

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE ENGENHARIAS, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

ISABELA MORES FURMAM
ISABELA RAMOS NOGUEIRA

NBR 16970: UMA ANÁLISE DA NORMA BRASILEIRA DE *LIGHT STEEL*
FRAMING

PONTA GROSSA
2023

**ISABELA MORES FURMAM
ISABELA RAMOS NOGUEIRA**

**NBR 16970: UMA ANÁLISE DA NORMA BRASILEIRA DE *LIGHT
STEEL FRAMING***

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil pela
Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Leticia Col Debella
Santos

PONTA GROSSA

2023

**ISABELA MORES FURMAM
ISABELA RAMOS NOGUEIRA**

**NBR 16970: UMA ANÁLISE DA NORMA BRASILEIRA DE *LIGHT
STEEL FRAMING***

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa.

BANCA EXAMINADORA:

Prof.^a Dr.^a Leticia Col Debella Santos

Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof. Dr. Sérgio Luiz Schulz

Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof.^a Me. Fernanda Brekailo

Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Ponta Grossa, 20 de novembro de 2023

*Dedicamos este trabalho aos nossos pais,
sem vocês nada seria possível.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de vivenciar a realização deste curso, por me dar sabedoria e paciência mesmo em meio as incertezas.

Aos meus pais, Oto e Aleksandria, vocês são a minha rocha, meus exemplos. Obrigada por sempre me apoiarem em minhas decisões e nunca medirem esforços para que eu pudesse me formar. Obrigada por sempre se fazerem presentes e mesmo que a distância física tenha nos testado, hoje percebo ainda mais como cada minuto com vocês são valiosos, não seria nada sem vocês.

À minha irmã Sabrina, por tantas vezes me auxiliar nos trabalhos. Seus incentivos e o seu, “calma, vai passar” foram essenciais. Você é minha inspiração.

À minha irmã Estela, por todos os momentos em que teve paciência comigo e foi meu alívio, sou muito grata por ter você em minha vida.

Ao meu cunhado, a quem posso chamar de irmão, obrigada por todas as conversas profissionais e às vezes nem tanto, por todas as ajudas nos momentos de desesperos tecnológicos e por sempre me motivar a dar o melhor de mim.

Aos meus amigos, que são minha família. Obrigada por sempre estarem presentes e enxergarem o meu melhor.

Isabela Mores Furmam

A Deus, por me guiar e dar sabedoria e discernimento para enfrentar as dificuldades e dúvidas encontradas no caminho.

Às minhas avós, Amália (*in memoriam*) e Antônia, pelas infinitas orações e incentivos em todos os momentos de minha vida.

Aos meus pais, Ranieri e Amarili, por nunca terem medido esforços para que eu realizasse meus sonhos e pudesse viver este período da melhor forma possível. Obrigada por serem amor, apoio, força e companhia nos momentos em que mais precisei, e por me incentivarem independentemente das circunstâncias. Sei que eu nada seria sem vocês e todos os sacrifícios feitos, obrigada por serem meus maiores exemplos.

Ao meu namorado, Leonardo, por ser meu apoio e maior incentivador há tantos anos. Obrigada por acreditar em mim mesmo quando nem eu mesma acreditei,

por me acalmar nos momentos de nervosismo e compreender as ausências nas horas de estudo. Sem você ao meu lado, certamente isso não seria concluído.

À minha irmã, Leticia, por ser um grande exemplo de resiliência e determinação. Obrigada por me inspirar desde os meus primeiros passos.

Isabela Ramos Nogueira

Em comum, agradecemos à nossa orientadora e amiga Prof.^a Leticia Col Debella Santos, por aceitar este desafio de nos guiar neste trabalho, sempre com bom humor e uma mensagem motivacional. Obrigada por ser referência como profissional e nos incentivar a buscarmos ser cada vez melhores.

A Prof.^a Fernanda Brekailo, por aceitar nos orientar temporariamente neste trabalho, pelas contribuições feitas e por ter desempenhado tal função com dedicação e amizade.

A todos os demais professores que contribuíram imensamente para a nossa formação profissional e pessoal ao longo do curso.

Às nossas amigas, que tornaram este período de graduação mais leve e divertido, por compartilharmos tantas risadas e por serem apoio nos momentos de dificuldade.

Às empresas Espaço *Smart* e *Invicta*, por contribuírem com a realização deste trabalho e nos fornecerem informações essenciais para a conclusão do mesmo.

Ainda, a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso muito obrigada!

RESUMO

A busca por novos métodos construtivos e a necessidade de obras cada vez mais rápidas, funcionais e com menores prazos e desperdícios faz com que a construção em *Light Steel Framing* venha se expandindo no Brasil. Com a constante evolução e crescimento deste setor fez-se necessário uma normativa específica para esse modelo construtivo. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é analisar a NBR 16970 e os impactos que sua publicação causou, apontando os novos aspectos contemplados e a forma de execução dentro da construção civil. Propõe-se, assim, uma análise e uma discussão exploratória por meio de busca em materiais sobre o tema e também uma pesquisa nas normas que eram anteriormente utilizadas para dimensionar e executar este sistema construtivo. Os resultados mostraram que a nova NBR 16970:2022 apresenta definições específicas em relação a projetos e detalhamentos da estrutura, e que o dimensionamento dos elementos pode seguir sendo feito com a NBR 14762:2010. Além disso, através de entrevistas com profissionais que projetam e executam neste sistema, identificou-se que para o ramo da construção a publicação desta norma é vista como um ponto positivo e de evolução. Sendo assim, a NBR 16970 pode ser entendida como um importante marco para a validação nacional da metodologia, ao acrescentar credibilidade ao sistema e facilitar a obtenção de financiamentos, proporcionando assim maior acesso e aceitação da população brasileira por este método construtivo.

Palavras-chave: Construção Civil. *Light Steel Framing*. NBR 16970.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Casa Firjan da Indústria Criativa	17
Figura 2: Ponte Octávio Frias de Oliveira.....	17
Figura 3: Construção de residência em <i>Light Steel Framing</i>	18
Figura 4: Residência em <i>Light Steel Framing</i> em Ponta Grossa.....	18
Figura 5: Método Stick de execução	21
Figura 6: Método por Painéis	22
Figura 7: Módulo em LSF	23
Figura 8: Componentes LSF	23
Figura 9: Laje radier para construção em LSF	24
Figura 10: Ancoragens em laje radier	25
Figura 11: Tipos de perfil LSF	26
Figura 12: Painel reticulado e seus componentes.....	27
Figura 13: Componentes estruturais	28
Figura 14: Entrepiso	28
Figura 15: Gráfico comparativo final com valores encontrados.....	33
Figura 16: Fluxograma dos Processos.....	35
Figura 17: Chapas finas de aço especificadas para uso estrutural	37
Figura 18: Coeficientes de ponderação das ações ABNT NBR 14762	40
Figura 19: Coeficientes de ponderação das ações ABNT NBR 14762 (continuação)	41
Figura 20: Valores dos fatores de combinação ψ_0 e de redução ψ_1 e ψ_2 para as ações variáveis ABNT NBR 14762.....	41
Figura 21: Combinações últimas	42
Figura 22: Combinações de serviço	43
Figura 23: Dimensões máximas dos furos para parafusos (mm)	48
Figura 24: Resistência à ruptura de parafusos estruturais quando solicitados a tração	50
Figura 25: Dimensões do parafuso para cálculo da resistência ao rasgamento do metal base (pull-over).....	53
Figura 26: Tabela de requisitos mínimos para perfis de aço formados a frio	56
Figura 27: Aços para perfis de estruturas LSF	60
Figura 28: Parafusos para uso em estruturas LSF.....	60

Figura 29: Contenção em barras comprimidas.....	61
Figura 30: Contenção em barras fletidas	62
Figura 31: Tabela de deslocamento máximos.....	63
Figura 32: Deslocamentos verticais	63
Figura 33: Tabela de requisitos mínimos para chapas de fibrocimento	64
Figura 34: Tabela de requisitos mínimos das chapas de gesso revestidas com fibra de vidro	65
Figura 35: Tabela de requisitos mínimos para chapas de OSB	66
Figura 36: Tabela de requisitos mínimos para chapas de OSB com acabamento na face externa.....	67
Figura 37: Tabela de requisitos mínimos para painel de compensado estrutural fenólico.....	67
Figura 38: Tabela de requisitos mínimos para revestimentos de PVC.....	68
Figura 39: Detalhes da laje seca	68
Figura 40: Detalhes da laje úmida.....	69
Figura 41: Conceito <i>in-line framing</i>	70
Figura 42: Excentricidade entre viga e montante com enrijecedor interno à viga	71
Figura 43: Excentricidade entre viga e montante com enrijecedor externo à viga	71
Figura 44: Esquema da estrutura dos elementos estruturais da cobertura	72
Figura 45: Esquema dos elementos estruturais da cobertura	72
Figura 46: Critérios de aceitabilidade	74
Figura 47: Tabela de tipos de parafusos e sua aplicação	76
Figura 48: Continuação da tabela de tipos de parafusos e sua aplicação	76
Figura 49: Requisitos para elementos de fixação.....	77
Figura 50: Interface entre sistemas	78
Figura 51: Vedação dos vão das aberturas.....	79
Figura 52: Detalhe da seção transversal de interface entre chapas externa e interna nas esquadrias.....	79
Figura 53: Manta asfáltica nas áreas secas	81
Figura 54: Manta asfáltica nas áreas molhadas	81
Figura 55: Interação entre parede e base sóculo	82
Figura 56: Interação entre parede e radier	82
Figura 57: Interação entre parede e varanda	83
Figura 58: Modelo do sistema de controle de umidade.....	83

Figura 59: Fixação de cargas rente à parede sem reforço.....	87
Figura 60: Fixação de cargas afastadas da parede sem reforço.....	87
Figura 61: Fixação de cargas rente ou afastadas da parede com reforço	87
Figura 62: Impermeabilização em áreas molhadas sobre piso em concreto.....	89
Figura 63: Impermeabilização em áreas molhadas sobre piso em LSF	89
Figura 64: Impacto da norma ABNT NBR 16970	100

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivo geral	14
1.1.2	Objetivos específicos.....	14
1.2	JUSTIFICATIVA.....	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	CONSTRUÇÕES EM AÇO.....	16
2.2	AÇOS LAMINADOS E SUAS APLICAÇÕES	19
2.3	<i>LIGHT STEEL FRAME</i>	20
2.3.1	Características gerais do sistema.....	20
2.3.2	Estrutura em LSF.....	23
2.3.2.1	Fundações.....	24
2.3.2.2	Ancoragem	24
2.3.2.3	Perfis	25
2.3.2.4	Painéis.....	26
2.3.2.5	Lajes	27
2.3.3	Vantagens e desvantagens	28
2.3.4	Comparação com alvenaria.....	29
2.3.5	Habitabilidade das estruturas	31
2.4	NORMA TÉCNICA NBR 16970	33
3	METODOLOGIA.....	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1	NORMA TÉCNICA ABNT NBR 14762.....	37
4.1.1	Dimensionamento.....	37

4.1.1.1	Discriminação dos materiais.....	37
4.1.1.2	Segurança e estados limites	38
4.1.1.3	Ações que atuam sobre a estrutura	39
4.1.1.4	Resistências da estrutura	43
4.1.1.5	Análise estrutural.....	43
4.1.1.6	Verificação das resistências à tração, compressão e deslocamentos.....	44
4.1.1.7	Dimensionamento das ligações.....	48
4.1.1.8	Análise dos resultados	54
4.1.2	Projeto e execução	54
4.2	NORMA TÉCNICA ABNT NBR 16970.....	55
4.2.1	Dimensionamento.....	55
4.2.1.1	ABNT NBR 16970 – Parte 01: Desempenho.....	55
4.2.1.2	ABNT NBR 16970 – Parte 02: Projeto Estrutural	60
4.2.2	Projeto	64
4.2.2.1	ABNT NBR 16970 – Parte 01: Desempenho.....	64
4.2.2.2	ABNT NBR 16970 – Parte 02: Projeto Estrutural	70
4.2.3	Execução.....	75
4.2.3.1	ABNT NBR 16970 – Parte 01: Desempenho.....	75
4.2.3.2	ABNT NBR 16970 – Parte 03: Interface entre sistemas	77
4.3	ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS NORMAS 14762 (2010) E 16970 (2022)	90
5	PESQUISA SOBRE A PERCEPÇÃO DOS PROJETISTAS E EXECUTORES EM RELAÇÃO A PUBLICAÇÃO DA NORMA 16970	91
5.1	PROJETISTAS	91
5.1.1	Anteriormente a publicação da ABNT NBR 16970	91
5.1.2	Após a publicação da ABNT NBR 16970	93
5.1.3	Comentários e avaliações quanto a norma ABNT NBR 16970	94
5.2	EXECUTORES	95

5.2.1	Anteriormente a publicação da ABNT NBR 16970	95
5.2.2	Após a publicação da ABNT NBR 16970	98
5.2.3	Comentários e avaliações quanto a norma ABNT NBR 16970	99
6	CONCLUSÃO.....	102
	REFERÊNCIAS.....	104

1 INTRODUÇÃO

A Construção Civil busca sistemas construtivos cada vez mais ágeis, eficientes, produtivos e que reduzam desperdícios e prazos (Facco, 2014). Dentre estas inovações, o *Light Steel Framing* (LSF) vem crescendo significativamente no Brasil em produção e execução. Dados da ABCEM (Associação Brasileira de Construção Metálica) e CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço) (2022) indicam um aumento de 10,3% entre 2020 e 2021 no setor.

Este sistema de construção altamente industrializado teve seu princípio nos Estados Unidos, por volta do século XIX, com a “marcha para o Oeste”. Neste momento, marcado pela busca de território norte americano e necessidade de moradias de forma rápida, a principal fonte de matéria prima para a construção era a madeira (Pedroso *et al.*, 2014).

A partir do fim da Segunda Guerra Mundial, a madeira tornou-se escassa e o setor industrial teve grande desenvolvimento, assim como a produção de aço, o que fez com que o método construtivo baseado no uso de perfis de aço ganhasse mais evidência, principalmente em países da América do Norte, Ásia e Europa (Bortolotto, 2015).

No Brasil, o sistema LSF só foi inserido na década de 1990, com uso em casas de médio e alto padrão (Santiago, 2012). Fatores como a grande produção de aço do país, considerado o 9º maior produtor mundial de acordo com Instituto Aço Brasil, e o investimento de empresas de grande porte na produção de perfis de LSF, facilitaram a disseminação do sistema e o aumento da procura para este tipo de método construtivo (Brasil, 2021).

Anteriormente à publicação da Norma ABNT NBR 16970: *Light Steel Framing* – Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço formados a frio, com fechamentos em chapas delgadas, em 2022, o sistema construtivo *Light Steel Framing* não possuía normatização específica no Brasil, portanto os projetos e obras executadas por diferentes empresas não seguiam uma padronização.

A norma ABNT NBR 14762: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio (ABNT, 2010), que trata especificamente de perfis laminados a frio, era a mais utilizada para o dimensionamento e concepção estrutural das edificações projetadas; porém, esta normativa não trata de aspectos construtivos e executivos, o que causava uma lacuna na realização deste sistema.

A partir da publicação da norma própria para LSF, é necessário entender os aspectos por ela abordados e as mudanças causadas, buscando assim um desenvolvimento mais assertivo e padronizado deste método construtivo no Brasil.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Apresentar uma pesquisa exploratória sobre o impacto da publicação da norma ABNT NBR 16970:2022 - *Light Steel Framing*, tanto na execução e evolução deste sistema construtivo quanto nos avanços e inovações abordados pela mesma.

1.1.2 Objetivos específicos

São objetivos específicos do presente trabalho:

- a) compreender como era executado este método construtivo sem uma normatização específica;
- b) comparar as normativas ABNT NBR 16970:2022 e ABNT NBR 14762:2010 em termos de dimensionamento, projeto e execução;
- c) elencar os novos aspectos trazidos para a construção em *Light Steel Framing*, abordados pela ABNT NBR 16970:2022;
- d) avaliar as mudanças causadas pela publicação da ABNT NBR 16970:2022 no ramo construtivo, por meio de entrevista e pesquisas com profissionais da área.

1.2 JUSTIFICATIVA

O sistema em *Light Steel Framing* vem crescendo fortemente no Brasil e possuindo cada vez mais importância no setor construtivo. Desta forma, é de extrema relevância entender como eram realizadas as construções anteriormente à norma NBR 16970 (ABNT, 2022), para analisar justamente a falta de padronização e os problemas que isto possivelmente causaria, principalmente em aspectos como manutenção e durabilidade das estruturas (Christofari, 2022).

Além disso, por não se ter uma normativa específica, pouco se falava sobre a questão da habitabilidade das edificações, como por exemplo em relação a conforto térmico e acústico, que são fatores em grande parte responsáveis pelo preconceito que muitas pessoas possuem em relação a este método construtivo. Através de uma

norma individual para isto, pode-se explorar mais estes pontos e garantir uma melhor concepção e execução das edificações.

Apesar de estar em um crescimento constante, o *Light Steel Framing* ainda não é muito difundido no Brasil, diferentemente de lugares como Estados Unidos, Europa, Japão, entre outros. Para Handa e Fontanini (2019), um dos fatores que atuam como barreira de implementação do sistema é a questão cultural brasileira, que ainda está muito habituada com a alvenaria convencional.

Em outros países, o LSF é utilizado há décadas e possui normativas, fator que acelerou o desenvolvimento e utilização deste método construtivo. Espera-se que no Brasil, com a publicação da norma e a padronização destas construções, este sistema seja cada vez mais difundido e utilizado (Christofari, 2022). Desta forma, será possível facilitar os processos de construção e capacitação de mão de obra, processos de financiamento, visto que a partir do reconhecimento do modelo construtivo dispensa-se a necessidade do Documento de Avaliação Técnica (DATEC) para a aprovação de projetos (Oliveira, 2022).

Sendo assim, a publicação da NBR 16970 (ABNT, 2022) é um marco para as construções em *Light Steel Framing*, podendo representar um incentivo para investidores, causar ampliação do uso deste método, proporcionar maior capacitação de mão de obra e por consequência, tornar o sistema cada vez mais utilizado, estudado e aprimorado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONSTRUÇÕES EM AÇO

Dentre os materiais empregados na construção civil, o aço é um dos elementos que possibilita mais versatilidade durante o seu uso. Residências, pontes, edifícios comerciais, estruturas fabris, são alguns exemplos das suas aplicações (Brasil, 2021).

De acordo com Facco (2014), a utilização do aço representa uma racionalização no setor da construção, reduzindo mão de obra e desperdícios, e aumentando a produtividade. Além disso, o emprego de estruturas em aço possibilita a maior garantia de qualidade da edificação, principalmente por se tratar de um material pré-fabricado, com um controle rígido de produção.

Em aspectos de durabilidade, a liga metálica de aço apresenta uma grande longevidade. Isto é consequência dos tratamentos anticorrosão aplicados no material. Recursos como a pintura, galvanização e aços com propriedades inoxidáveis favorecem o aumento do ciclo de vida (Cortez *et al.*, 2018).

Do ponto de vista econômico, verifica-se um cenário de constante mudança dentro da construção civil, que se deve principalmente ao desenvolvimento de novas tecnologias, tanto na execução de obras fazendo uso de estruturas em aço, bem como na produção desses materiais. O Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA), constatou um crescimento de 1,7% da produção de estruturas em aço e um aumento de 37,5% no faturamento anual em 2021 (CBCA, 2021).

Dentre alguns exemplos de obras executadas em aço, no Brasil, há a Casa Firjan da Indústria Criativa. Esta edificação, localizada no Rio de Janeiro, utilizou mais de 230 toneladas de aço distribuídas nos seus 6800 m² de área construída (Figura 1). Há também, grande emprego do aço em obras de infraestrutura. A ponte Octávio Frias de Oliveira, apresentada na Figura 2, é um importante marco na construção em aço do Brasil.

Quando se trata de *Light Steel Framing*, seu uso em residências é bastante evidente. Um exemplo notável é a edificação de 456 m², mostrada nas Figura 3 e Figura 4, localizada no município de Ponta Grossa, no estado do Paraná.

Figura 1: Casa Firjan da Indústria Criativa



Fonte: Cabral, 2018.

Figura 2: Ponte Octávio Frias de Oliveira



Fonte: Fukuda, 2018.

Figura 3: Construção de residência em *Light Steel Framing*.



Fonte: Oliveira, 2022.

Figura 4: Residência em *Light Steel Framing* em Ponta Grossa



Fonte: Oliveira, 2022.

Ainda assim, cabe ressaltar que para a execução de obras com estas metodologias, possuem um mercado limitado para a produção de certos perfis, bem como a falta de mão de obra capacitada para a montagem. Por fim, o custo do material acaba por ser um ponto limitante, visto que dependendo do planejamento da obra a construção pode custar mais que a execução em concreto armado (Cortez *et al.*, 2018).

2.2 AÇOS LAMINADOS E SUAS APLICAÇÕES

A laminação trata de um procedimento de conformação mecânica do aço. O material é submetido a um ou mais pares de rolos cilíndricos para uniformizar e reduzir sua espessura. Essa laminação pode ser dividida em dois grandes grupos, a quente e a frio (Brasil, 2010).

Os aços laminados a quente passam por um procedimento no qual a laminação é feita em uma temperatura superior à de recristalização e torna-se mais maleável para ser moldado. Esse aquecimento ocorre em valores da ordem de 1100 até 1300 °C, finalizando na temperatura de 700 e 900 °C. Ao se resfriar o aço muda sua microestrutura e obtém ganhos de ductilidade e tenacidade, melhorando a capacidade de ser dobrado de acordo com a forma desejada (Brasil, 2010).

Dentre as utilizações do aço laminado a quente destaca-se sua aplicação em estruturas pesadas como: trilhos de trem, âncoras, estruturas na construção civil, peças de veículos pesados, entre outros (Mingione, 2016).

Já os perfis laminados a frio possuem seu processo de laminação em temperatura ambiente. A pressão do rolo desdobra e dimensiona as chapas, e a partir desse procedimento há um aumento na resistência à tração, quando comparado a laminação a quente; no entanto, há uma redução na ductilidade (Amaral, 2022).

Ainda assim, perfis laminados a frio, de acordo com Campos (2019), são considerados uma interessante opção para a construção civil, visto que possuem fácil fabricação. Isto se deve principalmente às paredes delgadas, oriundas de chapas finas, resultando em peças leves e baratas.

Apesar da leveza ser considerada um ponto positivo, há a formação de estruturas extremamente esbeltas. Logo, do ponto de vista estrutural possibilita ocorrências de flambagens, ou instabilidade na chapa. Este fenômeno está diretamente ligado as dimensões da seção transversal (Campos, 2019). A Norma NBR 6355 - Perfis Estruturais de Aço Formados a Frio – Padronização (ABNT,2012) determina os requisitos mínimos para perfis laminados a frio de seção aberta.

Para o dimensionamento de estruturas com aço laminado a frio emprega-se a norma NBR 14762 - Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio (ABNT, 2010). Até o ano de 2022, esta era a única normativa para esse tipo de dimensionamento. No entanto, a partir do referido ano, o *Light Steel Frame*, que corresponde a um sistema estrutural com aços leves laminados a frio, ganhou sua própria norma. Isto ocorreu justamente por se tratar de um método construtivo diferente em sua finalidade e execução, com pontos necessários para o dimensionamento que não eram abordados pela NBR 14762 (ABNT, 2010).

2.3 LIGHT STEEL FRAME

Segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2015), o sistema *Light Steel Framing* (LSF) pode ser definido como um sistema construtivo industrializado caracterizado por um esqueleto estrutural leve composto por perfis de aço galvanizado.

Para Rodrigues e Caldas (2016), o LSF também pode ser definido como um sistema autoportante de construção a seco em aço e possui em seu próprio nome dois conceitos básicos para a sua concepção. *Frame* é o esqueleto estrutural projetado, sendo constituído de aços leves – perfis formados a frio (PFF) e *Framing* é o processo de vinculação e união destes elementos.

O órgão responsável por registrar esta nomenclatura para o sistema foi o *Swedish Institute of Steel Construction – SBI*, utilizando *Steel* para definir a matéria prima a ser usada, o aço. O *Light* foi adotado para indicar que é um material leve, produzido com espessura reduzida e que também indica a flexibilidade, e por fim o *Framing* que define este esqueleto estrutural mantido por elementos ligados entre si (Bortolotto, 2015).

Apesar de ter o nome baseado na forma de sua estrutura, é importante ressaltar que o sistema não pode ser reduzido apenas a isto. Ele apresenta grande complexidade e é composto de diversos subsistemas, como fundações, isolamento, fechamentos interno e externo, assim como instalações elétricas e hidráulicas. Para que as construções em LSF sejam bem executadas, todos os subsistemas devem estar relacionados e compatibilizados corretamente (Christofari, 2022).

2.3.1 Características gerais do sistema

O sistema LSF é considerado industrializado, visto sua qualidade garantida e a agilidade em seu processo de execução (Adorno; Ribeiro, 2022). Por possuir o aço laminado a frio como matéria prima principal do conjunto, este componente é

responsável por originar componentes estruturais como lajes de pavimentos superiores, vigas, paredes estruturais, de vedação e coberturas.

A execução de LSF pode ser realizada de acordo com três diferentes métodos construtivos. O primeiro deles, chamado de Método “*Stick*”, caracteriza-se pelo corte dos perfis a serem feitos no canteiro de obra, conforme indicado na Figura 5. Desta forma as lajes, colunas, contraventamentos e tesouras de telhados são montados no próprio local. Esta técnica de construção pode ser feita em localidades onde há indisponibilidade de pré-fabricação e inclusive facilita o transporte das peças até o canteiro (Santiago; Freitas; Crasto, 2012).

Figura 5: Método Stick de execução



Fonte: ABDI, 2015.

O Método por Painéis é feito por meio da pré-fabricação dos elementos, sendo transportados e apenas montados no local, representado na Figura 6, com o transporte de elementos como tesouras e painéis. Este sistema diminui o tempo de execução, já que apenas a montagem é realizada no canteiro utilizando as técnicas tradicionais do *Light Steel Framing* (Oliveira; Correia, 2022), além de garantir um alto controle de qualidade, minimizar o trabalho em obra e garantir uma maior precisão nos elementos.

Figura 6: Método por Painéis



Fonte: SANTIAGO, 2012.

Já no terceiro método, denominado Método de Construção Modular, as unidades chegam ao canteiro de obras totalmente pré-fabricadas, inclusive podendo conter acabamentos como revestimentos, louças sanitárias, bancadas, instalações elétricas e hidráulicas, entre outros (Melo, 2017). É importante frisar a importância de realizar adequadamente cada detalhe do projeto e a compatibilização do mesmo, já que neste modo o modelo é executado em fábrica e só posteriormente transportado ao seu local final apenas para instalação. Um exemplo são módulos residenciais ou comerciais que já são todos previamente montados e depois apenas transportados e instalados, como ilustrado na Figura 7.

Figura 7: Módulo em LSF

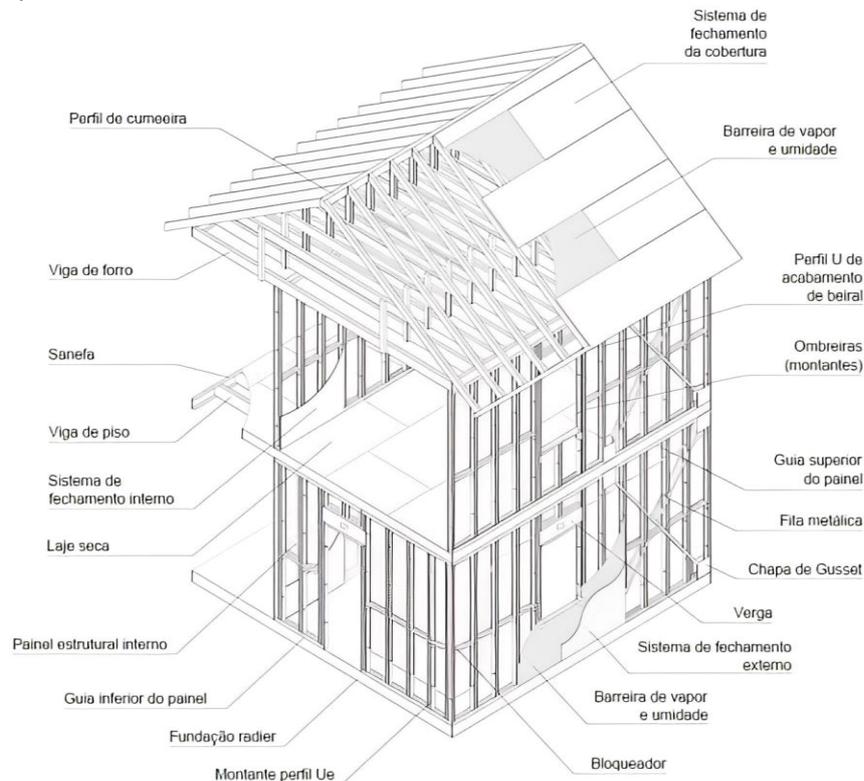


Fonte: CONSTRUTORA SAN LUCAS.

2.3.2 Estrutura em LSF

A estruturação de uma edificação em LSF pode ser dividida em fundação, normalmente radier, perfis e painéis estruturais, vigas de piso e forro, chapas estruturais e de fechamento, entre outros componentes e é apresentada na Figura 8.

Figura 8: Componentes LSF



Fonte: ABNT NBR 16970 – Parte 2, 2022.

2.3.2.1 Fundações

Devido à estrutura base para as construções em LSF ser feita de aço, que é um material considerado leve, os esforços transmitidos da edificação são menores e assim exigem menos da fundação. No entanto, a estrutura dispõe uma carga uniforme ao longo dos painéis, possuindo a necessidade de se obter uma fundação contínua, sendo a fundação do tipo laje Radier e sapata corrida as mais utilizadas neste sistema (Santiago; Freitas; Crasto, 2012).

É importante salientar que questões de cunho geológico e topográfico, como tipo de solo no local, desnível da construção e altura do lençol freático também devem ser analisados no momento da escolha do tipo de fundação. Segundo Christofari (2022), quando possível, escolhe-se a fundação do tipo Radier, devido a fatores como desempenho estrutural e facilidade de execução, já que esta consiste em uma laje de concreto que transmite cargas diretamente ao solo. A Figura 9 apresenta uma laje radier.

Figura 9: Laje radier para construção em LSF



Fonte: Steel Frame Brasil, 2018. Disponível em: <https://steelframebrasil.com.br/porque-steel-frame-tem-a-melhor-protecao-contru-umidade/>.

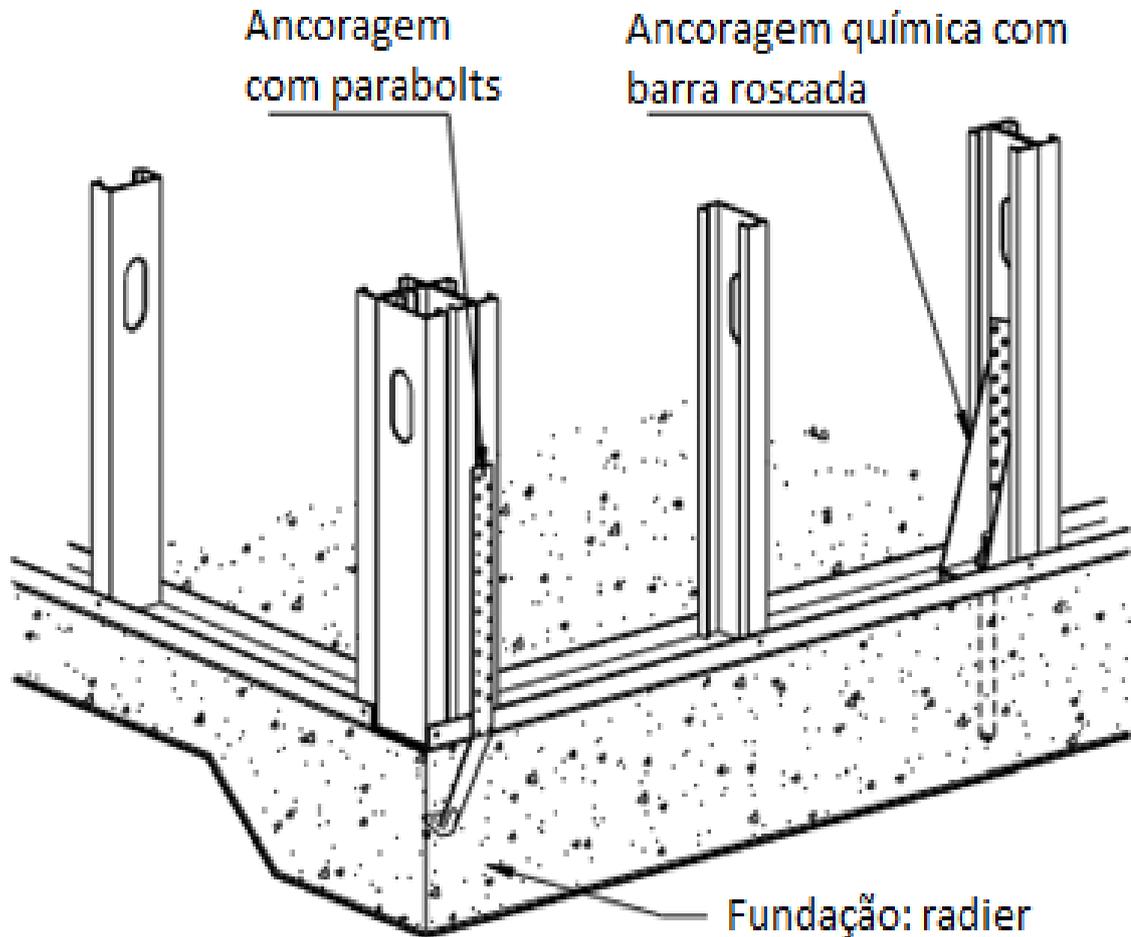
2.3.2.2 Ancoragem

Para garantir a total transferência dos esforços da estrutura para a fundação, e evitar a movimentação de translação ou tombamento da edificação, deve ser realizada a ancoragem ou fixação da estrutura na fundação (Melo, 2017).

A escolha da ancoragem mais eficiente depende do tipo de fundação e das solicitações que ocorrem na estrutura devido às cargas, condições climáticas e ocorrência de abalos sísmicos (Consulsteel, 2002). O tipo de ancoragem é definido segundo o cálculo estrutural, os tipos mais utilizados são: química com barra roscada e expansível com parabolts (Santiago; Freitas; Crasto, 2012).

A Figura 10 apresenta os dois tipos de ancoragens realizados em uma fundação do tipo radier, sendo a da esquerda do tipo expansível com parabolts e a da direita química com barra rosca.

Figura 10: Ancoragens em laje radier

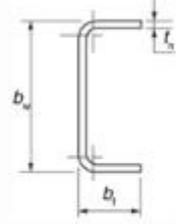
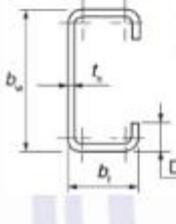
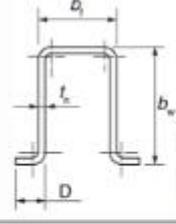
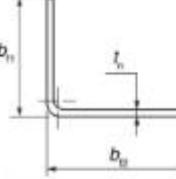


Fonte: traduzido de ConsulSteel, 2002.

2.3.2.3 Perfis

Os perfis mais utilizados para as construções em *Light Steel Framing* são obtidos por perfilagem a partir de bobinas de aço, que são usualmente revestidas com zinco ou liga alumínio-zinco. As seções tendem a ser com formato “C” ou “U” enrijecido para montantes e vigas e “U” simples para guia na base e topo de painéis. As dimensões mais comercializadas no Brasil são de 90, 140 e 200 mm (Kaminski, 2006). Os tipos de perfil e suas características são apresentados na Figura 11.

Figura 11: Tipos de perfil LSF

Seção transversal	Designação ABNT NBR 6355	Utilização
	U simples $U\ b_w \times b_f \times t_n$	Guia Rípa Bloqueador Sanefa Terça
	U enrijecido $U_e\ b_w \times b_f \times D \times t_n$	Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga Terça Guia enrijecida (sistema com encaixes estampados)
	Cartola $Cr\ b_w \times b_f \times D \times t_n$	Viga Rípa Terça
	Cantoneira de abas desiguais $L\ b_{f1} \times b_{f2} \times t_n$	Cantoneira

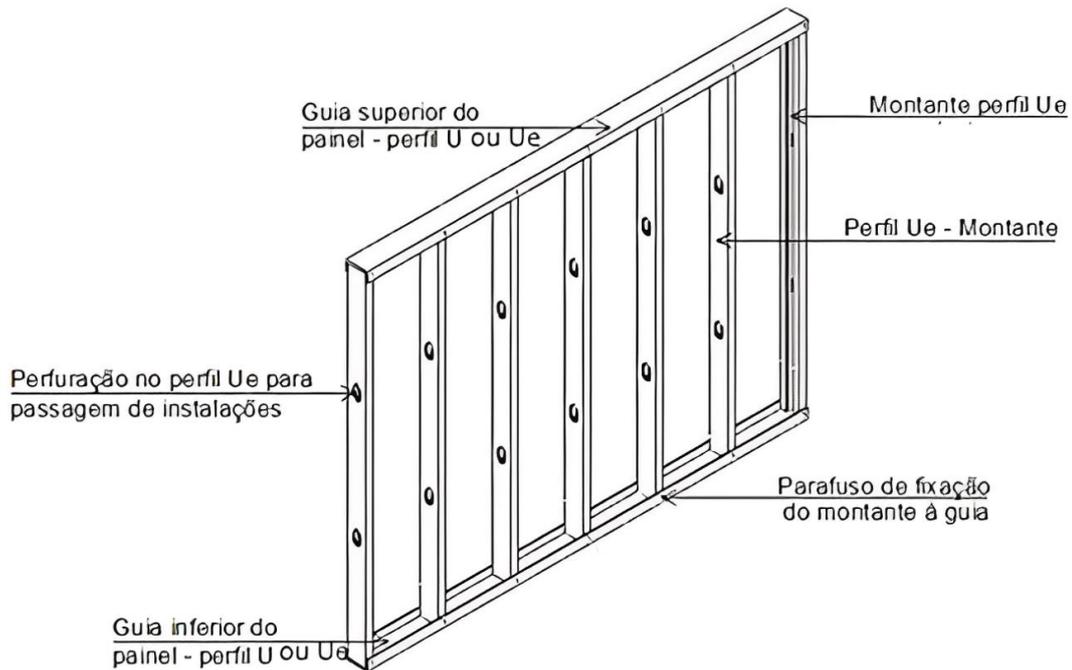
Fonte: ABNT NBR 16970 – Parte 1, 2022.

2.3.2.4 Painéis

Os painéis nas construções em *Light Steel Framing* além de funcionarem como composição das paredes, servem também para o sistema estrutural das edificações. Painéis associados a sistemas de vedação exercem a mesma função que paredes das construções convencionais. São estruturais ou autoportantes quando compõem a estrutura, suportando cargas e podendo ser internos ou externos. Já os não estruturais funcionam apenas como fechamento externo ou divisória interna, sem contribuição para a estrutura (Santiago; Freitas; Crasto, 2012).

Os painéis podem ser instalados tanto na vertical, como paredes, quanto na horizontal como pisos. Os painéis verticais em sua maioria são autoportantes, auxiliando na composição estrutural da edificação. A concepção do sistema permite o travamento dos painéis entre si, assim gerando uma estrutura plena (Bortolotto, 2015). A Figura 12 apresenta um modelo da composição de um painel de LSF.

Figura 12: Painel reticulado e seus componentes



Fonte: ABNT NBR 16970 – Parte 2, 2022.

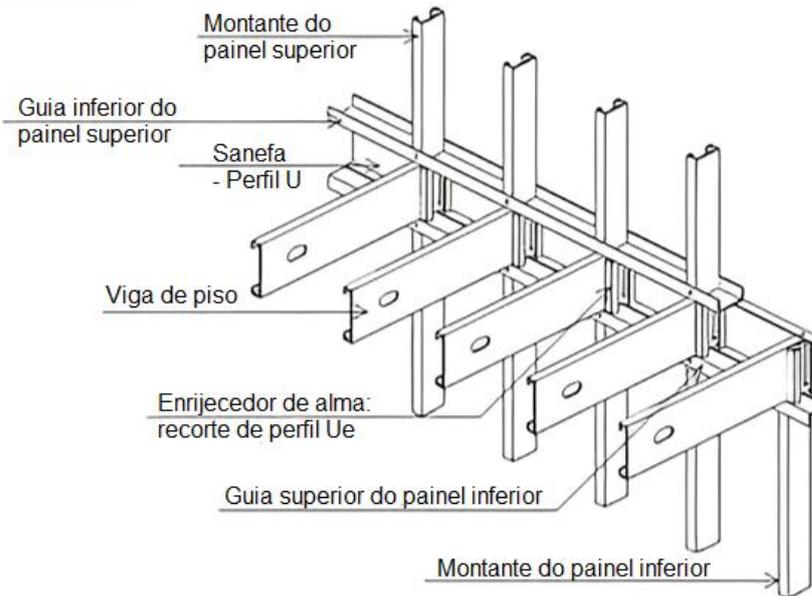
2.3.2.5 Lajes

As lajes são formadas por perfis galvanizados dispostos horizontalmente, seguindo a modulação dos montantes. Esses perfis integram as vigas de piso, desempenhando função de estrutura de apoio aos materiais que compõem a superfície do contrapiso (Bortolotto, 2015).

As estruturas de piso em LSF são compostas por perfis de seção U enrijecido, são vigas de piso. Os perfis são distribuídos na horizontal e seguem a modulação dos montantes, assim permitindo que as almas fiquem alinhadas (Santiago; Freitas; Crasto, 2012).

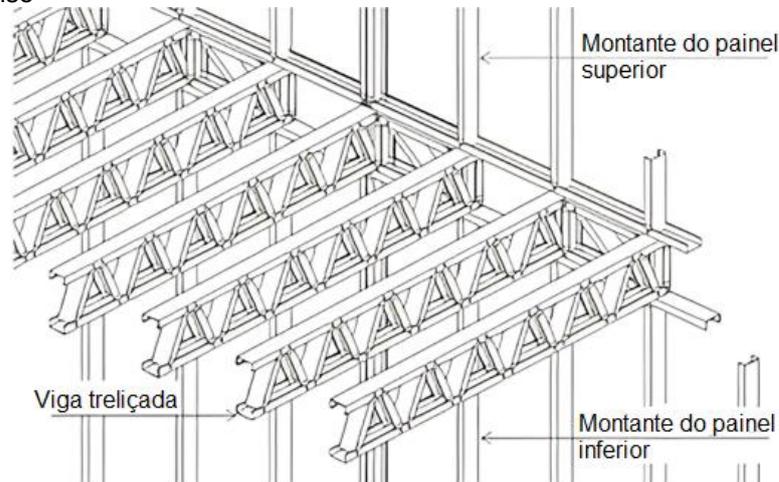
A Figura 13 e a Figura 14 apresentam um modelo de estrutura da laje, expondo os perfis e componentes que compõem o entrepiso.

Figura 13: Componentes estruturais



Fonte: ABNT NBR 16970 – Parte 2, 2022.

Figura 14: Entrepiso



Fonte: ABNT NBR 16970 – Parte 2, 2022.

2.3.3 Vantagens e desvantagens

Por ser um método considerado recente no Brasil, o LSF possui muitas discussões sobre suas vantagens e desvantagens. Como vantagens é possível destacar a redução no prazo de execução, componentes estruturais mais leves em aço e com maior resistência a corrosão, durabilidade proporcionada pelo processo de galvanização das chapas, maior precisão na montagem de paredes e pisos, desperdício e perda de material reduzidos, qualidade da matéria prima garantida (Rodrigues; Caldas, 2016).

Além disso, há facilidade de obtenção dos perfis formados a frio já que estes são muito utilizados pela indústria, a construção é a seco e isto minora o uso de recursos naturais e o desperdício, facilidade de instalação das ligações elétricas e hidráulicas, bom desempenho termoacústico e a possibilidade de grande flexibilidade no projeto arquitetônico (Santiago; Freitas; Crasto, 2012).

Como desvantagens, pode-se destacar o desconhecimento do sistema por grande parte das pessoas, a baixa oferta de mão de obra qualificada para sua execução, a limitação das estruturas construídas em relação ao número de pavimentos (Adorno; Ribeiro, 2022), além da necessidade de tratamento do aço e de equipamentos especializados para fabricação e montagem (Facco, 2014). O custo mais elevado de execução quando comparado a um método convencional também pode aparecer como certa desvantagem, mas deve ser analisado em conjunto com outros fatores (Farias; Gomes; Mendonça, 2022).

2.3.4 Comparação com alvenaria

A alvenaria convencional é o método construtivo mais difundido e popular no Brasil, definido como um conjunto que utiliza concreto armado em sua estrutura e vedação em blocos que são assentados com argamassa (Farias; Gomes; Mendonça, 2022). O agrupamento é feito por pilares, vigas, lajes e elementos de fundação, e as cargas da edificação são distribuídas por meio destas estruturas.

Segundo Vicente e Adorno (2022), a comparação direta entre LSF e alvenaria convencional aponta algumas diferenças evidentes. Uma delas é em relação ao orçamento e sua precisão, já que em um sistema industrializado se tem um custo definido no momento do projeto, garantindo com assertividade o valor que realmente será gasto na construção da edificação. Já no sistema de alvenaria convencional este quantitativo não é preciso, visto que o sistema é sensível aos gastos com materiais e o desperdício dos mesmos.

De acordo com Bortolotto (2015), é possível também comparar os sistemas em relação à fundação necessária para as estruturas. Enquanto no convencional esta representa entre 10 e 15% do custo total da obra, podendo atingir valores maiores de acordo com o terreno, no LSF esta etapa representa entre 5% e 7% do valor total, devido ao menor peso e conseqüentemente menor gasto de material. Em relação ao processo de execução, a edificação em *Light Steel Framing* não sofre interferência de fatores como mão de obra, temperatura, umidade e matéria prima, já a edificação em

alvenaria está sujeita a estas variáveis. Além disso, o prazo de execução em LSF pode ser até 1/3 menor e com maior precisão que o do sistema tradicional.

Um dos pontos visto como de maior desvantagem para o sistema *Light Steel Framing* é seu alto custo inicial quando comparado ao custo de uma obra em alvenaria convencional. Porém, devido a fatores como redução de prazos e economia de materiais este fator deve ser revisto e analisado (Farias; Gomes; Mendonça, 2022).

No estudo de Bortolotto (2015) foi realizada uma comparação entre custos para a construção de uma residência unifamiliar de padrão normal no ano de 2014, no sistema LSF e no sistema convencional. Como resultados, encontrou-se uma diferença de 19,18% entre os dois métodos, já considerando etapa de fundação, sendo o sistema *Light Steel Framing* o mais caro.

Para Adorno e Ribeiro (2022), o comparativo de custos de uma residência de 65,08 m² no ano de 2019 permitiu analisar que o processo construtivo em LSF é mais caro em 18,1% quando comparado com a alvenaria convencional. No primeiro sistema, a parcela que representa o maior custo é o fechamento, enquanto que na alvenaria o elemento responsável por 41,4% do custo total da obra é a realização da estrutura. Neste estudo a etapa de fundação não é especificada para ambos os sistemas construtivos, não trazendo dados específicos sobre o custo desta etapa e sua influência no valor total.

Em estudo realizado por Klein e Maronezi (2013) foi analisada uma edificação com área total de 40,80 m² e o valor encontrado para os custos diretos em alvenaria convencional foi de R\$ 32.783,92. Já para a construção em *Light Steel Frame* encontrou-se o valor total de custos diretos de R\$ 30.761,67, representando R\$ 727,40 por m². O sistema LSF resulta em maior custo quando se trata de superestrutura e isto se deve ao fato de o aço possuir um custo elevado.

Já em relação a revestimentos e pintura este sistema acaba possuindo uma certa vantagem econômica quando comparado à convencional, devido à não necessidade de realização de serviços como chapisco, emboço e reboco (Klein; Maronezi, 2013). No quesito fundações foi realizado um comparativo de preços entre os sistemas construtivos, onde a diferença encontrada entre os Sistemas Alvenaria Convencional e LSF foi de R\$ 299,10, sendo o primeiro o mais caro. Vale ressaltar que por se tratar de uma edificação com metragem reduzida, a fundação escolhida para ambos métodos é a mesma, o que encarece no sistema convencional é a utilização de fôrmas para as vigas baldrame.

Pode-se concluir que o menor valor encontrado para a realização da residência em LSF se deve ao fato de que o custo elevado para montagem da superestrutura e da cobertura do *Light Steel Framing* é compensado pelo baixo custo para execução dos revestimentos. Assim como no estudo realizado por Nolla (2022), onde foi encontrada uma diferença de 0,7% no custo por m² de uma residência unifamiliar de padrão normal, entre os sistemas convencional e LSF, sendo este o com menor preço.

2.3.5 Habitabilidade das estruturas

Um dos pontos mais falados sobre as construções em *Light Steel Framing* é a questão de habitabilidade, conforto e segurança das estruturas, sendo inclusive grande responsável pelo preconceito e receio que muitos brasileiros possuem por este método construtivo.

No Brasil, esses pontos são verificados e norteados por duas principais normativas, a NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho (ABNT, 2021) e a Diretriz SINAT Nº 003/2012 - Revisão 01: Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço fabricados a frio com vedações em chapas delgadas (sistemas leves tipo “*Light Steel Framing*”) (SINAT, 2012), documentos responsáveis por garantir o desempenho do LSF (Coelho; Pereira, 2018).

A NBR 15575 (ABNT, 2021) possui foco no comportamento em uso dos elementos e sistemas do edifício no atendimento dos requisitos dos usuários e não na prescrição de como os sistemas são construídos, desta forma ela foi organizada levando em conta condições de implantação e exigências dos usuários e assim define requisitos aos quais se deve atender, estabelecendo critérios (ASBEA, 2015).

A normativa separa os requisitos do usuário em três categorias: segurança, habitabilidade e sustentabilidade. No fator segurança, os fatores que devem ser atendidos são: segurança estrutural, contra fogo e no uso e operação. No sentido da habitabilidade, os requisitos relativos são: estanqueidade, desempenho térmico, desempenho acústico, desempenho lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade e acessibilidade e conforto tátil e antropodinâmico. Já na sustentabilidade, os pontos de relevância são: durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental. Para fins de estudo das estruturas em LSF, será comentado apenas sobre a segurança estrutural e os desempenhos térmico e acústico.

A segurança estrutural é tratada na Parte 2 da ABNT NBR 15575 (ABNT, 2021), e nela está exposto que a edificação habitacional deve atender durante a vida

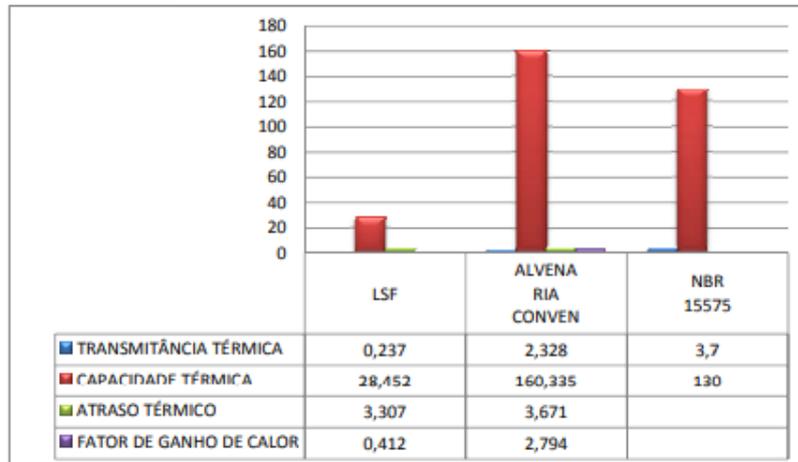
útil de projeto e sob diversas condições de exposição requisitos como: não ruir ou perder estabilidade, prover segurança aos usuários sob ação de impactos, choques, vibrações e outras solicitações, não provocar sensação de insegurança aos usuários por deformações de elementos da edificação, entre outros.

O dimensionamento estrutural de uma construção em LSF deve atender a todos esses requisitos, possuindo como particularidade os contraventamentos, necessários por ser um sistema leve, já que as cargas gravitacionais da estrutura metálica exercem pouca influência, se comparadas às cargas horizontais produzidas pela ação do vento. Desta forma, auxiliam na absorção destas, garantindo a estabilidade global da estrutura (Nazário, 2019).

Os desempenhos térmico e acústico são tratados na Parte 1: Requisitos Gerais, da ABNT NBR 15575 (ABNT, 2021). O desempenho térmico depende de seus componentes (paredes e coberturas), das áreas envidraçadas e de ventilação, das cargas térmicas internas (pessoas, iluminação e equipamentos), da maneira como se operam as aberturas e do clima da cidade. A norma dispõe valores máximos e mínimos de temperatura que são aceitáveis nas edificações para oito regiões climáticas do Brasil (Pereira; Coelho, 2018) e além disso, de acordo com a NBR 15575, esse desempenho é caracterizado por três níveis, sendo obrigatório que qualquer edificação atinja o mínimo estipulado, além disso na normativa também são citados diversos métodos de medição de propriedades térmicas e critérios de avaliação, assim como modelos de referência para paredes, pisos e coberturas. Pereira e Coelho (2018) afirmam que o *light steel framing* não seria em sua totalidade termicamente viável para a região avaliada em seu estudo, com valores inferiores ao mínimo estabelecido, como se observa na Figura 15, comprovando assim a importância de avaliar cada caso e utilizar como base os aspectos trazidos em normativa.

Já em relação ao desempenho acústico, a citada norma define que a edificação deve apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas, no que se refere aos ruídos provenientes do exterior da construção, e isolamento entre áreas comuns e privativas. Portanto, deve-se garantir condições mínimas de isolamento acústico da fachada e das coberturas com função estrutural.

Figura 15: Gráfico comparativo final com valores encontrados



Fonte: Pereira; Coelho, 2018.

São assumidos diferentes requisitos, tanto para vedações externas quanto para isolamento entre ambientes, possuindo diferentes parâmetros e critérios a serem avaliados. No *Light Steel Framing*, o isolamento acústico ocorre através do método por multicamada, no qual são combinadas diferentes placas leves para sistema de fechamento que ficam distanciadas por um material de propriedades isolantes (Piovesan; Jaskulski; Silva, 2017). O sistema de fechamento do LSF costuma ser composto por lã mineral de vidro ou rocha, placas de gesso e OSB (*oriented strand board*) internamente, estas lãs utilizadas possuem alta absorção sonora e portanto, são utilizadas também como absorvedores acústicos entre os painéis metálicos da estrutura (Radavelli, 2014).

Diversos fatores devem ser analisados e avaliados quando se trata de edificações realizadas pelo sistema industrializado, ressaltando a importância da publicação da norma brasileira de LSF.

2.4 NORMA TÉCNICA ABNT NBR 16970:2022

A norma brasileira de *Light Steel Framing* está em vigor desde o dia 23 de maio de 2022 e é responsável por regulamentar este sistema construtivo no país. É dividida em 3 partes, sendo que a 1 relaciona-se ao desempenho, a 2 refere-se aos requisitos para execução de projetos estruturais e a 3 discorre sobre as interfaces entre sistemas (ABNT NBR 16970, 2022).

A publicação da norma traz regulamentações mais específicas para o sistema e permite uma maior divulgação do método, assim como a construção de habitações financiadas e sua inserção em programas habitacionais (Nolla, 2022).

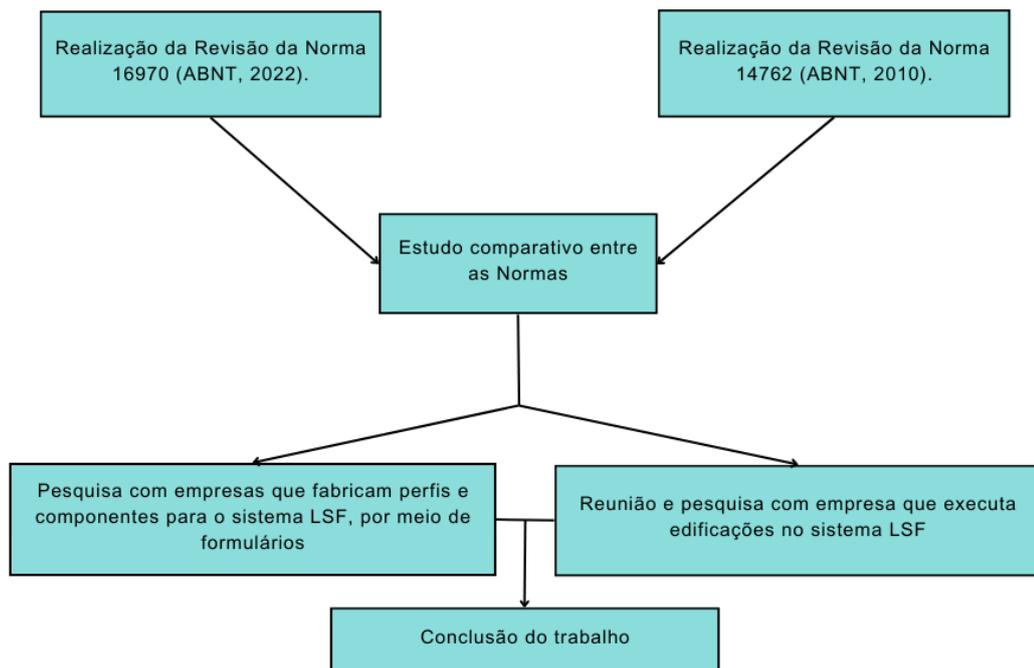
Anteriormente à publicação da NBR 16970, os sistemas em aço no Brasil eram construídos utilizando as prescrições definidas pela NBR 14762, que foi fundamentada no método dos estados limites, baseada na norma AISI S100-2007 do *American Iron and Steel Institute* (AISI), além de recomendações do *Eucode 3* (EN 1993-1-1:2005) (Rodrigues; Caldas, 2016). Porém, essa norma brasileira traz informações apenas sobre o dimensionamento estrutural e não cita aspectos como execução, desempenho, habitabilidade e fatores que devem ser seguidos nestas edificações, fato que pode causar falta de padronização entre as construções e diminuir a garantia da qualidade da estrutura.

Dado o exposto, é possível reconhecer que a publicação da norma NBR 16970:2022 representa um grande marco para o crescimento do sistema LSF no Brasil.

3 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos deste trabalho e apresentar uma discussão exploratória sobre os impactos da norma ABNT NBR 16970: *Light Steel Framing*, a metodologia seguida está representada no Fluxograma da Figura 16 e detalhada nos itens abaixo.

Figura 16: Fluxograma dos Processos



Fonte: As autoras, 2023.

- a) procedeu-se a revisão expositiva da Norma NBR 14762 (ABNT, 2010), apresentando os aspectos por ela abordados e a forma de dimensionar, projetar e executar estruturas através dela, enfatizando os parâmetros mais importantes e utilizados como base para os projetos;
- b) procedeu-se a revisão expositiva da Norma NBR 16970 (ABNT, 2022), apresentando os aspectos por ela abordados e a forma de dimensionar, projetar e executar estruturas através dela. Foram analisados os conceitos construtivos e de habitabilidade abordados pela norma;

- c) foi comparada a forma com que são expostos e descritos o dimensionamento, projeto e execução da NBR 16970 (ABNT, 2022) com a Norma NBR 14762 (ABNT, 2010), e constatados quais parâmetros são abordados por cada uma delas, apresentando os principais pontos de diferença em seu conteúdo e a forma com que estão contidos nas normativas;
- d) obteve-se dados, através de pesquisa por meio de reuniões e formulários, com profissionais de empresa de produção de LSF e empresa de execução de edificações no sistema construtivo, da cidade de Ponta Grossa - PR. Desta forma, foi avaliado o cenário construtivo anterior à publicação da norma própria do sistema e após a sua oficialização. Ainda, a partir deste item, foi possível constatar as principais diferenças observadas, tanto em fatores econômicos, de venda do sistema, de realização de projeto quanto da execução da obra;
- e) foram avaliadas as mudanças e os impactos dentro do desenvolvimento tecnológico e econômico neste ramo da construção civil.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 NORMA TÉCNICA ABNT NBR 14762

A norma brasileira ABNT NBR 14762: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio, teve sua primeira publicação em 2001, no entanto a versão vigente é datada de 9 de agosto de 2010 e é responsável por basear todos os dimensionamentos em perfis de aço laminados, tais como as estruturas em *Light Steel Framing*.

4.1.1 Dimensionamento

4.1.1.1 Discriminação dos materiais

Como primeira etapa do dimensionamento, a norma destaca a discriminação dos materiais empregados em projetos que utilizam perfis formados a frio. Sobre estes elementos, tem-se as considerações de valores mínimos de resistência ao escoamento (f_y) e à ruptura (f_u) do aço, ressaltando que a resistência mínima ao escoamento considerada é de 250 MPa. A Figura 17 apresenta as especificações das chapas para uso estrutural.

Figura 17: Chapas finas de aço especificadas para uso estrutural

Especificação	Grau	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ABNT NBR 6649 / ABNT NBR 6650 Chapas finas (a frio/a quente) de aço-carbono	CF-26	260/260	400/410
	CF-28	280/280	440/440
	CF-30	---/300	---/490
ABNT NBR 5004 Chapas finas de aço de baixa liga e alta resistência mecânica	F-32/Q-32	310	410
	F-35/Q-35	340	450
	Q-40	380	480
	Q-42	410	520
	Q-45	450	550
ABNT NBR 5920 / ABNT NBR 5921 Chapas finas e bobinas finas (a frio/a quente), de aço de baixa liga, resistentes à corrosão atmosférica	CFR 400	---/250	---/380
	CFR 500	310/370	450/490
ABNT NBR 7008 / ABNT NBR 7013 / ABNT NBR 14964 Chapas finas e bobinas finas com revestimento metálico ^b	ZAR 250	250	360
	ZAR 280	280	380
	ZAR 320	320	390
	ZAR 345	345	430
	ZAR 400	400	450
^a A faixa de espessura disponível varia de acordo com o produtor de aço.			
^b Graus conforme ABNT NBR 7008.			

Fonte: ABNT NBR 14762, 2010.

Ainda assim, é considerada a utilização de perfis sem qualificação estrutural, desde que o aço possua propriedades mecânicas para receber o trabalho a frio, não

adotando em projeto valores superiores a 180 MPa de resistência ao escoamento e 300 MPa de resistência a ruptura.

Da mesma forma, para os parafusos é possível utilizar de materiais sem qualificação estrutural adequada, desde que não sejam adotados valores superiores a 300 MPa para a resistência à ruptura do parafuso na tração f_{ub} .

A norma prevê que para os aços estruturais mencionados, sejam utilizados os seguintes parâmetros, para efeito de cálculo:

- a) módulo de elasticidade, $E = 200\ 000$ MPa;
- b) coeficiente de Poisson, $\nu = 0,3$;
- c) módulo de elasticidade transversal, $G = 77\ 000$ MPa;
- d) coeficiente de dilatação térmica, $\beta = 1,2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$;
- e) massa específica, $\rho = 7\ 850$ kg/m³.

A durabilidade dos materiais, de acordo com a ABNT NBR 14762, é influenciada por vários fatores essenciais. Estes fatores incluem a utilização prevista da edificação, o desempenho esperado, as condições ambientais relacionadas à corrosão do aço, 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 (com destaque para as ligações) e a qualidade e o controle da qualidade na fabricação e montagem, de acordo com as exigências das normas ABNT NBR 6355: Perfis estruturais de aço formados a frio – Padronização (2012) e ABNT NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios (2008).

4.1.1.2 Segurança e estados limites

Sobre os critérios de segurança, a normativa se baseia na ABNT NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas – Procedimento (2004), que considera o dimensionamento realizado pelo método dos estados limites, sendo estes os estados limites últimos (ELU) e os estados limites de serviço (ELS). Para o ELU, a segurança só é verificada se os valores resistentes de cálculo forem superiores aos esforços atuantes, levando em consideração as combinações últimas de ações. Já no ELS, tem-se que os esforços de serviço devem ser menores que os esforços limites, fornecidos no Anexo A da norma.

4.1.1.3 Ações que atuam sobre a estrutura

O item 6 da ABNT NBR 14762, trata a respeito das ações, ou seja, das cargas de projeto. Em primeira análise, deve-se considerar as ações permanentes, aquelas que vão acompanhar a estrutura em toda a sua vida útil. Essas podem ser divididas em ações permanentes diretas e indiretas. As ações permanentes diretas são constituídas pelo peso próprio da estrutura, pelas fixações estabelecidas de forma permanente e pelos empuxos provenientes de solos e outros materiais granulares removíveis.

Como ações permanentes indiretas são consideradas as ações impostas pela retração e fluência do concreto, pelos deslocamentos de apoio e pelas imperfeições geométricas. Apesar do LSF ser uma metodologia mais industrializada, retrações do concreto das fundações e desalinhamentos na fabricação e montagem devem ser considerados no cálculo (ABNT NBR 14762, 2010).

Juntamente às ações permanentes existem as ações variáveis, causadas pelo uso da edificação, sobrecargas, uso de equipamentos, ações de ventos, entre outros. Quando se trata de estruturas metálicas, por apresentar uma leveza superior se comparada ao concreto armado e alvenaria por exemplo, as forças de ação dos ventos têm impacto significativo e devem ser bem avaliadas e consideradas, tendo como base a ABNT NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações (1988) (Maciel; Gazineu; Santos, 2021).

Por fim devem ser consideradas as ações excepcionais, as quais possuem duração extremamente curta e probabilidade muito baixa de ocorrência, tais como explosões, choques de veículos, incêndios, enchentes e sismos excepcionais. Dessa forma, por meio da obtenção das cargas permanentes e variáveis, é possível obter os valores de cálculo das solicitações, multiplicando-os pelos seus respectivos coeficientes de ponderação.

Posto isso, a norma estabelece que as ações devem ser avaliadas levando em consideração o coeficiente de ponderação γ_f , o qual é desdobrado da seguinte forma:

$$\gamma_f = \gamma_{f1} + \gamma_{f2} + \gamma_{f3} \quad (1)$$

Onde:

γ_{f1} representa a parcela do coeficiente de ponderação das ações que leva em conta a variabilidade das ações;

γ_{f2} representa a parcela do coeficiente de ponderação das ações que considera a simultaneidade da atuação das ações;

γ_{f3} representa a parcela do coeficiente de ponderação das ações que contempla os possíveis erros de avaliação dos efeitos das ações. Esses erros podem ocorrer devido a problemas construtivos ou à deficiência do método de cálculo empregado. γ_{f3} deve ter um valor igual ou superior a 1,10.

As tabelas 2 e 3 da ABNT NBR 14762 (Figura 18 a Figura 20) estabelecem os coeficientes de ponderação, sendo o produto de γ_{f1} e γ_{f3} chamado de γ_{fg} ou γ_{fq} e o coeficiente γ_{f2} igual ao ψ_0 .

Figura 18: Coeficientes de ponderação das ações ABNT NBR 14762

Combinações	Ações permanentes (γ_g) ^{a,c}					
	Diretas					Indiretas
	Peso próprio de estruturas metálicas	Peso próprio de estruturas pré-moldadas	Peso próprio de estruturas moldadas no local e de elementos construtivos industrializados e empuxos permanentes	Peso próprio de elementos construtivos industrializados com adições <i>in loco</i>	Peso próprio de elementos construtivos em geral e equipamentos	
Normais	1,25 (1,00)	1,30 (1,00)	1,35 (1,00)	1,40 (1,00)	1,50 (1,00)	1,20 (0)
Especiais ou de construção	1,15 (1,00)	1,20 (1,00)	1,25 (1,00)	1,30 (1,00)	1,40 (1,00)	1,20 (0)
Excepcionais	1,10 (1,00)	1,15 (1,00)	1,15 (1,00)	1,20 (1,00)	1,30 (1,00)	0 (0)
	Ações variáveis (γ_q) ^{a,d}					
	Efeito da temperatura ^b	Ação do vento	Ações truncadas ^e	Demais ações variáveis, incluindo as decorrentes do uso e ocupação		
Normais	1,20	1,40	1,20	1,50		

Fonte: ABNT NBR 14762, 2010.

Figura 19: Coeficientes de ponderação das ações ABNT NBR 14762 (continuação)

	Ações variáveis (γ_q) ^{a,d}			
	Efeito da temperatura ^b	Ação do vento	Ações truncadas ^e	Demais ações variáveis, incluindo as decorrentes do uso e ocupação
Especiais ou de construção	1,00	1,20	1,10	1,30
Excepcionais	1,00	1,00	1,00	1,00

^a Os valores entre parênteses correspondem aos coeficientes para as ações permanentes favoráveis à segurança; ações variáveis e excepcionais favoráveis à segurança não devem ser incluídas nas combinações.

^b O efeito de temperatura citado não inclui o gerado por equipamentos, o qual deve ser considerado ação decorrente do uso e ocupação da edificação.

^c Nas combinações normais, as ações permanentes diretas que não são favoráveis à segurança podem, opcionalmente, ser consideradas todas agrupadas, com coeficiente de ponderação igual a 1,35 quando as ações variáveis decorrentes do uso e ocupação forem superiores a 5 kN/m², ou 1,40 quando isso não ocorrer. Nas combinações especiais ou de construção, os coeficientes de ponderação são respectivamente 1,25 e 1,30, e nas combinações excepcionais, 1,15 e 1,20.

^d Nas combinações normais, se as ações permanentes diretas que não são favoráveis à segurança forem agrupadas, as ações variáveis que não são favoráveis à segurança podem, opcionalmente, ser consideradas também todas agrupadas, com coeficiente de ponderação igual a 1,50 quando as ações variáveis decorrentes do uso e ocupação forem superiores a 5 kN/m², ou 1,40 quando isso não ocorrer (mesmo nesse caso, o efeito da temperatura pode ser considerado isoladamente, com o seu próprio coeficiente de ponderação). Nas combinações especiais ou de construção, os coeficientes de ponderação são respectivamente 1,30 e 1,20, e nas combinações excepcionais, sempre 1,00.

^e Ações truncadas são consideradas ações variáveis cuja distribuição de máximos é truncada por um dispositivo físico, de modo que o valor dessa ação não possa superar o limite correspondente. O coeficiente de ponderação mostrado nesta Tabela se aplica a esse valor-limite.

Fonte: ABNT NBR 14762, 2010.

Figura 20: Valores dos fatores de combinação ψ_0 e de redução ψ_1 e ψ_2 para as ações variáveis ABNT NBR 14762

Ações		γ_2 ^a		
		ψ_0	ψ_1	ψ_2 ^d
Ações variáveis causadas pelo uso e ocupação	Locais em que não há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas ^b	0,5	0,4	0,3
	Locais em que há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevadas concentrações de pessoas ^c	0,7	0,6	0,4
	Bibliotecas, arquivos, depósitos, oficinas e garagens e sobrecargas em coberturas	0,8	0,7	0,6
Vento	Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral	0,6	0,3	0
Temperatura	Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local	0,6	0,5	0,3
Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos	Passarelas de pedestres	0,6	0,4	0,3
	Pilares e outros elementos ou subestruturas que suportam vigas de rolamento de pontes rolantes	0,7	0,6	0,4

^a Ver alínea c) de 6.5.3.

^b Edificações residenciais de acesso restrito.

^c Edificações comerciais, de escritórios e de acesso público.

^d Para combinações excepcionais onde a ação principal for sismo, admite-se adotar para ψ_2 o valor zero.

Fonte: ABNT NBR 14762, 2010.

A partir dos coeficientes de ponderação apresentados é possível estabelecer as combinações de ações, para cada tipo de classificação e dessa forma estabelecer os efeitos mais desfavoráveis que a estrutura poderá sofrer em sua utilização.

Para combinações últimas, estas são classificadas em normais, especiais, de construção e excepcionais. A Figura 21 apresenta as fórmulas das combinações últimas.

Figura 21: Combinações últimas

Combinações últimas	
Combinações últimas normais	$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j} F_{Qj,k})$
Combinações últimas especiais	$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j,ef} F_{Qj,k})$
Combinações últimas excepcionais	$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + F_{Q,exc} + \sum_{j=1}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j,ef} F_{Qj,k})$

Fonte: ABNT NBR 14762, 2010.

Onde se tem para as combinações últimas normais:

$F_{Gi,k}$ representa os valores característicos das ações permanentes;

$F_{Q1,k}$ é o valor característico da ação variável considerada principal para a combinação;

$F_{Qi,k}$ representa os valores característicos das ações variáveis que podem atuar concomitantemente com a ação variável principal.

Já para as combinações últimas especiais:

$F_{Gi,k}$ representa os valores característicos das ações permanentes;

$F_{Q1,k}$ é o valor característico da ação variável especial;

$F_{Qi,k}$ representa os valores característicos das ações variáveis que podem atuar concomitantemente com a ação variável especial;

$\psi_{0j,ef}$ representa os fatores de combinação efetivos de cada uma das ações variáveis que podem atuar concomitantemente com a ação variável especial F_{Q1} .

Por fim, temos para as combinações últimas excepcionais:

$F_{Q,exc}$ é o valor da ação transitória excepcional.

Já para efeito de combinações de serviço, são divididas de acordo com a frequência, sendo elas: quase permanentes de serviço, frequentes e raras. A Figura

22 apresenta as equações para o cálculo das ações por meio das combinações de serviço.

Figura 22: Combinações de serviço

Combinações de serviço	
Combinações quase permanentes de serviço	$F_{ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \sum_{j=1}^n (\psi_{2j} F_{Qj,k})$
Combinações frequentes de serviço	$F_{ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \psi_1 F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_{2j} F_{Qj,k})$
Combinações raras de serviço	$F_{ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \psi_1 F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_{2j} F_{Qj,k})$

Fonte: ABNT NBR 14762, 2010.

4.1.1.4 Resistências da estrutura

Após a determinação dos esforços provenientes das ações e suas respectivas combinações, é necessário determinar as resistências dos perfis estabelecidos em pré-dimensionamento. O item 7 da ABNT NBR 14762, determina que o valor de resistência de cálculo do aço seja definido por:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} \quad (2)$$

Sendo f_k a resistência característica do material e γ_m o coeficiente de ponderação da resistência. Dessa forma, o γ_m é calculado por:

$$\gamma_m = \gamma_{m1} + \gamma_{m2} + \gamma_{m3} \quad (3)$$

γ_{m1} representa a variabilidade da resistência do aço;

γ_{m2} representa a diferença entre a resistência do aço no corpo de prova e na estrutura;

γ_{m3} representa os desvios gerados na construção e as aproximações feitas em projeto do ponto de vista das resistências.

Para o ELS, as resistências não são minoradas, dessa forma $\gamma_m = 1$.

4.1.1.5 Análise estrutural

Com a finalidade de verificar o comportamento da estrutura, no item 8, a norma solicita uma análise estrutural, de estabilidade e dimensionamento. Primeiramente a análise estrutural tem como objetivo estabelecer os efeitos das ações na estrutura verificando o ELS e ELU, analisando de modo realista as deformações causadas pelos esforços solicitantes. Dessa forma, a norma prevê a análise global elástica (diagrama tensão-deformação elástico-linear), sendo empregada a ABNT

NBR 8800, para verificar os deslocamentos e respostas da estrutura, tal qual os limites da análise linear.

4.1.1.6 Verificação das resistências à tração, compressão e deslocamentos

Quanto a estabilidade dos componentes individuais da estrutura, a norma recomenda que sejam atendidas as exigências da seção 9 ou do anexo C. Ainda assim, os esforços resistentes e a rigidez dos componentes previstos para conter lateralmente vigas e pilares devem atender a ABNT NBR 8800.

A partir das predeterminações de projeto, no qual foram feitos pré-dimensionamentos dos perfis que serão utilizados e considerados nas cargas já calculadas e combinadas, de acordo com as combinações de interesse, são realizados o dimensionamento e as verificações. A ABNT NBR 14762 prevê 3 métodos de dimensionamento de barra, sendo eles Método da Largura Efetiva (MLE), Método da Seção Eletiva (MSE) e o Método da Resistência Direta (MRD). Ainda assim para casos não previstos na normativa, o dimensionamento pode ser feito com base nos ensaios previstos no item 11.

Para o LSF é possível realizar o dimensionamento pelos 3 métodos. No entanto, a metodologia mais utilizada é o método da resistência direta, visto que leva em consideração as propriedades geométricas da seção bruta e analisa de forma geral a estabilidade elástica. Desse modo, o dimensionamento segue as condições previstas pelo anexo C da ABNT NBR 14762 (Maciel; Gazineu, 2021 e Barros, 2017).

Para o dimensionamento de barras submetidas à compressão centrada e à flexão simples, o Anexo C da norma discrimina a seguinte simbologia para cálculo:

A é a área bruta da seção transversal da barra;

N_e é a força axial de flambagem global elástica;

N_l é a força axial de flambagem local elástica;

N_{dist} é a força axial de flambagem distorcional elástica;

$N_{c,Rk}$ é o valor característico da força axial de compressão resistente;

$N_{c,Re}$ é o valor característico da força axial de compressão resistente, associado à flambagem global;

$N_{c,Rl}$ é o valor característico da força axial de compressão resistente, associado à flambagem local;

$N_{c,Rdist}$ é o valor característico da força axial de compressão resistente, associado à flambagem distorcional;

$N_{c,Rd}$ é a força axial de compressão resistente de cálculo;

M_e é o momento fletor de flambagem global elástica (flambagem lateral com torção);

M_l é o momento fletor de flambagem local elástica;

M_{dist} é o momento fletor de flambagem distorcional elástica;

M_{Rk} é o valor característico do momento fletor resistente;

M_{Re} é o valor característico do momento fletor resistente, associado à flambagem global;

M_{Rl} é o valor característico do momento fletor resistente, associado à flambagem local;

M_{Rdist} é o valor característico do momento fletor resistente, associado à flambagem distorcional;

M_{Rd} é o momento fletor resistente de cálculo;

$M_{R,ser}$ é o momento fletor resistente calculado substituindo o produto Wf_y por M_n ;

M_n é o momento fletor solicitante calculado considerando as combinações de ações para os estados-limites de serviço;

W é o módulo de resistência elástico da seção bruta em relação à fibra extrema que atinge o escoamento;

λ_0 é o índice de esbeltez reduzido associado à flambagem global;

λ_l é o índice de esbeltez reduzido associado à flambagem local;

λ_{dist} é o índice de esbeltez reduzido associado à flambagem distorcional.

Sendo assim, a normativa discorre em primeiro momento sobre as forças axiais de compressão e os momentos fletores de flambagem elástica local, distorcional e global. Para barras sob compressão centrada N_l , N_{dist} , N_e ou flexão simples M_l , M_{dist} , M_e , devem ser determinados através de uma análise de estabilidade elástica. Se a barra não apresentar um dos três modos de flambagem, o cálculo do respectivo esforço resistente não precisa ser considerado.

Para análise de barras submetidas à compressão centrada, o valor característico da força axial de compressão resistente $N_{c,Rk}$, deve ser o menor valor quando apresentado juntamente a flambagem global, local e distorcional. Para o cálculo da força axial de compressão resistente de cálculo, $N_{c,Rd}$, basta dividir o valor característico pelo coeficiente de redução (equação 4), onde γ é igual a 1,20.

$$N_{C,Rd} = \frac{N_{C,Rd}}{\gamma} \quad (4)$$

Para o cálculo da flambagem global da barra por flexão, torção ou flexo-torção, tem-se:

$$N_{C,Re} = (0,658^{\lambda_0^2}) Af_y \quad \text{para } \lambda_0 \leq 1,5 \quad (5)$$

$$N_{C,Re} = \left(\frac{0,877}{\lambda_0^2} \right) Af_y \quad \text{para } \lambda_0 > 1,5 \quad (6)$$

Onde:

$$\lambda_0 = \left(\frac{Af_y}{N_e} \right)^{0,5} \quad (7)$$

Para flambagem local deve-se adotar:

$$N_{C,Rl} = N_{C,Re} \quad \text{para } \lambda_l \leq 0,776 \quad (8)$$

$$N_{C,Rl} = \left(1 - \frac{0,15}{\lambda_l^{0,8}} \right) \frac{N_{C,Re}}{\lambda_l^{0,8}} \quad \text{para } \lambda_l > 0,776 \quad (9)$$

Onde:

$$\lambda_0 = \left(\frac{N_{C,Re}}{N_l} \right)^{0,5} \quad (10)$$

A flambagem distorcional é obtida por:

$$N_{C,Rdist} = Af_y \quad \text{para } \lambda_{dist} \leq 0,561 \quad (11)$$

$$N_{C,Rdist} = \left(1 - \frac{0,25}{\lambda_{dist}^{1,2}} \right) \frac{Af_y}{\lambda_{dist}^{1,2}} \quad \text{para } \lambda_{dist} > 0,561 \quad (12)$$

Onde:

$$\lambda_{dist} = \left(\frac{Af_y}{N_{dist}} \right)^{0,5} \quad (13)$$

O Item C.4 discorre sobre as barras submetidas à flexão simples. Dessa maneira, o valor característico do momento fletor resistente (M_{Rk}) deve ser escolhido como o menor entre os valores calculados para flambagem global (M_{Re}), local (M_{Rl}) e distorcional (M_{dist}). Para o cálculo do momento fletor resistente de cálculo, M_{Rd} , basta dividir o valor característico pelo coeficiente de redução (equação 14), onde γ é igual a 1,10.

$$M_{Rd} = \frac{M_{Rk}}{\gamma} \quad (14)$$

Para o cálculo da flambagem lateral com torção tem-se:

$$M_{Re} = Wf_y \quad \text{para } \lambda_0 \leq 0,6 \quad (15)$$

$$M_{Re} = 1,11(1 - 0,278\lambda_0^2)Wf_y \quad \text{para } 0,6 < \lambda_0 < 1,336 \quad (16)$$

$$M_{Re} = \frac{Wf_y}{\lambda_0^2} \quad \text{para } \lambda_0 \geq 1,336 \quad (17)$$

Onde:

$$\lambda_0 = \left(\frac{Wf_y}{M_e}\right)^{0,5} \quad (18)$$

Para flambagem local deve-se adotar:

$$M_{Rl} = M_{Re} \quad \text{para } \lambda_l \leq 0,776 \quad (19)$$

$$M_{Rl} = \left(1 - \frac{0,15}{\lambda_l^{0,8}}\right) \frac{M_{Re}}{\lambda_l^{0,8}} \quad \text{para } \lambda_l > 0,776 \quad (20)$$

Onde:

$$\lambda_{dist} = \left(\frac{M_{Re}}{M_l}\right)^{0,5} \quad (21)$$

A flambagem distorcional é obtida por:

$$M_{Rdist} = Wf_y \quad \text{para } \lambda_{dist} \leq 0,673 \quad (22)$$

$$M_{Rdist} = \left(1 - \frac{0,22}{\lambda_{dist}}\right) \frac{Wf_y}{\lambda_{dist}} \quad \text{para } \lambda_{dist} > 0,673 \quad (23)$$

Onde:

$$\lambda_{dist} = \left(\frac{Wf_y}{N_{dist}}\right)^{0,5} \quad (24)$$

Por fim, para o cálculo dos deslocamentos (I_{ef}) o item C.5 da ABNT NBR 14762 determina:

$$I_{ef} = I_g \left(\frac{M_{Rser}}{M_n}\right) \leq I_g \quad (25)$$

Onde:

M_n é o momento fletor solicitante calculado considerando as combinações de ações para os estados-limites de serviço;

M_{Rser} é o momento fletor resistente, calculado conforme C.4, porém substituindo o produto Wf_y por M_n ;

I_g é o momento de inércia da seção bruta.

4.1.1.7 Dimensionamento das ligações

Por fim, no item 10 da ABNT NBR 14762, são tratadas as condições para o dimensionamento das ligações entre os perfis de aço. Sendo assim, a norma estabelece que para barras axialmente solicitadas a ligação deve ser dimensionada para suportar no mínimo 50% da força axial resistente calculada para a barra, levando em consideração o tipo de solicitação que determina o dimensionamento da barra (tração ou compressão).

Já para as barras que não estão sob solicitação em uma análise linear, mas ainda assim desempenham um papel crucial na estabilidade global da estrutura (como aquelas que reduzem o comprimento de flambagem de outras barras), a conexão deve ser projetada considerando os esforços solicitantes calculados através de análise não linear ou critérios que permitem avaliar o efeito de segunda ordem. Caso não haja uma análise abrangente da estabilidade global disponível, a conexão deve ser dimensionada para suportar no mínimo 50% da força axial de compressão resistente calculada para a barra.

Outra consideração se deve para conexões projetadas para suportar uma combinação de dois ou mais esforços (como no caso de uma ligação engastada entre viga e pilar), é essencial garantir que haja compatibilidade dimensional entre as partes conectadas, os elementos de ligação e os meios de conexão correspondentes.

No LSF, as ligações são em sua maioria parafusadas. O item 10.3.1 da ABNT NBR 14762 estabelece que para que a norma seja aplicável à ligação, a espessura da parte mais fina não deve ultrapassar 4,75 mm, caso contrário, deverão ser seguidas as recomendações da ABNT NBR 8800. São estabelecidas na tabela 15 da norma as dimensões máximas dos furos para o posicionamento dos parafusos (Figura 23).

Figura 23: Dimensões máximas dos furos para parafusos (mm)

Diâmetro nominal do parafuso (d)	Diâmetro do furo-padrão	Diâmetro do furo alargado	Dimensões do furo pouco alongado	Dimensões do furo muito alongado
$< 12,5$	$d+0,8$	$d +1,5$	$(d+0,8) \times (d+6)$	$(d+0,8) \times (2,5d)$
$\geq 12,5$	$d+1,5$	$d +5$	$(d+1,5) \times (d+6)$	$(d+1,5) \times (2,5d)$

Fonte: ABNT NBR 14762, 2010.

Quanto aos espaçamentos, a mínima distância a ser respeitada é de 2 (dois) diâmetros do parafuso utilizado entre furos adjacentes e de 1 (um) diâmetro da extremidade do elemento. Para o espaçamento máximo, tem-se a seguinte relação:

$$1,37t(Elf_y)^{0,5} \quad (26)$$

Onde t é a espessura da cobrejunta e f_y é a resistência ao escoamento do aço da cobrejunta.

Para os cálculos de verificação de resistência do parafuso, a norma estabelece que devem ser avaliadas as forças resistentes ao rasgamento, esmagamento, a tração, cisalhamento e a tração e cisalhamento combinados.

Para a força resistente ao rasgamento, deve-se adotar F_{rd} :

$$F_{Rd} = tef_u / \gamma \quad (\gamma = 1,45) \quad (27)$$

Onde:

f_u é a resistência à ruptura do aço (metal-base);

t é a espessura do componente elemento analisado;

e é a distância, tomada na direção da força, do centro do furo-padrão à borda mais próxima do furo adjacente ou à extremidade do elemento conectado.

Para a força resistente ao esmagamento tem-se:

$$F_{Rd} = \alpha_e dtf_u / \gamma \quad (\gamma = 1,55) \quad (28)$$

F_u é a resistência à ruptura do aço (metal-base);

d é o diâmetro nominal do parafuso;

t é a espessura do componente elemento analisado;

α_e é um fator igual a $(0,183t + 1,53)$, com t em milímetros ($t \leq 4,75$ mm).

A força resistente a tração, $F_{t,Rd}$, deve ser calculada por:

$$F_{t,Rd} = 0,75A_b f_{ub} / \gamma \quad (\gamma = 1,35) \quad (29)$$

Para a força de cisalhamento onde o plano de corte passa pela rosca:

$$F_{v,Rd} = 0,4A_b f_{ub} / \gamma \quad (\gamma = 1,35) \quad (30)$$

Para a força de cisalhamento onde o plano de corte não passa pela rosca:

$$F_{v,Rd} = 0,5A_b f_{ub} / \gamma \quad (\gamma = 1,35) \quad (31)$$

Onde:

A_b é a área bruta da seção transversal do parafuso;

f_{ub} é a resistência à ruptura do parafuso na tração, conforme Tabela 16 ou o disposto em 4.4.;

Por fim, para o cálculo de força resistência a tração e cisalhamento combinados, são consideradas duas condições distintas.

Parafusos de aço com qualificação estrutural:

$$(F_{t,Sd}/F_{t,Rd})^2 + (F_{v,Sd}/F_{v,Rd})^2 \leq 1,0 \quad (32)$$

Parafusos sem qualificação estrutural, que atendem o item 4.4 da NBR ABNT 14762:

$$(F_{t,Sd}/F_{t,Rd}) + (F_{v,Sd}/F_{v,Rd}) \leq 1,0 \quad (33)$$

Onde:

$F_{t,Sd}$ é a força de tração solicitante de cálculo no parafuso;

$F_{v,Sd}$ é a força de cisalhamento solicitante de cálculo no parafuso, no plano de corte analisado;

$F_{t,Rd}$ é a força de tração resistente de cálculo do parafuso;

$F_{v,Rd}$ é a força de cisalhamento resistente de cálculo do parafuso.

Sendo assim, a ABNT NBR 14762 apresenta na tabela 16 da norma (Figura 24) a resistência à ruptura de parafusos estruturais quando solicitados a tração.

Figura 24: Resistência à ruptura de parafusos estruturais quando solicitados a tração

Especificação	Classe	Diâmetro nominal d		f_{ub} MPa
		milímetros	polegadas	
ASTM A307-07b	Comum	-	$1/4 \leq d < 1/2$	370
			$1/2 \leq d \leq 4$	415
ASTM A325M	Alta resistência	$16 \leq d \leq 24$	$1/2 \leq d \leq 1$	825
		$24 < d \leq 36$	$1 < d \leq 1\frac{1}{2}$	725
ASTM A354 (grau BD)	Alta resistência	-	$1/4 \leq d < 1/2$	930
ASTM A394 (tipo 0)	Comum	-	$1/2 \leq d \leq 1$	510
ASTM A394 (tipos 1,2 e 3)	Alta resistência	-	$1/2 \leq d \leq 1$	825
ASTM A449	Alta resistência	-	$1/4 \leq d < 1/2$	745
ASTM A490	Alta resistência	$16 \leq d \leq 36$	$1/2 \leq d \leq 1\frac{1}{2}$	1 035
ISO 898-1 classe 4.6	Comum	$6 \leq d \leq 36$	-	400
ISO 4016 – classe 8.8	Alta resistência	$6 \leq d \leq 36$	-	800
ISO 4016 – classe 10.9	Alta resistência	$6 \leq d \leq 36$	-	1 000

Fonte: ABNT NBR 14762, 2010.

Na seção 10.5 da ABNT NBR 14762, são abordados o dimensionamento e as verificações para parafusos auto-atarraxantes, os quais são amplamente utilizados em estruturas de LSF, providos ou não de ponta brocante, com diâmetro nominal entre 2 e 6,35 mm. Caso esses parafusos sejam submetidos a tração, o diâmetro da cabeça e da arruela deve ser superior a 8 mm e a arruela deve apresentar espessura mínima de 1,27 mm.

Quanto a distância entre os parafusos, determina-se que não deve ser inferior a 3 (três) diâmetros do centro de parafusos adjacentes e 1,5 (um e meio) diâmetros da borda de qualquer elemento conectado.

Ainda, a norma discorre sobre as resistências mínimas do metal-base, do parafuso ao cisalhamento, a tração, arrancamento, rasgamento do metal base e a cisalhamento e rasgamento combinados.

Para calcular as resistências dos parafusos auto-atarraxantes, a norma ABNT NBR 14762 adota os seguintes símbolos:

d é o diâmetro nominal do parafuso;

d_h é o diâmetro da cabeça ou do flange do parafuso;

d_w é o diâmetro da arruela;

d_{we} é o diâmetro efetivo associado ao rasgamento do metal-base (pull-over);

e é a distância, tomada na direção da força, do centro do furo à extremidade do elemento conectado;

t é a espessura do elemento conectado (t_1 ou t_2);

t_1 é a espessura do elemento conectado em contato com a arruela ou a cabeça do parafuso;

t_2 é a espessura do elemento conectado que não está em contato com a arruela ou a cabeça do parafuso;

t_1 é a profundidade de penetração ou a espessura t_2 , o que for menor;

f_u é a resistência à ruptura na tração do elemento conectado sujeito ao rasgamento entre furo e borda;

f_{u1} é a resistência à ruptura na tração do elemento conectado em contato com a arruela ou a cabeça do parafuso;

f_{u2} é a resistência à ruptura na tração do elemento conectado que não está em contato com a arruela ou a cabeça do parafuso;

$F_{v,Rd}$ é a força de cisalhamento resistente de cálculo por parafuso (menor valor entre $F_{c,Rd}$ e $F_{ss,Rd}$);

$F_{c,Rd}$ é a força de cisalhamento resistente de cálculo por parafuso, associada à resistência do metal-base;

$F_{ss,Rk}$ é a força de cisalhamento resistente nominal do parafuso, fornecida pelo fabricante ou determinada por ensaio;

$F_{ss,Rd}$ é a força de cisalhamento resistente de cálculo do parafuso;

$F_{t,Rd}$ é a força de tração resistente de cálculo por parafuso (menor valor entre $F_{a,Rd}$; $F_{r,Rd}$ e $F_{ts,Rd}$);

$F_{a,Rd}$ é força de tração resistente de cálculo, associada ao arrancamento do parafuso (pull-out);

$F_{r,Rd}$ é a força de tração resistente de cálculo, associada ao rasgamento do metal-base (pull-over);

$F_{ts,Rk}$ é a força de tração resistente nominal do parafuso, fornecida pelo fabricante ou determinada por ensaio;

$F_{ts,Rd}$ é a força de tração resistente de cálculo do parafuso;

γ é o coeficiente de ponderação da resistência, igual a 2,00 com exceção quando determinado por ensaio ou é estabelecido outro valor.

Sendo assim, para as resistências mínimas do metal base ($F_{c,Rd}$), é considerado o menor valor obtido:

Para $t_2/t_1 \leq 1,0$:

$$F_{c,Rd} = 4,2(t_2^3 d)^{0,5} f_{u2} / \gamma \quad (34)$$

$$F_{c,Rd} = 2,7 t_1 d f_{u1} / \gamma \quad (35)$$

$$F_{c,Rd} = 2,7 t_2 d f_{u2} / \gamma \quad (36)$$

Para $t_2/t_1 \geq 2,5$:

$$F_{c,Rd} = 2,7 t_1 d f_{u1} / \gamma \quad (37)$$

$$F_{c,Rd} = 2,7 t_2 d f_{u2} / \gamma \quad (38)$$

Para $1,0 < t_2/t_1 < 2,5$, $F_{c,Rd}$ deve ser determinada por interpolação linear.

Caso a distância entre o parafuso e a extremidade de um elemento conectado seja alinhada com a direção da força, tornando a ligação sujeita ao estado-limite último de rasgamento entre o furo e a borda, é importante observar que o valor de $F_{c,Rd}$ não deve exceder (equação 39):

$$F_{c,Rd} = t e f_u / \gamma \quad (39)$$

Quanto ao cisalhamento, a força resistente é obtida por:

$$F_{ss,Rd} = F_{ss,Rk} / \gamma \quad (40)$$

O γ coeficiente de ponderação da resistência, tem seu valor igual a 2,00, ou podem ser aplicados valores obtidos conforme ensaios previstos na seção 11 da ABNT NBR 14762, desde que os valores sejam multiplicados por 1,25, não sendo necessário adotar valores superiores a 2,00.

Para análise da força de tração são consideradas as resistências ao arrancamento do parafuso, rasgamento do metal-base e a tração.

A força resistente ao arrancamento, deve ser calculada por:

$$F_{a,Rd} = 0,85t_c d f_{u2} / \gamma \quad (41)$$

A força resistente ao rasgamento do metal base, deve ser calculada por:

$$F_{r,Rd} = 1,5t_1 d_{we} f_{u1} / \gamma \quad (42)$$

Onde d_{we} é obtido pelas seguintes fórmulas, considerando a sua geometria.

Se parafuso de cabeça circular, ou hexagonal, ou hexagonal com flange, com arruela independente sob a cabeça do parafuso (Figura 25a):

$$d_{we} = d_h + 2t_w + t_1 \leq d_w \quad (43)$$

Para parafuso de cabeça circular, ou hexagonal, ou hexagonal com flange, sem arruela independente sob a cabeça do parafuso (Figura 25b):

$$d_{we} = d_{hi}, \text{ com valor máximo de } 12,7\text{mm} \quad (44)$$

Já para arruela em domo, não maciça e independente sob a cabeça do parafuso (Figura 25c):

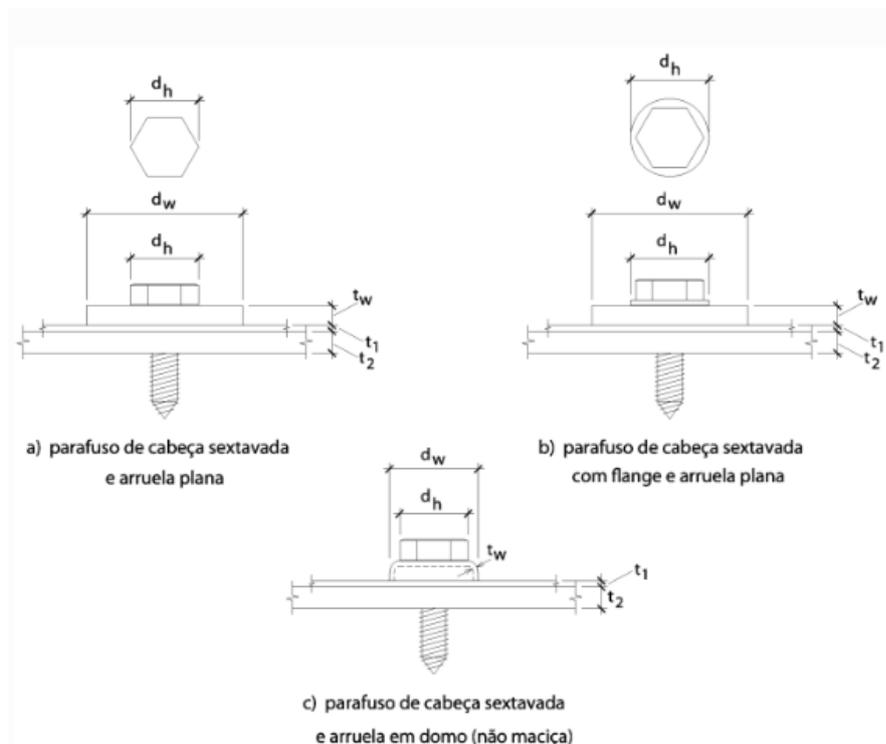
$$d_{we} = d_h + 2t_w + t_1 \leq d_w \quad (45)$$

com d_h , $2t_w$ e t_1 definidos na Figura 25 c) e $d_{we} \leq 16 \text{ mm}$.

A resistência à tração do parafuso, é definida por:

$$F_{ts,Rd} = F_{ts,Rk} / \gamma \quad (46)$$

Figura 25: Dimensões do parafuso para cálculo da resistência ao rasgamento do metal base (pull-over)



Fonte: ABNT NBR 14762, 2010.

Por fim, para o cálculo da força resistente de cálculo ao cisalhamento e rasgamento do metal base combinados, deve ser satisfeita a seguinte equação:

$$\frac{F_{v,Sd}}{F_{c0,Rd}} + 0,71 \frac{F_{t,Sd}}{F_{r0,Rd}} \leq 1,10 \quad (47)$$

onde

$F_{v,Sd}$ é a força de cisalhamento solicitante de cálculo no parafuso;

$F_{t,Sd}$ é a força de tração solicitante de cálculo no parafuso;

$$F_{c0,Rd} = 2,71t_1df_{u1}/\gamma \quad (\gamma = 1,55)$$

$$F_{r0,Rd} = 1,51t_1d_wf_{u1}/\gamma \quad (\gamma = 1,55)$$

Se não houver arruela, considerar $d_w = d_h$.

A expressão de interação é válida desde que sejam atendidos os seguintes limites:

- a) $0,72 \text{ mm} \leq t_1 \leq 1,13 \text{ mm}$;
- b) parafusos providos de ponta brocante, com ou sem arruelas, e com diâmetro igual a 5,5 mm ou 6,3 mm;
- c) $d_w \leq 19 \text{ mm}$;
- d) $f_{u1} \leq 483 \text{ MPa}$;
- e) $t_1/t_2 \geq 2,5$.

4.1.1.8 Análise dos resultados

Após o pré-dimensionamento da estrutura, análise das ações, combinação dos esforços e verificação das resistências, é necessário avaliar se os perfis, considerados em primeiro momento, atenderão as necessidades da estrutura durante a sua vida útil.

Caso as verificações não sejam bem-sucedidas é essencial que a estrutura seja revista e dessa forma ocorra uma nova análise de resistência. Isso deve ser realizado até que toda a estrutura respeite as condições de resistência e segurança aplicadas pela ABNT NBR 14762.

4.1.2 Projeto e execução

Por se tratar de uma norma de dimensionamento, a ABNT NBR 14762 traz em seu conteúdo considerações gerais sobre o dimensionamento estrutural e suas conexões, de forma que aspectos de projetos, tais como detalhamentos,

especificações e construtivos, como boas práticas executivas, não estão contidos na norma.

Sendo assim, quando se analisa estruturas em LSF, estas podem ser dimensionadas pela ABNT NBR 14762 (2010). No entanto, aspectos de detalhamento, projeto, interfaces de sistemas, execuções, impermeabilização, habitabilidade, dentre outras diversas variáveis executivas do sistema, não estão contempladas nessa normativa.

4.2 NORMA TÉCNICA ABNT NBR 16970

A norma brasileira de *Light Steel Framing*, ABNT NBR 16970: *Light Steel Framing* – Sistemas construtivos estruturas em perfis leves de aço formados a frio, com fechamento em chapas delgadas, publicada em 23 de maio de 2022 é dividida em 3 partes, sendo elas: desempenho, projeto estrutural e interface entre sistemas. Aguarda-se a publicação da quarta parte desta norma, que deve tratar sobre as fachadas das edificações de LSF e está sendo desenvolvida (Christofari, 2022).

A norma em questão foi um avanço importante para o ramo da construção civil, que engloba todos os envolvidos no projeto e execução de LSF, e tem como objetivo o uso do método em edificações residenciais (unifamiliares ou multifamiliares) e não residenciais de até dois pavimentos. Vale ressaltar que sistemas convencionais, como fundações, esquadrias, instalações hidráulicas e elétricas e demais componentes não são objetos desta NBR 16970, mas são levados em consideração na Parte 03 – Interface entre sistemas (ABNT, 2022).

Para a realização deste trabalho foi escolhido revisar a norma em três diferentes aspectos, relacionando seu conteúdo a esses pontos, sendo eles Dimensionamento, Projeto e Execução.

4.2.1 Dimensionamento

O dimensionamento é de extrema relevância para construções no geral, no sistema construtivo *Light Steel Framing* é essencial que esta etapa seja feita corretamente, já que por ser um método industrializado qualquer modificação posterior pode causar consequências na edificação e inclusive inviabilizar sua execução.

4.2.1.1 ABNT NBR 16970 – Parte 01: Desempenho

Para dimensionar a estrutura do sistema, deve-se primeiramente entender quais são seus componentes e os requisitos que deve cumprir, sendo assim será

analisada inicialmente a Parte 01 da norma ABNT NBR 16970, que trata sobre Desempenho.

O item 5 da norma traz o tópico requisitos, que apresenta elementos que são necessários para entender o dimensionamento do sistema LSF. O primeiro a ser citado trata dos elementos de fundação, que devem ser projetados conforme as características do solo e do projeto estrutural das edificações. Além disso, deve seguir a ABNT NBR 15575-1 em relação ao requisito de estanqueidade à fonte de umidade externa à edificação, o sistema deve impossibilitar a percolação de água do solo por meio das fundações e pisos em contato com o solo (ABNT, 2022).

Os componentes e elementos estruturais do LSF compreendem os perfis, as fitas metálicas e chapas *gusset*. Os perfis e suas seções transversais, designações e utilizações estão definidos em tabela presente na norma e já apresentada neste trabalho na Figura 11, além disso, outros perfis também podem ser utilizados, desde que estejam atendendo aos requisitos da ABNT NBR 14762 e da tabela apresentada na Figura 26 (ABNT, 2022).

Figura 26: Tabela de requisitos mínimos para perfis de aço formados a frio

Resistência mínima ao escoamento	Aço estrutural – 230 MPa, conforme ABNT NBR 7008-1	
Tipo de revestimento e ambiente	Perfis estruturais	
	Massa mínima do revestimento ^a g/m ²	Designação do revestimento conforme
Zincado por imersão a quente em ambiente urbano e rural	275	Z275 (ABNT NBR 7008-1)
Zincado por imersão a quente em ambiente agressivo marinho ^b	350	Z350 (ABNT NBR 7008-1)
Espessura nominal dos perfis (t_n)		
Perfis U simples ou enrijecidos, cartola e cantoneira	$3,0 \text{ mm} \geq t_n \geq 0,80 \text{ mm}$ (ABNT NBR 15253)	
Perfil cartola usado como ripa	$t_n \geq 0,65 \text{ mm}$	
Aberturas sem reforços devem ser realizadas de acordo com o descrito na ABNT NBR 15253.		
NOTA 1 t_n é considerada a espessura total da chapa de aço, sendo a espessura do metal-base adicionado à espessura do revestimento metálico.		
NOTA 2 Em ambientes industriais agressivos, recomenda-se estudos específicos.		
^a A massa mínima se refere ao total nas duas faces (média do ensaio triplo) e sua determinação deve ser conforme a ABNT NBR 7008-1.		
^b Ambientes marinhos são aqueles distantes da orla marinha até 2 000 m ou com qualquer concentração de cloreto (Cl-) medidos pela ABNT 6211.		

Fonte: ABNT NBR 16970, 2022.

As fitas metálicas e as chapas *gusset*, estas responsáveis pela ligação entre elementos do contraventamento e da estrutura principal, possuem dimensões definidas em projeto, porém também devem atender aos requisitos expostos na tabela da Figura 26 (ABNT, 2022).

Contidos no item 6, que é denominado de desempenho, estão inseridos os tópicos de subsistemas de piso e de cobertura, ambos essenciais para essa etapa de dimensionamento e concepção estrutural da edificação (ABNT, 2022).

O item 6.4 da ABNT NBR 16970 (2022) aborda o subsistema de piso e inicia tratando sobre a resistência a impactos de corpo mole, que deve atender aos requisitos e critérios especificados na ABNT NBR 15575-2. Já a resistência a impactos de corpo duro, deve atender aos requisitos da Parte 3 da norma 15575. Os sistemas de pisos devem suportar solicitações de cargas verticais concentradas sem apresentar rupturas ou qualquer outro dano quando a carga tiver valor de 1 kN e for aplicada no ponto mais desfavorável, além de não poderem apresentar deslocamentos superiores a $L/500$, quando forem constituídos ou revestidos de material rígido ou $L/300$ quando material dúctil.

A norma também cita o desempenho estrutural que o subsistema de piso em *Light Steel Framing* deve possuir em situações de incêndio. Em termos gerais, os sistemas ou elementos que integram os edifícios habitacionais devem atender aos critérios descritos nas ABNT NBR 15575-1 e ABNT NBR 15575-3. Em caso de incêndio, os entrepisos e os elementos estruturais associados devem apresentar adequada resistência ao fogo, controlando riscos de propagação e de comprometimento da estabilidade (ABNT, 2022).

Sobre a estanqueidade, os pisos devem ser resistentes à umidade ascendente, mas em caso de pisos em áreas molháveis o critério de estanqueidade não é aplicável, devendo constar esta informação no manual de uso, operação e manutenção. Por fim, o subsistema de piso deve atender ao desempenho acústico de acordo com a ABNT NBR 15575-3 (ABNT, 2022).

O subsistema de cobertura possui semelhanças nos critérios para avaliação de resistência a impactos de corpo mole e de corpo duro com o subsistema de pisos, ambos devem estar em conformidade com a ABNT NBR 15575.

Em relação às cargas concentradas na cobertura nas solicitações de montagem ou manutenção, a norma cita que os componentes estruturais devem possibilitar o apoio de pessoas e objetos durante essas fases. As estruturas reticuladas ou treliçadas devem suportar a ação de carga vertical concentrada de 1 kN no ponto mais desfavorável, sem ocorrência de falhas ou deslocamentos acima do limite (ABNT, 2022).

Os forros na edificação devem suportar a ação de carga vertical correspondente ao objeto que se pretende fixar, adotando-se coeficiente de majoração no mínimo igual a 3,0. Para carga de serviço, limita-se a ocorrência de falhas e o deslocamento a $L/600$, com valor máximo admissível de 5 mm, sendo L o vão do forro e a carga mínima de 30 N (ABNT, 2022).

Em situações de incêndio, a norma ABNT NBR 16970 (2022) afirma que os sistemas de cobertura, assim como os de piso, também devem atender aos critérios contidos nas ABNT NBR 15575-1 e ABNT NBR 15575-5. Para que seja atendido o critério de propagação superficial de chamas, especificado na parte 5 desta norma, os materiais de revestimento, acabamento e isolamento térmico e acústico empregados nas faces superior e inferior dos sistemas de cobertura ou elementos que compõem a edificação podem ser considerados para atender aos critérios estabelecidos.

Nos subsistemas de cobertura, a estanqueidade e impermeabilidade são fatores essenciais para a utilização da edificação. A estanqueidade deve atender à ABNT NBR 15575-5, já em relação a impermeabilidade é definido que o telhado não pode apresentar escorrimento, gotejamento de água ou gotas aderentes e que o aparecimento de manchas de umidade na face interna do telhado deve ser limitado a no máximo 35% da área das telhas (ABNT, 2022).

Em relação a desempenho, o parâmetro térmico deve atender ao estabelecido na ABNT NBR 15575-5, apresentando transmitância térmica e absorptância à radiação solar que proporcionem um desempenho apropriado para cada zona bioclimática. No quesito acústico, deve atender aos requisitos estabelecidos conforme a ABNT NBR 15575-5 no caso de edificações residenciais, e conforme especificado nas ABNT NBR 10151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento e ABNT NBR 10152: Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações, para as não residenciais (ABNT, 2022).

Ainda no item 6, de mesmo título da Parte 01 da norma, são abordados os sistemas de vedações verticais, estes devem ser avaliados em relação a resistência a impactos de corpo mole, que deve estar em conformidade com os critérios especificados pela ABNT NBR 15575-4 (2021), mesma norma que estipula requisitos para as solicitações de cargas de peças suspensas atuantes nos sistemas de vedações verticais. A resistência a impactos de corpo duro e solicitações transmitidas por portas para as paredes também devem seguir as especificações existentes na Parte 04 da norma brasileira de desempenho.

Em relação a segurança contra incêndio, os elementos devem atender aos critérios da Parte 01 e 04 da ABNT NBR 15575 (2021). Considera-se que as paredes estruturais devem resistir ao fogo por um período mínimo de 30 min e as paredes entre unidades também seguem este mesmo critério de desempenho. Os materiais de revestimento, acabamento e isolamento térmico e acústico empregados na face interna e externa dos sistemas ou elementos que compõem a edificação devem atender ao critério de propagação superficial de chamas e densidade ótica de fumaça, conforme a ABNT NBR 15575 (2021) (ABNT, 2022).

A estanqueidade à água também é um fator abordado pelo item de desempenho da norma, no caso de estanqueidade à água em edifícios são consideradas na normativa duas fontes de umidade: externas, como ascensão de umidade do solo pelas fundações e infiltração de água de chuva pelas fachadas, lajes expostas e coberturas; e internas, como água decorrente 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. Os sistemas de vedações verticais externos (fachadas) devem atender as especificações da ABNT NBR 15575-4 (2021), levando em consideração a ação dos ventos, mesma norma que os sistemas internos e externos com incidência direta de água de uso e lavagem de ambientes devem seguir (ABNT, 2022).

O desempenho térmico e acústico também é pautado nas especificações da norma 15575, devendo obedecer aos procedimentos definidos em norma e garantindo bom desempenho tanto em paredes quanto em coberturas (ABNT, 2022).

A questão da durabilidade das estruturas é muito discutida durante toda a norma, e no item 6.6 fica definido que o projeto e a execução dos sistemas LSF devem considerar que os elementos do sistema construtivo tenham vida útil de projeto (VUP) de no mínimo 50 anos para estrutura e vedação externa e de 20 anos para vedação interna, como sugerido na ABNT NBR 15575-1 (2021) se as manutenções preventivas e corretivas forem realizadas corretamente e no tempo previsto no manual de operação, uso e manutenção (ABNT, 2022).

Este manual de operação, uso e manutenção especifica o programa de manutenção que deve ser adotado na edificação, descrevendo os procedimentos necessários e os materiais corretos que devem ser empregados nas etapas de limpeza, serviços de manutenção e reparos ou substituições de materiais e componentes. Além disso, também devem ser descritas informações importantes de

uso, como fixação de peças suspensas nas paredes, localização das instalações, formas de realizar inspeções e manutenções nessas instalações, eventuais restrições de uso, cuidados necessários com ação de água nas bases de fachadas e de paredes internas de áreas molháveis, entre outras, evitando assim que sejam causados problemas ou danos a estrutura (ABNT, 2022).

4.2.1.2 ABNT NBR 16970 – Parte 02: Projeto Estrutural

A Parte 02 da ABNT NBR 16970 ainda define que a análise e o dimensionamento da estrutura e seus elementos devem ser realizados conforme as ABNT NBR 14762 e ABNT NBR 8800.

O item 5 da Parte 02 da ABNT NBR 16970 trata sobre os materiais a serem utilizados nas estruturas. Os aços e materiais de ligação devem estar em conformidade com as tabelas contidas neste item, os aços estruturais com suas respectivas resistências ao escoamento e ruptura estão indicados na tabela na Figura 27, além disso, outras informações são dadas nas ABNT NBR 14762 e ABNT NBR 15253: Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações – Requisitos gerais. Os perfis da estrutura devem ter espessura nominal mínima de 0,80 mm, exceto as ripas, que devem ter espessura nominal mínima de 0,65 mm (ABNT, 2022).

Figura 27: Aços para perfis de estruturas LSF

Especificação	Grau	f_y MPa	f_u MPa
ABNT NBR 7008-3, ABNT NBR 7013, ABNT NBR 14964, ABNT NBR 15578 e ABNT NBR 15253 Chapas finas e bobinas finas com revestimento metálico	ZAR 230	230	310
	ZAR 250	250	400 – 560
	ZAR 280	280	450
	ZAR 320	320	485
	ZAR 345	340	400
	ZAR 400	400	450

Fonte: ABNT NBR 16970-2, 2022.

Os parafusos autobrocantes e autoatarraxantes tem seus valores mínimos de resistência ao escoamento e à ruptura indicados na tabela da Figura 28 (ABNT, 2022).

Figura 28: Parafusos para uso em estruturas LSF

Especificação	f_{yb} MPa	f_{ub} MPa	Diâmetro d_b mm	Comprimento mm
ISO 1478	318 a 340	392 a 401	$4,2 \leq d_b \leq 4,8$	13 para $\Phi = 4,2$
ISO 10666	318 a 340	392 a 401	$4,2 \leq d_b \leq 4,8$	19 para $\Phi = 4,8$

Fonte: ABNT NBR 16970-2, 2022.

As barras e ligações são especificadas na ABNT NBR 14762, além disso para o cálculo de ligações com o uso de parafusos autoatarraxantes são necessários valores encontrados também nesta mesma NBR.

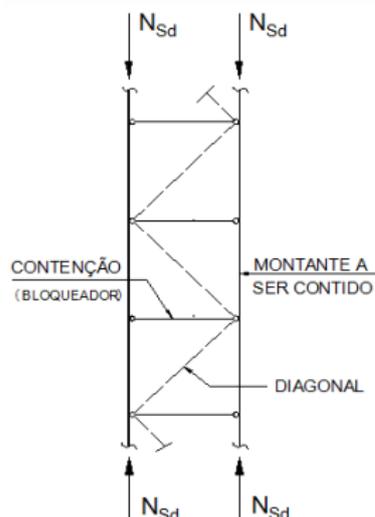
As ancoragens da estrutura nas fundações também são tratadas nesta norma, para a fixação devem ser usadas barras de ancoragem, denominadas chumbadores. Os chumbadores devem ser ancorados na fundação por meio de aderência química ou aderência mecânica (ABNT, 2022).

Na ancoragem com adesivos químicos o fabricante é quem deve informar as resistências de cada conjunto ancoragem-adesivo-concreto, porém ainda assim há necessidade de comprovação destes parâmetros por meio de ensaios. Da mesma forma é analisada a ancoragem mecânica, na qual deve ser prevista a utilização de ancoragem por meio de parafusos fixados diretamente no concreto (ABNT, 2022).

Outro tópico abordado na normativa ABNT NBR 16970 (2022) é a resistência e rigidez das contenções, os requisitos se relacionam aos esforços resistentes de cálculo e às rigidezes mínimas de cálculo que as contenções laterais de montantes ou outros elementos comprimidos e de vigas devem ter para que sejam efetivos. Deste modo, as barras podem ser calculadas considerando o comprimento destravado igual à distância entre os pontos nos quais as contenções estejam presentes.

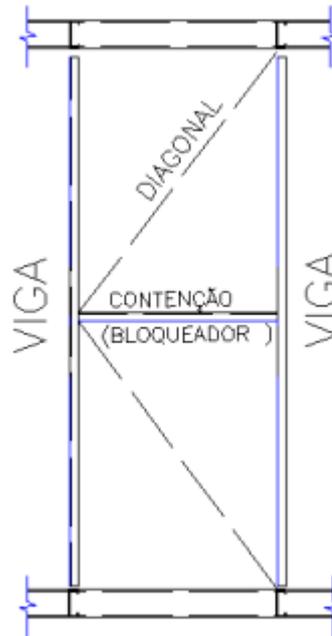
Estas contenções devem ser colocadas perpendiculares ao elemento a ser contido, os esforços e a rigidez de contenções inclinadas ou diagonais devem ser ajustados para o ângulo de inclinação. Os detalhamentos de contenções podem ser observados nas Figura 29 e Figura 30.

Figura 29: Contenção em barras comprimidas



Fonte: ABNT NBR 16970-2, 2022.

Figura 30: Contenção em barras fletidas



Fonte: ABNT NBR 16970-2, 2022.

Os montantes podem ter a contenção em pontos intermediários, ao longo do seu comprimento, por contenções relativas ou nodais. A força resistente de cálculo e a rigidez necessária destas contenções são calculadas por fórmulas apresentadas no item 7.2 da ABNT NBR 16970-2 (2022).

As contenções em vigas servem para evitar o deslocamento relativo das mesas superior e inferior. A estabilidade lateral nestes elementos deve ser proporcionada para impedir o deslocamento lateral, a torção ou uma combinação entre estes dois movimentos. A força resistente e a rigidez de cálculo necessárias das contenções de translação relativas também são calculadas por meio de fórmulas que relacionam o momento fletor solicitante, a distância entre o centro geométricos das mesas e distância entre as contenções (ABNT, 2022).

Nas construções em geral, os deslocamentos máximos apresentam os valores máximos requeridos para situações usuais. Estes deslocamentos são valores práticos que serão utilizados para verificação do estado-limite de serviço de deslocamentos excessivos da estrutura. Para o sistema construtivo *light steel framing* os valores de deslocamentos máximos verticais e horizontais são apresentados na tabela da Figura 31, a norma ainda afirma que o responsável técnico é quem deve decidir qual(is) deslocamento(s), dado(s) os expostos na Figura 32, deve(m) ser comparado(s) com os valores máximos apresentados em tabela e quais os carregamentos (ou parte desses) devem ser considerados no cálculo, levando-se em

conta a sequência de construção. Essa decisão é muito importante e deve ser tomada pelo responsável técnico, evitando problemas durante a execução e posteriormente (ABNT, 2022).

Figura 31: Tabela de deslocamento máximos

Descrição	δ^a
Travessas de fechamento	$L/180^b$
	$L/120^{c, d}$
Terças de cobertura ^g	$L/180^e$
	$L/120^{f, i}$
Vigas de cobertura ^g	$L/250^h$
Sistema de piso	$L/350^h$
Vigas que suportam pilares ou painéis de parede	$L/500^h$
Edifícios:	
— Deslocamento horizontal do topo dos pilares ou painéis de parede em relação à base	$H/400$
— Deslocamento horizontal relativo entre dois pisos consecutivos	$h/500^j$
— Deslocamento horizontal, no meio do painel, em relação às extremidades	$h/300$
<p>^a L é o vão teórico entre os apoios ou o dobro do comprimento teórico do balanço, H é a altura total do pilar (distância do topo à base) ou a distância do nível da viga de rolamento à base, h é a altura do andar (distância entre os centros das vigas de dois pisos consecutivos ou entre os centros das vigas e a base, no caso do primeiro andar).</p> <p>^b Deslocamento paralelo ao plano do fechamento (entre linhas de tirantes, caso estes existam).</p> <p>^c Deslocamento perpendicular ao plano do fechamento.</p> <p>^d Considerar apenas as ações variáveis perpendiculares ao plano de fechamento (vento no fechamento), com seu valor característico.</p> <p>^e Considerar combinações raras de serviço, utilizando-se as ações variáveis de mesmo sentido que o da ação permanente.</p> <p>^f Considerar apenas as ações variáveis de sentido oposto ao da ação permanente (vento de sucção), com seu valor característico.</p> <p>^g Evitar a ocorrência de empoçamento, com atenção especial aos telhados de pequena declividade.</p> <p>^h Caso haja paredes de alvenaria sobre ou sob uma viga, solidarizadas com essa viga, o deslocamento vertical também não pode exceder 15 mm.</p> <p>ⁱ Considerar combinações raras de serviço.</p> <p>^j Levantar em conta apenas o deslocamento provocado pelas forças cortantes no andar considerado, desprezando-se os deslocamentos de corpo rígido provocados pelas deformações axiais dos pilares e vigas.</p>	

Fonte: ABNT NBR 16970-2, 2022.

Figura 32: Deslocamentos verticais



Fonte: ABNT NBR 16970-2, 2022.

Em relação a deslocamentos horizontais e estabilidade lateral, é recomendado por norma que as edificações em LSF sejam analisadas por métodos

de segunda ordem rigorosa, conforme classificação na ABNT NBR 8800 (ABNT, 2022).

4.2.2 Projeto

A etapa de Projeto no sistema construtivo *Light Steel Framing* possui muita relevância já que a compatibilização entre todas as etapas e os diferentes tipos de projetos representam um grande ganho para este método industrializado. Desta forma, alguns parâmetros que possuem relação com a fase de Projeto são citados na Parte 01 e Parte 02 da norma brasileira ABNT NBR 16970.

4.2.2.1 ABNT NBR 16970 – Parte 01: Desempenho

A Parte 01 da NBR 16970 que trata sobre desempenho traz alguns aspectos importantes para a concepção e realização de projetos no sistema LSF.

O item 5.3 aborda os componentes de fechamento e revestimento da vedação vertical e trata especificamente sobre as chapas utilizadas. As primeiras a serem citadas são as chapas de fibrocimento sem amianto, que são usadas nas vedações verticais internas e externas do sistema construtivo e devem atender a requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 15498: Chapas cimentícias reforçadas com fios, fibras, filamentos ou telas – Requisitos e métodos de ensaio (2021), de acordo com a tabela da Figura 33 presente na norma ABNT NBR 16970 (2022).

Figura 33: Tabela de requisitos mínimos para chapas de fibrocimento

Especificação	Requisito			Normas
	Categoria	CLASSE A e B (condição saturada)	CLASSE C (condição ambiente)	
Resistência mecânica mínima (Resistência à tração na flexão em MPa) (1)	1	----	4	ABNT NBR 15498
	2	4	7	
	3	7	10	
	4	13	18	
	5	18	24	
Permeabilidade à água	No ensaio, podem aparecer traços de umidade na face inferior das placas, mas em nenhum caso deve haver formação de gotas de água nessa face. Isto não se aplica às placas com acabamento ou revestidas.			ABNT NBR 15498
Ensaio de resistência mecânica após envelhecimento acelerado por imersão e secagem	Nas placas ensaiadas conforme a norma de referência, o limite Li do resultado médio indicado deve ser superior a 0,70			ABNT NBR 15498
Ensaio de resistência mecânica após envelhecimento acelerado por água quente	Nas placas ensaiadas conforme a norma de referência, o limite Li do resultado médio indicado deve ser superior a 0,70			ABNT NBR 15498
Variação dimensional por imersão e secagem	Para juntas invisíveis em revestimentos aderidos, os valores de variação dimensional devem ser no máximo 2,5 mm/m. Para junta visível e revestimentos não aderidos, os valores de variação dimensional devem ser informados pelo fabricante nas especificações do produto, bem como a forma de instalação.			----
<p>NOTA As chapas categoria A são indicadas para aplicações externas, sujeitas à ação direta das intempéries, como sol, chuva, congelamento ou neve. As chapas categoria B são indicadas para aplicações externas, não expostas à ação direta de intempéries, podendo ficar expostas à umidade, calor e eventual congelamento. As chapas categoria C são indicadas para aplicações internas, como paredes internas, pisos, forros e substratos, podendo ficar exposta ao calor e à umidade, mas não a congelamento.</p>				

Fonte: ABNT NBR 16970 -1, 2022.

As chapas de gesso para *drywall*, que são fabricadas industrialmente mediante um processo de laminação contínua de uma mistura de gesso, água e aditivos entre duas lâminas de papel-cartão, devem estar em conformidade com a ABNT NBR 14715-1: Chapas de gesso para *drywall* – Parte 1: Requisitos, e a montagem e tratamento das juntas deve seguir as diretrizes da ABNT NBR 15758-1: Sistemas construtivos em chapas de gesso para *drywall* – Projeto e procedimentos executivos para montagem – Parte 1: Requisitos para sistemas usados como paredes (ABNT, 2022).

Já para as chapas de gesso revestidas com fibra de vidro, a norma de LSF apresenta uma tabela própria com os requisitos mínimos e parâmetros que devem ser seguidos, que pode ser observada na Figura 34.

Figura 34: Tabela de requisitos mínimos das chapas de gesso revestidas com fibra de vidro

Especificação	Requisito			Normas com métodos de ensaio
	Característica geométrica	Tolerâncias	Limite	
Caracterização dimensional	Espessura	± 0,5 mm	-	EN 15283
	Largura	+ 0 mm - 4 mm	Máximo de 1 200 mm	
	Comprimento	+ 0 mm - 5 mm	Máximo de 3 600 mm	
	Esquadro	≤ 2,5 mm	-	
Resistência mecânica mínima (Resistência à tração na flexão em MPa) – Estado de equilíbrio	Espessura (mm)	Transversal	Longitudinal	EN 12467
	t	$\frac{29,4}{t}$	$\frac{75,3}{t}$	
Resistência mecânica mínima (Resistência à tração na flexão em MPa) – Estado saturado	Espessura (mm)	Transversal	Longitudinal	EN 12467
	t	$\frac{20,6}{t}$	$\frac{52,7}{t}$	
Ensaio de resistência mecânica após envelhecimento acelerado por imersão e secagem – 50 ciclos	Nas chapas ensaiadas conforme a norma de referência, o limite Li do resultado médio indicado deve ser superior a 0.7 (comparação feita entre placas envelhecidas e placas saturadas antes do envelhecimento).			EN 12467
	A resistência mecânica das amostras envelhecidas (após 50 ciclos) é obtida após condicionamento em laboratório por sete dias (estado de equilíbrio após o envelhecimento).			
Dureza	O diâmetro máximo da depressão deve ser inferior a 15 mm.			EN 15283
Variação dimensional por efeitos higrotérmicos	A variação dimensional deve ser indicada pelo fabricante do produto de acordo com a norma de referência.			EN 12467
Absorção de água	A absorção de água pela placa deve ser inferior a 5 %.			EN 15283, de acordo com 5.8
Permeabilidade ao vapor de água	O fator de resistência ao vapor de água do material (valor μ) deve ser fornecido pelo fabricante, conforme norma de referência.			ISO 12572 (método dissecante)
Combustibilidade	Classe I (Incombustível)			ISO 1182
As chapas de gesso com reforço em fibra de vidro devem sempre ser especificadas com o uso de algum tipo de revestimento. O uso da chapa aparente, sem revestimentos, é por tempo limitado, a ser indicado pelo fabricante.				

As chapas de OSB, utilizadas no LSF para vedações verticais internas e externas, podem ser do tipo natural, que deve receber acabamento posterior, ou revestida. Estas chapas devem seguir especificações da norma europeia EN 300: *Oriented strand boards (OSB). Definitions, classification and specifications* e da norma CSA O325-16: *Construction Sheathing* para serem classificadas mecanicamente, porém a resistência ao ataque de cupins subterrâneos deve seguir a norma ASTM D 3345-17: *Standard test method for laboratory evaluation of wood and other cellulosic materials for resistance to termites* e ser igual ou superior ao grau 7. Os requisitos mínimos estão organizados nas tabelas presentes nas Figura 35 e Figura 36, respectivamente, apresentadas na ABNT NBR 16970-1 (2022).

Figura 35: Tabela de requisitos mínimos para chapas de OSB

Especificação	Requisitos mínimos			Método de ensaio
	(6 a 10) mm	(10 < t < 18) mm	(18 a 25) mm	
Índices de umidade	(2 a 12) %			EN 300 CSA O325-16
IB	0,21 N/mm ²			
Resistência à flexão na direção longitudinal (EI)	≥ 4 000 N/mm ²	≥ 3 500 N/mm ²	≥ 4 000 N/mm ²	
Resistência à flexão na direção longitudinal (MOE)				
Resistência à flexão na direção transversal (EI)	≥ 1 100 N/mm ²	≥ 800 N/mm ²	≥ 1 500 N/mm ²	
Resistência à flexão na direção transversal (MOE)				
Resistência à flexão na direção longitudinal (MM)	22 N/mm ²	20 N/mm ²	18 N/mm ²	
Resistência à flexão na direção longitudinal (MOR)				
Resistência à flexão na direção transversal (MM)	11 N/mm ²	10 N/mm ²	9 N/mm ²	
Inchamento da chapa (espessura)	< 20 %			
Carga concentrada	≥ 1 780 N	≥ 1 780 N	≥ 1 780 N	
Deflexão para 890 N	≤ 11,1 mm	≤ 12,7 mm	≤ 12,7 mm	
Impacto	≥ 1 330 N	≥ 1 330 N	≥ 1 330 N	
D4	≥ 310 N-mm/mm	≥ 350 N-mm/mm	≥ 600 N-mm/mm	
Expansão linear longitudinal	0,50 %			
Expansão linear transversal	0,50 %			
Resistência ao ataque de cupins de madeira seca	Grau ≤ 1			ASTM D 3345-17
Resistência ao ataque de cupins subterrâneos	Grau ≥ 7			ASTM D 3345-17
Fungos emboloradores e apodrecedores	Perda de massa ≤ 24 %			ASTM 2017-05
Fungos emboloradores e apodrecedores devem ser prevenidos de acordo com a ABNT NBR 16143. NOTA As placas OSB podem ser usadas de acordo com seu grau de graduação e exposição estrutural, como especificado nas CSA O325-16 e EN 300.				

Fonte: ABNT NBR 16970-1, 2022.

Figura 36: Tabela de requisitos mínimos para chapas de OSB com acabamento na face externa

Especificação	Requisitos mínimos			Método de ensaio
	(6 a 10) mm	(10 < t < 18) mm	(18 a 25) mm	
Índice de umidade	(2 a 12) %			EN 300
Tensão à flexão de maior eixo	22 N/mm ²	20 N/mm ²	18 N/mm ²	
Tensão à flexão de menor eixo	11 N/mm ²	10 N/mm ²	9 N/mm ²	
Inchamento da chapa (espessura)	15 %			ASTM D 3345-17
Resistência ao ataque subterrâneo de cupins	Grau > = 7			
NOTA As chapas de OSB são classificadas como Categoria 2 (face interna) e como Categoria 3 (face externa) – Paredes e telhado (subcobertura) – para aplicações sem contato com o solo ou fundações, face interna protegidas das intempéries e das fontes internas de umidade, face externa sujeita a intempéries, conforme a ABNT NBR 16143.				

Fonte: ABNT NBR 16970-1, 2022.

As chapas de compensado, que são chapas derivadas de madeira feita de finas placas de entalhos coladas umas nas outras, também são utilizadas como componentes de vedação vertical e possuem suas especificações em Tabela da ABNT NBR 16970-1 (2022), mostrada na Figura 37.

Figura 37: Tabela de requisitos mínimos para painel de compensado estrutural fenólico

Especificação	Valor característico do compensado		Método de ensaio
	(9 a 12) mm	(18 a 25) mm	
Índices de umidade	< 18 %		PS1 EN 1058 EN 789
Resistência à flexão no sentido longitudinal	> 18 N/mm ²	> 15 N/mm ²	
Resistência à flexão no sentido transversal	> 10 N/mm ²	> 10 N/mm ²	
Inchamento da chapa (espessura)	Menor do que 10 %		ABNT NBR 16143
Resistência ao ataque de cupins	Painel de compensado estrutural fenólico		
Fornecedor deve comprovar atendimento aos requisitos da Tabela 9 por meio de laudo de ensaio do produto fornecido.			

Fonte: ABNT NBR 16970-1, 2022.

Os *sidings* são utilizados nos revestimentos de vedações verticais internas e externas do sistema construtivo *light steel framing*, e devem assegurar a qualidade dessas vedações e contribuir para o atendimento aos requisitos de desempenho estabelecidos por norma. Os cimentícios devem atender aos parâmetros da ABNT NBR 15498, já os de PVC possuem requisitos estabelecidos pela normativa própria do método construtivo LSF, que podem ser observados na tabela da Figura 38 (ABNT, 2022).

Figura 38: Tabela de requisitos mínimos para revestimentos de PVC

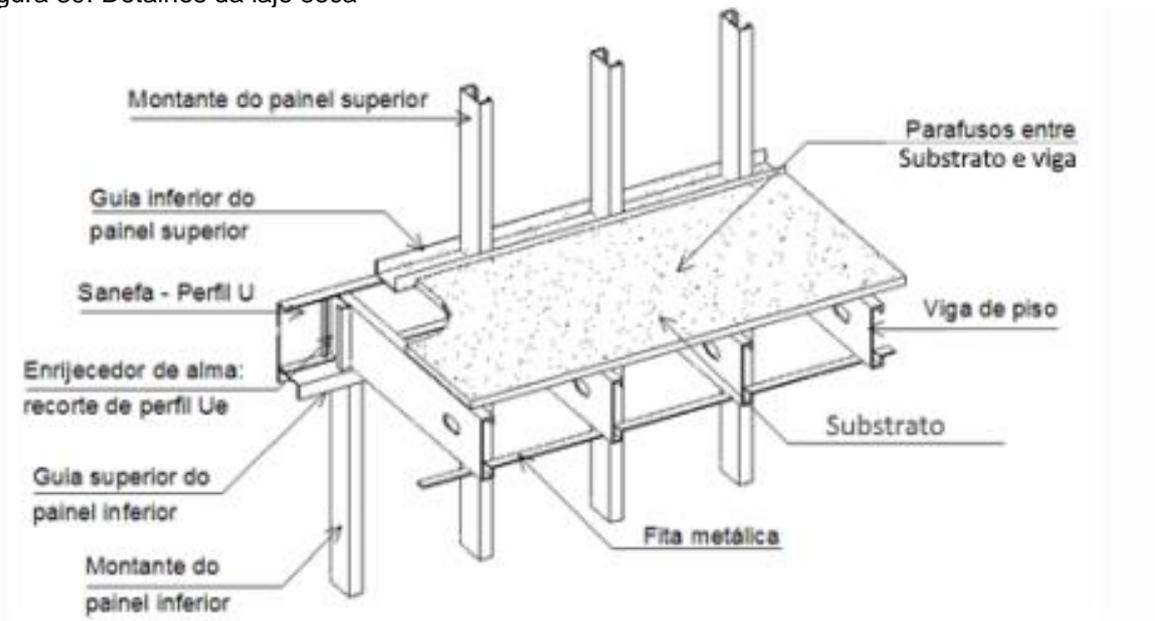
Especificação	Requisito	Métodos de ensaio
Resistência do PVC aos raios ultravioletas (exposição de placas em câmara de CUV-UVB)	2 000 h em câmara CUV, com lâmpada de UVB	ABNT NBR 15380
Módulo de elasticidade na flexão (antes e após CUV)	$R_{\text{após envelhecimento}} \geq 0,70 R_{\text{inicial}}$	ASTM D 790-10
Resistência ao impacto: realizar ensaio de impacto Charpy ou ensaio de impacto na tração (antes e após exposição em câmara de CUV)	$R_{\text{após envelhecimento}} \geq 0,70 R_{\text{inicial}}$	ISO 179-1 ISO 527-1 ISO 527-2
Aspecto visual após ensaio de envelhecimento acelerado	As duas faces do corpo de prova devem ser avaliadas:	ABNT NBR 15380
	Sem bolhas, sem fissuras, ou escamações, após exposição de 2 000 h em câmara de CUV, com avaliação a 500 h, 1 000 h, 1 500 h e 2 000h.	

Fonte: ABNT NBR 16970-1, 2022.

Os *siding* OSB seguem os mesmos requisitos já mostrados na Figura 36.

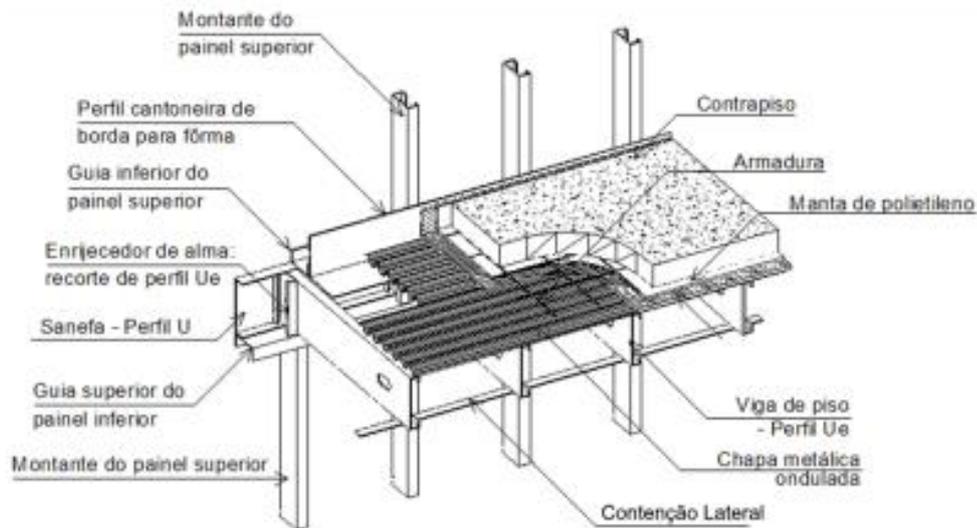
Os componentes de fechamento de vedação horizontal da edificação são os sistemas de piso, que podem ser constituídos tanto por uma laje seca ou por elementos de concreto. A laje seca é constituída por componentes estruturais e base de piso, sem utilizar camada de concreto, e está representada na Figura 39. Já a laje úmida é também um elemento utilizado no sistema de piso do sistema construtivo LSF, porém possui um contrapiso de concreto e uma armadura, além da colocação de uma manta de polietileno conforme Figura 40 (ABNT, 2022).

Figura 39: Detalhes da laje seca



Fonte: ABNT NBR 16970-2, 2022.

Figura 40: Detalhes da laje úmida



Fonte: ABNT NBR 16970-2, 2022.

A Parte 01 da norma, que trata sobre os elementos de vedação horizontal, contempla os componentes que constituem as lajes secas utilizadas nos sistemas de piso do LSF, compostas por elementos estruturais e chapas que constituem a base de pisos e forros. As chapas de fibrocimento e *drywall* devem seguir as mesmas normativas respectivas já citadas quando se trata de vedações verticais. As de OSB horizontais também seguem as normas ASTM D 3345-17 e EN 300, porém caso sejam utilizadas em áreas molhadas, é necessário que se as chapas sejam resistentes a fungos apodrecedores e emboloradores, e que seja realizado um sistema de impermeabilização que impeça qualquer passagem de água ou umidade à chapa (ABNT, 2022).

Em relação aos isolantes, estes podem ser utilizados nos sistemas de vedações verticais internas e externas, de piso e de cobertura. Possuem como função contribuir para os desempenhos térmicos e acústicos e também para a durabilidade da edificação. A norma cita 5 tipos de isolantes, sendo eles a banda acústica, EPS e XPS, lã de PET, lã de vidro e lã de rocha, cada um deles possui uma atuação específica, mas o objetivo de utilização é o mesmo. O único elemento destes citados que não possui tabela de requisitos mínimos na própria norma é a lã de rocha, um isolante térmico e acústico que deve atender ao que o foi determinado na ABNT NBR 11364: Painéis termoisolantes à base de lã de rocha – Especificação (ABNT, 2022).

É importante que o projetista esteja atento a todos esses elementos citados, seus requisitos básicos e principalmente suas funções e formas de utilização, dessa

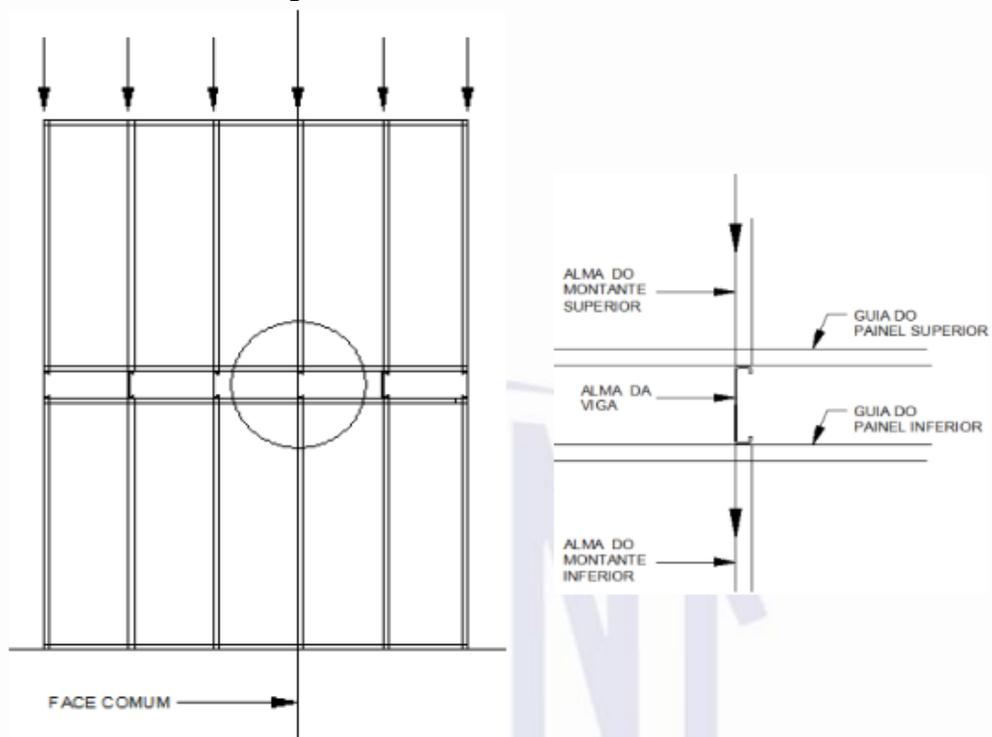
forma garantindo a qualidade da edificação e o correto funcionamento do sistema construtivo *light steel framing*, assegurando qualidade e durabilidade (ABNT, 2022).

4.2.2.2 ABNT NBR 16970 – Parte 02: Projeto Estrutural

A Parte 02 da normativa de LSF trata especificamente sobre Projeto Estrutural, estabelece requisitos gerais para projeto e dimensionamento das estruturas de aço que integram o sistema, baseando-se no método dos estados-limites presentes também na ABNT NBR 14762.

Para poder realizar este projeto é necessário primeiramente definir a estrutura do sistema, que é caracterizada por ser constituída por perfis ou barras esbeltas de aço revestido, dispostos em uma modulação submúltipla das dimensões das placas que fazem o fechamento da estrutura, formando painéis que têm comportamento estrutural. Estes painéis, então, são submetidos às ações gravitacionais, à ação do vento e à ação de sismos, quando for o caso. Vale salientar que os montantes dos painéis do pavimento superior devem estar alinhados com os montantes dos painéis do pavimento inferior, com as vigas de entrespos e com a estrutura do telhado, fator que define o termo *in-line framing* e está representado na Figura 41 (ABNT, 2022).

Figura 41: Conceito *in-line framing*

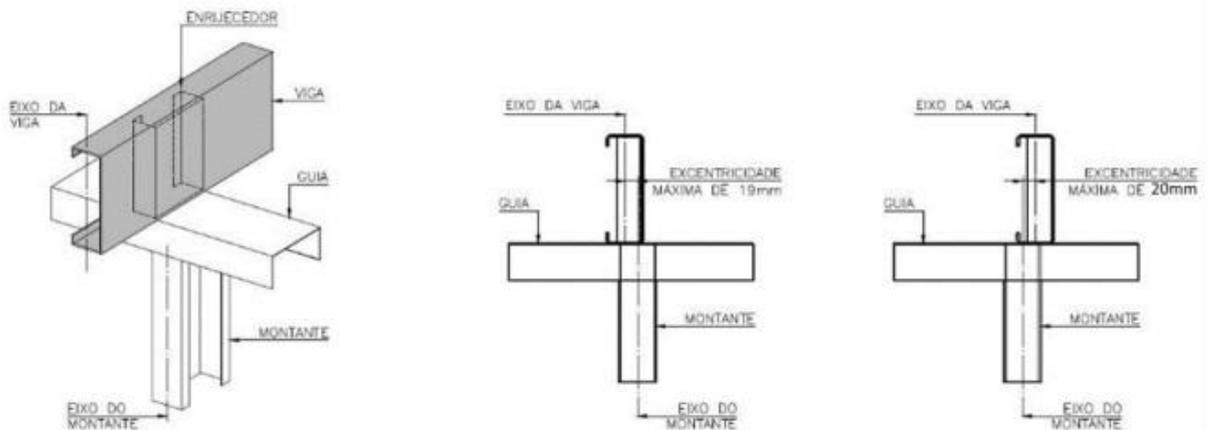


Fonte: ABNT NBR 16970-2, 2022.

As excentricidades máximas a serem toleradas também são de extrema importância no projeto em estruturas de aço, já que não podem ocorrer

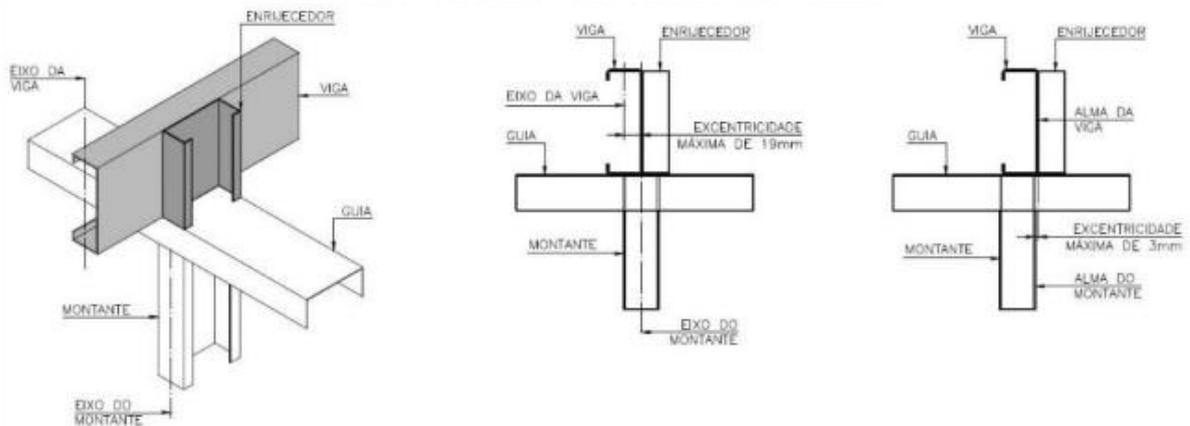
desalinhamentos entre perfis que estejam em uma mesma prumada, a menos que haja vigas de transição entre os perfis, e devem estar orientados para a mesma direção. Na fase construtiva podem surgir pequenas excentricidades toleráveis, que possuem valores limites dependendo de como está o enrijecedor de alma. Se ele for interno à viga, como representado na Figura 42, a excentricidade máxima entre o eixo da alma da viga e da alma do montante não pode exceder 20 mm. Já se estiver externo à viga, como na Figura 43, a excentricidade máxima entre os eixos da alma da viga e da alma do montante deve ser de 20 mm e a excentricidade máxima entre a alma da viga e o montante deve ser de 3 mm (ABNT, 2022).

Figura 42: Excentricidade entre viga e montante com enrijecedor interno à viga



Fonte: ABNT NBR 16970-2, 2022.

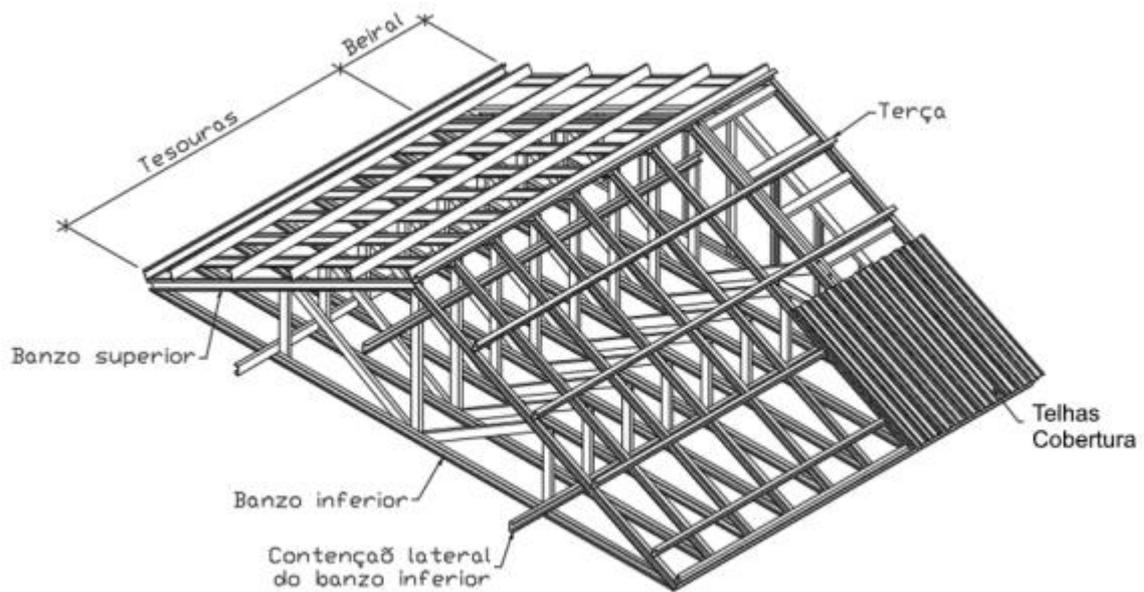
Figura 43: Excentricidade entre viga e montante com enrijecedor externo à viga



Fonte: ABNT NBR 16970-2, 2022.

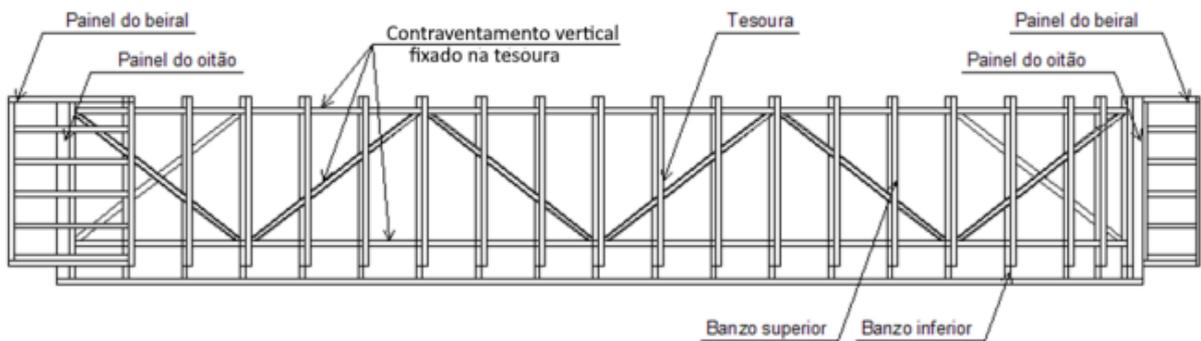
A cobertura da edificação em *light steel framing* também é parte importante da etapa de projeto, sua estrutura é formada por diferentes elementos e a conceituação destes é também apresentada na norma ABNT NBR 16970 (2022), detalhando a estrutura, os elementos e sua montagem, conforme Figura 44 e Figura 45.

Figura 44: Esquema da estrutura dos elementos estruturais da cobertura



Fonte: ABNT NBR 16970-2, 2022.

Figura 45: Esquema dos elementos estruturais da cobertura



Fonte: ABNT NBR 16970-2, 2022.

Segundo a norma brasileira de LSF, o projeto é definido como o conjunto de especificações, cálculos estruturais, desenhos de projeto, de fabricação e de montagem dos componentes de aço. As estruturas devem ser concebidas, calculadas e detalhadas de modo a atender aos requisitos de construtibilidade, segurança e utilização, e devem ser atendidas todas as combinações de ações suscetíveis de ocorrer durante a construção e uso, respeitados os estados-limites últimos e os estados-limites de serviço, requeridos pela norma ABNT NBR 14762.

O memorial do cálculo do projeto, segundo a ABNT NBR 16970 (2022), deve conter no mínimo os seguintes itens: descrição do arranjo global tridimensional da estrutura, propriedades dos materiais, ações e condições de carregamento admitidas, esquemas adotados na análise dos elementos estruturais e identificação de suas peças, análise estrutural, dimensionamento e detalhamento esquemático das peças

estruturais, dimensionamento e detalhamento esquemático das emendas, uniões e ligações, programa computacional usado e sua versão e se foram usadas planilhas de cálculo ou programas não comerciais.

Os desenhos de projetos são extremamente importantes para a correta execução da edificação, contabilização de materiais e diminuição de ocorrência de erros e imprevistos. No caso de projetos estruturais, estes devem conter os tipos de aço a serem utilizados e devem ser usadas as mesmas identificações no desenho e memorial de cálculo para os componentes (ABNT, 2022).

Segundo a norma ABNT NBR 16970 (2022), o mínimo que os desenhos de projeto devem conter são os seguintes elementos: locação dos apoios dos painéis da base com indicação das ações para o projeto de fundação, preferencialmente separados por estados de ações; plantas baixas de cada pavimento, com desenhos de implantação de vigas de cada entrepiso; vista superior do telhado com identificação da estrutura principal (tesouras ou vigas) e da estrutura secundária (terçamento e contraventamento); vistas laterais e/ou cortes da estrutura e detalhes de fechamento; desenho dos painéis que formam cada pavimento, apresentando cada um de seus componentes; detalhes das ligações calculadas da ancoragem da estrutura na fundação, ligação entre as peças identificando os parafusos, diâmetro e número de parafusos e respectivos afastamentos entre eles e emendas e reforços de perfis e nós típicos das treliças.

O último item da Parte 02 da ABNT NBR 16970 (2022) trata de vibrações em pisos, fator relevante já que as estruturas de pisos com pouca massa e amortecimento reduzido podem estar sujeitas a vibrações que causem desconforto durante as atividades humanas normais ou que causem prejuízo ao funcionamento de equipamentos. Esse tópico da norma discorre sobre princípios básicos necessários para realizar análises dinâmicas de estruturas de pisos que suportam lajes secas ou úmidas, submetidas a ações induzidas por pessoas ou multidões, desconsiderando outros tipos de vibrações.

No momento da concepção e idealização do projeto, é necessário analisar qual será o tipo do piso a ser utilizado. Em pisos com geometria regular e carregamento que possa considerado uniformemente distribuído à excitação provocada pelo caminhar das pessoas, o método simplificado é utilizado para avaliação. Já em pisos com geometria e carregamentos mais complexos ou sujeitos

a outros tipos de excitação, como excitações rítmicas oriundas de atividades aeróbicas, é necessária uma avaliação mais precisa e detalhada (ABNT, 2022).

O procedimento simplificado de análise, que vale para pisos com frequência fundamental entre 3 Hz e 9Hz, compreende as etapas: avaliação da frequência fundamental, avaliação da massa modal do piso, obtenção de resposta com base na avaliação da razão de amortecimento crítico do piso apresentada em tabela e comparação com os critérios de aceitabilidade (ABNT, 2022).

Os critérios de aceitabilidade representam valores que permitem classificar a estrutura do piso como adequada, para isto, ela precisa estar dentro dos parâmetros do estado-limite de conforto dos usuários, e a resposta da estrutura, medida em termos de aceleração de pico ou do valor eficaz da aceleração, ser igual ou inferior aos valores apresentados na tabela da Figura 46, relativos a ocupação do piso (ABNT, 2022).

Figura 46: Critérios de aceitabilidade

Ocupação	Aceleração de pico-limite m/s ²	Fator de resposta-limite
Escritórios	0,050	8
Escolas ^a	0,050	8
Área de circulação de público de centros comerciais (<i>mall</i>), de aeroportos, de rodoviárias e assemelhados	0,150	24
Centros comerciais e lojas em geral	0,050	8
Residências e hotéis	0,050	8
Hospitais – salas de atendimento, internação e apartamentos	0,025 a 0,050 ^b	4 a 8 ^b
Ocupação	Aceleração de pico-limite m/s ²	Fator de resposta-limite
Hospitais – salas de cirurgia e laboratórios ^c	0,006 a 0,012 ^d	1 a 2 ^d
^a Salas de aula e áreas comuns. ^b A ser avaliado conforme a sensibilidade dos pacientes. Em locais onde são internados pacientes cuja condição ou tratamento conduz a uma maior sensibilidade a movimentos, utilizar o menor valor-limite. ^c Salas de cirurgia e laboratórios convencionais. Em outras situações, como centros cirúrgicos especializados ou com equipamentos eletrônicos sensíveis e laboratórios de alta precisão. ^d A ser avaliado conforme o tipo de cirurgia e exames. Em salas de cirurgia e laboratórios onde são realizados procedimentos que requerem maior precisão, utilizar o menor valor-limite		

Fonte: ABNT NBR 16970-2, 2022.

A Parte 02 da ABNT NBR 16970 (2022), denominada de projeto estrutural, apresenta importantes informações e parâmetros a serem levados em consideração no momento da idealização da estrutura, garantindo sua segurança, durabilidade e sucesso na execução.

4.2.3 Execução

A correta execução de edificações em *Light Steel Framing* é de extrema importância pois para chegar nesta etapa as estruturas já foram dimensionadas e o projeto realizado. Todo o processo até este momento foi cuidadosamente calculado e com alto controle de qualidade, já que a concepção dos elementos estruturais utilizados é feita de forma industrial.

Para evitar quaisquer problemas nesta fase alguns cuidados devem ser tomados, como o controle da qualidade da montagem do sistema, que é de responsabilidade da construtora que o fornece; as ligações entre perfis e juntas entre placas de vedação de paredes; a queda dos materiais e o revestimento metálico de proteção dos perfis que deve ser de acordo com a agressividade do ambiente onde será empregado o sistema construtivo (Librelotto; Ferroli, [s.d.]).

Por este motivo, a norma ABNT NBR 16970 traz exigências para os elementos estruturais no momento da execução da edificação.

4.2.3.1 ABNT NBR 16970 – Parte 01: Desempenho

O item 5.2.2 traz informações sobre os elementos de fixação, ancoragens e seus suportes, que devem ser executados corretamente e atender aos requisitos estipulados para garantir segurança e estabilidade à edificação (ABNT, 2022).

Os fixadores são utilizados no sistema LSF para unir diferentes elementos construtivos, como perfis estruturais, vedações, subcoberturas, montagens elétricas e hidráulicas, esquadrias e demais componentes para acabamento e revestimento internos e externos. Devem assegurar união dos perfis e demais substratos a serem montados sem sofrer deformações e rupturas. Os fixadores normalmente possuem como material base o aço-baixo carbono, cementado e temperado e os tipos de parafusos e sua aplicação estão apresentados na tabela da Figura 47 e Figura 48. Porém, se o material for galvanizado por imersão a quente, devem ser seguidos os requisitos da ABNT NBR 6323: Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido – Especificações (2016) (ABNT, 2022).

Figura 47: Tabela de tipos de parafusos e sua aplicação

Tipo de parafuso	Aplicação
Cabeça flangeada com ponta de broca  Cabeça sextavada com ponta de broca 	Parafusos aplicados entre perfis metálicos LSF de espessura igual ou superior a 0,80 mm
Cabeça flangeada com ponta de agulha 	Parafusos aplicados entre perfis metálicos LSF pré-furados de espessura igual ou superior a 0 80 mm
Cabeça chata dentada com ponta de broca e asas ou aletas 	Parafusos para fixação das vedações externas ou internas de alguns tipos de chapas de fibrocimento ^a em perfil de aço
Cabeça chata escariante com ponta de broca sem asas ou aletas 	Parafusos para fixação das vedações externas ou internas (OSB, cimentícia ^a) em perfil de aço
Cabeça trombeta com ponta de broca 	Parafusos para fixação das chapas <i>drywall</i> em perfil de aço
Cabeça chata dentada de rosca dupla (HI-LO) com ponta agulha  	Parafusos para fixação de chapa cimentícia ^a somente sobre a chapa OSB
Cabeça trombeta de rosca grossa com ponta agulha 	Parafusos para fixação de chapa <i>Drywall</i> foram desenvolvido para a aplicação em perfis de madeira
Cabeça sextavada flangeada com arruela de vedação fixa ou móvel, e ponta de broca 	Parafusos aplicados para fixação de telhas metálicas à estrutura da subcobertura.

Fonte: ABNT NBR 16970-1, 2022.

Figura 48: Continuação da tabela de tipos de parafusos e sua aplicação

Tipo de parafuso	Aplicação
Conjunto de haste com porca e arruela de vedação 	Parafusos para fixação de telhas de fibrocimento ou PVC à estrutura da subcobertura ^{a b}
Cabeça sextavada flangeada com arruela de vedação 	Parafusos para fixação de telhas de fibrocimento à estrutura da subcobertura ^a
Cabeça chata dentada com ponta de broca e asas/aletas 	Parafusos para fixação horizontal de painel composto para pisos ^{b c}
Tipo de prego	Aplicação
Pregão liso ou anelado com cabeça chata  	Fixação de telhas tipo <i>Shingle</i> nas chapas OSB fixadas à subcobertura.
^a Verificar a indicação do fabricante da chapa. ^b Resistência à torção, conforme a BS EN 14566. ^c Para fixação em paredes e lajes de concreto, pode-se utilizar bucha e parafuso para montagem, desde que estes atendam aos critérios dos fixadores para o sistema <i>light steel framing</i> .	

Fonte: ABNT NBR 16970-1, 2022.

Os parafusos e chumbadores devem ter um tempo mínimo de corrosão, considerando ensaio conforme ABNT NBR 8094: Material metálico revestido e não revestido – Corrosão por exposição à névoa salina, os requisitos mínimos estão contidos na tabela da Figura 49 (ABNT, 2022).

Figura 49: Requisitos para elementos de fixação

Aplicação de parafusos	Tempo mínimo de corrosão (ensaio de névoa salina, conforme a ABNT NBR 8094)	Poder de perfuração - ISO 10666	Resistência à torção - ISO 10666
Fixação das chapas internas de fechamento aos quadros reticulados	96 h	Ponta de agulha ≤ 1 s Ponta de broca ≤ 4 s	$\geq 4,7$ N m
Entre perfis metálicos para a fixação dos quadros estruturais	240 h		
Fixação das chapas externas aos quadros estruturais	480 h ^a 720 h ^b		
Chumbadores	240 h	-	-
^a Para ambientes urbanos e rurais. ^b Para ambientes marinhos, aqueles distantes da orla marinha até 2 000 m ou com qualquer concentração de cloreto (Cl-) medidas, conforme a ABNT NBR 6211			

Fonte: ABNT NBR 16970-1, 2022.

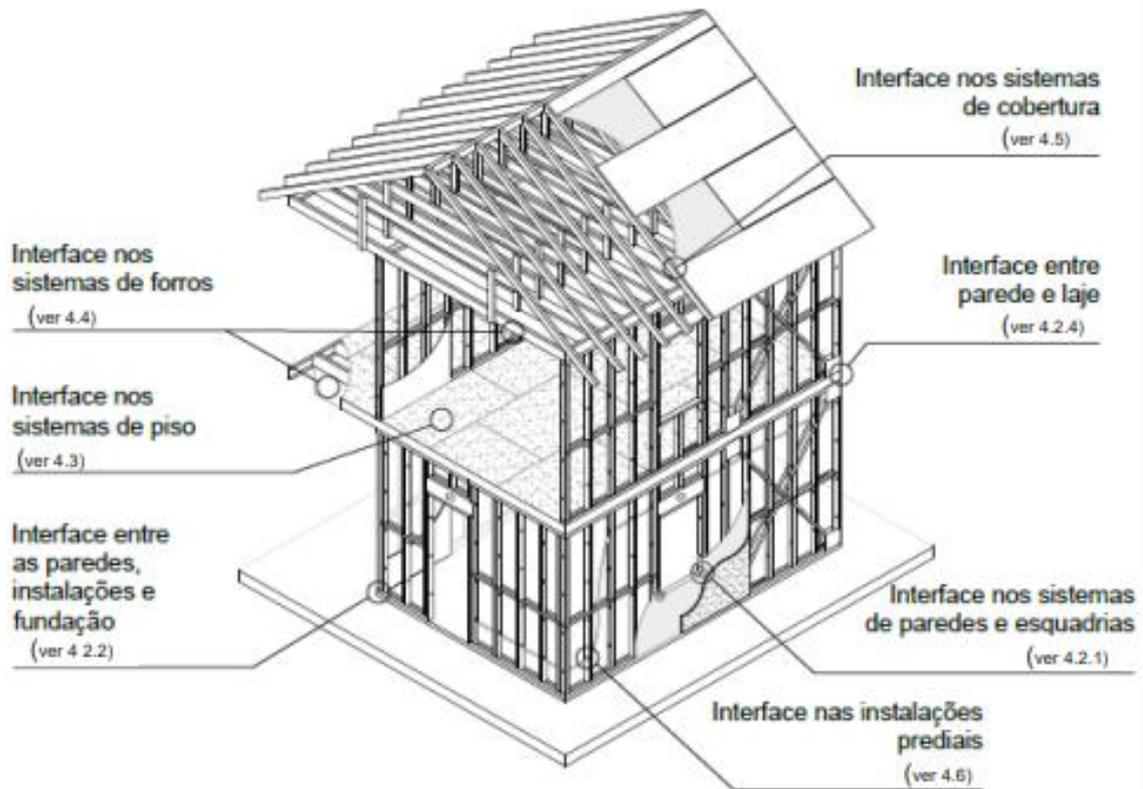
Na etapa de execução deve-se conferir maior importância a estes elementos, evitando a utilização de fixadores, ancoragens e suportes inadequados, inseguros e instalados de forma errônea ao sistema.

4.2.3.2 ABNT NBR 16970 – Parte 03: Interface entre sistemas

A Parte 03 da norma brasileira de *Light Steel Framing* trata sobre interfaces entre sistemas, estabelece requisitos e detalhes construtivos para a compatibilização de sistemas como paredes e pisos, externos e internos, paredes e esquadrias, paredes e instalações, entre outros.

Para garantir o bom desempenho e durabilidade da edificação, é importante que diferentes elementos sejam conectados corretamente e que a execução obedeça a detalhes construtivos, respeitando as interfaces existentes conforme indicado na Figura 50.

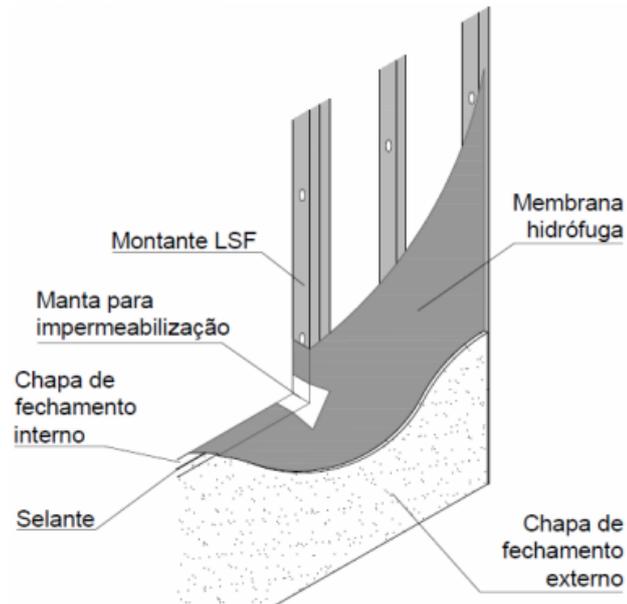
Figura 50: Interface entre sistemas



Fonte: ABNT NBR 16970-3, 2022.

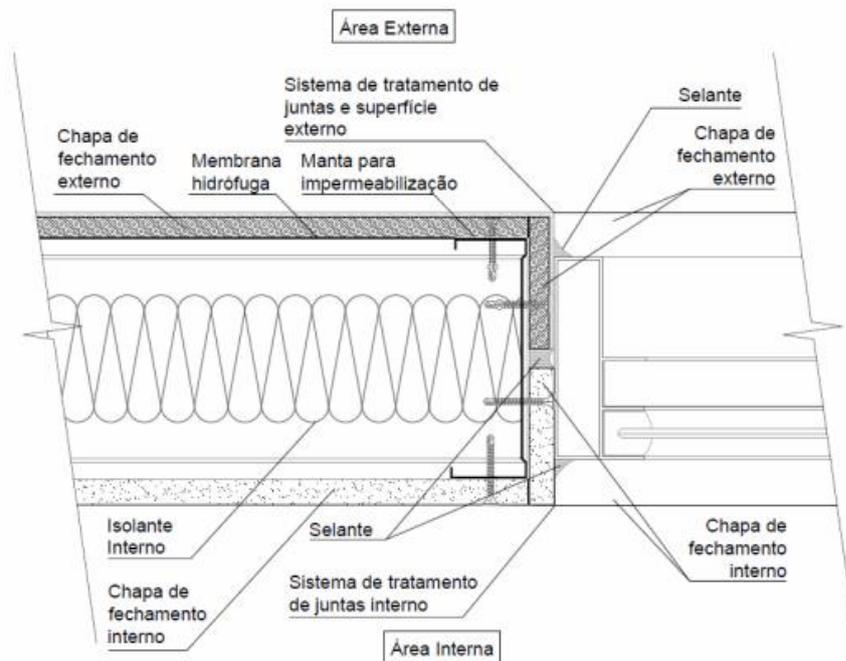
A primeira interface a ser citada na ABNT NBR 16970 é a entre paredes e esquadrias, neste item são descritos itens que devem ser seguidos para que o projeto assegure o vão para fixação das esquadrias, e são eles: determinar as dimensões do vão, prevendo a soma das dimensões da esquadria, adicionando as espessuras dos revestimentos e chapas do requadro; envelopar o vão com o uso de materiais específicos que garantam a vedação completa do sistema conforme indicado na Figura 51; evitar o contato direto entre as chapas de vedação externa e as chapas de uso interno, utilizando um cordão de polietileno, selante acrílico ou outro elemento que impeça a transferência de umidade entre as chapas, como mostra na Figura 52; prever inclinação mínima de 5 % nos peitoris; fixar a esquadria levando em consideração que os parafusos precisam ter resistência à exposição à névoa salina, conforme a ABNT NBR 16970-1 (2022), para que não ocorram manifestações patológicas; no caso de portas de correr, atentar-se à compatibilização do projeto e à execução do desnível necessário previsto para o posicionamento do trilho.

Figura 51: Vedação dos vão das aberturas



Fonte: ABNT NBR 16970-3, 2022.

Figura 52: Detalhe da seção transversal de interface entre chapas externa e interna nas esquadrias



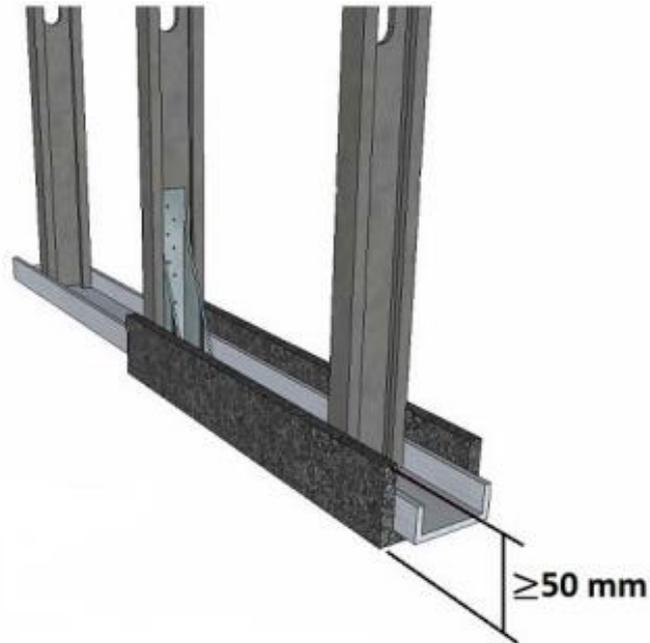
Fonte: ABNT NBR 16970-3, 2022.

A Parte 03 da ABNT NBR 16970 (2022) discorre também sobre a interface entre paredes, instalações e fundação. Os elementos de fundação devem seguir detalhes específicos para serem executados, como:

- a) o dimensionamento e a execução devem obedecer à ABNT NBR 6122: projeto e execução de fundações;

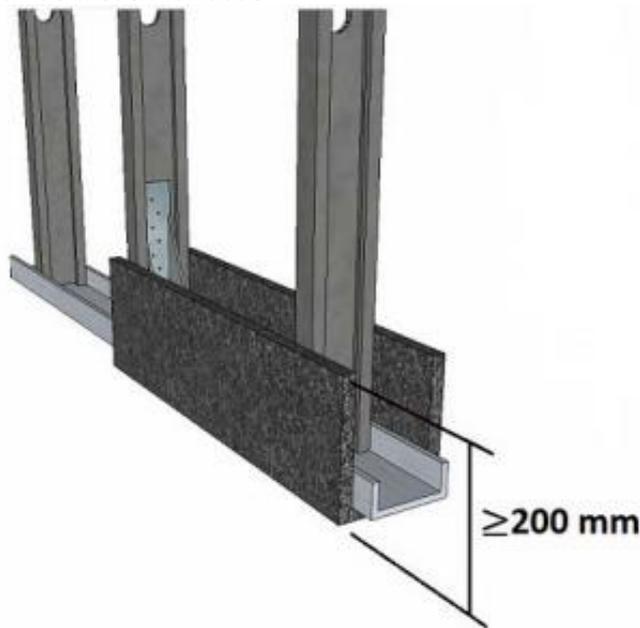
- b) devem ser realizados projetos de impermeabilização da estrutura específicos para a localidade que se encontra a edificação, evitando assim problemas de durabilidade. A estrutura em contato com a fundação deve ser envelopada utilizando-se manta para impermeabilização colada por meio de mastique e/ou selante PU, visando garantir a estanqueidade do sistema e um acabamento adequado. As alturas mínimas desta aplicação dependem da área em que será realizada, sendo que para áreas secas a altura mínima é de 50 mm, como ilustrado na Figura 53, e para áreas molhadas é de 200 mm, conforme Figura 54;
- c) a superfície da fundação pode ter no máximo 15 mm de desnível e 1 mm/m, desta forma garantindo a planicidade necessária para apoiar os painéis;
- d) no caso de existirem calçadas externas à edificação, esta deve possuir no mínimo 600 mm de largura e inclinação de no mínimo 5 % do piso da calçada no sentido contrário à fachada da estrutura;
- e) no caso de haver jardins, terreno natural ou outros substratos permeáveis e sujeitos a água e umidade, deve ser realizado no local um sistema de drenagem e devem ser tratados e impermeabilizados os revestimentos da base da parede;
- f) devem ser consideradas as especificações técnicas dos fabricantes em relação às chapas a serem empregadas na face externa e aos projetos de impermeabilização necessários em relação aos desníveis entre a base dos painéis e o nível do terreno ou calçada;
- g) deve ser assegurada a precisão no posicionamento das passagens de tubulações pela fundação conforme os projetos arquitetônicos e complementares.

Figura 53: Manta asfáltica nas áreas secas



Fonte: ABNT NBR 16970-3, 2022.

Figura 54: Manta asfáltica nas áreas molhadas

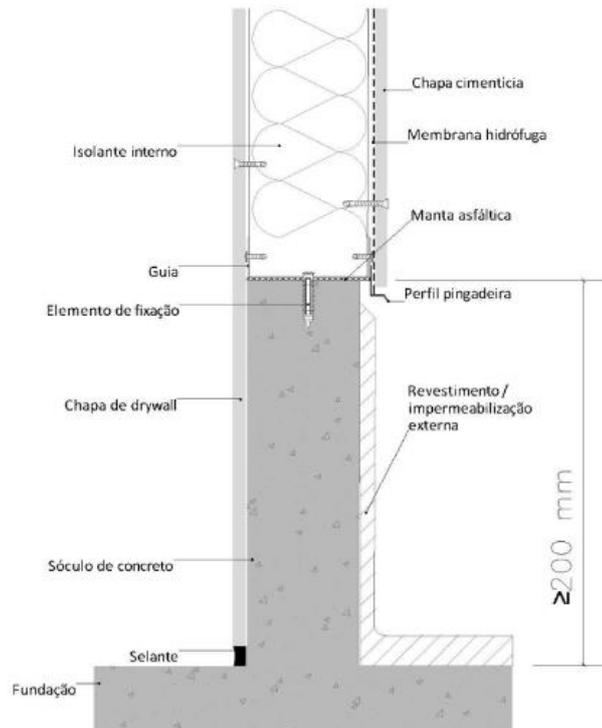


Fonte: ABNT NBR 16970-3, 2022.

A norma apresenta ainda detalhes de como devem ser executadas as interações entre diferentes elementos e todos os componentes necessários. A Figura 55 mostra as interações entre parede e base sóculo de concreto, que deve ser feita com impermeabilização de no mínimo 200 mm, utilização de selante e fixação entre o concreto, manta asfáltica e a guia. Já a Figura 56 detalha a interação entre parede e radier, mostrando o desnível e o local adequado de colocação de manta asfáltica,

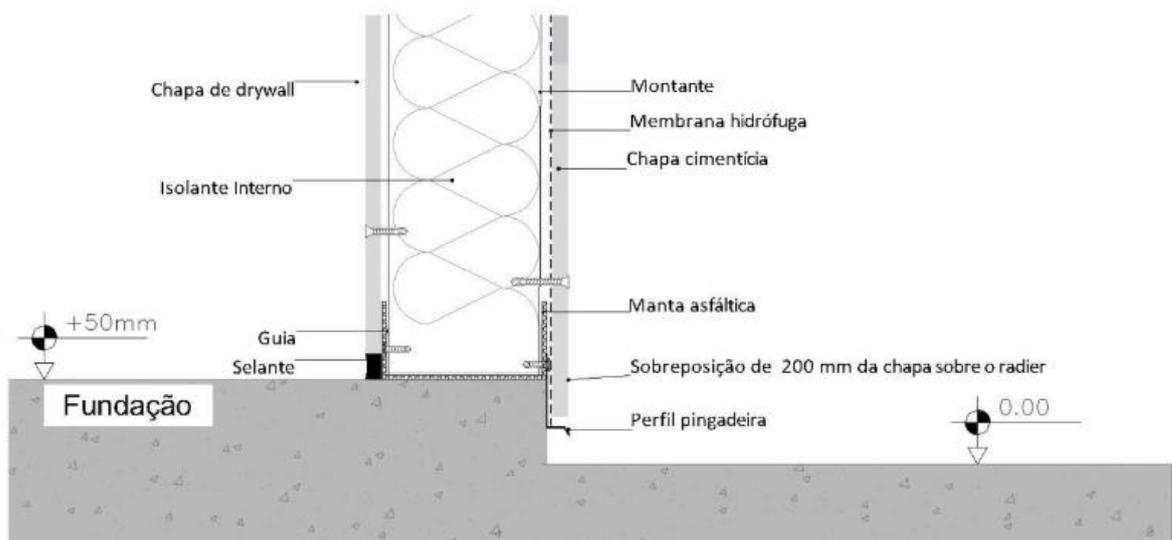
chapas e selante. A interação entre parede e varanda é representada na Figura 57, neste caso são mostrados detalhes como a execução de rodapé metálico/ manta asfáltica para impermeabilização da chapa, além da necessidade de impermeabilização polimérica na base da varanda e selante tanto na parte interna quanto externa (ABNT, 2022).

Figura 55: Interação entre parede e base sóculo



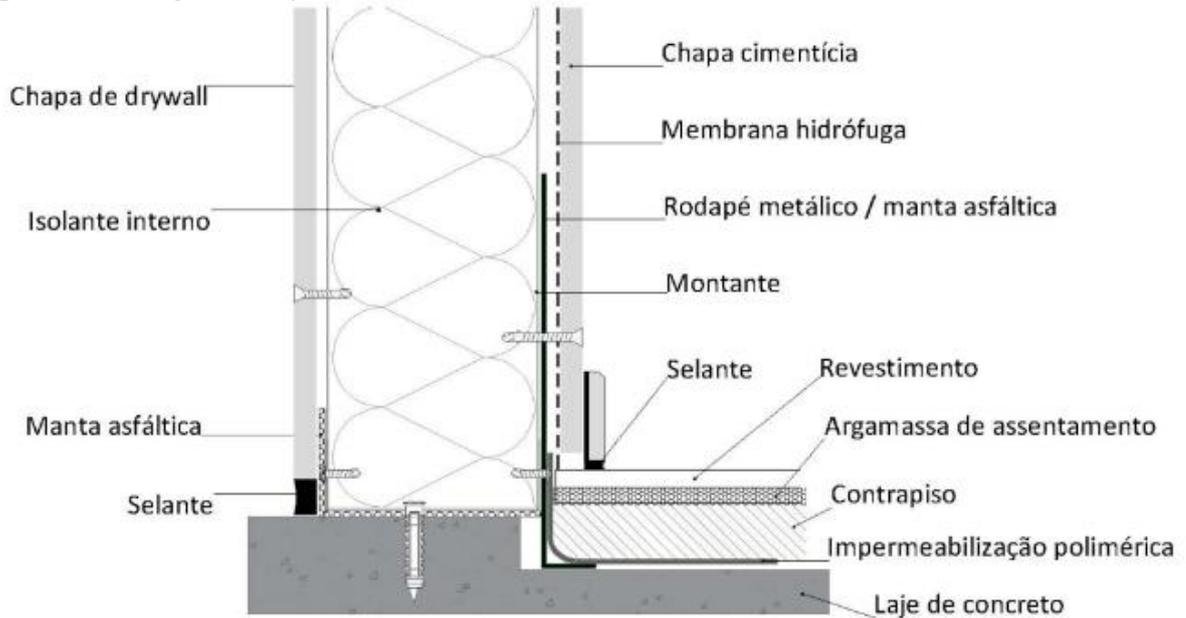
Fonte: ABNT NBR 16970-3, 2022.

Figura 56: Interação entre parede e radier



Fonte: ABNT NBR 16970-3, 2022.

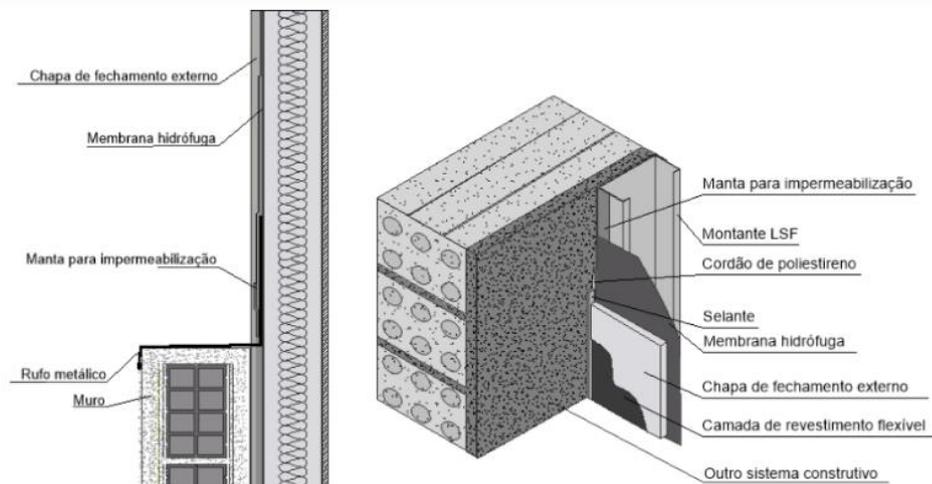
Figura 57: Interação entre parede e varanda



Fonte: ABNT NBR 16970-3, 2022.

Outro ponto apresentado pela ABNT NBR 16970 (2022) são os sistemas mistos e a interface entre eles, podendo ser em aço com perfis laminados e soldados, alvenaria, concreto, madeira e escadas. Este projeto de ligação e do encontro da estrutura LSF e estes elementos deve seguir como especificações as soluções e detalhamentos que garantam a estanqueidade do sistema, como ilustrado na Figura 58, além da consideração da compatibilidade entre os diferentes materiais, evitando reações e patologia, e a execução de juntas de dilatação entre estes diferentes elementos.

Figura 58: Modelo do sistema de controle de umidade



Fonte: ABNT NBR 16970-3, 2022.

Finalizando as interações com as paredes das edificações, a terceira parte da norma ainda apresenta os detalhamentos em relação a interface entre parede e laje e entre fixações de elementos construtivos. A interação entre parede e laje trata das juntas de movimentação e estruturais, que são especificadas na Parte 02 da norma, e dos revestimentos de fachada que devem atender à posição das juntas previstas no projeto estrutural, além de seguir especificações do próprio material (ABNT, 2022).

Já o tópico de fixações entre elementos construtivos afirma que essas interfaces precisam assegurar a estabilidade da estrutura, de acordo também com a segunda parte da norma, tendo a especificação da conexão dos materiais detalhada em projeto (ABNT, 2022).

Os sistemas de piso também devem ter suas interfaces especificadas, pois podem ser constituídos por uma laje seca ou mista úmida, e devem assegurar os requisitos de desempenho expostos na Parte 01 da ABNT NBR 16970 (2022). As lajes são compostas por elementos estruturais em perfis de aço, chapas de substrato do piso e forros, quando são adotados sistemas de contrapiso flutuante no sistema este é denominado sistema de laje mista úmida.

As chapas de substrato devem ser fixas nos perfis estruturais, diretamente sobre a estrutura havendo ou não elementos que complementem o desempenho acústico ou térmico, detalhes de execução e espaçamento das chapas são definidos em projeto. No caso de uso de revestimento flutuante não aderido ou aplicado diretamente sobre as chapas, as instruções que devem ser seguidas são especificadas pelo fabricante e devem estar de acordo com o projeto. Já quando o revestimento flutuante é aderido, deve ser aplicada camada de retenção de umidade sobre as chapas, desta forma evitando contato direto da argamassa com elas (ABNT, 2022).

A Parte 03 da norma ABNT NBR 16970 (2022) cita ainda as interfaces entre sistemas de forros, estes elementos são utilizados para revestimento inferior de cobertura ou de entrepisos e devem ser executados conforme projeto estrutural. Além disso, podem ser compostos por diferentes materiais que contribuem para a melhoria termoacústica e segurança contra incêndios na edificação.

A interface entre sistemas de cobertura diz que esta pode ser executada com diferentes tipos de telhas, dependendo do projeto realizado, que deve ser seguido para que detalhes como interface entre cobertura e parede, camada de impermeabilização, elementos de captação e drenagem, calhas e rufos, entre outros,

sejam corretamente executados garantindo estanqueidade e durabilidade (ABNT, 2022).

As instalações prediais e a interface entre estes sistemas e as estruturas em LSF também são descritas na ABNT NBR 16970-3 (2022), afirmando que devem ser evitadas interferências entre essas instalações e os elementos estruturais, caso não seja possível evitar deve ser consultado projetista estrutural. É recomendada a utilização de *shafts* que não comprometam a estrutura.

Os furos necessários para a passagem das instalações devem ser previstos em projeto estrutural, seguindo a ABNT NBR 15253, que admite execução de aberturas sem a necessidade de reforços na estrutura desde que sejam consideradas durante a etapa de dimensionamento e projeto (ABNT, 2022).

As instalações detalhadas na norma são as de gás, água fria, quente, pluviais e esgoto, elétricas, SPDA e ar-condicionado. As ligações de gás devem considerar a tipologia do gás a ser instalado, as recomendações de norma específica e o projeto do profissional habilitado. Em qualquer hipótese, devem ser evitadas instalações internas aos elementos estruturais, devido ao risco do acúmulo de gases, porém caso não exista possibilidade de fazer externamente, as tubulações devem ser enclausuradas por tubo-luva ou envoltas por revestimentos maciço e sem vazio, evitando infiltrações de gases nas câmaras das paredes e entrepisos e na cobertura (ABNT, 2022).

As tubulações de água fria e quente, pluviais e de esgoto são citadas na norma apenas especificando que se caso o caminhamento horizontal ocorra abaixo das vigas é necessário um rebaixo no forro para escondê-las. Para que não seja necessária a execução deste rebaixo, é possível ainda utilizar treliças para estruturação das vigas de piso, já que desta forma os vazios entre suas peças seriam utilizados para as tubulações horizontais (ABNT, 2022).

A ABNT NBR 16970-3 (2022) cita a ABNT NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão (2008) no item sobre Instalações elétricas, detalhando principalmente que as caixas da instalação de dois ambientes adjacentes não podem ser colocadas em posições opostas coincidentes, devendo estas serem posicionadas com pelo menos 10 cm de afastamento entre si. As caixas de chegada dessas instalações podem ser fixadas com no mínimo dois parafusos diretamente nos montantes ou por meio de travessas horizontais de aço ou de madeira tratada em autoclave com

preservantes hidrossolúveis; ou ainda diretamente nas chapas, utilizando caixas específicas para os sistemas.

As instalações SPDA – Sistema de proteção contra descargas atmosféricas, devem ser realizadas conforme normativa própria e podem utilizar a estrutura de LSF como malha de aterramento, conforme especificidades do sistema. Já as instalações de ar-condicionado devem seguir os mesmos cuidados das instalações hidrossanitárias e elétricas em relação a tubulações, drenos e infraestrutura elétrica (ABNT, 2022).

Outro ponto abordado pela ABNT NBR 16970 – Parte 03 (2022) é a fixação de peças suspensas, inicialmente trata da fixação de objetos em forros e define que é permitida esta fixação diretamente nas chapas, desde que seja respeitado o limite de 30 N por ponto de fixação e que não sejam instaladas peças ou cargas com espaçamento menor que 40 cm entre si.

Em paredes, é definido que estas devem suportar objetos de diversas cargas e dimensões e que a fixação pode ser feita diretamente nas chapas, nos perfis de aço ou nos reforços aplicados internamente às paredes e aos revestimentos. Fatores como cargas do objeto ou do suporte, eventual sobrecarga a ser aplicada no suporte, tipo do esforço, necessidade de previsão de uso de reforços internos, tipologia da parede, revestimento e seus acabamentos e tipo de fixadores devem ser avaliados para estabelecer o tipo e a quantidade de fixadores e suportes (ABNT, 2022).

São apresentadas na norma três tabelas, que podem ser visualizadas nas Figura 59, Figura 60 e Figura 61, nelas são especificadas as cargas máximas de uso nos diferentes tipos de paredes nas quais foram aplicados dispositivos fixadores, reforços, suportes e peças. Esses valores de carga foram obtidos por meio de ensaios de acordo com ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos (2020). As cargas encontradas e expostas nas tabelas valem para os três tipos de chapas de gesso: ST (chapa *standard*), RU (chapa resistente à umidade) e RF (chapa resistente ao fogo), nas espessuras de 12,5 mm e 15 mm (ABNT, 2022).

Figura 59: Fixação de cargas rente à parede sem reforço

Substrato	Cargas máximas de uso N	Tipo de fixação	Número de chapas
Fixação direta na chapa de gesso	50	Prego galvanizado 17 mm × 21 mm	1
	50	Gancho metálico	
	100	Gancho com três pregos	
	100	Bucha parafuso plástico	
	150	Bucha parafuso metálico	
	150	Bucha de expansão curta/média	
	200	Bucha basculante com braço metálico	
Fixação no perfil de aço	700	Bucha basculante com braço metálico ^a	1
Quando o objeto pesar mais de 200 N e tiver dois ou mais pontos de fixação, estes devem estar distantes entre si no mínimo 400 mm em qualquer direção.			
^a Fixação no eixo do montante.			

Fonte: ABNT NBR 16970-3, 2022.

Figura 60: Fixação de cargas afastadas da parede sem reforço

Substrato	Cargas máximas de uso N	Tipo de fixação	Número de chapas
Fixação direta na chapa de gesso	50	Bucha para expansão curta/média	1
	100	Bucha basculante com braço metálico	
	100	Bucha basculante com braço plástico	
	150	Bucha para expansão longa	2
	300	Bucha basculante com braço metálico	
Fixação no Perfil de Aço	700	Bucha basculante com braço metálico	1 ou 2
Quando o objeto pesar mais de 200 N e tiver dois ou mais pontos de fixação, estes devem estar distantes entre si no mínimo 400 mm em qualquer direção.			

Fonte: ABNT NBR 16970-3, 2022.

Figura 61: Fixação de cargas rente ou afastadas da parede com reforço

Substrato	Cargas máximas de uso N	Tipo de fixação	Número de chapas
Fixação com reforço	200	Bucha basculante com braço metálico	1 ou 2

Fonte: ABNT NBR 16970-3, 2022.

As fixações de objeto podem ser feitas de diferentes formas, a primeira a ser detalhada pela norma é a fixação na chapa de *drywall* interna, chapa que possui resistência para suportar esforços mecânicos. Caso haja necessidade de fixar objetos com maior carga ou dimensão, deve ser considerado espaçamento mínimo de 400 mm entre os pontos, assim como nos perfis de aço, onde a fixação pode ser feita apenas com parafusos, parafusos e buchas e em montantes simples ou duplos (ABNT, 2022).

A fixação nos reforços deve ser prevista em projeto, já que a instalação deve ser realizada durante a montagem da estrutura de paredes e revestimentos, antes do chapeamento, mas caso não seja previsto em projeto, a instalação posterior deve considerar a realização de aberturas nas paredes e restaurações. Esses reforços devem ser considerados na instalação de bancadas de pias e tanques de lavar, suportes para televisores, dispositivos para pessoas com necessidades especiais e armadores de redes de dormir (ABNT, 2022).

Caso seja necessário implementar guarda-corpos, pergolados, redes de proteção, entre outros, é necessário que isto esteja previsto em projeto, já que se deve garantir a integridade da estrutura e estanqueidade do sistema com a utilização de fixadores e elementos estruturais que atendam ao dimensionamento (ABNT, 2022).

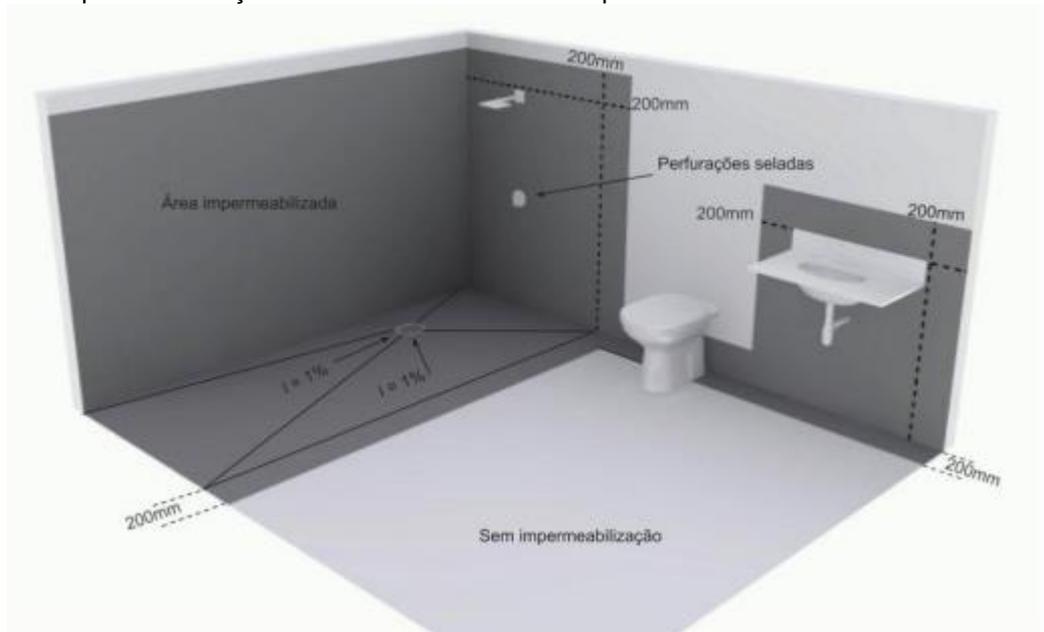
A norma ainda complementa sua Parte 03 discorrendo sobre usos especiais e sistemas de impermeabilização. Os usos especiais tratam do revestimento de churrasqueiras e lareiras, que devem ter sua estrutura independente composta por materiais refratários ou similares que isolem a transmissão excessiva de calor, podendo ser revestidos externamente com o sistema LSF; e da execução em ambientes agressivos, como saunas, indústrias, entre outros que podem ser feitos em LSF, desde que atendam às recomendações de projeto e instruções dos fabricantes dos componentes. (ABNT, 2022).

O item de sistemas de impermeabilização contempla a execução em áreas molhadas e molháveis. Em áreas molhadas, por exemplo, boxe de chuveiro, a norma afirma que além de ser feita a impermeabilização do piso, os requisitos da ABNT NBR 15758 devem ser seguidos (ABNT, 2022).

Em áreas como banheiro com chuveiro, área de serviço e áreas descobertas, a impermeabilização na parede, com mantas ou membranas, deve possuir altura mínima de 200 mm acima do piso acabado. No espaço do boxe, a impermeabilização deve contemplar toda a superfície do piso e nas paredes até a altura mínima de 200

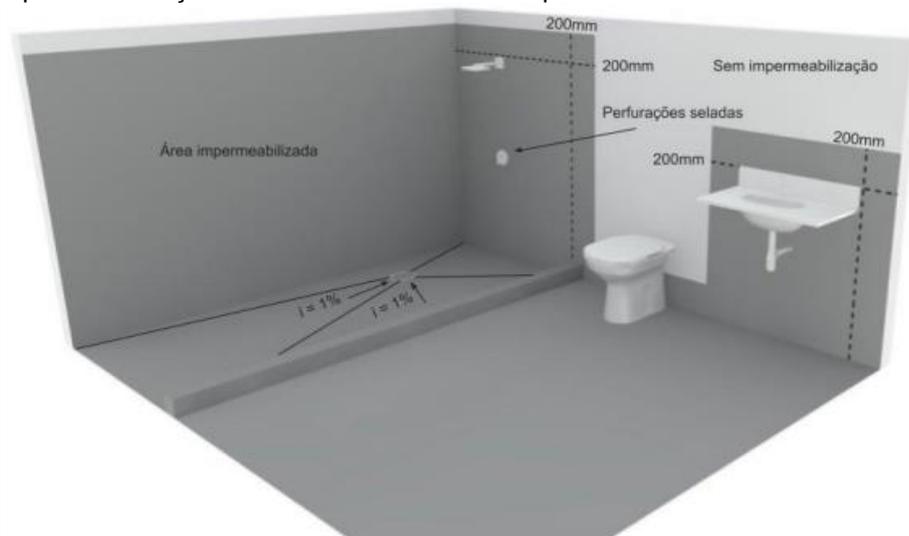
mm acima do ponto mais alto de hidráulica, se for sobre base de concreto como na Figura 62, e em todo o piso do ambiente se for sobre piso de LSF como na Figura 63 (ABNT, 2022).

Figura 62: Impermeabilização em áreas molhadas sobre piso em concreto



Fonte: ABNT NBR 16970-3, 2022.

Figura 63: Impermeabilização em áreas molhadas sobre piso em LSF



Fonte: ABNT NBR 16970-3, 2022.

É definido pela norma ABNT NBR 16970 (2022) também que no local onde há conexão entre o piso e o ralo devem ser utilizadas mantas ou membranas para impermeabilização. E nas paredes que contemplam cubas ou lavatórios devem ser utilizadas mantas ou membranas com dimensões superiores às do equipamento em no mínimo 200 mm, acima e nas laterais, a partir do piso para ambientes de áreas

molhadas e molháveis. No caso de serem utilizadas chapas de gesso para *drywall* em áreas molhadas e molháveis, deve-se utilizar chapas resistentes à umidade conforme ABNT NBR 14715-1 e realizar impermeabilizações de acordo com ABNT NBR 15758-1.

A Parte 03 traz diversas definições e especificações quanto a execução de edificações no sistema *Light Steel Framing*, que devem ser consideradas para que seja garantida a durabilidade, segurança e qualidade das estruturas.

Avaliando todos os aspectos abordados nesta normativa brasileira tão recente é que será realizada a comparação com a ABNT NBR 14762, norma brasileira utilizada anteriormente para dimensionar e projetar no sistema LSF.

4.3 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS NORMAS 14762 (2010) E 16970 (2022)

A ABNT NBR 14762 traz de forma geral o dimensionamento de estruturas em aço formadas a frio, de forma que a sua metodologia se aplica a estruturas de LSF. Nesta norma são considerados aspectos característicos do aço em questão, critérios de segurança, além de determinar combinações e ponderações para o emprego da teoria dos estados-limites últimos e de serviço e por fim também verifica as resistências da estrutura e de suas ligações.

Apesar de contemplar o dimensionamento de forma completa e segura, a ABNT NBR 14762 não contempla aspectos de projeto e execução dos modelos construtivos em que pode ser empregada. À vista disso, a ABNT NBR 16970 estabelece requisitos adicionais específicos do sistema LSF, tais como desempenho, projeto estrutural e interface entre sistemas.

Sendo assim, a publicação da ABNT NBR 16970 adiciona padronização e qualidade para o desenvolvimento de edificações em LSF, de modo que ficam definidos aspectos de desempenho para o uso da edificação, como o emprego de sistemas estruturais, de vedação, isolamento térmico e acústico, barreiras contra umidade e todas as interfaces que a compatibilização entre esses sistemas proporciona. O objetivo dessa norma é apresentar o melhor caminho para que a edificação possua boa manutenibilidade e seja durável.

Portanto, para a execução do sistema construtivo de *Light Steel Framing* no Brasil é imprescindível o uso da ABNT NBR 14762 e da ABNT NBR 16970, de forma que as duas normativas são complementares e tratam de aspectos distintos.

5 PESQUISA SOBRE A PERCEÇÃO DOS PROJETISTAS E EXECUTORES EM RELAÇÃO A PUBLICAÇÃO DA NORMA 16970

Para compreender o real impacto da publicação da norma brasileira de *Light Steel Framing* torna-se necessário observar e buscar entender o ponto de vista de quem trabalha com este método construtivo, tanto projetistas quanto executores.

Partindo deste princípio, foi realizado um formulário no *Google* Formulários com perguntas relativas à norma de LSF, que foram divididas em 4 seções, sendo a primeira com perguntas de identificação, a próxima com perguntas sobre a forma de trabalho anteriormente a publicação da ABNT NBR 16970, a terceira parte referindo-se ao período após a publicação da norma e por fim, uma seção de avaliação de percepção dos impactos da norma 16970, com questões objetivas e discursivas.

5.1 PROJETISTAS

Para responder aos questionamentos em relação a forma de realizar projetos, entrou-se em contato com a empresa Espaço *Smart*, já que ela atua no mercado de construções a seco desde 2014, possuindo mais de 30 lojas no Brasil e no Paraguai e unidade de Engenharia e Arquitetura na cidade de Ponta Grossa-PR.

O funcionário que respondeu às perguntas é o Supervisor de Projetos, engenheiro civil Leonardo Lara, que trabalha com o sistema LSF há 5 anos e meio e realiza projetos de edificações residenciais.

5.1.1 Anteriormente a publicação da ABNT NBR 16970

Na seção que trata do período antes da publicação da norma, foram feitas 9 perguntas, entre objetivas e descritivas, estas perguntas e as respectivas respostas estão expostas abaixo.

PERGUNTA 1: É realizado o dimensionamento detalhado da estrutura de acordo com cada projeto, ou segue-se um padrão para edificações de mesma utilização?

RESPOSTA DA PERGUNTA 1: Segue-se um padrão conforme prescritivos e dimensionam-se pontos específicos dos projetos que não são atendidos por tabelas prescritivas.

PERGUNTA 2: Qual era a referência utilizada para dimensionar e detalhar as ligações da estrutura em projeto?

RESPOSTA DA PERGUNTA 2: ABNT NBR 14762.

PERGUNTA 3: Qual era a referência utilizada para dimensionar e detalhar os painéis da estrutura em projeto?

RESPOSTA DA PERGUNTA 3: ABNT NBR 14762.

PERGUNTA 4: Qual era a referência utilizada para dimensionar e detalhar os componentes de fechamento e revestimento da edificação em projeto?

RESPOSTA DA PERGUNTA 4: Modelos próprios da empresa.

PERGUNTA 5: Qual era a referência utilizada para dimensionar e detalhar a cobertura da edificação em projeto?

RESPOSTA DA PERGUNTA 5: Modelos próprios da empresa.

PERGUNTA 6: Havia alguma preocupação/recomendação em relação a habitabilidade das estruturas, conforto térmico/acústico/lumínico? Se sim, baseada em qual referência?

RESPOSTA DA PERGUNTA 6: Sim, baseia-se conforme a norma de desempenho NBR 15575, conforme manuais de produtos, conforme documento de recomendações técnicas internas e conforme preferência do cliente.

PERGUNTA 7: Havia alguma recomendação em relação a interface entre sistemas (ex: paredes e esquadrias; paredes, instalações e fundação; entre sistemas mistos etc.) e a forma com que seriam detalhados em projeto? Se sim, quais eram as referências normativas utilizadas?

RESPOSTA DA PERGUNTA 7: Sim, utilizavam-se referências de manuais de fabricantes, recomendações de fabricantes, manuais disponibilizados pela CBCA e realizados estudos próprios para verificação da melhor maneira a ser executada e detalhada.

PERGUNTA 8: Os projetos definiam questões de compatibilização entre o projeto arquitetônico e os complementares? Se sim, quais eram as referências utilizadas? Já aconteceram problemas por falta de compatibilização?

RESPOSTA DA PERGUNTA 8: Para o caso em que o cliente adquiria os projetos complementares, sim eram definidas questões de compatibilização de todas as disciplinas entre elas e entre o arquitetônico. Caso não houvesse complementares além do projeto de LSF, era compatibilizado o projeto de LSF com arquitetura e nesse caso era enviado uma planta necessária para a execução da fundação conforme medidas necessárias para o LSF, também eram enviados perfis pré-furados com furos de serviços para passagem de tubulações (furos com 35 mm) em praticamente todos os perfis, furos esses espaçados conforme recomendações dos manuais técnicos da

CBCA. Sim já aconteceram problemas por falta de compatibilização, problemas observados em obra e por falta de conhecimento da equipe executora.

PERGUNTA 9: Em algum momento você sentiu dificuldade ao realizar projetos por falta de normativa própria? Precisou buscar referências externas para tirar dúvidas? Se sim, quais utilizou?

RESPOSTA DA PERGUNTA 9: Sim, utilizamos materiais da CBCA e as normas americanas.

5.1.2 Após a publicação da ABNT NBR 16970

As perguntas desta seção foram na forma de questionamentos objetivos, também com 9 perguntas e buscando compreender as mudanças sentidas com a normativa própria do sistema.

PERGUNTA 1: Depois da publicação da ABNT NBR 16970 - *Light Steel Framing*, a empresa mudou sua forma de dimensionamento e forma de execução de projeto?

RESPOSTA DA PERGUNTA 1: Parcialmente.

PERGUNTA 2: Houve algum treinamento/ formação por parte da empresa em relação a norma e sua utilização?

RESPOSTA DA PERGUNTA 2: Sim.

PERGUNTA 3: A demanda por projetos teve aumento após a publicação da norma 16970?

RESPOSTA DA PERGUNTA 3: Sim.

PERGUNTA 4: Você enxerga a publicação da norma em relação a projetos e sua execução, um fator:

RESPOSTA DA PERGUNTA 4: Positivo.

PERGUNTA 5: Justifique a sua resposta anterior

RESPOSTA DA PERGUNTA 5: Muito positivo pois acrescenta credibilidade ao sistema e facilita muito a obtenção de financiamento por parte da CAIXA para os clientes que querem sua obra em LSF.

PERGUNTA 6: Após a publicação da norma, você considera que a realização de projetos se tornou:

RESPOSTA DA PERGUNTA 6: Mais fácil.

PERGUNTA 7: Após a publicação da norma, houve maior preocupação com questões como habitabilidade e conforto da edificação?

RESPOSTA DA PERGUNTA 7: Sim.

PERGUNTA 8: Utiliza a norma para conferir detalhes e tirar dúvidas em relação aos projetos?

RESPOSTA DA PERGUNTA 8: Sim.

PERGUNTA 9: Já precisou buscar informações para realização de projetos na norma e não encontrou?

RESPOSTA DA PERGUNTA 9: Não.

5.1.3 Comentários e avaliações quanto a norma ABNT NBR 16970

Na última seção do questionário apresentado ao Supervisor de Projetos da empresa Espaço *Smart*, foram apresentadas perguntas sobre a opinião do mesmo a respeito dos impactos da publicação da norma. As perguntas são objetivas e possuíam como opções de resposta números de 1 a 5, onde o 1 representa que houve pouco impacto, enquanto o 5 que teve muito impacto.

PERGUNTA 1: Na sua concepção, quanto a publicação da norma impactou na qualidade dos PROJETOS?

RESPOSTA DA PERGUNTA 1: 5

PERGUNTA 2: Na sua concepção, quanto a publicação da norma impactou na qualidade da EXECUÇÃO?

RESPOSTA DA PERGUNTA 2: 4

PERGUNTA 3: Na sua concepção, quanto a publicação da norma impactou na DURABILIDADE das edificações?

RESPOSTA DA PERGUNTA 3: 3

PERGUNTA 4: Na sua concepção, quanto a publicação da norma FACILITOU o emprego do LSF?

RESPOSTA DA PERGUNTA 4: 5

PERGUNTA 5: Na sua concepção, quanto a publicação da norma impacta na PERCEPÇÃO e ACEITAÇÃO dos clientes pelo sistema?

RESPOSTA DA PERGUNTA 5: 5

PERGUNTA 6: Em quais aspectos a norma poderia ser aprimorada?

RESPOSTA DA PERGUNTA 6: Quantidade de pavimentos previsto pela norma, deixa alguns pontos em aberto que poderiam ser incorporados a norma.

PERGUNTA 7: Deixe aqui as suas considerações, críticas ou sugestões sobre a norma 16970.

RESPOSTA DA PERGUNTA 7: Incorporar mais conteúdo, mais possibilidades.

5.2 EXECUTORES

Para avaliar a percepção dos executores de LSF foi realizado um formulário via *Google* Formulários. Seguindo a mesma estrutura, de 4 seções, no entanto com enfoque na execução. A primeira com perguntas de identificação, a segunda com temática sobre a forma de trabalho anteriormente a publicação da ABNT NBR 16970, a terceira parte referindo-se ao período após a publicação da norma e por fim, uma seção de avaliação de percepção dos impactos da norma 16970, com questões objetivas e discursivas.

Para esclarecer as dúvidas relacionadas à execução de obras em LSF, contatou-se a empresa *Invicta Engenharia*, por meio da colaboradora e engenheira civil, *Rayssa Carolina Stasiu*. A empresa iniciou suas atividades em 2018 e atua no mercado de construções residenciais no sistema LSF há 3 anos.

5.2.1 Anteriormente a publicação da ABNT NBR 16970

Nesta seção foram realizadas 17 perguntas sobre o processo executivo que era realizado anteriormente a publicação da norma:

PERGUNTA 1: Cada execução em LSF possuía um detalhamento próprio de acordo com cada projeto, ou seguia-se um padrão para edificações de mesma utilização? Vocês sentiam falta de padronização??

RESPOSTA DA PERGUNTA 1: Nós trabalhamos com a execução de obra, onde os projetos do *Steel* já vêm prontos da *Smart*, fornecedora do material. O projeto era exclusivo para cada obra.

PERGUNTA 2: Qual era a referência utilizada para executar as ligações da estrutura em projeto?

RESPOSTA DA PERGUNTA 2: Detalhamento mais conhecimento técnico executivo da empresa.

PERGUNTA 3: Qual era a referência utilizada para executar os painéis da estrutura em projeto?

RESPOSTA DA PERGUNTA 3: Detalhamento mais conhecimento técnico executivo da empresa.

PERGUNTA 4: Qual era a referência utilizada para executar os componentes de fechamento e revestimento da edificação em projeto?

RESPOSTA DA PERGUNTA 4: Detalhamento mais conhecimento técnico executivo da empresa.

PERGUNTA 5: Qual era a referência utilizada para executar a cobertura da edificação em projeto?

RESPOSTA DA PERGUNTA 5: Detalhamento mais conhecimento técnico executivo da empresa.

PERGUNTA 6: Havia alguma preocupação/recomendação em relação a habitabilidade das estruturas, conforto térmico/acústico/lumínico? Se sim, baseada em qual referência?

RESPOSTA DA PERGUNTA 6: As referências que tínhamos sempre eram os projetos da *Smart*, que são completos e detalhados, mas sempre foram baseados em normas internacionais, estudos dos materiais, anos de experiência e recomendações dos fabricantes.

PERGUNTA 7: Havia alguma recomendação em relação a interface entre sistemas (ex: paredes e esquadrias; paredes, instalações e fundação; entre sistemas mistos etc.) e a forma com que seriam executados? Se sim, quais eram as referências normativas utilizadas?

RESPOSTA DA PERGUNTA 7: Nos baseávamos nas documentações entregues pela *Smart*, fornecedora dos materiais, com base em estudos próprios deles.

PERGUNTA 8: Havia alguma recomendação em relação a impermeabilização do sistema? Eram consideradas diferenças de execução em cada área da edificação, dependendo do seu uso? Utilizava-se alguma altura padrão para execução de impermeabilização? Se sim, baseado em qual normativa?

RESPOSTA DA PERGUNTA 8: Recomendações provenientes dos treinamentos com a Espaço *Smart* e indicações de projetos.

PERGUNTA 9: Como eram executadas as instalações prediais (ex: água, gás, elétrica) no sistema? Existia alguma normativa usada de referência? Se sim, qual?

RESPOSTA DA PERGUNTA 9: Para os projetos e execução de instalações sempre seguimos os projetos correspondentes que são compatibilizados com o sistema LSF, como passagens nos perfis, posições de *shafts* etc. Algumas coisas ainda causam dificuldade, como os acabamentos de registros, que normalmente precisam de prolongadores, considerando a posição que o cano fica na parede, coisas que sabemos devido à experiência.

PERGUNTA 10: Como eram executadas as interfaces entre sistemas mistos? Qual normativa era utilizada de referência?

RESPOSTA DA PERGUNTA 10: Não trabalhamos muito com sistemas mistos. E quando fizemos, um não teve interferência sobre outro.

PERGUNTA 11: Existia alguma recomendação em relação a fixação de peças e objetos na parede? Se sim, os limites eram baseados em alguma normativa? Qual?

RESPOSTA DA PERGUNTA 11: Essas recomendações sempre vinham dos fornecedores das placas.

PERGUNTA 12: Os projetos definiam questões de compatibilização entre o projeto arquitetônico e os complementares para que fossem executados corretamente? Se sim, quais eram as referências utilizadas? Já aconteceram problemas por falta de compatibilização? Se sim, qual foi a metodologia adotada para resolver?

RESPOSTA DA PERGUNTA 12: Sim, a compatibilização é feita não somente no projeto do LSF, mas em todos os projetos. Usamos sistemas BIM e *softwares* como *BIMCollab*.

PERGUNTA 13: Antes da publicação da norma, sentia preconceito e dificuldade de aceitação dos clientes pelo sistema LSF?

RESPOSTA DA PERGUNTA 13: A aceitação do sistema ainda é um pouco menor, visto, além de tudo, o custo maior do LSF. O que percebi, após nossas divulgações de obras e coincidentemente após a publicação da norma, é que mais clientes se interessam pelo sistema, porém nem todos acabam definindo por ele no momento da construção.

PERGUNTA 14: Era realizado um manual de uso, operação e manutenção? Baseado em qual normativa?

RESPOSTA DA PERGUNTA 14: Recebíamos esses documentos dos projetistas e fornecedores do LSF, Espaço *Smart*.

PERGUNTA 15: Antes da publicação da norma, como funcionava a questão de financiamentos de obras neste método construtivo?

RESPOSTA DA PERGUNTA 15: Os financiamentos eram lentos e dificultados, eram exigidos inúmeros documentos, para comprovar a eficácia dos materiais e métodos empregados no sistema LSF. Os processos de aprovação com os engenheiros credenciados da Caixa eram maçantes e tínhamos que tentar provar o tempo todo, com base em garantias dos fornecedores, normas internacionais etc. que o método era bom, para aí sim, conseguirem aprovar o financiamento e liberar para a obra.

PERGUNTA 16: Antes da publicação da norma, como era a questão de mão de obra qualificada para trabalhar neste sistema? Sentia dificuldade de encontrar e treinar?

RESPOSTA DA PERGUNTA 16: Temos uma equipe especializada em *steel*, que fez os treinamentos antes mesmo da publicação da norma, com a empresa fornecedora dos materiais, Espaço *Smart*. De certa forma, o treinamento já era satisfatório, devido à experiência da empresa e pesquisas próprias sobre o sistema.

PERGUNTA 17: Em algum momento você sentiu dificuldade ao executar edificações por falta de normativa própria? Precisou buscar referências externas para tirar dúvidas? Se sim, quais utilizou?

RESPOSTA DA PERGUNTA 17: A maior dificuldade que sentimos foi em relação à aceitação "legal" do sistema, principalmente para financiamentos da Caixa, pois tínhamos que provar por meio de vários documentos que o sistema LSF realmente funcionava e tinha garantias, sendo que nós mesmos sabíamos que era um sistema ainda mais tecnológico que o convencional concreto armado e alvenaria.

5.2.2 Após a publicação da ABNT NBR 16970

Nesta seção foram realizadas 13 perguntas sobre os impactos na forma de execução, mão de obra, conhecimento e aceitação por parte dos clientes e facilidade de acesso ao sistema após a publicação da ABNT NBR 16970.

PERGUNTA 1: Depois da publicação da ABNT NBR 16970 - *Light Steel Framing*, a empresa mudou sua forma de dimensionamento e forma de execução de projeto?

RESPOSTA DA PERGUNTA 1: Parcialmente.

PERGUNTA 2: Houve algum treinamento/ formação por parte da empresa em relação a norma e sua utilização?

RESPOSTA DA PERGUNTA 2: Não.

PERGUNTA 3: A demanda por projetos teve aumento após a publicação da norma 16970?

RESPOSTA DA PERGUNTA 3: Sim.

PERGUNTA 4: Como você enxerga que a publicação da norma impactou na percepção e aceitação dos clientes?

RESPOSTA DA PERGUNTA 4: A norma e coincidentemente a divulgação maior do sistema fez com que os clientes buscassem mais e se interessassem pelo método.

PERGUNTA 5: Como você enxerga que a publicação da norma impactou na facilidade de acesso ao sistema, através de financiamentos etc.

RESPOSTA DA PERGUNTA 5: A mudança mais significativa, do meu ponto de vista, foi que a normatização permitiu o financiamento do LSF como uma outra obra qualquer, sem ser considerada Sistema Construtivo Inovador, assim, não sendo mais necessária apresentação de Documentação Complementar.

PERGUNTA 6: Você enxerga a publicação da norma em relação a projetos e sua execução, um fator:

RESPOSTA DA PERGUNTA 6: Positivo.

PERGUNTA 7: Justifique a sua resposta anterior.

RESPOSTA DA PERGUNTA 7: É importante a normatização nacional, para a padronização do sistema e incentivo à aceitação.

PERGUNTA 8: Após a publicação da norma, você considera que a execução de obras no sistema se tornou:

RESPOSTA DA PERGUNTA 8: Permanece da mesma forma.

PERGUNTA 9: Houve impacto na mão de obra executora? Em relação a qualificação e a facilidade de treinar os trabalhadores para o sistema

RESPOSTA DA PERGUNTA 9: Nós já tínhamos bons treinamentos, então acredito que em relação a isso não tivemos mudanças muito significativas.

PERGUNTA 10: Após a publicação da norma, houve maior preocupação com questões como habitabilidade e conforto da edificação?

RESPOSTA DA PERGUNTA 10: Permanece da mesma forma.

PERGUNTA 11: Utiliza a norma para conferir detalhes e tirar dúvidas em relação aos projetos?

RESPOSTA DA PERGUNTA 11: Não.

PERGUNTA 12: Já precisou buscar informações para realização de projetos na norma e não encontrou?

RESPOSTA DA PERGUNTA 12: Não.

PERGUNTA 13: Já precisou buscar informações para realização de projetos na norma e não encontrou?

RESPOSTA DA PERGUNTA 13: Não.

5.2.3 Comentários e avaliações quanto a norma ABNT NBR 16970

Em sua última seção, o formulário avaliou, por meio de 5 perguntas a percepção da entrevistada de forma quantitativa do impacto da publicação da norma

ABNT NBR 16970. Sendo as perguntas objetivas possuindo como opções de resposta números de 1 a 5, onde o 1 representa que houve pouco impacto, enquanto o 5 que teve muito impacto.

PERGUNTA 1: Na sua concepção, quanto a publicação da norma impactou na qualidade dos PROJETOS?

RESPOSTA DA PERGUNTA 1: 4

PERGUNTA 2: Na sua concepção, quanto a publicação da norma impactou na qualidade da EXECUÇÃO?

RESPOSTA DA PERGUNTA 2: 4

PERGUNTA 3: Na sua concepção, quanto a publicação da norma impactou na DURABILIDADE das edificações?

RESPOSTA DA PERGUNTA 3: 4

PERGUNTA 4: Na sua concepção, quanto a publicação da norma FACILITOU o emprego do LSF?

RESPOSTA DA PERGUNTA 4: 5

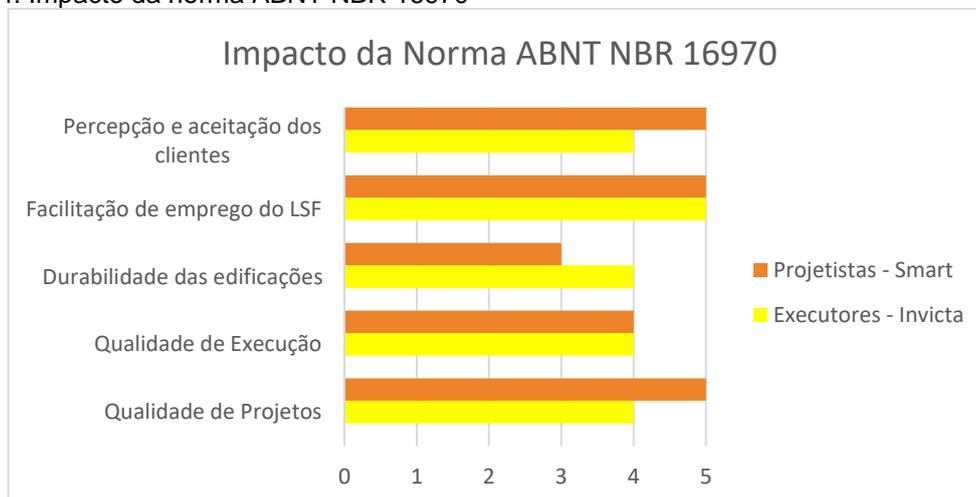
PERGUNTA 5: Na sua concepção, quanto a publicação da norma impacta na PERCEPÇÃO e ACEITAÇÃO dos clientes pelo sistema?

RESPOSTA DA PERGUNTA 5: 4

A

Figura 64 apresenta um comparativo entre as impressões do impacto da norma ABNT NBR 16970 para os projetistas e para os executores. Desta forma, pode-se considerar que na percepção dos entrevistados o impacto foi positivo, visto que as notas são, em sua maioria, superiores à média.

Figura 64: Impacto da norma ABNT NBR 16970



Fonte: As autoras, 2023.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi realizada uma revisão expositiva das Normas 16970:2022 e 14762:2010, apresentando os aspectos abordados e o conteúdo percorrido pelas normativas, as comparando em termos de dimensionamento, projeto e execução. Para possibilitar que este trabalho apresentasse uma visão dos profissionais da área sobre a publicação da norma própria de LSF, foi realizada pesquisa com projetistas e executores, avaliando as mudanças e impactos sentidos.

A partir da pesquisa exploratória proposta e da revisão de trabalhos sobre a temática *Light Steel Framing*, foi perceptível que tal sistema construtivo vem sendo cada vez mais estudado e comentado quando se trata de inovações na construção civil. Sendo assim, a publicação da norma ABNT NBR 16970, é um importante marco para a validação nacional da metodologia.

A exposição da norma ABNT NBR 14762, que regulamenta as determinações de dimensionamento estrutural de perfis formados a frio, permitiu verificar que os aspectos por ela abordados tratam apenas de ações e resistências, não trazendo considerações de projeto e execução.

Na ausência de uma normativa brasileira própria que se aplicava ao sistema LSF, a ABNT NBR 14762 era a única norma responsável. Sendo este sistema muito difundido em outros países e com uma demanda crescente no Brasil, tornou-se inviável continuar utilizando normas estrangeiras como base para a execução das edificações.

A publicação da norma ABNT NBR 16970, trouxe uma perspectiva específica para o *Light Steel Framing*, com detalhamentos próprios tanto de projeto quanto executivos. A norma é dividida em 3 partes, que abordam determinações de desempenho, projeto estrutural e interface entre sistemas. Essa estrutura permite uma ótica mais completa sobre a metodologia, além de garantir mais segurança, habitabilidade e padronização ao método.

A partir das entrevistas realizadas com os profissionais da área, foi possível constatar os avanços que a publicação da norma trouxe para este ramo construtivo. Para a execução de projetos em *Light Steel Framing* representou um fator positivo, pois acrescenta credibilidade ao sistema e facilita a obtenção de financiamento para os clientes. Também possibilitou embasamento para os projetos, com mais

informações e detalhamentos, permitindo que questões como habitabilidade e conforto sejam mais difundidas.

Da mesma forma, para a empresa executora a publicação foi vista como um aspecto positivo, uma vez que a falta da normativa, fazia com que o sistema fosse tratado como inovador e criava a necessidade de a empresa justificar o seu uso e comprovar a eficácia para obter financiamentos. Com a publicação da norma, notou-se aumento da procura pelo sistema, motivado tanto por esta facilidade econômica, como pela divulgação, indicando que para este setor a mudança efetiva trazida pela norma foi sentida nas questões financeiras e de venda do sistema.

Portanto, através deste trabalho, percebe-se que a implementação da ABNT NBR 16970 é essencial para o avanço do sistema no Brasil, proporcionando uma maior segurança ao transformá-lo em um sistema convencional brasileiro, devidamente normatizado. Em relação aos avanços e inovações, sugere-se que sejam realizados futuros estudos sobre a aceitação da norma e da metodologia no mercado brasileiro, assim como, se tais mudanças proporcionarão uma maior atratividade econômica ao *Light Steel Framing*. Outra sugestão seria executar o dimensionamento completo de uma edificação em LSF, com base na NBR 14762:2010 e na NBR 16970:2022, inclusive com a elaboração do Manual de operação, uso e manutenção.

Através da execução deste trabalho, foi possível aprender e compreender sobre o sistema construtivo tão relevante e expressivo em todo o mundo, ainda não muito abordado e ensinado na formação tradicional de engenharia brasileira. O *Light Steel Framing* é visto como um sistema inovador e que se alinha com o que o mundo busca, ou seja, agilidade e preocupação ambiental. Dessa forma, acredita-se que este sistema construtivo e que o trabalho representa avanços e inovações para a construção civil, assim como representou para a respectiva formação acadêmica das autoras.

REFERÊNCIAS

ABCEN; CBCA. **Cenário dos fabricantes de perfis galvanizados para Light Steel Frame e Drywall.** 2022. Disponível em: <https://www.cbca-acobrasil.org.br/site/biblioteca?&bsc=ativar&bscPgn=1&bscQtdReg=10&txtBscKeyw ord=steel+frame&chkCat%5B%5D=21>. Acesso em 14 nov. 2022.

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Manual da Construção Industrializada.** Vol. 1. Brasília, 2015.

ADORNO, I. V.; RIBEIRO, P. M. **Estudo do Sistema Construtivo Light Steel Framing: Uma Abordagem Geral.** UNIFACS. Salvador, 2022.

AMARAL, M. **Análise teórica e experimental de um sistema de treliças padronizadas em perfis de aço formados a frio.** 2022. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-22022022-090846/publico/ME2_022_MarcelaAmaral.pdf. Acesso em 07 dez. 2022.

ASBEA. **Guia para Arquitetos na aplicação da Norma de Desempenho ABNT NBR 15.575,** 2015. Disponível em: https://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2015/09/2_guia_normas_final.pdf. Acesso em 05 set. 2023.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 6355:** Perfis estruturais de aço formados a frio: padronização. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 8681:** Ações e segurança nas estruturas: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 8800:** Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 14762:** Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 15575:** Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 16970:** *Light Steel Framing* – Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço formados a frio, com fechamentos em chapas delgadas. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

BARROS, V. V. B. et al. **Estruturas em light steel framing: projeto e dimensionamento em softwares 3D.** 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/19918/11/EstruturasLightSteel.pdf>. Acesso em 07 nov. 2023.

BORTOLOTTO, A. L. K. **Análise de viabilidade econômica do método Ligh Steel Framing para construção de habitações no município de Santa Maria - RS.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. Disponível em: http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2014/TCC_ANA%20LARISSA%20KOREN%20BORTOLOTTO.pdf. Acesso em 14 nov. 2022.

BRASIL, Instituto aço. **Dados do setor.** 2021. Disponível em: <https://acobrasil.org.br/site/dados-do-setor/>. Acesso em 15 nov. 2022.

BRASIL, SIDERURGIA. Brasil 2010-2025: subsídios para tomada de decisão. **Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos,** 2010. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Siderurgia_no_Brasil__9567.pdf/893da7ee-8608-4251-adc1-10c2bf95b009?version=1.0. Acesso em 12 dez. 2022.

CABALLERO, P. Casa Firjan da Indústria Criativa / Atelier77. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/908339/casa-firjan-da-industria-criativa-atelier77>. Acesso em: 4 maio. 2023.

Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA); **Revista Arquitetura & Aço;** 2021; Disponível em: <https://www.cbca-acobrasil.org.br/site/noticia/o-sucesso-do-aco-na-construcao-civil> Acesso em 04 mai. 2023.

CHRISTOFARI, F. C. **LIGHT STEEL FRAME: PECULIARIDADES, DESAFIOS E AVANÇOS A PARTIR DA PUBLICAÇÃO DA NORMA BRASILEIRA DE LIGHT STEEL FRAME.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/26167/Christofari_Felipe_Clerici%20_2022_TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em 14 nov. 2022.

COELHO, D. S.; PEREIRA, A. da C. **Ligth Steel Framing: Desempenho Térmico.** TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 56p. 2018. Disponível em: http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/943/1/2018_1_TCC_Alex%20e%20Diego.pdf. Acesso em 05 set. 2023.

CONSTRUTORA SAN LUCAS. **Casa Modular em Steel Frame.** Disponível em: <https://construtorasanlucas.com.br/casa-modular-steel-frame/>. Acesso em 02 maio 2023.

CONSUL STEEL. **Construcción com steel framing: manual de procedimento.** Buenos Aires: Consul Steel, 2022, 127p. Disponível em: <http://consulsteel.com/wp-content/uploads/Manual-de-Procedimiento-Consul-Steel.pdf>. Acesso em 30 de janeiro de 2023.

CORTEZ, L. A. da R et al USO DAS ESTRUTURAS DE AÇO NO BRASIL. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - ALAGOAS, [S. l.], v. 4, n. 2,** p. 217, 2018. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/5215>. Acesso em: 3 dez. 2022.

DE CAMPOS, A. I. **Comparação Entre os Métodos de Dimensionamento de Perfis de Aço Formados a Frio Submetidos à Compressão de Acordo com a NBR 14762: 2010.** 2019 Disponível em: http://www.abperevista.com.br/imagens/volume19_02/cap03.pdf. Acesso em 07 dez. 2022

FACCO, I. R. **Sistema construtivos industrializados para uso em habitações de interesse social.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014. Disponível em: http://www.ct.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2014/TCC_ISABELA%20ROSSATTO%20FACCO.pdf. Acesso em 14 nov. 2022.

FARIAS, E. B. S.; GOMES, J. P. L.; MENDONÇA, F. C. **Análise comparativa dos sistemas construtivos em alvenaria convencional e light steel frame em habitação unifamiliar de interesse social.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Faculdade Internacional da Paraíba. 2022. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/26509>. Acesso em 12 dez. 2022.

HANDA, D. K. C.; FONTANINI, P. S. P. Barreiras de implementação do sistema light steel framing no Brasil. In: WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE PROCESSOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS, 2019. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 1–5. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/tecsic/article/view/394>. Acesso em: 14 nov. 2022.

KAMINSKI, J. J. **Construções de light steel frame.** Revista Técnica, 2006.

KLEIN, B. G; MARONEZI, V. **Comparativo orçamentário dos sistemas construtivos em alvenaria convencional, alvenaria estrutural e light steel frame para construção de conjuntos habitacionais.** 2013. 141 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

LIBRELOTTO, L. I.; FERROLI, P. C. M. **Light Steel Frame**, s.d. Virtuhab – UFSC. Disponível em: <https://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/light-steel-frame/>. Acesso em 27 set. 2023.

MACIEL, L. F. M; GAZINEU, F. C; SANTOS, M. L. dos. **Light steel framing: dimensionamento e concepção estrutural de um sobrado no df–estudo de caso.** 2021. Disponível em: https://repositorio.udf.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3148/1/TCC%20II%20-%20Luiz%20F_Felipe%20C_Marthus%20L.pdf Acesso em 08 out. 2023.

MELO, E. L. **Light Steel Frame, um método construtivo promissor para a construção civil no Brasil.** 2017. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

MINGIONE, C. M. **Produtividade na montagem de estruturas de aço para edifícios.** 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3153/tde-24062016-155713/publico/CaioMarranghellMingioneCorr2016.pdf> Acesso em: 29 maio 2023.

NAZÁRIO, K. T. **Análise estrutural do sistema *Light Steel Framing*: Influência dos Contraventamentos na Estrutura**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em: https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/1509/TCC_Karyna_Tancredo_Nazario%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em 11 set. 2023.

NOLLA, A. H. **Análise comparativa entre métodos construtivos residenciais em alvenaria convencional e *steel frame***. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/48820>. Acesso em 12 dez 2022.

OLIVEIRA, F. **Construção de residência em *Light Steel Framing*; Residência em *Light Steel Framing* em Ponta Grossa**. Acervo Invicta Engenharia. 2022.

OLIVEIRA, U. L.; CORREIA, L. S. **O Estudo dos métodos construtivos *Light Steel Framing***. 2022. Apresentado no Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC. Encontro Distrital do CREA-JR/DF e SENGE JOVEM/DF. Brasília, 2022.

PEDROSO, S. P. *et al.* Steel Frame na Construção Civil. *In*: 12º Encontro Nacional Cultural Interinstitucional. 2014. **Anais** [...]. Cascavel. 2014. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/upload/ecci/anais/559532ca64bc5.pdf>. Acesso em 14 nov. 2022.

PIOVESAN, T. R.; JASKULSKI, F. M.; SILVA, T. K. Análise do Sistema Light Steel Frame como alternativa para construções com melhor desempenho acústico. *In*: XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia. 2017. **Anais** [...]. Ijuí, 2017. Disponível em: <https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/cricte/article/view/8718>. Acesso em 11 set 2023.

Ponte Estaiada completa 10 anos; confira curiosidades sobre a obra da Zona Sul de SP. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/ponte-estaiada-completa-10-anos-confira-curiosidades-sobre-a-obra-da-zona-sul-de-sp.ghtml>>. Acesso em: 4 maio. 2023.

RADAVELLI, G. F. **Avaliação experimental da perda de transmissão sonora em paredes externas de *light steel frame***. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7873/RADAVELLI%2C%20GRAZIELLA%20FERRER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 11 set 2023.

RODRIGUES, F. C.; CALDAS, R. B. **Steel Framing: Engenharia**. 2ª ed. Centro Brasileiro de Construção em Aço (CBCA). Rio de Janeiro, 2016.

SANTIAGO, A.K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. **Steel framing: arquitetura**. 2. ed. Centro Brasileiro de Construção em Aço (CBCA). Rio de Janeiro. 2012.

STEEL FRAME BRASIL. **Porque o Steel Frame tem a melhor proteção contra umidade?** 4 Motivos! 2018. Disponível em: <https://steelframebrasil.com.br/porque-steel-frame-tem-a-melhor-protecao-contra-umidade/>. Acesso em 30 de janeiro de 2023.