) para uso residencial e comercial.

Segundo esta Norma, as janelas são caixilhos envidraçados que preenchem vãos geralmente em fachadas, permitindo a iluminação e/ou ventilação de um recinto para outro. As janelas são classificadas quanto ao movimento das folhas em 10 tipos. De acordo com a velocidade básica do vento, a Norma dividiu as janelas em 05 classes de utilização.

De acordo com Beltrame (2012), a classificação da esquadria é estabelecida de acordo com o local onde a esquadria será instalada, o número de pavimentos e a região do país. Após ser classificada, a esquadria deve ser enquadrada em uma das cinco classes. As classes de esquadrias são estabelecidas de acordo com a pressão de ensaio, segurança, estanqueidade à água e se dividem conforme o número de pavimentos e a altura do edifício. Variando de dois pavimentos e 6 metros de altura até 30 pavimentos e altura máxima de 90 metros.

Para Pomaro et al (2012) a maior dificuldade dos projetistas na escolha de caixilhos para edificações em LSF está em conseguir um fornecedor cuja esquadria seja compatível com o sistema. Conforme a vedação vertical externa (EIFS), a espessura da parede de vedação pode exceder as medidas de largura de caixilhos disponíveis no mercado. Isto ocorre justamente na interface entre sistemas distintos em um local que pode ser um vetor de patologias. Está disponível no mercado kits de porta pronta para sistemas construtivos a seco. A configuração das camadas do revestimento multicamada ou EIFS define a espessura das paredes e é feita com base nas características dos materiais que a compõem, os requisitos de projeto e o desempenho desejado, conforme a tabela 16:

Tabela 16 – EIFS Principais materiais e características.

Material	Descrição	Propriedades*	Dimensões (mm)	Ref. Normativas/Observações
EPS	Chapas de poliestireno expandido para isolamento térmico na construção civil nas temperaturas entre - 50°C e + 70°C. Densidade mínima : 12kg/m³.	Condutibilidade térmica: 0,035-0,044W/m°C	1000x500 Espessuras de 20, 40 ou 60 mm.	ABNT NBR 11752 EN 826 EN 12089 ASTM C 578 Cor predominante: BRANCO.
		Resistência à compressão-deformação <2%: 5-70kPa.		
		Resistência à flexão: 50-350kPa.		
		Coeficiente de dilatação térmica linear: 5-7 x 10 ⁻⁵ °C ⁻¹		
XPS	Chapas de poliestireno extrudido para isolamento térmico na construção civil nas temperaturas entre - 50°C e + 70°C. Densidade mínima : 21kg/m³.	Condutibilidade térmica: 0,035W/m°C	1000x500 Espessuras de 50 a 100 mm	EN13164 ASTM C578 Cor predominante: AZUL/VERDE.
		Resistência à compressão-deformação <10%: 104kPa.		
		Absorção de água por imersão: inferior a 0,7% em volume.		
		Resistência a flexão: 276kPa.		
Tela de reforço	Tela de fibra de vidro. Massa 25 a 600g/m². Trama ortogonal, tipo mosquito.	Resistência à tração: 220kg/mm² Alongamento à ruptura máximo: 4,8%.	Malhas com dimensões variáveis.	ASTM E 2486.
Primer	Produto específico para melhorar a aderência entre a tinta e o substrato. São classificados de acordo com o tipo de substrato: liso ou poroso.	Estabiliza as características químicas do substrato.	n.a	ASTM C1193 ABNT 11702 Obs: Aumentam ou reduzem a porosidade do substrato, aumentando a aderência.
		Redução do volume de vazios do substrato e aumenta a resistência.		
		Reduz a pressão capilar provocada pela umidade.		
Tinta	Soluções hidrofugantes (base água ou solventes) uso geral.	Repelente à água	n.a	ABNT NBR 13245 ABNT NBR 11702

FONTE: Dow chemical company – owens corning - Dryvit – ABNT NBR 11702:2010 * As propriedades do EPS/XPS variam conforme a densidade da placa.

2.5.1.2.4) MATERIAIS PARA A EXECUÇÃO DO SUBSISTEMA DE PISO

O subsistema de piso, laje e entrepiso utilizam materiais que servem de suporte para as atividades no interior da edificação. No térreo a edificação poderá utilizar o contrapiso para servir de anteparo para materiais como madeira, cerâmica, grés ou pedras naturais. Há configurações onde a edificação possui um assoalho ou piso elevado, revestido em geral por materiais típicos de construções secas, como placas cimentícias, pisos de madeira ou laminados.

Conforme Freitas e Crasto (2006), as lajes podem ser secas ou úmidas. A laje seca é composta pelo aparafusamento de placas cimentícias combinadas com outros materiais no reticulado metálico. As lajes úmidas são formadas a partir do aparafusamento de chapas de aço galvanizado ao reticulado que concomitantemente forma um diafragma e anteparo para uma fina camada de concreto. Segundo Terni et al (2008), para compor o piso das lajes secas do sistema LSF pode-se utilizar placas pré-fabricadas sobre vigas de perfis U_e . Em geral são utilizadas placas de OSB, placas cimentícias e sistemas mistos (OSB e Cimentícia), conforme a sobrecarga desejada. Para lajes úmidas, é utilizado o sistema de chapas galvanizadas com mossas, tela metálica como armadura e concreto estrutural, painéis de OSB ou mistos.

Na concepção da estrutura da laje, pode-se criar um entrepiso, que pode ser utilizado para a criação de barreiras para isolamento térmico e acústico. Em estruturas formadas por chapas metálicas, também é possível criar barreiras para isolamento, porém os elementos deverão ficar sob ou sobre a laje; no segundo caso, a espessura total do sistema deve incorporar a espessura do isolante. Na tabela 17 constam informações sobre os materiais que compõem as lajes e entrepisos em LSF:

Tabela 17 – Características de sistemas de lajes e entrepisos para LSF.

Componentes	Composição	Espessura (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Peso kN/m ²	Espaçamento entre apoios (mm)	Vão máximo (m)	Ligação com os painéis LSF
Chapa OSB sobre vigas perfis U _e 200x40x0,95	Vigas metálicas e chapas de madeira aglomerada OSB	18,3	1200	218,3	0,12	400	4,0	Parafusada. Opção de bordas tipo macho-fêmea entre chapas.
Chapa mista com miolo de madeira e faces de placas cimentícias sobre vigas perfis U _e 200x40x0,95	Vigas metálicas e chapa mista	40	1200	240	0,32	400	4,0	Parafusada com uso de cantoneira.
Chapa metálica ondulada	Chapa zincada padrão Z275	80	820	140	1,85*	400	3,20	Parafusada ou soldada (adaptador)

FONTE: LP building products, Metform (2010) * Considerando o peso do concreto.

Valores mínimos das cargas verticais para edificações			
Local	Carga (kN/m ²)	Local	Carga (kN/m ²)
Residências – dormitório, copa, cozinha e banho.	1,5	Compartimentos destinados a bailes, ginástica e esportes	5,0
Forros não destinados a depósitos.	0,5	Escadas, corredores e terraços com acesso ao público	3,0
Dispensa, área de serviço, lavanderia e dependências de escritório	2,0	Escadas, corredores e terraços sem acesso ao público	2,0
Compartimentos destinados a reuniões ou ao acesso público	3,0	Lojas	2,0

FONTE: ABNT NBR 6120:1980.

Observações:

1 - Valores somente para pré-dimensionamento, devendo o projetista se informar junto ao fabricante sobre alterações em seus produtos. Como referência o projetista deve consultar as Normas ABNT NBR 6118 (Projeto de estrutura de concreto) para lajes em chapas metálicas ou “molhadas” e a ABNT NBR 8800 (Projetos de estruturas de aço e estruturas mistas de aço e concreto em edifícios), ABNT NBR 14323 (Dimensionamento de estruturas de aço em edifícios em situação de incêndio – Procedimentos) e normas relacionadas a chapas, no dimensionamento de lajes secas.

2 – Em lajes secas onde haverá sobre a chapa ou placa uma camada de concreto ou argamassa, deverá ser feita a impermeabilização da chapa ou placa com uso de membrana hidrófuga ou recomendação da Norma ABNT NBR 9575:2010.

2.5.1.2.5) MATERIAIS PARA A EXECUÇÃO DO SUBSISTEMA DE COBERTURA

Para o subsistema de cobertura, os materiais recomendados para o sistema LSF são os compostos por cerâmica, metal, fibra (mineral, vegetal, polimérica) e cimentícios. O sistema de cobertura deve formar um sistema multicamada, visando proporcionar a estanqueidade combinada com a proteção da estrutura contra a ação do intemperismo, visando ao aumento da vida útil da edificação e o não surgimento de patologias. Devem ser seguidas as orientações do fabricante dos componentes com atenção especial a materiais compósitos, porosos, com peso específico elevado e que podem reagir quimicamente com a estrutura. Em todos os casos são recomendadas subcoberturas como barreiras impermeáveis compostas de feltro asfáltico ou hidropelentes ou reflexivas para sistemas de cobertura.

Segundo LP (2012), a membrana deve ser instalada entre as placas de OSB e as telhas, visando a garantir a estanqueidade e criar uma barreira contra a umidade. Além de proteger a estrutura, as membranas evitam a passagem de água em caso de alguma avaria no sistema, assegurando assim uma maior vida útil. Os tipos de forros recomendados são os compostos de chapas de gesso acartonado, madeira, fibras, metais leves ou outro tipo que não tenha um elevado peso específico. Atenção especial para não especificar forros que sejam inflamáveis ou que propaguem chamas. Conforme citado neste trabalho, o comportamento dos metais expostos a elevadas temperaturas é diferenciado, e em casos críticos pode provocar um sinistro irreversível. É recomendada a especificação de forros certificados por órgãos competentes ou corpo de bombeiros militar.

Se possível o forro deverá ser estruturado. Caso seja necessária a utilização de pendurais, deverá ser especificada a posição de fixação dos mesmos. Não é permitida a execução de furos na aba das vigas (*joists*) da laje ou entrepiso. Logo, na especificação do forro deverá constar o ponto de fixação dos pendurais que, a rigor, exigirá uma estrutura auxiliar. Na tabela 18 estão características de materiais recomendados para o subsistema de cobertura:

Tabela 18 – Características de materiais para sistemas de cobertura

Composição	Dimensões (mm)			Absorção de água (%)	Transmitância térmica U (W/m²K)*	Massa kg/m²	Inclinação mínima (%)	Desempenho acústico* (D _{2m,nT,w})
	C	L	A					
Cerâmica	414	247	75	< 13	0,9	39,73	30	≤2,30
Fibra vegetal e asfalto	2000	1055	38	n.t	0,6	3,9	18	≤2,3
Fibra mineral	1220	1050	51	25 - 30	0,35	16,0	6	n.t
Fibra polimérica e asfalto (Shingle)	305	914	4	n.t	0,6	10,06	17	n.t
Concreto	420	330	50	0,5	0,7	54,0	30	n.t
PVC	2300	880	70	0,0	1,2	4,9	30	n.t
Metálica	6000	1040	35	0,0	39	4,24	10	
Metálica e Poliuretano	6000	1040	40	0,0	0,8732	5,28	10	n.t

FONTE: ABNT NBR 15575:2013, Onduline (2012), Brasilit (2011), LP (2012), Tégula (2010), Dânica (2011). *Variam de acordo com a densidade. **N.t – s/ informação.

O sistema construtivo LSF pode permitir, na maioria das tipologias dos painéis que compõem as paredes e lajes, o embutimento das instalações de elétrica, hidráulica e HVAC. Há produtos específicos para os sistemas construtivos em chapas de gesso drywall que podem ser usados no LSF como bacia sanitária com saída lateral, piso em fibra para box, shafts visitáveis, alçapões, porta de correr, caixas de passagem de elétrica, tubulação de água fria e água quente flexível etc.

Para CSSBI (2005), as instalações do sistema LSF devem ser projetadas tendo como ponto de partida o projeto estrutural. Como é mais conveniente adequar a instalação à estrutura do que vice-versa, na etapa de projeto o projetista estrutural deverá ser informado sobre as instalações e os possíveis pontos onde serão criadas as prumadas e quadros de distribuição. Como as interfaces são inevitáveis, é recomendado que a instalação seja compatível com o sistema para evitar que sejam feitos cortes indevidos e comprometer um montante ou viga. Os perfis possuem furos apropriados para que as instalações atravessem horizontalmente no interior dos painéis. Jamais se deve cortar ou furar a flange ou aba dos perfis sem que haja uma avaliação prévia, pois há limitação no número de furos e seu diâmetro na alma do perfil e caso seja ultrapassado o limite diminui sua resistência e a rigidez.

2.5.2) EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO DO SISTEMA

As normas técnicas são importantes para incentivar e balizar o desenvolvimento tecnológico e orientar a avaliação da eficiência técnica e econômica das inovações tecnológicas. Para o LSF, há muito a se pesquisar a luz da norma de desempenho, visando ao aprimoramento do sistema construtivo. Muito do que é feito hoje no Brasil é resultado da reprodução de processos, métodos e técnicas utilizadas nos países em que o LSF é tido como um sistema construtivo não inovador.

Conforme a diretriz SINAT 003/2010, para que uma edificação tenha condições mínimas de habitabilidade, ela deve atender às exigências mínimas de desempenho. Os requisitos e critérios correspondem àqueles especificados na NBR 15575:2013 (partes 1 a 5), NBR 15253:2005 e outras normas pertinentes. A durabilidade do sistema como um todo será assegurada pelo atendimento de todas as condições de especificação e desempenho definidas para todos os componentes.

2.5.2.1) DESEMPENHO ESTRUTURAL

Segundo a diretriz SINAT 003/2010, para a resistência estrutural e estabilidade global deverão ser atendidos os requisitos:

- Apresentação das premissas e memorial de cálculo estrutural realizado por profissional habilitado atendendo as normas NBR 8800:2008 e a NBR 14762:2010;
- As cargas laterais (cargas de vento) devem ser consideradas conforme a NBR 6123:1988, sendo que o deslocamento horizontal no topo da edificação deve atender ao critério estabelecido na NBR 14762:2010;
- A ancoragem da estrutura deverá ser dimensionada conforme as cargas consideradas;
- Nas paredes o espaçamento entre montantes, a quantidade de travessas, bloqueadores e de barras de contraventamento dependerão de cada projeto específico;
- Em coberturas considerar peso próprio dos materiais e cargas de vento característica da região, atentando para a resistência das fixações entre perfis e para o espaçamento e espessura dos perfis cartola.

As exigências mínimas de desempenho estrutural estão resumidas nas tabelas 19 e 20:

Tabela 19 – Requisitos de desempenho do subsistema estrutural

Requisito	Condições	Limites
Deformações ou estados de fissuração do sistema estrutural – (Estado limite de serviço)	Não ocasionar deslocamentos ou fissuras excessivas aos elementos de fechamento vinculados ao sistema estrutural, levando-se em consideração as ações permanentes e de utilização, nem impedir o livre funcionamento de elementos e componentes do edifício, tais como portas e janelas, nem repercutir no funcionamento das instalações.	Não devem apresentar deslocamentos maiores que os estabelecidos nas normas de projeto estrutural, na ABNT NBR 14762 e na NBR 15575-2.
Solicitações de montagem ou manutenção: cargas concentradas na cobertura	Os componentes da estrutura da cobertura devem possibilitar apoio de pessoas e objetos nas fases de montagem ou manutenção. Os componentes das estruturas reticuladas ou treliçadas devem suportar a ação de carga vertical concentrada de 1 kN aplicada na seção mais desfavorável.	- $d_v \leq L / 350$ (barras de treliças). - $d_v \leq L / 300$ (vigas principais / terças) - $d_v \leq L / 180$ (vigas secundárias / caibros)
Cargas concentradas em sistemas de cobertura acessíveis aos usuários	Os sistemas de cobertura acessíveis aos usuários devem suportar a ação simultânea de três cargas de 1 kN cada uma, com pontos de aplicação constituídos de um triângulo equilátero com 45 cm de lado.	Sem ocorrência de rupturas ou deslocamentos.
Solicitações transmitidas por portas para as paredes*	As paredes externas e internas, suas ligações e vinculações, devem permitir o acoplamento de portas resistindo à ação de fechamentos bruscos das folhas de portas e impactos nas folhas de portas nas seguintes condições: a) dez operações de fechamento brusco sem destacamentos em juntas entre componentes das paredes e outros; b) sob ação de um impacto de corpo mole com energia de 240 J, aplicado no centro geométrico da folha de porta.	As paredes não devem apresentar falhas, tais como rupturas, fissurações, destacamentos no encontro com o marco, cisalhamento nas regiões de solidarização do marco com a parede. Não deverá ocorrer deslocamento ou arrancamento do marco, nem ruptura ou perda de estabilidade da parede. Admite-se, no contorno do marco, a ocorrência de danos localizados, tais como fissuração e estilhaçamentos.
Resistência às solicitações de cargas de peças suspensas atuantes nos sistemas de vedações verticais	Resistir às solicitações originadas pela fixação de peças suspensas. Peças suspensas fixadas por mão-francesa padrão (armários, prateleiras, lavatórios, hidrantes, quadros e outros) em cada ponto com 0,4 kN e carga de ensaio aplicada em cada peça, considerando dois pontos de 0,8 kN. Para qualquer sistema de fixação recomendado deve ser estabelecida a carga máxima de uso, incluindo as cargas aplicadas muito próximas à face da parede.	Não ocorrência de falhas que comprometam o estado-limite de serviço, fissuras toleráveis. Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h < h/500$; $d_{hr} < h/2500$. Onde: h é altura do elemento parede; d_h é o deslocamento horizontal; d_{hr} é o deslocamento residual. De forma geral, a carga de uso ou de serviço deve ser considerada como sendo igual ao menor dos dois valores seguintes: 1/3 (um terço) da carga de ruptura, ou a carga que provocar um deslocamento horizontal superior a $h/500$.

FONTE: Diretriz SINAT 003/2010. *O projeto deve mostrar a quantidade e tipo de fixação a ser usada entre marco de porta e parede, bem como os eventuais reforços.

Tabela 20 – Requisitos de desempenho sob impactos

Impacto	Energia (J)		Critérios	
	Corpo mole	Corpo duro	Corpo mole	Corpo duro
Impactos externos (ensaio a ser feito no pavimento térreo)	970	3,75	Não ocorrência de ruína (estado-limite último)	Não ocorrência de falhas que comprometam o estado limite de serviço
	720	20	Não ocorrência de falhas (estado-limite de serviço)	Não ocorrência de ruína, caracterizada por ruptura ou traspassamento (estado-limite último)
Parede com função estrutural (impacto sobre montante)	180	-	Não ocorrência de ruína (estado-limite último). São admitidas falhas localizadas nas chapas de fechamento (fissuras, mossas e frestas)	-
Impacto interno (ensaio a ser feito em qualquer pavimento)	120	2,5	Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço) Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/250$; $d_{hr} \leq h/1250$	Não ocorrência de falhas que comprometam o estado limite de serviço.
Impactos internos (paramento interno considerado como revestimento)	120	10	Não ocorrência de ruína (estado-limite último); são permitidas falhas localizadas. Não comprometimento à segurança e estanqueidade.	Não ocorrência de ruína, caracterizada por ruptura ou traspassamento (estado limite último).
Impacto em pisos com função estrutural	960	30	Não ocorrência de ruína e traspassamento; Permitidas: falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações.	Não ocorrência de ruína e traspassamento; Permitidas: falhas superficiais como mossas, fissuras e desagregações.

Fonte: SINAT 003/2010 revisão 1. Observações:

- 1 - Impactos de corpo mole são aplicados por meio do impactador (saco de couro) abandonado em movimento pendular de diferentes alturas, atingindo sempre as partes opacas das fachadas, isto é, fora das regiões dos caixilhos, nas seções mais desfavoráveis do componente ou do elemento construtivo. CBIC (2013).
- 2 - Paredes de gesso acartonado do steel frame podem ou não atender aos critérios em função da bitola e espaçamento dos montantes, espessura e número de chapas em cada face da parede. CBIC (2013).
- 3 - Para sistemas leves ($G \leq 60\text{Kg/m}^2$) podem ser permitidos deslocamentos horizontais instantâneos iguais ao dobro do valor mencionado, desde que os deslocamentos residuais atendam ao valor máximo definido; tal condição também pode ser adotada no caso de sistemas destinados a sobrados unifamiliares.

2.5.2.2) SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

Segundo CBIC (2013), a segurança contra incêndio baseia-se em princípios de projetos (implantação adequada para que o incêndio não se propague para outras edificações, compartimentação, rotas de fuga, acesso para os bombeiros, etc) e propriedades dos materiais e dos elementos da construção (ignitibilidade, resistência ao fogo etc), dispositivos de detecção e combate ao fogo, principalmente na sua fase inicial.

As propriedades dos materiais empregados na edificação influenciam na velocidade de propagação das chamas, sendo necessário submetê-los a ensaios de “reação ao fogo”. Nos ensaios se busca determinar a facilidade de ignição dos materiais, a velocidade de propagação do fogo, a quantidade e as características do calor e da fumaça gerada que, a partir de certa densidade, dificultará e mesmo obstruirá a visão das pessoas em fuga. Uma vez iniciado o incêndio, a resistência ao fogo dos diferentes elementos da construção ganha importância, prescrevendo-se um tempo mínimo sem instabilidade ou ruína para garantir razoável possibilidade de fuga das pessoas presentes na edificação atingida. Para atender às necessidades de segurança contra incêndio, devem ser atendidos os requisitos estabelecidos na legislação pertinente e nas normas:

- ABNT NBR 14432:2001 - Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações;
- ABNT NBR 5628:1980 - Componentes construtivos estruturais - determinação da resistência ao fogo;
- ABNT NBR 9077:1993 - Saídas de emergência em edifícios – Procedimento;
- ABNT NBR 10636:1989 - Paredes e divisórias sem função estrutural - Determinação da resistência ao fogo. Método de ensaio.

Para dificultar a inflamação generalizada da edificação, a diretriz SINAT 003/2010 recomenda classificar os materiais especificados para os elementos dos subsistemas de vedações verticais, isolantes térmicos, absorventes acústicos e piso, conforme a tabela 21:

Tabela 21 – Classificação dos materiais de acabamento relativamente à reação ao fogo

Classe	Método de ensaio			Aplicação do material								
	ISO 1182	ABNT NBR 9442	ASTM E662	Compartimento				Locais				
				Cozinha	Dormitório	Uso comum	Escadas	Piso	Miolo de paredes	Subcobertura	Forros	
I	Incombustível; $\Delta T \leq 30^{\circ}\text{C}$; $\Delta m \leq 50\%$; $t_f \leq 10\text{s}$.	-	-	x	x	x	x*	x**	x	x	x	
II	A	Combustível	$l_p \leq 25$	$D_m \leq 450$	x	x	x	x*	x**	x	x	x
	B	Combustível	$l_p \leq 25$	$D_m > 450$	-	-	-	-	-	-	-	-
III	A	Combustível	$25 < l_p \leq 75$	$D_m \leq 450$	x	x	-	-	x**	x	x	x
	B	Combustível	$25 < l_p \leq 75$	$D_m > 450$	-	-	-	-	-	-	-	-
IV	A	Combustível	$75 < l_p \leq 150$	$D_m \leq 450$	-	x	x	x	-	-	-	-
	B	Combustível	$75 < l_p \leq 150$	$D_m > 450$	-	-	-	-	-	-	-	-

FONTE: SINAT 003/2010 revisão 1. CBIC (2013). *Dm inferior a 100. ** Os materiais empregados nas camadas do sistema de piso, desde que protegidos por barreiras incombustíveis que possam se desagregar em situação de incêndio ou que contenham juntas através dos quais o miolo possa ser afetado. Observações:

- 1 - Os métodos de ensaio de reação ao fogo utilizado como referência para a avaliação de materiais empregados são especificados nas normas EM 13823 e ISO 11925- parte 2;
- 2 - ΔT = Variação da temperatura / aumento da temperatura no interior do forno pela queima do material, Δm = Variação da massa ou perda por calcinação do corpo de prova; t_f = Tempo de flamejamento do corpo de prova, l_p = índice de propagação superficial de chama; D_m = densidade específica óptica máxima de fumaça;
- 3 - No caso de edifícios habitacionais de até 05 pavimentos, multifamiliares, os elementos estruturais (paredes e lajes) devem apresentar resistência ao fogo por um período mínimo de 30 minutos. As paredes entre unidades habitacionais, mesmo sem função estrutural, assegurando estanqueidade a chamas, isolamento térmico e estabilidade ou integridade estrutural.

2.5.2.3) ESTANQUEIDADE À ÁGUA

Segundo a CBIC (2013), a durabilidade da construção está diretamente associada à estanqueidade à água de seus elementos. A norma NBR 15575:2013 estabelece critérios para estanqueidade de fachadas, pisos de áreas molhadas, coberturas e demais elementos da construção, incluindo as instalações hidrosanitárias. As exigências de estanqueidade à água englobam a umidade oriunda das fontes internas e externas à edificação. As fontes externas de umidade comuns são a ascensão de umidade do solo pelas fundações e infiltração de água de chuva pelas fachadas, lajes expostas e coberturas. No interior das edificações a água pode decorrer dos processos de uso e limpeza dos ambientes, vapor de água gerado nas atividades normais de uso, condensação de vapor de água e vazamentos de instalações.

Conforme as definições da NBR 15575-3:2013, áreas molhadas são compartimentos da edificação cuja condição de uso e exposição pode resultar na formação de lâmina d'água pelo uso normal a que o ambiente se destina (por exemplo, banheiro com chuveiro, área de serviço e áreas descobertas). Áreas molháveis das edificações são compartimentos que recebem respingos de água decorrentes da sua condição de uso e exposição e que não resulte na formação de lâmina d'água pelo uso normal a que o ambiente se destina (por exemplo, banheiro sem chuveiro, lavabo, cozinha e sacada coberta).

Para o atendimento aos requisitos da referida norma devem ser previstos no projeto detalhes que promovam a:

- Estanqueidade à água de chuva em sistemas de vedações verticais externas (fachadas);
- Estanqueidade de vedações verticais internas e externas com incidência direta de água de uso e lavagem dos ambientes;
- Estanqueidade de juntas (encontros) entre paredes e entre paredes e lajes;
- Estanqueidade de pisos em contato com o solo;
- Estanqueidade do subsistema de cobertura (SC);
- Impermeabilidade do sistema de cobertura (telhado).

Os requisitos de estanqueidade à água e critérios de avaliação estão relacionados na tabela 22:

Tabela 22 – Requisitos da norma relativos à estanqueidade

Requisito	Subsistema relacionado	Requisitos	Normas ABNT relacionadas
Estanqueidade à água de chuva em sistemas de vedações verticais externas (fachadas);	Vedação	Nas paredes de fachada e suas junções com caixilhos eventualmente presentes devem permanecer estanques e não formação de gotas de água aderentes na face interna, podendo ocorrer pequenas manchas de umidade, com áreas limitadas a 10% na face oposta à incidência da água, em relação à área total do corpo de prova submetido à aspersão de água, ao final do ensaio.	NBR 10821.
Estanqueidade de vedações verticais internas e externas com incidência direta de água de uso e lavagem dos ambientes;	Vedação	Não pode ocorrer a presença de umidade perceptível nos ambientes contíguos. A quantidade de água que penetra na face da parede voltada para a área molhada não pode ser superior a 3 cm ³ por um período de 24 h.	NBR 10821.
Estanqueidade de juntas (encontros) entre paredes e entre paredes e lajes;	Vedação e pisos e forros	Não permitir infiltração de água pelas juntas entre paredes e entre paredes e lajes.	NBR 9575.
Estanqueidade de pisos em contato com o solo;	Pisos	Os pisos em contato com o solo devem ser estanques à água, considerando-se a máxima altura do lençol freático prevista para o local da obra. Não são permitidas manchas de umidade e empoçamentos.	NBR 9575.
Estanqueidade do subsistema de cobertura (SC);	Cobertura	As telhas não podem apresentar escorrimento, manchas e gotejamento de água ou gotas aderentes conforme os limites constantes na NBR 15575-5. Para os componentes, telhas e peças complementares, constituídos por plásticos, aços, alumínio, vidros ou quaisquer outros materiais reconhecidamente impermeáveis, considera-se o critério implicitamente atendido.	NBR 5642.
Impermeabilidade do sistema de cobertura (telhado).	Cobertura	O telhado não deve apresentar escorrimento, gotejamento de água ou gotas aderentes. Aceita se o aparecimento de manchas de umidade, na face interna do telhado, desde que restritas a no máximo 35% da área das telhas.	NBR 9575.

FONTE: ABNT NBR 15575-5:2013. CBIC (2013).

2.5.2.4) CONFORTO TÉRMICO

Conforme a diretriz SINAT 003/2010, a edificação deve atender aos requisitos de desempenho de conforto térmico exigidos pela norma ABNT NBR 15575:2013. A NBR 15575 permite que o desempenho térmico seja avaliado para um sistema construtivo de forma independente, ou para a edificação como um todo, considerando o sistema construtivo como parte integrante do edifício, respeitando as características bioclimáticas das diferentes regiões brasileiras definidas na ABNT NBR 15220:2005 e na figura 6.

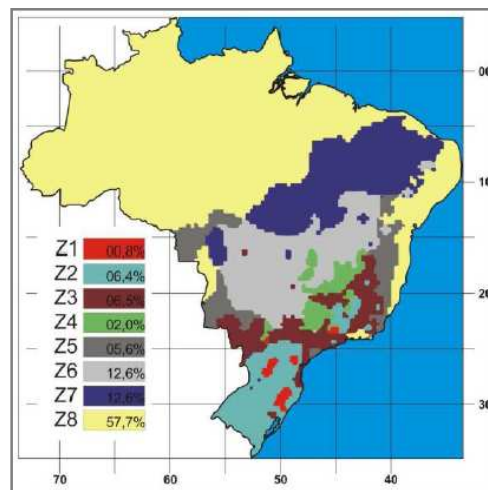


FIGURA 6 – Zonas Bioclimáticas Brasileiras. Fonte: NBR 15220-3:2005.

No Anexo A da norma ABNT NBR 15220 -3:2005 são indicadas as oito zonas bioclimáticas correspondentes a cerca de 200 cidades brasileiras, que foram estabelecidos com base na temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar incidente para o dia mais frio e para o dia mais quente do ano respectivamente, segundo a média observada em um número representativo de anos.

Podem ser adotados três procedimentos alternativos para avaliação do desempenho térmico do edifício: Procedimento Simplificado, Procedimento de Simulação e Procedimento de Medição. Os critérios de desempenho térmico devem ser avaliados, primeiramente, conforme o procedimento simplificado e, caso o sistema construtivo alvo dessa diretriz não atenda às exigências do procedimento simplificado, deve-se proceder à análise do edifício de acordo com o procedimento de simulação ou de medição. O procedimento simplificado tem o objetivo de verificar o atendimento aos requisitos e critérios para o envelopamento da obra, com base na transmitância térmica (U) e capacidade térmica (CT) das paredes de fachada e das coberturas. Os requisitos e critérios mínimos do procedimento simplificado constam na tabela 23:

Tabela 23 – Critérios para o procedimento simplificado de avaliação do desempenho térmico

Item	Ações	Limites								
		Transmitância Térmica (U, em W/(m ² .K))				Capacidade térmica (CT, em kJ/(m ² .K))				
Avaliação do desempenho térmico	Determinar o U e o CT das paredes externas	Zonas 1 e 2				Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8		Zona 8	Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	
		$\alpha \leq 0,6$				$\alpha > 0,6$				
		U ≤ 2,5				U ≤ 3,7		U ≤ 2,5		Sem exigência
	Determinar o U e o CT da cobertura	Zonas 1 e 2		Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8		Ver configurações no anexo D da norma NBR 15220 – parte 3	Ver configurações no anexo D da norma ABNT NBR 15220 – parte 3	
		U ≤ 2,3		$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$			
	Temperatura do ar interior	Verão						Inverno		
		O valor máximo diário da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada deve ser sempre menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior.						Os valores mínimos diários da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada devem ser sempre maiores ou iguais à temperatura mínima externa acrescida de 3°C.		
	Abertura mínima de ventilação nas paredes (A) em % da área do piso do ambiente	Zonas 1 a 7						Zona 8		
		A ≥ 7						A ≥ 12 % da área de piso região norte e A ≥ 8% área de piso regiões nordeste e sudeste.		

FONTE: ABNT NBR 15575:2013 partes 4 e 5. “ α ” é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede. “FV” é o fator de ventilação. Notas:

- 1 - A norma ABNT NBR 15220 – Parte 2 apresenta os métodos de cálculo da transmitância e da capacidade térmica das paredes, indicando os valores tabelados das propriedades físicas necessárias para os cálculos (condutividade térmica e calor específico de uma série de materiais, coeficientes de troca de calor superficial por convecção e radiação – internos e externos);
- 2 - Na NBR 15575-4, observa-se que, no caso de paredes que tenham na sua composição materiais isolantes térmicos de condutividade térmica menor ou igual a 0,065 W/(m.K) e resistência térmica maior que 0,5 (m².K)/W, o cálculo da capacidade térmica deve ser feito desprezando-se todos os materiais voltados para o ambiente externo e posicionados a partir do isolante ou espaço de ar;
- 3 - Para o subsistema de cobertura, o valor de U deve estar contido no intervalo entre 0,5 e 2,3 W/m².K. Caso o valor de U supere 2,3 W/m².K, há necessidade de proceder-se à avaliação detalhada / simulação computacional ou medições em campo conforme procedimentos descritos na ABNT NBR 15575 parte 5;
- 4 - Em todas as zonas bioclimáticas, com exceção da zona 7, recomenda-se que elementos de cobertura com capacidade térmica maior ou igual a 150 kJ/(m².K) não sejam empregados sem isolamento térmico ou sombreamento;
- 5 - A absorvância à radiação solar das superfícies expostas deve ser definida conforme a cor e as características das superfícies externas da cobertura e das paredes expostas previstas no projeto. Caso a cor não esteja definida, a simulação deve ser realizada para três alternativas de cor, ou seja, cor clara ($\alpha = 0,3$), cor média ($\alpha = 0,5$) e cor escura ($\alpha = 0,7$).

2.5.2.5) CONFORTO ACÚSTICO

A ABNT NBR 15575:2013 estabelece critérios para a atenuação acústica dos ruídos de impactos aplicados às lajes de piso e para a isolação ao som aéreo dos pisos, vedação e cobertura da edificação. Considera ainda a necessidade de isolação acústica de paredes de geminação entre unidades autônomas e de paredes divisórias entre áreas privativas e áreas comuns nas edificações multifamiliares. Na presente versão da norma, não são estabelecidos limites para a isolação acústica entre cômodos de uma mesma unidade. Para avaliação acústica dos sistemas construtivos a norma prevê a realização de ensaios de laboratório em componentes, elementos e sistemas construtivos, indicando valores de referência que poderão se traduzir no potencial atendimento da edificação concluída. Através de ensaios padronizados são medidas, em campo, a atenuação acústica na unidade que está sendo avaliada, em relação ao ruído padrão gerado em área comum de edificação multifamiliar ou em unidade geminada contígua.

O ensaio de laboratório visa a mensurar o isolamento sonoro de componentes e elementos construtivos (paredes, janelas, portas e outros), fornecendo valores de referência de cálculo para o desenvolvimento de projetos. Os resultados obtidos são expressos em dB, adotando-se o símbolo: R_w - índice de redução sonora ponderada (*weighted sound reduction index*).

A norma ISO 10052:2004 estabelece um método de se obter uma estimativa do isolamento sonoro global da vedação externa, conjunto fachada e cobertura (no caso de casas térreas e sobrados) e somente fachada (em edifícios multipiso), e do isolamento sonoro global entre recintos internos. Os resultados obtidos são expressos em dB, adotando-se o símbolo: $D_{2m,nT,w}$ - diferença padronizada de nível ponderada a 2m (*weighted standardized level difference at 2m*), sendo as medidas tomadas a 2 metros do elemento a ser verificado.

A norma ISO 140-7:1998 descreve o método de mensuração de ruído de impacto em pisos. Para coberturas acessíveis posicionadas sobre unidades autônomas e entrepisos que separam unidades autônomas, deve ser verificado, além da isolação ao som aéreo, o isolamento de ruídos de impacto resultantes do caminhamento, queda de objetos e outros. Os resultados obtidos são expressos em dB, adotando-se o símbolo: $L'_{nT,w}$ - nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado (*weighted standardized impact sound pressure level*). Os valores obtidos através de ensaios descritos na norma em cada subsistema verificado devem atender aos limites constantes na tabela 24:

Tabela 24 – Requisitos de desempenho acústico

Elemento	Valores mínimos recomendados (dB)				
	Ensaio de laboratório		Ensaio de campo		
	Rw	Rw + 5	(D2m,nT,w)	(D2m,nT,w +5)	L'nT,w
Vedação externa de dormitórios	-	-	25	30	
Fachada	30	35	-	-	
Parede de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo	35	-	30	-	
Parede de dormitórios entre uma unidade habitacional e corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo	45	-	40	-	
Parede entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	50	-	45	-	
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação)	45	-	40	-	
Piso de unidade habitacional, posicionado sobre áreas comuns, como corredores	40	-	35	-	
Piso separando unidades habitacionais autônomas (piso separando unidades habitacionais posicionadas em pavimentos distintos)	40	-	45	-	
Envoltória (vedação vertical + cobertura)	-	-	25	30	
Cobertura	35	40	-	-	
Laje, ou outro elemento portante, com ou sem contrapiso, sem tratamento acústico	-	-	-	-	80

FONTE: ABNT NBR 15575-3:2013. CBIC (2013). Notas:

- 1 - A diferença ponderada de nível, DnT,w, é o número único do isolamento de ruído aéreo em edificações, derivado dos valores em bandas de oitava ou de terço de oitava da Diferença Padronizada de Nível, DnT, de acordo com o procedimento especificado na ISO 717-1;
- 2 - Valores referenciais para fachadas cegas, haja vista que a presença de frestas nas coberturas e nas fachadas altera substancialmente o desempenho acústico da envoltória das edificações, sendo que pequenas frestas podem reduzir em mais de 30% a isolação acústica;
- 3 – O valor referente à laje composta por concreto armado com espessura mínima de 10 cm;
- 4 - No caso de edifício localizado junto a vias de tráfego intenso, seja rodoviário, ferroviário ou aéreo, deve-se utilizar o valor mínimo acrescido de cinco Db ou (+5), conforme ABNT NBR 15575-4.

2.5.2.6) DURABILIDADE E MANUTENIBILIDADE

A edificação como o produto final da realização do sistema construtivo deverá ter uma durabilidade mínima que é diretamente ligada ao seu uso e conservação. De acordo com o CBIC (2013), o termo “durabilidade” expressa o período esperado de tempo em que um produto tem potencial de cumprir as funções a que foi destinado, num patamar de desempenho igual ou superior àquele predefinido. Para tanto, há necessidade de correta utilização, bem como de realização de manutenções periódicas em estrita obediência às recomendações do fornecedor do produto.

A norma técnica ABNT NBR 5674:2012 trata dos requisitos para o sistema de gestão de manutenção e cita inspeções periódicas (inspeções prediais) com o objetivo de preservar as características originais da edificação e prevenir a perda de desempenho decorrente da degradação dos seus sistemas, elementos ou componentes.

Na tabela 25 estão relacionados os elementos que compõem o LSF com as medidas de projeto, essenciais para o atendimento aos critérios de durabilidade e manutenibilidade, estabelecidos na norma ABNT NBR 15575-1 anexo C.

Tabela 25 – Durabilidade e manutenibilidade

Subsistema	VUP (anos)	Medidas de projeto para assegurar a durabilidade de componentes	Verificações
Estrutura	≥ 40	Proteção dos perfis e acessórios metálicos contra a corrosão. Proteção contra a corrosão bimetálica – interfaces entre peças metálicas, por exemplo, o contato de perfis metálicos com tubos de cobre ou caixilhos de alumínio. Atendimento aos requisitos da ABNT NBR 15575-2.	Verificar se o projeto define: proteção contra corrosão (revestimento de zinco ou sistema de pintura) e espessura dessa proteção, além de prevenir o contato entre metais de diferentes potenciais eletrolíticos, evitando corrosão galvânica.
Vedação vertical externa	≥ 40	O tratamento dado às juntas dissimuladas ou visíveis deve ser capaz de suportar as movimentações das chapas da face externa da vedação e outras movimentações provenientes da estrutura de perfis, sem apresentar fissuras e descolamentos que comprometam a estanqueidade dos fechamentos e o aspecto psicológico do usuário. No caso de juntas visíveis tratadas com selantes, recomenda-se adotar fator de forma (relação entre a largura e a profundidade do selante) ao menos de 1:1, conforme ASTM C920. Medidas de projeto que permitam o rápido escoamento da água em fachadas expostas a chuvas, como rufos, beirais maiores que 60 cm, pingadeiras nos peitoris de janelas e detalhamentos dos perfis de acabamento que impeçam o acúmulo de água:	Resistência ao calor ou choque térmico: os painéis das paredes de fachada, incluindo seus tratamentos de juntas e revestimentos, submetidos a dez ciclos sucessivos de exposição ao calor e resfriamento por meio de jato de água, não devem apresentar deslocamento horizontal instantâneo, no plano perpendicular ao corpo-de-prova, superior a h/300, sendo h a altura do corpo-de-prova e ocorrência de falhas como fissuras, destacamentos, empolamentos, descoloração e outros danos. Atendimento aos requisitos da ABNT NBR 15575-4.
Vedação vertical interna	≥ 20	O tratamento dado às juntas deve ser capaz de suportar as movimentações das chapas da face interna da vedação e outras movimentações provenientes da estrutura de perfis, sem apresentar fissuras e descolamentos que comprometam a estanqueidade das vedações de áreas molháveis e o aspecto psicológico do usuário. As paredes deverão ter resistência às solicitações de cargas de peças suspensas atuantes. Diferença de cota mínima de 2 cm entre a base dos quadros estruturais e o piso acabado das áreas molhadas (banheiros e áreas de serviço), e desnível mínimo de 4 cm entre a base dos quadros estruturais e o piso acabado do box, posicionando, nos dois casos, o perfil no nível mais elevado. Para vedações que delimitem áreas molháveis e molhadas, a impermeabilização deverá ser constituída por mantas ou membranas apropriadas para esta finalidade, na interface entre a base dos quadros estruturais e o piso e nas laterais das paredes até a altura mínima de 20 cm. Em todos os cômodos do pavimento térreo é obrigatória a existência de rodapé com material impermeável com pelo menos 7 cm de altura.	Atendimento aos requisitos da ABNT NBR 15575-4.
Pisos internos	≥ 13	Calçada externa ao redor da edificação, com no mínimo 60 cm de largura. Inclinação mínima de 1% do piso da calçada no sentido oposto à fachada.	Atendimento aos requisitos da ABNT NBR 15575-5.
Cobertura	≥ 20	Atendimento aos requisitos da ABNT NBR 15575-5.	Atendimento aos requisitos da ABNT NBR 15575-5.

FONTE: SINAT 003/2010, CBIC (2013) e ABNT NBR 15575, partes 1 a 5.

3 – PROCEDIMENTOS DE PROJETO DO SISTEMA CONSTRUTIVO LSF

Conforme Sabbatini (1989), a pesquisa de desenvolvimento tecnológico no campo dos sistemas construtivos, através da sua subdivisão em processos, métodos e técnicas tem o objetivo de aperfeiçoar a maneira de se construir. O autor sugere que a pesquisa utilize técnicas organizacionais provenientes da indústria moderna e que sejam definidos processos construtivos.

O conjunto de métodos empregados na execução de um subsistema denomina-se um processo construtivo. O processo construtivo LSF apresentado e discutido nesta dissertação é a aplicação deste conceito na busca pela padronização dos procedimentos que envolvem o projeto, cálculo estrutural e especificação de vedações, piso, cobertura e produção de edificações no sistema construtivo LSF.

Os procedimentos sugeridos para o processo construtivo LSF são:

- Estudos preliminares para o projeto integrado;
- Execução do cálculo estrutural;
- Especificação e seleção de materiais e componentes de vedação, piso e cobertura;
- Planejamento e controle da produção dos painéis.

3.1) ESTUDOS PRELIMINARES PARA O PROJETO INTEGRADO

Vivan (2011) afirma que o projeto é a reunião de informações gráficas e textuais que fornecem as condições necessárias para se determinar as características físicas do produto e os meios pelos quais o fruto da concepção intelectual será produzido. A diretriz SINAT 003/2010 e o conjunto de normas técnicas nela referenciadas são os documentos básicos para a condução de um projeto de edificação em LSF.

Fabício (2011) afirma que o projeto é um processo interativo e coletivo, exigindo uma coordenação do conjunto das atividades envolvidas, compreendendo momentos de análise crítica e de validação das soluções sem, no entanto, impedir o trabalho especializado de cada um de seus participantes. A coordenação de projeto deve focar a integração das soluções de projeto com as demandas dos clientes e usuários e as restrições da edificação, ou seja, a coordenação deve empenhar-se para que esses requisitos sejam considerados e respeitados ao longo de todo o processo, por todas as especialidades conforme a figura 7:

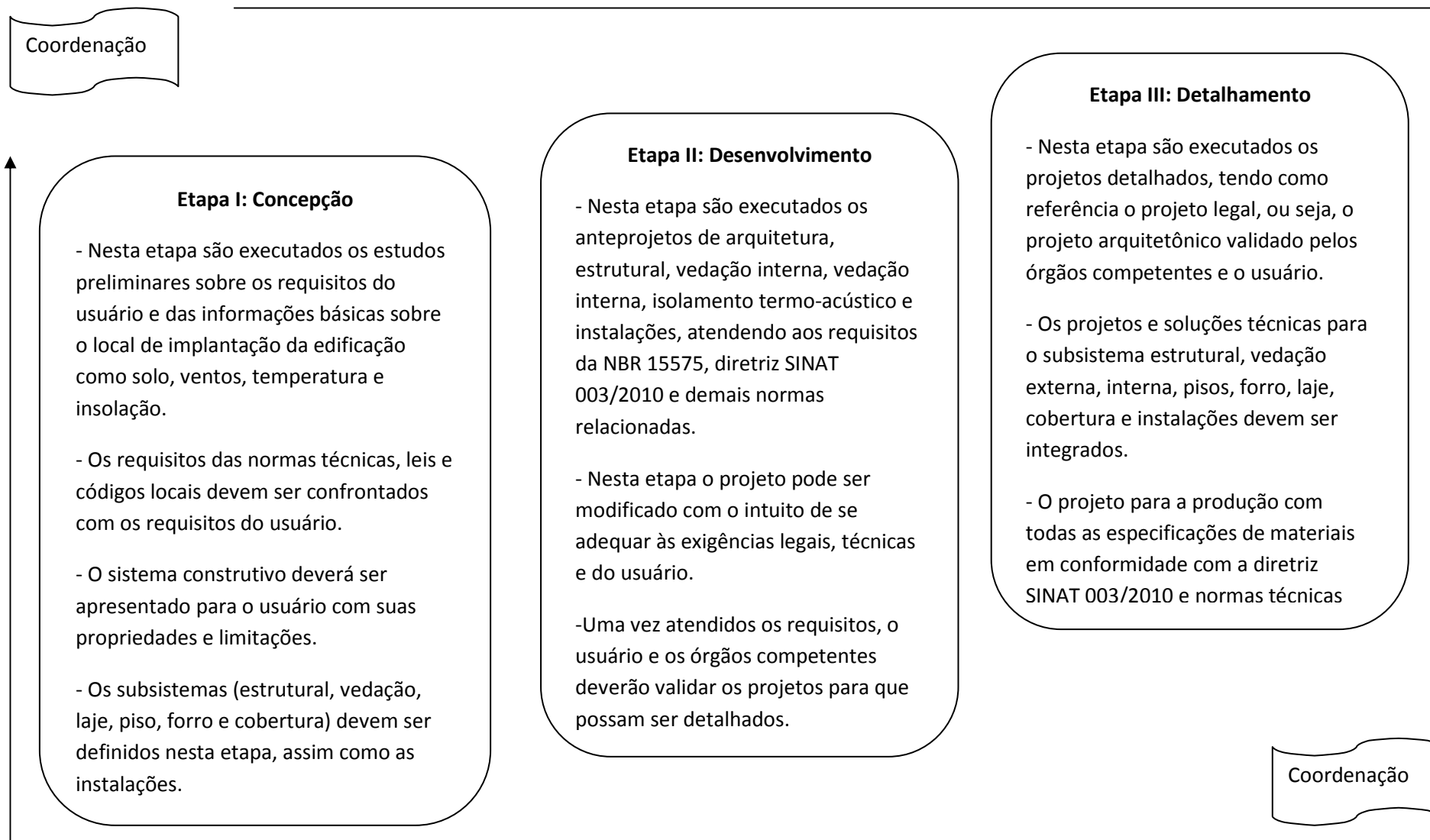


Figura 7: Projeto integrado de edifícios. Fonte: Adaptado de Fabrício (2011).

Conforme a norma ABNT NBR 14762:2010, para assegurar a adequada durabilidade dos perfis e demais componentes de aço formados a frio, tendo em vista o projeto de edificações do sistema construtivo LSF e sua vida útil projetada, os seguintes fatores inter-relacionados devem ser observados na fase de projeto:

- A utilização prevista da edificação;
- O desempenho esperado, ou seja, o comportamento da estrutura frente às condições ambientais e as forças solicitantes;
- As condições ambientais no tocante à corrosão do aço e as medidas visando a sua mitigação;
- A composição química, as propriedades mecânicas e o desempenho global dos materiais;
- Os efeitos decorrentes da associação de materiais diferentes;
- As dimensões, a forma e os detalhes construtivos, em especial as ligações;
- Os planos de inspeção e manutenção predial constantes no manual de uso e operação visando o prolongamento da vida útil projetada da edificação.

3.2) EXECUÇÃO DO CÁLCULO ESTRUTURAL

A diretriz SINAT 003/2010 recomenda que o projeto estrutural de estruturas de sistemas construtivos em LSF seja feito por profissional habilitado e que apresente toda a memória de cálculo, evidenciando as hipóteses de cálculo, cargas consideradas, verificação da estabilidade dos perfis, dimensionamento das ligações (inclusive ancoragens) e estrutura de cobertura. Rodrigues (2012) afirma que no cálculo estrutural do sistema LSF, analogamente ao que ocorre com os demais sistemas construtivos, têm que ser consideradas as premissas de cálculo, onde são estabelecidos os tipos e os valores das ações atuantes e os materiais a serem empregados. Além disto, devem também ser consideradas as normas brasileiras, ou, na falta destas, as normas estrangeiras aplicáveis ao dimensionamento estrutural que se pretende.

Quanto às ações, elas podem ser permanentes, variáveis ou excepcionais. Ações permanentes são as que ocorrem com valores praticamente constantes durante toda a vida útil da construção. Podem ser classificadas de acordo com a origem, em diretas ou indiretas.

Também são consideradas permanentes as ações que crescem no tempo, tendendo a um valor-limite constante.

As ações permanentes diretas são constituídas pelo peso próprio da estrutura e pelos pesos próprios dos elementos construtivos fixos e das instalações permanentes. O peso específico do aço e de outros materiais estruturais e dos elementos construtivos fixos correntemente empregados nas construções, na ausência de informações mais precisas, pode ser comparado aos valores indicados na ABNT NBR 6120:1980. As ações permanentes indiretas são constituídas pelas deformações impostas por retração e fluência do concreto, deslocamentos de apoio e imperfeições geométricas. Os pesos das instalações permanentes usualmente são considerados com os valores indicados pelos respectivos fornecedores.

Ações variáveis são as que ocorrem com valores que apresentam variações significativas durante a vida útil projetada da construção. As ações variáveis comumente existentes são causadas pelo uso e ocupação da edificação, como as ações decorrentes de sobrecargas em pisos e coberturas, de equipamentos e de divisórias móveis, de pressões hidrostáticas e hidrodinâmicas, pela ação do vento e pela variação da temperatura da estrutura. Exemplos de ações variáveis causadas pelo uso e ocupação podem ser obtidos na ABNT NBR 6120:1980, pela ABNT NBR 8800:2008 e, no caso de passarelas de pedestres, pela ABNT NBR 7188:1984. Os esforços causados pela ação do vento devem ser determinados de acordo com a ABNT NBR 6123:1988.

Ações excepcionais são as que têm duração extremamente curta e probabilidade muito baixa de ocorrência durante a vida da construção, mas que devem ser consideradas nos projetos de determinadas estruturas. São ações excepcionais aquelas decorrentes de causas como explosões, choques de veículos, incêndios, enchentes e sismos excepcionais.

Para o dimensionamento do reticulado metálico do Light Steel Framing, deve-se considerar as prescrições da ABNT NBR 14762:2010. Esta norma, com base no método dos estados-limites, estabelece os requisitos básicos que devem ser obedecidos no dimensionamento, à temperatura ambiente, de perfis estruturais de aço formados a frio, constituídos por chapas ou tiras de aço-carbono ou aço de baixa liga, conectados por parafusos ou soldas e destinados a estruturas de edifícios.

Devem também ser consideradas as prescrições da ABNT NBR 6355:2012, que estabelece os requisitos exigíveis dos perfis estruturais de aço formados a frio, com seção transversal aberta e as prescrições da ABNT NBR 15253:2005, que estabelece os requisitos

mínimos para os perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados destinados à execução de paredes com função estrutural, estruturas de entresijos, estruturas de telhados e de fachadas das edificações (“*light steel frame*”). Devem ser determinados os esforços solicitantes (nominais e de cálculo) correspondentes às ações definidas nas premissas de cálculo. Esses esforços são apresentados para as ações atuando isoladamente e combinadas entre si, conforme prescreve a ABNT NBR 14762:2010.

Atendendo ao que prescreve a ABNT NBR 14762:2010, deve ser empregado o procedimento de análise estrutural da ABNT NBR 8800:2008, que estabelece os critérios para avaliar a importância do efeito dos deslocamentos na resposta da estrutura, bem como estabelece limites para emprego da análise linear. Nesse procedimento, permite-se o uso do comprimento de flambagem igual ao comprimento destravado da barra ($K = 1,0$). O emprego de valores de K superiores a 1,0 pode ser substituído por imperfeições geométricas e de material iniciais equivalentes. A ABNT NBR 8800:2008 requer que a estrutura seja avaliada quanto à sua deslocabilidade lateral, seja com o método simplificado de amplificação dos esforços solicitantes (Anexo “D” da norma ABNT NBR 8800:2008), seja com programas que realizem análises de segunda ordem.

Nas estruturas de pequena deslocabilidade e média deslocabilidade, os efeitos das imperfeições geométricas iniciais devem ser levados em conta diretamente na análise, por meio da consideração de um deslocamento horizontal entre os níveis superior e inferior da edificação (deslocamento interpavimento) de $(h/333)$, sendo h a altura do andar. Estes efeitos podem ser levados em conta por meio da aplicação de uma força horizontal equivalente (FHE), denominada de força nocional, igual a 0,3% do valor das cargas gravitacionais de cálculo.

A publicação “Manual de construção em aço: Steel Framing: Arquitetura” (Freitas e Crasto, 2006) apresenta detalhes construtivos do sistema LSF visando a orientar arquitetos e profissionais da área para a concepção de projetos de edificações. O “Manual de construção em aço: Steel Framing: Engenharia” (Rodrigues, 2006) contém os principais conceitos relativos aos perfis formados a frio e o seu dimensionamento e ligações segundo os critérios da norma brasileira.

Nesse manual encontram-se tabelas para o pré-dimensionamento das barras estruturais (montantes, vigas e elementos das tesouras do telhado) dos subsistemas de paredes, pisos e de cobertura para determinados edifícios residenciais com até dois pavimentos. No entanto, o autor adverte que as tabelas de pré-dimensionamento e os

detalhes construtivos são compatíveis para estruturas de aço com revestimento metálico de determinados edifícios residenciais com até dois pavimentos, sendo que as informações contidas no manual não devem ser assumidas como a posição oficial do CBCA com respeito ao sistema e nem restritivas ao uso de outros tipos de barras, elementos, ligações ou técnicas de projeto.

A definição do sistema estrutural à luz do anteprojeto arquitetônico deve levar em consideração as ações atuantes na estrutura e forças solicitantes nos componentes estruturais e suas ligações. No caso de paredes, o espaçamento entre montantes, a quantidade de travessas, bloqueadores, barras de contraventamento e sua ancoragem, são específicos de cada projeto. Uma vez definido o sistema estrutural se deve, a partir do projeto arquitetônico, lançar o reticulado metálico conforme a figura 8:

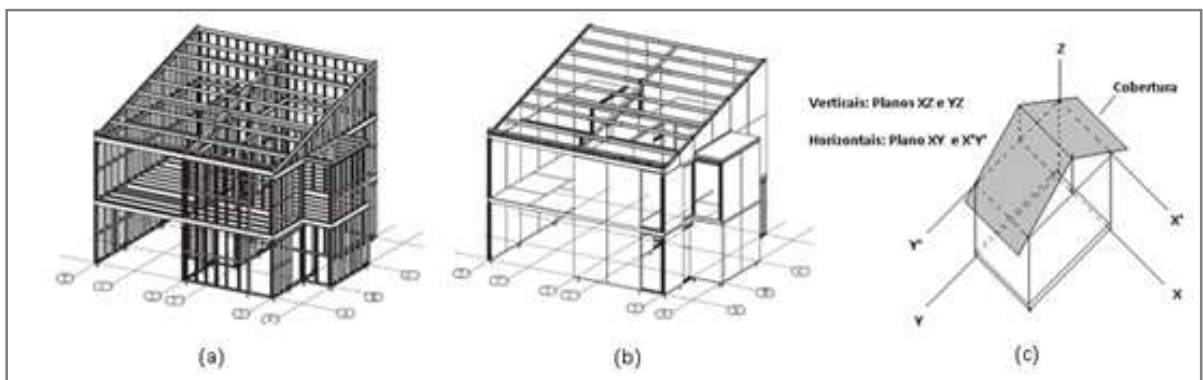


FIGURA 8: Painéis: (a) Reticulado metálico (b) Vedação (c) Posição dos painéis. Adaptado de Dubina (2008).

De acordo com Rodrigues (2008), a estrutura deve ser dividida numa grande quantidade de componentes estruturais de maneira que cada um resista a uma pequena parcela da carga total aplicada.

As paredes, lajes, pisos e cobertura do anteprojeto arquitetônico são representados por painéis que se interagem formando a estrutura da edificação. Os tipos, função e componentes dos painéis estão na figura 9, enquanto na figura 10 estão os fatores que podem influenciar o comportamento do painel, e na tabela 26 as diretrizes para o projeto estrutural:

Painéis Verticais

Tipos: estrutural simples, estrutural com função de diafragma e não estrutural.

Função: os painéis verticais estruturais devem ser dimensionados para suportar todos os esforços solicitantes de cálculo devido às ações permanentes, ações variáveis ou excepcionais, incluindo os esforços transmitidos pelos painéis horizontais a eles conectados. Transmitem os esforços diretamente para a fundação.

Os painéis verticais não estruturais devem suportar o peso próprio de seu reticulado metálico e outros componentes, o peso do revestimento e esforços nele alocados oriundos de peças suspensas, por exemplo.

Principais componentes do reticulado: montantes atuando isoladamente ou em conjunto, a partir da associação de perfis Ue, parafusos, chapas, fitas e cantoneiras. Os montantes também podem ser utilizados em associação a placas de OSB para a formação de painéis diafragmas.

Painéis Horizontais

Tipo: estrutural com função de diafragma.

Função: suportar todos os esforços solicitantes de cálculo devido às ações permanentes, variáveis ou excepcionais; restringir os deslocamentos relativos horizontais entre as vigas ou treliças de entrepiso; participar do sistema de estabilização global da edificação, recebendo os esforços e transmitindo-os para os painéis verticais, que por sua vez, os enviam para a fundação.

Principais componentes do reticulado: perfis U e Ue atuando isoladamente ou em conjunto para a constituição de vigas e treliças; parafusos; chapas; fitas e cantoneiras. Os perfis U e Ue também podem ser utilizados em associação a placas de OSB ou às telhas metálicas para a formação de painéis diafragmas.

Painéis de cobertura

Tipo: estrutural com função de diafragma.

Função: suportar todos os esforços solicitantes de cálculo devido às ações permanentes e ações variáveis ou excepcionais; restringir os deslocamentos relativos horizontais entre as vigas ou treliças do engradamento metálico; participar do sistema de estabilização global da edificação, recebendo os esforços e transmitindo-os para os painéis verticais, que por sua vez os enviam para a fundação.

Principais componentes do reticulado: perfis U e Ue atuando isoladamente ou em conjunto para a constituição de vigas e treliças; parafusos; chapas; fitas e cantoneiras. Os perfis U e Ue também podem ser utilizados em associação a placas de OSB para a formação de painéis diafragmas.

Reticulados metálicos

Tipo: Estrutural.

Função: Formam o esqueleto estrutural dos painéis de paredes, lajes, cobertura, escadas e beirais.

Principais componentes do reticulado: perfis U e Ue atuando isoladamente ou em conjunto para a constituição de montantes, vigas e treliças; parafusos; chapas; fitas e cantoneiras. Os perfis U e Ue também podem ser utilizados em associação a placas de OSB ou às telhas metálicas para a formação de painéis diafragmas.

Figura 9: Tipos, funções e componentes de Painéis. Adaptado de Rodrigues (2008).

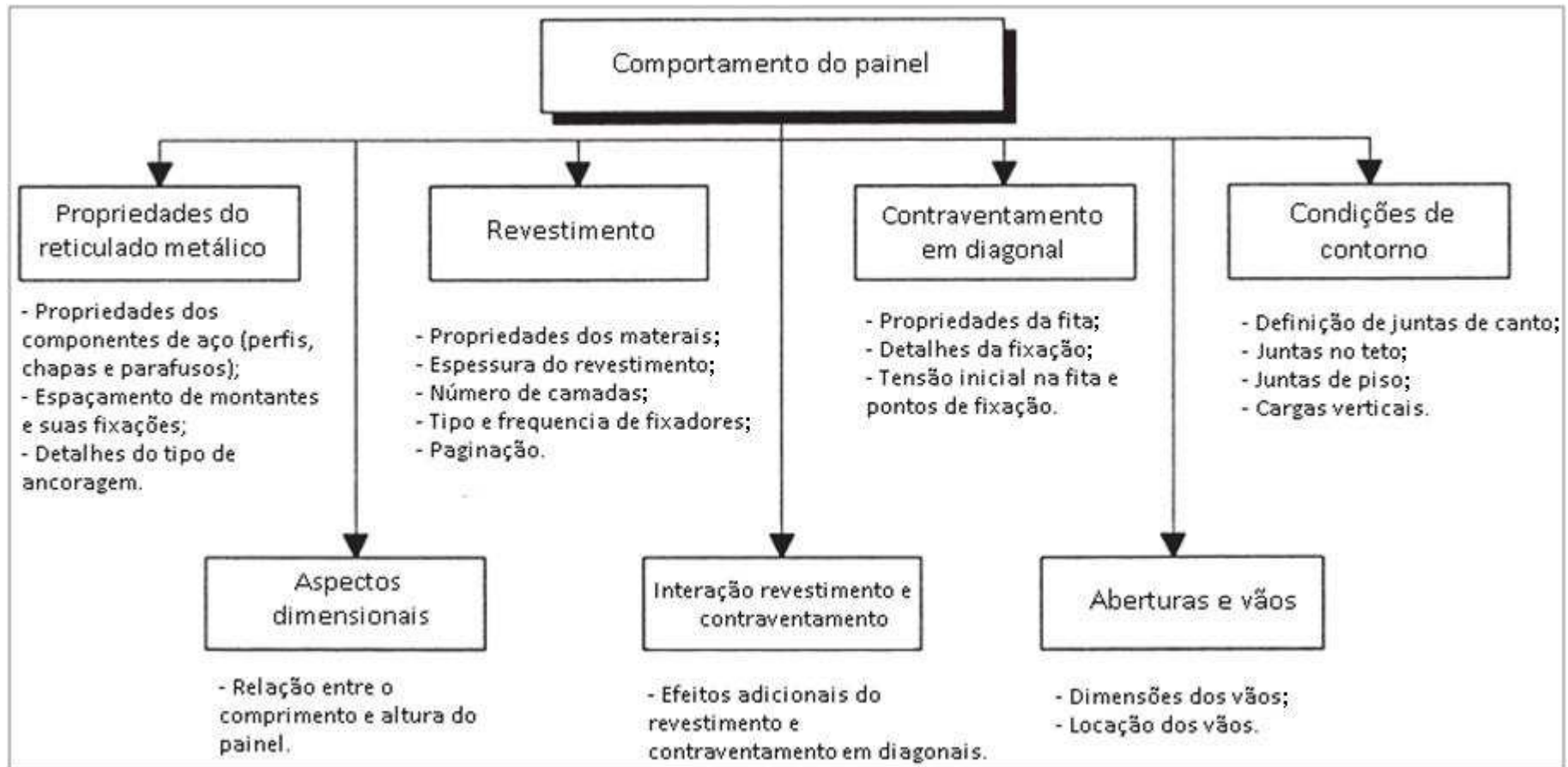


FIGURA 10: Fatores que afetam a estrutura em LSF sob carga lateral. Adaptado de Gad et al 1999.

Tabela 26: Diretrizes para o projeto estrutural

Item	Subitens			Requisitos	
	Componente	Composição	Esforços solicitantes de referência	Diafragma	Contraventamento
Painel vertical	Guia	Perfil U	Compressão	<p>O painel, além das ações que nele atuam diretamente, deve resistir aos esforços provenientes dos pisos e das coberturas, transmitindo-os aos painéis inferiores, com ou sem função de contraventamento. O efeito diafragma pode ser obtido com emprego de fitas ou perfis de contraventamento e/ou com a fixação de placas de OSB em um dos lados do painel.</p>	<p>O painel deve conter fitas dispostas em forma de X, V ou K, com a função de resistir à força de tração; também podem ser utilizados perfis U_e dispostos nas formas de V ou K, com a função de resistir às forças de tração ou compressão. Essas forças que atuam na diagonal são transferidas para os montantes de extremidade do painel de contraventamento que, por sua vez, são transmitidas para as fundações.</p>
	Montantes	Perfil U_e , I_e ou Caixa	Compressão e tração atuando isoladamente. Os montantes das paredes externas são dimensionados à flexo-compressão e à flexo-tração, levando em conta a direção e o sentido da ação do vento, por exemplo.		
	Verga	Perfil U_e , I_e ou Caixa	Momento fletor, força cortante, enrugamento da alma, combinação força contante-momento fletor e combinação enrugamento da alma-momento fletor		
	Bloqueador	Perfil U ou U_e	Compressão e tração atuando isoladamente.		
	Fitas	Chapa REF. NBR 7013.	Tração.		
Painel de laje e cobertura	Vigas	Perfil U_e , I_e ou Caixa	Momento fletor, força cortante, enrugamento da alma, combinação força contante-momento fletor e combinação enrugamento da alma-momento fletor	<p>O conjunto deve formar um diafragma rígido fazendo com que todo o painel tenha apenas movimento de corpo rígido no plano horizontal. Devem ter a capacidade de restringir os deslocamentos relativos horizontais entre as vigas de entrepiso.</p>	<p>Painéis em balanço Quando as vigas do piso em balanço têm a mesma direção que as vigas do piso adjacente a essas vigas devem ter o comprimento em balanço limitado a metade do vão do piso adjacente. Caso o piso em balanço tenha vigas na direção perpendicular às vigas do piso, deve ser feita uma estrutura auxiliar de reforço.</p>
	Bloqueador	Perfil U ou U_e	Compressão e tração atuando isoladamente.		
	Enrijecedor de alma	Perfil U_e	Compressão.		
	Fitas	-	Tração.		
	Placas OSB	Madeira	Momento fletor, força cortante, tração e compressão.		
	Outras placas Estruturais	Compósitos	Momento fletor, força cortante, tração e compressão.		
	Telha metálica	Trapezoidal ou senoidal	Momento fletor, força cortante, enrugamento da alma, combinação força contante-momento fletor e combinação enrugamento da alma-momento fletor; tração e compressão.		

FONTE: Adaptado de Rodrigues (2008).

3.2.1) CONCEITOS BÁSICOS SOBRE O RETICULADO METÁLICO E SUAS LIGAÇÕES

Conforme Rodrigues (2008), os perfis formados a frio (PFF) formam a estrutura que deve ser calculada e projetada para dar suporte e forma à edificação. Além de perfis (Figura 11), o sistema estrutural é composto pelos materiais de ligações entre barras, contraventamento, travamentos laterais e ancoragens. Para as ligações, são utilizados parafusos e chapas. Para o contraventamento são utilizados fitas, perfis de aço e chapas OSB, desde que atendam aos requisitos da diretriz SINAT 003/2010. No travamento lateral e reforço são utilizados perfis cantoneiras e chapa de gousset, e para a ancoragem são utilizados chumbadores.

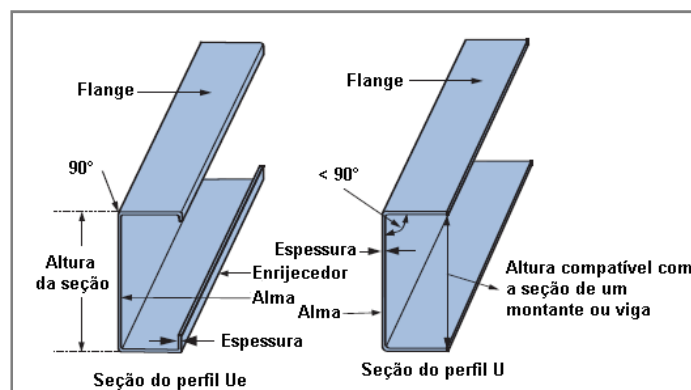


FIGURA 11: Detalhes dos perfis U_e e U.

A norma NBR 15253:2005 admite que se execute abertura sem reforço nos perfis, desde que sejam devidamente consideradas no dimensionamento, o maior eixo de furação coincida com o eixo longitudinal central da alma do perfil e que a geometria dos furos seja de acordo com as medidas constantes na figura 12.

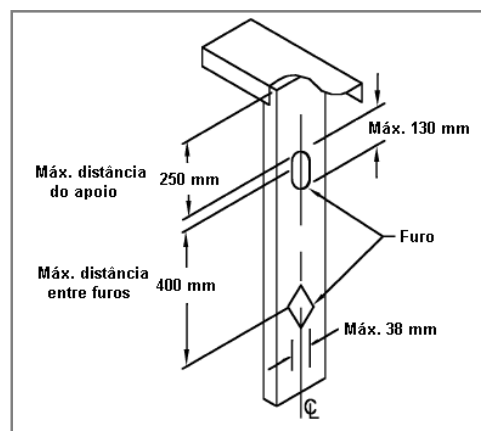


FIGURA 12: Abertura na alma de perfil e distância mínima entre furos. Adaptado ABNT NBR 15253:2005 e NAHB (2000).

É recomendado o reforço na região onde será feita a perfuração conforme a figura 13 ou que o perfil já seja fornecido com as perfurações como na figura 14. A distância entre os centros dos furos sucessivos deve ser de, no mínimo, de 300 mm; a distância entre a extremidade de uma abertura e a face lateral do apoio da viga deve ser de, no mínimo, 250 mm. As medidas toleráveis para as perfurações não podem exceder as que constam na figura 12. Caso sejam excedidos os limites, devem ser previstos reforços nestas aberturas, como exemplificado na figura 13.

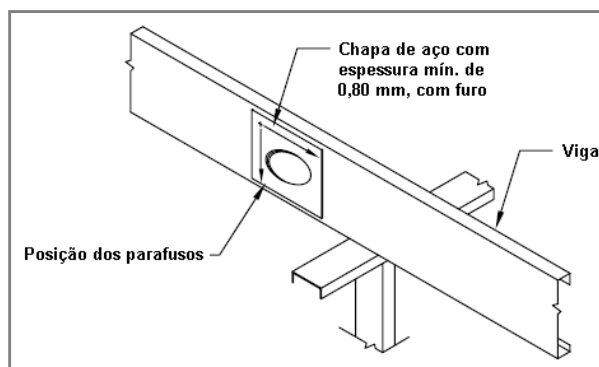


FIGURA 13: Reforço em abertura feita na alma de perfil. Adaptado de NAHB (2000).

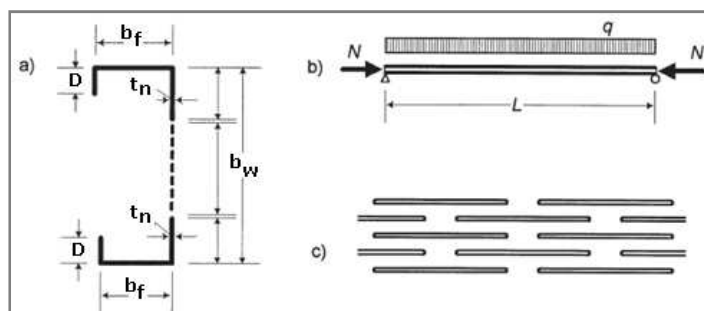


FIGURA 14: Perfil com alma perfurada. Adaptado de Burstrand e Hoglund (2006).

Os perfis formados a frio, além de serem empregados como montantes, podem ser utilizados como bloqueadores e enrijecedores para a criação de vigas e montantes compostos, escadas e painéis em curvas. O bloqueador é um perfil devidamente projetado para combater a tendência de flambagem do montante por flexo-torção e viga por flambagem lateral com torção. São feitos geralmente com perfis U_e com as mesmas características dos montantes ou vigas do painel conforme figura 15.

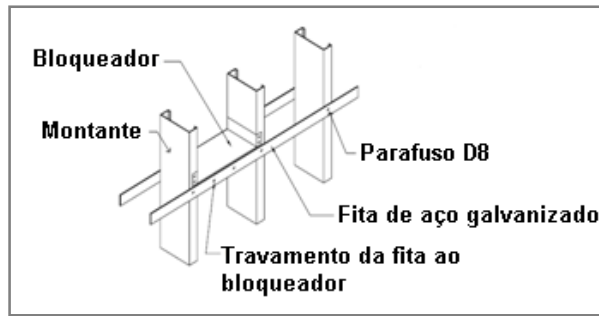


FIGURA 15: Bloqueador e fitas. Adaptado de NAHB (2000).

De forma prática, os bloqueadores devem estar localizados nas extremidades do painel e também espaçados de, no máximo 3,60 m, tanto para montantes como para vigas de piso. São indispensáveis nas proximidades de aberturas de portas e janelas dos painéis e também no centro de painéis longos. A sua conexão é feita por meio de cantoneiras ou de cortes no próprio perfil, resultando em abas que facilitam a sua ligação parafusada aos montantes.

Os enrijecedores de alma são feitos a partir de um recorte de perfil U_e. Servem para aumentar a força resistente ao fenômeno “*web clipping*”, evitando o esmagamento da alma da viga, no caso atuando como um enrijecedor de apoio de vigamentos de painéis de laje. É fixado através da sua alma a alma da viga no apoio por parafusos autoatarraxantes, como na figura 16:

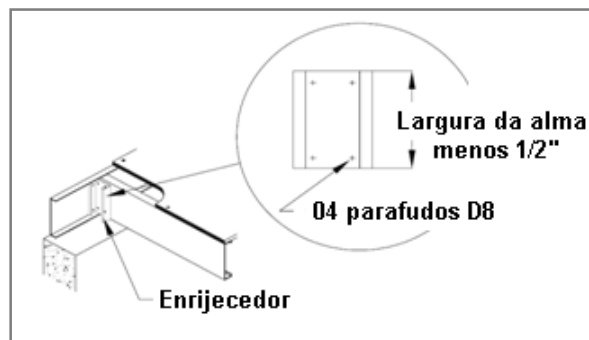


FIGURA 16: Enrijecedor. Adaptado de NAHB (2000).

Em ligações entre perfis e nos contraventamentos são utilizadas fitas, chapas, cantoneiras e emendas com cortes em perfis U. As fitas são usadas no contraventamento efetivo de flambagem global dos montantes do painel (figura 14) e travamento de vigas de entrepiso, devendo ter no mínimo 38 mm de largura. Também são utilizados perfis ligados entre si com o objetivo de aumentar a sua força resistente, conforme a figura 17.

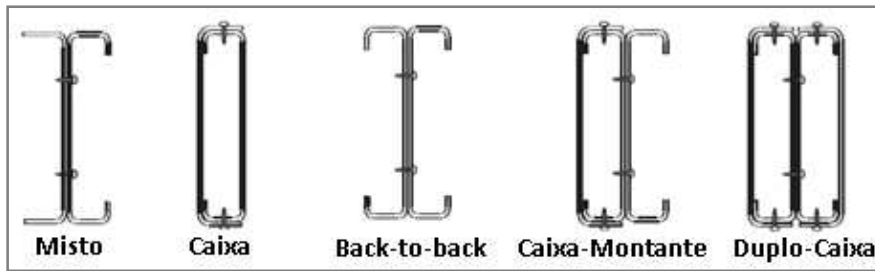


FIGURA 17: Combinação de perfis parafusados. Adaptado de CSSBI (2005).

As fitas, assim como os perfis, devem ser confeccionadas a partir de bobinas de aço zincado de alta resistência, classificação ZAR, com resistência mínima ao escoamento (f_y) de 230 MPa. O revestimento mínimo das bobinas de aço para fitas com revestimento zincado por imersão a quente é de 150g/m² para atmosferas urbanas e rurais. As fitas devem ser utilizadas para o contraventamento e distribuição de tensões em caso de sismos de todos os painéis externos e andares da edificação conforme Figuras 18 e 19.

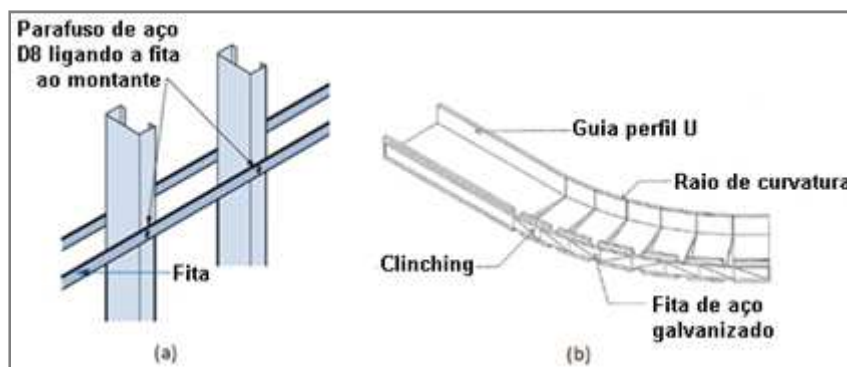


FIGURA 18: fitas: (a) fita de aço galvanizado para restrição rotacional de painéis estruturais e (b) usada para compor componente curvo. Adaptado de CSSBI (2005).

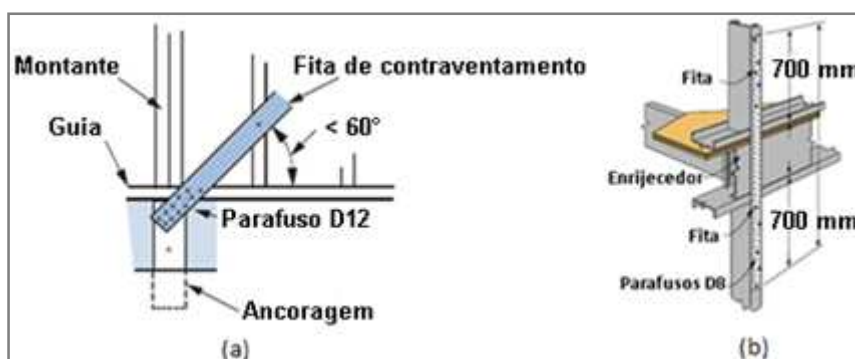


FIGURA 19: detalhes do contraventamento: (a) fita de contraventamento. Fonte: CSSBI (2005). (b) fita para ancoragem de montantes em vigas de entrepiso. Fonte: Simpson S.-Tie (2012).

O ângulo formado entre a fita e o plano horizontal influencia significativamente na capacidade do contraventamento de resistir às forças devidas ao vento. O ângulo deve estar entre 30 e 60°. Os componentes de contraventamento (fitas, perfis, treliças) devem ser contínuos em toda elevação da estrutura. Para dar condições de se tracionar as fitas, são fixadas no canto as placas de gousset. Estas são chapas de aço galvanizado dimensionadas para as ligações em estruturas metálicas. De acordo com Murahasi et al (2008), as cargas axiais resultantes nos painéis de um pavimento devem ser transmitidas mecânicamente ao pavimento imediatamente inferior, até ser finalmente transmitida à fundação, conforme a figura 20 com a devida ancoragem.

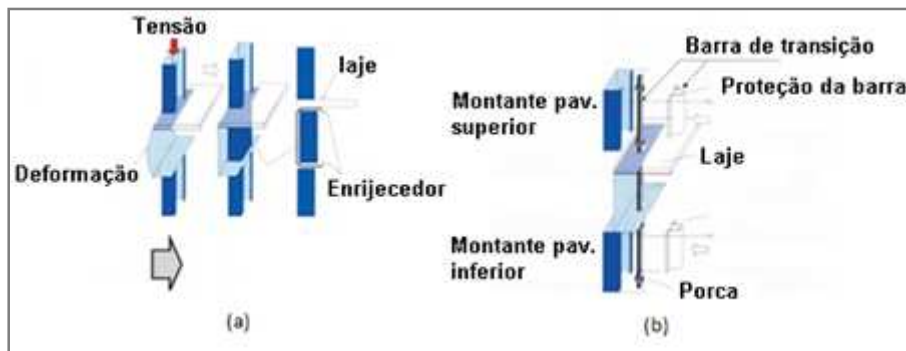


FIGURA 20: detalhes de ligações (a) contraventamento com ligação de painéis transpondo a laje e (b) caminhando até a fundação. Fonte: Adaptado de Murahasi et al 2008.

Chapas de gousset, perfis “L” ou cantoneira (*Clip Angle*) e outros componentes metálicos são recomendadas nas ligações rotuladas ou engastadas. Os componentes de uma ligação devem ser dimensionados de forma que sua resistência de cálculo seja igual ou superior aos máximos esforços solicitantes de cálculo, determinados com base nas combinações de ações para os estados limites-últimos estabelecidos na ABNT NBR 14762:2010. Os suportes e chapas de gousset devem ter a espessura mínima de 0,95mm e podem ser usados conforme a figura 21:

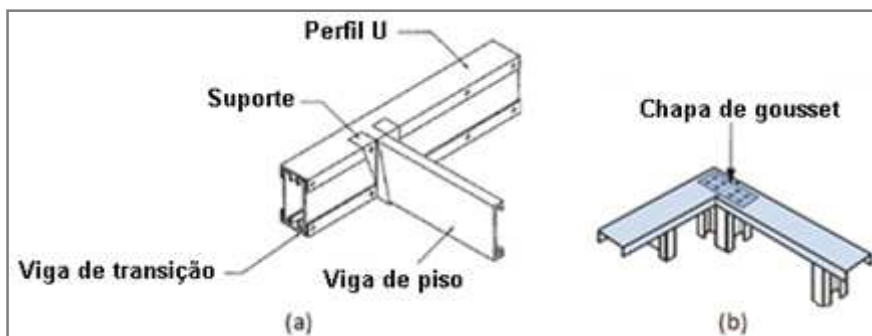


FIGURA 21: chapas: (a) chapa suporte. (b) chapa de Gousset. Adaptado de CSSBI (2005).

As emendas podem ser feitas para complementar as guias conforme a figura 22. As emendas de guias sempre devem ser feitas entre os apoios dos montantes e devem ser evitadas em vigas e em painéis estruturais. As cantoneiras podem ser utilizadas em ligações entre perfis “clip angle” ou como acessórios, por exemplo, os rodapés conforme a figura 23:

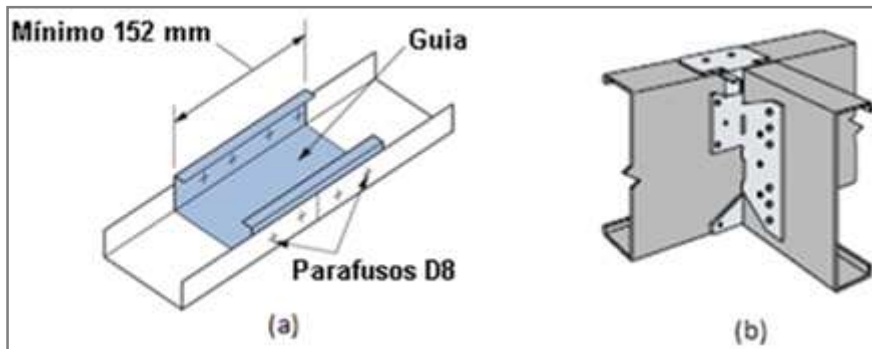


FIGURA 22: ligações: (a) emenda de guias. (b) encontro de perfis usando suporte. Fonte: Simpson S.Tie (2012).

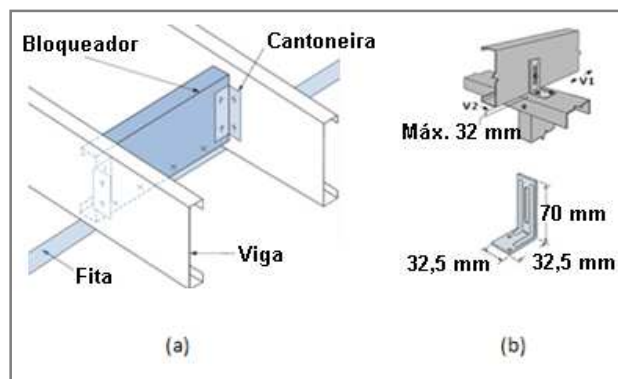


FIGURA 23: cantoneiras (a) ligação utilizando cantoneira ou clip angle em vigas de piso. Adaptado de CSSBI (2005). (b) cantoneira de travamento de vigas. Fonte: Simpson S.Tie (2012).

Em LSF, as ligações entre perfis, chapas, fitas e outros componentes são feitas com uso de parafusos autobrocantes e autoatarraxantes. Segundo Rodrigues (2008), os parafusos em uma ligação do sistema construtivo LSF são projetados para, na maioria dos casos, resistirem à força cortante solicitante. Desta forma, evita se, quando possível, os fenômenos de “pull out” e “pull over” oriundos da força de tração na ligação. A pressão destes parafusos na parede dos furos pode causar a ruína da chapa (a) por esmagamento ou (b) rasgamento entre dois furos consecutivos, (c) rasgamento entre um furo e a borda na direção do esforço e (d) ruptura do parafuso, conforme a figura 24:

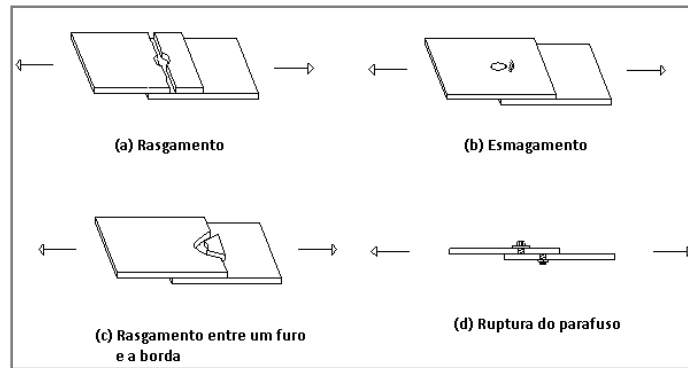


FIGURA 24: Modos de ruína em ligações de pressão por contato. Adaptado de Rodrigues (2008).

Ao se projetar ligações em LSF, os parafusos autobrocantes são recomendados por concentrar em apenas uma operação as funções de perfuração e fixação de componentes. De acordo com Silva e Pannoni (2010), os parafusos são constituídos de cabeça, fuste e rosca. O parafuso é identificado pelo diâmetro do fuste (diâmetro nominal) e a resistência à tração do parafuso é em função do diâmetro do fuste de rosca (diâmetro efetivo). A área efetiva vale aproximadamente 75% da área nominal.

Conforme a norma ABNT NBR 14762:2010, a utilização de parafusos de aço sem qualificação estrutural é tolerada desde que não seja adotado no projeto valor superior a 300 MPa para a resistência à ruptura do parafuso na tração (f_{ub}). Os parafusos devem ser feitos em aço carbono com tratamento cementado e temperado, e ainda devem ser recobertos com uma proteção zinco-eletrolítica para não ativar processos corrosivos nos perfis galvanizados. De acordo com Bertolini (2008), pode ocorrer uma corrosão por contato galvânico entre dois materiais metálicos diferentes em contato com uma solução aquosa.

Medidas devem ser tomadas para que a região das ligações seja isolada de água ou vapor pela possibilidade de formação de uma diferença de potencial entre o metal da chapa e o metal do parafuso, por exemplo, criando uma polarização catódica. Esse fenômeno, também denominado macropilhas, aumenta a velocidade de corrosão e está ligado também aos materiais constituintes e a geometria da estrutura.

Para a realização da ligação entre a fundação e a estrutura em LSF são utilizadas ancoragens metálicas. A escolha da ancoragem depende do tipo de fundação e das solicitações que ocorrem na estrutura, sobretudo devidas à ação do vento. A ligação entre o painel e a fundação deverá ser firmemente ancorada (engastada na fundação), de modo a constituir

painéis com a função de diafragma vertical (painéis de cisalhamento) para resistir às cargas laterais ou “*shear wall*” conforme a figura 25.

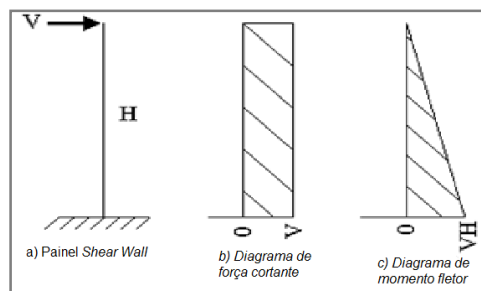


FIGURA 25: Diagramas: (a) Painel. (b) Força cortante. (c) Momento fletor. Fonte: Vitor (2012).

A pressão do vento gera na estrutura ações que podem levar movimentos de translação ou tombamento. A translação é o deslocamento lateral do edifício; tombamento é uma elevação de uma parte da estrutura em que a rotação pode ocorrer. Para resistir à ação do vento, deve haver um momento (binário), sendo que a força de tração do binário deve ser resistida pelo montante onde é fixado o chumbador e a força de compressão pelo concreto da fundação.

Rodrigues (2008) afirma que a ligação entre os painéis e a fundação deve considerar o caminho de carregamento, ou seja, as vedações externas transferindo as ações horizontais (sobretudo as devidas ao vento) ao sistema de piso (vigas de entrepiso). O sistema de piso, por sua vez, atua como diafragmas horizontais rígidos, transferindo tais ações aos painéis estruturais de contraventamento, descarregando-as nas fundações. Na ancoragem da estrutura ao solo há duas tipologias conhecidas:

- A guia inferior do painel, protegida por uma banda acústica, e fixada diretamente sobre a estrutura de concreto armado do radier (previamente dimensionada e com as instalações nela embutidas);
- O painel é ligado a um piso elevado, que trabalha suspenso sobre a fundação (piso elevado), em geral com a configuração de um piso seco.

Murahashi et al (2008) afirmaram que a ancoragem da estrutura à fundação interligada continuamente na vertical (através do painel, laje e pisos) produz uma redução significativa na deformação no topo e tensões na fundação da edificação, conforme a figura 26:

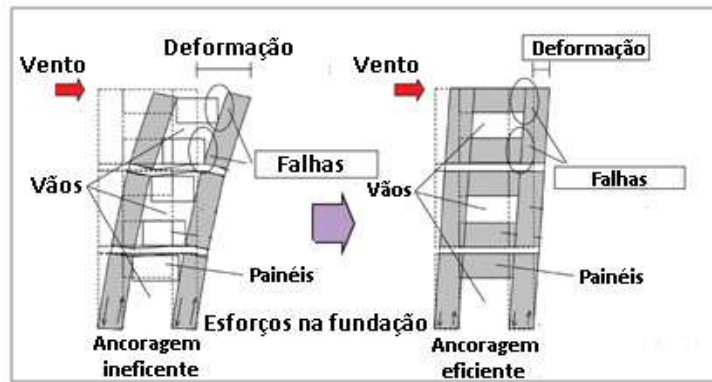


FIGURA 26: transmissão axial de esforços verticais. Fonte: Muhaishi et al (2008).

No LSF, as técnicas de ancoragem utilizadas são a química combinada com barra rosqueada e também a ancoragem mecânica com uso de parabolts expansíveis, combinados com fitas e chapas de ancoragem. São recomendados reforços com uso de cantoneiras ou conectores de ancoragem (*holdown*). Em todas as edificações é recomendada a correta ligação entre o subsistema estrutural de contraventamento com a fundação, através de um dispositivo de ancoragem devidamente dimensionado, conforme a figura 27:

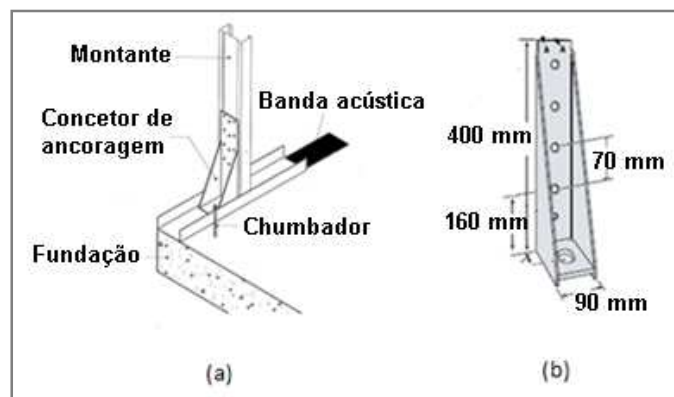


FIGURA 27: ancoragem da estrutura na fundação: (a) exemplo de ancoragem de painéis a fundação. (b) Holdown. Adaptado de Simpson S.Tier (2012).

De acordo com a diretriz SINAT 003/2010, o dispositivo de fixação (chumbador) empregado para fixar os quadros metálicos à fundação e à laje deve ser verificado em função das cargas de vento e da agressividade característica da região onde serão implantadas as unidades habitacionais. A distância entre os chumbadores depende de cálculo estrutural. CSSBI (2005) recomenda o uso de chumbadores com diâmetro mínimo de 12,5 mm (1/2") e com um espaçamento máximo de 2400 mm, não devendo os mesmos ser fixados em locais muito próximos a montantes para não dificultar a execução do torque, conforme figura 28:

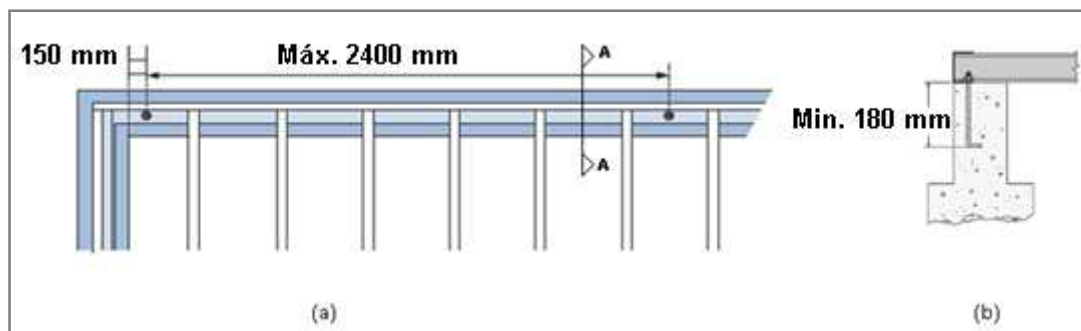


FIGURA 28: chumbadores (a) planta com distanciamento máximo entre ancoragens. (b) corte indicando a profundidade recomendada da barra de ancoragem. Adaptado de CSSBI (2005).

3.2.2) CONCEITOS BÁSICOS SOBRE PISOS E COBERTURAS

3.2.2.1) PISOS

Segundo Rodrigues (2008), no projeto estrutural os perfis que formam os pisos e entrepisos devem atuar como vigas. Atuando de forma contínua ou biapoiadas, as vigas que compõem os painéis devem resistir às solicitações correspondentes, cargas de peso próprio, permanentes e acidentais. No dimensionamento também deve ser considerado o tipo de piso (seco ou úmido). Para Lawson et al (2010), os pisos são formados basicamente por vigas de perfis “U” ou “U_e” alinhados com os montantes, formando sistemas com chapas metálicas, cimentícias, de OSB ou mistas. Também afirmam que este sistema ainda pode ser usado em pisos elevados, sobre pisos ou lajes existentes e sobre vigamentos de concreto armado. Nestes casos, são recomendadas medidas para que os perfis não fiquem em contato direto com fontes de umidade ou sob a ação de agentes químicos presentes no substrato.

Nas vigas, deve-se estabelecer o comprimento destravado de forma que seja evitado o colapso por flambagem lateral com tração (FLT). Uma das soluções construtivas é indicada na figura 29. Note-se a utilização de bloqueadores em perfis U e U_e entre a primeira e segunda vigas e entre a penúltima e última vigas do painel de entrepiso, e de uma fita horizontal passando sob as mesas inferiores das vigas de forma a conectar os referidos bloqueadores. De forma prática, a distância entre os bloqueadores não deve ser maior do que 3,60 m.

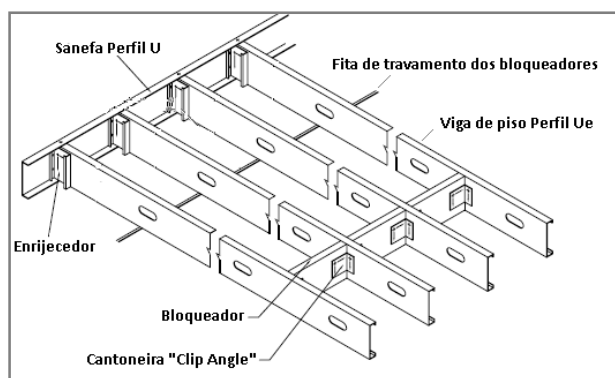


Figura 29: painel típico de piso composto por vigas.

De acordo com Rodrigues (2008), a formação do diafragma rígido em pisos úmidos é obtida a partir da fixação da forma de aço galvanizado às vigas em todo o perímetro horizontal, tornando o painel de vigas um corpo rígido. Em pisos secos, o mesmo efeito é obtido através da fixação das placas de OSB por parafusos espaçados a no máximo 300 mm, formando um plano rígido, conforme a figura 30:

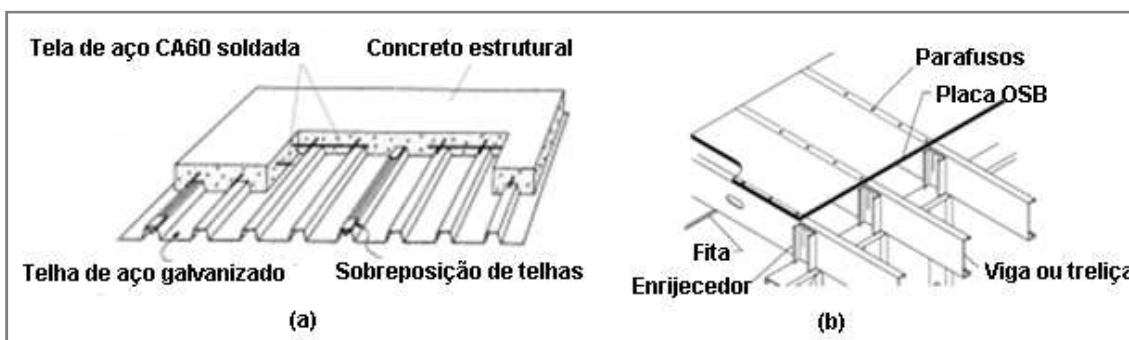


Figura 30: Lajes: (a) telha galvanizada para laje úmida, armadura e concreto. (b) painel formando laje seca.

Segundo RODRIGUES (2008), no dimensionamento estrutural de pisos secos e úmidos, deve se buscar a restrição dos deslocamentos relativos horizontais entre as vigas do entrepiso. Em piso úmido, a fôrma de aço galvanizado deve ser ligada às vigas em todo o perímetro do painel horizontal. Em piso seco, as placas devem estar ligadas com espaçamento a cada 300 mm, sendo capaz de formar um plano rígido, podendo ser discretizado na forma de diafragma rígido para a avaliação dos modelos estruturais.

Devem ser previstas fitas galvanizadas dimensionadas a vincular os painéis horizontais de entrepiso, auxiliando no travamento do painel e restringindo o movimento do corpo rígido somente no plano horizontal. De acordo com CSSBI (2005), os vãos para as escadas e para demais usos devem ser previstos no projeto, com detalhamento do travamento das vigas e

reforços para que as forças concentradas sejam redistribuídas. Recomenda-se que a distância Y indicada na Figura 31 seja restrita, de maneira a não comprometer a resistência do painel.

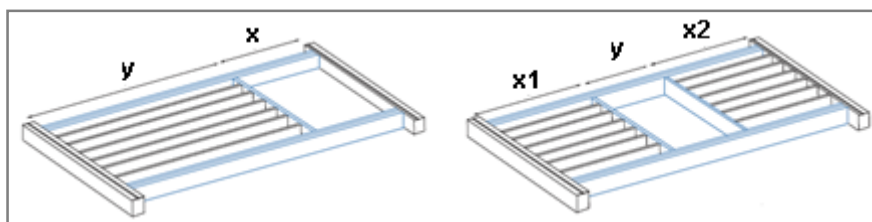


FIGURA 31: aberturas em painéis de laje. Adaptado de CSSBI (2005).

Por se tratar de uma laje em concreto, Carvalho e filho (2010) orientam que para fazer a escolha da altura e da armadura de uma laje é preciso inicialmente conhecer as ações que nela atuarão. Como as vigas da laje em LSF têm modulação de 400 a 600 mm, os vãos livres dessas lajes são reduzidos, dispensando, na maioria dos casos, o uso de armadura adicional, necessitando se apenas da armadura contra a fissuração durante a cura do concreto. Cichinelli (2009) afirma que ao utilizar telhas metálicas onduladas para compor um subsistema de laje para o LSF se deve evitar o uso de aditivos à base de cloretos para a aceleração da cura do concreto, pois podem reagir quimicamente com a proteção galvânica das chapas metálicas.

O uso do piso elevado é indicado para regiões onde ocorre o excesso de umidade na superfície do terreno. Essa configuração mantém a estrutura afastada da umidade, desde que sejam tomadas providências, como o uso de materiais isolantes sob o piso (isolamento de baixo para cima). Esta configuração favorece a proteção da estrutura de agentes corrosivos presentes no solo e na água, conforme figura 32:

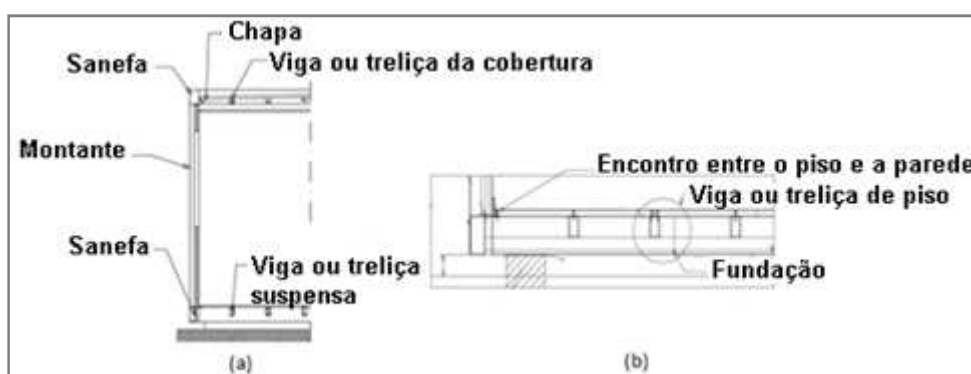


FIGURA 32: piso elevado (a) corte. (b) detalhe. Adaptado de Avis Technique 2/06 – 1205 (2009).

A parte 3 da norma ABNT NBR 15575:2013 estabelece os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam ao sistema de pisos de edificações, independente dos seus

materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado. Para o sistema construtivo LSF se deve também observar as recomendações da diretriz SINAT 003/2010.

Para a execução do acabamento, não há restrições de materiais, desde que seja feita a devida impermeabilização e vedação da laje e entrepiso. O entrepiso é o espaço formado entre a parte inferior e superior das vigas ou treliças do reticulado metálico que forma o piso, conforme a figura 33. Na prática, este espaço é utilizado para a inserção de isolamento acústico, instalações hidrosanitárias, elétricas etc. Os materiais de revestimento para piso com lajes secas ou úmidas recomendados são:

- Vinílicos;
- Laminados de madeira, melamínicos ou PVC;
- Pisos cerâmicos ou porcelanato.

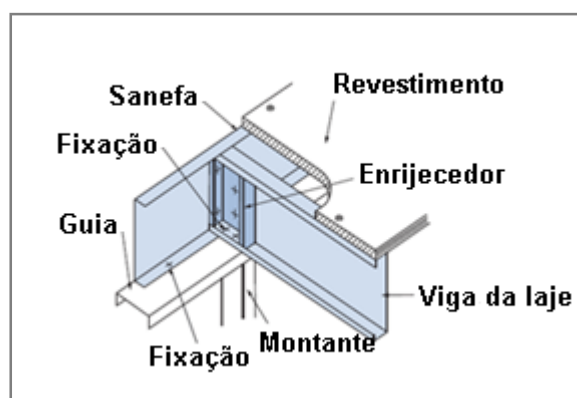


FIGURA 33: Componentes do subsistema de piso.

3.2.2.2) COBERTURAS

Segundo Rodrigues (2008), no projeto das vigas de uma cobertura com estrutura plana e das cordas superiores (caibros) da cobertura inclinada, deve se alinhar a estrutura em função do espaçamento entre os montantes dos painéis de parede. Reforçando o conceito de estrutura alinhada, o projeto estrutural da cobertura deve ser feito de maneira integrada ao sistema de vedação vertical (paredes) e entrepisos (lajes), de maneira a se obter um projeto racional e equilibrado.

De acordo com Lawson et al (2009), o espaço entre a cobertura e o forro das edificações em LSF pode apresentar uma condição favorável à deterioração da estrutura devido ao ciclo térmico que pode ocorrer no interior da edificação, podendo gerar

condensação neste espaço. É recomendada a ventilação adequada deste espaço de maneira a evitar que o calor transmitido pela cobertura forme vapor e provoque corrosão no reticulado metálico. LP (2011) informa que as estruturas de cobertura devem prover a ventilação adequada para eliminar o excesso de umidade no ático e recomenda a ventilação cruzada entre beirais e cumeeiras na proporção de 1,00 m² de ventilação efetiva para 150,00 m² de planta de cobertura. Exemplo: para um telhado de 300,00 m², prever 2,00 m de ventilação da cumeeira e 2,00 m² de ventilação no beiral ou oitão.

Para Consulsteel (2008), os painéis que compõem o sistema de cobertura devem estar ligados aos painéis de vedação para contribuir solidariamente com a rigidez global. Para auxiliar na rigidez dos painéis, é sugerido o contraventamento com fitas estruturais nos painéis de cobertura. Os painéis, além de auxiliar na rigidez da estrutura da cobertura, servem de anteparo para os elementos de cobertura ou telhas.

O peso específico dos componentes que compõem a estrutura deve ser somado ao peso de forros suspensos, materiais de isolamento, equipamentos e acessórios que serão apoiados na cobertura (como painéis solares) e ação do vento. Em geral, somente é considerada a carga devido à água da chuva quando não for dimensionada a drenagem de sistemas de cobertura. A informação sobre dimensões, inclinação, tipo de cobertura e materiais devem constar no projeto arquitetônico.

Para a obtenção de um sistema de cobertura com menor peso específico, que facilita a sua montagem, são sugeridas as seguintes configurações:

- Placa de OSB, manta protetora tipo feltro crepado e telhas autselantes compostas por fibra de vidro e manta asfáltica (shingle), cujo peso é de aproximadamente 10,00 kg/m²;
- Placa de OSB, manta protetora e telhas compostas de fibras orgânicas (vegetais) impregnadas com asfalto, cujo peso é de aproximadamente 4,00 kg/m².

Outros tipos de telhas podem ser utilizados no sistema, cabendo ao projetista ter em mãos dados sobre o seu peso específico, declividade e disponibilidade na região. Um aspecto importante é fazer o detalhamento do subsistema de cobertura, sempre especificando uma manta protetora sob as telhas, de modo a assegurar que, se porventura ocorra algum problema no telhado, a água não tenha acesso à estrutura e ao interior da edificação, até que seja feito o reparo. Não é recomendado o uso de coberturas que não tenham um subsistema capaz de evitar a penetração de água na interface entre as paredes e o sistema de cobertura e sobre forros de gesso acartonado. A manta protetora deve ser composta de material

impermeável no sentido de cima para baixo e permeável a vapores no sentido contrário. A fixação das telhas e acessórios deve ser detalhada em projeto, assim como a inclinação mínima exigida pelo fornecedor das telhas.

3.3) ESPECIFICAÇÃO E SELEÇÃO DE MATERIAIS E COMPONENTES DE VEDAÇÃO, PISO E COBERTURA

A Norma Brasileira ABNT NBR 15575:2013, parte 4, estabelece os requisitos mínimos de desempenho para sistema de vedação vertical interno e externo – SVVIE. Além dos requisitos de desempenho estrutural, desempenho dos materiais e estanqueidade, são relacionados os requisitos de desempenho térmico e acústico, nos quesitos transmitância térmica (U), capacidade térmica (CT) e aberturas para ventilação (troca de calor). A mesma norma cita os quesitos para o desempenho acústico, como o nível de ruído admitido na edificação.

3.3.1) SELEÇÃO DOS REVESTIMENTOS PARA ATENDIMENTO AOS REQUISITOS DE DESEMPENHO TÉRMICO

Conforme Lawson et al (2010), juntamente com os painéis, as chapas que formam o sistema de vedação vertical devem assegurar o princípio denominado “painel quente”. Tal princípio preconiza que estando o painel devidamente enclausurado pelas chapas, ele mantém uma temperatura no interior da vedação que minimiza o risco de condensação intersticial. A condensação produz umidade no interior da vedação, o que pode diminuir a sua vida útil.

De acordo com Chichierchio (1990), o objetivo de um isolamento é controlar ao máximo as condições térmicas de um meio habitado diante dos agentes térmicos hostis. Para o estudo do desempenho de um componente que faz o invólucro do ambiente, é usual juntar simultaneamente o desempenho particular que um material apresenta perante os fenômenos de radiação, convecção e condução térmica. A Norma Brasileira ABNT NBR 15220-2:2005 sugere o método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, atraso térmico e fator solar de componentes de edificações. Na ausência de informações sobre o material a ser utilizado, é recomendada a determinação da resistência térmica (R) de elementos e componentes. O inverso da resistência térmica total (R_T) de uma parede é a transmitância térmica ou coeficiente global de transferência de calor (U) da mesma.

Segundo Chichierchio (1990), o coeficiente de condutibilidade térmica (λ) indica a capacidade que um material possui em transmitir calor e é utilizado na classificação de materiais isolantes ou condutores. Em edificações em LSF, o coeficiente λ pode ser definido como o fluxo de calor que atravessa por unidade de área de uma chapa, com espessura unitária, quando entre as faces da chapa ou placa se estabelece uma diferença de temperatura unitária.

A diretriz SINAT 003/2010 recomenda que conste no projeto a especificação do material, sua espessura, densidade, condutividade térmica máxima (λ) de 0,06 W/m°C e a resistência térmica mínima (R) de 0,5 m² °C/W. Para Stromberg et al (2001), a vedação externa deve ser projetada de maneira a minimizar o efeito da ponte térmica que pode ocorrer entre o ambiente externo e interno da edificação, garantir a rigidez do sistema estrutural e servir como uma barreira para efeitos ambientais. Para Bertolini (2008), pode ocorrer a condensação da água na superfície de um metal devido às diferenças de temperatura entre a área externa e interna da edificação. Um exemplo é a formação de orvalho sobre uma superfície fria em contato com o ar úmido. O resfriamento leva o ar a condições de saturação e provoca a condensação do vapor aquoso nele contido.

De acordo com CSSBI (2005), como os painéis compostos de perfis formados a frio do sistema construtivo LSF são bons condutores térmicos, é imprescindível a incorporação de detalhes construtivos que limitam a transferência de temperatura nos painéis, com atenção especial aos painéis externos e painéis que ligam o interior ao exterior da edificação, conforme a figura 34. Estas estruturas formam uma ponte térmica que, se não forem bloqueadas, causam uma substancial perda de temperatura interna, além de condensação no interior dos painéis. Para que ocorra o bloqueio da ponte térmica, pelo menos 25% do isolamento térmico requerido deve ser instalado no lado mais frio do painel.



FIGURA 34: ponte térmica através de painel. Adaptado de CSSBI (2005).

O lado frio do painel é a face da vedação vertical que está em contato direto com o meio ambiente ou compartimentos frios da edificação. Isto manterá o painel e suas cavidades com temperaturas mais elevadas, reduzindo o potencial de condensação e aumentando a durabilidade do sistema.

Juntamente com as membranas, o isolamento contribui para a composição do bloqueio da barreira de vapor e vento. De acordo com Terni et al (2008), os isolantes térmicos e acústicos instalados entre as placas e os montantes podem ser de lã de rocha, lã de vidro e painéis de EPS. Um material formado por fibras de poliéster (PET) recicladas a partir de garrafas, conhecido como lã de pet, também é uma opção de material a ser avaliada.

Na concepção da estrutura da laje, pode-se projetar um entrepiso, que pode ser utilizado para a criação de barreiras para isolamento térmico e acústico. Em estruturas formadas por chapas metálicas, também é possível criar barreiras para isolamento, porém os elementos deverão ficar sob a laje. Na tabela 27 constam algumas propriedades de isolantes térmicos utilizados na construção civil.

3.3.2) SELEÇÃO DE MATERIAIS PARA ATENDIMENTO AOS REQUISITOS DE DESEMPENHO ACÚSTICO

Segundo a Norma Brasileira ABNT NBR 15575:2013, parte 4, deve ser determinado em campo e de maneira rigorosa o isolamento sonoro global da vedação externa (conjunto fachada e cobertura em casas térreas e sobrados e a fachada em edificações multipiso), obtendo de forma direta o comportamento acústico do sistema conforme o método da norma ISO 140-5. Os parâmetros acústicos de verificação da Norma são o R_w (índice de redução sonora ponderada – medido em laboratório), $D_{n,t,w}$ (Diferença padronizada de nível ponderada – medida in loco em vedações verticais e horizontais) e $D_{2m,nT,w}$ (Diferença padronizada de nível ponderada a 2 m de distância da fachada – medida in loco em fachadas/coberturas). A diretriz SINAT 003/2010 recomenda que juntamente com a especificação dos materiais de isolamento acústico sejam apresentados a sua espessura, densidade e o coeficiente de absorção sonora.

O som que incide em um material tem uma parte refletida, parte é absorvida pelo mesmo e outra é transmitida através dele, caracterizando-o como refletor, absorvente e isolante. O material rígido transmite o som porque as ondas se propagam e o material entra em vibração ao receber o som. Materiais densos dificultam a propagação do som medido pelo índice de perda de redução sonora ponderado (R_w), expresso em dB. Ainda segundo o autor,

em vedações verticais, cada componente que separa o meio externo do interno deixará passar uma quantidade de energia sonora incidente, proporcional à sua área e o seu coeficiente de transmissão sonora. O coeficiente de transmissão sonora (τ) é a relação de energia sonora que atravessa um material qualquer, de uma espessura prefixada, por unidade de área e a quantidade de energia incidente. Este coeficiente irá determinar diretamente o índice de enfraquecimento ou redução sonora R_w .

De acordo com Chichierchio (1990), a variável (R_w) é a mais importante para determinar o desempenho acústico de um componente no que diz respeito ao seu desempenho no isolamento acústico entre diferentes locais. A definição da frequência sonora depende da distribuição espectral, principalmente na faixa mais audível (125 a 4.000 Hz). Para a determinação da necessidade de isolamento em cada paramento são realizados testes em campo para medir o desempenho acústico, cujos valores desejáveis e métodos constam na Norma ABNT NBR 15575:2013, parte 4. Nas tabelas 28 e 29 constam parâmetros empíricos de avaliação e propriedades de materiais utilizados para tratamento acústico de edificações.

Tabela 27 – Isolantes térmicos usualmente utilizados em edificações.

Material	Composição	Massa	Espessura do isolante (mm)	Condutividade térmica (λ) em W/(m.k) a 24°C	Resistência térmica m ² .(k/w)
Lã de vidro	Sílica, sódio e resinas sintéticas	65 kg/m ³	50	0,045	1,52
Lã de rocha	Rochas basálticas e resinas	100 kg/m ³	15	0,045	1,40
Lã de PET	Fibras de poliéster oriundas de garrafas PET	35 kg/m ³	50	0,039	1,28
EPS	Poliestireno expandido	30 kg/m ³	50	0,035 a 0,040	1,80
XPS	Poliestireno extrudido	25 kg/m ³	50	0,035	1,43
Espuma de poliuretano	Espuma de poliuretano	32 kg/m ³	20	0,030	-
Agregado leve (vermiculita)	Vermiculita	100 kg/m ³	-	0,20	-

FONTE: Lamberts (2012). Drywall (2010).

Tabela 28 – Parâmetros empíricos de avaliação para isolantes acústicos utilizados em edificações.

Quantificação do isolamento	Perda de transmissão (PT)	Condições de audição
Pobre	<30dB	Conversação normal audível com alto índice de inteligibilidade.
Regular	30 a 35 dB	Conversação em voz alta audível com bom índice de inteligibilidade. Conversação normal razoavelmente entendida.
Bom	35 a 40 dB	Conversação em voz alta audível com baixo índice de inteligibilidade. Conversação normal audível com baixo índice de inteligibilidade.
Muito Bom	40 a 45 dB	Conversação em voz alta pouco audível. Conversação normal não pode ser escutada.
Excelente	>50 dB	Conversação em tom de voz bastante alterado, fracamente audível e com baixo índice de inteligibilidade.

FONTE: Adaptado de Gerges (1992).

Tabela 29 – Propriedades de redução acústica de alguns materiais utilizados nos painéis.

Material	Composição	Espessura do material (mm)	Massa superficial (Kg/m ²)	Rw (dB)
Lã de vidro	Sílica, sódio e resinas sintéticas	50	40	43
Lã de rocha	Rochas basálticas e resinas	50	-	48
Lã de PET	Fibras de poliéster oriundas de garrafas PET	50	35	40
EPS*	Poliestireno expandido	50	25	-
Vidro	Vidro plano comum	4	10	30

Fontes: Grotta (2009), Isover, Neothérmica, Thermax e Abrapex. *O EPS não contribui na redução acústica.

3.3.3) SELEÇÃO DE MATERIAIS PARA ATENDIMENTO AOS REQUISITOS DE ESTANQUEIDADE A ÁGUA

Na norma ABNT NBR 15575:2013, parte 4, encontra-se o requisito – infiltração de água nos sistemas de vedação externa (fachadas) - que determina que o subsistema seja estanque à água proveniente de chuvas, incidentes e de outras fontes. O objetivo principal do sistema de revestimento é formar uma espécie de envelopamento da fachada para evitar a entrada de água ou umidade. No subsistema de vedação, os pontos mais comuns onde ocorre a entrada de água são o entorno de janelas e transição de vedação para caixilhos, piso e teto.

Segundo Bertolini (2008), quando um material poroso é exposto à atmosfera em condições de equilíbrio e sem contato com a água líquida, o teor de umidade depende essencialmente da umidade relativa do ambiente e da estrutura do material. Em materiais porosos, as moléculas de água podem ser absorvidas na superfície do poro devido ao dipolo elétrico formado entre a superfície, caracterizada em geral por um excesso de carga negativa, conforme a figura 35 ou pela absorção capilar. Quanto menor o diâmetro dos poros, maior a superfície específica e a quantidade de água absorvida (superfície de material hidrófilo). Em fachadas com material não poroso, o vapor de água presente no ar só pode condensar quando a pressão do vapor é maior que a pressão do vapor de equilíbrio correspondente à temperatura da vedação.

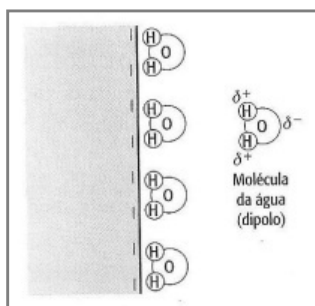


FIGURA 35: interação das moléculas de água e um material de construção. FONTE: Bertolini (2008).

A condensação ocorre freqüentemente em paredes frias, isto é, temperatura inferior à do ar. Inversamente, a água pode evaporar quando se criam situações opostas. A evaporação da água absorvida em materiais porosos pode produzir uma contração dimensional do material. Quando um líquido entra em contato com um material poroso não saturado pode ser absorvido por causa de uma depressão produzida pela ação capilar entre o líquido e a estrutura porosa do sólido. A depressão atrai a água para o interior do próprio pólo, conforme

a figura 36. Materiais hidrófobos ou hidrorrepelentes têm na superfície uma pressão nos poros capaz de expelir a água, cujo contorno tende a formar um ângulo $\theta > 90^\circ$. Erros na especificação de vedações sem características hidrorrepelentes e instalação combinados com a ausência de selantes podem provocar a condensação ou penetração de água no interior do painel.

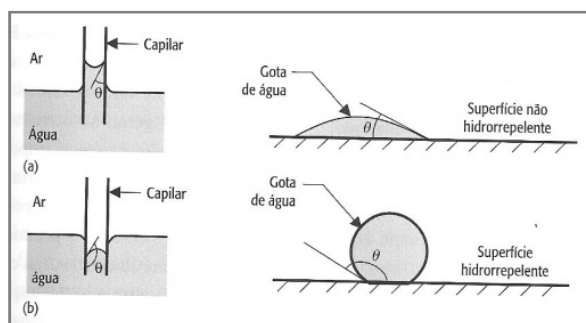


FIGURA 36: superfícies em contato com água: (a) comportamento de um material hidrófilo e (b) hidrófobo ou hidrorepelente. FONTE: Bertolini (2008).

De acordo com Chichierchio (1990), a densidade, a porosidade, a temperatura e a umidade podem influenciar no coeficiente de dilatação térmica, por exemplo, quanto maior a umidade, maior a qualidade de calor transmitido. Logo, a água que atinge o material, seja por projeção, infiltração ou vapor, pode anular as vantagens de um material isolante térmico. Em construções no sistema construtivo em LSF, deve-se evitar a condensação de vapor de água que se produz no interior dos painéis, que se estabelecem quando há diferença pronunciada entre as temperaturas externas e internas.

Em Bertolini (2008) consta que a certas temperaturas (ou intervalos de temperatura), podem ocorrer transformações na microestrutura do material, que modificam visivelmente as suas propriedades. Devido à dilatação térmica, o volume específico aumenta com a temperatura. No caso de um material cristalino (puro), em geral se verifica um brusco aumento do volume específico quando se atinge a temperatura de fusão (T_m). No caso de um material amorfo, a passagem do estado fluido ao estado sólido, durante um resfriamento veloz, reduz seu volume específico rapidamente. As variações dimensionais de origem térmica são resultado do aumento ou diminuição da distância entre os átomos que constituem o material.

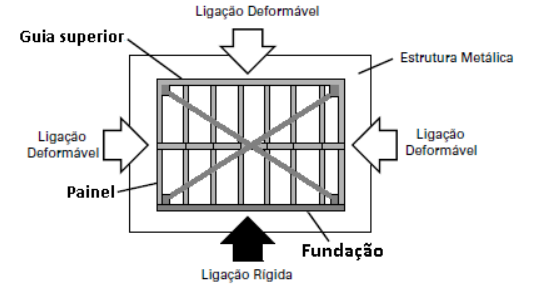
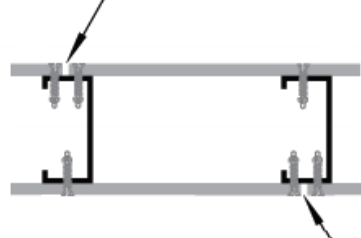
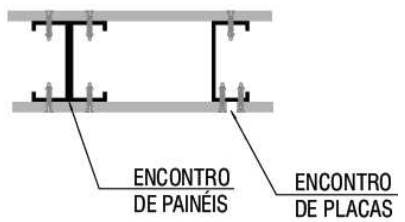
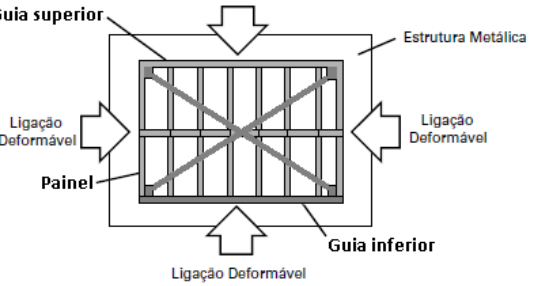
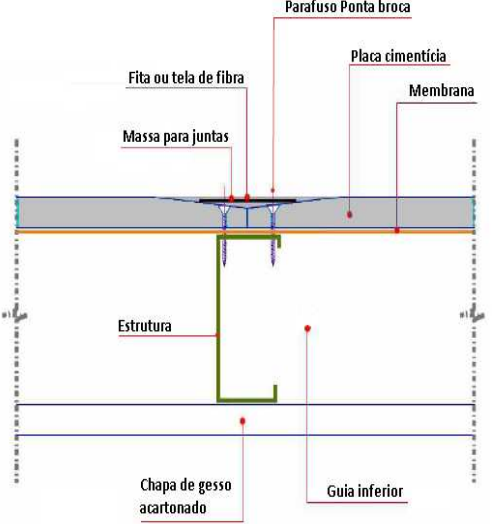
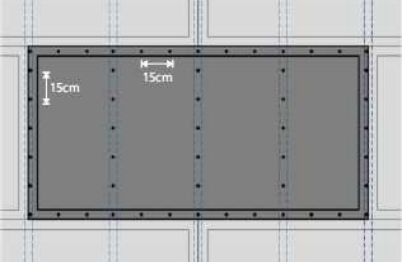
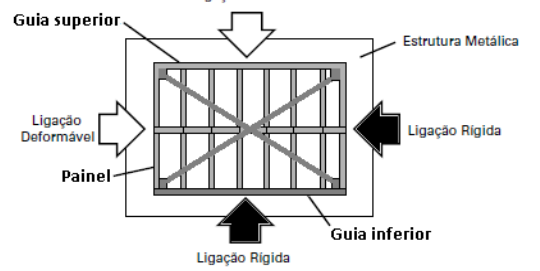
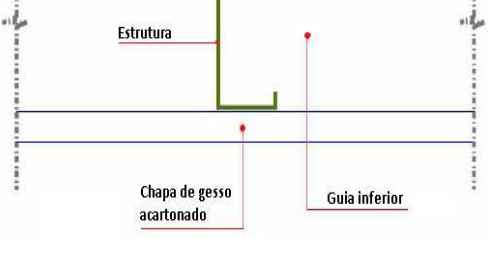
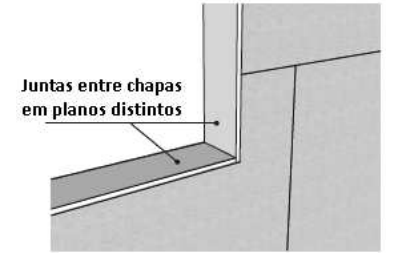
Na camada externa, o uso sidings ou materiais que apresentam estabilidade dimensional e nenhuma ou baixa reatividade química com o ambiente são vantajosos por vedar a estrutura dos ciclos de seco-molhado, além de variações de temperatura e efeitos de

ventos. Estas interações com o ambiente externo podem gerar, em materiais porosos, a absorção de água, provocando uma expansão e tensões internas, que podem gerar fissuração após a ocorrência de cristalização no interior dos poros devido à reação química dos sais presentes na água com o substrato.

Em regiões do país onde a média de temperatura ambiente é mais baixa, segundo a CSSBI (2005), deverá ser feito um isolamento especial para bloquear a ponte térmica que pode se formar entre o sistema de vedação e os painéis metálicos. Para tal, recomenda-se o uso de uma camada de revestimento rígido, que pode ser composta de poliestireno extrudado ou expandido, ou um material que apresente alta densidade superficial e baixa condutividade térmica.

Para a escolha de caixilhos, a recomendação é que além de atenderem aos requisitos técnicos e normativos, sejam compatíveis com o sistema construtivo LSF. Deverão ser detalhadas no projeto as interfaces entre os subsistemas de caixilhos e de vedação para evitar que nestes pontos ocorram falhas. Na tabela 30 consta a matriz de interfaces para a especificação do subsistema de vedação externa.

Tabela 30 – Matriz de interfaces para o subsistema de vedação vertical

1 – Interface na decisão do tipo de fachada.	2 - Interfaces entre fachada e outros subsistemas do edifício. (Estrutural)	3- Interfaces com especificações e detalhes de projeto da fachada. (Interfaces entre painéis)	4- Interfaces com a execução. (Escolha da melhor solução após a definição dos critérios das colunas anteriores)
<p>Tipo de fachada (Essa definição depende de estudos de viabilidade técnica e do zoneamento bioclimático).</p>	 <p>Diagrama de interface estrutural. Um painel é fixado a uma estrutura metálica superior por uma ligação deformável. A base do painel é conectada a uma fundação por uma ligação rígida. Ligações deformáveis também conectam o painel lateralmente à estrutura metálica.</p>	<p>3.1 – Paginação de placas e juntas.</p>  <p>Diagrama de juntas escalonadas. Mostra duas placas horizontais com juntas que se deslocam horizontalmente em relação a uma placa inferior, criando uma superfície escalonada.</p>	<p>3.3 – Encontros de painéis.</p>  <p>Diagrama de encontros de painéis e placas. Mostra a junção de dois painéis e duas placas, com rótulos para 'ENCONTRO DE PAINÉIS' e 'ENCONTRO DE PLACAS'.</p>
	 <p>Diagrama de interface estrutural. Um painel é fixado a uma estrutura metálica superior por uma ligação deformável. A base do painel é conectada a uma guia inferior por uma ligação deformável. Ligações deformáveis também conectam o painel lateralmente à estrutura metálica.</p>	<p>3.2 – Escolha dos materiais para tratamento de juntas.</p>  <p>Diagrama de tratamento de juntas. Mostra uma seção transversal de uma junta com camadas de fibra ou tela, massa para juntas, membrana e parafusos de ponta broca fixando uma placa cimentícia à estrutura metálica inferior.</p>	<p>3.4 - Fixação</p>  <p>Diagrama de fixação. Mostra a fixação de uma placa retangular de 15cm de espessura e 15cm de largura em uma estrutura metálica.</p>
	 <p>Diagrama de interface estrutural. Um painel é fixado a uma estrutura metálica superior por uma ligação deformável. A base do painel é conectada a uma guia inferior por uma ligação rígida. Uma ligação rígida também conecta o painel lateralmente à estrutura metálica.</p>	 <p>Diagrama de detalhe de juntas entre chapas em planos distintos. Mostra a junção de duas chapas de gesso acartonado em planos diferentes, fixadas a uma guia inferior.</p>	<p>3.5 – Detalhes</p>  <p>Diagrama de juntas entre chapas em planos distintos. Mostra a junção de duas chapas de gesso acartonado em planos diferentes, fixadas a uma guia inferior.</p>

FONTE: Nascimento (2002), Bricka (2012).

3.3.4) SELEÇÃO DE REVESTIMENTOS PARA ATENDIMENTO AOS REQUISITOS DE RESISTÊNCIA AO FOGO

Conforme a diretriz SINAT 003/2010, em edifícios habitacionais multifamiliares de até 05 pavimentos, os elementos estruturais (paredes e lajes) devem apresentar resistência ao fogo por um período mínimo de 30 minutos. As paredes entre unidades habitacionais, mesmo sem função estrutural, também devem atender a este critério de desempenho.

Considera-se que as paredes de geminação (paredes entre unidades) de casas térreas unifamiliares geminadas e de sobrados unifamiliares geminados são elementos de compartimentação horizontal e devem apresentar resistência ao fogo por um período mínimo de 30 minutos, assegurando estanqueidade a chamas, isolamento térmico e estabilidade ou integridade estrutural. O sistema de cobertura deve atender à ABNT NBR 14432:2000, conforme definido na ABNT NBR 15575-5:2013.

3.3.5) SELEÇÃO DE MATERIAIS PARA COBERTURAS

A Norma ABNT NBR 14432:2000 define cobertura como fechamento superior da edificação, inclinado em no máximo 70° em relação à horizontal e que não apresenta as características de piso. A estrutura da cobertura deve ser alinhada com os montantes, formando o alinhamento necessário para o desempenho estrutural do sistema.

A Norma NBR 15575:2013, em sua parte 5, determina os requisitos para os sistemas de coberturas (SC). Segundo ela, os sistemas de cobertura exercem as funções de proteger a estrutura e a saúde dos usuários, impedindo a infiltração de umidade e de microorganismos patogênicos que causam a degradação dos materiais e reações não desejadas de diversas origens. Segundo Freitas e Crasto (2006), o subsistema de cobertura é composto pelo reticulado metálico e pelos materiais impermeáveis e resistentes ao intemperismo. O dimensionamento do reticulado metálico depende de vários fatores, como o tamanho do vão a cobrir, carregamentos, opções estética, econômicas, etc. As soluções mais comuns para o subsistema de cobertura em LSF são as coberturas planas ou inclinadas.

Na prática, a cobertura plana tem como referência o projeto da laje úmida, apoiada sobre vigas ou treliças planas dependendo do vão, cuja inclinação é obtida no momento que se faz a concretagem. A cobertura inclinada em LSF tem como referência os projetos de coberturas em madeira ou perfis de aço. Recomenda-se manter o alinhamento entre os perfis que compõem as paredes com os perfis que formam as tesouras ou caibros, de modo que a transmissão de cargas seja axial, conforme a figura 37:



Figura 37: alinhamento dos painéis de cobertura e de vedação externa. Adaptado de Consulsteel (2006).

3.4) PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO DOS PAINÉIS

O planejamento e controle da produção dos painéis são importantes para a redução dos custos de produção através dos possíveis ganhos oriundos do menor desperdício de materiais e do tempo de produção e montagem dos painéis. Para se fazer o planejamento da produção dos painéis é necessário que os seus projetos estejam prontos, incluindo os detalhes e designação padronizada. Os perfis devem estar em conformidade com os requisitos da diretriz SINAT 003/2010. O projeto de norma ABNT NBR 15253:2012 apresenta as dimensões e as tolerâncias de fabricação dos perfis comerciais para o sistema construtivo LSF. Essas tolerâncias são propostas à luz das recomendações da norma ABNT NBR 6355:2012 para os perfis estruturais de aço formados a frio.

Há dois métodos distintos de se montar os painéis a partir dos perfis de aço formados a frio.

- Método stick;
- Método de painéis.

No método de construção “stick”, no qual os perfis são cortados no canteiro de obras, são necessários mais equipamentos e um controle dimensional rigoroso. Para que isto ocorra, deverá haver espaço e estrutura suficiente no canteiro para permitir a montagem dos painéis. Em locais onde há restrição de espaço não é recomendado o método de produção e construção “stick”, com melhor desempenho do método de painéis, onde os mesmos são recebidos no canteiro já pré-montados.

A tecnologia de desenho auxiliado por computador integrado com equipamentos de dobra, corte, puncionamento de chapas, execução de furos, produção e identificação de perfis tornam-se cada vez mais industrializada. Logo, o uso dessa tecnologia pode trazer maior precisão, redução do desperdício e rapidez na execução dos perfis dos projetos estruturais em LSF. É indicado o uso desta tecnologia visando à redução de desvios, perda de material e tempo durante a pré-fabricação.

Os cortes efetuados em campo devem ser feitos em bancadas longas, equipadas com uma serra circular fixa com disco e esquadros apropriados para realizar cortes precisos. Os instrumentos de medição devem ser aferidos de maneira a gerar um desvio mínimo entre a medida de projeto com o corte realizado. O modelo de bancada está ilustrado na figura 38. Ela deve ser feita de material resistente, com altura aproximada de 700 mm. Somente é sugerido o uso da mesa de corte em trabalhos de ajustes e o corte de pequena quantidade de perfis no canteiro. O corte de todo um projeto no canteiro requer uma precisão nos cortes dificilmente obtida em mesas. O sistema de corte industrializado oferece uma precisão melhor, melhor controle, identificação dos perfis e suas espessuras, velocidade e redução de perdas.

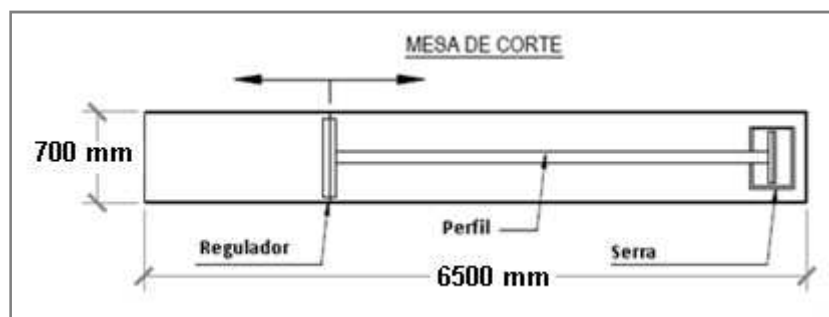


FIGURA 38: planta modelo de mesa de corte. Adaptado de CONSULSTELL (2008).

Também é necessário equipar o canteiro com uma mesa para a confecção dos painéis. A mesa deve ser resistente o suficiente para suportar o peso de um painel, ter altura compatível e nivelamento perfeito, conforme a figura 39.

Na montagem dos painéis estruturais, ou seja, o parafusamento dos perfis entre si e entre as chapas, é necessário o uso de uma parafusadeira com rotação de 4.000 rpm, com regulagem de profundidade e reversor. O acionamento é feito pela compressão do parafuso na chapa ou perfil, uma vez que o parafuso é suportado por um bit imantado acoplado à parafusadeira, permitindo trabalhos em qualquer direção.

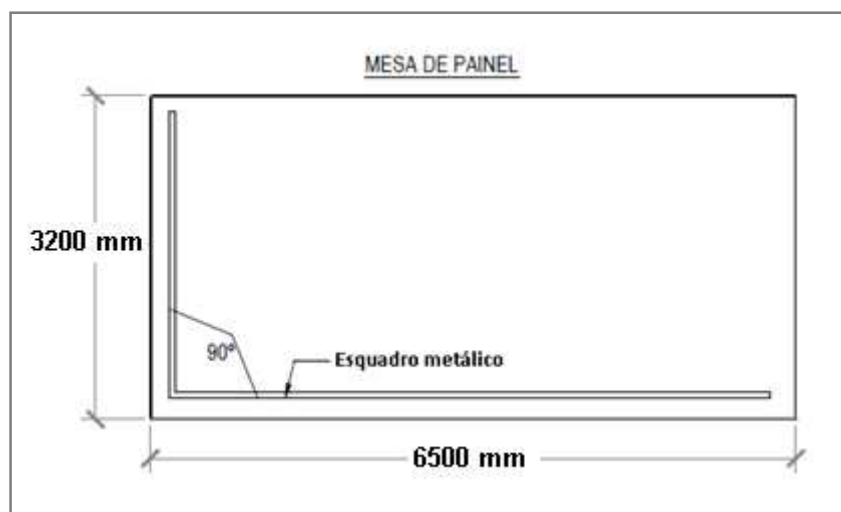


FIGURA 39: planta de mesa para confecção de painéis. Adaptado de Consulsteel (2008).

Para pequenos cortes nos perfis, recomenda-se o uso de tesoura de aço, e para prender perfis entre si, utilizar puncionadores específicos. Para fixações provisórias de perfis para realização de escoramentos, pode ser utilizado uma pistola finca-pino. Na realização das ancoragens da estrutura na fundação é necessário o uso de uma furadeira profissional.

3.4.1) PRÉ-FABRICAÇÃO E MONTAGEM AUTOMATIZADA DE PAINÉIS

Estão disponíveis soluções advindas da indústria que podem aumentar a produtividade: o uso de equipamentos eletromecânicos para a produção dos perfis a partir de bobinas, e da robótica para a execução da montagem do reticulado, conforme a figura 39. O uso intensivo destas tecnologias, aliada a uma programação logística adequada, pode tornar a produção dos painéis similar a uma linha de produção de bens duráveis.

A produção de perfis a partir de bobinas se dá pelo uso de perfiladeiras conforme a figura 40. O equipamento necessita ser programado e configurado de acordo com o tipo de aço da bobina e o tipo de perfil a ser dobrado e cortado. A produtividade varia conforme o perfil a ser produzido, podendo este já sair identificado conforme o projeto. O programador é responsável por lançar no software do equipamento as informações conforme uma planilha espelho do projeto.



FIGURA 40: produção automatizada de painéis. Fonte: LSK (2005).

Seja qual for o método de produção dos painéis, os mesmos devem ser devidamente conferidos e identificados. Não poderá haver quaisquer desvios nas dimensões do painel que possam causar desencontros na interface com os demais painéis e revestimentos, correndo o risco de comprometer o desempenho dos subsistemas estrutural e de vedação.



FIGURA 41: perfiladeira e bobina de aço. Fonte: *Framecad* (2012).

4 – TÉCNICAS CONSTRUTIVAS NO LSF

As técnicas construtivas são recomendações práticas e critérios de execução do sistema construtivo LSF. A aplicação das técnicas deve ser orientada para o produto final, ou seja, em conformidade com as normas técnicas, com uso de materiais certificados e procedimentos padronizados.

Um conjunto de técnicas construtivas aplicado ao LSF forma um método, que por sua vez compõe um processo. O resultado do desenvolvimento dos processos deve ser um sistema construtivo onde todos seus detalhes, interfaces, desempenho e durabilidade estão previstos.

As técnicas construtivas em LSF foram divididas em três grupos:

- Técnicas de projeto;
- Técnicas de execução e montagem;
- Técnicas de manutenção e conservação.

4.1) TÉCNICAS DE PROJETO

A norma de referência para a representação dos projetos é a ABNT NBR 6492:1994. O projeto de arquitetura de edificações no sistema construtivo LSF deve ser feito de forma integrada. Partindo das características geométricas dos subsistemas a serem adotados e das suas modulações vertical e horizontal, deve-se buscar a economia e a racionalidade. Trata-se de um sistema estrutural, ou seja, a transmissão de tensões que atuam sobre as paredes sugerem a uniformização das cargas verticais ao longo da altura da edificação.

A estrutura alinhada no sentido vertical e o uso de vãos reduzidos colaboram para a redução dos custos, devido à não exigência de se lançar mão de recursos estruturais como lajes em balanço, vigas treliçadas, reforços e travamentos adicionais. Sobre a planta de arquitetura devem ser lançados os eixos que geram os painéis, conforme o anexo 3, item 8.3.1.

Sobre a mesma planta de arquitetura marca-se um ponto onde será iniciado o lançamento do reticulado, com espaçamentos de 400 ou 600 mm. Recomenda-se que os montantes de cada painel sejam orientados para uma mesma direção. O lançamento do reticulado deve levar em consideração a montagem dos painéis, ou seja, evitam-se retrabalhos. As guias devem ser usadas na horizontal centralizada em um eixo para formar a base e o topo dos painéis de parede e de entrespaço. Sobre as guias, os montantes podem ser combinados de maneira a formar as ombreiras (*Jack*) ou limites laterais (*king*), como podem

ser vistos na tabela 30. Os encontros de painéis devem ser projetados de maneira a facilitar a montagem, sendo recomendado o uso das configurações constantes na tabela 31.

A malha modular de 100 mm é a orientação para a disposição dos montantes até o ponto em que o painel termina. Assim é permitido que, dentro dos limites do painel, haja montantes com distanciamento menor do que a malha padrão. A configuração da malha do painel imediatamente superior deverá ser a mesma da malha inferior, para garantir a transmissão de esforços no caso de edificações com mais de um pavimento, conforme o desenho no anexo 3, item 8.3.2.

Simultaneamente ao lançamento do reticulado em planta, devem ser feitos os detalhes na vertical no painel. Assim, devem ser gerados os detalhes de vãos, reforços, ligações entre painéis e detalhes. Nos vãos de janelas são lançados os montantes sob e sobre a janela (*cripple*), as vergas e contravergas e as ombreiras, conforme a tabela 30. Os detalhes de vigas, vergas, contraventamento e cortes em perfis devem constar no desenho de cada painel ou em perspectiva, conforme a figura 42.

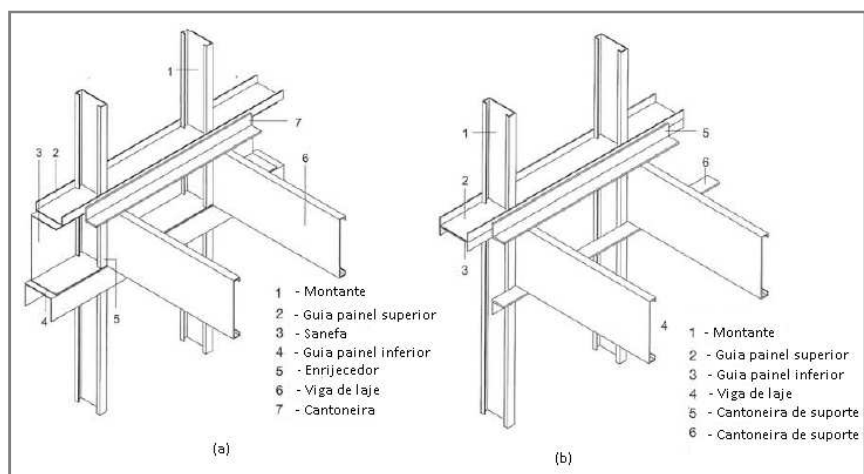


FIGURA 42 – princípios de ligação de painéis verticais e horizontais (a) *plattform* (b) *balloon*.

Adaptado de LSK (2005)

Em seguida são feitos os painéis de laje, fechamento do ático e cobertura também devidamente identificados. Após esta etapa, é feita uma verificação da estrutura para determinar as ligações entre os painéis, as cotas e o lançamento dos bloqueadores, chapas, fitas e contraventamento.

Tabela 31 – Encontros de perfis e painéis

Vista em planta						
Montante duplo (back to back)	Montante triplo	Montante quádruplo	Encontro de 02 painéis perpendiculares	Encontro de 03 painéis perpendiculares	Encontro de 04 painéis perpendiculares.	Encontro de 02 painéis oblíquos.
Perspectiva			Vão de janela			

FONTE: Adaptado de Consulsteel (2006)

4.1.1) DESIGNAÇÃO PADRONIZADA

A designação padronizada dos painéis durante o projeto facilita as etapas subsequentes por introduzir previamente a um conjunto de peças uma nomenclatura comum. Cada painel, ao receber uma designação, será facilmente identificado antes, durante e depois da edificação concluída. A designação padronizada simplificada deve começar com as iniciais dos painéis verticais (PNV), seguido pelas suas coordenadas no projeto (AB1), que significam entre os eixos verticais A e B e sobre o eixo horizontal 1.

Para edificações no sistema construtivo LSF com mais de um pavimento, mantém-se a nomenclatura dos eixos verticais, adicionando um hífen e um dígito referente ao andar em questão (AB1-2). Recomenda-se que a designação padronizada de um painel seja como na figura 43. Para painéis de lajes e cobertura, deve-se seguir a mesma orientação e sempre indicar no projeto a sua designação, conforme no anexo 3, item 8.3.3.

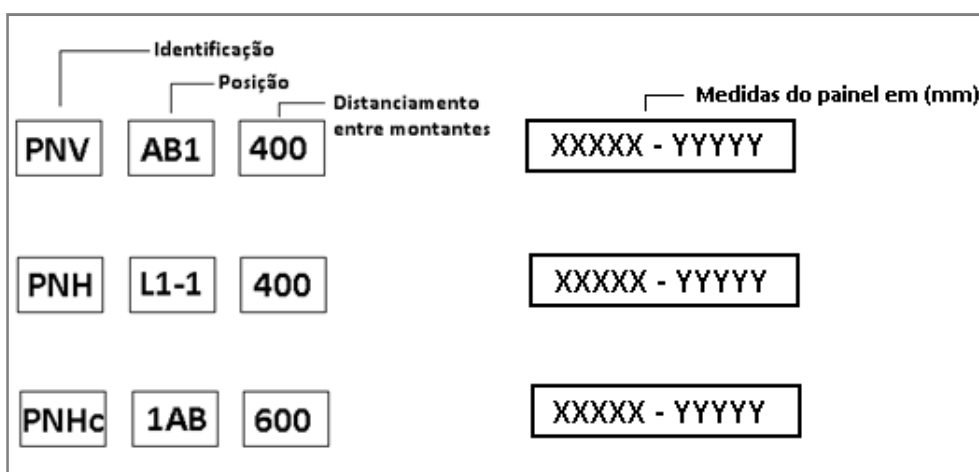


Figura 43: designação padronizada de painéis.

Para os painéis horizontais, lajes e cobertura, a designação segue o mesmo raciocínio (PNH), com a indicação dos pontos que constituem o seu perímetro e as siglas (l) para laje e (c) para a cobertura. Para estruturas como escadas e beirais devem ser incluídas as siglas (e) e (b). A posição do painel é definida por letras e números, no total de três, de forma a indicar as filas (A, B, C...) ou eixo (1, 2, 3...) que definam o início e o término do painel e a fila (A, B, C...) ou eixo (1, 2, 3...) ao qual este painel pertence. Como exemplo, tem-se:

- Painel AB1: início fila A; término na fila B; eixo 1.
- Painel 13A: início no eixo 1; término no eixo 3; fila A.

É recomendado que a designação, além de conter dados sobre a posição do painel na edificação, contenha informações como o distanciamento entre os montantes (400 ou 600 mm) e a função de cada painel, diferenciando painéis estruturais dos não estruturais.

4.2) TÉCNICAS DE EXECUÇÃO E MONTAGEM

Conforme a diretriz SINAT 003/2010, deverão ser feitos os controles de recebimento e aceitação de todos os materiais e componentes no canteiro de obras e da montagem da estrutura.

4.2.1) REQUISITOS PARA MONTAGEM

No método de produção stick os painéis são confeccionados no canteiro de obras. Para isto, o canteiro deverá ter espaço disponível para a armazenagem correta dos insumos e uma estrutura composta por uma bancada e uma mesa capaz de proporcionar cortes perfeitos dos perfis e a montagem dos painéis conforme os projetos. A montagem dos painéis deve ser feita imediatamente após o corte dos perfis, em série, e os mesmos devem ser identificados conforme o projeto. No método de painéis, a confecção destes, em geral, é feita em local diferente do canteiro, com a adoção ou não de técnicas de produção ou montagem advindas da indústria. Os painéis devem ser entregues no canteiro de obras no momento de sua aplicação. Também é recomendado que neste canteiro haja um ferramental mínimo para que seja feito, eventualmente, algum ajuste ou produção de pequenos painéis. Por serem leves, os painéis são facilmente transportados verticalmente ou horizontalmente pelo canteiro de obras.

No canteiro de obras é indispensável à presença de pontos de energia que possam ser deslocados por toda a obra, e em quantidade proporcional ao número de equipamentos. A organização do canteiro tem um grande impacto na produtividade da equipe, assim como a logística e suprimento de materiais. Sob chuva e ventos não é aconselhável a execução do projeto, mas medidas como o uso de tendas e barreiras podem permitir a realização de serviços em condições climáticas desfavoráveis.

Devem ser observadas as recomendações dos fabricantes quanto ao transporte e armazenagem de insumos. Como em qualquer edificação, é obrigatório o cumprimento das normas de segurança, higiene, saúde ocupacional e técnicas que mantenham o canteiro em

condições de trabalho conforme a legislação vigente. A execução do projeto em LSF, assim como os demais sistemas construtivos, exige o acompanhamento por parte de um profissional habilitado com o devido registro no CREA.

A locação da obra é similar à locação de edificações em geral, conforme os eixos principais, alinhamento e esquadro. O gabarito deve ser afastado de maneira a facilitar a execução da fundação. Na execução da fundação rasa tipo radier as medidas devem exceder nas duas direções a projeção da edificação em pelo menos 30 mm, para que haja uma margem para pequenos ajustes para que as guias inferiores não fiquem faceando as laterais do radier.

Nesta etapa também devem ser executados os serviços preliminares de instalações hidrosanitárias e eletro-eletrônicas que, dependendo do projeto, ficam embutidas no concreto da fundação. A montagem dos painéis pelo método stick deve ser baseada nos projetos gerados conforme as técnicas apresentadas. Recomenda-se que a montagem se inicie após a cura do concreto da fundação.

4.2.2) INSTALAÇÃO DOS PAINÉIS

O projeto de fundação de edificações deve ser elaborado segundo a ABNT NBR 6122:1996, onde será necessário determinar a tensão admissível do solo (σ_a) para comparar com os esforços transmitidos pela edificação. O uso de fundações diretas e superficiais, como o radier e vigas de fundação (baldrames), no sistema construtivo LSF facilita a execução, reduz o custo e apresentam bom desempenho devido à distribuição uniforme das cargas da estrutura e seu peso reduzido em projetos. Atenção especial deve ser dispensada em locais com risco geológico, presença de aterros e lençol freático. Conforme Freitas e Crasto (2006), a espessura do radier deve ser de no mínimo 150 mm para evitar que a ascensão da umidade comprometa a vida útil dos componentes. Em locais onde o lençol freático esteja próximo à superfície (umidade excessiva), é recomendada a execução do rebaixamento do lençol ou a utilização de um artifício que garanta uma superfície seca para o início da montagem.

Previsto na etapa do projeto, os artifícios sugeridos são a impermeabilização ou a construção de um piso elevado sobre a fundação para evitar o contato permanente da edificação com a umidade. Assim como os demais sistemas construtivos, a umidade que atinge a edificação por capilaridade ou projeção pode acelerar a deterioração dos materiais.

Após a execução da fundação, deverá ser feita a locação da edificação sobre a fundação. A partir do projeto arquitetônico e da identificação dos painéis, faz-se a marcação dos eixos com uso de fita traçante, trena e esquadro. Uma vez conferida toda a marcação,

inicia-se a instalação dos painéis conforme a tabela 31. Os painéis são fixados à fundação provisoriamente, através da pistola finca-pinos e devem ser escorados com uso dos próprios perfis formados a frio ou outro perfil que possa mantê-los apurados.

Após a fixação de todos os painéis, conferência do alinhamento e do prumo, deve ser feita a ancoragem definitiva dos mesmos à fundação, conforme a figura 44:

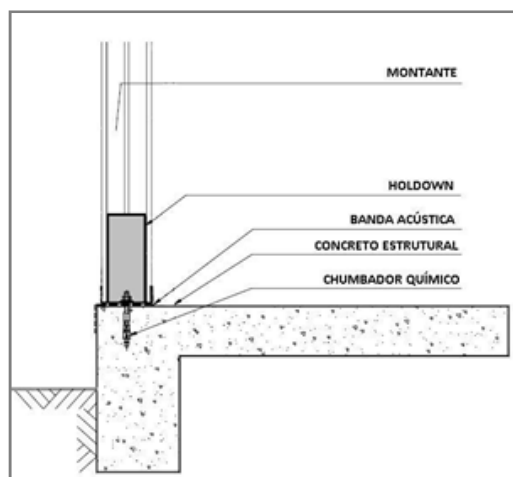


FIGURA 44: fixação de painel na fundação.

Tabela 32 – Instalação dos painéis

1 - Primeiro painel	2 – Segundo painel	3 – Painéis 3 a 6.
4 – Painéis internos	5 – Painel horizontal (laje)	

FONTE: Adaptado de Consulsteel (2006).

4.2.3) EXECUÇÃO DO CONTRAVENTAMENTO

O contraventamento deverá ser feito de acordo com o projeto. Recomenda-se a execução do contraventamento logo após a ancoragem definitiva dos painéis verticais. O contraventamento deverá ser feito em todos os pavimentos da estrutura e devidamente conectados aos painéis horizontais, através de fitas ou barras rosqueadas, conforme a figura 45:

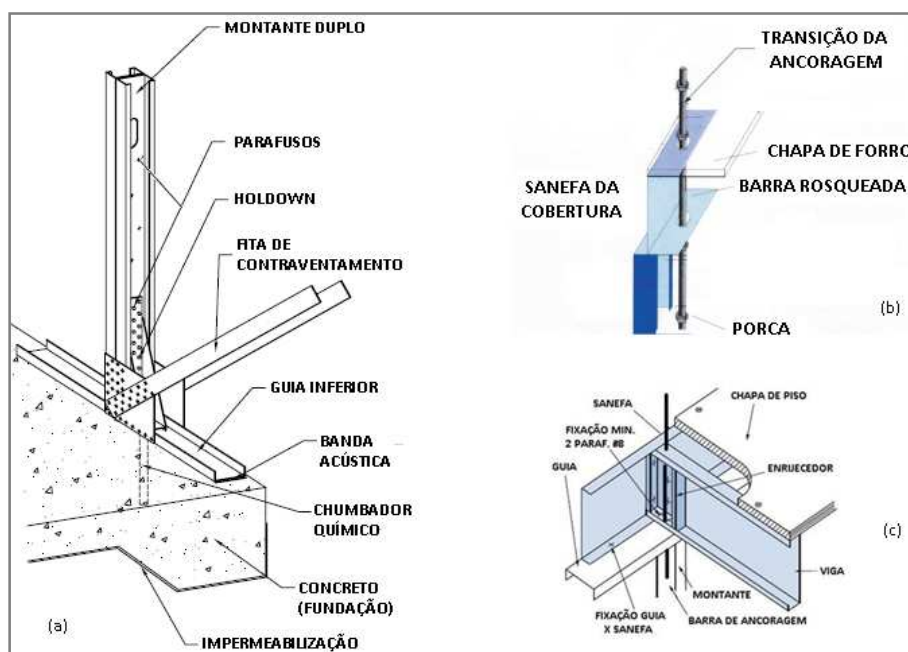


FIGURA 45: conexões: (a) contraventamento conectado a ancoragem na fundação. (b) transição até a cobertura. (c) transposição do entrepiso. Fonte: Adaptado de CSSBI (2005) e Consulsteel (2006).

Caso no projeto conste o uso de placas de OSB ou cimentícias para auxiliar na rigidização dos painéis verticais ou horizontais, as mesmas devem ser fixadas em uma das faces do painel, conforme o projeto.

4.2.4) COLOCAÇÃO DAS PLACAS DE OSB OU CIMENTÍCIAS EM VEDAÇÕES EXTERNAS

Nas faces de painéis expostos ao meio externo, devem ser especificados materiais com eficiência e durabilidade comprovada. No caso de materiais que não tenham seu desempenho comprovado através de ensaios, eles devem passar por um processo de avaliação anterior a sua aplicação.

A fixação de chapas delgadas nos perfis, processo este chamado de plaqueamento, deve seguir a paginação que foi predefinida no projeto específico de vedação interna e externa

ou EIFS. A correta paginação evita que as juntas das placas ou chapas internas sejam alinhadas e provoquem patologias. Na representação gráfica no corte da planta ou da elevação deve constar a composição de cada painel, ou seja, as camadas formadas pelas chapas delgadas ou acabamentos que compõem o subsistema de vedação vertical ou horizontal. A partir da estrutura em perfis do painel deverá ser feita a paginação de cada um, respeitando as regras básicas a seguir:

- No pavimento térreo, o início da paginação dos painéis não deve coincidir com a fixação da guia inferior, sendo necessária uma distância mínima de 100mm para que a vedação não fique próxima à umidade da fundação. É recomendado o uso de um rodapé formado por um perfil tipo cantoneira;

- A junta de encontro entre duas placas adjacentes deve ser feita sobre a aba ou mesa de um montante, onde cada placa compartilha um percentual desta mesa. Ou seja, inicia-se e se termina o plaqueamento sobre montantes ou guias, devendo para tal recorrer ao corte de chapas para eventuais ajustes;

- Em painéis de grandes dimensões, devem ser previstas juntas de movimentação com distância máxima, entre juntas, de 1×10^4 mm. Para paredes internas com uso de uma chapa de gesso em cada face, sugere-se uma junta de movimentação a cada 3×10^5 mm²;

- As chapas devem transpor as ligações de painéis, tanto na vertical quanto na horizontal. Não é recomendada a execução de juntas sobre as ligações entre os painéis adjacentes e painéis sobre painéis em edificações com mais de um pavimento;

- Os parafusos de fixação devem estar defasados entre as placas, de modo que não perfurem a aba do montante em dois pontos na mesma altura. Deve ser respeitado o espaçamento mínimo entre placas conforme a recomendação do fabricante;

- No encontro entre dois painéis perpendicularmente formando um canto, as placas devem ser colocadas de forma que uma delas se sobreponha sobre o outro painel, aumentando a rigidez do conjunto;

- Nesta etapa ainda são permitidos alguns ajustes na estrutura em virtude da fixação das chapas. A partir da paginação, as alterações de projeto podem gerar perda de tempo e atraso no cronograma de entrega;

- As juntas entre chapas devem ser desencontradas tanto na vertical quanto na horizontal, salvo em casos de vãos de portas ou descontinuidades na chapa, nos quais devem ser escalonadas através de cortes;

- O tratamento de juntas deverá ser feito a partir da especificação do projetista em comum ao acordo com o fornecedor das chapas, de maneira a evitar patologias;

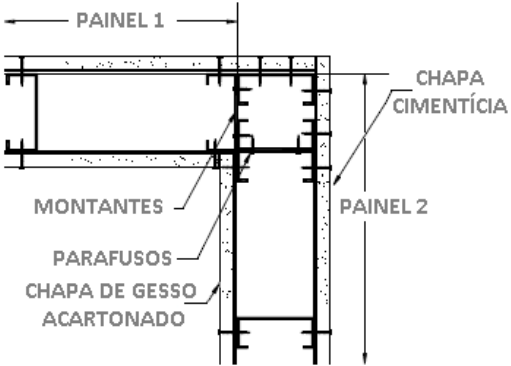
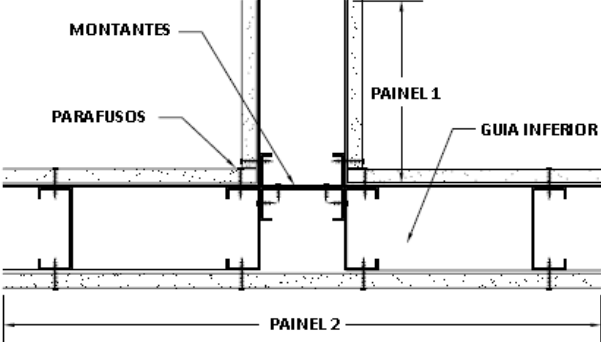
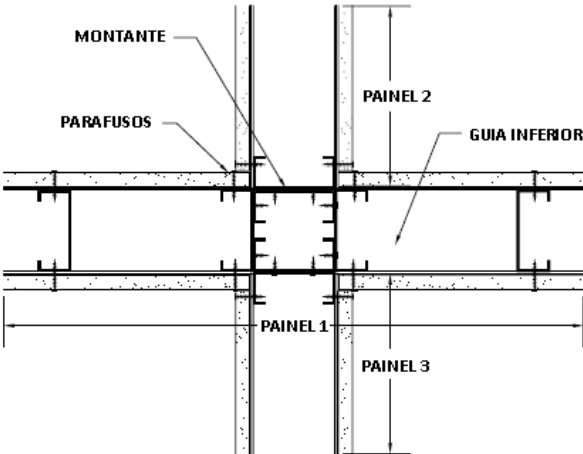
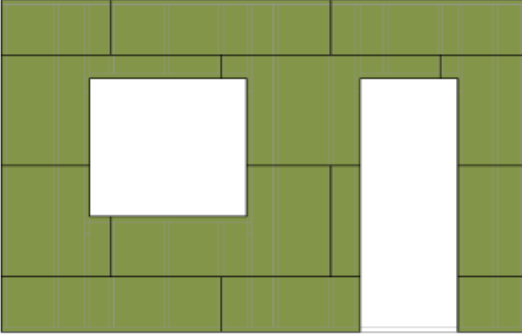
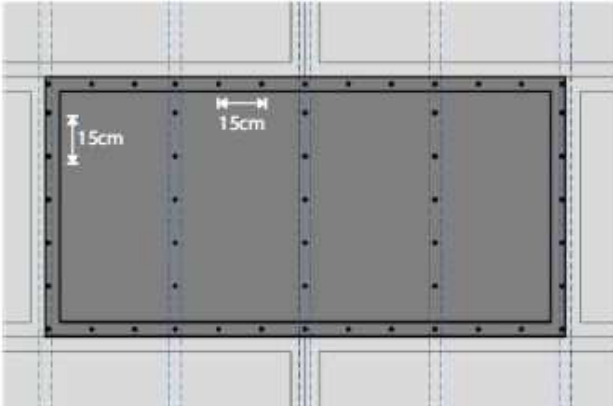
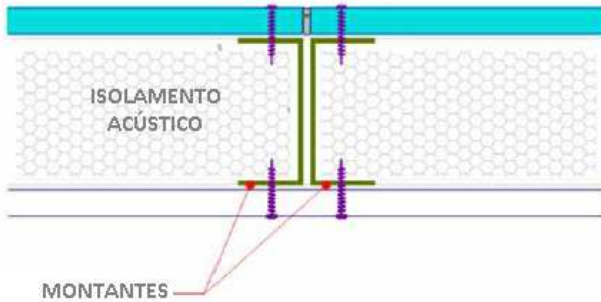
Devem-se observar os detalhes construtivos como interfaces com vãos de caixilhos, afastamento do piso, barreiras hidrófugas, disposição dos parafusos e da estrutura. Também se deve observar a espessura da chapa, ordem de fixação e espaçamentos mínimos nas juntas entre chapas.

O clima durante a montagem da estrutura pode influenciar no seu desempenho, sendo recomendado evitar a montagem sob chuva e ventos fortes que possam comprometer os trabalhos de nivelamento e ancoragem dos painéis. É importante lembrar que os painéis molháveis devem possuir dispositivos que garantam a sua secagem completa, sendo proibida a execução da instalação de chapas sobre guias e montantes úmidos ou submersos. Para a proteção da estrutura durante e após a instalação das chapas externas, recomenda-se a aplicação da manta hidrófuga na vertical sobre o painel, como medida de proteção. A manta deverá cobrir toda a fachada, passando pelos vãos de portas e janelas, onde são devidamente instaladas, para que possam também evitar a penetração de umidade nestes pontos.

Para o início da fixação das chapas e placas dos fechamentos é recomendado que o painel esteja estável. A estabilidade é garantida quando o painel estiver travado em pelo menos duas direções. Este travamento evita que tensões externas sejam transmitidas ao painel e se propaguem para a vedação, prejudicando a ligação.

Para a instalação das chapas nos painéis internos deve-se seguir a paginação e a marcação de início. As juntas entre as chapas internas não devem coincidir com as externas, por isto a paginação deve ser seguida. Conforme o tipo de caixilho deverá ser instalado o gabarito antes ou após a fixação das chapas. O mesmo vale para o tipo de porta, no qual se deve estabelecer o vão desejado para que seja deixado espaço suficiente para a fixação. Na tabela 33 constam alguns detalhes de fixação de placas e chapas.

Tabela 33 – Instalação de placas e chapas

1 – Planta encontro de dois painéis	2 – Planta encontro de dois painéis	3 – Planta encontro de três Painéis
		
<p>4 – Exemplos de paginação das placas em painel vertical</p>	<p>5 – Exemplos de marcação de fixação em placas cimentícias na horizontal</p>	<p>6 – Detalhe de encontro de placas sobre o montante com juntas desencontradas.</p>
		

FONTE: Adaptado de Consulsteel (2006). Bricka (2011).

4.2.5) EXECUÇÃO DE PISO E ESCADAS

4.2.5.1) EXECUÇÃO DE LAJE ÚMIDA

É usual a aplicação de chapas galvanizadas em lajes do sistema construtivo LSF para vãos entre 2000 e 4000 mm. O painel da laje deverá estar totalmente finalizado e vinculado às demais estruturas. Para a sua correta execução, deverão ser respeitados os vãos, sobrecargas, espessura de chapa e o concreto. As chapas galvanizadas atuam perpendiculares às vigas dos painéis formando pequenos vãos, dispensando, em alguns casos, o uso de escoramentos.

A fixação das chapas nas vigas de entrepiso deve ser de maneira desencontrada e vedando todo o perímetro da laje e as laterais. Para a vedação de orifícios é recomendado o uso de massa de calafetar e adesivo base epóxi. As chapas devem receber um tratamento ou uma proteção mecânica para se evitar o contato com a umidade do concreto e corrosão. No momento da execução, alguns recortes e ajustes nos cantos e interfaces com os painéis verticais devem ser feitos de maneira a evitar a fuga do concreto. Após a montagem das chapas que formam a fôrma da laje, podem ser instaladas tubulações, acessórios e armaduras adicionais. É recomendado o uso de uma armadura para se evitar a fissuração do concreto. A correta especificação de juntas de concretagem evita o surgimento de patologias na interface entre a laje e as paredes e fissuras indesejadas em grandes áreas concretadas. O lançamento, acabamento e cura do concreto da laje devem ser de acordo com a norma ABNT NBR 6118:2007. Na figura 46 constam as duas configurações usuais de lajes úmidas.

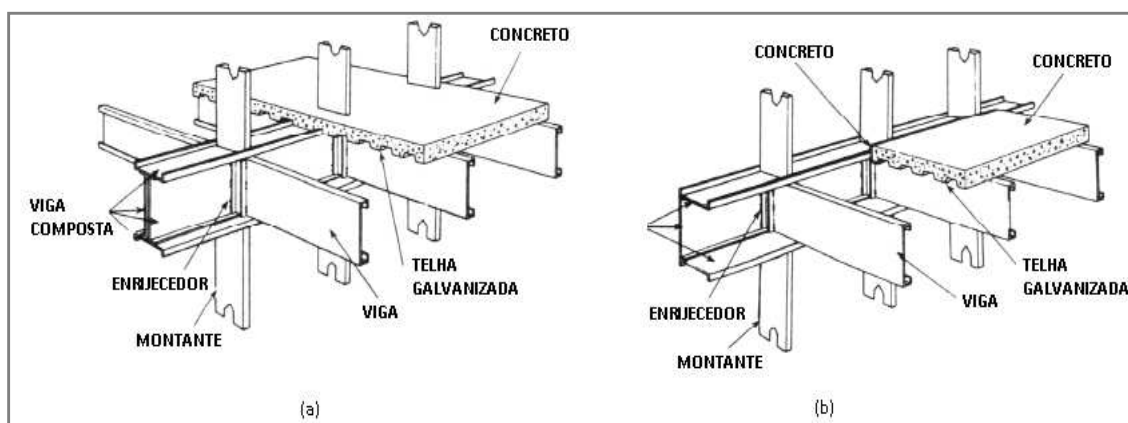


FIGURA 46: laje úmida (a) contínua (b) biapoiada.

Para lajes em locais com contato eventual de água e umidade, como cozinhas e banhos, devem ser especificados e projetados subsistemas capazes de manter os acabamentos íntegros e duráveis. O projeto de impermeabilização nestas áreas é imprescindível para que se

possa atingir este objetivo. No banho devem ser utilizadas as chapas de gesso acartonado resistentes à umidade (RU) nas paredes.

Para o piso do banho é recomendada uma inclinação, de maneira a evitar o escoamento de líquidos para os demais compartimentos da edificação. Após a instalação da chapa de OSB, chapas cimentícias e tubulações executam a impermeabilização de todo o piso e cerca de 400 mm das paredes com o uso de manta asfáltica ou membrana impermeabilizante. Sobre a membrana impermeabilizante do piso, faz-se a proteção mecânica e regularização com argamassa a fim de atingir a cota desejada. Pode ser instalado um piso pré-moldado composto de fibra de vidro e resina. Este tipo de piso já possui um dreno e inclinação adequada ao box, mas não dispensa a impermeabilização das áreas adjacentes ao banheiro. Na cozinha e área de serviço é recomendada a impermeabilização do piso e 400 mm das paredes com o uso de membrana ou manta asfáltica.

4.2.5.2) EXECUÇÃO DE LAJE SECA

A execução de lajes secas consiste na fixação de placas delgadas e rígidas sobre os painéis horizontais devidamente calculados, formando diafragmas rígidos. As vigas do painel horizontal apoiadas sobre os painéis verticais devem manter o mesmo alinhamento dos montantes para garantir uma melhor transmissão de esforços.

A fixação das placas na estrutura deve seguir um critério de paginação específico, mantendo sempre as juntas desencontradas e feitas sobre as abas das vigas. Deverão ser previstas juntas de dilatação no piso e o detalhamento do encontro da laje com a parede.

No local onde há contato eventual de água, é recomendado o uso de placas combinadas com materiais resistentes à umidade. Na área de banho, recomenda-se o uso de piso pré-moldado feito com poliéster reforçado com fibra de vidro ou rebaixo no piso com impermeabilização para evitar que os líquidos penetrem através do piso ou revestimento, conforme figura 47:

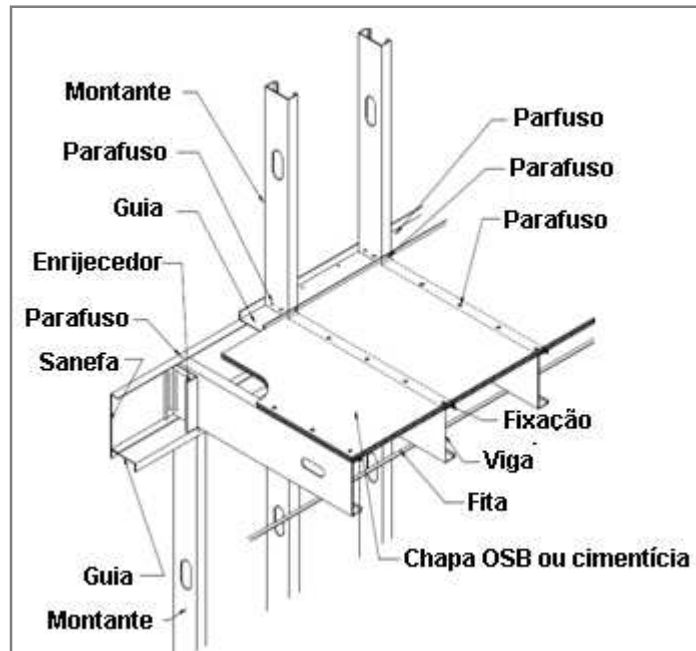


FIGURA 47: laje seca. Adaptado de Consulsteel (2006).

4.2.5.3) EXECUÇÃO DE VÃOS EM PISOS

Quando for necessária a realização de aberturas em painéis de piso, em geral as vigas sofrem uma descontinuidade que deverá ser detalhada no projeto e executada. Deverá ser previsto o reforço com uso de estruturas compostas por perfis formando vigas ou treliças, de maneira a distribuir os esforços uniformemente, conforme a figura 48.

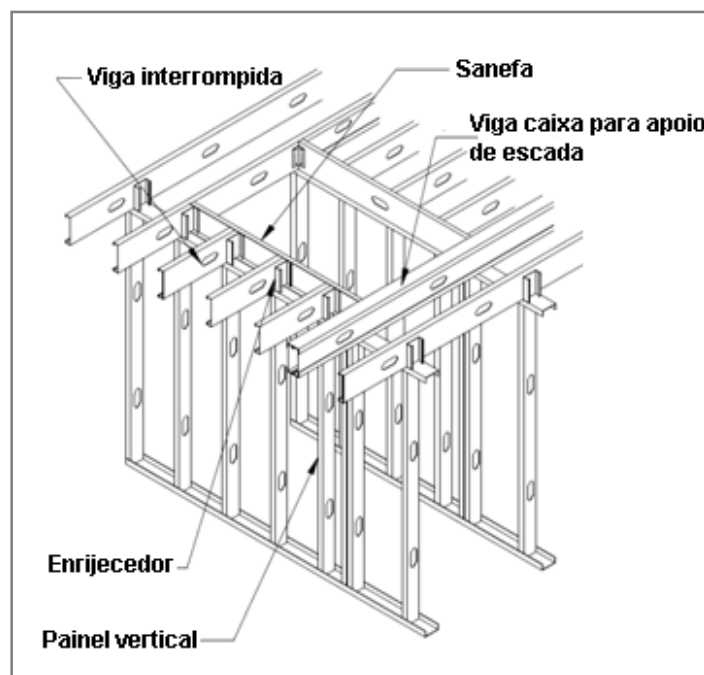


FIGURA 48: vão em laje. Adaptado de Consulsteel (2006).

4.2.5.4) EXECUÇÃO DE ESCADAS

Para a execução de escadas, usam-se os perfis de maneira a formar a estrutura para suportar o seu peso próprio e os esforços. A estrutura varia conforme os apoios e as reações no piso, no painel vertical ou no painel da laje onde serão transmitidos os esforços, conforme a figura 49:

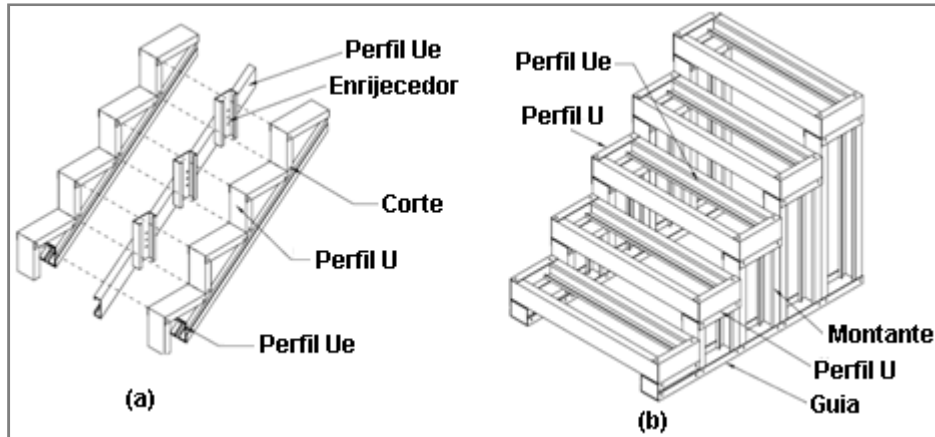


FIGURA 49: escadas: (a) biapoiada. (b) com apoio contínuo. Adaptado de Consulsteel (2006).

4.2.6) EXECUÇÃO DE PAREDES EM ÁREAS MOLHÁVEIS

As paredes em ambientes onde ocorra a presença de umidade devem ser revestidas com materiais resistentes à umidade e receber impermeabilização, tanto no piso quanto nas paredes. Os detalhes do encontro de piso, parede e teto devem constar no projeto conforme a figura 50:

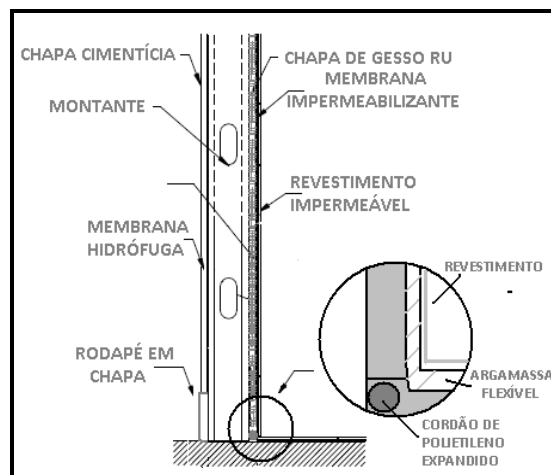


FIGURA 50: Detalhe de encontro do piso e parede em áreas molháveis.

4.2.7) EXECUÇÃO DE REVESTIMENTOS EM PISOS DE ÁREAS MOLHÁVEIS

Deverá ser feito um projeto de impermeabilização. Para a execução de pisos em banheiros, recomenda-se o uso de piso Box na área de banho.

4.2.8) INSTALAÇÃO DE CAIXILHOS

Para a instalação de caixilhos, recomenda-se a especificação de componentes compatíveis com o LSF. Deverá ser detalhado, em projeto, a fixação do caixilho e medidas para evitar a penetração de água, conforme a figura 51:

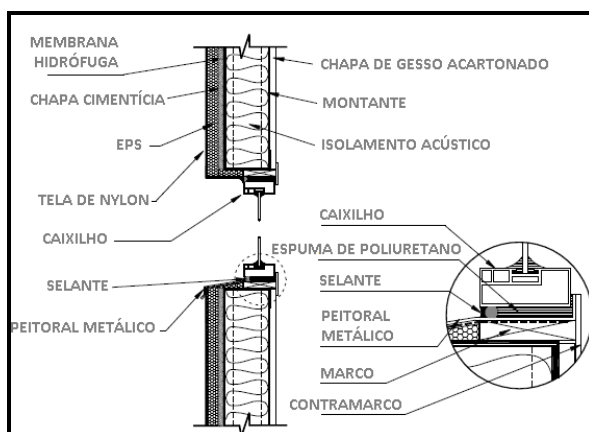


FIGURA 51: Detalhe de fixação de caixilho.

4.2.9) JUNTAS DE MOVIMENTAÇÃO E JUNTAS FLEXÍVEIS

No LSF, as juntas entre os componentes de vedação feitos com placas ou chapas esbeltas devem ser tratadas de acordo com a especificação do fabricante. Para o projeto de juntas entre subsistemas, deve ser consultada a norma ABNT NBR 13755:1997. As juntas são classificadas conforme a função a ser realizada ou sua posição:

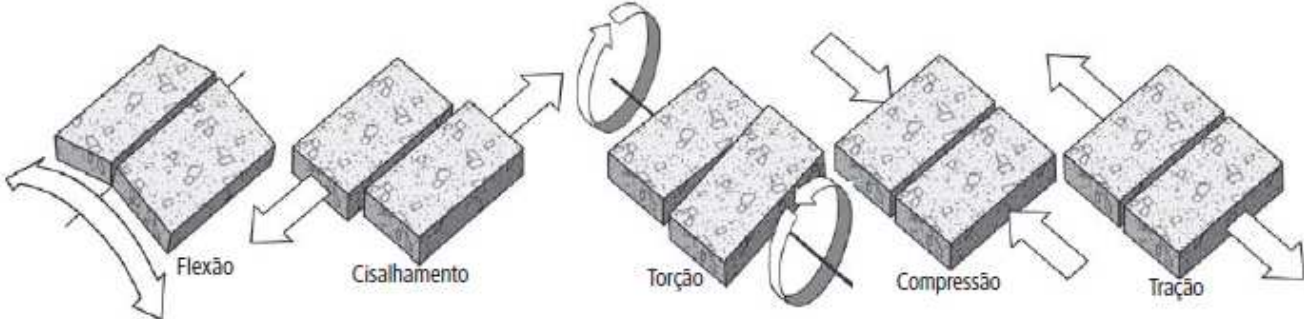
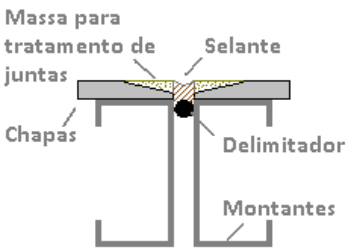
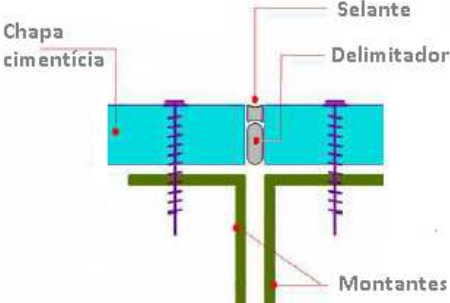
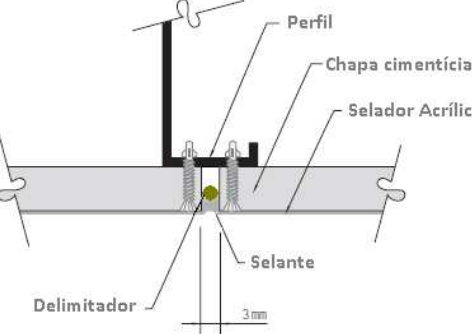
- Juntas de trabalho ou movimentação;
- Juntas de transição;
- Juntas de contorno;
- Junta telescópica;
- Junta de dessolidarização.

Nas áreas internas, as juntas de trabalho e de movimentação devem ser feitas de paredes em placas de gesso acartonado de grandes dimensões. É recomendado usar uma

junta de movimentação a cada $3 \times 10^4 \text{ mm}^2$, com distância máxima, entre juntas, de $1 \times 10^4 \text{ mm}$. As juntas devem ter a abertura entre 4 e 5 mm e devem estar distanciadas de, no máximo $5 \times 10^4 \text{ mm}$ nas fachadas e $1 \times 10^5 \text{ mm}$ nas áreas internas.

Devem ser previstas juntas de contorno quando houver mudança de direção na superfície revestida com placas e também nos locais onde houver a transição de materiais do revestimento. Para edifícios de múltiplos andares, devem ser previstas juntas de controle a cada pavimento. As juntas das placas devem ser feitas sobre montantes duplos, seja em painéis horizontais ou verticais. Na tabela 34 consta um roteiro para a especificação e execução de juntas:

Tabela 34 – Especificação de juntas

I – Classificação da junta conforme a norma ABNT NBR 13755:1997	Junta de trabalho ou movimentação	Junta de transição (mudança de materiais)	Junta de contorno (quinas)	Junta telescópica (uso de rodapé sanca, mata-junta, cantoneira) junta invisível.	Junta de dessolidarização (encontro entre parede e forro ou piso)
<p>II – Determinação dos esforços atuantes.</p>					
<p>III – Escolha do selante conforme os esforços ou movimentos.</p>	<p>Expansão ou contração -> selante aderido às faces laterais paralelas da junta.</p>	<p>Cisalhamento ou torção -> o selante não deve estar aderido à face inferior da junta de modo a acompanhar o movimento das faces laterais do substrato.</p>	<p>O selante não deve ter contato com os perfis metálicos. As juntas devem ser feitas sobre montantes duplos.</p>		
<p>IV – Dimensionamento das juntas.</p>	<p>Indicação da abertura e profundidade. A relação entre a largura e profundidade varia em função dos itens 5 e 6.</p> 	<p>Em chapas de gesso acartonado é recomendado o uso de uma junta de movimentação a cada 50m². Em chapas cimentícias usar juntas de controle a cada 5 metros em qualquer sentido e juntas de movimentação a cada 10 metros.</p> 	<p>A aderência do selante deverá ocorrer somente nas faces laterais paralelas às juntas. A aderência em outros pontos bloqueia a sua movimentação.</p> 		

FONTE: ABNT NBR 13755:1997, Beltrame e Loh (2009). Figuras adaptadas de Bricka (2011) Eternit (2010).

4.2.10) INSTALAÇÕES ELETRO-ELETRÔNICAS, HIDROSANITÁRIAS, GÁS E HVAC.

Os projetos de instalações hidrosanitárias, eletro-eletrônica e HVAC devem ser feitos conforme as normas técnicas e em conformidade com os sistemas construtivos a seco. Os sistemas construtivos a seco exigem projetos que sejam compatíveis com os materiais utilizados.

Nas instalações elétricas, devem ser previstos anéis de borracha ou material isolante para evitar que fios e cabos sem proteção venham transmitir descargas elétricas à estrutura. Para tal, todos os circuitos devem estar envolvidos por eletrodutos flexíveis. O projeto de instalações elétricas deverá ser feito conforme as Normas Técnicas vigentes.

O projeto de instalação hidráulica utilizando tubulações flexíveis PEX é recomendado para o sistema construtivo LSF por permitir uma rápida instalação e pouca interferência com a estrutura em PFF. O uso de tubulações rígidas exige uma maior coordenação e a racionalização da instalação, de maneira a evitar perfurações excessivas nos montantes, conforme a figura 52:

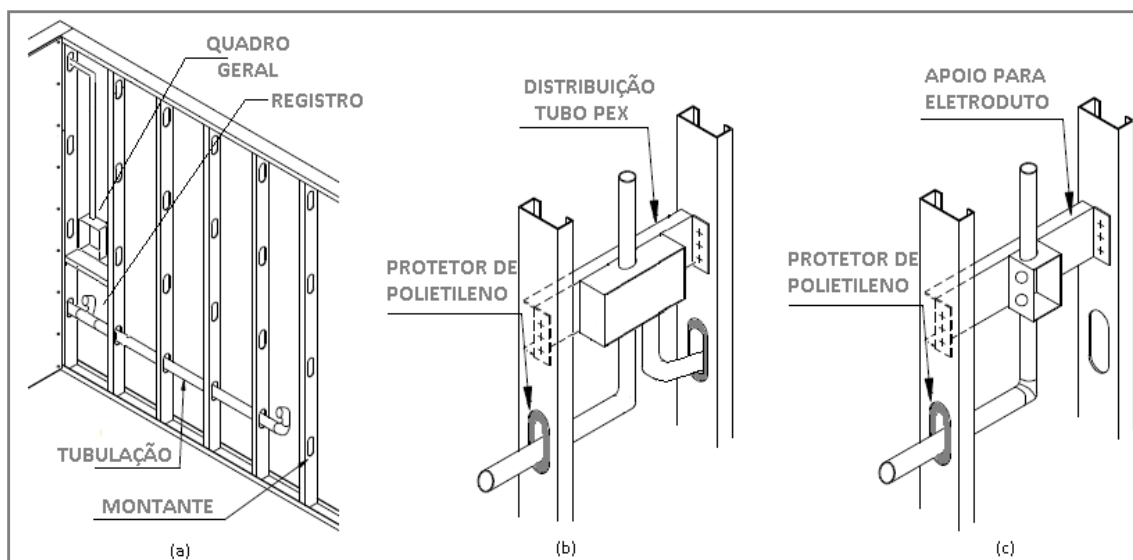


FIGURA 52: instalações embutidas em painéis: (a) painel (b) detalhe de tubulação de água fria (c) detalhe de eletroduto.

Tanto para o projeto elétrico quanto para o hidráulico valem as recomendações de se racionalizar e compatibilizar o projeto, de maneira a evitar o máximo de cortes e perfurações na estrutura. Neste caso, recomenda-se a polarização de áreas frias, a diminuição do número de prumadas e a criação de paredes técnicas para facilitar a manutenção.

4.2.11) COLOCAÇÃO DE ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO

Para o atendimento aos requisitos da norma ABNT NBR 15575:2013, os materiais de isolamento térmico são colocados no interior dos painéis de fachada ou podem fazer parte do sistema multicamada de vedação. Os isolantes acústicos, em geral, são instalados no interior dos painéis ou aplicados como revestimentos. O mesmo vale para os entrepisos, conforme as figuras 53 e 54:

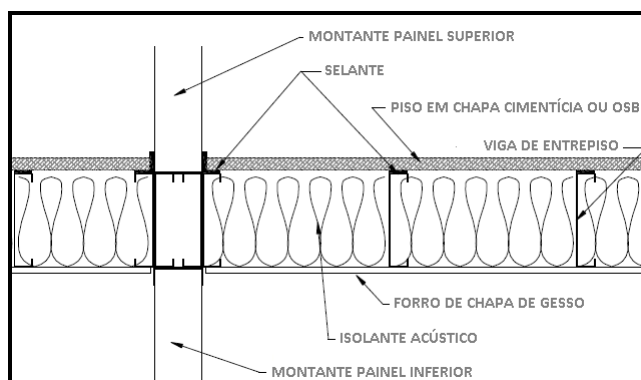


FIGURA 53: colocação de isolante acústico em entrepiso.

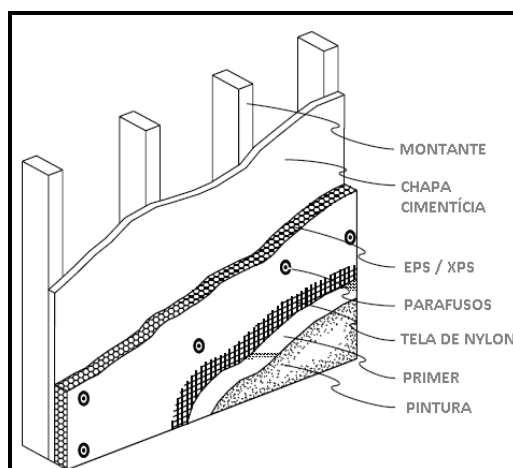


FIGURA 54: colocação de isolamento térmico em fachada (EPS ou XPS).

4.2.12) REVESTIMENTOS INTERNOS, EXTERNOS E DE PISOS

Os revestimentos internos, externos e pisos devem atender aos requisitos da norma ABNT NBR 15575:2013 e à diretriz SINAT 003/2010. Conforme o tipo de acabamento externo e após o tratamento e cura das juntas das chapas, as camadas precedentes podem ser feitas seguindo os mesmos critérios, tendo como referência o desencontro entre juntas e a especificação correta do sistema de fixação. Para a fixação de EPS é recomendado um sistema mecânico, e sobre o mesmo o uso de tela metálica ou de fibra para servir de

anteparo para revestimentos argamassados. É necessário lembrar que o revestimento externo é crítico por ter a função de proteger todos os painéis verticais do intemperismo, devendo haver uma vedação uniforme e resistente ao meio ambiente no qual será submetido. Para isto são recomendados testes de estanqueidade e simulações onde se pode avaliar a eficiência dos subsistemas propostos. Independente da configuração, a membrana hidrófuga é recomendada por ter a propriedade de evitar a penetração de umidade no interior dos painéis.

4.2.13) EXECUÇÃO DE COBERTURAS

Os painéis que servirão de suporte para a cobertura deverão ser executados e fixados conforme o projeto estrutural. A nomenclatura de cada parte de uma cobertura está na figura 55.

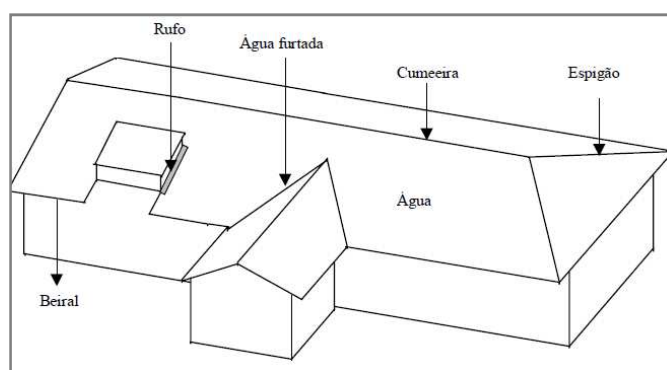


FIGURA 55: detalhes de um telhado. Fonte: Silva (2004)

A montagem da cobertura precede a finalização dos fechamentos verticais e deve ser feita tão logo a estrutura estiver devidamente ancorada com vistas a proteger a estrutura metálica do intemperismo. Os painéis da cobertura devem se comportar como um diafragma rígido, podendo ser contraventados por estrutura treliçada, fitas ou chapas de madeira aglomeradas desenvolvidas para este fim. Quando o contraventamento for feito por chapas OSB o distanciamento entre as fixações deve ser a cada 150 mm do perímetro do painel e a cada 300 mm nos apoios sobre a aba das vigas. O mesmo procedimento de verificação das cotas, níveis e ligações é válido para o lançamento dos painéis que formam a cobertura ou tesouras. As terças ou banzos formados pelas guias das tesouras devem coincidir com os montantes dos painéis verticais, conforme o projeto estrutural.

Quando forem utilizadas chapas de OSB no contraventamento dos painéis de cobertura, os mesmos, depois de fixados à estrutura, devem ser cobertos imediatamente com uma manta hidrófuga. Nas juntas entre as faixas de manta deve-se usar uma sobreposição

mínima de 200 mm na vertical e horizontal. Após a instalação da manta, poderá ser feita a instalação das telhas conforme a orientação do fabricante.

Deve se evitar a propagação de água no interior do átrio e da edificação com uso de membrana hidrófuga sob as telhas ou chapas. Este procedimento evita o contato permanente da estrutura com água no caso de uma avaria na cobertura. Conforme o tipo de telha utilizado, deverá ser feita a inclinação da cobertura conforme a orientação do fabricante. É recomendado o uso de materiais hidrorrepelentes para auxiliar na estanqueidade da cobertura. O detalhe de uma estrutura para cobertura está na figura 56:

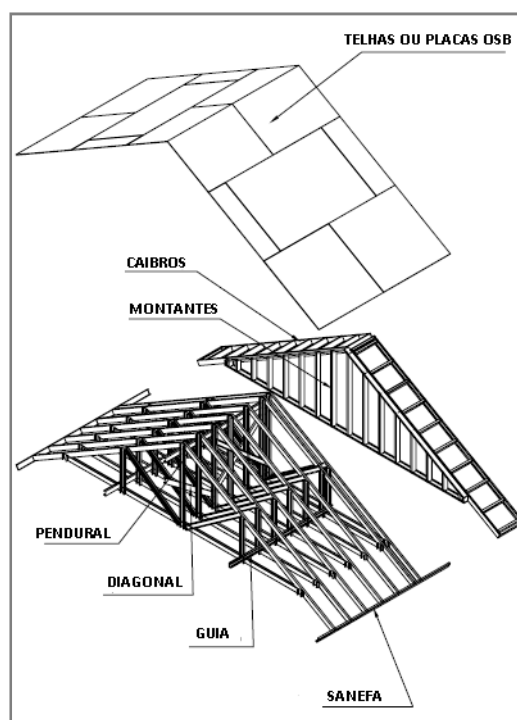


FIGURA 56: exemplo de estrutura de cobertura. Adaptado de Consulsteel (2006).

4.3) TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO E CONSERVAÇÃO

Conforme o Código de Defesa do Consumidor, cabe ao fornecedor de produtos e serviços colocar no mercado produtos com qualidade assegurada e que tenha sido concebido à luz das normas técnicas. A vida útil de uma edificação está ligada diretamente ao seu uso e conservação, e somente a combinação do uso e manutenção corretos pode aumentar a durabilidade das edificações, seja qual for o sistema construtivo.

O construtor tem a obrigação de orientar o cliente (usuário) final sobre o sistema construtivo LSF e suas características. Por sua vez, o usuário deverá fazer as manutenções

conforme o manual de uso e operação fornecido juntamente com as chaves da edificação. O manual de uso e operação deverá conter:

- Especificações técnicas da edificação;
- Memorial descritivo da edificação e do sistema estrutural;
- Restrições quanto à ocupação, cargas e usos não compatíveis com a edificação;
- Recomendações quanto ao uso e manutenção de edificações em sistemas construtivos a seco;
- Procedimentos básicos de manutenção e reparos;
- Garantia.

Segundo Campos (2010), a adequação do sistema construtivo LSF às condições ambientais e culturais do Brasil está em curso, porém ainda há lacunas a serem preenchidas no desenvolvimento de soluções para os subsistemas de vedação interna, externa e de cobertura e técnicas de execução que possam transmitir ao usuário mais conforto e segurança. Na tabela 35 foram relacionados os itens constantes no trabalho realizado por Campos (2010) no qual foi feita uma exaustiva pesquisa de avaliações das condições de edificações em LSF no Brasil (pós-ocupação) com as técnicas, processos e sistemas, de maneira a identificar as possíveis causas das patologias e sugerir soluções.

Tabela 35 – Técnicas, métodos e processos do sistema construtivo desenvolvidos no Brasil

Nível	Patologias/ subsistema relacionado	Abrangência		Descrição da solução	Recomendações ou observações
		Preventiva	Corretiva		
Técnica (Plaqueamento)	Fissuras e falhas nas juntas entre chapas ou placas/ subsistema de vedação interna ou externa	x	x	Evitar o uso de chapas ou placas de fornecedores distintos	O uso de fornecedores distintos produz uma heterogeneidade no comportamento do painel, visto que cada produto pode se comportar de maneira distinta.
Processo (Fixação de painéis)	Fissuras nas interfaces entre painéis verticais e horizontais	x	x	Especificar corretamente o tipo de junta, respeitando as movimentações naturais da estrutura.	Uso de juntas telescópicas e rodapés, de maneira a permitir a movimentação e garantir um bom aspecto visual das juntas piso-parede e parede-teto.
Processo (Fixação de cargas suspensas)	Arrancamento de placas ou chapas/ subsistema de vedação vertical.	x		Prever, no projeto dos painéis, um perfil horizontal a uma altura pré-definida, onde o usuário poderá fixar cargas suspensas com segurança.	Constar no manual de uso e operação as zonas ou pontos de fixação de cargas suspensas, com a devida especificação de bucha e carga admissível.
Processo (Fixação de caixilhos)	Infiltração/ Subsistema de vedação vertical.	x		Prever, no projeto, a instalação de peitoral sob o caixilho ou pingadeira com material resistente e com leve inclinação para o exterior da edificação.	O uso de peitoral em PVC, aço ou outro material evita o acúmulo de água na interface entre o caixilho e a vedação vertical, aumentando a sua durabilidade.
Processo (Rodapés)	Falha na impermeabilização e proteção das placas ou chapas/ Subsistema de vedação e de piso.	x		Usar rodapés confeccionados com o concreto em edificações térreas em aço ou madeira, a fim de manter as placas ou chapas afastadas em, no mínimo, 5 cm das fontes de umidade.	Provou-se que as placas ou chapas têm sua vida útil reduzida quando em contato constante com a umidade.
Sistema (Revestimento de fachadas)	Falha na impermeabilização, pintura, EIFS/ Subsistema de vedação.	x	x	Especificar produtos que bloqueiam a entrada de líquidos e vapores na vedação e que permitam a saída de vapores do interior das paredes.	O uso de barreiras de umidade e vapor evita a condensação no interior dos painéis e a transferência de temperatura da área externa para a interna, principalmente em regiões do país com elevado gradiente na temperatura externa.
Sistema (Desempenho acústico)	Falha na redução de ruídos em lajes e paredes/ Subsistema de piso e vedação	x		Especificar materiais compatíveis com a norma de desempenho. Exemplo: Uso de lâ de rocha, vidro ou de PET.	Lajes secas ou paredes que não possuem algum tipo de redutor acústico agregado, em geral, têm um desempenho acústico aquém dos níveis recomendados pela norma.
Sistema (cobertura)	Edificação com temperaturas baixas ou penetração de água/ Subsistema de cobertura	x	x	Evitar a penetração de ar ou água pelo sistema de cobertura, através do átrio ou dos componentes, com uso de telhas específicas para o LSF. Isolar a estrutura.	A estrutura metálica conduz com maior rapidez a temperatura, e não é recomendada a exposição da estrutura da cobertura ao ambiente com uso de telhas específicas combinadas com forros, mantas impermeabilizantes e condutores horizontais e verticais de água.

FONTE: Adaptado de CAMPOS (2010).

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

O sistema construtivo conhecido mundialmente como "Light Steel Frame" (LSF), também designado como sistema autoportante de construção a seco em aço, vem se consolidando nos últimos anos no mercado da construção civil brasileira, podendo ser encontrado em obras diversas nas várias regiões do país.

Percebe-se na revisão recente da Diretriz SINAT 003, a incorporação de soluções de projeto advindas da prática de projeto e montagem de diversos profissionais brasileiros. Como proposta principalmente do presente trabalho, pretendeu-se subsidiar a elaboração de uma norma técnica de projeto e procedimentos executivos para fabricação e montagem de sistemas construtivos em LSF, de forma similar ao que já existe para os sistemas construtivos em chapas de gesso para *drywall* (ABNT NBR 15758:2009, partes 1, 2 e 3). Para compor o conjunto de informações, foi feita a revisão bibliográfica em publicações e normas técnicas nacionais e estrangeiras sobre o assunto. Também foram considerados os conhecimentos obtidos pelo autor em cursos de treinamento de projeto, fabricação e montagem do sistema LSF - com a construção de uma edificação habitacional de interesse social (HIS) - e visitas técnicas em diversas obras e empresas do ramo.

O sistema construtivo LSF foi dividido em processos, métodos e técnicas, de maneira a facilitar o seu entendimento e proporcionar aos profissionais os principais conceitos para o desenvolvimento de projetos de maneira racionalizada, à luz das boas práticas da engenharia e da arquitetura.

Como conclusão principal do presente trabalho, pode-se afirmar que a divisão do sistema construtivo LSF em processos, métodos e técnicas adequados facilita o seu entendimento e pode agregar valor na cadeia produtiva com o LSF, com a padronização dos procedimentos para projeto, fabricação e montagem.

A formulação de documentação técnica para o sistema construtivo LSF é de suma importância para que o mesmo se desenvolva e seja utilizado com propriedade e respeito às boas práticas da engenharia. A consulta à documentação técnica e às referências é fundamental para se obter informações sobre os procedimentos e técnicas consagradas, e para tal devem estar disponíveis e utilizadas nos escritórios de projeto e nos canteiros de obra.

Pode-se ainda concluir que o conteúdo do presente trabalho, de fato, poderá subsidiar a elaboração de uma norma técnica de projeto e procedimentos executivos para fabricação e

montagem de sistemas construtivos em LSF, tendo sido, desta forma, alcançados os principais objetivos da presente pesquisa.

6 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As sugestões para trabalhos futuros são:

- Estudo para a melhora do desempenho das vedações, incluindo cobertura, quanto à estanqueidade à água e isolamentos térmico e acústico;
- Estudo de novas soluções de tratamento de juntas entre placas de vedação externa e compartimentação em geral, para eliminação de fissuras indesejáveis;
- Estudos para o desenvolvimento de placas compostas de resíduos de construção civil ou outros materiais para a vedação;
- Estudo do efeito de pontes térmicas influenciadas pelos materiais empregados na vedação;
- Formulação de documentação técnica específica para a avaliação técnica do sistema construtivo LSF, tendo como princípio à diretriz SINAT 003/2010 rev. 1;
- Estudo da gestão do projeto de edificações do sistema construtivo LSF com uso da tecnologia BIM.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN, Vahan. John. Vanderley M. Goldenberg. José. Coordenador. O Desafio da sustentabilidade na construção civil. Volume 5, Ed. Blucher, São Paulo, 2011.

AMERICAN STANDARD

_____ **ASTM C-754:2009**- *Standard specification for installation of steel framing members to receive screw-attached gypsum panel products.*

_____ **ASTM C-474:2011** – *Standard test methods for joint treatment materials for gypsum board construction.*

_____ **ASTM C-645:2008** - *Standard Specification for Nonstructural Steel Framing Members.*

_____ **ASTM C-955:2010** - *Standard Specification for Load-Bearing (Transverse and Axial) Steel Studs, Runners (Tracks), and Bracing or Bridging for Screw Application of Gypsum Panel Products and Metal Plaster Bases.*

_____ **ASTM A-653:2009** - *Standard Specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc-Iron Alloy-Coated (Galvannealed) by the Hot-Dip Process*

_____ **ASTM A-792:2008** - *Standard Specification for Steel Sheet, 55 % Aluminum-Zinc Alloy-Coated by the Hot-Dip Process.*

ANCHORTEC, quartzolit. Manual técnico construção civil. 19p. Mogi das Cruzes/SP, 2011.

APA. *Engineered Wood Handbook grade glossary. Disponível em: http://www.apawood.org/level_b.cfm?content=pub_main Acesso em 09/11/2012, 12:01:00*

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)

_____ **NBR 6118:2007** – Projeto de estruturas em concreto armado – Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

_____ **NBR 6120:1980** – Cargas para cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

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

_____ **NBR 6355:2005** – Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações – Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2005.

_____ **NBR 6492:1994** – Representação de projetos de arquitetura. Rio de Janeiro, 1994.

_____ **NBR 6673:1981** - Produtos planos de aço - Determinação das propriedades mecânicas à tração. Rio de Janeiro, 1981.

_____ **NBR 7008:2012** - Chapas e bobinas de aço revestidas com zinco ou com liga zinco-ferro pelo processo contínuo de imersão a quente – Especificação. Rio de Janeiro, 2012.

_____ **NBR 7013:2003** -Chapas e bobinas de aço-carbono zincadas por imersão a quente – requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2003.

_____ **NBR 8681:2003** – Ações e segurança nas estruturas. Rio de Janeiro, 2003.

_____ **NBR 9575:2010** – Impermeabilização – Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010.

_____ **NBR 10735:1989** - Chapa de aço de alta resistência zincada continuamente por imersão a quente. Rio de Janeiro, 1989.

_____ **NBR 10821:2011** – Esquadrias externas para edificações. Rio de Janeiro, 2011.

_____ **NBR 11752:2007** - Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial. Rio de Janeiro, 2007.

_____ **NBR 14323:1999** - Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio – Procedimento. Rio de Janeiro, 1999.

_____ **NBR 14432:2000** – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

_____ **NBR 14715-1:2010** - Placas de gesso para dry wall – Requisitos. Rio de Janeiro, 2010.

_____ **NBR 14810:2006** - Chapas de Madeira Aglomeradas – Requisitos. Rio de Janeiro, 2006.

_____ **NBR 14762:2010** – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Rio de Janeiro, 2010.

_____ **NBR 14827:2002** – Chumbadores instalados em elementos de concreto ou alvenaria – Determinação de resistência à tração e ao cisalhamento. Rio de Janeiro, 2002.

_____ **NBR 14810:2006** – Chapas de madeira aglomerada – Parte 1 – Terminologia. Rio de Janeiro, 2006.

_____ **NBR 15220:2005** – Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

_____ **NBR 15498:2007** - Placa plana cimentícia sem amianto - Requisitos e Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 2007.

_____ **NBR 15253:2005** - Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações - Requisitos gerais. (Perfis Light steel Framing)

_____ **NBR 15575-1:2013** - Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho – Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

_____ **NBR 15575-2:2013** - Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho – Requisitos para sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013.

_____ **NBR 15575-3:2013** - Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho – Requisitos para sistemas de pisos internos. Rio de Janeiro, 2013.

_____ **NBR 15575-4:2013** - Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho – Sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2013.

_____ **NBR 15575-5:2013**: 2013 - Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho – Requisitos para sistemas de cobertura. Rio de Janeiro, 2013.

_____ **NBR 15758-1:2009** - Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall - Projeto e procedimentos executivos para montagem. Requisitos para sistemas usados como paredes. Rio de Janeiro, 2009.

_____ **NBR 15873:2010** - Coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro, 2010.

AISI C100:2007 – Standard - *North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members*. American Iron and Steel Institute, 2007.

Apec Steel Frame Systems – Technical Guide. Disponível em: <<http://www.apec.com.tr>> Acesso em 10/03/2013, as 15:45:00.

AVIS TECHNIQUE 2/07-1262 – *France Standard - Système constructif Light weight constructions Leichtbauweisen – AcelorMittal - CSTB - Secrétariat de la commission des Avis Technique*. France, 2008.

BASF. Guia de produtos para construção civil. Disponível em: <<http://www.basf.com.br/PT/Pages/default.aspx>> Acesso em 10/09/2012, as 22:55:00.

BATEMAN, Bruce W. *Light-Gauge Steel Verses Conventional Wood Framing In Residential Construction*. In *Journal of Construction Education*. Vol.2, N. 2 p. 99-108. Texas A&M University, Texas U.S.A, 1997.

BERTOLINI, Luca. *Materiais de Construção: patologia, reabilitação, prevenção*. 1ª Ed. Ed. Oficina de Textos, São Paulo, 2010.

BRASIL. Ministério das Cidades – Sistema Nacional de Avaliações Técnicas – SINAT (2010) revisão 1. Diretriz SINAT 003: Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “Ligth Steel Framing”). Brasília, Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat. 2012.

BRASILIT. *Placas Cimentícias – Guia de Sistemas para Produtos Planos: Catálogo Técnico*. Impresso, 166p e mídia DVD, São Paulo, março/2011.

BRICKA. Manual de instalação do sistema brickawall de vedação. Disponível em: <<http://www.bricka.com.br/>> Acesso em 13/09/2012, as 7:00:00.

BRITISH STANDARD

_____ **BS 5427-1:1996** - *Code of practice for the use of profiled sheet for roof and wall cladding on buildings design.*

_____ **BS 5950-5:2000** – *Structural use of steelwork in building: Code of practice for design of cold formed sections*

BUSTRAND, H. HÖGLUND . *Slotted steel studs to reduce thermal bridges in insulated walls. In. Thin-Walled Structures n°32. Elsevier Science, Sueden, 1998.*

CAMPOS, Rubens J. A. Diretrizes de projeto para produção de habitações térreas com estrutura tipo plataforma e fechamento com placas cimentícias. Em Dissertação (Mestrado em Engenharia da Edificação e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, 157 p.,2006.

CAMPOS, Holdinah Cardoso. Avaliação pós-ocupação de edificações construídas no sistema *Light Steel Framing*. Em Dissertação (Mestrado do programa de pós-graduação em engenharia civil) Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas. Ouro Preto, MG, 2010.

CARVALHO, Roberto Chust. **FILHO**, Jasson R. de F. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado segundo a NBR 6118:2003. 3ª Ed. Editora EduFScar 367p., São Carlos/SP, 2009.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Gadioli Cipolla Comunicação, Brasília, 2013. 300p.

CHICHIERCHIO, Luis Carlos. Conforto ambiental: Desempenho térmico e acústico e proteção contra fogo. Em: Manual Técnico de Alvenaria ABCI – Assoc. Bras. Constr. Industrializada. Ed. Projeto pw, 274p, São Paulo, 1990.

CICHINELLI, Gisele. Lajes Colaborantes. Em Revista Técne, n°147, página 48 a 51, Ed. PINI, São Paulo, junho de 2009, e Parede ou vedação. Revista Técne, São Paulo: Pini, ano 15, n. 128, nov. 2007.

CISER, parafusos. Manual de parafusos para *light steel frame*. Disponível em <<http://www.ciser.com.br/destaques/steel-frame>>, acessado em 10/09/2012 as 23:30:00.

CONSULSTEEL. *Manual de procedimiento - construcción con steel framing. Argentina, 2006.*

Disponível em <http://consulsteel.com/>, acessado em 09/04/2012, as 8:45:00.

CSSBI - Canadian Sheet Steel Building Institute “*The Light Weight Steel Frame House Construction – Handbook: CSSBI 59-05 Chapters 1-9*”. Canadá, 2005. Disponível em: <http://www.cssbi.ca/publications#term-30>, acessado em 08/09/2011 as 16:00:00.

DANICA, Corporation. Catálogo construção civil. Disponível em <<http://www.danicacorporation.com/sfDanica2/web/index.php/download>> , acessado em 10/10/2012, as 8:00:00.

DAVIES, J. M. *Light gauge steel cassette wall construction—theory and practice. In: Journal of Constructional Steel Research nº 62. Elsevier Science, U.K, 2006.*

DIAS, Gustavo Lacerda. LIMA, André Luiz. SANTOS, Altevir Castro dos. SZÜCS, Carlos Alberto. Determinação das Propriedades Mecânicas do OSB. Em IX Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras. UFSC – DEC, Cuiabá/MT, 2004.

DIN EN ISO 10666:2000 - GERMAN STANDARD - Drilling screws with tapping screws thread.

DOW CHERMICAL. Produtos para construção civil. Disponível em <http://www.dow.com/brasil/produtos/mercado/construcao/> acesso em 30/10/2012 as 13:00:00.

DRYWALL. Associação Brasileira dos Fabricantes de chapas para drywall. Manual de projeto de sistemas drywall. 86p. Ed. PINI, São Paulo, 2006.

DUBINA, Dan. *Structural analysis and design assisted by testing of cold-formed steel structures. I: ScienceDirect. Thin-Walled Structures nº46. Elsevier Science, Romênia, 2008.*

EIMA. Exterior insulation and finish systems. *Guide to exterior insulation & finish system construction.* Disponível em: <http://www.eima.com/>, acessado em 22/05/2012 as 12:00:00.

ELHAJJ, Nader. *Fastering of light frame steel housing: an international perspective. Upper Marlboro, MO: National Association of Home Builders, (NAHB), 2004.* Disponível em <<http://www.nahb.org/>> Acesso em 10/11/2012 as 10:00:00.

ETERNIT. Catálogo Técnico Sistemas Construtivos Eterplac. Disponível em <<http://www. eternit.com.br>> Acesso em 12/09/2012 as 6:00:00.

ETZENBACH, C. MEES C. *Prescriptive method: an easy tool for simple design of light gauge steel framed housing. ArcelorMittal. Publicado em La Revue de Métallurgie - CIT - Março 2008.*

EUROCODE 3 – *Design of steel structures. BS 1993-1-3, European Committee for Standardisation, 2003.*

FABRÍCIO, Márcio. Notas de aula sobre o processo de projeto. Escola de Engenharia da UFMG, 2011.

FIORITO, ANTÔNIO J.S.I. Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução. São Paulo, PINI, 2009.

FRAMEMASTER. Catálogo Técnico de Equipamentos. Disponível em <<http://www.framecad.com>> Acesso em 12/09/2012 as 6:30:00.

FREITAS, Arlene M. S; **CRASTO**, Renata C. Morais de. Steel Framing: Arquitetura. Ed. Instituto Brasileiro de Siderurgia – Centro Brasileiro da Construção em Aço (IBS-CBCA). Rio de Janeiro, 2006.

GAD, E.F. DUFFIELD, C.F., HUTCHINSON, G.L., MANSELL, D.S., STARK, G., *Lateral performance of cold-formed steel-framed domestic structures. In: Engineering Structures nº21. Elsevier Science, Austrália, 1999.*

GERGES, Samir N. Y. Ruído: fenômenos e controle. Florianópolis: UFSC; 1992. 660p.

GOMES, Adriano Pinto ; de Souza, Henor Artur ; Tribess, Arlindo. *Impact of thermal bridging on the performance of buildings using Light Steel Framing in Brazil. In: Applied Thermal Engineering, 2013, Vol.52(1), pp.84-89.*

GREVEN, Hélio Adão; BALDAUF, Alexandra S. F. Introdução a coordenação modular da construção no Brasil. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ANTAC – Porto Alegre, 2007.

GROTTA, Danubia de Lima. Materiais e técnicas contemporâneas para controle de ruído aéreo em edifícios de escritórios: Subsídios para especificações. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, 211p, 2009.

GYPSUM DRYWALL. Catálogo técnico. Disponível em http://www.lafargegypsum.com.br/gypsum_arquitetura/index.php?new Acesso em 03/01/2013 as 13:00:00.

HEWITT, Chistopher. “*The real deal: Sustainable Steel*”. In. *Modern Steel Construction, September 2003.* Disponível em: <http://www.aisc.org/sustainability>, acesso em Dezembro de 01/12/2011 as 17:00:00.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Atuação do IPT no SiNAT consolida diretrizes técnicas para avaliar o desempenho de sistemas com novas tecnologias. Disponível em <http://www.ipt.br/noticia/385.htm>, acessado em 20/12/2012 as 14:00:00.

ISO STANDARD

_____ **ISO 16894:2009** - *Wood Based Panels- Oriented Strand Board – Definitions, classification and specifications. Switzerland, 2009.*

_____ **ISO 11600:2002** - *Building construction - Jointing products - Classification and requirements for sealants. Switzerland, 2002.*

_____ **ISO 15686:2012** – *Buildings and constructed assets -- Service life planning -- Part 2: Service life prediction procedures. Switzerland, 2012.*

_____ **ISO 10052:2004** - *Acoustics: Field measurements of airborne and impact sound insulation and of service equipment sound, Survey method. Switzerland, 2004.*

_____ **ISO 140-7:1998** – *Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and building elements – part. 7 – field measurements of impact sound insulation of floors. Switzerland, 1998.*

ISOVER. Catálogo produtos para construção civil: painel de lâ de vidro. Disponível em http://www.isover.com.br/isover/pdf/produtos_catalogos/Wallfelt.pdf acesso em 23/08/2012 as 22:00:00.

JAPAN STANDARD. NIST– *Voluntary Product Standard PS 2-04 – Performance Standard for Wood Based Structural-Use Panels.2011.*

KNAUF DRYWALL. Catálogo de produtos. Disponível em <http://knauf.com.br/?id=249> acesso em 22/03/2012 as 7:00:00.

KURDJIAN, Jorge Kurken. Cálculo estrutural. Em: Manual Técnico de Alvenaria ABCI – Assoc. Bras. Constr. Industrializada. Ed. Projeto pw, 274p, São Paulo, 1990.

LABOUBE, Roger A. **YU,** Wei-Wen. “Recent research and developments in cold formed steel design and construction” In: *Seventeenth International Specialty Conference on Cold-Formed Steel Structures” Department of Civil Engineering University of Missouri – Rolla . Orlando – Flórida 2004.*

LAMBERTS, Roberto. Desempenho térmico em edificações. Material de aula. Universidade Federal de Santa Catarina (2012). Disponível em:

http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV5161%20Aula%209%20-%20Desempenho%20termico%20paredes%20e%20coberturas_2012.pdf

LAWSON, R. W. *New developments in use of cold formed steel in buildings.* In: *CONSTRUCTION & BUILDING MATERIALS* Vol. 6 No. 4, 1992.

LAWSON, R.W. et al. *Durability of light steel framing in residential applications.* In: *Proceedings of the ICE - Construction Materials, 2010, Vol.163(2), pp.109-121.*

LI, Rui. SHI, Xing. *EIFS in China - History, Codes and Standards, Features, and Problems.* *International Conference on Applied Physics and Industrial Engineering.* In: *Physics procedia nº 24.* Elsevier Science, China, 2012.

LP Building Products. Catálogo técnico. OSB – Placas estruturais para construção CES e Telha shingle. Curitiba 2011. Disponíveis em: <<http://www.lpbrasil.com.br/Index.asp>>acesso em 30/07/2012 as 14:00:00.

LSK – European Light Steel Construction Association. *European Lightweight Steel Framed Construction.* Bélgica, 2005. Disponível em <<http://www.easysteel.info/>>

LUCINI, H. C. Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias. Ed. PINI, São Paulo, 2001.

MASISA. Catálogo de produtos, chapa OSB. Disponível em <http://stage.masisa.com/exp/por/produto/paineis/osb/ficha-tecnica/1795.html> acesso em [23/09/2012](#) as 12:00:00.

MATESICA, Ind. Com. Catálogo de tintas e massas. Disponível em <http://www.matesica.com.br/> acesso em 04/05/2012 as 11:00:00.

MELLO, L.C.B de B.;AMORIM, S.R.L. O Subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Européia e aos Estados Unidos. Produção, v.19, p. 387-400, 2009. Disponível em:< http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132009000200013>acesso em 01/03/2012 as 14:00:00.

MEIRELLES, Célia Regina Moretti; SEGALL, Mario Lasar.; RAIÁ, Fabio; MESQUITA Jéssica Alves e FERREIRA, Henrique Ferrarini. O potencial sustentável dos sistemas leves na produção da habitação social. Artigo apresentado no 1º Seminário Nacional de Construção Sustentável. Passo Fundo/RS em 27 e 28/11/2012. Disponível em

<http://snscs.imed.edu.br/anais/artigos/Inova%C3%A7%C3%A3o%20e%20Materiais%20em%20HIS/O%20potencial%20sustent%C3%A1vel%20dos%20sistemas%20leves%20na%20produ%C3%A7%C3%A3o%20da%20habita%C3%A7%C3%A3o.pdf> acesso em 31/01/2013 as 12:00:00.

METFORM. Catálogo telha forma. Disponível em <http://www.metform.com.br/telha-forma-catalogo-tecnico.php>, acesso em 20/12/2012, às 8:30:00.

MROZOWSKI, Tim. SYAL, Matt. KAKAKHEL, Syed Aqeel. “Construction Management of Steel Construction”. In: *American Institute of Steel Construction (AISC). Chicago- USA, 1999.*

MURAHASHI, Yoshimitsu et al. “Development of Nittetsu-super-frame system and expanding its market-challenge to enlarge the possibility of light-gauge-steel-framed houses in the low rise building market” in: *NIPPON STEEL TECHNICAL REPORT, Number 97, January, 2008.*

NAHB – National Association of Homebuilders and Bank of America Home Equity – “Study of Life Spectancy of Home Components”. Washington D.C, 2007.

NAHB – Low Rise Residential Construction – Washington D.C, 2000.

NASCIMENTO, Otávio Luiz. Manual de construção em aço, alvenarias. Bibliografia para desenvolvimento da construção em aço (COSIPA, CST, USIMINAS e CSN). Belo Horizonte, 2002, 55p.

NEOTHÉRMICA isolantes térmicos. Portifólio de produtos. Disponível em <http://www.neotermica.com.br/> acesso em 30/09/2012 as 9:00:00.

NIPON STEEL NEWS. *Published monthly by Public Relations Center General Administration Div. Nippon Steel Corporation. N°332, agosto de 2005. Disponível em < <http://www.nsc.co.jp>>, Acesso em 11/06/2012 as 12:55:20.*

OLIVEIRA, O.J.; MELHADO, Silvio.B. Como Administrar Empresas de Projeto de Arquitetura e Engenharia Civil. Ed. PINI, 64 p, São Paulo, 2006.

ONDULINE. Catálogo de telhas. Disponível em <http://www.onduline.com.br/>, acesso em 12/07/2012 às 10:30:00.

PAHL, Gerhard. BEITZ, Wolfgang. FELDHUSEN, Jorg, GROTE, Karl-Heinrich. Projeto na engenharia– Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos: métodos e aplicações. Tradução da 6ª Ed. Alemã. Ed. Edgard Blucher, São Paulo, 2005.

PINI. Manual de projetos de sistemas drywall: Paredes, forros e revestimentos. São Paulo, PINI, 2006.

PINI. Manual de utilização do EPS na construção civil. ABRAPEX – Associação Brasileira do poliestireno expandido. São Paulo, 2006.

PINHEIRO, David José Gonçalves. Análise Estática e Dinâmica de Painéis Corrugados Construídos em Materiais Compósitos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa ISEL, Portugal –, 95p, Dezembro de 2010.

POMARO. Heloísa. Os novos paradigmas da construção civil. Em: Revista Sistemas Prediais. Pág 34. Fev. 2011.

POMARO, Heloísa. **KOTAQUE,** Boni, Leitura de projeto e construção em LSF. Apostila do curso prático. Mogi das Cruzes/SP, 2012.

POPO-OLA, S.O. et al. Durability of light steel framing in residential building. SCI publication P262. The Steel Construction Institute, U.K, 2000.

RAMALHO, Márcio A. **CORREIA,** Márcio R. S. Projeto de edifícios de alvenaria estrutural. São Paulo, PINI, 2003.

RIO+20. *United Nations Conference on Sustainable Development. A 10-year framework of programmes on sustainable consumption and production patterns.* Document: A/CONF.216/5, Page 9. Rio de Janeiro, 20 a 22 de junho de 2012.

ROCA, Miguel B. IV. Instalações hidráulicas em sistemas flexíveis. SEMINÁRIO DE SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS INTEGRADAS: Paredes de gesso acartonado e sistemas complementares. Pág. 35. Belo Horizonte, 1999.

RODRIGUES, Francisco Carlos. Projeto e cálculo de edifícios com sistemas Light Steel Framing. In: Novos estudos e pesquisas em construção metálica: Organizado por KRIPKA, Moacir e CHAMBERLAIN, Zacarias M.–Universidade de Passo Fundo, Editora Universitária, Passo Fundo, 2008.

RODRIGUES, Francisco Carlos. Steel Framing: Engenharia. Ed. Instituto Brasileiro de Siderurgia – Centro Brasileiro da Construção em Aço (IBS-CBCA). Rio de Janeiro, 2006.

SABBATINI, Fernando Henrique. DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS, PROCESSOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS - FORMULAÇÃO E APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA. Tese de doutorado. USP, São Paulo, 1989.

SANTIAGO, Alexandre Kokke; **ARAÚJO**; Ernani Carlos de. Sistema *light steel framing* como fechamento externo vertical industrializado. In: Construmetal: Congresso Latino-Americano de Construção Metálica. São Paulo, 2008.

SHI, Sanyuan. **YU**, Juan. *Development of Chinese Light Steel Construction Residential Buildings*. In: *Journal of sustainable development*. Vol. 2, nº 3, Canadá, Novembro de 2009.

SILVA, Valdir Pignatta. **PANNONI**, Fábio D. Estruturas de aço para edifícios. Ed. Blucher, São Paulo, 2010.

SIMPSON STRONG-TIE. *Cold-Formed Steel Connectors For Residential and Mid-Rise Construction - C-CFS10*. Disponível em: < www.strongtie.co >, acesso em 21/09/2012, as 8:00:00.

STRÖMBERG, J. **LAWSON**, M. **KERGEN**, R. **MOUTAFIDOU**, A. **MONONEN**, T. **JOHANSSON**, B. **NIEMINEN**, J. *Development of dry composite construction systems based on steel in residential applications - technical steel research*. European Commision, Belgium, 2002.

TAKEYAMA, K. "Design and construction in Japan and in some other Asiatic Countries: a review of trends in Asia. In: *II CIB – International Council For Building: Innovation In Building*". Cambridge, USA, 1962.

TÉGULA, Telhas de concreto. Catálogo de produtos. Disponível em <http://www.tegula.com.br/site/>>, acesso em 21/09/2012, as 9:30:00.

TELLING BUILDSTRONG. Catálogo de produtos. Disponível em <<http://www.buildstrong.com/>> , acesso em 03/10/2012 as 14:00:00.

TERNI, Antônio W. **SANTIAGO**, Alexandre K. **PIANHERI**, José. Steel Frame – estrutura. Revista técnica, nº 137, pág. 84 e nº 141, pág. 61. Ed. PINI, São Paulo, agosto e dezembro de 2008.

THOMAZ, Ércio. Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção. Ed. PINI, São Paulo, 2001.

TREBILCOCK, Mr. Peter." *Building Design Using Cold Formed Steel Sections: An Architect's Guide*". Oxford. The Steel Construction Institute, 1994.

USG. *The gypsum construction handbook*. Disponível em <http://www.usg.com/index.html>, acesso em 13/09/2012, as 8:00:00, e Chapa Durock, disponível em <http://www.contract.net.br/produto.asp?id=7>, acesso em 12/09/2012 as 13:00:00.

VIVAN, André Luiz. Projetos para produção de residências unifamiliares em Light Steel Framing. 2011. 209 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR – São Carlos/SP.

VITOR, Rodrigo Oliveira. Modelagem Numérica de Diagonais Equivalentes Para Painéis Shear Wall do sistema Light Steel Framing. Dissertação de mestrado do programa de pós graduação em engenharia de estruturas – UFMG, 2012, 113p.

WALSIVA chumbadores. Catálogo de produtos. Disponível em <http://www.walsywa.com.br/site/?pg=produtos>, acesso em 01/09/2012 as 6:00:00.

8 - ANEXOS

8.1) REFERÊNCIAS NORMATIVAS

As normas relacionadas a seguir fazem parte de um conjunto de documentos que foram utilizados para a elaboração desta dissertação.

ABNT NBR 6118:2007 – *Projeto de estruturas em concreto armado – Procedimento.*

ABNT NBR 6120:1980 – *Cargas para cálculo de estruturas de edificações.*

ABNT NBR 6123: 1998– *Forças devido ao vento em edificações.*

ABNT NBR 6355:2012 – *Perfis estruturais formados a frio – Padronização.*

ABNT NBR 7008:2012 - *Chapas e bobinas de aço revestidas com zinco ou com liga zinco-ferro pelo processo contínuo de imersão a quente – Especificação.*

ABNT NBR 8681:2003 – *Ações e segurança nas estruturas.*

ABNT NBR 9575:2010 – *Impermeabilização - Seleção e Projeto.*

ABNT NBR 10821 :2011– *Esquadrias externas para edificações.*

ABNT NBR 11752:2007 - *Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial.*

ABNT NBR 13528:2010 - *Revestimentos de paredes de argamassas inorgânicas: Determinação da resistência de aderência a tração.*

ABNT NBR 14081:2012 - *Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – requisitos.*

ABNT NBR 14323:1999 - *Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio – Procedimento.*

ABNT NBR 14432:2000 – *Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento.*

ABNT NBR 14715:2010 - *Placas de gesso para dry wall – Requisitos.*

ABNT NBR 14762:2010 – *Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.*

ABNT NBR 14810:2006 - *Chapas de Madeira Aglomeradas – Requisitos.*

ABNT NBR 14827:2002 – *Chumbadores instalados em elementos de concreto ou alvenaria – Determinação de resistência à tração e ao cisalhamento.*

ABNT NBR 14810:2006 – *Chapas de madeira aglomerada – Parte 1 – Terminologia.*

ABNT NBR 15220:2005 – *Desempenho térmico de edificações.*

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

ABNT NBR 15498:2007- *Placa plana cimentícia sem amianto - Requisitos e Métodos de Ensaio.*

ABNT NBR 15575-1:2013- *Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho – Requisitos gerais.*

ABNT NBR 15575-2:2013- *Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho – Requisitos para sistemas estruturais.*

ABNT NBR 15575-3:2013- *Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho – Requisitos para sistemas de pisos internos.*

ABNT NBR 15575-4:2013- *Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho – Sistemas de vedações verticais internas e externas.*

ABNT NBR 15575-5:2013- *Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos: Desempenho – Requisitos para sistemas de cobertura.*

ABNT NBR 15873:2010 - *Coordenação modular para edificações.*

SINAT 003/2010 – revisão 1: 2012- *Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “Light Steel Framing”).*

BS 5427-1:1996- *Code of practice for the use of profiled sheet for roof and wall cladding on buildings design.*

BS 5950-5:2000 – *Structural use of steelwork in building: Code of practice for design of cold formed sections.*

AISI S-100-07 – *Standard - North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members. American Iron and Steel Institute.*

ASTM C- 754:2009 - *Standard specification for installation of steel Frame members to receive screw-attached gypsum panel products.*

ASTM C-474:2005– *Standard test methods for joint treatment materials for gypsum board construction.*

ASTM C-645:2006 - *Standard Specification for Nonstructural Steel Frame Members.*

ASTM C-955:2008 - *Standard Specification for Load-Bearing (Transverse and Axial) Steel Studs, Runners (Tracks), and Bracing or Bridging for Screw Application of Gypsum Panel Products and Metal Plaster Bases.*

AISI – *Specification for the design of cold-formed steel structural members.*

EN 1993-1-1 - EUROCODE 3:2004 – *Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings.*

ISO 16894:2009- *Wood Based Panels- Oriented Strand Board – Definitions, classification and specifications. . Switzerland, 2009.*

ISO 11600:2002 - *Building construction - Jointing products - Classification and requirements for sealants*. . Switzerland, 2002.

ISO 10052:2004 - *Acoustics: Field measurements of airborne and impact sound insulation and of service equipment sound, Survey method*. Switzerland, 2004.

ISO 140-7:1998 – *Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and building elements – part. 7 – field measurements of impact sound insulation of floors*. Switzerland, 1998.

DIN EN ISO 10666:1997 – *Drilling screws with tapping screws thread*.

NIST– *Voluntary Product Standard PS 2-04:2004 – Performance Standard for Wood Based Structural-Use Panels*.

Avis Technique 2/07-1262:2007 – *Système constructif Light weight constructions Leichtbauweisen – AcelorMittal - CSTB - Secrétariat de la commission des Avis Technique*. France, 2007.

8.2) TERMOS E DEFINIÇÕES

Aberturas em perfis: São admitidas aberturas nos perfis conforme ABNT NBR 15253:2005.

Ballon Frame: Modalidade de construção com mais de um pavimento em *Light Steel Frame* onde a estrutura do piso é fixada nas laterais dos montantes. Estes fazem parte de painéis cuja dimensão vertical excede o pé direito.

Banda acústica: Fita composta de polietileno expandido recoberto por fita auto-adesiva para isolamento de perfis de aço e a estrutura de concreto, com largura entre 50 e 90 mm.

Bloqueador: Perfis utilizados na horizontal, com comprimento reduzido, cuja função é auxiliar no travamento lateral de montantes e vigas, reduzindo o seu comprimento de flambagem.

Cantoneira (*Clip Angle*): Chapa de aço galvanizado, com função estrutural, dobrada em formato de “L” com ângulo de 90°. Usada para a execução de ligações entre a alma de um perfil em um montante, viga ou terça.

Capacitação: Processo de educação cujo objetivo é tornar um profissional apto a realizar determinada tarefa com o máximo de produtividade e o mínimo de falhas.

Chapa Gousset: Chapa de aço galvanizado utilizada para ligação entre montantes e diagonais com a corda inferior e superior de uma treliça. Serve também para ligar as fitas de contraventamento dos perfis das guias e montantes que compõem os cantos dos painéis contraventados.

Chapa Cimentícia: Chapa cuja composição principal são pastas cimentícias que, unidas com malha de fibra de vidro e aditivos, são prensadas em um processo industrial.

Chapa de gesso acartonado: Chapa cuja composição principal é o gesso e o papel cartão. É formada em um processo industrial onde o gesso é totalmente revestido pelo papel cartão.

Chumbador de adesão química (*adhesive anchor*): Chumbador de pós-concretagem que obtém sua força de ancoragem através da aderência de um composto químico colocado entre a parede do furo e a parte embutida do chumbador. Deve atender aos requisitos das normas ABNT NBR 15049:2004 e NBR 14827:2002.

Chumbador de expansão (*expansion anchor*): Chumbador de pós-concretagem que obtém a sua força de ancoragem através de um sistema mecânico de expansão radial, que exerce

forças de atrito contra a parede do furo em um componente estrutural. Deve atender os requisitos das normas ABNT NBR 14918:2002 e NBR 14827:2002.

Chumbador de pós-concretagem (*post-installed anchor*): Chumbador instalado em perfuração feita no concreto endurecido.

Chumbador de pré-concretagem (*cast in place anchor*): Chumbador instalado no local antes da concretagem e que se obtém a sua resistência após a cura do concreto.

***Clinching*:** Método de ligação mecânica entre chapas de aço através de dobras, entrelaçamento ou punção em temperatura ambiente.

Cobertura: Fechamento superior da edificação, inclinada em no máximo 70° em relação à horizontal e que não apresenta as características de piso.

Condutividade térmica: Propriedade do material que caracteriza o fluxo de calor transferido por unidade de espessura e por unidade de gradiente de temperatura expressa por λ e unidade: W/m.°C.

Conector: Dispositivo mecânico de ligação entre componentes metálicos e outros materiais.

Painel de contraventamento: Sub-sistema estrutural cujo objetivo é promover uma rigidez estrutural dos painéis em relação a esforços laterais, devendo ser ancorado firmemente à fundação, através de chumbadores específicos (químico ou mecânico) com resistência comprovada.

Coordenação Modular: Teoria onde as dimensões múltiplas de uma medida comum são intercambiáveis entre si, visando à padronização da medida de componentes da edificação. É representado pela letra M e tem o valor de 100 mm.

DATEC: Documento Técnico de Avaliação.

Desempenho: Propriedade que caracteriza quantitativamente o comportamento de um produto isolado ou em conjunto em utilização.

Dispositivos para fixação da estrutura na fundação: Conjunto de dispositivos constituídos por chumbadores (mecânicos ou químicos) chapas, barras rosqueadas e parafusos que visam solidarizar a estrutura à fundação.

Enrijecedor de apoio: perfil utilizado verticalmente no apoio de vigas de entrepiso, enrijecendo a alma do perfil.

Entrepiso: Conjunto de elementos de construção, com ou sem espaços vazios, compreendido entre a parte inferior do forro de um pavimento e a parte superior do piso do pavimento imediatamente superior.

Falha: Ocorrência que afeta o estado de utilização do componente, por fissuração, ou por avarias no componente.

Finca Pino: Equipamento mecânico capaz de aplicar uma força em um pino de aço capaz de puncionar, perfurar chapas e substratos em concreto.

Fita ou tira: fita de aço galvanizado empregada como elemento de contraventamento em conjunto com os bloqueadores para compor o sistema de travamento lateral dos montantes de painéis de parede, de piso e cobertura. É também empregado na diagonal para compor os painéis de contraventamento de parede, de piso e de cobertura.

Guia: Perfil utilizado para fazer a interface entre a fundação e o painel de parede ou entre a laje e o painel de parede. Na horizontal e com a abertura para cima ou para baixo, serve como anteparo aos montantes. Serve também como elemento de encabeçamento de painéis de cobertura.

In-Line: As estruturas de parede, piso e cobertura devem ser projetadas de maneira que os centros de gravidade das seções transversais dos montantes imediatamente superiores ou inferiores e das vigas estejam alinhados e vigas alinhados ou não se distanciem se mais de $\frac{3}{4}$ " ou 19 mm em projeção horizontal.

Joist: Viga treliçada composta por perfis com a função de suportar as ações transmitidas pela estrutura vertical, o peso próprio e a sobrecarga que atuam em subsistemas de lajes e entrepisos.

HVAC: *Heating, ventilating and air conditioning.* Designação do conjunto de instalações responsáveis pela climatização do interior das edificações.

Lã de Pet: Produto industrializado composto por fibras de poliéster de garrafas PET recicladas. Tem função de prover isolamento térmico e acústico. Fornecido em rolo, deve ser instalado no interior dos painéis, entre as chapas de fechamento. Deve possuir certificação de testes de resistência a incêndio e não propagação de chamas.

Lã de Rocha: Produto industrializado composto de fibras de rocha de origem vulcânica, formando painéis de espessura e densidade variáveis. Tem a função de prover isolamento térmico e acústico, sendo instalado no interior dos painéis entre as chapas de fechamento. Devem estar de acordo com a norma ABNT NBR 11364:1994.

Lã de Vidro: Produto industrializado a partir de sílica e sódio aglomerados por resinas sintéticas, formando fibras. Tem a função de prover isolamento térmico e acústico, sendo instalados no interior dos painéis, entre as chapas de fechamento.

Ligações: Processo de união de perfis e acessórios metálicos com o conjunto de dispositivos (conectores, parafusos, pinos e bites).

Massa para juntas: Insumo utilizado para o tratamento de juntas e encontros entre chapas de gesso acartonado ou cimentícias, acerto de falhas e tamponamento da cabeça de parafusos. Para chapas de gesso acartonado são divididas em dois tipos: Massa para rejunte e massa de colagem. Para chapas cimentícias são utilizadas massas específicas, conforme o tratamento de junta especificado pelo fornecedor.

Mastique: Selante a base de polímeros que tem como características a deformação sob tensão, variando suas dimensões, mas mantendo o seu volume constante.

Material-base: Substrato na qual se deseja fixar um componente seja concreto, pedra natural, chapa de gesso acartonado e placa cimentícia.

Membrana: Membrana hidrófuga que atua como uma barreira contra água, vento e poeira, promovendo a ventilação das paredes e ao mesmo tempo permitindo a saída da umidade interna do painel. Também conhecida como barreira de vapor.

Método Construtivo: É o conjunto de técnicas construtivas ou procedimentos interdependentes e devidamente organizados, utilizados na construção de uma edificação ou de uma parte (subsistema ou componente).

Montante auxiliar (*King*): Perfil auxiliar utilizado verticalmente para reforço em abertura de vãos de portas e janelas de painéis.

Montante de composição (*Cripple*): Perfil utilizado verticalmente na composição de painéis de vedação, sobre e abaixo das aberturas;

Montante: Denominação atribuída ao perfil U enrijecido montado na vertical que, em conjunto com outros componentes, formam a estrutura da edificação.

NAHB: *National Association of Home Builders* – Associação de empresas da indústria da construção civil dos Estados Unidos da América.

Norma: Documento técnico que fixa padrões reguladores visando garantir a solução definitiva, por todos os interessados, de um processo técnico ou administrativo, repetitivo, que leva em consideração todos os recursos reconhecidos na ocasião da sua confecção, consoantes com o estado da arte.

Norma Brasileira: Norma técnica elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em conformidade com os procedimentos fixados para o Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, pela lei 5.966, de 16.12.1973.

Ombreira (Jack): Perfil utilizado na vertical com função de ser o anteparo para a fixação de esquadrias em vãos de janelas. Serve também para apoio de vergas ou treliças na parte superior das aberturas.

Painel: Denominação de um conjunto de perfis composto de guias, montantes e bloqueadores, formando uma peça única ou subsistema, utilizado para compartimentação ou vedação de edifícios em *Light Steel Frame*.

Parafusadeira: Equipamento eletro-mecânico que é capaz de aplicar um torque em parafusos suficiente para executar as operações de furar, rosquear e apertar os parafusos autobrocantes.

Parafuso autobrocante: Parafuso de aço zincado com ponta broca com qualificação estrutural, usado para as ligações entre perfis e entre perfis e chapas.

Perfil enrijecido(U_e): Perfil empregado como montante quando usado isoladamente ou pilares e vigas quando usado em conjunto.

Perfil simples(U): Perfil empregado como anteparo ou guia superior ou inferior quando usado isoladamente ou como perfil quando usado em conjunto para formar *joist* ou treliça.

Perfil tipo cantoneira: Usado em conexões de elementos onde um perfil (U_e) não é adequado.

Perfil tipo cartola: Perfil empregado como ripas de cobertura.

Perfiladeira: Equipamento eletro-mecânico usado para a conformação e perfuração de perfis de maneira contínua em mesa de roletes e corte de chapas que são desenroladas de bobinas que atendam aos requisitos na NBR 7008:2012.

Platform Frame: Modalidade de construção com mais de um pavimento em *Light Steel Frame* onde a estrutura do piso é fixada no topo dos painéis. É a modalidade mais utilizada e que mais se assemelha à construção tradicional.

Pré-fabricação de construções: Conjunto de medidas que visam ao aumento da proporção de trabalho concluída antes de se iniciar a construção ou montagem da edificação.

Processo Construtivo: Conjunto de métodos utilizado na construção da estrutura e das vedações de um edifício. É um organizado e bem definido modo de se construir um edifício.

Resistência térmica: Corresponde à dificuldade de transmissão de calor e é determinada pelo quociente entre a espessura do material (L) e a sua condutibilidade térmica (λ). Simbolizado pela letra R.

Sanefa: Perfil U utilizado para fazer a interface entre os painéis verticais e os painéis de composição da laje. Funciona como encabeçamento de estruturas de entrespos.

SINAT: Sistema Nacional de Avaliação Técnica.

Sidding: Acabamento em vinil usado nas vedações externas no sistema construtivo *Light Steel Frame*.

Sistema Construtivo: É um processo construtivo de elevados níveis de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados ao processo.

Sistema construtivo *Light Steel Frame*: Conjunto de componentes formado por uma estrutura em perfis leves de aço conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas de gesso acartonado, placas cimentícias, placas de madeira aglomerada, estrutura de laje e cobertura. Possibilita o uso de diversas tipologias de acabamento, seja com uso de placas, barreiras de vapor, revestimentos em vinil e argamassados. São destinados a atender o desempenho de uma edificação, tanto na função de compartimentação horizontal e vertical, quanto na de vedação externa, laje, cobertura e isolamento termo-acústico.

Stick: Metodologia de construção na qual os painéis são produzidos no canteiro de obras, ou seja, os perfis são medidos e cortados na obra. Após o corte, são feitas todas as ligações para a formação dos painéis.

Suporte: Chapa galvanizada estrutural com corte e dobra visando promover a ligação da viga à estrutura de cobertura (caibros) ou viga principal com vigas de piso.

SVVIE: Sistemas de vedações verticais internas e externas.

Técnica construtiva: Conjunto de operações empregadas por um particular ofício para produzir parte de uma edificação.

Telha *Shingle*: Telha composta por fibra de vidro, manta asfáltica e aditivos utilizadas em coberturas.

Terça: perfil utilizado para apoio das telhas, placas de revestimento ou painéis de cobertura.

Tesoura: Estrutura plana utilizadas em coberturas, constituída por perfis U e U_e geralmente solicitadas à compressão e à tração.

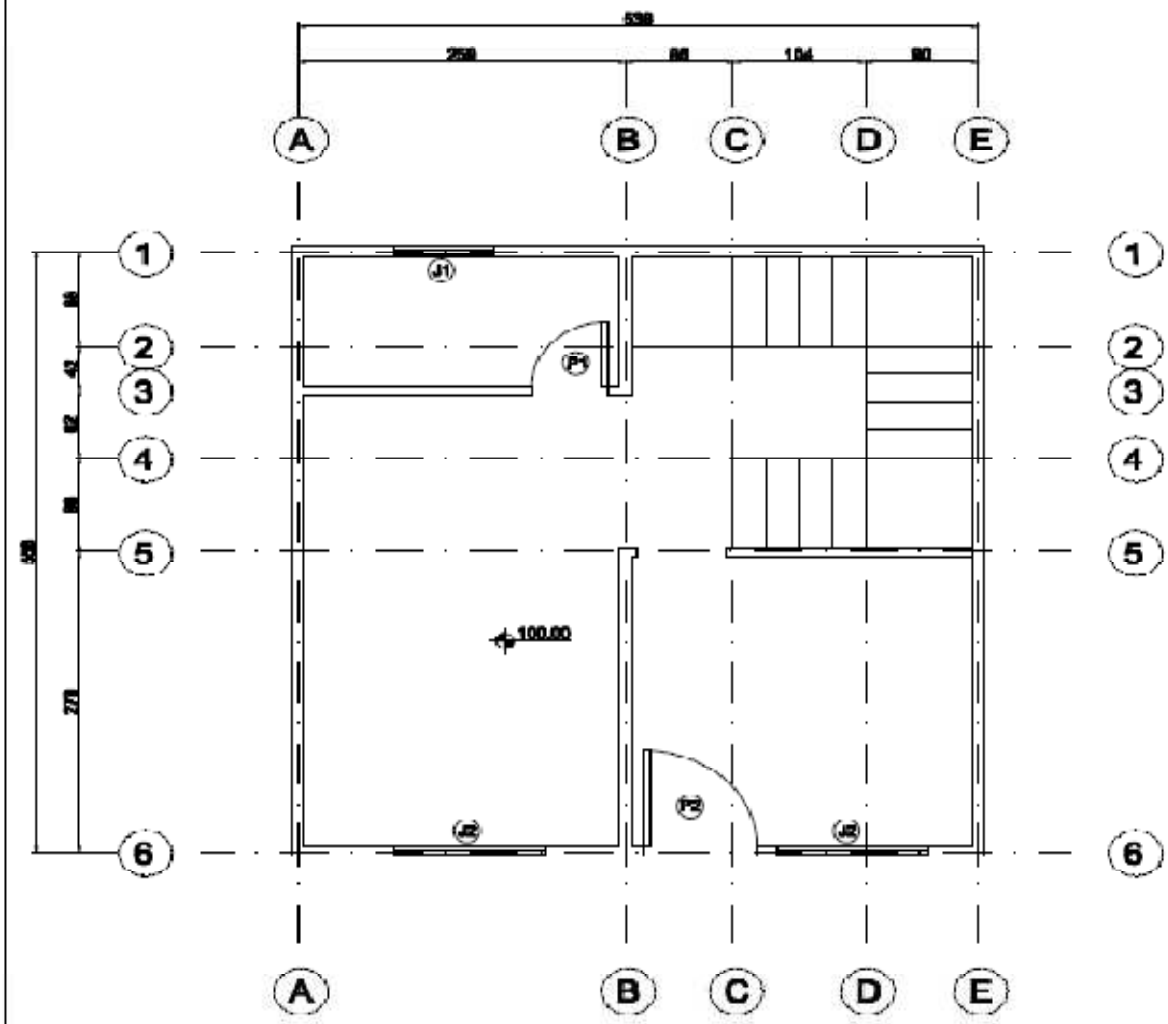
Transmitância térmica: fluxo de calor que atravessa a área unitária de um componente ou elemento quando existe um gradiente térmico de 1°K entre suas faces opostas, simbolizado por (U) e em Watts/m².°C. É o inverso da resistência térmica.

Velocidade básica do vento (V_o): Velocidade básica do vento: velocidade de uma rajada de 3 s, excedida na média uma vez em 50 anos, a 10 m acima do terreno, em campo aberto e plano. Item a ser considerado no rol de esforços horizontais a serem considerados no dimensionamento dos perfis formados a frio.

Vergas: Barra constituída por perfis U e U_e, cuja estrutura visa distribuir as solicitações sobre vãos de portas e janelas dos painéis. É feita horizontalmente sobre as aberturas (portas, janelas) para suporte da estrutura do entrepiso e/ou do painel do andar superior.

Viga: Estrutura constituída por perfis U e U_e ou caixa (justaposição de dois ou mais perfis U_e) visando resistir e distribuir cargas nos painéis.

8.3) DESENHOS

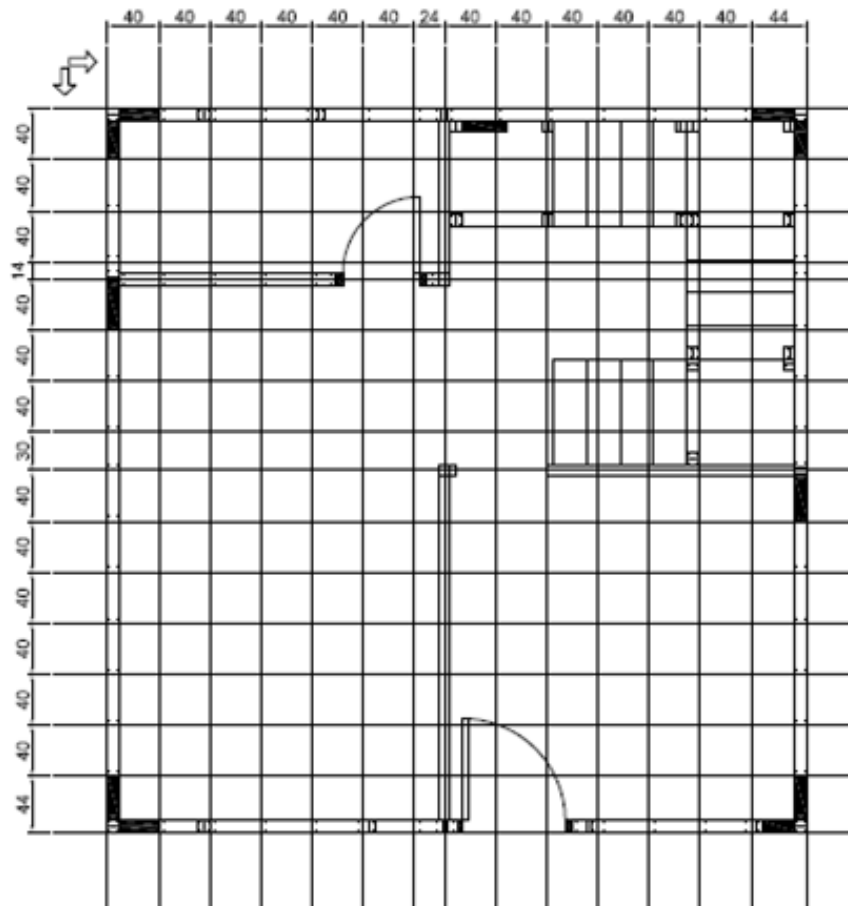


PLANTA BAIXA 1º PAV.
ESC.: 1/50

UF m G SISTEMA CONSTRUTIVO
LIGHT STEEL FRAMING
DESENHO 1/3

PLANTA BAIXA -
TÍTULO: 1º PAVIMENTO

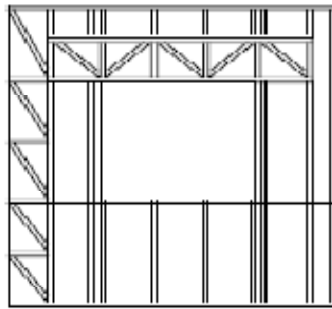
PÁGINA: 142



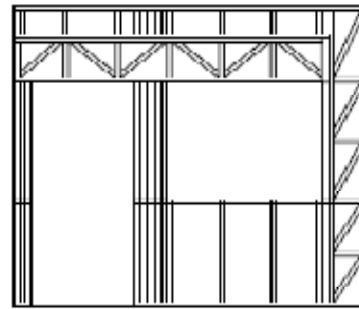
PLANTA 1º PAV. - MALHA MODULAR
 ESC: 1/50

UF *m* G SISTEMA CONSTRUTIVO
 LIGHT STEEL FRAMING
 DESENHO 2/3

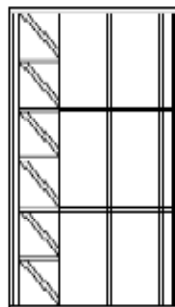
TÍTULO: MALHA MODULAR 1º PAVIMENTO	PÁGINA: 143
---------------------------------------	-------------



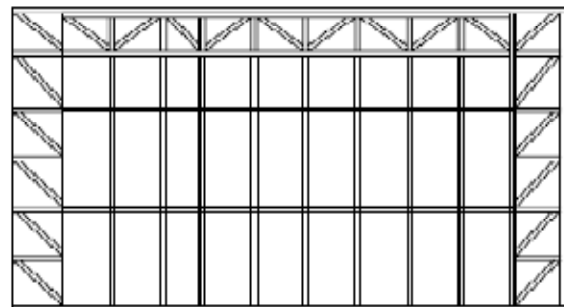
PNV - AB6 - 400 - 2530 x 2800
ESC. 1/50



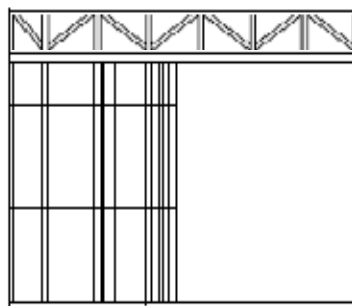
PNV - BE6 - 400 - 2720 x 2800
ESC. 1/50



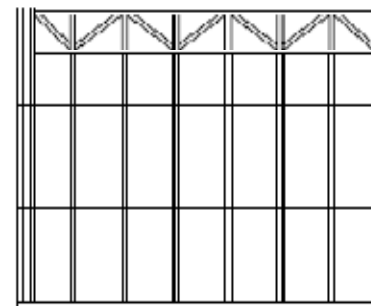
PNV - 13A - 400 - 1320 x 2800
ESC.: 1/50



PNV - 36A - 400 - 4320x 2800
ESC.: 1/50



PNV - 16B - 2700 x 2800
ESC. - 1/50



PNV - 6B - 400 - 2700 x 2800
ESC. - 1/50

U F *m* G SISTEMA CONSTRUTIVO
LIGHT STEEL FRAMING
DESENHO 3/3

TÍTULO: PAINÉIS 1º PAVTO. PÁGINA:144