



2024

Utilização de Light Steel Framing em residência – estudo de caso

Paulo Henrique Silva de Lima ^a; Christiane Areias Trindade ^b

^a Aluno de Graduação em Engenharia Civil, paulo_lima@ufms.br

^b Professora, Orientadora, Doutora, christiane.trindade@ufms.br

Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Av. Costa e Silva, s/nº | Bairro Universitário | 79070-900 | Campo Grande, MS, Brasil.

RESUMO

O sistema construtivo Light Steel Framing (LSF) utiliza perfis de aço galvanizado leve, formando uma estrutura leve e resistente, sendo um sistema muito inteligente, oferecendo em comparação com a alvenaria convencional, rapidez na construção, menor desperdício de materiais, melhor desempenho térmico e acústico, facilidade de manutenção e outros benefícios. Os perfis de aço galvanizado são dimensionados principalmente para suportar cargas provenientes do próprio peso e ação do vento. Neste artigo serão apresentados os conceitos básicos do *Light Steel Framing* aplicado em uma residência unifamiliar no município de Campo Grande, MS, Brasil explicando o processo construtivo desde o primeiro contato com o cliente, da elaboração do projeto estrutural e execução da fundação até a obra branca (obra sem acabamentos). O objetivo deste artigo é apresentar as considerações do projeto estrutural de Light Steel Framing, uma abordagem sobre as etapas da obra e os materiais utilizados para a construção de uma residência unifamiliar de 349,65 m², com dois pavimentos, localizada cidade de Campo Grande/MS. O sistema construtivo LSF mostrou-se uma solução viável e eficiente para a construção da residência estudada. Este estudo mostrou as considerações do projeto estrutural de Light Steel Framing, uma abordagem sobre as etapas da obra e os materiais utilizados.

Palavras-chave: *Light Steel Framing*; Perfis de aço galvanizado leve; sistema construtivo.

ABSTRACT

The Light Steel Framing (LSF) construction system employs lightweight galvanized steel profiles to form a robust and lightweight structure. This highly intelligent system offers numerous advantages over traditional masonry construction, including faster build times, reduced material waste, enhanced thermal and acoustic performance, and easier maintenance. The galvanized steel profiles are primarily sized to support loads from their own weight and wind forces. This article presents the fundamental concepts of Light Steel Framing as applied to a single-family residence in Campo Grande, MS, Brazil. It delves into the construction process from the initial client interaction, the development of the structural design, and the execution of the foundation to the shell stage (without finishes). The objective is to provide an in-depth analysis of the structural design considerations for a 349.65 m² two-story residence located in Campo Grande, MS, encompassing the construction phases and materials utilized. The LSF construction system has proven to be a viable and efficient solution for the construction of this residence. This study highlights the structural design considerations of Light Steel Framing, provides an overview of the construction stages, and outlines the materials employed.

Keywords: Light Steel Framing; Lightweight galvanized steel profiles; Construction system.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil está em constante evolução, buscando soluções inovadoras que melhorem o processo construtivo, e ofereçam qualidade e viabilidade econômica. Um método construtivo que vem ganhando destaque no cenário brasileiro é o Light Steel Framing (LSF), que utiliza

perfis de aço galvanizado como estrutura principal da edificação.

"Os produtos industrializados ou semi-industrializados, como as estruturas de aço, são concebidos para que, se empregados corretamente, tragam uma série de vantagens para o conjunto da obra, que podem facilmente reverter o custo final,

mesmo com um custo específico maior." (CBCA, 2008)

A industrialização da construção civil traz diversos benefícios como: produção em fábrica, agilidade, processos padronizados, maior qualidade, manutenção mais simples, menor desperdício, menor quantidade água e energia durante a execução e menor ruídos.

O método construtivo Light Steel Framing (LSF) é um sistema inteligente aplicado na construção civil. Seu custo pode ser considerado superior aos métodos tradicionais, porém as vantagens que esse sistema apresenta podem reverter esse cenário. Ao analisar obras comerciais, quanto mais rápido a obra é finalizada, mais rápido esse comércio obtém suas receitas, fato que pode ser decisivo comparado aos sistemas tradicionais.

"Em relação ao custo das estruturas de aço, é fato que em alguns casos o seu custo é maior do que o de outros sistemas, principalmente os sistemas ditos convencionais. Mas nem sempre um produto mais caro é menos adequado." (CBCA, 2008)

O sistema construtivo Light Steel Framing é bem definido, com etapas padronizadas. As principais etapas da obra são: pré-orçamento, projetos, orçamento analítico, serviços preliminares, locação da obra, fundação, estrutura, laje seca, cobertura, revestimento externo, revestimento interno, forro e impermeabilização.

O presente artigo tem como objetivo apresentar as considerações do projeto estrutural de Light Steel Framing, uma abordagem sobre as etapas da obra e os materiais utilizados para a construção de uma residência unifamiliar de 349,65 m², com dois pavimentos, localizada cidade de Campo Grande/MS.

O estudo realizado descreve com detalhes os materiais propostos pela NBR 16970, as considerações de projetos e o que foi realizado na execução, apresentando como funciona uma obra de Light Steel Framing.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

O Light Steel Framing é um sistema construtivo caracterizado pelo uso de perfis de aço galvanizado conformados a frio com paredes estruturais. Nesse sistema as ações são distribuídas em uma grande quantidade de elementos, com cada um deles responsável por suportar um pequeno esforço, e por esse motivo são materiais finos e leves, facilitando a

logística e montagem. O Light Steel Framing apresenta edificações leves, precisas, com rapidez de montagem e sustentabilidade. As estruturas são formadas por painéis modulares que compõem as paredes, lajes e coberturas, os quais são pré-fabricados e montados em campo. Este sistema é ideal para projetos que buscam eficiência no uso de materiais e uma construção limpa, com menor geração de resíduos.

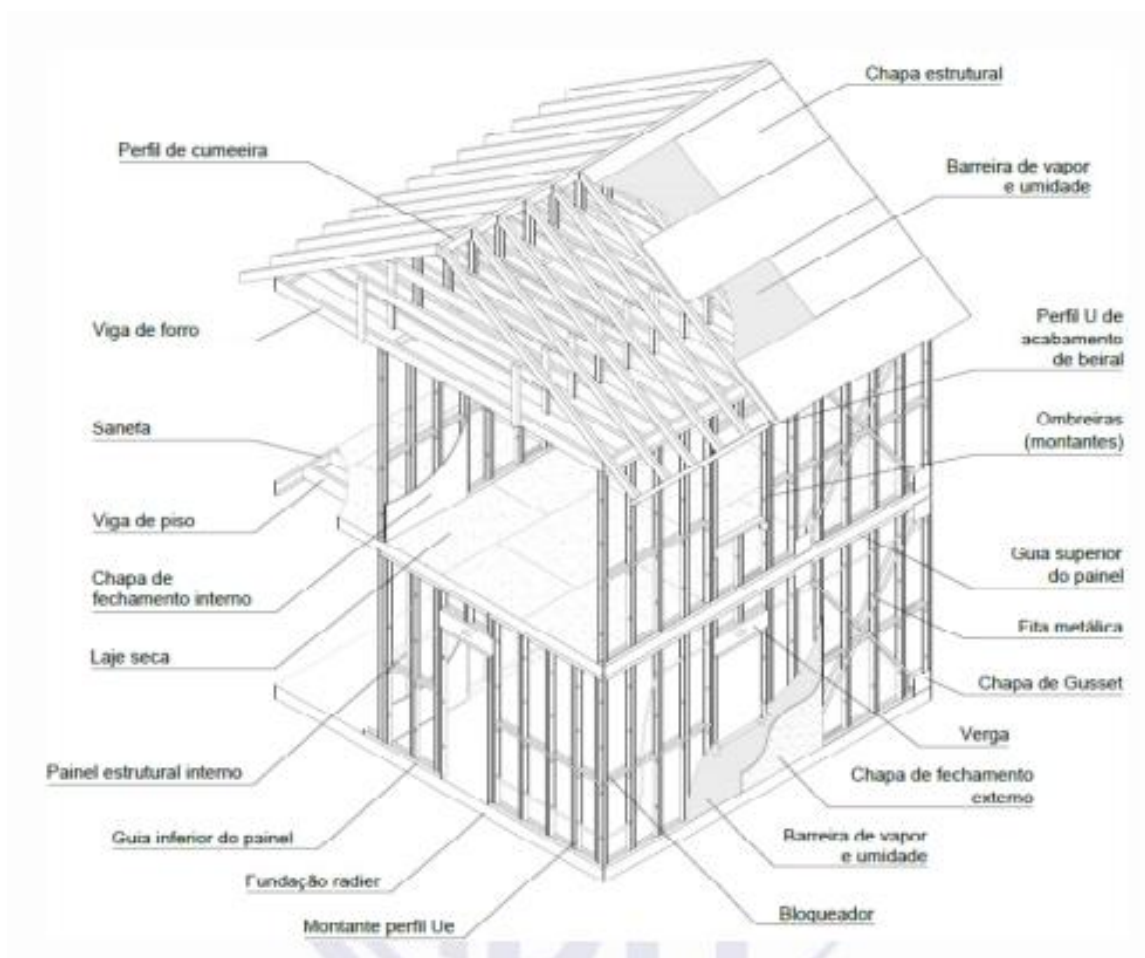
Esse método construtivo é aplicado em residências térreas, sobrados, escolas, hospitais, escolas, fachadas e muitos outros.

A NBR 16970-1 (ABNT, 2022) estabelece as diretrizes para a utilização do sistema Light Steel Framing em edificações, abordando os requisitos de dimensionamento, montagem e desempenho. Já a NBR 16970-2 (ABNT, 2022) trata especificamente do projeto estrutural, enquanto a NBR 16970-3 (ABNT, 2022) detalha as interfaces entre os sistemas. Além disso, outras normas complementares são a NBR 15253 (ABNT, 2014), que trata dos perfis de aço formados a frio para painéis reticulados, e a NBR 14762 (ABNT, 2010), que aborda o dimensionamento de estruturas constituídas por perfis formados a frio. A NBR 8800 (ABNT, 2008) também é relevante, pois trata do projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto em edificações.

Na Figura 1 são apresentados os principais componentes do sistema Light Steel Framing, a partir dos elementos básicos de uma residência de dois pavimentos com cobertura de duas águas construída com esse sistema. O primeiro elemento, de baixo para cima é a fundação do tipo radier, a qual geralmente é realizada com concreto armado. Acima do radier estão as paredes estruturais. Cada parede é um painel reticulado.

Apoiada nas paredes está a laje, que pode ser classificada como laje seca, úmida ou mista, e é formada pelo conjunto de vigas de piso e o substrato. As sanefas são vigas que encabeçam os painéis de lajes.

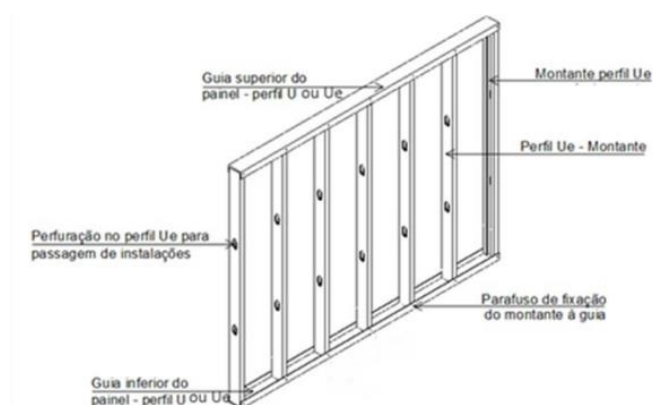
Figura 1 Componentes principais do sistema Light Steel Framing



Fonte: NBR 16970 (ABNT, 2022)

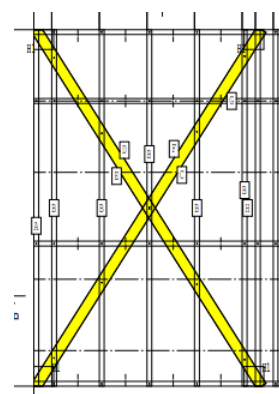
As paredes, lajes e coberturas são formadas por painéis reticulados. Como mostrado na figura 2, um painel reticulado é composto por: guia inferior, montantes a cada 40 ou 60 cm, bloqueador, reforços de aberturas, guia superior e treliças e/ou fitas de contraventamento (figura 3).

Figura 2 Painel reticulado



Fonte: NBR 16970 (ABNT, 2022)

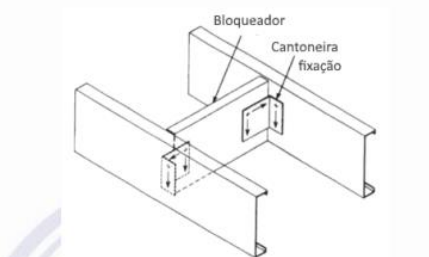
Figura 3 Fita de Aço Galvanizado



Fonte: Construtora, 2024

Os bloqueadores são perfis horizontais que ligam os montantes na região intermediária do painel, com função de contenção lateral. Esses perfis podem ser do tipo U ou do tipo U enrijecido. O bloqueador pode ser verificado na figura 4 .

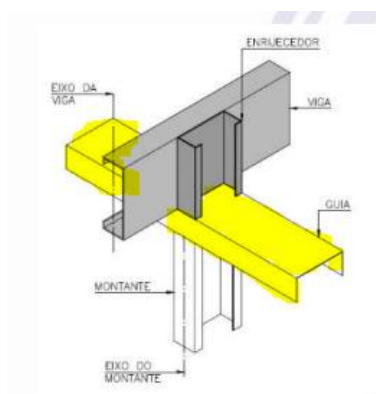
Figura 4 Bloqueador



Fonte: NBR 16970 (ABNT, 2022)

A guia, ilustrada na figura 5, são perfis horizontais que conectam os montantes no topo ou na base do painel. A seção utilizada é a tipo U simples ou enrijecida.

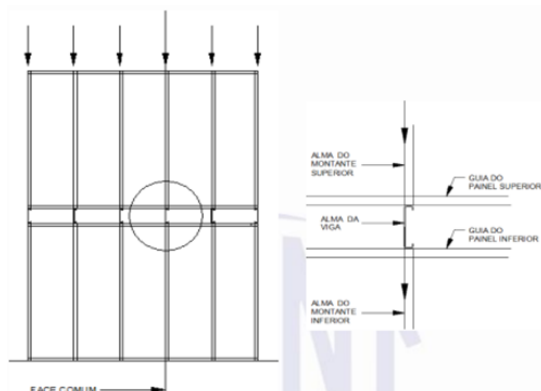
Figura 5 Guia



Fonte: NBR 16970 (ABNT, 2022)

Os painéis reticulados seguem o conceito in-line framing, apresentado na figura 6, onde os perfis são alinhados da base até o topo da edificação para melhor distribuição dos esforços solicitantes.

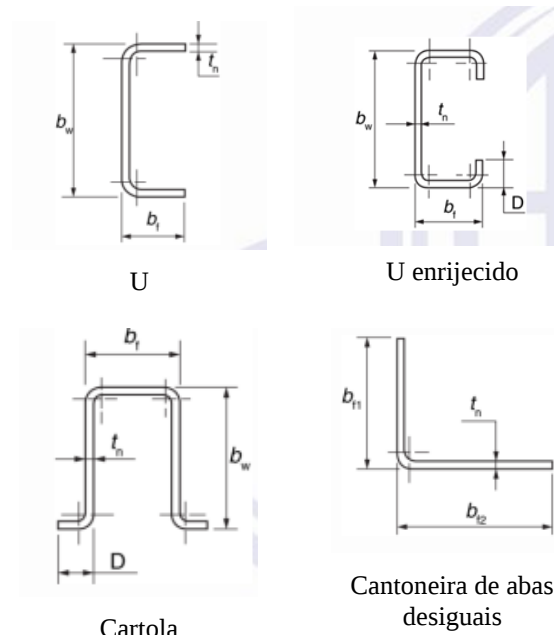
Figura 6 Representação do conceito in-line



Fonte: NBR 16970 (ABNT, 2022)

Os perfis podem ser do tipo U simples, U enrijecido, Cartola e Cantoneira com espessura entre 0,8 mm e 3,0 mm para Perfil U simples, Perfil U enrijecido e Cantoneira. Para o perfil Cartola, a espessura varia a partir de 0,65 mm, conforme apresentado na figura 7.

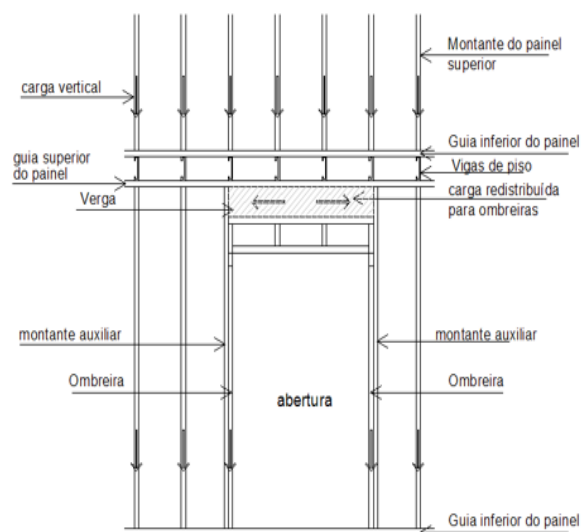
Figura 7 Perfis



Fonte: NBR 16970 (ABNT, 2022)

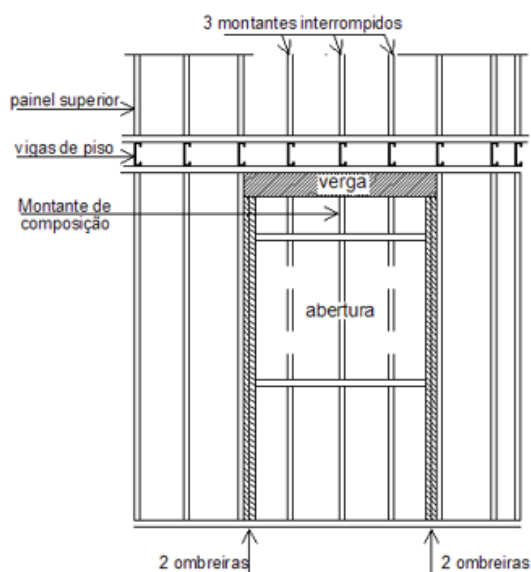
Quando se realiza abertura nos painéis, por exemplo para portas ou janelas, é necessário utilizar uma verga para distribuir as tensões, apoiadas verticalmente em ombreiras, que são perfis com seção U ou U enrijecido. As figuras 8 e 9 mostram abertura nos painéis para receberem portas e janelas.

Figura 8 Abertura no Pannel para Porta



Fonte: Construtora, 2024.

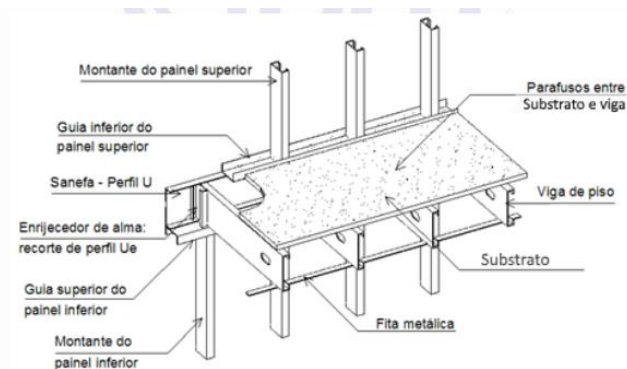
Figura 9 Abertura no Painel para janela



Fonte: Construtora, 2024.

A laje seca é um elemento utilizado como piso superior no sistema LSF. Geralmente é utilizada para construções com mais de um pavimento. Sua composição é apresentada na figura 10, onde há o encontro de elementos como viga de piso, Sanefa, guia, montantes, enrijecedores, fitas métricas e o substrato.

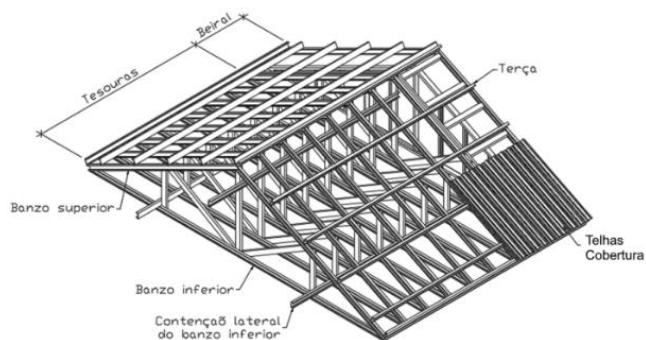
Figura 10 Laje seca



Fonte: NBR 16970 (ABNT, 2022)

A cobertura, conforme figura 11, é formada por treliças ou tesouras com espaçamento entre 1,2m e 1,8 metros. Perpendicular às treliças, acima do banzo inferior e abaixo do banzo superior, há perfis de travamentos. Acima das treliças há terças, e perfis de cumeeira, onde serão apoiadas as telhas.

Figura 11: Cobertura



Fonte: NBR 16970 (ABNT, 2022)

O revestimento interno pode ser constituído por diversas soluções construtivas, entre elas, para área seca: gesso acartonado, *Placa OSB (Oriented Strand Board)*, membrana hidrófuga, tela poliéster e massa cimentícia do tipo *Base Coat*. Para área molhada, podem ser utilizados: gesso acartonado com resistência à umidade ou placa cimentícia, *Placa OSB (Oriented Strand Board)*, membrana hidrófuga, tela poliéster e massa cimentícia do tipo *Base Coat*.

Toda a estrutura é envelopada com uma membrana hidrófuga, a qual permite passagem de vapor e faz bloqueio de água no estado líquido. No caso da figura 1, de *Telhado Shingle*, a cobertura também é envelopada.

A figura 12 representa os requisitos mínimos da *Placa OSB (Oriented Strand Board)*, segundo a 16970 (ABNT, 2022). A figura 13 ilustra as *Placas de Drywall*, que devem atender aos requisitos estabelecidos, conforme a ABNT NBR 14715-1.

A figura 14 representa os requisitos mínimos para o revestimento basecoat e a figura 15 para a membrana hidrófuga

Figura 12: Requisitos para a *Placa OSB (Oriented Strand Board)*

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 0325-16
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 %			ASTM D 3345-17
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			
Fungos emboladores e apodrecedores	Perda de massa ≤ 24 %			ASTM 2017-05

Fungos emboladores 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 na CSA 0325-16 e EN 300.

Fonte: NBR 16970 (ABNT, 2022)

Figura 13: Requisitos para *Placas de Drywall*

Características físicas e mecânicas		Dimensões			Métodos de ensaio
		Espessura da chapa mm			
		9,5	12,5	15,0	
Densidade superficial de massa kg/m ²	Limite mínimo	6,5	8,0	10,0	ABNT NBR 14715-2:2021, Anexo B
	Limite máximo	8,5	12,0	14,0	
	Varição máxima em relação à média das amostras de um lote	± 0,5			
Resistência mínima média à ruptura na flexão N (nenhum valor individual pode ser inferior a 10 % dos valores mínimos especificados)	Longitudinal ^a	400	550	650	ABNT NBR 14715-2:2021, Anexo C
	Transversal ^b	160	210	250	
Dureza superficial determinada pelo diâmetro máximo da massa mm		20			ABNT NBR 14715-2:2021, Anexo E
Absorção máxima de água para chapa resistente à umidade (RU) %		5			ABNT NBR 14715-2:2021, Anexo D

^a Amostra com a face da frente virada para baixo. Carga aplicada na face do verso.
^b Amostra com a face da frente virada para cima. Carga aplicada na face da frente.

Fonte: NBR 14715-1 (ABNT, 2021)

Figura 14: Requisitos para o “Basecoat”

Tabela 11 – Requisitos mínimos para revestimentos de basecoat

Propriedades	Unidade	Métodos de ensaio	Critério
Densidade de massa no estado fresco	kg/m ³	ABNT NBR 13278	^a
Retração	%	ABNT NBR 15261	até 10
Resistência à tração na flexão	MPa	ABNT NBR 13279	≥ 2,0
Resistência à compressão	MPa	ABNT NBR 13279	≥ 5,5
Resistência potencial de aderência à tração	MPa	ABNT NBR 15258	≥ 0,3
Absorção de água por capilaridade (C 24 h)	g/(dm ² .min ^{0,5})	ABNT NBR 15259	^a
Retenção de água	%	ABNT NBR 13277	> 95 %
Densidade de massa no estado endurecido	Kg/m ³	ABNT NBR 13280	^a

Fonte: NBR 16970 (ABNT, 2022)

Figura 15: Requisitos para a membrana hidrófuga

Tabela 16 – Requisitos mínimos para membrana de barreira de vapor e umidade

Especificação		Requisito	Métodos de ensaio
Resistência à tração ^b	Direção longitudinal	Mínimo 178 N	ASTM E 2556/ E 2556M-10
	Direção transversal	Mínimo 156 N	
Barreira impermeável ao vapor d'água		Permeância ≤ 0,1 perm ^a	-
Barreira permeável ao vapor d'água		Permeância ≥ 5 perm ^a	ASTM E 2556/ E 2556M-10
Impermeabilidade à água		Não pode haver formação de gotas de água na face oposta à face exposta à coluna de água de 55 cm de altura por um período de 5 h.	-

^a 1perm = US perm = 57,2 ng/(s.m².Pa).
^b requisito apenas para mantas pré-fabricadas.

Fonte: NBR 16970 (ABNT, 2022)

O revestimento externo pode ser constituído por diversas soluções construtivas, entre elas: *Placa OSB (Oriented Strand Board)*, placa cimentícia, membrana hidrófuga, tela poliéster e massa cimentícia do tipo *Base Coat*. Uma outra alternativa para revestimento externo: *Placa OSB (Oriented Strand Board)*, *Placa Glassmat*, membrana hidrófuga, tela poliéster e massa cimentícia do tipo *Base Coat*

A figura 16 ilustra os requisitos mínimos para a *Placa Glassmat*

Figura 16: Requisitos para *Placa Glassmat*

ABNT NBR 16970-1:2022

Tabela 6 – 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
Varição 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.				

Fonte: NBR 16970 (ABNT, 2022)

Para garantir o desempenho exigido pela norma NBR 15575 (ABNT, 2013), são empregados materiais para garantir desempenho termoacústico. Um deles é a lã de vidro, contida no núcleo das paredes e nos forros. Ela possui desempenho térmico e acústico, além disso um requisito muito importante é a lã ser incombustível. Seus requisitos estão previstos na tabela 15 da NBR 16970:1 (ABNT, 2022) e foi representado na figura 17.

Figura 17: Requisitos para a Lã de Vidro

Tabela 15 – Requisitos e métodos de ensaio – Lã de vidro			
Especificação	Requisito		Métodos de ensaio
Análise dimensional	Comprimento	± 3 % em relação ao valor nominal informado	ABNT NBR 11356
	Largura	De -1 % até + 2,5 % em relação ao valor nominal informado	
	Espessura	-10 % em relação ao valor nominal informado / variação positiva permissível sem restrições	
Massa específica aparente (MEA)	± 15 % em relação ao valor nominal médio informado		ABNT NBR 11356
Absorção de umidade	≤ 5 % do peso bruto do produto		ASTM C 1104M
Contribuição para a corrosão do aço	O feltrolã em contato com o perfil de aço galvanizado não pode contribuir para a ocorrência de corrosão vermelha após 360 h de exposição em câmara de névoa salina neutra		ASTM C 665
Resistência à tração longitudinal	Resistência mínima de duas vezes o valor médio do feltrolã de vidro em seu tamanho original instalado entre montantes		EN 13162
Condutividade térmica	≤ 0,049 W/mK para a temperatura de 24 °C		ASTM C 518
Reação ao fogo incombustível	Incombustibilidade		ASTM E 96

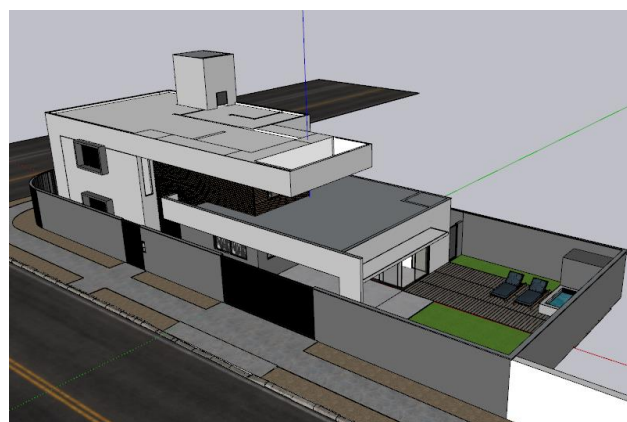
Fonte: NBR 16970 - 2022

3. METODOLOGIA

Para o presente estudo, a metodologia utilizada para o estudo de caso foi análise dos materiais utilizados da execução, das considerações de projetos, da análise do projeto estrutural de Light Steel Framing (Caderno de montagem, Locação dos painéis e modelo BIM) e do projeto Arquitetônico e comparação com os procedimentos e materiais propostos pela NBR 16970 (ABNT, 2022).

A edificação estudada nesse artigo foi uma residência unifamiliar, com 2 pavimentos e uma área de 349,65 m² no município de Campo Grande – MS, conforme a figura 18.

Figura 18 Imagem da residência



Fonte: Construtora, 2024.

No Anexo A são apresentadas as plantas baixas do pavimento térreo e superior.

4. Resultados

O modelo adotado pela construtora para execução da obra em Light Steel Framing segue etapas com uma ordem bem definida. A seguir será descrita cada etapa.

4.1 Orçamento Inicial

Depois do primeiro contato com o cliente faz-se o orçamento inicial para a obra. É de suma importância nessa fase que o cliente tenha o projeto arquitetônico para que o orçamento inicial seja realizado.

4.2 Projetos

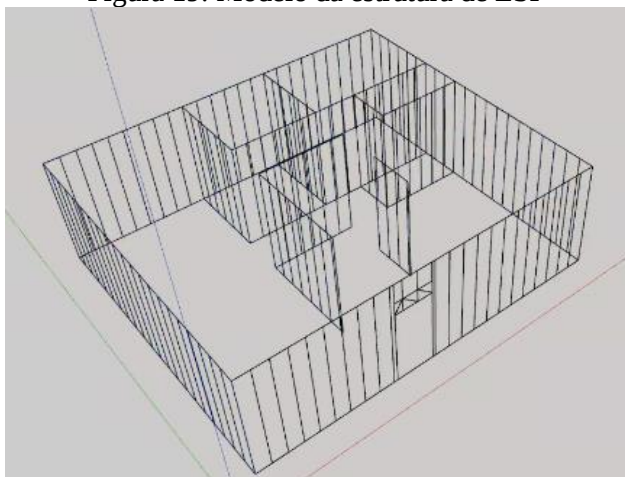
Inicialmente são elaborados os projetos para a obra Branca (obra sem acabamentos): projeto de fundação,

projeto estrutural do Light Steel Fram, projeto de instalações elétricas e projeto de instalações hidrossanitárias. Os projetos de instalações elétricas e hidrossanitárias são semelhantes ao de obras convencionais, com o cuidado que a parede de Light Steel Framing pode ter uma espessura menor. Os Projetos de Instalações elétricas e hidráulicas devem ser compatibilizados com os demais projetos. A seguir serão detalhados os projetos estrutural e de fundação.

4.2.1 Projeto Estrutural

O projeto estrutural é realizado conforme o projeto arquitetônico e primeiramente é definido o modelo chamado de “Máscara”, o qual será importado para um software de dimensionamento estrutural e verificadas as demandas de cargas e capacidade dos perfis. A figura 19 apresenta um exemplo de modelo de “Máscara”.

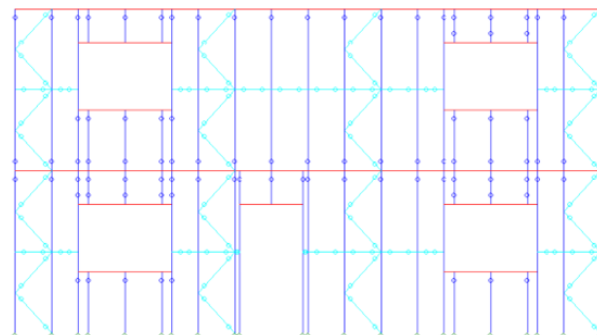
Figura 19: Modelo da estrutura de LSF



Fonte: Construtora, 2024.

Após a definição do modelo, a análise é feita por meio de um *software* de concepção e processamento da estrutura. São definidas as vinculações e são acrescentados elementos faltantes ao modelo. A figura 20 ilustra a concepção estrutural utilizada para um painel de LSF.

Figura 20 : Concepção estrutural para um painel de LSF



Fonte: Construtora, 2024.

Na figura 20, percebe-se a grande quantidade de rótulas contidas no painel de LSF, e também é possível observar treliças na composição dos painéis. A função da treliça é de contraventamento. A construtora adota pelo menos uma treliça, sendo em alguns casos acrescido um sistema de contraventamento utilizando fitas por painel.

Após realizada a concepção estrutural é necessário inserir as ações, que podem ser separadas em: permanentes (provinha do peso próprio da estrutura e dos revestimentos) e variáveis (vento e sobrecarga).

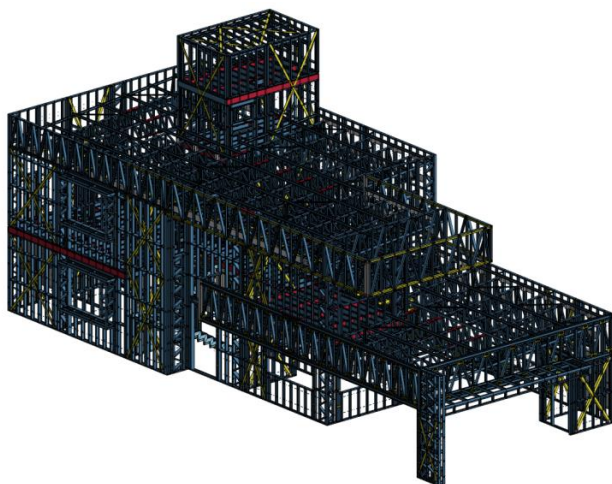
Realizado o lançamento das ações é necessário combiná-las para obter as solicitações de cálculo, e a partir daí, escolhem-se os perfis com a resistência necessária, atendendo os estados limites últimos e o estado limite de serviço.

Os estados limites últimos verificados para o perfil sob compressão são: flambagem global (flexão, torção e flexo-torção), flambagem local e flambagem distorcional. Para perfis sob tração são verificados: escoamento da seção bruta, ruptura da seção líquida na região de ligação e fora da região de ligação. Para perfis sob ação de esforço cortante são verificados força cortante totalmente resistida pela alma do perfil e instabilidade local por cisalhamento. Os efeitos de segunda ordem também devem ser verificados.

Para o estado limite de serviço são verificadas as deformações dos perfis.

O dimensionamento dos perfis segue os métodos de estados limites da NBR 14762 (Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio). A figura 21 apresenta modelo estrutural de Light Steel Framing para a casa estudada.

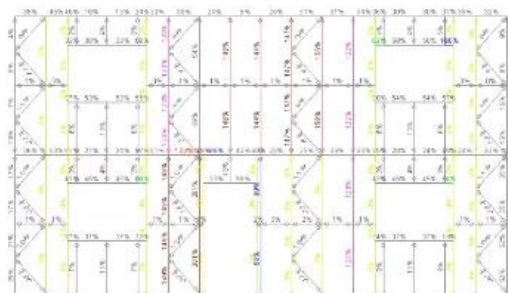
Figura 21: Modelo BIM do sistema Light Steel Framing



Fonte: Construtora, 2024.

Após o processamento da estrutura, o software apresenta a porcentagem de resistência de cada perfil utilizada. Não deve haver porcentagem acima de 100%, mas se houver, é necessário trocar o perfil ou refazer a concepção. A figura 22 apresenta um exemplo do processamento de um painel.

Figura 22 : Processamento da estrutura



Fonte: Construtora, 2024.

Depois de processada a estrutura é gerado o caderno de montagem, onde há os detalhes para montagem de cada painel e o projeto de locação, para locar os painéis, conforme anexo B e C, respectivamente.

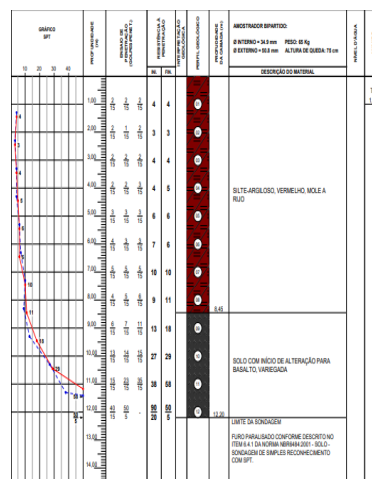
O projeto arquitetônico precisa ser realizado conforme as medidas da parede do sistema de Light Steel framing.

O projeto estrutural precisa atender os requisitos da NBR 16970, NBR 15253, NBR 14762, ABNT NBR 8800:2008 e NBR 15575. Além disso, o projeto estrutural deve apresentar o caderno de locação dos painéis e o caderno de montagem, de forma detalhada, para que os montadores não tenham dúvidas durante a execução.

4.2.2 Projeto de Fundação

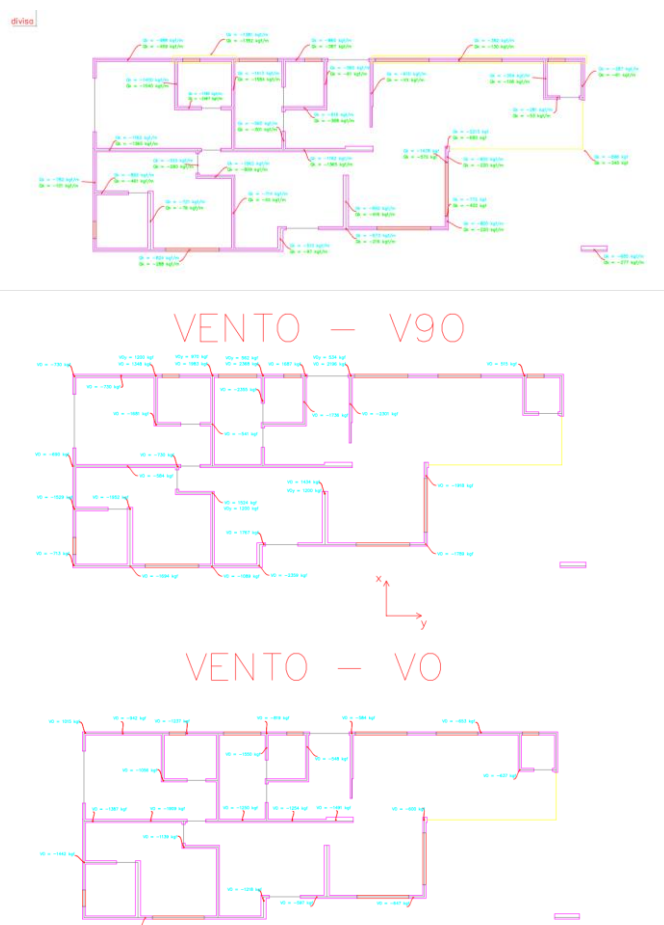
Com base na análise da sondagem do solo (Figura 23) e no Mapa de Carga (Figura 24), obtido a partir do projeto estrutural, foi desenvolvido o projeto de fundação.

Figura 23: Sondagem



Fonte: Construtora, 2024.

Figura 24: Mapa de Carga



Fonte: Construtora, 2024.

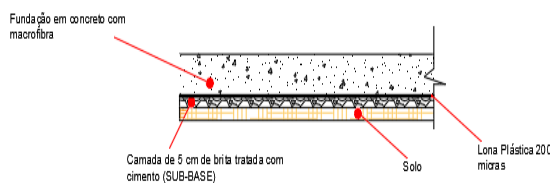
Após o estudo das solicitações e da capacidade admissível do solo, bem como do coeficiente de recalque vertical (kv), foi projetado um radier de concreto com a adição de macrofibra sintética estrutural, conforme ilustrado na Figura 25 e esquema da figura 26. Ao longo de todo o perímetro do radier, foi executada uma viga de borda em concreto armado e vigas internas de concreto armado, dividindo o radier em várias lajes.

Figura 25: Dimensionamento em Fibra Sintética Estrutural



Fonte: Construtora, 2024.

Figura 26: Esquema da fundação radier



Fonte: Próprio autor, 2024.

O projeto de fundação só deve ser realizado após o mapa de carga disponibilizado no projeto estrutural.

4.3 Orçamento Analítico

A partir dos projetos o orçamento inicial é melhorado, há um estudo dos quantitativos de materiais, mão de obra e equipamentos, do lucro esperado e a partir daí é disponibilizado ao cliente uma proposta comercial final.

4.4 Execução

Depois dos projetos, e a partir do orçamento da obra, é realizado um cronograma físico-financeiro para o planejamento da obra. As principais etapas da execução aplicadas no sistema construtivo Light Steel Framing serão apresentadas a seguir.

4.4.1 Serviços preliminares

Inicialmente foram providenciados os serviços preliminares: recolhimento de ART, colocação de placa de obra, locação de container, caçamba e andaimes

4.4.2 Locação convencional de obra

Na etapa de locação da obra foi executado o gabarito, a partir do projeto do radier, composto principalmente por madeira, pregos e linhas.

4.4.3 Execução da Fundação

Depois de realizada a locação da obra e regularizada a superfície, foram inseridos na área do radier a lona plástica de 200 micras e uma camada de 5 cm de brita. Depois foi executada a concretagem do radier, respeitando o projeto de fundação. A figura 27 representa o radier antes da concretagem e a figura 28, durante a concretagem.

A ancoragem da estrutura no radier é feita por meio de parafusos parabolt Parabolt 3/8" x 3.3/4" (Figura 29), que são posicionados nos perímetros dos painéis com espaçamento de 1200 mm.

Figura 27: Radier antes da Concretagem



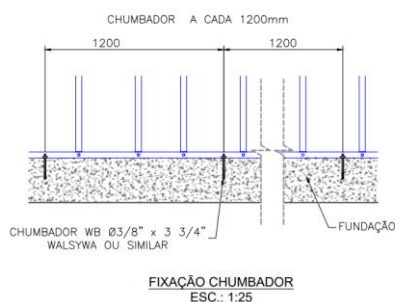
Fonte: Construtora, 2024.

Figura 28: Radier durante a Concretagem



Fonte: Construtora, 2024.

Figura 29: Parabolt 3/8" x 3.3/4"



Fonte: Construtora, 2024.

4.4.4 - Estrutura

Nas paredes foram utilizados perfil U enrijecido 90 x 41 x 0,95 mm e/ou perfil U enrijecido 140 x 41 x 0,8 mm com espaçamento de 400 mm, conforme ilustrado na figura 30.

Figura 30: Pannel reticulado na Obra



Fonte: Construtora, 2024.

A massa mínima de revestimento utilizada nos perfis da estrutura é de 275 g/m² por se tratar de um ambiente urbano.

Os perfis de aço são do tipo engenheirados, ou seja, já possuem todos os recortes e furações necessárias para montagem. Os perfis são agrupados conforme a composição do painel, e é enviado à obra. A montagem é realizada in loco, os painéis são montados no chão e depois içados até sua posição de projeto, conforme o caderno de locação.

A figura 31 demonstra a aplicação do conceito in-line framing, com perfis alinhados da base ao topo.

Figura 31: Aplicação do conceito in-line



Fonte: Construtora, 2024.

A figura 32 destaca a aplicação do bloqueador no painel, onde foi utilizado perfil U enrijecido 90 x 41 x 0.95 mm.

Figura 32: Bloqueador aplicado no painel



Fonte: Construtora, 2024.

figura 33 é destacado a guia inferior do painel, onde foi utilizado perfil U enrijecido 90 x 41 x 0,95 mm.

Figura 33: Aplicação da Guia no Painel reticulado



Fonte: Construtora

A fita de aço galvanizado, ilustrada na figura 34, possui a função de contenção lateral, para restringir ou minimizar deslocamentos e distorção do painel do sistema Light Steel Framing. Suas dimensões são definidas conforme o projeto estrutural, sendo utilizada nas paredes a fita com dimensões 90 x 0,95 x 15000 mm, com resistência ao escoamento de 230 Mpa e revestimento Zincado por imersão a quente de 275 g/m².

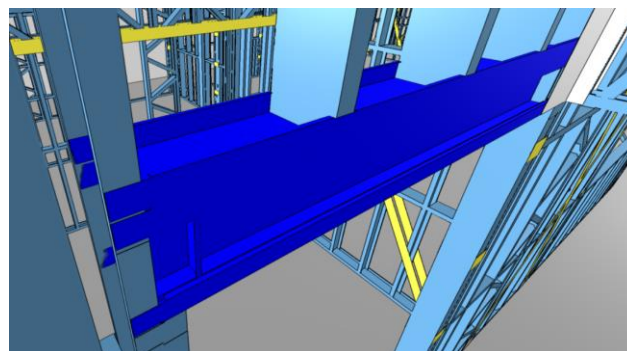
Figura 34 Fita de aço galvanizado para contraventamento



Fonte: Construtora, 2024.

A figura 35 demonstra o reforço para uma abertura de porta, com a colocação de verga sobre a abertura.

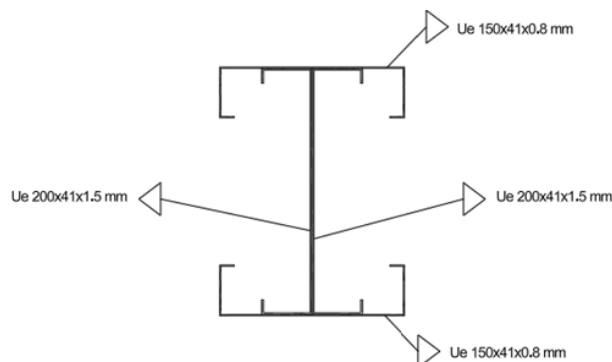
Figura 35: Reforço de abertura



Fonte: Construtora, 2024.

A verga da abertura representado na figura 35 é formada por uma “Viga tubo”, composta por perfil U enrijecido conforme seção transversal da figura 36.

Figura 36: Viga tubo



Fonte: Próprio Autor, 2024.

A laje que foi executada é a laje mista, que tem uma parcela seca, composta por *Painel Wall* de 40 mm e uma parcela úmida, composta por uma camada de 50 mm de contrapiso estruturado.

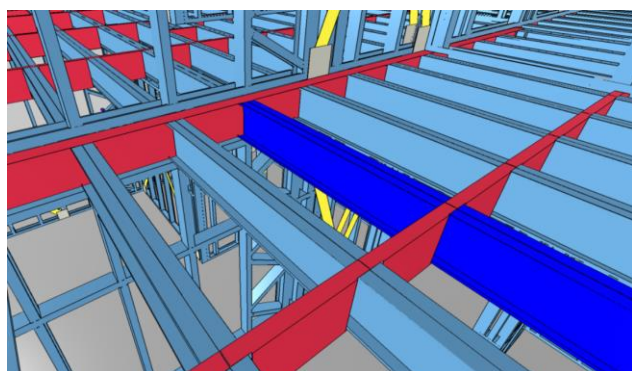
As vigas de piso, mostradas na figura 37 e 38, são formadas por dois perfis “Back to Back” ou “Costa para Costa” Ue 200 x 41 x 1,5 mm com espaçamento de 400mm. As sanefas, formadas por perfil U 200 x 41 x 1 mm, representada em vermelho na figura 39, encabeçam as vigas de piso. Esses elementos também seguem o conceito do in-line frame, com as vigas de piso alinhadas com os montantes do painel que apoia a laje.

Figura 37: Laje Mista– vista inferior



Fonte: Construtora, 2024.

Figura 38: Pannel de laje



Fonte: Construtora, 2024.

Na estrutura das vigas de piso é apoiado o substrato da laje, que na obra foi utilizado o *Painel Wall* 40 x 1200 x 2500 mm. Acima desse substrato, foi executada uma camada de 50 mm de contrapiso estruturado com malha 4,2 mm e espaçamento 15 x 15 cm. A laje foi impermeabilizada com lona plástica de espessura de 200 micras preta, e nas juntas do *Painel Wall* foi aplicado selante de poliuretano para receber a camada de contrapiso estruturado. A escolha da laje mista ocorreu por esta possuir vantagens, tais como:

melhor conforto térmico, acústico e de vibração e maior resistência.

O conjunto da laje mista forma um diafragma rígido, contribuindo para restringir deslocamentos. A ligação entre a laje e os dois pavimentos foi realizada com barra rosca.

A figura 39 ilustra a vista superior do *Painel Wall*.

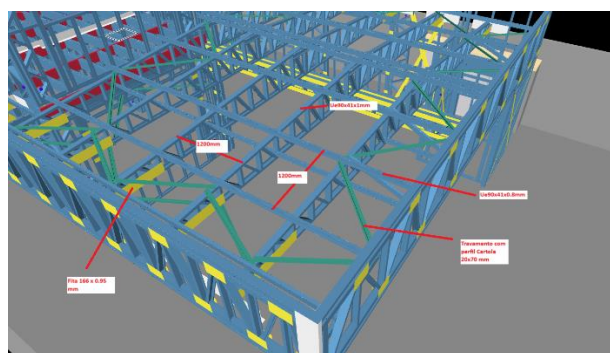
Figura 39: *Painel Wall* – vista superior



Fonte: Construtora, 2024

A cobertura do sistema Light Steel Framing foi executada com tesouras, com perfil Ue 90 x 41 x 0,95 mm, também seguindo o conceito do in-line frame, com espaçamentos de 1200 mm. Para as terças foram utilizados perfil Ue90x41x0.8mm, com espaçamento de 1200 mm. Para travamento da tesoura optou-se pelo perfil cartola 20 x 70 mm. As tesouras ajudam a travar globalmente a estrutura. A figura 40 representa a cobertura do térreo no modelo BIM e a figura 41 a execução.

Figura 40: Modelo 3D da cobertura do térreo.



Fonte: Construtora, 2024.

Figura 41: Cobertura durante a execução



Fonte: Construtora, 2024.

A telha utilizada na cobertura foi a telha termoacústica sanduíche, apresentada na figura 42.

Figura 42: Telhas



Fonte: Construtora, 2024.

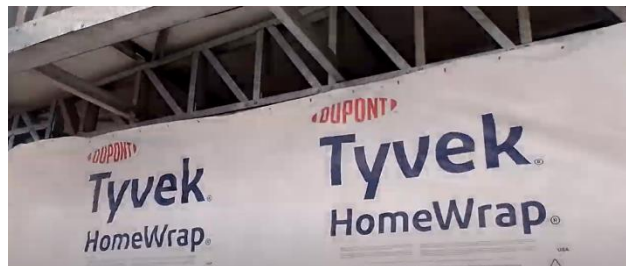
A estrutura deve ser bem travada tanto para os perfis quanto nos plaqueamentos, de forma a gerar para cada painel um comportamento de diafragma rígido. Os documentos técnicos, incluindo cadernos de montagem e projetos de locação, foram elaborados com o nível de detalhamento necessário, garantindo a correta execução das etapas construtivas. As especificações dos materiais e os cortes necessários estavam devidamente indicados, facilitando a execução das tarefas.

A construção no sistema construtivo Light Steel Framing, por ser um sistema semi-industrializado ou industrializado, apresenta maior planejamento, sendo assim não é possível fazer adequações improvisadas para resolver problemas durante a fase de execução. Por exemplo, se uma peça não for produzida na medida correta, não se encaixará no painel.

4.4.5 Revestimento Externo

A estrutura de Light Steel Framing foi envelopada com membrana hidrófuga (manta ou membrana impermeável a água no estado líquido e permeável ao vapor da água) após envelopado conforme ilustrado na figura 43

Figura 43: Membrana Hidrófuga



Fonte: Próprio autor, 2024

Acima da membrana Hidrófuga foram utilizadas Placa Glassmat que é uma placa de gesso com fibra de vidro, representada na figura 44.

Figura 44: Revestimento externo com Placa Glassmat

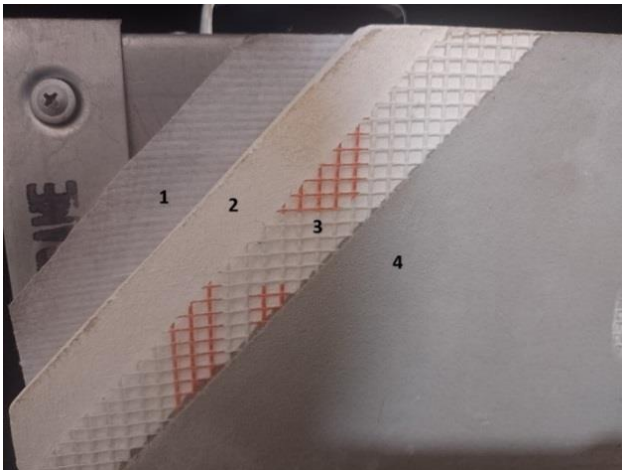


Fonte: Construtora, 2024.

A Placa Glassmat, possui facilidade na execução, com seus recortes feitos por estilete, e é uma placa leve. Essa placa está de acordo com as especificações contidas na tabela 6 da NBR 16970-1 (ABNT, 2022). É necessário realizar o tratamento de juntas entre as placas. A Placa Glassmat é revestida por uma argamassa cimentícia específica juntamente com a fita telada.

As camadas do revestimento externo utilizado também foram apresentadas na figura 45. Onde 1 representa a membrana hidrófuga, 2 a Placa Glassmat, 3 a tela de poliéster e 4 massa cimentícia basecoat.

Figura 45: Camadas do revestimento externo



. Fonte: Próprio autor, 2024

4.4.6 Isolantes Térmicos (Núcleo)

Para garantir o desempenho exigido pela norma NBR 15575 (ABNT, 2013), são empregados materiais para garantir desempenho termoacústico. Um deles é a lã de vidro, contida no núcleo das paredes e nos forros, como mostra a figura 46.

Ela possui desempenho térmico e acústico, além disso um requisito muito importante é a lã ser incombustível. Para isso, a lã de vidro deve preencher o vão contido nos painéis, assim como representado na figura 46.

Figura 46: Lã de Vidro



Fonte: Construtora, 2024.

4.4.7 Revestimento interno

No revestimento interno foi utilizada uma *Placa OSB (Oriented Strand Board)* HOME PLUS 9,5 x 1200 x 2400mm, conforme requisitos da tabela 7 da NBR 16970:1 (ABNT, 2022). Sobre a *Placa OSB (Oriented Strand Board)* foi utilizada chapa de gesso ST (2400x1200x12,5mm) para ambientes secos. A placa de Gesso ST está mostrada na figura 47.

Figura 47: Revestimento interno com placa de gesso



Fonte: Construtora, 2024.

Nas áreas molháveis (parede da cozinha) e molhadas (boxe do banheiro, lavanderia) foi utilizada uma *Placa OSB (Oriented Strand Board)* home plus 9,5 x 1200 x 2400mm e chapa de gesso RU (2400x1200x12,5mm), que é uma chapa verde resistente a umidade. Na figura 48 é apresentado a placa de gesso RU.

Figura 48: Placa RU



Fonte: Construtora, 2024.

É necessário realizar o tratamento de juntas entre as placas com fita telada e revestimento com massa *Base Coat*.

4.4.8 Forro

No forro, apresentado na figura 49, foi aplicada chapa de gesso ST 1800x1200x12,5 mm, chapa branca nas áreas secas e chapa de gesso RU 1800x1200x12,5 mm, chapa verde, resistente a umidade nas áreas molhadas. No forro também foi utilizada lâ de vidro para desempenho termoacústico.

Figura 49: Forro



Fonte: Construtora, 2024.

4.4.9 Impermeabilização

Nas áreas molhadas, foi feita impermeabilização com revestimento impermeabilizante à base de cimentos especiais, aditivos minerais e polímeros. Nos

banheiros foi impermeabilizada toda a área de piso, e em paredes, até 20 cm acima dos pontos hidráulicos, chuveiros e torneiras. Nas áreas secas do pavimento superior, as paredes foram impermeabilizadas até a altura de 40 cm.

5. CONCLUSÃO

Este estudo de caso apresentou uma descrição abrangente sobre a utilização do sistema construtivo Light Steel Framing (LSF) em uma residência unifamiliar localizada em Campo Grande, MS. Foram abordados os conceitos básicos, as etapas de projeto e do processo construtivo, assim como comparações entre o previsto na NBR 16970 (ABNT, 2022) e o que foi aplicado na obra estudada. Foi apresentado como a estrutura de Light Steel Frame precisa ser bem detalhada, com a elaboração do caderno de locação e caderno de montagem, seguindo a rigor o que foi proposto no projeto estrutural. Todos os materiais utilizados devem seguir a NBR 16970 (ABNT, 2022), para que não haja patologias. Todos os projetos necessitam serem compatibilizados para evitar surpresas na execução.

6. AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Universidade Federal do Mato Grosso do Sul por oferecer excelente capacitação, com professores altamente qualificados e dispostos a formar bons profissionais. Em especial a professora Christiane Areias Trindade pelas excelentes aulas e pela orientação. Agradeço a minha família por me apoiar durante a graduação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800**: projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 14715-1**: chapas de gesso para drywall. Parte 1: requisitos. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 14762**: dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 15253**: perfis de aço formados a frio com revestimento metálico para painéis reticulados em edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 15575**: edificações habitacionais — desempenho. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 16970-1**: sistemas construtivos de paredes delgadas de aço formadas a frio – Parte 1: Projeto de estruturas de aço. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 16970-2**: sistemas construtivos de paredes delgadas de aço formadas a frio – Parte 2: Montagem e detalhamento. Rio de Janeiro, 2022.

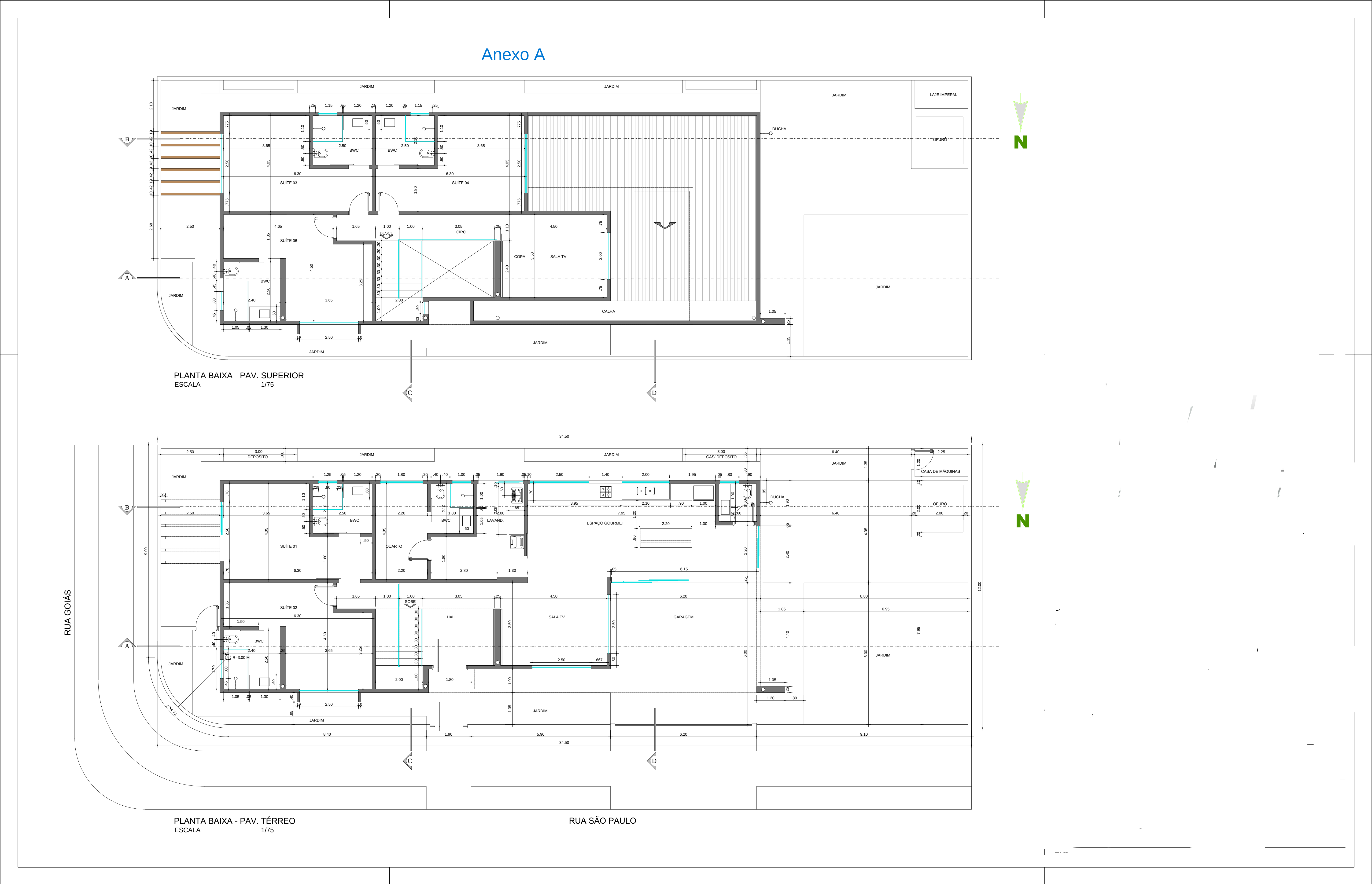
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 16970-3**: sistemas construtivos de paredes delgadas de aço formadas a frio – Parte 3: Desempenho. Rio de Janeiro, 2022.

CBCA - Centro Brasileiro da Construção em Aço. **Steel Framing**: Engenharia - Manual de Construção em Aço. Rio de Janeiro CBCA, 2016.

Espaço Smart. Painel Wall. Disponível em: <https://www.espacosmart.com.br/painel-wall-40-x-120-x-2500-mm--3m%C2%B2-/p?skuId=360>. Acesso em 02 de Novembro de 2024.

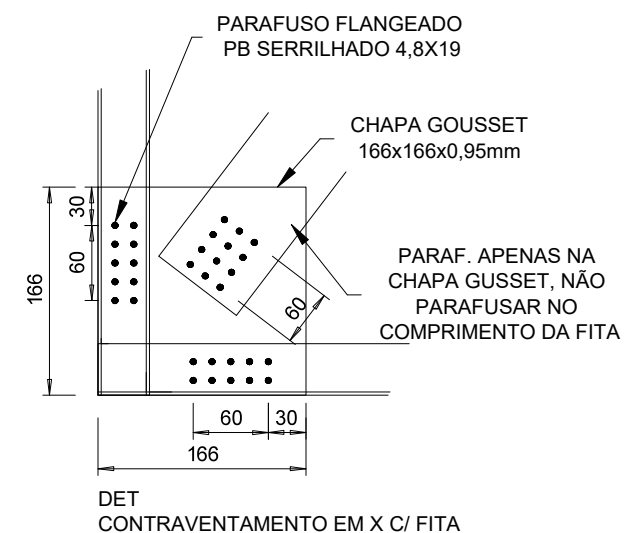
8. Termos e Definições

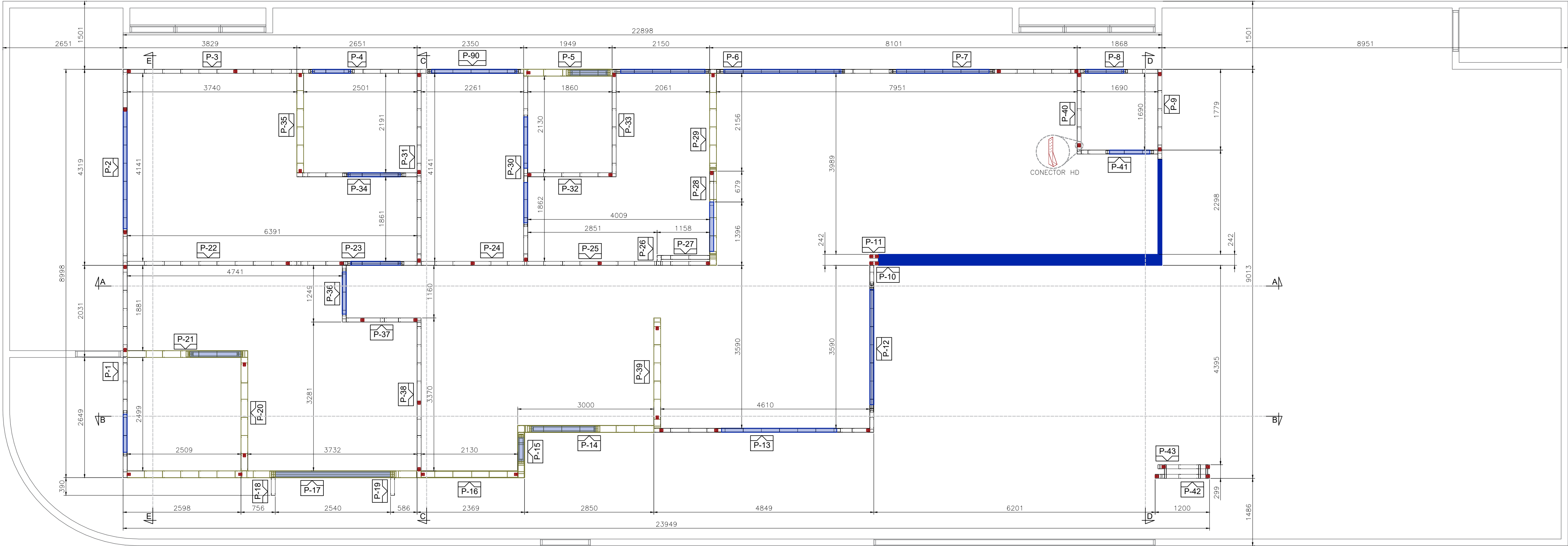
Termos	Definições	Fonte
Placa Drywall	Chapa fabricada industrialmente mediante um processo de laminação contínua de uma mistura de gesso, água e aditivos entre duas lâminas de papel-cartão	ABNT NBR 16970-1:2022
Painel Wall Painel Wall	Placas compostas por um miolo de madeira de 32mm e nas duas faces, placas cimentícias de 4mm que são prensadas na madeira	Espaço Smart (2024). Disponível em: https://www.espacosmart.com.br/painel-wall-40-x-120-x-2500-mm--3m%C2%B2-/p?skuld=360
Placa OSB (Oriented Strand Board)	Chapa constituída por tiras de madeira, unidas com resinas resistentes à água, orientadas em camadas perpendiculares entre si e prensadas sob alta pressão e temperatura	ABNT NBR 16970-1:2022
Placa Glassmat	Chapa formada por um processo de laminação contínua, composta por núcleo de gesso e aditivos entre duas lâminas de véu de vidro	ABNT NBR 16970-1:2022
Base Coat	Camada de base como revestimento externo de base cimentícia, reforçada com aplicação de tela de fibra de vidro álcali resistente	ABNT NBR 16970-1:2022
Telhado Shingle	Tipo de cobertura para telhado, composto por pequenas placas individuais	ABNT NBR 16970-1:2022



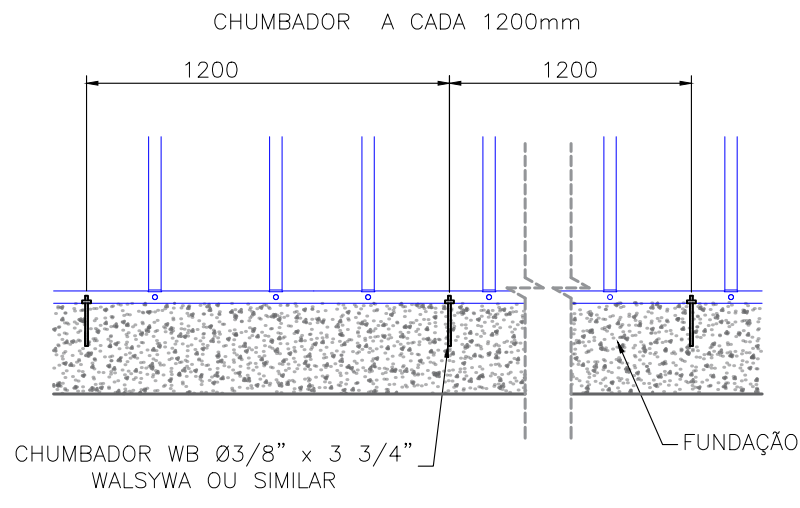
Technical drawing of a building floor plan, showing dimensions and labels. The overall dimensions are 4679 (width) and 3000 (height). The plan includes a large yellow 'X' shape, likely representing a staircase or a large open area. Various rooms and sections are labeled with letters (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, AA, AB, AC, AD) and numbers (150, 400, 400, 400, 400, 111, 140, 400, 400, 269, 131, 400, 371, 399, 170, 435, 186, 720, 480, 1180). The drawing also shows a grid system and a compass rose indicating North (N) and South (S).

PIECE LIST				
LABEL	QTY	MATERIAL	DESCRIPTION	LENGTH
A	1	89S-41-1.0	STUD	2998
AA	1	89S-41-1.0	DIAGONAL BRACE	425
AB	1	89S-41-1.0	NOGGIN	557
AC	1	89S-41-1.0	STUD	2998
AD	1	89S-41-1.0	STUD	2998
B	8	89S-41-1.0	STUD	2998
G	1	89S-41-1.0	NOGGIN	3298
H	1	89S-41-1.0	BACKER STUD	2998
I	1	89S-41-1.0	BACKER STUD	2998
J	1	89S-41-1.0	BOTTOM TRACK	4679
K	1	89S-41-1.0	NOGGIN	4677
L	1	89S-41-1.0	TOP TRACK	4679
M	1	89S-41-1.0	KING STUD	2998
N	1	89S-41-1.0	KING STUD	2998
O	2	89S-41-1.0	CRIPPLE	1698
P	2	89S-41-1.0	CRIPPLE	433
Q	1	89S-41-1.0	SILL	982
R	1	89S-41-1.0	HEADER	982
S	1	89S-41-1.0	KING STUD	2998
T	1	89S-41-1.0	STUD	2998
U	2	89S-41-1.0	DIAGONAL BRACE	444
V	3	89S-41-1.0	DIAGONAL BRACE	444
W	1	89S-41-1.0	DIAGONAL BRACE	431
X	1	89S-41-1.0	DIAGONAL BRACE	455
Y	1	89S-41-1.0	DIAGONAL BRACE	445
Z	1	89S-41-1.0	DIAGONAL BRACE	428
Qty Total: 38		Total Length: 79486.00mm		
C	1	FITA 90-0.95	WIND BRACE	3546
D	1	FITA 90-0.95	WIND BRACE	3546
E	1	FITA 90-0.95	WIND BRACE	3546
F	1	FITA 90-0.95	WIND BRACE	3546
Qty Total: 4		Total Length: 14184.00mm		

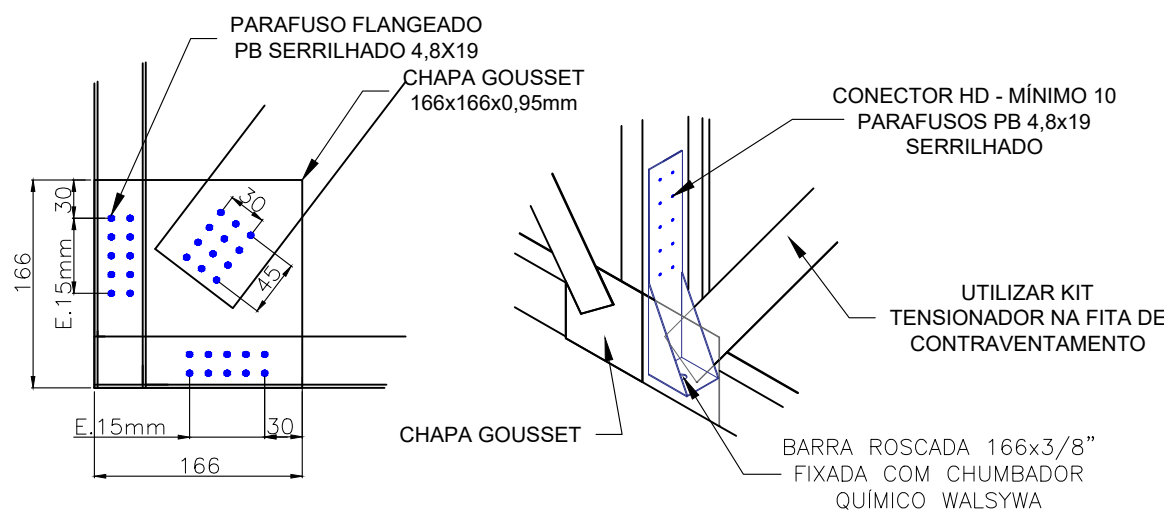




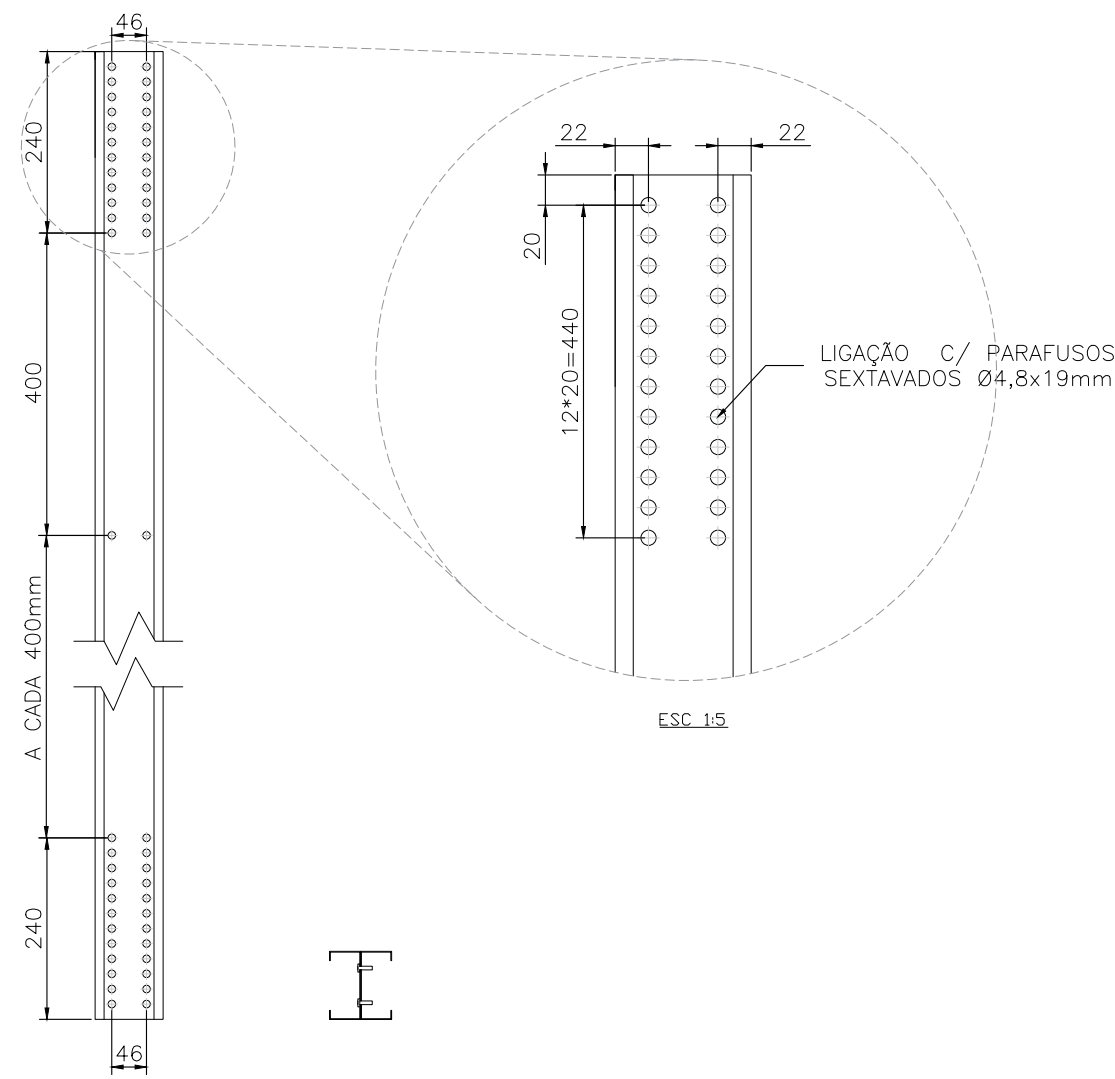
PLANTA PAINES TERREO
ESC.: 1:50



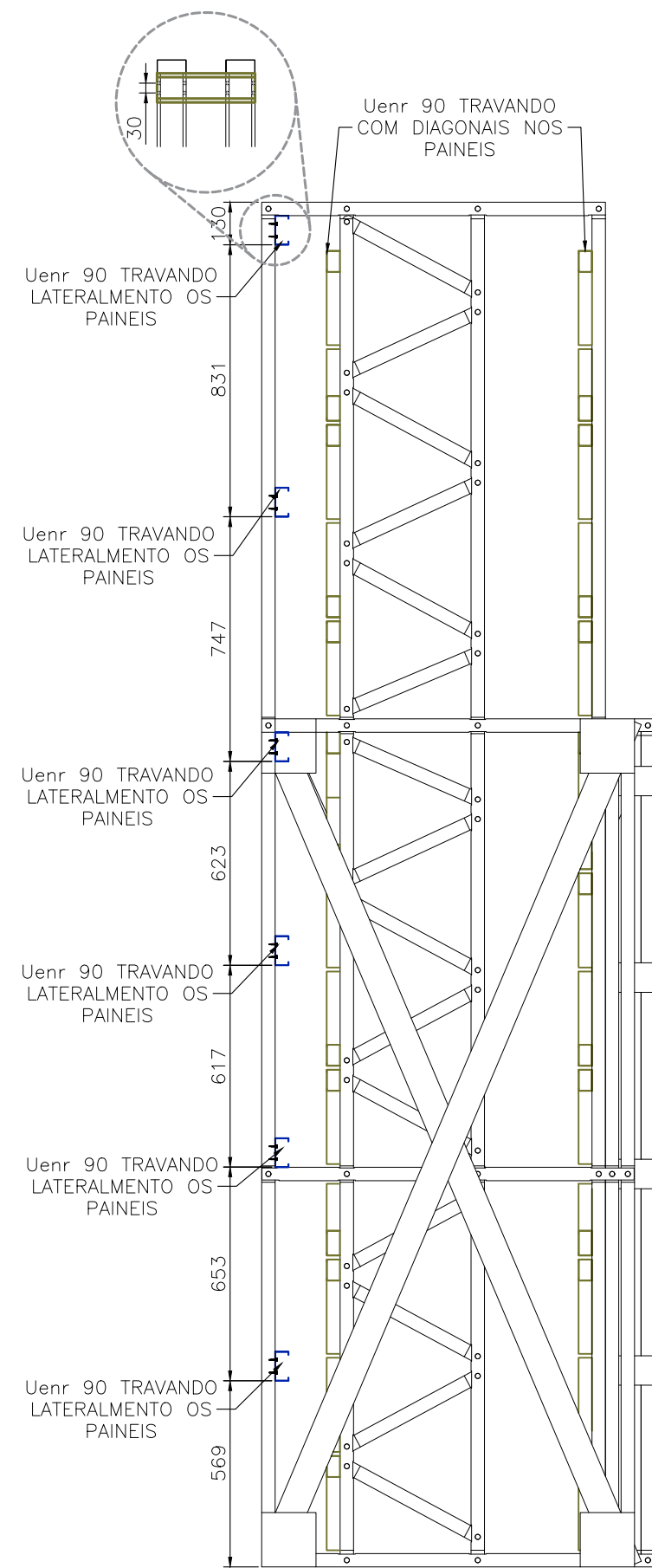
FIXAÇÃO CHUMBADOR
ESC.: 1:25



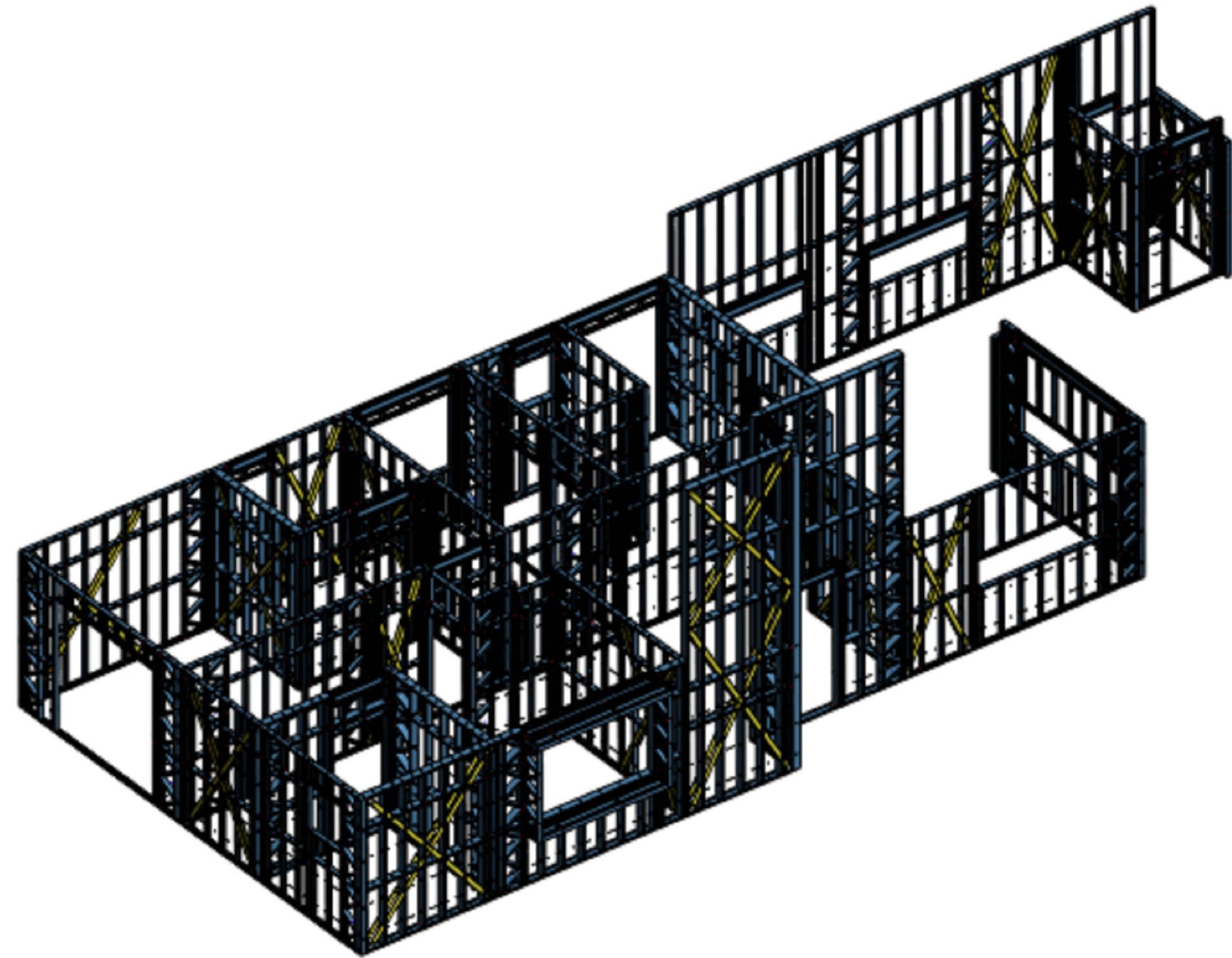
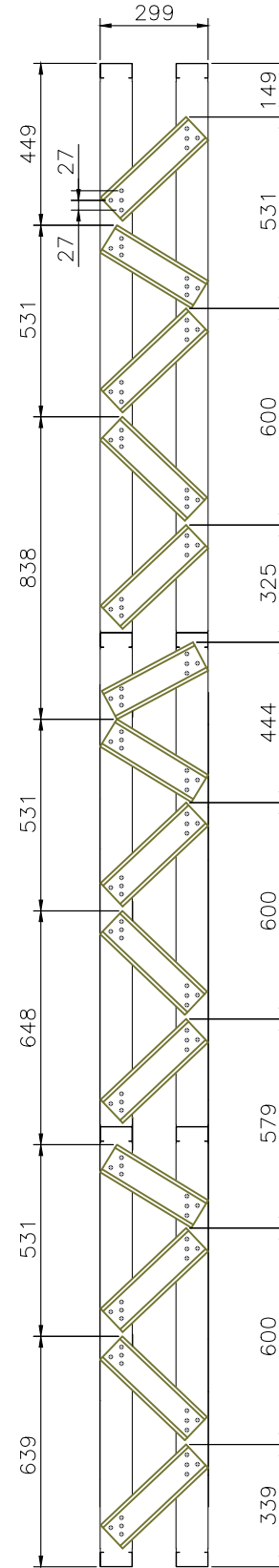
DET
CONTRAVENTAMENTO EM X C/ FITA
ESC.: 1:20



DET
CONEXÃO DE PAINES
ESC.: 1:10



REFORÇO ENTRE PAINEL DUPLO
P-42/43
ESC.: 1:20



EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR
LOCAÇÃO PAINES TÉRREO