



**GUILHERME SILVEIRA LEITE**

**AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA  
CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAMING PARA UNIDADES  
HABITACIONAIS DO TIPO COHAB: PROJETO,  
DETALHAMENTO E ORÇAMENTO**

**LAVRAS – MG**

**2019**

**GUILHERME SILVEIRA LEITE**

**AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA  
CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAMING PARA UNIDADES  
HABITACIONAIS DO TIPO COHAB: PROJETO,  
DETALHAMENTO E ORÇAMENTO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador:

Prof. Dr. Maykmiller Carvalho Rodrigues

Coorientador:

Prof. Me. Giovani Salomão Teixeira

**LAVRAS – MG**

**2019**

## RESUMO

Mediante ao déficit habitacional do Brasil e a tendência de retomada do mercado da construção civil, observa-se a possibilidade de implementar um sistema construtivo que possibilite a racionalização de aspectos como minimização de perdas, controle de qualidade e agilidade de montagem, mantendo o preço compatível com as demais técnicas do cenário nacional. Com o foco de usufruir dessas características para acelerar a construção de complexos habitacionais e reduzir o déficit do país, o sistema *Light Steel Framing* foi estudado. Realizou-se o dimensionamento, detalhamento de montagem e orçamento da técnica referida para uma edificação do padrão de habitação da COHAB Minas. Para validar os resultados, realizou-se um comparativo financeiro entre a técnica apresentada e a Alvenaria Estrutural, que é o padrão construtivo para estes tipos de complexos habitacionais. Os resultados obtidos mostram que a construção em *Light Steel Framing* é competitiva em termos de valores brutos, já que apresentaram aproximadamente 5% de economia para as setenta e quatro edificações da obra da COHAB para a cidade de Monte Santo de Minas, escolhida para estudo neste trabalho.

**Palavras-chave:** Déficit habitacional. Aço. Estrutura metálica. Dimensionamento. Detalhamento. Orçamento. Comparativo financeiro. Alvenaria Estrutural. COHAB.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapa construtiva do sistema <i>Light Steel Framing</i> .....	9
Figura 2 – Representação esquemática dos subsistemas do <i>Light Steel Framing</i> .....	10
Figura 3 – Aplicação do sistema <i>Light Steel Framing</i> em edifícios.....	11
Figura 4 – Representação esquemática de um painel genérico .....	14
Figura 5 – Representação esquemática da disposição ideal dos elementos. ....	15
Figura 6 – Uso de fitas de aço galvanizado para contraventamento. ....	16
Figura 7 – Representação esquemática da convergência dos elementos em nós. ....	17
Figura 8 – Possibilidade de confecção de vigas compostas. ....	18
Figura 9 – Representação esquemática da estrutura do telhado .....	18
Figura 10 – Utilização de fundação radier junto ao sistema <i>Light Steel Framing</i> . ....	19
Figura 11 – Utilização de placas de OSB como revestimento em sistema LSF.....	21
Figura 12 – Uso de gesso acartonado Standart como revestimento para áreas secas.....	22
Figura 13 – Uso de placas cimentícias como revestimento para áreas externas. ....	22
Figura 14 – Parafuso auto-atarraxante com cabeça sextavada e ponta broca.....	24
Figura 15 – Exemplo de construção modular em <i>Light Steel Framing</i> .....	24
Figura 16 – Tipos de elementos para perfis formados a frio. ....	26
Figura 17 – Tipos de flambagem locais de seções em perfis formados a frio.....	28
Figura 18 – Tensão gradiente em elementos solicitados. ....	29
Figura 19 – Configurações de modo de flambagem distorcional.....	29
Figura 20 – Complexo habitacional do padrão COHAB Minas.....	33
Figura 21 – Planta baixa do projeto arquitetônico COHAB.....	35
Figura 22 – Fluxograma referente a metodologia do projeto. ....	37
Figura 23 – Adaptação do projeto: separação dos painéis.....	38
Figura 24 – Locação inicial das vigas das lajes.....	40
Figura 25 – Treliça tipo de fechamento oitão utilizada como módulo para cobertura. ....	44
Figura 26 – Espaçamento e disposição entre treliças. ....	45
Figura 27 – Interface gráfica do <i>Metálicas3D</i> .....	46
Figura 28 – Panos de carregamento das lajes. ....	48
Figura 29 – Panos de carregamento da lateral esquerda da cobertura.....	49
Figura 30 – Panos de carregamento da lateral direita da cobertura.....	49
Figura 31 – Representação da edificação no <i>Visual Ventos</i> . ....	51
Figura 32 – Coeficientes de pressão internos calculados. ....	52
Figura 33 – Interface gráfica do <i>Metálicas3D</i> correspondente à verificação dos perfis. ....	56
Figura 34 – Interface gráfica da montagem da edificação.....	57
Figura 35 – Comparativo Financeiro entre técnicas construtivas.....	64

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Revestimento mínimo de perfis estruturais .....	12
Tabela 2 – Designação dos aços formados a frio para o sistema <i>Light Steel Framing</i> . ....	13
Tabela 3 – Dimensões usuais dos perfis formados a frio. ....	13
Tabela 4 – Valores máximos para relação largura-espessura. ....	26
Tabela 5 – Tipos de vedação adotadas. ....	42
Tabela 6 – Ações solicitantes na estrutura da edificação. ....	50
Tabela 7 – Relação dos tipos de perfis escolhidos. ....	55
Tabela 8 – Orçamento da estrutura da parede. ....	58
Tabela 9 – Orçamento da estrutura da laje. ....	59
Tabela 10 – Orçamento da estrutura da cobertura. ....	59
Tabela 11 – Custo total da estrutura da edificação. ....	60
Tabela 12 – Orçamento da vedação vertical. ....	61
Tabela 13 – Orçamento da vedação horizontal. ....	62
Tabela 14 – Quantitativo total dos materiais da vedação. ....	62
Tabela 15 – Custos totais referentes a vedação. ....	62
Tabela 16 – Custo total das ligações. ....	63

## SUMÁRIO

1.	Introdução .....	7
1.1.	Objetivo .....	8
2.	Referencial teórico .....	9
2.1.	O sistema construtivo <i>Light Steel Framing</i> .....	9
2.1.1.	Características do <i>Light Steel Framing</i> .....	9
2.1.2.	Perfis Formados a Frio .....	12
2.1.3.	Painéis estruturais, lajes, cobertura e fundação .....	13
2.1.4.	Revestimento e vedação .....	20
2.1.5.	Ligação e montagem .....	23
2.2.	Dimensionamento de perfis formados a frio .....	25
2.3.	Companhia de Habitação – COHAB .....	31
3.	Metodologia .....	34
3.1.	Adaptação do projeto ao sistema <i>Light Steel Framing</i> .....	38
3.1.1.	Posicionamento dos montantes e vigas das lajes .....	38
3.1.2.	Escolha das vedações verticais e horizontais .....	40
3.2.	Cálculo dos esforços e dimensionamento do sistema .....	42
3.2.1.	Modelagem da estrutura no <i>Metálicas3D</i> .....	42
3.2.2.	Cálculo das ações solicitantes .....	46
3.3.	Detalhamento da estrutura: paredes, lajes, cobertura e vedação .....	53
3.4.	Orçamento .....	53
4.	Resultados e discussões .....	55
5.	Conclusão .....	65
5.1.	Sugestões para melhoria do trabalho .....	65
	APÊNDICE A – APOSTILA DE MONTAGEM .....	68

## 1. Introdução

Em um levantamento feito pela Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (ABRAINC) em parceria com a Fundação Getúlio Vargas (FGV), apontou-se que o déficit habitacional do Brasil em 2017 atingiu um valor recorde da série histórica de 7,78 milhões de unidades habitacionais. Ainda segundo o estudo realizado (ABRAINC, 2018), a expectativa das construtoras e imobiliárias é que a busca por imóveis volte a crescer nos próximos anos. Eduardo Fischer, presidente da MRV Engenharia aponta um novo ciclo se formando no setor (ABRIL, 2019). Segundo ele, a tendência do mercado é a volta de construções financiadas, já que a demanda é grande e os juros básicos estão em um baixo patamar.

Apesar de ínfima, a crescente demanda por construções que atinjam a classe média e baixa da população é uma tendência do cenário da construção civil. Assim, sabendo que o déficit habitacional no Brasil é uma realidade alarmante, se faz necessário a busca por técnicas construtivas que possam agilizar a construções de unidades habitacionais, se beneficiando da retomada do cenário financeiro do país para maximizar a construção de complexos e assim minimizar o déficit por moradias que assola o país por tantos anos.

Aliado a isso, sistemas construtivos que possuem a capacidade de produção em série, alto controle de qualidade, redução de desperdícios e racionalização dos processos se mostram cada vez mais competitivos no mercado. Nesse aspecto, o sistema *Light Steel Framing* pode ser utilizado em unidades habitacionais, por se tratar de edificações com mesma configuração arquitetônica, baixa complexidade e alta capacidade de padronização.

Sob a mesma ótica, para implementar o sistema construtivo *Light Steel Framing*, foi escolhido o programa da companhia de habitação de Minas Gerais denominado COHAB Minas, que tem como finalidade justamente o combate ao déficit habitacional e urbanização de vilas e comunidades. Dessa maneira, se utilizará da estrutura operacional do próprio programa e informações gerais do mesmo para realizar o estudo.

Sendo assim, esse trabalho tem como motivação apresentar o sistema construtivo *Light Steel Framing*, para usufruir de suas vantagens quanto a qualidade da edificação, agilidade de construção, custos competitivos e controlados como uma solução à produção acelerada de complexos habitacionais, aliada a retomada do aquecimento do mercado da construção civil.

## 1.1. Objetivo

Como forma de pontuar o objetivo desse trabalho e validar a técnica construtiva escolhida, foi contemplado os seguintes procedimentos:

1. Adaptar o projeto da COHAB de complexos habitacionais para o sistema *Light Steel Framing*;
2. Dimensionar a edificação e detalhar os materiais utilizados;
3. Descrever a montagem de toda a estrutura, bem como criar uma apostila de montagem;
4. Orçamento da edificação e comparativo financeiro entre o sistema *Light Steel Framing* e o original em Alvenaria Estrutural.

As considerações relativas a todos os procedimentos acima foram abordadas e devidamente explicadas no decorrer deste trabalho.

## 2. Referencial teórico

### 2.1. O sistema construtivo *Light Steel Framing*

Neste tópico, apresenta-se o sistema *Light Steel Framing* em seu aspecto geral, contendo informações de suas características arquitetônicas, bem como dados referentes a estrutura e sua construção.

#### 2.1.1. Características do *Light Steel Framing*

O *Light Steel Framing* (LSF) é um sistema construtivo de concepção racional, que tem como principal conceito uma estrutura constituída por perfis de aço galvanizado formados a frio, utilizados para a composição de painéis estruturais, vigas secundárias, vigas de piso, estruturas de telhado e demais empregos. Sendo um sistema altamente industrializado, possibilita uma construção a seco com elevada rapidez de execução e capacidade de racionalização dos projetos que a envolve (SANTIAGO, 2012). Na Figura 1 é ilustrada uma edificação em fase de construção utilizando o sistema LSF.

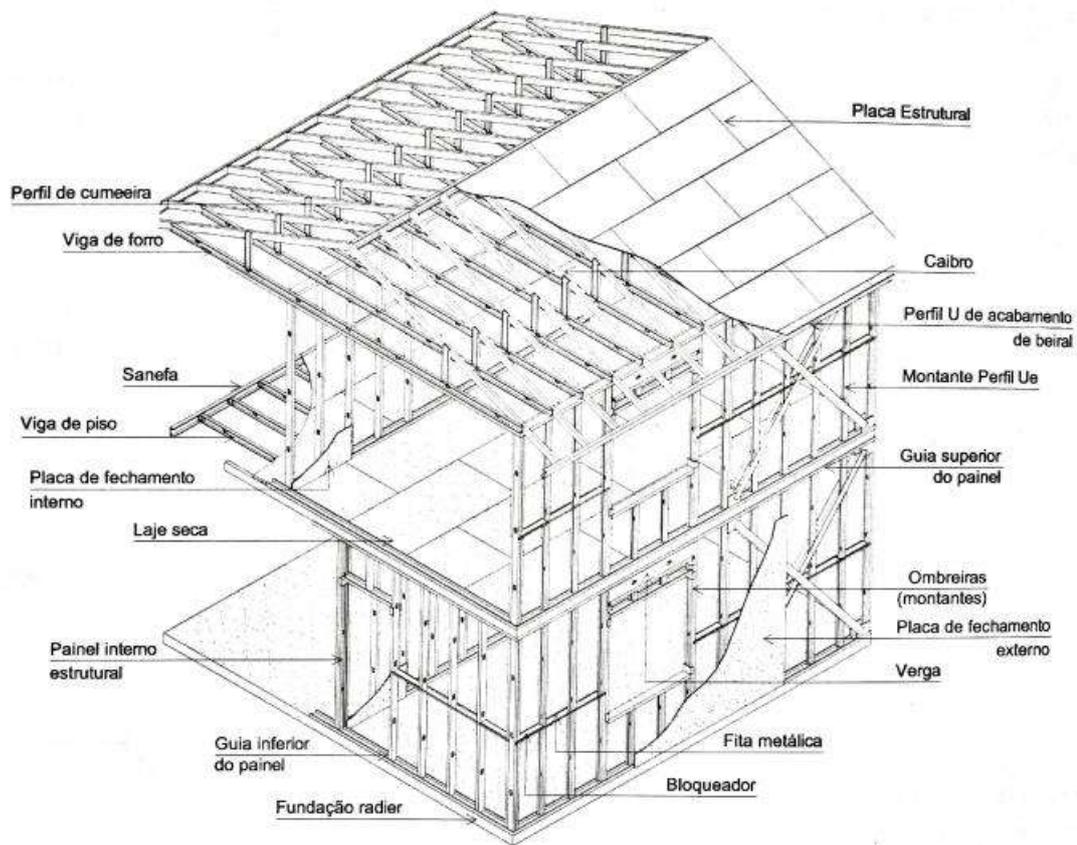
Figura 1 – Etapa construtiva do sistema *Light Steel Framing*.



Fonte: Disponível em: <[www.casainnovação.com.br/](http://www.casainnovação.com.br/)>.

Apesar da recente ascensão do sistema em termos mundiais, o *Light Steel Framing* é uma técnica construtiva que teve sua origem no início do século XIX, nos Estados Unidos (SANTIAGO, 2012). Surgiu da alternativa ao sistema Wood Framing, que possui os mesmos fundamentos do LSF, porém utiliza-se de perfis de madeira como estrutura autoportante. Na época, e podendo-se estender até hoje, o *Light Steel Framing* teve desenvolvimento como resposta ao déficit habitacional devido ao crescimento populacional, onde se buscava construções de rápida execução e com possibilidade de automação de seus subsistemas. (CRASTO, 2005). Na Figura 2 é representado um desenho esquemático do sistema referido.

Figura 2 – Representação esquemática dos subsistemas do *Light Steel Framing*



Fonte: Santiago (2012)

Basicamente, o sistema estrutural em *Light Steel Framing* é composto de paredes, pisos e cobertura, denominados de subsistemas. De maneira que, quando reunidos, possibilitam integridade estrutural da edificação, resistindo aos esforços solicitantes. Segundo Santiago (2012), os subsistemas devem estar em harmonia entre si, possibilitando a modulação da edificação. A modulação otimiza custos e mão-de-obra na medida que se padronizam os componentes estruturais, os de revestimento e as ligações. Nesse sentido, pode-se afirmar que

o sistema LSF tem como fundamentos principais: estrutura em painéis autoportantes; modulação dos subsistemas; estrutura alinhada em nós.

Os principais benefícios e vantagens de seu uso em edificações estão relacionados com:

- Padronizações de técnicas construtivas;
- Fabricação em série de módulos;
- Uso do aço, sendo este um material resistente, com alto controle de qualidade e resiliente;
- Durabilidade e longevidade da estrutura, possibilitando fácil manutenção;
- Facilidade de montagem, manuseio e transporte da estrutura, devido a leveza dos elementos;
- Construção a seco, minorando o uso de recursos naturais e desperdício;
- Facilidade de execução de ligações;
- Rapidez de construção, uma vez que depende da racionalização do projeto;
- Estrutura mais leve, ocasionando na economia da fundação;
- Estrutura reciclável.

Nesse sentido, a aplicação da técnica LSF é diversa e pode ser encontrada desde residências unifamiliares, edifícios, hotéis, hospitais e entre outras. Na Figura 3 é ilustrada a aplicação do LSF em um edifício de múltiplos andares.

Figura 3 – Aplicação do sistema *Light Steel Framing* em edifícios



Fonte: Disponível em <[www.lightsteelframe.eng.br/](http://www.lightsteelframe.eng.br/)>.

### 2.1.2. Perfis Formados a Frio

Os perfis formados a frio (PFF) são fabricados a partir do dobramento, em prensa dobradeira, ou por perfilagem em conjunto de matrizes rotativas, de tiras de aço cortadas de chapas ou bobinas laminadas a frio ou à quente, revestidas ou não, possibilitando formação de seções variadas em sua forma e dimensão. Os PFF, são utilizados para montar os quadros que formam o esqueleto do sistema LSF. Estes quadros, por serem autoportantes podem ser utilizados como paredes, lajes, escadas e telhados (NBR 6355, 2003).

Em sua grande maioria, os perfis comerciais especialmente destinados ao *Light Steel Framing* são obtidos por perfilagem a partir de bobinas de aço revestidas com zinco ou liga alumínio-zinco, conhecido como aço galvanizado. O Tabela 1 apresenta os tipos de revestimento, bem como suas respectivas massas mínimas.

Tabela 1 – Revestimento mínimo de perfis estruturais.

Tipos de revestimento	Perfis estruturais		Perfis não-estruturais	
	Massa mínima do revestimento g/m <sup>2</sup> <sup>(1)</sup>	Designação do revestimento conforme normas	Massa mínima do revestimento g/m <sup>2</sup> <sup>(1)</sup>	Designação do revestimento conforme normas
Zincado por imersão a quente	180	Z180 (NBR 7008)	100	Z100 (NBR 7008)
Zincado por eletrodeposição	180	90/90 (NBR 14964)	100	50/50 (NBR 14964)
Alumínio-zinco por imersão a quente	120	AZ150 (NM 86)	100	AZ100 (NM86)

<sup>(1)</sup> A massa mínima refere-se ao total nas duas faces (médias do ensaio triplo) e sua determinação deve ser conforme a NM 278.

Fonte: Adaptado de NBR 15253 (ABNT, 2005 – Consulta nacional).

Em aplicações convencionais do referido sistema, os perfis formados a frio são comumente empregados com seção U simples, U enrijecido (Ue), cartola e cantoneira. Conforme a NBR 15253 (ABNT, 2005), a espessura da chapa para o método de fabricação citado varia entre 0,80 até 3,0 mm e o limite de escoamento dos perfis de aço zincado não devem ser inferiores a 230 MPa. A representação da seção transversal, bem como a utilidade fim de cada perfil pode ser encontrada no Tabela 2. Além disso, as dimensões usuais para cada perfil estão contidas no Tabela 3.

Tabela 2 – Designação dos aços formados a frio para o sistema *Light Steel Framing*.

Série de designação (NBR 6355:2003)	Utilização
U simples	Guia, ripa, bloqueador, safena
U enrijecido	Bloqueador, enrijecedor de alma, montante, verga e viga
Cartola	Ripa
Cantoneira de abas desiguais	Cantoneira

Fonte: Adaptado de NBR 15253 (ABNT, 2005 – Consulta nacional).

Tabela 3 – Dimensões usuais dos perfis formados a frio.

Dimensões (mm)	Designação	Largura da alma $b_w$ (mm)	Largura da mesa $b_f$ (mm)	Largura do enrijecedor de borda $D$ (mm)
Ue 90x40	Montante	90	40	12
Ue 140x40	Montante	140	40	12
Ue 200x40	Montante	200	40	12
Ue 250x40	Montante	250	40	12
Ue 300x40	Montante	300	40	12
U 90x40	Guia	90	38	-
U 140x40	Guia	140	38	-
U 200x40	Guia	200	38	-
U 250x40	Guia	250	38	-
U 300x40	Guia	300	38	-
L 150x40	Cantoneira	150	40	-
L 200x40	Cantoneira	200	40	-
L 250x40	Cantoneira	250	40	-
Cr 20x30	Cartola	20	20	-

Fonte: Adaptado de NBR 15253 (ABNT, 2005 – Consulta nacional).

Nesse sentido, a denominação de U 90x40x0,80 significa que um perfil U, utilizado como guia por exemplo, tem como altura o valor de 90 milímetros, largura de 40 milímetros e espessura, tanto da mesa quanto da alma, de 0,80 milímetros.

### 2.1.3. Painéis estruturais, lajes, cobertura e fundação

Dentre os subsistemas que compõe o LSF, os principais e que possuem diferenças conceptivas em relação a outras técnicas construtivas, são os painéis estruturais, lajes, cobertura e fundação. Assim, os painéis parede ou simplesmente painéis podem ser descritos como um

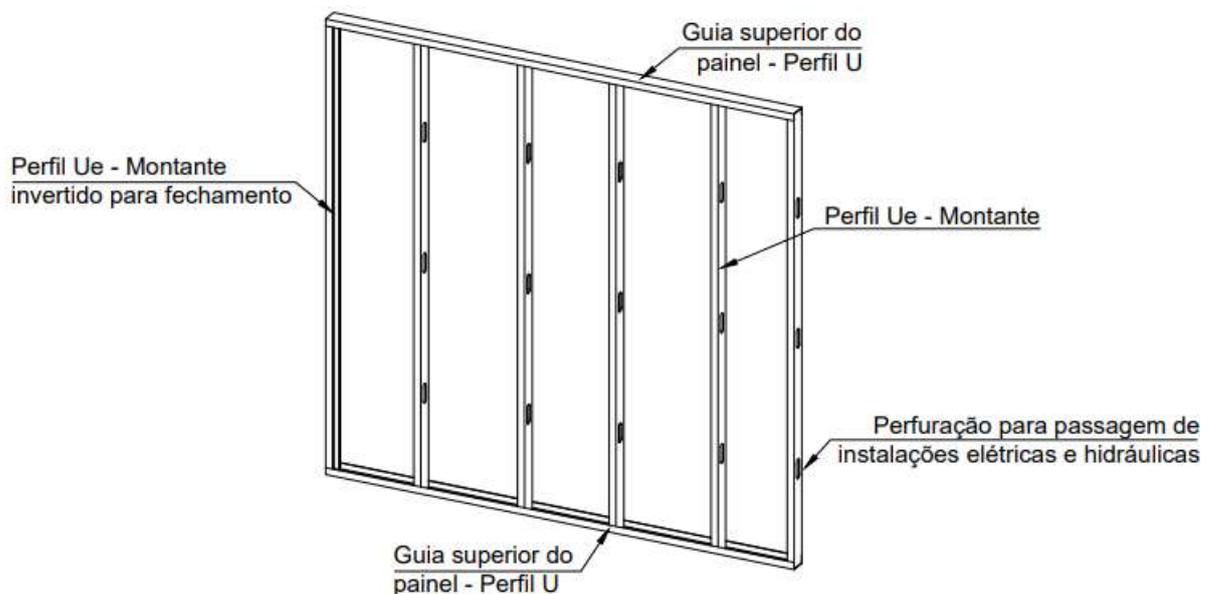
conjunto de elementos estruturais, que possuem como função suportar as cargas da edificação e receber as placas de revestimento e vedação (SANTIAGO, 2012).

Sua composição é feita de perfis U enrijecido (Ue) posicionados verticalmente, denominados de montantes, e por elementos alocados na horizontal, de seção transversal tipo U simples, denominados de guias. Os montantes possuem função estrutural primária, ou seja, são responsáveis diretos pela resistência da solicitação imposta ao quadro, sendo este o motivo do uso de perfil Ue, que apresenta melhor capacidade resistente que o U. Por sua vez, os guias tem como função o fechamento e amarração do quadro, além de resistir indiretamente às cargas solicitantes.

Nesse sentido, o sistema *Light Steel Framing* conta com o método de encaixa montante-guia, de maneira que o guia é disposto sob o montante em ambas as extremidades do painel. Além disso, para a confecção de um quadro estrutural, Santiago (2012) recomenda dispor os montantes a cada 400 ou 600 milímetros, dependendo da solicitação à qual o perfil esteja submetido. É válido ressaltar que um painel pode vir a ter diferentes espaçamentos entre seus elementos estruturais, mas deve-se visar sempre utilizar o menor número possível de barras, para assim obter a configuração mais econômica.

Portanto, pode-se afirmar que o comprimento dos guias define a largura do painel e o comprimento dos montantes, sua altura. Na Figura 4 é representado um painel genérico em LSF, evidenciando cada elemento citado anteriormente.

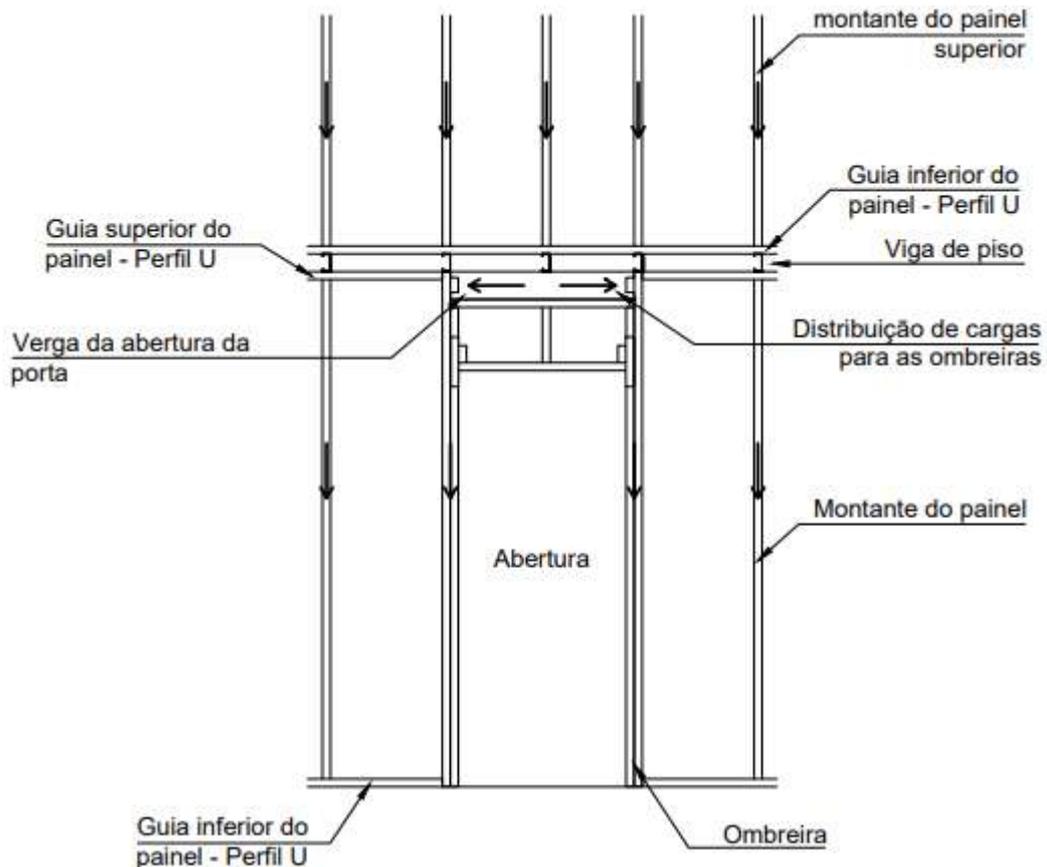
Figura 4 – Representação esquemática de um painel genérico



Fonte: Adaptado de Santiago (2012)

Em casos de aberturas de janelas e portas, há a necessidade de utilização de vergas sob o vão, como resposta à concentração de tensão gerada por essa abertura. Além disso, deve-se realizar o incremento de elementos denominados ombreiras, que são basicamente montantes com função de resistir ao acréscimo de tensão transmitido pela verga. Na Figura 5 é representado a locação dos elementos e a distribuição dos esforços.

Figura 5 – Representação esquemática da disposição ideal dos elementos.



Fonte: Adaptado de Santiago (2012).

Outro aspecto dos painéis que deve ser considerado é a estabilidade estrutural. Como os mesmos são constituídos de perfis formados a frio, de pequena espessura, posicionados verticalmente e espaçados a uma certa distância, sua configuração geométrica não proporciona uma estrutura rígida na direção horizontal. Assim, cargas de ventos e outros tipos de forças horizontais provocam situações de grandes deslocamentos. Para que isso seja minimizado, CRASTO (2005) recomenda o uso de técnicas como:

- Contraventamentos nos painéis, combinado com a consideração de diafragma rígido no plano do piso (laje);

- Fechamento da estrutura com placas de revestimento passíveis de funcionar como diafragmas rígidos verticais (painéis);
- Combinação entre ambas as técnicas.

É importante ressaltar que diafragmas rígidos são elementos cuja a rigidez no plano de referência possui valor tão elevado que pode ser considerada como infinita, portanto, apresentando ausência de deformações e transmitindo cargas paralelas ao seu plano de maneira integral. Além disso, ressalta-se que no sistema *Light Steel Framing* comumente são utilizadas fitas de aço galvanizado ou simplesmente perfis U posicionados diagonalmente para o uso de contraventamentos. Na Figura 6 é ilustrado o emprego de fitas de aço galvanizado como forma de contraventamento.

Figura 6 – Uso de fitas de aço galvanizado para contraventamento.

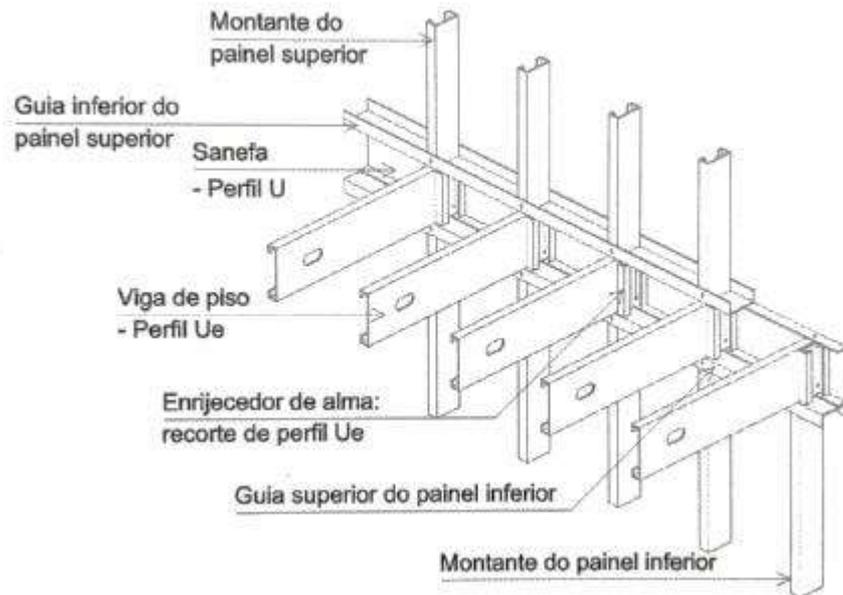


Fonte: Disponível em <[www.newsteelconstruction.com/](http://www.newsteelconstruction.com/)>.

No caso das lajes, emprega-se o mesmo princípio dos painéis, ou seja, perfis galvanizados cuja separação equidistante dos elementos estruturais é determinada pelas cargas a que o elemento está submetido. Nesse sentido, perfis U enrijecido são utilizados como vigas que resistirão diretamente a solicitação da laje e perfis U simples são requisitados para o fechamento do conjunto ao longo de seu perímetro. Em termos de locação dos elementos, busca-se estudar o posicionamento dos montantes dos painéis e as vigas das lajes

simultaneamente, a fim de se convergirem em um único ponto denominado nó. Essa condição é necessária para que os esforços sejam distribuídos de maneira linear e axial, evitando a presença de excentricidades desnecessárias. Na Figura 7 é ilustrada a disposição dos montantes e das lajes.

Figura 7 – Representação esquemática da convergência dos elementos em nós.

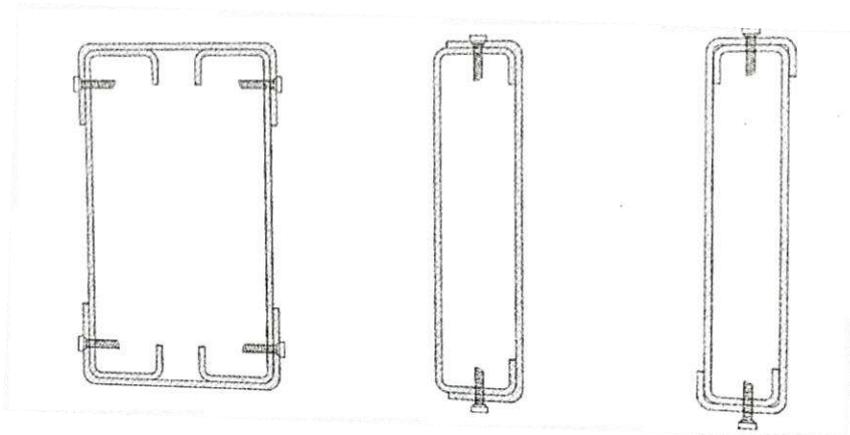


Fonte: Santiago (2012).

Além disso, Rodrigues (2016) recomenda o incremento de elementos que possibilitam aumentar a capacidade resistente da laje, sendo eles:

- Enrijecedor de alma ou apoio, representado por um perfil U enrijecido recortado e fixado na alma do perfil da viga e alocado na região do apoio da mesma, para aumentar a rigidez local e evitar o esmagamento da alma;
- Viga composta, formado pela união do perfil da viga com perfil U ou Ue, a fim de aumentar a resistência do conjunto (Figura 8). Essa técnica possibilita utilização de lajes em balanço, por exemplo;
- Fitas galvanizadas em xizamento, ligando a alma superior do perfil da viga com a alma inferior da viga subsequente, a fim de aumentar a resistência a flambagem por torção.

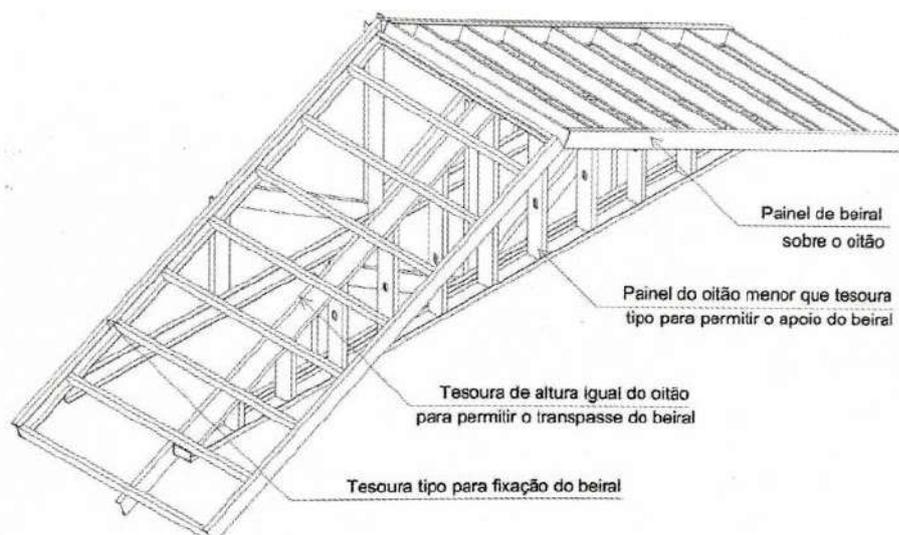
Figura 8 – Possibilidade de confecção de vigas compostas.



Fonte: Rodrigues (2015).

Nas coberturas, o sistema *Light Steel Framing* possibilita a utilização de faces planas (lajes úmidas) e faces inclinadas porticadas, treliçadas ou em configuração de painéis. Para o último tipo, o mecanismo de sustentação do telhado é feito através de um painel descrito como fechamento oitão. O mesmo segue a disposição do painel da parede que o sustenta em sua projeção e pode ser visualizado conforme a Figura 9, onde a sustentação da cobertura é mesclada entre fechamento oitão e treliça tipo Howe. Na Figura 9 é ilustrada uma estrutura com faces inclinadas executada com treliças em LSF.

Figura 9 – Representação esquemática da estrutura do telhado



Fonte: Santiago (2012).

No caso de cobertura inclinadas, Rodrigues (2016) recomenda a utilização de enrijecedor de apoio, assim como feito nas lajes, nas regiões próximas ao início do beiral. Essa

consideração está ligada ao fato de que o aumento das tensões geradas pela influência da região livre do beiral pode ocasionar esmagamento da alma do perfil.

Por fim, ao se referir aos elementos de transmissão das cargas para o solo, é relevante ressaltar que o sistema LSF se trata de uma estrutura muito leve e com elementos de fechamento que exigem menos da fundação do que outros sistemas estruturais. Além disso, como os painéis possuem continuidade bem delimitada por sua geometria, estes possibilitam a transmissão dos esforços de maneira uniformemente distribuída. Assim, a escolha do tipo de fundação vai depender além da topografia, do tipo de solo e da magnitude da carga de transmissão (SANTIAGO, 2012).

Nesse sentido, a laje radier é um tipo de fundação que é comumente empregada nas edificações em LSF de pequeno porte, como é o caso de complexos habitacionais. Por se tratar de uma laje contínua de concreto armado, essa fundação permite ser utilizada também como laje de piso. A fundação radier ainda apresenta vigas no perímetro das projeções das paredes estruturais, mas que podem ser desprezadas caso o dimensionamento indique a dispensabilidade da mesma. Na Figura 10 é ilustrada uma edificação em LSF sendo executada sobre uma fundação do tipo radier.

Figura 10 – Utilização de fundação radier junto ao sistema *Light Steel Framing*.



Fonte: Disponível em <[www.arcoweb.com.br/](http://www.arcoweb.com.br/)>.

Além disso, para situações onde a carga transmitida pelos painéis possui maior amplitude, Santiago (2012) recomenda o uso de sapata corrida. Nesses casos, há a necessidade de se executar a laje de contrapiso, podendo ser de concreto armado ou de perfis formados a frio, idênticos as lajes citadas nesse tópico.

#### **2.1.4. Revestimento e vedação**

O sistema de revestimento e vedação do *Light Steel Framing* é definido por Santiago (2012) como elementos que são posicionados externamente à estrutura feito uma pele e juntamente com os perfis galvanizados, que vão formar as vedações internas e externas da edificação. Outro conceito fundamental nos fechamentos do sistema LSF é a possibilidade de emprego de vedações racionalizadas, a fim de promover maior grau de industrialização e atribuir a condição de obra seca para a construção. Nesse aspecto, a utilização de unidades de placas de vedação é o melhor exemplo disso.

Consecutivamente, para vedação ser classificada como passível de utilização, critérios e requisitos estabelecidos pela ISO 6241 (1984) devem ser cumpridos. Dentre eles estão:

- Segurança estrutural;
- Segurança ao fogo;
- Estanqueidade;
- Conforto termo-acústico;
- Conforto visual;
- Higiene;
- Durabilidade;
- Economia.

No mercado nacional, os produtos com maior disponibilidade em função da mão-de-obra e custo para fechamento de edificações em LSF são o OSB (traduzido como painéis de tiras de madeira orientadas), a placa cimentícia e o gesso acartonado. Além disso, Crasto (2005) ressalta que a capacitação da mão-de-obra para instalações de sistemas *drywall* influenciou na disseminação do uso desses materiais.

Nesse sentido, pode-se ressaltar que as placas de OSB são destinadas principalmente para uso interno e externo de painéis estruturais, forros e pisos no sistema *Light Steel Framing*. Devido sua propriedade mecânica, resistência a impactos e boa estabilidade dimensional, seu uso estrutural trabalhando como diafragma rígido é recomendado. Além disso, independente do acabamento final do quadro, as placas de OSB devem ser protegidas externamente da umidade e do contato com a água, através de uma manta ou membrada de polietileno de alta densidade. (SANTIAGO, 2012). Na Figura 11 é evidenciado a aplicação de placas de OSB no sistema LSF.

Figura 11 – Utilização de placas de OSB como revestimento em sistema LSF.



Fonte: Disponível em <[www.petcivilufjf.wordpress.com/](http://www.petcivilufjf.wordpress.com/)>.

Por sua vez, a vedação em gesso acartonado é um tipo de revestimento utilizado para fins estéticos e acabamento final. São materiais leves que não tem função estrutural e podem ser encontrados no mercado nacional em três tipologias fundamentais:

- Placa Standart (ST), para aplicações em áreas secas (ilustrado na Figura 12);
- Placa Resistente à Umidade (RU), para ambientes sujeitos à ação da umidade;
- Placa Resistente ao Fogo (RF), para paredes com exigência especial a esse fim;

Figura 12 – Uso de gesso acartonado Standart como revestimento para áreas secas.



Fonte: Disponível em <[www.forumdaconstrucao.com.br/](http://www.forumdaconstrucao.com.br/)>.

As placas cimentícias podem ser utilizadas em ambientes internos secos ou molháveis e em externos. Santiago (2012) recomendou a utilização no ambiente externo, visto que se faz eficiente devido sua elevada resistência a impactos, grande resistência à umidade e por terem compatibilidade com a maioria dos acabamentos e revestimentos. É importante ressaltar que a fixação de ambas as placas de vedação é feita a partir de parafusos auto-atarraxantes recomendado pelo fabricante. Na Figura 13 é ilustrado o emprego de placas cimentícias no ambiente externo da edificação.

Figura 13 – Uso de placas cimentícias como revestimento para áreas externas.



Fonte: Disponível em <[www.aldabraconstruction.com/](http://www.aldabraconstruction.com/)>.

Além disso, em Santiago (2012) podem ser encontrados outros tipos de revestimento como o *Siding* Vinílico, argamassa de revestimento e alvenaria. Além disso, a bibliografia aborda com detalhes o assunto de isolamento termo-acústico, fornecendo maneiras de se estudar o comportamento das vedações perante o assunto.

### 2.1.5. Ligação e montagem

Há diversas maneiras de se realizar conexões entre elementos de uma estrutura. Segundo Elhaji (2004) a escolha de um tipo de ligação específica depende de fatores como:

- Condições de carregamento;
- Tipo e espessura dos materiais conectados;
- Resistência necessária da conexão;
- Disponibilidade de ferramentas e conectores;
- Local da montagem;
- Custo;
- Disponibilidade de mão-de-obra.

Sendo assim, a ligação padrão da técnica LSF, que rege todo tipo de fixação entre seus subsistemas é a ligação por parafuso auto-atarraxante (auto-brocante). Já que a estrutura é formada, em sua totalidade, por elementos de aço formados a frio, com pequena espessura, seus elementos são dispostos de maneira prevista para conceber ligações simples e pontuais. Nesse sentido, a fixação por parafuso auto-atarraxante permite que a ligação seja realizada sem a necessidade de realização de furos prévios e possibilita sua execução em qualquer lugar, seja em canteiro ou em oficinas, o que agiliza a montagem em níveis significante.

Para o sistema *Light Steel Framing*, os tipos de parafusos auto-atarraxantes mais utilizados são o de cabeça lenticular e ponta broca, de cabeça sextavada e ponta broca e o de cabeça trombeta e ponta broca (ou ponta broca com asas). Além disso, esse tipo de ligação permite que a fixação dos parafusos seja feita por parafusadeiras de mão, facilmente manipulável. Na Figura 14 é ilustrado um parafuso auto-atarraxante de cabeça sextavada e ponta broca.

Figura 14 – Parafuso auto-atarraxante com cabeça sextavada e ponta broca.



Fonte: Disponível em <[www.leroymerlin.com.br/](http://www.leroymerlin.com.br/)>.

Os métodos de construção e montagem dos edifícios em LSF variam em função do projetista, da empresa construtora, das condições do canteiro e do tempo demandado para execução. Entre os métodos mais empregados estão:

- Método *Stick*: os perfis são cortados e todos subsistemas são montados in-loco, permitindo facilidade de transporte das peças até o canteiro;
- Método por painéis: todos os subsistemas são construídos em oficinas e posteriormente são transportados e montados no local. Essa técnica, apesar de demandar maior logística operacional, permite velocidade de montagem, alto controle de qualidade, minimização do trabalho na obra e precisão dimensional dos quadros;
- Construção modular: são unidades completamente pré-fabricadas e montadas, com revestimentos e instalações diversas, prontas para serem entregues no local da obra. A Figura 15 ilustra esse método com clareza;
- Método *Balloon Framing*: a técnica consiste em fixar os quadros das lajes na lateral dos painéis estruturais, para que as peças dos mesmos possam ser dispostas sem necessidade de ser segmentadas em função dos pavimentos.

Figura 15 – Exemplo de construção modular em *Light Steel Framing*.



Fonte: Disponível em <[www.homedecore.com.br/](http://www.homedecore.com.br/)>.

## 2.2. Dimensionamento de perfis formados a frio

Como descrito no item 2.1 deste trabalho, o sistema *Light Steel Framing* possui como estrutura um conjunto de painéis reticulados com Perfis Formados a Frio (PFF). Estes elementos estruturais são fundamentados pelas normas técnicas brasileiras NBR 14762 (ABNT, 2010) e a NBR 15253 (ABNT, 2014). Além disso, a bibliografia nacional de grande relevância para o assunto, que trata do dimensionamento dos elementos e das ligações é a de Rodrigues (2016), publicado pelo Centro Brasileiro de Construção em Aço (CBCA). Sendo assim, as informações contidas neste capítulo estão em conformidade com as três referências bibliográficas citadas acima.

Concomitantemente, segundo tais bibliografias e normas, os Perfis Formados a Frio são verificados e analisados segundo as seguintes situações de cálculo:

- i. Instabilidade de chapas isoladas retangulares;
- ii. Instabilidade de seções com elementos esbeltos;
- iii. Comportamento pós-crítico de elementos esbeltos isolados;
- iv. Flambagem local de chapas;
- v. Modo de flambagem por distorção da seção transversal;
- vi. Barras submetidas a compressão centrada;
- vii. Barras submetidas a flexão simples;
- viii. Barras submetidas a flexão composta.

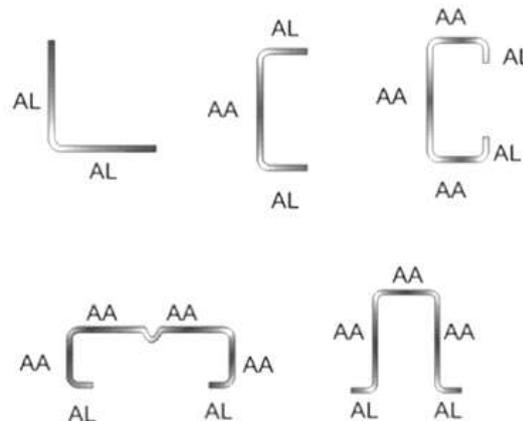
Para elementos de ligação e peças submetidas a tração, o cálculo e verificação são prescritos pela NBR 14672 (ABNT, 2010), que por sua vez são inteiramente baseado nas prescrições da NBR 8800 (ABNT, 2008) e não serão abordados nesse trabalho.

Com isso, para que se possa consolidar as definições sobre os elementos de PFF, as descrições abaixo estão fundamentadas na NBR 14762 (ABNT, 2010) e são:

- Elemento: parte constituinte de um perfil formado a frio: mesa, alma e enrijecedor;
- Elemento com borda vinculada (elemento AA): elemento plano com as duas bordas vinculadas a outros elementos na direção longitudinal do perfil;
- Elemento com borda livre (elemento AL): Elemento plano vinculado a outro elemento em apenas uma borda na direção longitudinal do perfil.

Para exemplificar as definições acima, a Figura 16 ilustra os tipos de elementos.

Figura 16 – Tipos de elementos para perfis formados a frio.



Fonte: Adaptado de Rodrigues (2016).

Outro aspecto são os valores máximos recomendados para a relação largura-espessura dos elementos ( $b/t$ ), que representa a esbeltez geométrica da peça. Esta relação deve respeitar limites máximos a fim de não se obterem elementos excessivamente deformáveis devido a flambagem local, provocando ondulações visíveis e não desejáveis, mesmo para cargas de serviços. O Tabela 4 informa valores máximos da relação largura-espessura, segundo as prescrições da NBR 14762 (ABNT, 2010).

Tabela 4 – Valores máximos para relação largura-espessura.

Caso a ser analisado	Valor máximo de relação largura-espessura
Elemento comprimido AA, tendo uma borda vinculada a alma ou mesa e a outra a enrijecedor de borda simples	$(b/t)_{\text{máx}} = 60$ (b)
Elemento comprimido AA, tendo uma borda vinculada a alma e outra à mesa ou outro tipo de enrijecedor de borda com $I_s \geq I_a$ conforme 9.2.3 da NBR 14762 (ABNT, 2010)	$(b/t)_{\text{máx}} = 90$
Alma de perfis U não enrijecidos sujeita à compressão uniforme	$(b/t)_{\text{máx}} = 90$
Elemento comprimido com ambas as bordas vinculadas a elementos AA	$(b/t)_{\text{máx}} = 500$ (c)
Elemento comprimido AL ou AA com enrijecedor de borda tendo $I_s < I_a$ conforme 9.2.3 da NBR 14762 (ABNT, 2010)	$(b/t)_{\text{máx}} = 60$ (b)
Alma de vigas sem enrijecedores transversais	$(b/t)_{\text{máx}} = 200$
Alma de vigas com enrijecedores transversais apenas nos apoios e satisfazendo as exigências de 9.5.1 da NBR 14762 (ABNT, 2010)	$(b/t)_{\text{máx}} = 260$
Alma de vigas com enrijecedores transversais nos apoios e intermediários, satisfazendo as exigências de 9.5.1 da NBR 14762 (ABNT, 2010)	$(b/t)_{\text{máx}} = 300$

(a)  $b$  é a largura do elemento;  $t$  é a espessura;  
 (b) Para evitar deformações excessivas do elemento, recomenda-se  $(b/t)_{\text{máx}} = 30$ ;  
 (c) Para evitar deformações excessivas do elemento, recomenda-se  $(b/t)_{\text{máx}} = 250$ .

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2016).

Uma vez apresentado o conceito básico dos elementos, a apresentação da equação da instabilidade de chapas isoladas retangulares (i) pode ser feita. Esta equação se torna fundamental para todo tipo de verificações quanto a perfis formados a frio, e, portanto, é de grande relevância que seja pontuado como primordial para as demais análises. Nesse sentido, para uma chapa isolada perfeita e submetida à compressão uniforme, a tensão de flambagem elástica do elemento é determinada através da Equação 1.

$$\sigma_{cr} = k \frac{\pi^2 \cdot E}{12 (1 - \nu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2 \quad (1)$$

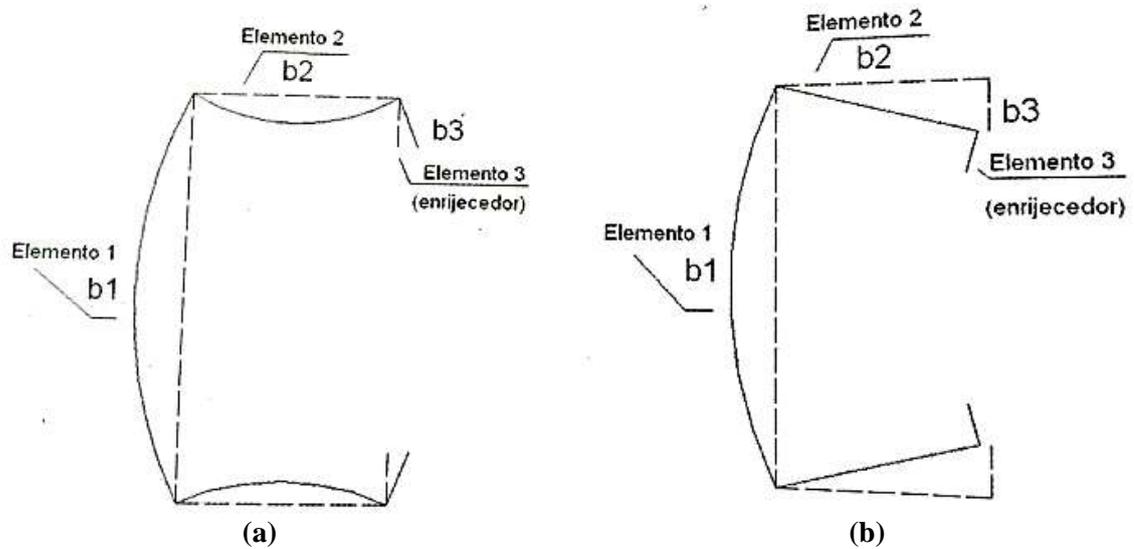
Em que:

- $\sigma_{cr}$  é a tensão crítica de flambagem elástica do elemento;
- $k$  é o coeficiente de flambagem da chapa;
- $E$  é o módulo de elasticidade longitudinal do material;
- $\nu$  é o coeficiente de Poisson;
- $t$  é a espessura da chapa;
- $b$  é a largura da chapa.

O coeficiente de flambagem,  $k$ , está vinculado diretamente à geometria e às condições de extremidade da chapa. A obtenção de seu valor depende do número de meias ondas senoidais na direção da força de compressão. Os preceitos, bem como o conceito por trás do coeficiente, estão explicados detalhadamente por Rodrigues (2016).

Por conseguinte, na avaliação da instabilidade de seções com elementos esbeltos (ii), é importante ressaltar que o fenômeno de flambagem local pode ocorrer em perfis de aço com elementos esbeltos solicitados à compressão centrada, à flexão simples e à flexão composta. Para casos como este, há dois tipos possíveis de flambagem: local (Figura 17 a) e distorcional (Figura 17 b). Na flambagem local propriamente dita, todos os elementos sofrem deformação de meias ondas senoidais, no sentido longitudinal. Já para o distorcional, que comumente ocorre com menores forças de compressão centrada do que o local, há deformação de meias ondas apenas na alma do perfil. Na Figura 17 são ilustradas os dois casos apresentados.

Figura 17 – Tipos de flambagem locais de seções em perfis formados a frio.

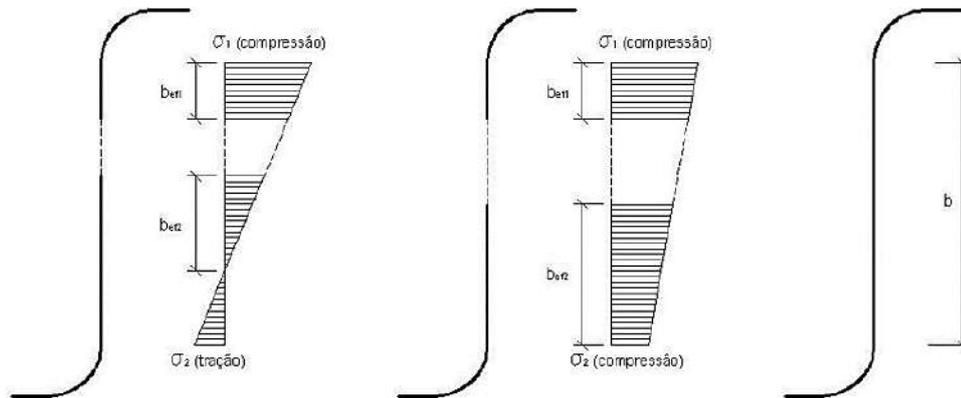


Fonte: Rodrigues (2016).

Segundo Rodrigues (2016), a análise do comportamento pós-crítico de elementos esbeltos (iii) é complexa e deve-se recorrer a métodos simplificados de tratamento. De maneira geral, o fenômeno pode ser descrito como uma redistribuição de tensões longitudinais internas na chapa. Antes de uma chapa atingir sua tensão convencional de flambagem elástica, a distribuição de tensões longitudinais internas ao longo da largura se faz de forma uniforme. Porém, a partir do instante em que a força axial de flambagem local é atingida, ocorre uma redistribuição (não-linear) das tensões longitudinais internas, e a ocorrência simultânea de deslocamentos perpendiculares ao plano da chapa. Essa variação de tensão pode vir a extrapolar o valor da tensão em uma determinada região, o que ocasiona em uma falha não abrupta da peça.

Assim, no estudo da flambagem local das chapas (iv), um método simplificado que apresenta soluções para a problemática citada anteriormente é o Método da Largura Efetiva (MLE), adotado pela grande maioria das normas e bibliografias, inclusive a NBR 14762 (ABNT, 2010). O referido método considera a redução da largura original da peça, dita como largura efetiva, devido à flambagem dos elementos da seção da peça que se encontram total ou parcialmente submetidos a tensões normais de compressão. O motivo por trás da redução da largura tem fundamento no comportamento da tensão interna da peça, quando submetido a uma força de compressão. Dependendo da configuração da seção e da grandeza da solicitação, a tensão se dá em diversas formas de gradiente. Na Figura 18 são representadas duas configurações de gradiente de tensão para um elemento AA.

Figura 18 – Tensão gradiente em elementos solicitados.

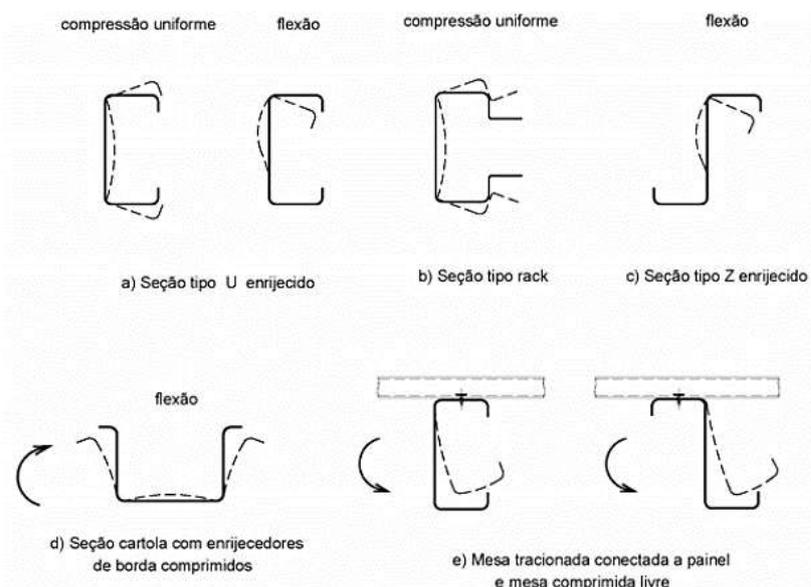


Fonte: Rodrigues (2016).

Nesse sentido, a redução da largura  $e$ , portanto, a utilização de uma largura efetiva possibilita que se as tensões normais sejam consideradas uniformes. A NBR 14762 (ABNT, 2010) traz prescrições para cálculo da largura efetiva e coeficientes de flambagem local,  $k$ , para elementos AA e AL.

Apesar do estudo da flambagem local ser imprescindível, a flambagem por distorção da seção transversal ( $v$ ) deve ser considerado e pode até mesmo representar o modo crítico da barra, já que pode ocorrer para níveis de carga menores que a instabilidade local. Quando crítico, o modo distorcional deve ser dimensionado conforme barras submetidas a compressão centradas ou barras submetidas a flexão. Na Figura 19 são ilustradas diversas possibilidades de flambagem por distorção, dependendo do tipo de esforço solicitante.

Figura 19 – Configurações de modo de flambagem distorcional.



Fonte: Rodrigues (2016).

Logo, faz-se necessário o entendimento da análise de barras submetidas à compressão centrada (vi). Para essa situação, deve-se analisar parâmetros como forma da seção transversal, espessura da chapa, comprimento do perfil e principalmente considerar os seguintes modos:

- Colapso por escoamento do material;
- Colapso por flambagem elástica da barra por flexão, torção ou por flexo-torção;
- Flambagem local dos elementos da seção;
- Flambagem distorcional da seção;
- Interação entre os modos de flambagem acima.

Para cada um destes modos, pode-se encontrar sua resolução e explicação nas prescrições da NBR 14762 (ABNT, 2010).

Em sequência, para barras submetidas a flexão simples (vii), o entendimento da ação do momento fletor em Perfis Formados a Frio é fundamental. Logo, a capacidade resistente ao momento fletor deve ser limitada pela flambagem lateral por torção porque, de maneira geral, esses tipos de perfis possuem pequena rigidez à torção, fato esse explicado pela seção transversal aberta com elementos delgados. Nesse sentido, barras fletidas podem necessitar de travamentos laterais convenientemente dispostos nas mesas ou na extensão longitudinal do elemento.

No dimensionamento da seção transversal, deve-se levar em consideração a flambagem local das mesas comprimidas e da alma sob tensões normais de flexão e efeito do cisalhamento. Deve-se ainda evitar o efeito *web crippling*, que é representado pelo esmagamento da alma na região do carregamento e considerar o efeito *shear lag*, retratado pela uniformização da tensão cisalhante em elementos. Ambos os efeitos, bem como as considerações de dimensionamento, estão considerados nas prescrições da NBR 14762 (ABNT, 2010).

Consecutivamente, o momento nominal resistido por uma barra deve ser o menor valor entre os seguintes momentos fletores:

- Momento fletor resistente calculado com base no início de escoamento da seção efetiva;
- Momento fletor resistente relacionado à flambagem lateral por torção;
- Momento fletor resistente relacionado à flambagem distorcional da seção transversal.

Já para situações onde há presença simultânea de momento fletor e força axial solicitante de tração ou compressão, a flambagem por flexão composta (viii) deve ser estudada. De maneira pontual, um exemplo em que pode-se encontrar uma barra submetida à flexão composta nos montantes das paredes externas das edificações dos sistemas *Light Steel Framing*, por ação de cargas permanentes verticais e cargas laterais, como o vento por exemplo. Assim, o colapso das barras sob este cenário pode se dar de seis modos, ambos prescritos pela NBR 14672 (ABNT, 2010):

- Escoamento da seção transversal;
- Flambagem por flexão, por torção ou por flexo-torção;
- Flambagem lateral com torção;
- Flambagem local;
- Flambagem distorcional;
- Interação entre alguns desses modos.

Por fim, se faz importante ressaltar que como todas as análises e dimensionamentos citados neste tópico possuem considerável complexidade, o auxílio de *softwares* comerciais como é o caso do *CypeCAD* (módulo *Metálicas3D*), para o cálculo de edificações em *Light Steel Framing*, mostra-se bastante usual e imprescindível para aumentar a velocidade do projeto, ao mesmo passo que possibilita maior precisão nos cálculos.

### **2.3. Companhia de Habitação – COHAB**

Em 1965, o Governo do Estado criou a Companhia de Habitação do Estado de Minas Gerais – COHAB Minas como sociedade de economia mista, com a finalidade de combater o déficit habitacional e urbanizar vilas e comunidades. A migração interna da população buscava oportunidades produzidas pela profunda transformação econômica e social que o País e Minas Gerais viveram a partir da década de 60. Assim, a criação da COHAB Minas tinha como iniciativa à consequência do êxodo rural para os grandes centros urbanos e até hoje permanece com o objetivo e desafio de reduzir, gradualmente, o déficit habitacional no estado, que se acumula na faixa da população urbana com renda inferior a três salários mínimos.

Desde o dia 1º de novembro de 1967, A COHAB Minas atua no combate ao déficit habitacional, quando inaugurou sua primeira comunidade: o Conjunto Vale do Jatobá, em Belo

Horizonte, com 1.312 moradias. Na época de sua criação, havia maior disponibilidade de recursos fiscais e orçamentários para a habitação popular, e a COHAB Minas construiu diversos grandes conjuntos habitacionais. Porém, essa política definhou em consequência dos problemas de concepção do modelo do sistema financeiro de habitação. Após ter feito quarenta anos de sua fundação, a COHAB Minas passou, a partir de meados de 2005, a construir casas populares em contexto diferente e mais desafiador que nas décadas de 70 e 80.

Mediante aos resultados obtidos ao longo dos anos, a COHAB representa um precioso recurso, já que a busca por manter órgãos que atuam particularmente sob a ótica do déficit habitacional é muito importante para a evolução contínua do Brasil. Segundo Constantino (2007), a necessidade de dar continuidade a programas e empreendimentos na área está atrelada a certeza sobre os recursos serem alocados no futuro, para que haja regularidade na liberação da receita aprovada para a habitação.

Concomitantemente, a Companhia de Habitação, assim como outros sistemas de construção de moradias é um valioso recurso para manter a economia aquecida no âmbito da construção civil. Desde de sua criação, a COHAB vem construindo habitações utilizando o padrão de técnica construtiva em Alvenaria Estrutural, consumindo blocos de cerâmica ou concreto, estrutura de telhado de madeira ou aço com cobertura de telhas de barro ou fibrocimento. Ainda nesse aspecto, a grande incidência do tipo de edificação são casas de apenas um pavimento (Tomy, 2000).

Atualmente, a COHAB conta com 473 municípios conveniados, executando suas obras a partir de licitações e contratos. Para tais, a Companhia de Habitação exige o certificado de habilitação do PMQP-H (Programa Mineiro da Qualidade e Produtividade no Habitat) no nível “A”, como requisito de habilitação de empresas em suas licitações. Em complemento, a companhia em questão conta com projeto de edificação como o arquitetônico, estrutural, elétrico e hidráulico de autoria própria, como forma de padronização de suas habitações. Na Figura 20 é ilustrado um complexo habitacional do padrão COHAB Minas.

Figura 20 – Complexo habitacional do padrão COHAB Minas.



Fonte: Disponível em <cohab.mg.gov.br/>.

Sendo assim, o sistema de padronização consiste na criação de siglas para nomeação do conjunto habitacional em questão. Dessa forma, utilizando como exemplificação o padrão MG – 91 – I – 2 – 45 (L) comum e MG – 91 (PNE) especial, tem-se as seguintes correspondências:

- MG – Sigla do estado;
- 91 – Número de série;
- I – Casa Individual;
- 2 – Número de quartos;
- 45 – Área aproximada em m<sup>2</sup>;
- (L) – Unidade com laje;
- PNE – Portadores de necessidades especiais.

Na presente data, a Companhia de Habitação do estado de Minas Gerais trabalha com a transparência de seu sistema e dados através de seu site ([www.cohab.mg.gov.br/](http://www.cohab.mg.gov.br/)), onde é possível encontrar todas as informações referentes a história, contatos, mutuários, prefeituras, programas, licitações, contratos e situação financeira. Além disso, também se encontra todos os projetos de edificação e valores orçamentários implementados e aprovados para as obras dos municípios que receberam o complexo habitacional do programa.

### 3. Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho tem como ponto inicial o estudo de uma planta arquitetônica padrão utilizada pela COHAB. Para a construção do complexo habitacional da cidade de Monte Santo de Minas – Minas Gerais, os padrões habitacionais utilizados foram o MG-91-I-2-45 (L) e MG-91-I-2-45 (PNE), sendo o último destinado a Pessoas com Necessidades Especiais (PNE). Apesar de ambos possuírem as mesmas identificações, há mudanças nas dimensões de cômodos e aberturas de portas, o que altera o projeto em certos pontos. Nesse sentido, foi escolhido apenas o padrão MG-91-I-2-45 (L) para ser dimensionado, detalhado e orçado neste trabalho.

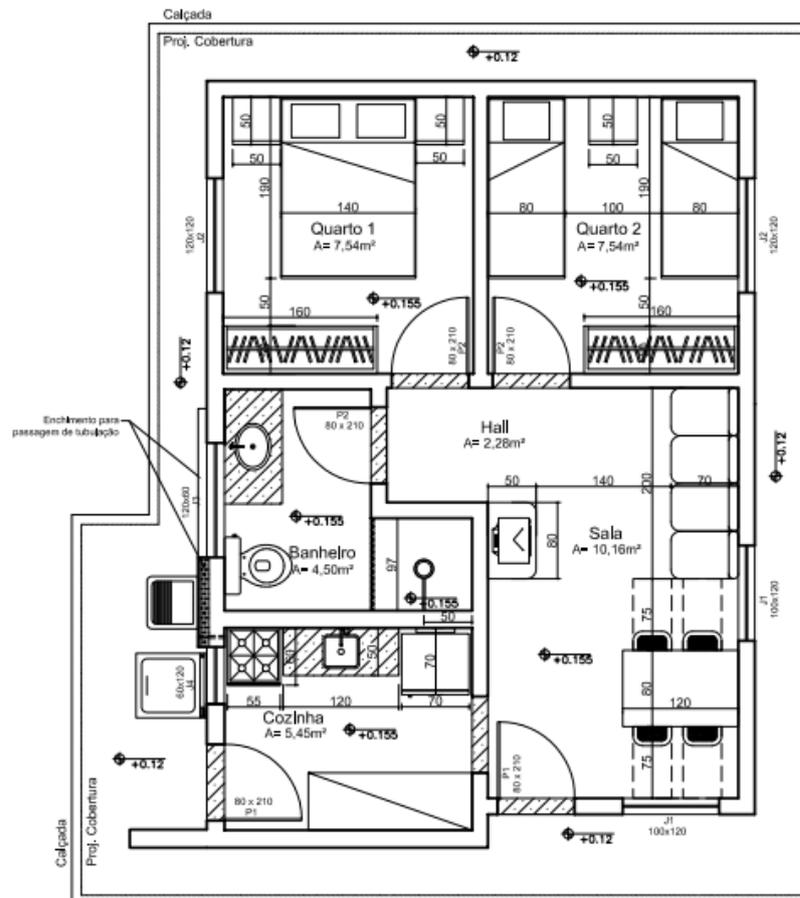
Por conseguinte, o padrão habitacional referido acima é composto pelas seguintes características construtivas:

- Padrão habitacional do tipo casa individual, com um único pavimento, composta de 06 (seis) cômodos, sendo uma sala com 10,30 m<sup>2</sup>, dois quartos com 7,66 m<sup>2</sup> cada, um *hall* de circulação com 2,28 m<sup>2</sup>, um banheiro com 4,66 m<sup>2</sup>, e uma cozinha com 5,73 m<sup>2</sup>, e mais uma área de serviços externa, com um total de 44,78 m<sup>2</sup>. Todos os cômodos são dimensionados de maneira a atender as normas de procedimento e adaptabilidade, especial a NBR 9050 (ABNT, 2015);
- Alvenarias serão em blocos de concreto estrutural autoportante e utilização de lajes pré-fabricadas, em conformidade com as especificações que acompanham o projeto, e observando as exigências constantes das normas próprias, como também as NBR 6118 (ABNT, 2014) e cobertura em estrutura de aço conforme a NBR 15.575 (ABNT, 2013);
- Fundação em Radier – Mola 200 tf/m<sup>3</sup>;
- Instalações elétricas, telefônicas e antena de TV serão feitas de acordo com o exigido no projeto elétrico e de acordo com a concessionária local, ressaltando as disposições das normas NBR 5410 (ABNT, 2004), 6150 (ABNT, 1980) e 15.465 (ABNT, 2008);
- Instalações hidrossanitárias obedecerão ao disposto na especificação própria, que acompanha o projeto, além de observar as normas concernentes, como também as NBR 5648, 5626, 5688, 6452, 13523, 7372, 13206, 12694, 11720 e 15575 da ABNT;
- Revestimentos e pintura deverão ser executados de acordo com as especificações que acompanham o projeto, observando as disposições das normas de procedimento da ABNT;

- Os pisos e passeios serão executados de acordo com as especificações que acompanham o projeto, observando as disposições das normas próprias, além das NBR 13753 (ABNT, 1996), 13818 (ABNT, 1997) e 15757 (ABNT, 2009).

Para introduzir o projeto da COHAB, a planta baixa do projeto arquitetônico do padrão MG-91-I-2-45 (L) está ilustrada na Figura 21 – Planta baixa do projeto arquitetônico COHAB.

Figura 21 – Planta baixa do projeto arquitetônico COHAB.



Fonte: Disponível em: < <http://www.cohab.mg.gov.br/>>.

As informações de cada item acima podem ser obtidas através do memorial descritivo do projeto arquitetônico referente ao padrão habitacional descrito. Além disso, todos os projetos e orçamentos referentes ao empreendimento como projeto urbanístico, estrutural, elétrico, hidrossanitário, projeto da cobertura e projeto da fundação podem ser encontrados livremente no site da COHAB – MG.

Prosseguindo, como o intuito do trabalho é realizar a análise sob a ótica do método construtivo *Light Steel Framing*, os parâmetros que serão afetados e, portanto, serão alterados em relação ao modelo original são: estrutura das lajes e paredes estruturais; cobertura; revestimento das paredes e lajes. A escolha prévia de todos estes elementos está em

conformidade e possui fundamento nas principais técnicas construtivas do sistema *Light Steel Framing* encontradas em Rodrigues (2016) e Santiago (2012).

É importante ressaltar que cada escolha realizada previamente, tanto entre a concepção estrutural como o revestimento, tem consequência direta no cálculo da estrutura e refletirá nos esforços solicitantes e estabilidade local e global do sistema. Assim, encaminhar as tomadas de decisões iniciais de maneira homóloga às principais bibliografias da área, como é o caso dos manuais do CBCA, assegura maior confiabilidade e adequabilidade ao projeto.

Portanto, os próximos passos após o estudo sucinto da planta arquitetônica referida, para que se possa atingir o objetivo desse trabalho, são:

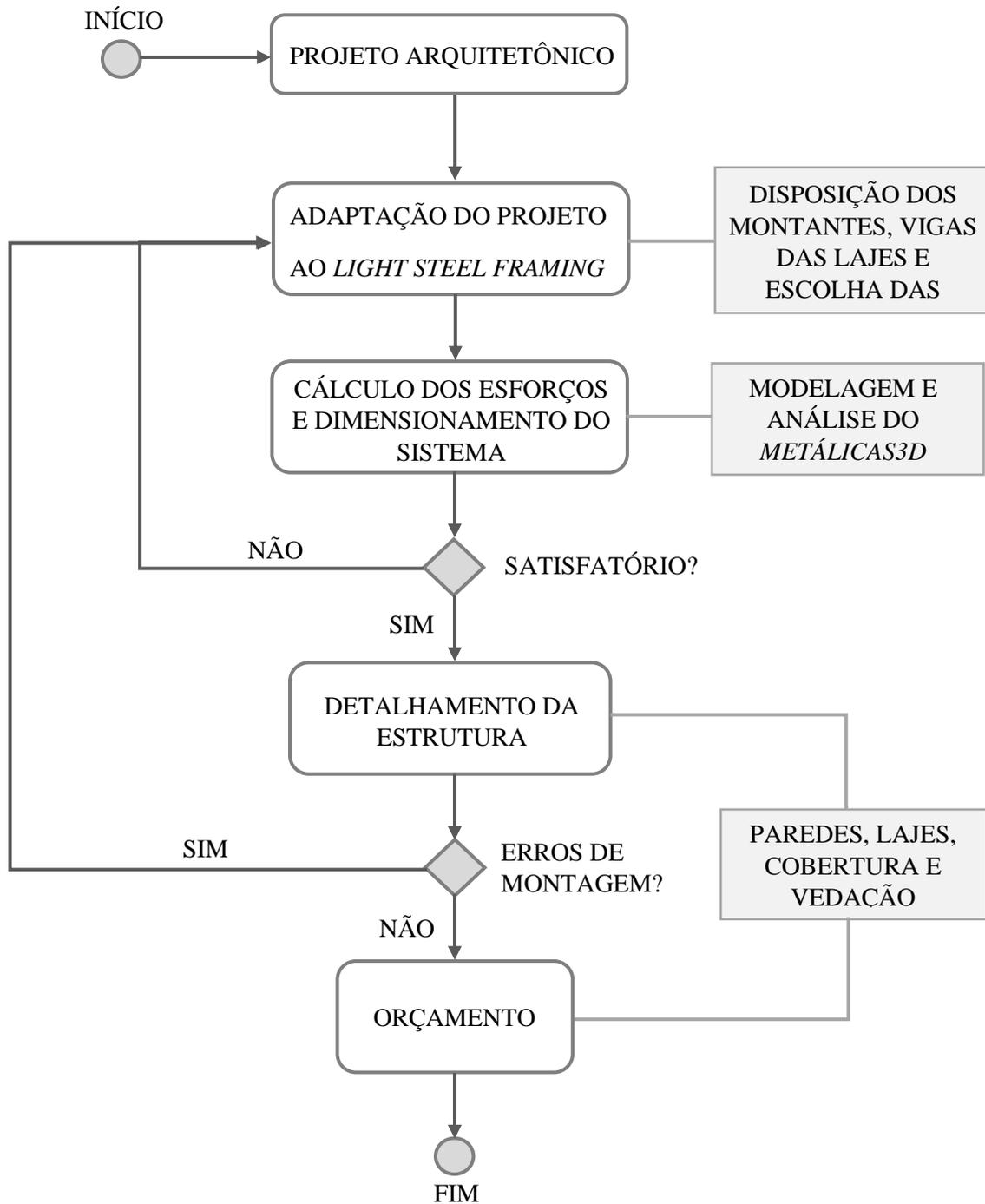
- 1) Adaptação do projeto ao sistema *Light Steel Framing*;
- 2) Cálculo dos esforços e dimensionamento do sistema;
- 3) Detalhamento da estrutura: paredes, lajes, cobertura e vedação;
- 4) Orçamento.

Se faz imprescindível ressaltar que a fundação não será tema de estudo, já que em análise a projeto de fundação obtido no site da COHAB para o empreendimento em Santo Monte de Minas, as edificações possuem fundação Radier Mola 200 tf/m<sup>3</sup> com espessura de 12 centímetros em toda sua extensão. Porém, segunda prescrições da NBR 6118 (ABNT, 2014), em estruturas submetidas a esforço de punção restringe-se espessura mínima de 16 centímetros. Assim, o dimensionamento referente ao projeto original não está resguardado pela norma e, portanto, não possui fator de comparação tanto em termos estruturais como financeiros.

Consequentemente, a fim de facilitar o entendimento da metodologia no sentido global, bem como ordenar o dimensionamento do sistema estrutural como um fluxo, se criou uma ferramenta de fluxograma, ilustrado na Figura 22.

Nela é possível notar que cada parte está vinculada, de certa forma, com mais de um processo que envolve o projeto. Ou seja, ao se realizar a adaptação da edificação ao *Light Steel Framing*, o próximo passo é realizar o dimensionamento do sistema. Mesmo que todas as peças estejam verificadas, assim como a estabilidade global do sistema, há a possibilidade de ao detalhar a estrutura, erros de montagem serem encontrados, necessitando que se retorne a etapa de adaptação do projeto novamente. A metodologia acaba se tornando um ciclo até que todo o projeto esteja em conformidade com o que foi proposto, para que se possa assim realizar o orçamento da edificação.

Figura 22 – Fluxograma referente a metodologia do projeto.



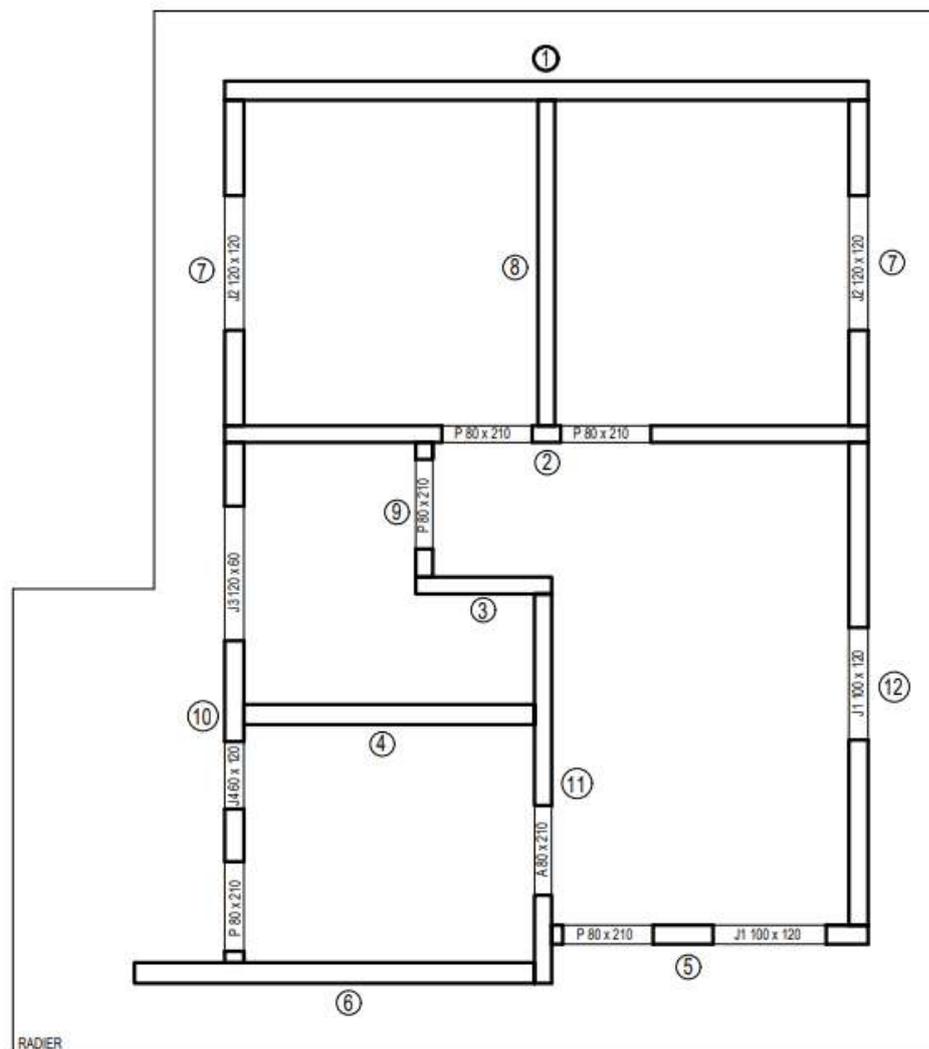
Fonte: Do autor (2019).

### 3.1. Adaptação do projeto ao sistema *Light Steel Framing*

#### 3.1.1. Posicionamento dos montantes e vigas das lajes

O primeiro passo a ser realizado para adaptar a edificação ao *Light Steel Framing* é segregare as paredes do projeto original em quadros, buscando a obtenção de menores quantidades de painéis. Evitar a separação de painéis que podem ser montados de forma inteira facilita o processo de montagem e assegura uma estrutura mais rígida. Logo, a separação em quadros para a planta do padrão habitacional MG-91-I-2-45 (L) é ilustrado na Figura 23.

Figura 23 – Adaptação do projeto: separação dos painéis.



Fonte: Do autor (2019).

Os painéis divididos foram numerados obtendo-se um total de 12 quadros diferentes e 13 quadros totais. É possível notar que a divisão das paredes contemplou evitar a formação de pequenos elementos, bem como buscou formar quadros idênticos, como o caso do quadro 7. Também procurou-se formar painéis de dimensões iguais, como os quadros 1 e 2 e novamente 7 e 8. A consequência desses critérios de segregação possuem proporções palpáveis ao se adentrar nos detalhamentos de montagem do projeto.

Como próximo passo, a disposição dos montantes nos painéis, em conformidade com item 2.1.3 deste trabalho, é necessária. Assim, sendo a edificação em questão uma residência unifamiliar de apenas um pavimento, os carregamentos atuantes não são significativos e pode-se assim adotar o espaçamento máximo recomendado de 60 centímetros. É notório ressaltar que a disposição dos montantes buscou a menor utilização de peças, sendo que em alguns casos, o espaçamento extrapolou a medida de 60 centímetros. Apesar do fato ter ocorrido, a análise obtida pelo dimensionamento demonstrou a possibilidade dessa adoção.

Novamente, conforme item 2.1.3, se faz necessário à disposição das vigas nos quadros das lajes. Mediante a isso, a disposição inicial da orientação das vigas, tem em vista os seguintes critérios:

- i. Disposição das vigas na direção do menor vão;
- ii. Disposição das vigas evitando painéis com aberturas;
- iii. Disposição das vigas sob ombreiras (em caso de aberturas);
- iv. Disposição das vigas sob mesmo nó (caso possível).

Outro ponto importante a ser analisado é o posicionamento dos reservatórios de abastecimento de água. A posição da caixa d'água de 500 litros (caixa d'água Fortlev) e do boiler 200 litros (boiler Acquatec), reservatórios já estabelecidos no projeto do padrão habitacional MG-91-I-2-45 (L), foram alocados visando o posicionamento em regiões onde há maior presença de quadros para a sustentação e menor vão da laje. É importante enfatizar que o posicionamento dos reservatórios foi alterado em relação ao projeto original, já que a nova disposição foi considerada mais adequada para o projeto em *Light Steel Framing* e o mesmo se localiza mais próximo da cozinha, lavanderia e banheiro. Na Figura 24, são ilustradas as posições das vigas das lajes e a locação dos reservatórios.



das vedações, definiu-se vedação vertical como toda vedação destinada a painéis de parede e vedação horizontal como toda vedação destinada a painéis de laje. Em conformidade com Santiago (2012) e a ISO 6241 (1984), foram divididas as vedações em função das intemperes em que estão submetidas e se criou regiões de identificação, descritas abaixo.

Para regiões internas à casa sem presença constante de água, foram denominadas de Região Interna Seca (IS). Já para regiões internas à casa com presença constante de água, denominou-se às de Região Interna Úmida (IM). E para regiões externas a casa, denominou-se às de Região Externa (E). Uma consideração inicial a ser feita foi a adoção de placas de OSB (Painel de Tiras de Madeira Orientadas) para todos os tipos de vedação. Isso se deve ao fato de que esse material possibilita que a estrutura trabalhe como diafragma rígido tanto para lajes como para paredes.

Aliado a isso, como o OSB é um material altamente suscetível a ações de mofos e ações biológicas (CRASTO, 2005), o uso de manta isolante tipo membrana, que permite a passagem de moléculas de ar, mas não de água, foi requisitado e conduz a umidade para fora do contato das placas. Assim, todos os tipos de vedação possuem a placa de OSB seguida de uma manta isolante tipo membrana em toda extensão do painel, promovendo uma condição onde o perfil fica envolvida por placas OSB, aumentando sua resistência lateral e à flambagem.

Logo, para regiões IS, o revestimento é feito de placa de OSB, manta isolante tipo membrana e placa de gesso acartonado tipo Standart (ST), já concedendo o acabamento final por parte do gesso para o painel. Para regiões IM, o revestimento é feito de placa de OSB, manta isolante tipo membrana, placa de gesso acartonado tipo Resistente à Umidade (RU) e acabamento cerâmico, possibilitando uma boa estanqueidade para o sistema. Por último, para regiões E, o revestimento é feito de placa de OSB, manta isolante tipo membrana, placa cimentícia e argamassa de acabamento.

A relação de todos os tipos de vedação está descrita na Tabela 5, onde atribuiu-se também as espessuras adotadas em conformidade com a maioria das placas disponíveis no mercado.

Tabela 5 – Tipos de vedação adotadas.

<b>Tipos de Vedação</b>	
<b>Placa de vedação</b>	<b>Espessura (mm)</b>
Placa de OSB (tiras de madeira orientada)	8,00
Manta isolante tipo membrana	-
Gesso acartonado tipo Standart (ST)	12,50
Gesso acartonado tipo Resistente à Umidade (RU)	12,50
Placa cimentícia	10,00
Revestimento cerâmico	-
Argamassa de acabamento	-
<b>Vedação</b>	<b>Região</b>
OSB, manta isolante tipo membrana e gesso acartonado tipo Standart (ST)	Interna seca (IS)
OSB, manta isolante tipo membrana, gesso acartonado tipo Resistente à umidade (RU) e acabamento cerâmico	Interna molhada (IM)
OSB, manta isolante tipo membrana, placa cimentícia e argamassa de acabamento	Externa (E)

Fonte: Do autor (2019).

As vedações horizontais e verticais seguem o mesmo padrão determinado pelas regiões onde o painel se encontra, de modo que um quadro pode obter até dois tipos de vedação em função de seu posicionamento. Para a região superior dos painéis das lajes em específico, onde se encontra em contato com a cobertura, se optou por escolher a região externa (E), representada por vedação com placa cimentícia, mas sem argamassa de acabamento.

Uma vez definidos os espaçamentos entre montantes dos painéis das paredes, que decorre consecutivamente do posicionamento das vigas das lajes e após a escolha dos tipos de vedação, o projeto está encaminhado para realização do cálculo dos esforços e dimensionamento do sistema.

## **3.2. Cálculo dos esforços e dimensionamento do sistema**

### **3.2.1. Modelagem da estrutura no *Metálicas3D***

Sendo o *CypeCAD* o *software* utilizado para o auxílio no dimensionamento da estrutura e, portanto, dos perfis em aço dobrado a frio, realizou-se a modelagem da edificação inteira no módulo denominado *Metálicas3D* (versão 2011, licença de: Prof. Maykmiller Carvalho

Rodrigues). Começando pelos painéis das paredes, seguindo para os quadros das lajes e finalizando na cobertura, a estrutura foi modelada inteira no mesmo arquivo. Após se introduzir todas as cargas, o *software* é capaz de dimensionar o sistema como um todo, possibilitando assim uma análise mais precisa principalmente do ponto de vista estabilidade global da estrutura.

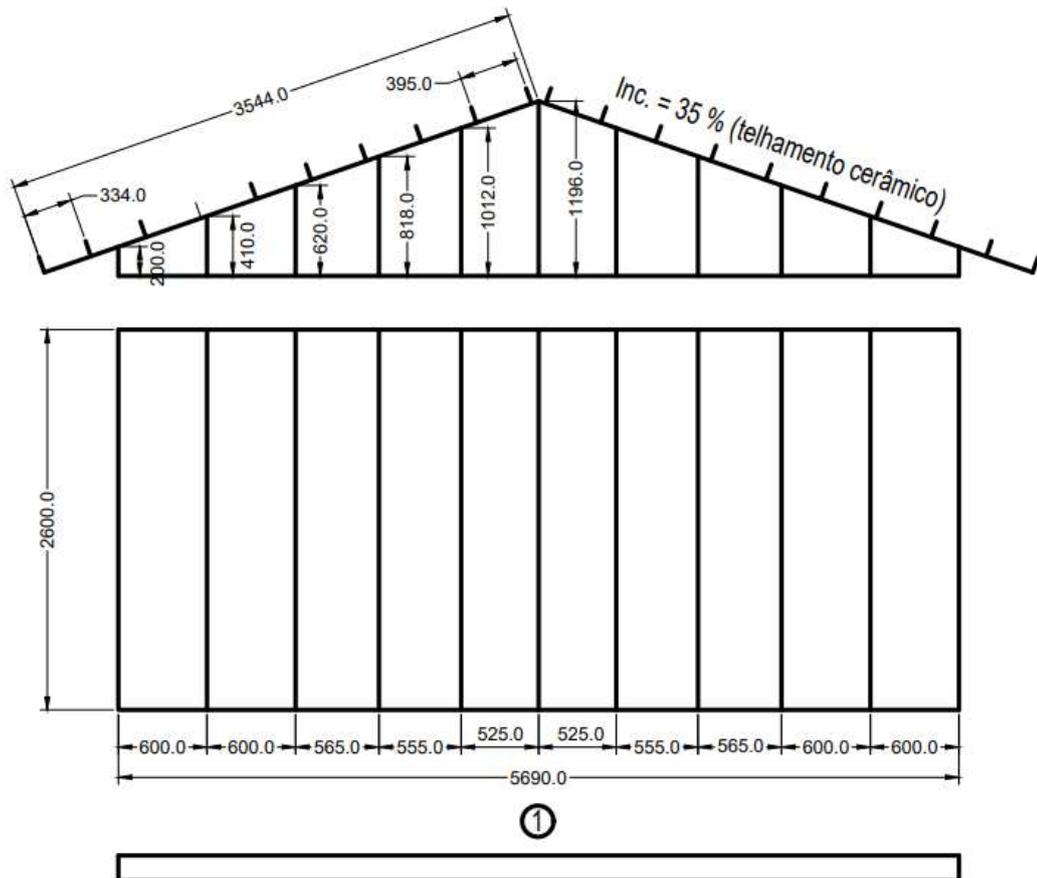
Logo, em função do projeto arquitetônico e da adaptação ao *Light Steel Framing*, os painéis paredes foram modelados. A princípio, foram introduzidos somente os montantes nos painéis das paredes, para que após a primeira análise do sistema, possa ser ponderado introduzir peças diagonais e fitas de contraventamento a fim de assegurar a estabilidade do sistema. Todas aberturas, como janelas e portas, também foram previstas. Da mesma forma foram modelados os quadros das lajes, sempre em conformidade com as premissas de adaptação do projeto localizadas no item 3.1.

Como o sistema do *Light Steel Framing* é composto pelo padrão de encaixe Guia - Montante, ao se modelar a estrutura no *software*, foi necessário classificar cada peça conforme sua função e sua orientação geométrica, de modo que o eixo de maior inércia da peça esteja orientado a resistir de maneira mais adequada à solicitação.

No caso específico das coberturas em *Light Steel Framing*, para utilização dos mesmos tipos de materiais e padrão de espaçamento dos montantes, as treliças que sustentam as terças do telhado foram modeladas seguindo o estilo treliça de fechamento oitão. Esse fechamento segue a mesma disposição do painel da parede que o sustenta em sua projeção e para facilitar o processo de montagem da edificação, escolheu-se apenas um tipo de fechamento oitão, que segue o estilo de espaçamento do painel da parede 1 (Figura 23 – Adaptação do projeto: separação dos painéis).

Além disso, o telhado original do projeto do padrão habitacional MG-91-I-2-45 (L) contempla telhamento cerâmico tipo colonial. Logo, para manter os mesmos elementos, o telhamento cerâmico será adotado com a mesma inclinação de 35% e as terças da cobertura não serão dispostas nos mesmos nós dos montantes das treliças da cobertura, devido a questões geométricas das telhas. Assim, o espaçamento padrão entre as terças é de 395 milímetros, sendo a última terça com espaçamento de 334 milímetros, consequência do beiral. Na Figura 25 é ilustrada a treliça tipo de fechamento oitão em linhas que foi utilizada como módulo para cobertura, juntamente com seu painel correspondente, assim como será modelado no *Metálicas3D*.

Figura 25 – Treliça tipo de fechamento oitão utilizada como módulo para cobertura.

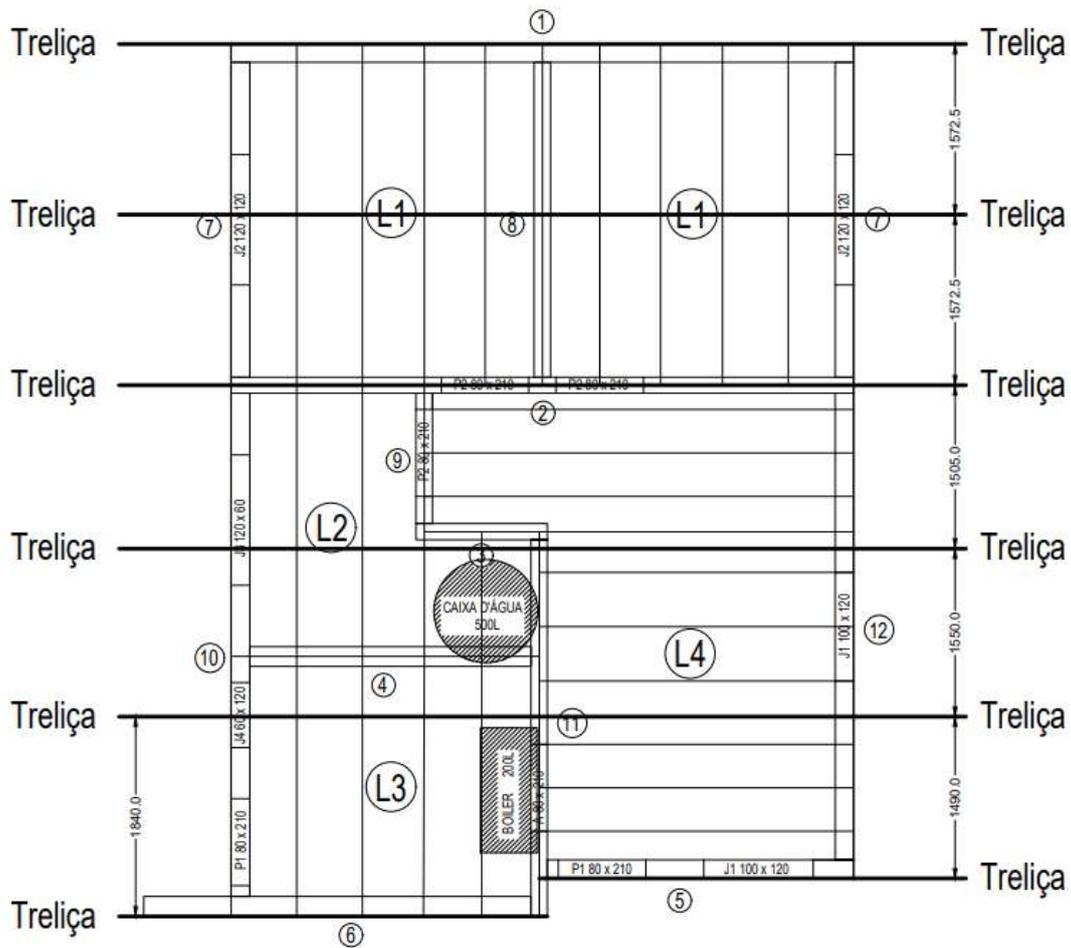


Fonte: Do autor (2019).

Seguindo à risca o projeto original, o beiral da cobertura adotado tem valor de 500 milímetros em todo o perímetro da edificação, exceto na lavandeira, onde o mesmo assume valor de 1300 milímetros. É importante ressaltar que essa situação pontual foi considerada na modelagem no *Metálicas3D*, já que o incremento do comprimento do beiral resultará na amplificação dos esforços e diferenciação das treliças próximas à região.

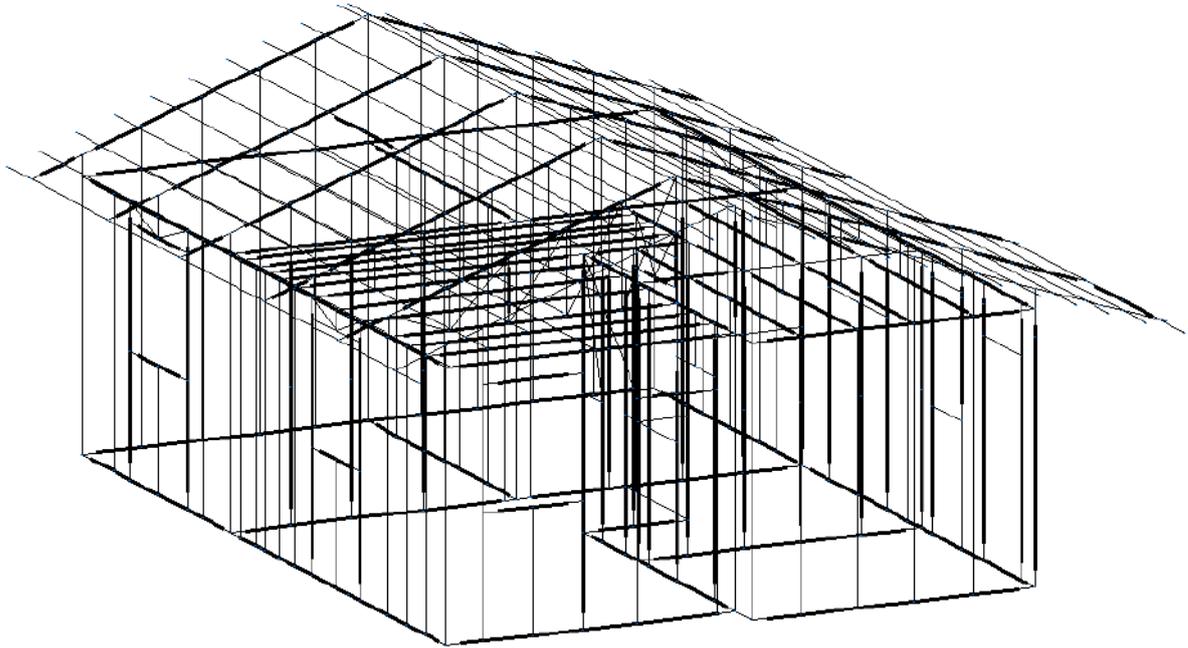
Sendo assim, uma vez determinado o tipo da treliça e suas características geométricas, foi possível determinar o espaçamento entre elas. A tomada de decisão perante o valor dessa dimensão tem vínculo direto com o tipo de treliça, sua projeção em função das paredes que a sustentam e o tipo de telhamento. Sendo assim, como a treliça é formada por peças de *Light Steel Framing* e o carregamento de um telhamento cerâmico tem grandeza considerável, adotou-se dimensões próximas de 1550 milímetros. Com essa medida, o posicionamento das treliças permanece próximo ou até mesmo sob painéis de paredes, como foi o caso do painel 2 ilustrado na Figura 26, onde pode ser observado o posicionamento das treliças e suas projeções.

Figura 26 – Espaçamento e disposição entre treliças.



Fonte: Do autor (2019).

Finalizadas todas as pendências referentes a modelagem da estrutura, o sistema está pronto para introdução das cargas atuantes e posteriormente a obtenção dos esforços e verificação dos perfis. A modelagem total do sistema está ilustrada na Figura 27 e apresenta a interface gráfica do *Metálicas3D*.

Figura 27 – Interface gráfica do *Metálicas3D*.

Fonte: Do autor (2019).

### 3.2.2. Cálculo das ações solicitantes

O cálculo das ações solicitantes foi realizado em conformidade com a NBR 6120 (ABNT, 2019) e a NBR 6123 (ABNT, 1988) e foi dividido em dois grupos: ações solicitantes permanentes e ações solicitantes variáveis. As ações solicitantes permanentes são aquelas que ocorrem com valores constantes e com pequena variação em torno da média, durante praticamente toda a vida da construção. Nesse sentido, as ações de peso próprio do revestimento dos quadros das lajes e dos painéis das paredes, bem como o telhamento da cobertura se enquadram nesse grupo.

Já as ações solicitantes variáveis são aquelas cujos valores têm variação significativa em torno da média, durante a vida da construção. Podem ser fixas ou móveis, estáticas ou dinâmicas, pouco variáveis ou muito variáveis. Assim, as ações de carga de vento e manutenção se enquadram nesse grupo.

Tomando como início as ações solicitantes que serão descarregadas apenas e exclusivamente nos painéis das paredes, tem-se as cargas permanentes proveniente das placas de vedação vertical. Porém, como há três tipos diferentes de vedação vertical e estão alocadas

de maneira diversa ao longo da edificação, toma-se como padrão a vedação para regiões externas (E) de um lado do painel e a vedação para regiões internas seca (IS) para o outro lado. Ambas vedações estão descritas na Tabela 5 – Tipos de vedação adotadas. Essa escolha se deve ao fato de que a maioria dos painéis das paredes possui essa configuração.

Assim, o levantamento do peso próprio das placas de vedação vertical ficou:

- i. Placa de OSB com espessura de 8,00 mm: 0,05 kN/m<sup>2</sup>;
- ii. Manta isolante tipo Membrana: 0,01 kN/m<sup>2</sup>;
- iii. Placa de Gesso Acartonado tipo Standart (ST) com espessura de 12,50 mm: 0,10 kN/m<sup>2</sup>;
- iv. Placa cimentícia com espessura de 10,00 mm: 0,13 kN/m<sup>2</sup>.

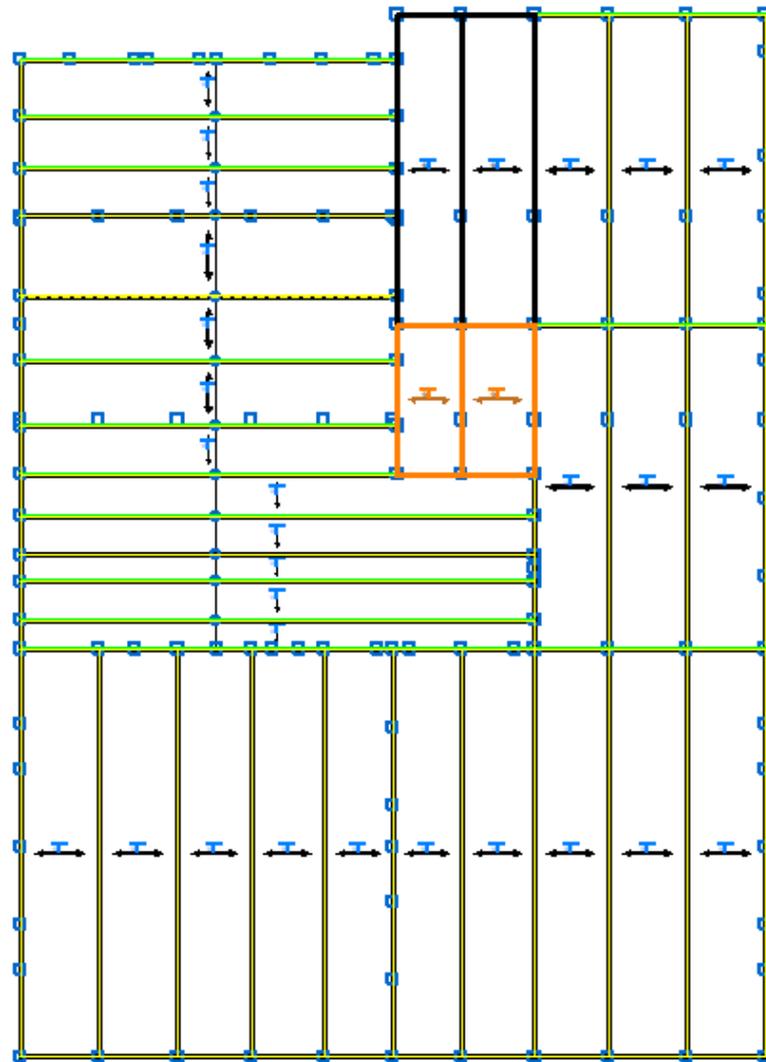
Logo, o somatório dos pesos próprios é de 0,35 kN/m<sup>2</sup>, sendo este um valor característico. Porém, não é possível realizar a inserção no *software* de valores uniformemente distribuídos na direção vertical. Por conseguinte, como um painel de parede é composto por diversos montantes espaçados, em sua maioria, uniformemente a cada 600 milímetros, a inserção do referido carregamento foi feito baseado na área de influência de cada montante, ou seja, espaçamento de 600 milímetro vezes pé direito de 2600 milímetro, resultando em um carregamento pontual de 0,55 kN no topo do montante. Replicou-se o mesmo valor para todos os montantes da edificação. Não havendo ações variáveis atuantes no plano da parede, finaliza-se essa etapa.

Para os carregamentos atuantes nos quadros das lajes, o levantamento do peso próprio das placas de vedação horizontal ficou o mesmo encontrado para a vedação vertical, que possui valor de 0,35 kN/m<sup>2</sup>. Contudo, já como o *Metálicas3D* permite inserir carregamentos distribuídos no sentido horizontal, o valor não necessita ser adaptado. Além disso, alguns pontos dos quadros da laje contam com os carregamentos provenientes dos reservatórios. Ou seja, 5,25 kN/m<sup>2</sup> da caixa d'água e 2,35 kN/m<sup>2</sup> do boiler. Por fim, considerou-se 1,00 kN/m<sup>2</sup> de carga de manutenção e 0,30 kN/m<sup>2</sup> de estoque de materiais diversos sob a laje, para ações de carregamento variável.

A fim de distribuir esse carregamento de maneira correta, optou-se pela ferramenta de criação de panos de carregamento no *Metálicas3D*. Dessa forma foi possível assegurar que todos os carregamentos estão sendo distribuídos simetricamente entre as vigas das lajes e somente nelas. Na Figura 28 é ilustrada uma representação da interface do *software*, nela é

possível conferir as solicitações inseridas nos panos de carregamentos representado pelas setas, onde sua direção representa a direção de distribuição da força.

Figura 28 – Panos de carregamento das lajes.



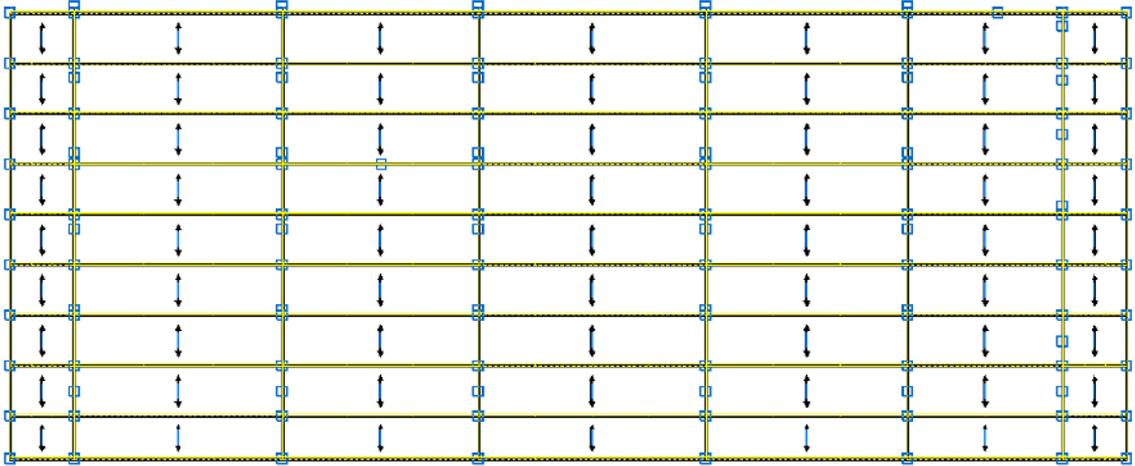
Fonte: Do autor (2019).

Os dois panos representados pela cor laranja indicam que seu carregamento possui acréscimo do peso próprio da caixa d'água e os outros dois demarcados pela cor preta, o do boiler.

Por sua vez, para a cobertura foi considerado  $0,60 \text{ kN/m}^2$  de carregamento permanente do telhamento cerâmico tipo germânico ou colonial segundo a tabela 5.5 da NBR 6120 (ABNT, 2019) e carga pontual de  $1 \text{ kN}$  no ponto mais crítico da estrutura da cobertura, como situação de manutenção, conforme o item 6.4 da NBR 6120 (ABNT, Revisão 2017) recomenda. Para que o carregamento citado possa ser distribuído de maneira adequado, primeiramente para as terças e consecutivamente para toda a treliça, a utilização dos panos de carregamento foram

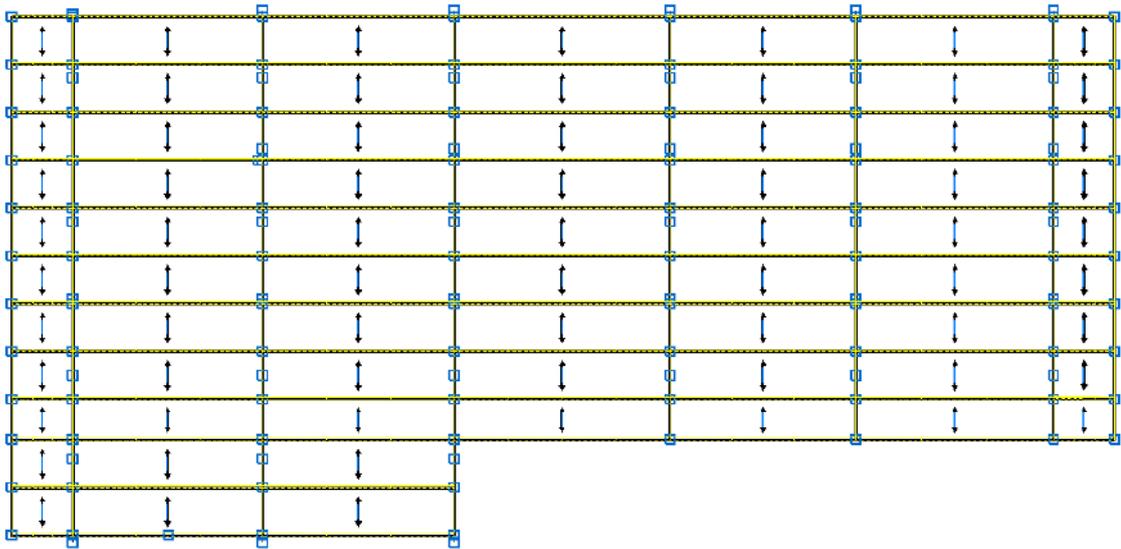
necessárias novamente. Na Figura 29 e Figura 30 são ilustradas as representações interface do *software* onde mostram os panos de carregamento de ambas as águas da cobertura.

Figura 29 – Panos de carregamento da lateral esquerda da cobertura.



Fonte: Do autor (2019).

Figura 30 – Panos de carregamento da lateral direita da cobertura.



Fonte: Do autor (2019).

Sendo assim, de maneira a simplificar e compatibilizar as ações solicitantes anteriormente calculadas, se confeccionou a Tabela 6.

Tabela 6 – Ações solicitantes na estrutura da edificação.

Ações solicitantes na estrutura			
Subsistema	Tipo	Permanentes	Variáveis
Paredes	Vedação	0,546 kN	-
	Vedação	0,35 kN/m <sup>2</sup>	-
Lajes	Caixa d'água (500 L)	5,25 kN/m <sup>2</sup>	-
	Boiler (200 L)	2,35 kN/m <sup>2</sup>	-
	Manutenção	-	1,00 kN/m <sup>2</sup>
	Estoque de materiais	-	0,30 kN/m <sup>2</sup>
	Telhado cerâmico	0,60 kN/m <sup>2</sup>	-
Telhado	Manutenção	-	1 kN

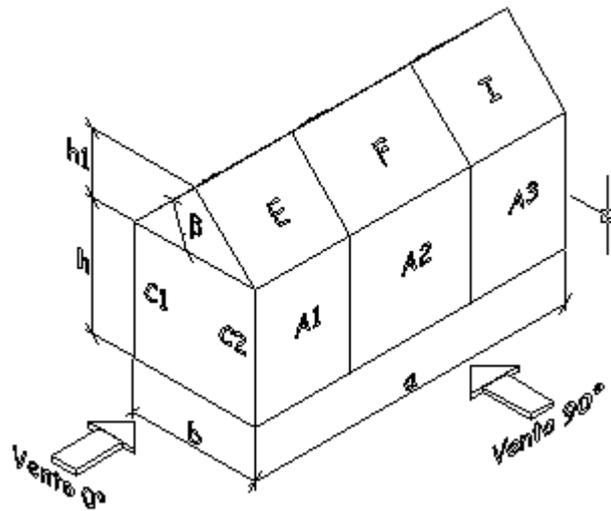
Fonte: Do autor (2019).

Por fim, para o cálculo da ação do vento na estrutura, se utilizou o *software Visual Ventos* que possui acesso gratuito. Nele, é preciso inserir informações referentes ao projeto como:

- Dimensões geométricas ( $a$  e  $b$ ):  $a = 8,04$  m e  $b = 5,69$  m. Sendo  $a$  – maior dimensão da edificação e  $b$  – menor dimensão da edificação.
- Altura do pavimento ( $h$ ):  $h = 2,60$  m.
- Altura da cobertura ( $h_1$ ):  $h_1 = 1,20$  m.
- Distância entre pórticos ( $p$ ): como a estrutura não se refere à um galpão, considerou-se a distância entre pórticos igual a dimensão geométrica  $a$ . Logo,  $p = 8,04$  m.

Na Figura 31 é ilustrada uma representação fornecida pelo *software*, para facilitar o entendimento das informações demandadas pelo *Visual Ventos*.

Figura 31 – Representação da edificação no *Visual Ventos*.



Fonte: *Visual Ventos*.

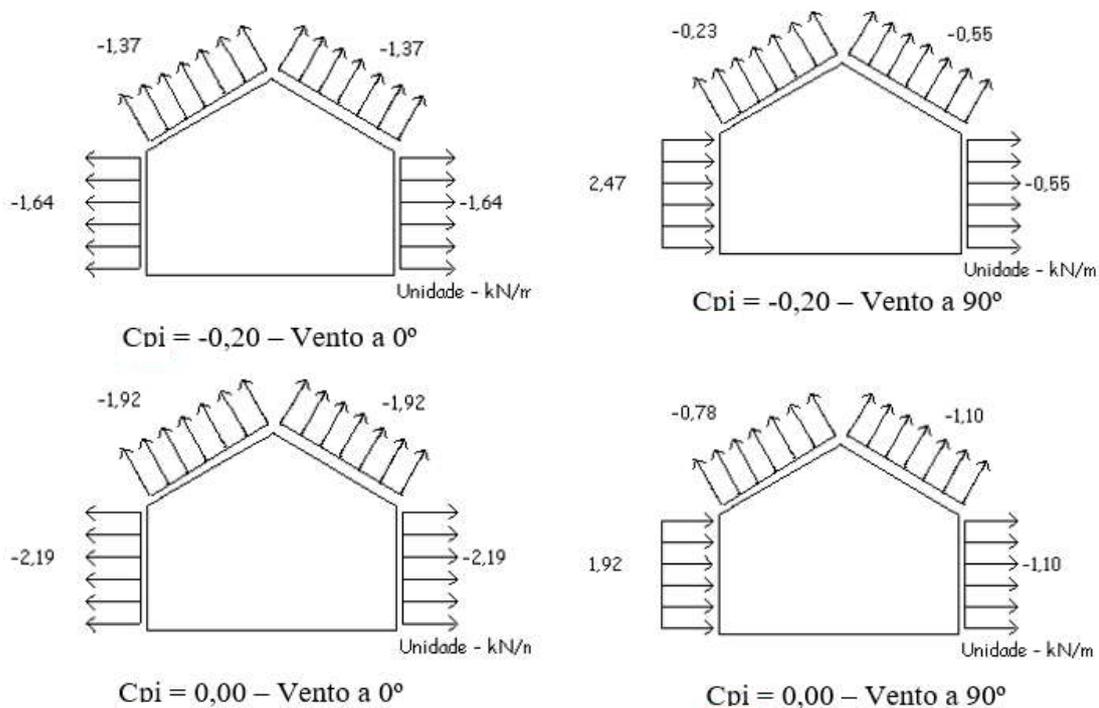
O próximo passo foi informar a Velocidade Básica ( $V_0$ ) da região onde o projeto será implementado. Para isso, deve-se analisar o mapa de Isopletas de Vento contido na Figura 1 da NBR 6123 (ABNT, 1988). Sendo assim, a cidade de Monte Santo de Minas localiza-se na região onde se possui a média de ventos com velocidade básica de  $V_0 = 35$  m/s. Em seguida, o Fator Topográfico  $S_1$  é requisitado e foi considerado como terrenos plano ou fracamente acidentado, que tem como valor  $S_1 = 1,00$ .

Consecutivamente, deve-se informar o Fator de Rugosidade  $S_2$ , que possui função da Categoria do Terreno do projeto e da Classe de Edificação. Dentre as categorias informadas na norma, foi considerado a categoria IV que possui descrição: terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados em zona florestal, industrial ou urbanizada. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10m. Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas. Já a Classe de Edificação, foi considerada como classe A, que tem como descrição: maior dimensão menor ou igual a 20 metros. A relação entre a Categoria do Terreno IV e a Classe de Edificação A resulta em um fator  $S_2 = 0,77$ .

O *software* também demanda que se informe o Fator Estatístico  $S_3$  referente ao grupo estatístico em que a edificação se encontra. Para o projeto em questão, o grupo considerado foi o 4, que tem como descrição: Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc). Assim, o Fator Estatístico tem valor  $S_3 = 0,88$ .

Com isso, o *software* forneceu o Coeficiente de Pressão Externa ( $C_{pe}$ ) para as paredes e telhados, tanto para o vento a  $0^\circ$  como para a  $90^\circ$ . Ainda assim, foi preciso informar Coeficiente de Pressão Interna ( $C_{pi}$ ), para que o *software* possa fazer a combinação de ambos. Nesse sentido, o  $C_{pi}$  utilizado tem valor de  $C_{pi} = -0,20$  ou  $0,00$  e tem como descrição: Edificações efetivamente estanques e com janelas fixas que tenham uma probabilidade desprezível de serem rompidas por acidente. Após a combinação dos coeficientes de pressão, o *software* forneceu os esforços resultantes no sentido transversal da edificação. Estes esforços estão ilustrados na Figura 32.

Figura 32 – Coeficientes de pressão internos calculados.



Fonte: Do autor (2019).

Entretanto, o *Visual Ventos* forneceu a resultante dos esforços em kN/m e em função da distância entre pórticos informada anteriormente. Para adequar esse valor ao desejado, ou seja, obtê-lo em kN/m<sup>2</sup>, foi necessário dividi-lo por  $p = 8,04$  m. Assim, o valor mais significativo encontrado foi da combinação de  $C_{pi} = -0,20$  – Vento a  $90^\circ$ , com valor de  $0,31$  kN/m<sup>2</sup> atuando na direção da parede. Portanto, foi considerado que nenhuma situação apresentada perante a ação do vento pode vir a ser prejudicial ou crítica para a estrutura, o que levou a ser desconsiderado como efeito de cálculo.

### 3.3. Detalhamento da estrutura: paredes, lajes, cobertura e vedação

O detalhamento da estrutura teve como função representar as ligações, posicionamento dos montantes, vigas de laje, ombreiras e outros elementos estruturais, bem como possibilitar um levantamento mais eficaz e preciso do quantitativo de materiais da edificação. Para que se possa confeccionar os detalhamentos e posteriormente elaborar as pranchas de montagem, o *software TopSolid* (versão 7.1, licença de: Universidade Federal de Lavras) foi utilizado.

Nele foi possível modelar todas as peças que compõe a estrutura, bem como realizar montagens e gerar cortes, vistas em perspectivas e todas as competências pertinentes ao desenho mecânico em si. Se faz importante ressaltar que ao se modelar todas as peças de uma estrutura e montá-la por completo, o projeto consecutivamente está sendo ratificado, já que assim é possível averiguar se todas os encaixes estão corretos e passíveis de execução.

### 3.4. Orçamento

Após o dimensionamento da estrutura, as escolhas das vedações e o detalhamento de todos os elementos estarem prontos e mensurados, foi possível realizar o orçamento da edificação. Como a finalidade da estimativa de custo é realizar um comparativo financeiro entre o *Light Steel Framing* e a técnica convencional de alvenaria estrutural, apenas alguns itens foram tratados como dados para a análise e estão listados abaixo. Os valores obtidos nesse trabalho foram comparados com os valores extraídos das planilhas orçamentárias da obra de Santo Monte de Minas, obtida no site da COHAB – MG:

- i. Estrutura das paredes: comparativo entre o preço obtido dos guias, montantes e quadros de aberturas com o valor de R\$ 7962,00 da técnica convencional, que incorpora itens como alvenaria de vedação, alvenaria estrutural, vergas e contra-vergas, reforços para alvenaria estrutural, impermeabilização;
- ii. Estrutura da laje: comparativo entre o preço obtido dos guias e vigas das lajes com o valor de R\$4743,51 da técnica convencional, que incorpora itens como lajes pré-fabricada treliçadas e cintas;
- iii. Estrutura da cobertura: comparativo entre o preço dos elementos que compõe a cobertura do sistema *Light Steel Framing* com o valor de R\$6576,96 da técnica convencional, que incorpora itens como cobertura metálica e telhamento

- cerâmico colonial. Para se manter maior verossimilhança com o projeto original, se escolheu utilizar o mesmo telhamento para o sistema em *Light Steel Framing*;
- iv. Revestimento e vedação: comparativo entre as placas de vedações para os diferentes tipos de revestimento em *Light Steel Framing* com o valor de R\$10313,35 da técnica convencional, que incorpora itens como revestimento interno e externo em geral. Novamente será mantido elementos como molduras para portas e janelas e peitoris;
  - v. Estrutura completa: comparativo entre os valores obtidos do somatório da estrutura das paredes, lajes, cobertura, revestimento e vedação com o valor de R\$29956,02 do valor total técnica convencional.

Os demais itens associados a serviços iniciais, instalações elétricas, telefônicas, hidro sanitárias, especiais (gás), esquadrias, pisos e pinturas não foram incorporados ao comparativo, já que podem ser implementados de maneira idêntica ao projeto em *Light Steel Framing*.

Nesse sentido, para que se possa confeccionar o orçamento propriamente dito, o preço dos materiais foi obtido em contato com empresas fornecedoras da área, buscando obter um valor compatível com o mercado e mantendo a qualidade dos produtos desejada. Ademais, não foi compatibilizado ao orçamento fretes, mão de obra de execução e cronograma de montagem. Assim, pode-se classificar a modalidade de orçamento e comparativo como quantitativo apenas.

#### 4. Resultados e discussões

Neste item, apresentam-se os resultados obtidos no dimensionamento, detalhamento e orçamento da edificação referente ao padrão habitacional MG-91-I-2-45 (L) em *Light Steel Framing* e seu comparativo financeiro com a técnica convencional em Alvenaria Estrutural.

Como primeiro resultado, se obteve a verificação dos elementos da estrutura no *software Metálicas3D*. Após diversas alterações, como a inserção de fitas de amarração na laje L4 (vide detalhe na prancha 24 do apêndice A) para travamento das mesas do perfil e o reforço da treliça B (vide detalhe na prancha 26 do apêndice A) para resistir as forças de compressão excessivas, foi estabelecido que os perfis que melhor se adequam às solicitações estão contidos no Tabela 7. A escolha dos perfis tem concordância com a disponibilidade dos produtos do mercado e busca a maior economia de custo, assim como o aproveitamento do material.

Tabela 7 – Relação dos tipos de perfis escolhidos.

Relação dos tipos de perfis escolhidos					
Perfil			Função		
U 90x40x0,80			Montante		
Ue 90x40x12x0,80			Guia para montantes		
U 140x40x0,80			Viga		
Ue 140x40x12x0,80			Guia para vigas		
Cartola 50x50x25x0,80			Terça		
Material utilizado					
Designação	Tipo	E (MPa)	$\nu$	$f_y$ (MPa)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )
Aço dobrado	ZAR - 345	200000,00	0,30	345,00	77,01

Fonte: Do autor (2019).

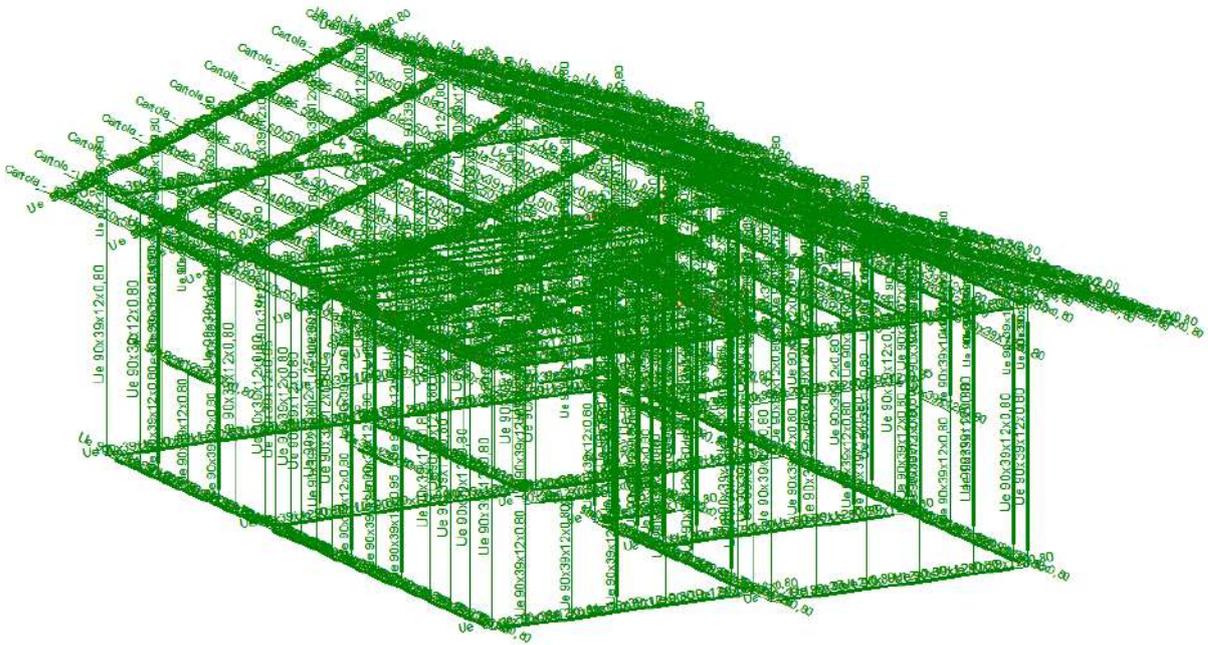
No Brasil, perfis utilizados para construção de *Light Steel Framing* são comercializados e produzidos somente para essa finalidade e, portanto, dificilmente serão encontrados com liga de aço diferente do ZAR 345 para os tipos de perfis relacionados acima. Nesse aspecto, tais resultados se mostram satisfatórios, já que estão contidos na classe dos perfis com menor espessura do mercado, ou seja, 0,80 milímetros de espessura. Além disso, o uso intenso dos mesmos tipos de família dos perfilados, principalmente o Ue 90x40x12x0,80 promove uma grande possibilidade de redução de custo da obra, já que a demanda pelo produto é elevada.

Além da escolha dos perfis terem vínculo com a solicitação dos mesmos, a utilização de peças com dimensões de 90 milímetros para painéis das paredes também possui relação com restrições arquitetônicas. Ao passo que, ao fim da etapa de inserção dos revestimentos e

vedações, os quadros das paredes resultam em largura próxima a 15 centímetros. Da mesma forma, sendo os perfis utilizados para os painéis das lajes de 140 milímetros de altura, a largura final das lajes dita em torno de 20 centímetros.

Portanto, a disposição final dos elementos e suas respectivas verificações estão ilustradas na Figura 33. As barras em cor verde demonstram que o perfil escolhido resiste à solicitação, em todos os parâmetros de cálculo estabelecidos pela NBR 14762 (ABNT, 2010).

Figura 33 – Interface gráfica do *Metálicas3D* correspondente à verificação dos perfis.



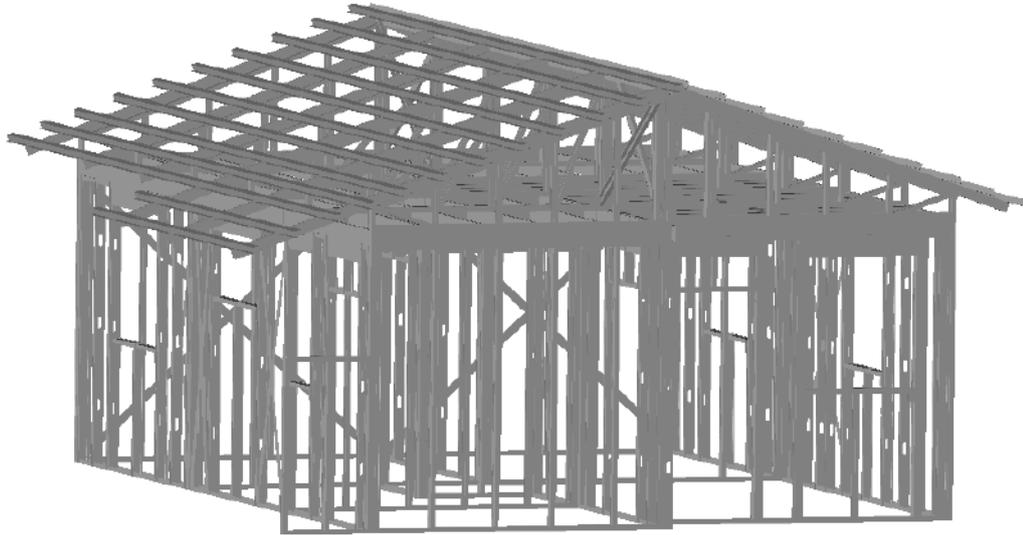
Fonte: Do autor (2019).

Neste ponto, foi possível perceber a importância da concepção estrutural aliada ao dimensionamento constante e repetitivo, já que o posicionamento dos montantes e das vigas das lajes estão interligadas. Situações onde a laje pode vir a necessitar de menores espaçamentos entre vigas, devido a seu carregamento ou vão, são comuns, acarretando no acréscimo de montantes na projeção das mesmas. Identificou-se assim o mérito de se utilizar *softwares* de cálculo para tal, já que o dimensionamento iterativo de inúmeras peças se faz deveras trabalhoso quando feito à mão.

Além disso, o *software* em questão permitiu gerar também os relatórios de cálculos e lista de materiais para todas as barras, bem como analisar diagrama de esforços, envoltórias, reações nos apoios e deslocamentos.

Por conseguinte, a modelagem e montagem de toda a estrutura foi realizada no *TopSolid* e está ilustrada na Figura 34. Nota-se que toda a estrutura está de acordo com o projetado. Cada montante está na projeção do nó que liga à viga da laje e assim sucessivamente.

Figura 34 – Interface gráfica da montagem da edificação.



Fonte: Do autor (2019).

A partir da visualização da estrutura como um todo, foi detalhada também cada peça do projeto que compõe a edificação. Todos os resultados desse detalhamento se encontram no apêndice A – apostila de montagem. Esse material contém as informações de toda a edificação no ponto de vista macro e também do micro, ou seja, de cada painel, vedação, ligação e detalhe em geral. O intuito é que se possa ter em mãos uma apostila eficiente para se trabalhar in loco, que permita a visualização rápida e precisa da informação desejada, quando o trabalhador for realizar a montagem dos painéis. De maneira global, a elaboração de uma apostila de projeto visa contribuir para a redução do desperdício, já que todas as peças estão quantificadas e mensuradas, e também promovem maior agilidade de execução.

A partir das informações contidas na apostila de montagem, foi possível quantificar todas as peças da edificação e inseri-las em uma planilha. Para se ter informações mais específicas do valor de cada estrutura, desmembrou-se a edificação conforme o item 3.4. Com isso, ao inserir o preço do elemento em relação a unidade de medida mais utilizada no mercado, pode-se obter o valor unitário de cada peça.

Desta forma, o orçamento da estrutura da parede, lajes e telhados foi feito baseado nos valores fornecidos pela Gypsteel. A empresa foi contatada via telefone e informada sobre a quantidade de 10704,62 metros de perfil guia U 90x32x0,80 e 44157,10 metros de perfil

montante Ue 90x32x12x0,80, a mesma retornou o preço de R\$9,69 para o guia e R\$10,11 para o montante, ambas cotadas em metro linear de perfil. Também foi informado o valor de 2350,31 metros de guia U 140x32x0,80 e 7678,68 metros de viga Ue 140x32x12x0,80, onde se obteve a cotação de R\$14,74 e R\$15,16, respectivamente. Perante estes dados, foi possível elaborar as Tabela 8, Tabela 9 e Tabela 10, referentes à estrutura da parede, lajes e telhado isoladamente e também a Tabela 11 referente ao custo total da estrutura, tanto para uma unidade habitacional, como para o complexo inteiro de 74 casas do projeto de Santo Monte de Minas.

Tabela 8 – Orçamento da estrutura das paredes.

<b>Perfil</b>	<b>Função</b>	<b>Preço (m/linear)</b>	
U 90 x 40 x 0,80	Guia	R\$	9,69
Ue 90 x 40 x 12 x 0,80	Montante	R\$	10,11
<b>Painel</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Guia (m)</b>	<b>Montante (m)</b>
P1	1	11,38	36,40
P2	1	11,38	23,40
P3	1	2,32	13,00
P4	1	5,42	15,60
P5	1	5,60	5,20
P6	1	7,20	21,60
P7	2	5,93	10,40
P8	1	5,93	15,60
P9	1	2,40	5,20
P10	1	9,61	7,80
P11	1	7,21	26,00
P12	1	8,73	23,90
<b>Total</b>	13	83,11	214,50
<b>Quadro</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Guia (m)</b>	<b>Montante (m)</b>
Porta 80 x 210 cm	6	14,46	71,07
Jan. 100 x 120 cm	2	7,70	27,72
Jan. 120 x 120 cm	2	8,90	28,25
Jan. 60 x 120 cm	1	2,65	12,93
Jan. 120 x 60 cm	1	4,45	14,73
<b>Total</b>	12	38,16	154,69
<b>Peça</b>	<b>Metragem (m)</b>	<b>Preço (m/linear)</b>	<b>Valor final</b>
Fita de aço galv.	36,50	R\$ 5,00	R\$ 182,50
<b>Valor da estrutura das paredes</b>		R\$	5090,15

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 9 – Orçamento da estrutura das lajes.

<b>Perfil</b>	<b>Função</b>	<b>Preço (m/linear)</b>	
U 140 x 40 x 0,80	Guia	R\$	14,74
Ue 140 x 40 x 12 x 0,80	Montante	R\$	15,16
<b>Painel</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Guia (m)</b>	<b>Montante (m)</b>
L1	2	11,38	37,20
L2	1	5,69	12,69
L3	1	5,69	14,37
L4	1	9,00	39,51
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>31,76</b>	<b>103,77</b>
<b>Peça</b>	<b>Metragem (m)</b>	<b>Preço (m/linear)</b>	<b>Valor final</b>
Fita de aço galv.	9,90	R\$ 5,00	R\$ 49,51
<b>Valor da estrutura das lajes</b>		R\$	<b>2090,76</b>

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 10 – Orçamento da estrutura da cobertura.

<b>Perfil</b>	<b>Função</b>	<b>Preço (m/linear)</b>	
U 140 x 40 x 0,80	Guia	R\$	14,74
Ue 140 x 40 x 12 x 0,80	Montante	R\$	15,16
Cartola 50x50x25x0,80	Terça	R\$	7,40
<b>Treliça</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Guia (m)</b>	<b>Montante (m)</b>
A	1	5,819	13,575
A reforçada	2	5,819	17,575
B	9	5,819	11,882
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>17,457</b>	<b>43,032</b>
<b>Peça</b>	<b>Perfil</b>	<b>Metragem (m)</b>	
Contraventamento	U 90 x 40 x 0,80	7,550	
Cumeeira	Ue 90 x 40 x 12 x 0,80	15,642	
Terça	Cartola 50x50x25x0,80	185,27	
<b>Total</b>		<b>208,462</b>	
<b>Telhamento Colonial – Valores retirados da planilha da COHAB</b>			
<b>Descrição</b>		<b>Preço</b>	
Cobertura com telha cerâmica tipo plan		R\$	2334,41
Cordão arremate da última fiada telha cerâmica		R\$	353,23
Cumeeira para telha cerâmica		R\$	188,69
Amarração telhas beiral		R\$	89,20
<b>Total</b>		R\$	<b>89,20</b>
<b>Valor da estrutura da cobertura</b>		R\$	<b>5172,04</b>

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 11 – Custo total da estrutura da edificação.

<b>Perfil</b>	<b>Função</b>	<b>Metragem (m)</b>	<b>Preço</b>	
U 90 x 40 x 0,80	Guia	138,73	R\$	1.344,26
Ue 90 x 40 x 12 x 0,80	Montante	620,69	R\$	6.275,15
U 90 x 40 x 0,80	Guia	31,76	R\$	468,16
Ue 140 x 40 x 12 x 0,80	Viga	103,77	R\$	1.573,09
Cartola 50 x 50 x 25 x 0,80	Terça	185,27	R\$	1.371,00
<b>Valor da estrutura de uma unidade residencial</b>			R\$	12.352,95
<b>Perfil</b>	<b>Função</b>	<b>Metragem (m)</b>	<b>Preço</b>	
U 90 x 40 x 0,80	Guia	10265,80	R\$	99.475,58
Ue 90 x 40 x 12 x 0,80	Montante	45930,88	R\$	464.361,22
U 90 x 40 x 0,80	Guia	2350,31	R\$	34.643,63
Ue 140 x 40 x 12 x 0,80	Viga	7678,68	R\$	116.408,85
Cartola 50 x 50 x 25 x 0,80	Terça	13709,98	R\$	101.453,85
<b>Valor da estrutura do complexo habitacional (1)</b>			R\$	914.118,53

(1) Complexo habitacional de Santo Monte de Minas, contendo 74 unidades residenciais.

Fonte: Do autor (2019).

Para o revestimento e vedações, o procedimento foi o mesmo. Após o levantamento do quantitativo dos materiais ter sido passado para as respectivas empresas que fornecem as placas de vedação, cada uma delas forneceu a cotação referente ao metro quadrado do revestimento em questão. Na Tabela 12 e na Tabela 13 foram apresentados os valores de vedação vertical e horizontal, informando tanto os tipos de vedação conforme explicado no item 3.1.2, quanto sua metragem em função de cada painel. Como citado anteriormente, é possível visualizar também na Tabela 14 os dados finais do quantitativo dos materiais de revestimento e seus respectivos fornecedores. Por fim, na Figura 15 encontra-se o custo total da vedação para uma unidade e para todo o complexo habitacional.

Tabela 12 – Orçamento da vedação vertical.

<b>Região</b>	<b>Vedação</b>			
Interna seca (IS)	OSB, MANTA e GA (ST)			
Interna molhada (IM)	OSB, MANTA, GA (RU) e REV. CER.			
Externa (E)	OSB, MANTA, PLACA CIM. e ACAB.			
<b>Código</b>	<b>Material</b>	<b>Esp.(mm)</b>	<b>Preço (m<sup>2</sup>)</b>	
OSB	Painel de tiras de madeira orientadas	8,00	R\$	15,23
GA (ST)	Gesso acartonado tipo ST	12,50	R\$	11,29
GA (RU)	Gesso acartonado tipo RU	12,50	R\$	16,56
MANTA	Manta isolante tipo membrana	-	R\$	6,51
REV. CER.	Revestimento Cerâmico	-	R\$	50,57
PLACA CIM.	Placa cimentícia	10,00	R\$	34,90
ACAB.	Argamassa de acabamento	-	R\$	15,00
<b>Painel</b>	<b>Tipo (faces)</b>	<b>Área superficial (1 face) (m<sup>2</sup>)</b>		<b>Preço</b>
1	IS + E	14,80		R\$ 1.549,13
2	IS + IS	10,67		R\$ 704,63
3	IS + IM	3,02		R\$ 215,64
4	IM + IM	7,05		R\$ 540,03
5	IS + E	4,30		R\$ 450,29
6	IM + E	8,53		R\$ 937,78
7A	IS + E	6,23		R\$ 652,10
7B	IS + E	6,23		R\$ 652,10
8	IS + IS	7,71		R\$ 509,59
9	IS + IM	1,36		R\$ 96,87
10	IM + E	9,26		R\$ 1.017,93
11	IS + IM	7,62		R\$ 543,19
12	IS + E	10,11		R\$ 1.058,01
Oitão F.	IM + E	3,97		R\$ 436,46
Oitão T.	IM + E	3,97		R\$ 436,46
Linha C. E.	E	1,60		R\$ 114,62
Linha C. D.	E	1,54		R\$ 110,18
<b>Valor total de revestimento vertical para uma unidade residencial</b>				<b>R\$ 10.906,97</b>

Fonte: Do autor (2019).

Uma consideração importante a ser feita sobre o quadro apresentado acima é o inserção do revestimento cerâmico nos cálculos. Apesar do mesmo estar imbutido na região interna molhada, ele não está sendo considerado em toda a área superficial dos quadros. O motivo dessa consideração está vinculada ao projeto arquitetônico, que restringe a altura do revestimento cerâmico para cozinha e para o banheiro. Assim, foi considerado 17,44 m<sup>2</sup> de aplicação do revestimento conforme apresentado no projeto e na planilha orçamentária da própria COHAB.

Tabela 13 – Orçamento da vedação horizontal.

<b>Região</b>	<b>Vedação</b>		
Interna seca (IS)	OSB, MANTA e GA (ST)		
Interna Cobertura (IC)	OSB, MANTA e PLACA CIM.		
<b>Código</b>	<b>Material</b>	<b>Esp.(mm)</b>	<b>Preço (m²)</b>
OSB	Painel de tiras de madeira orientadas	8,00	R\$ 15,23
GA (ST)	Gesso acartonado tipo ST	12,50	R\$ 11,29
MANTA	Manta isolante	-	R\$ 6,51
PLACA CIM.	Placa cimentícia	10,00	R\$ 34,90
<b>Painel</b>	<b>Tipo</b>	<b>Área superficial (1 face) (m²)</b>	<b>Preço</b>
L1A		8,82	R\$ 790,85
L1B		8,82	R\$ 790,85
L2	IS + IC	5,85	R\$ 524,54
L3		6,81	R\$ 610,62
L4		14,19	R\$ 1.272,35
<b>Valor total da vedação horizontal para uma unidade residencial</b>			R\$ 3.989,19

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 14 – Quantitativo total dos materiais da vedação do complexo habitacional.

<b>Código</b>	<b>Quant. unid. (m²)</b>	<b>Quant. total (m²)</b>	<b>Preço</b>	<b>Fornecedor</b>
OSB	215,93	15978,48	R\$ 243.352,24	LP Produtos
GA (ST)	90,43	6691,48	R\$ 75.557,96	Artesana
GA (RU)	51,83	3835,05	R\$ 63.509,12	Artesana
MANTA	51,83	15978,48	R\$ 104.019,90	LP Produtos
REV. CER.	17,74	1312,76	R\$ 66.386,27	Idem à COHAB
PLACA CIM.	70,54	5219,74	R\$ 182.165,20	Artesana
ACAB.	70,54	5219,74	R\$ 78.296,07	Idem à COHAB

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 15 – Custos totais referentes a vedação.

<b>Vedação</b>	<b>Preço</b>
Vedação Vertical - Paredes	R\$ 10.906,97
Vedação Horizontal - Lajes	R\$ 3.989,19
<b>Valor total da vedação de uma unidade residencial</b>	R\$ 14.896,16
<b>Vedação</b>	<b>Preço</b>
Vedação Vertical - Paredes	R\$ 807.115,82
Vedação Horizontal - Lajes	R\$ 295.200,38
<b>Valor total da vedação do complexo habitacional</b>	R\$ 1.102.316,21

Fonte: Do autor (2019).

Além disso, para quantificação do preço das ligações entre perfis, foi analisado e estimado um valor aproximado de 2000 parafusos auto-atarraxante (PA 4,2x32mm) por

residência. Já para as ligações dos perfis guia com a fundação, foi analisado e considerado um valor de 300 chumbador de expansão (CE 3/8"x80mm) controlada por torque, composto por prisioneiro, arruela, jaqueta e cone prolongador, espaçados a cada 200 milímetros entre si. Assim, a Tabela 16 informa o preço corresponde das ligações da edificação. Por motivos de simplificação, o preço unitário do parafuso autobrocante foi agrupado em centos.

Tabela 16 – Custo total dos parafusos para execução dos elementos.

Unidade residencial					
Item	Quant.	Preço unit.		Preço	
PA 4,2x32mm	2000	R\$	8,23	R\$	164,60
CE 3/8"x80mm	300	R\$	1,43	R\$	429,00
Item	Quant. Total	Preço unit.		Preço total	
PA 4,2x32mm	148000	R\$	8,23	R\$	12.180,40
CE 3/8"x80mm	22200	R\$	1,43	R\$	31.746,00

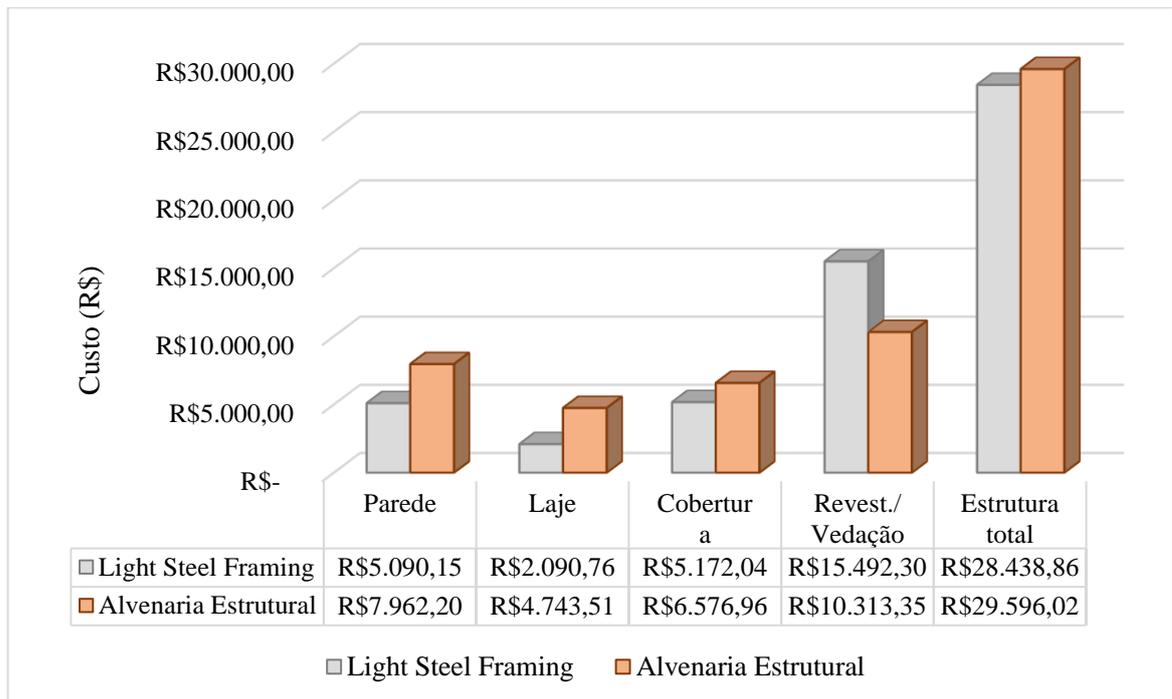
Fonte: Do autor (2019).

Por fim, em conformidade com o item 3.4 da metodologia foi realizado o somatório de todos os valores obtidos para cada estrutura, vedação e ligação, e foi confeccionada a Figura 35 – Comparativo Financeiro entre técnicas construtivas onde se realiza o comparativo entre o orçamento obtido em *Light Steel Framing* com a técnica convencional de Alvenaria Estrutural adotada pela COHAB.

Em análise à Figura 35, é possível ressaltar que ao considerar apenas a estrutura autoportante da edificação (perfis e parafusos) o sistema *Light Steel Framing* se mostra mais barato e, portanto, mais efetivo economicamente. Porém, o mesmo apresenta um relevante acréscimo de custo em função do revestimento (placas de vedação), em relação à técnica convencional, que utiliza e emboço e reboco.

É possível também relacionar a situação representada acima com a atual conjuntura do sistema *Light Steel Framing* no Brasil. Apesar de sua crescente aplicação da técnica no sul e sudeste do país, poucas empresas possuem atribuições ou investem de maneira abundante no segmento, o que resulta em um mercado altamente específico e restrito. A falta de concorrência na fabricação dos produtos exclusivos da técnica construtiva, como perfis montante e guias, e principalmente as placas de revestimento, promove um mercado com fornecedores dominantes e produtos com preços e qualidades pouco distintos.

Figura 35 – Comparativo Financeiro entre técnicas construtivas.



Fonte: Do autor (2019).

Consecutivamente, a tentativa de redução de custo dos itens que compõe a análise acima se torna complexa e com poucos caminhos para tomadas de decisões. Uma dinâmica utilizada no atual projeto e que pode ser amplificada e melhorada é realizar a negociação direto com as empresas produtoras. Estreitar a linha de compra e eliminar empresas terciárias promove corte de gastos significativos e possibilita desconto por demanda excessiva de um determinado produto. Ainda assim, como resultante global, o *Light Steel Framing* se mostrou mais econômico do que a Alvenaria Estrutural, com uma diferença de R\$ 1157,16 por unidade de edificação. Amplificando a análise ao nível do complexo habitacional, ou seja, 74 unidades, tem-se uma diferença bruta de R\$ 85629,97. Dado esse que representa aproximadamente economia de 5% de economia geral e se mostra positivo em favor da técnica construtiva estudada, colocando o *Light Steel Framing* como uma opção competitiva de edificação para o tipo de construção de complexos habitacionais.

## 5. Conclusão

Com base nos resultados apresentados, pode-se concluir que foi possível dimensionar uma unidade habitacional do padrão COHAB utilizando a técnica construtiva *Light Steel Frame*, que atende aos mesmos requisitos exigidos para a construção convencional.

Com a apostila de montagem apresentada no Apêndice A, onde são apresentados todos os detalhamentos da edificação, foi possível realizar os orçamentos para a construção em LSF e comparar os custos dos materiais para a construção da referida técnica com o custo dos materiais utilizados no sistema convencional em Alvenaria Estrutural.

A busca por métodos construtivos mais eficientes, que possibilitam a racionalização de suas variáveis, como a precisão no quantitativo de materiais, incremento na velocidade de montagem, minimização de perdas e controle rigoroso da qualidade é uma forte tendência do mercado atual. Dessa forma, o custo do sistema construtivo LSF se mostrou competitivo quando comparado com o valor bruto dos materiais convencionais utilizados em construções de baixa renda em grande escala, como os complexos habitacionais de padrão COHAB.

Apesar deste estudo contemplar apenas o custo bruto dos materiais que compõe a estrutura e vedação da edificação, pra que a análise pudesse ser validada tendo em vista o aspecto geral da construção de uma edificação, outros critérios como cronograma de execução e mão de obra devem ser analisados. Mesmo assim, com base nos dados apresentados e no estudo de Santiago (2012), pode-se afirmar que o *Light Steel Framing* é uma alternativa viável para construção de complexos de interesse social, por se tratar de um sistema industrializado e racionalizado.

Se tratando especificamente da metodologia e dos resultados aqui apresentados, a seguir foram pontuados aspectos de relevância que podem ser considerados como melhorias para outros trabalhos ou até mesmo para o aprimoramento deste.

### 5.1. Sugestões para melhoria do trabalho

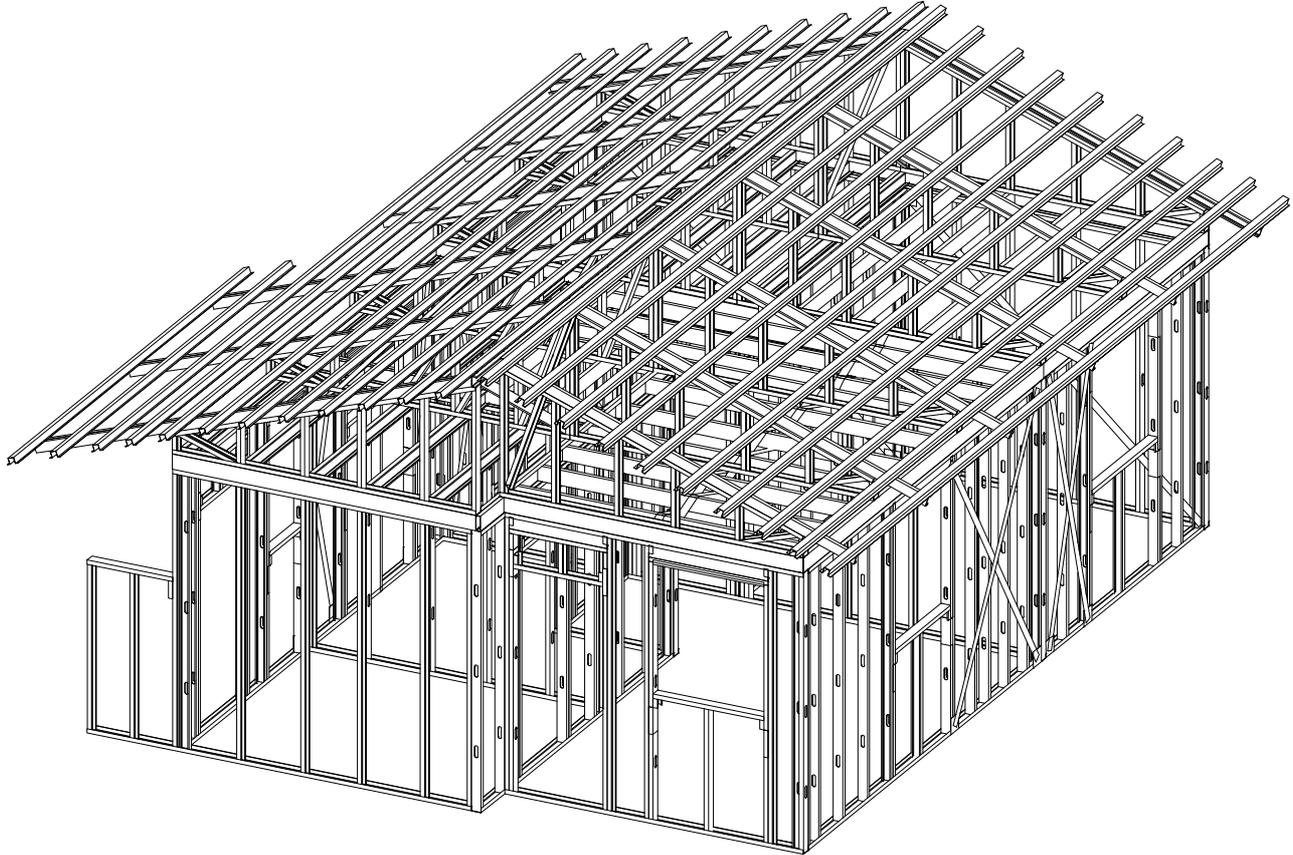
Após o dimensionamento, detalhamento, orçamento e comparativo de custo entre o sistema *Light Steel Framing* e o padrão em Alvenaria Estrutural, foi observado pontos que podem contribuir para aumentar a eficiência do estudo ou até mesmo facilitar sua realização. Nesse sentido, pode-se pontuar os seguintes aspectos:

- Interface gráfica poluída, carregada e de difícil modificação após inserção de um número elevado de nós no *Metálicas3D*. O estudo de outros *softwares* mais especializados no dimensionamento do *Light Steel Framing*, que possibilitem entrada de dados e de elementos já adaptado ao tipo de construção, pode refletir em incremento na agilidade e facilidade do dimensionamento;
- Estudos mais precisos quanto à estabilidade global do sistema. Apesar dos resultados do *Metálicas3D* estarem de acordo com padrões normativos, o mesmo não leva em consideração a colaboração das placas de vedação como elementos de estabilidade, como é o caso das placas de OSB (promovem a característica de diafragmas rígidos);
- Do ponto de vista estatístico, o presente trabalho trata-se de um estudo de caso com objetivo de comparar o custo de edificações populares entre duas técnicas de construção utilizadas no mercado da construção civil. Portanto, apesar de resultados positivos, não há embasamento suficiente para ditar que todo modelo de edificação possuam os mesmos resultados aqui encontrados. Nesse sentido, recomenda-se que em estudos futuros sejam tomados mais orçamentos de cada um dos sistemas para um comparativo com fim inferencial sobre o custo médio de cada uma dessas técnicas, possibilitando assim mapear as nuances e variâncias de cada sistema;
- Análise técnica quanto à adequação do sistema construtivo *Light Steel Framing* à norma de desempenho de edificação, NBR 15575 (ABNT, 2013).

## REFERÊNCIAS

- RODRIGUES, F. C. **Steel framing**: engenharia. Rio de Janeiro: Aço Brasil/CBCA, 2016. 244p.
- SANTIAGO, A. K. **Steel framing**: arquitetura. Rio de Janeiro: Aço Brasil/CBCA, 2012. 151p.
- CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados**: light steel framing. Ouro Preto: UFOP, 2005. 231p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15253**: Perfis de aço formados a frio: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14762**: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6355**: Perfis estruturais, de aço, formados a frio – Padronização. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edificações. Rio de Janeiro: ABNT. 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro: ABNT. 1988.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT. 2017 – Revisão.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT. 2014.
- ISO 6241; **Performance standards in buildings**: principles for their preparation and factors to be considered. Londres, 1984.
- CAIXA – **Sistema construtivo em painéis reticulados estruturados com perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico (Light Steel Framing)** – Requisitos mínimos para financiamento pela Caixa. Caixa Econômica Federal, 2003.
- ELHAJJ, N. **Fastening of light frame steel housing**: an international perspective. MD: National Association of Home Builders (NAHB), 2004.
- TÉCNICOS, MULTIPLUS SOFTWARES. **CYPECAD** – Manual do Usuário. *São Paulo*, 2010.
- KESSLER, R. M. P. **Estudo acerca da racionalização dos itens de infra-estrutura em conjuntos de habitação popular com unidades individuais, baseado na obra da COHAB-RS**. Porto Alegre: UFRGS. 1982. 215p.
- TOMY, C. A. V. **Processos construtivos empregados na habitação popular no âmbito do SFH**: os conjuntos da COHAB-BD (1967-2000). Campinas: UNICAMP. 2000. 131p.
- CONSTANTINO, C. A. S. **A COHAB-SP e uma nova política habitacional**: o período 2001-2004. PhD Thesis. São Paulo: USP. 2007. 245p.

## **APÊNDICE A – APOSTILA DE MONTAGEM**



VISTA ISOMÉTRICA

Sumário Edificação

Referência	Prancha
Estrutura Paineis - Parede	02/28 - 19/28
Estrutura Paineis - Laje	20/28 - 24/28
Estrutura Telhado	25/28 - 27/28
Vedação Paineis	28/28



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento da Edificação

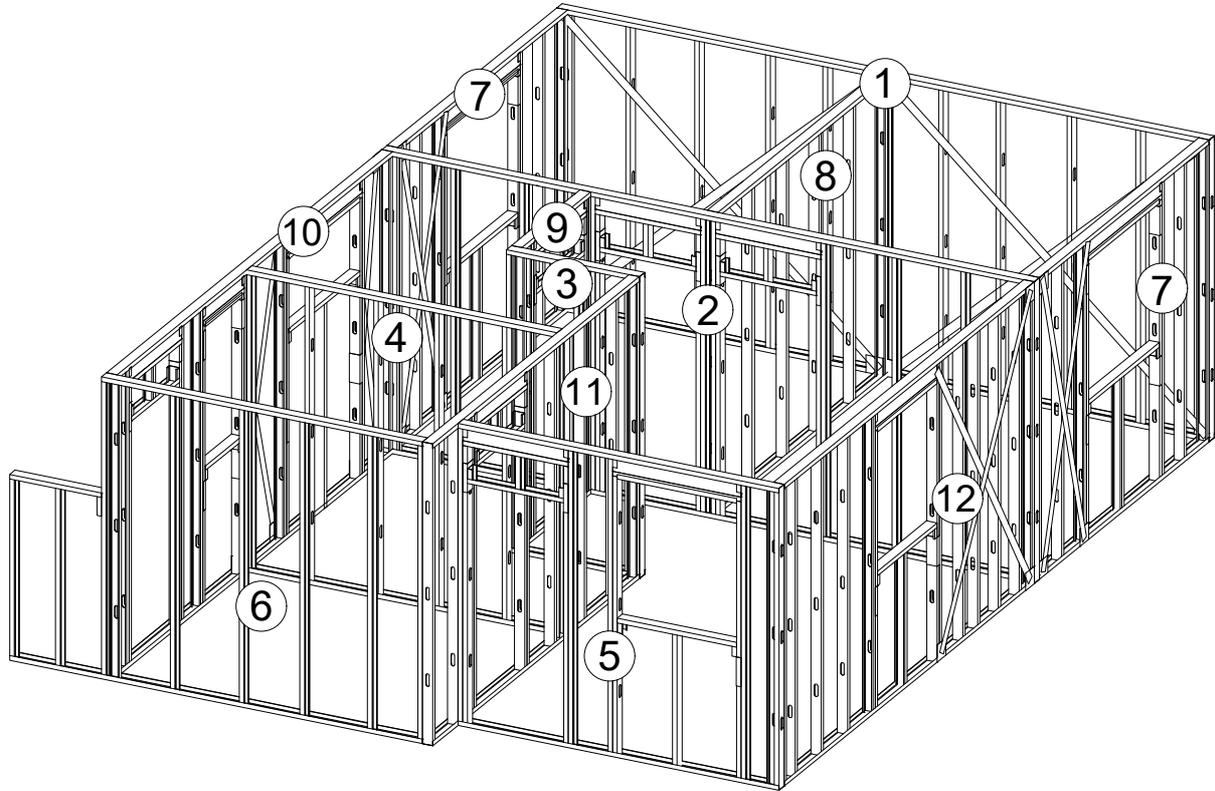
ESCALA: Sem escala

FOLHA: 01/28

AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

DATA: 22/11/2019



VISTA ISOMÉTRICA

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Sumário Esquadrias

Quadro	Quantidade	Prancha
Porta 80 x 210 cm	1	15/28
Janela 1 - 100 x 120 cm	7	16/28
Janela 2 - 120 x 120 cm	1	17/28
Janela 3 - 60 x 120 cm	1	18/28
Janela 4 - 120 x 60 cm	2	19/28
Detalhamentos ligações	-	20/28

Sumário Paredes

Código	Painel	Quantidade	Prancha
1	Parede 1	1	03/28
2	Parede 2	1	04/28
3	Parede 3	1	05/28
4	Parede 4	1	06/28
5	Parede 5	1	07/28
6	Parede 6	1	08/28
7	Parede 7	2	09/28
8	Parede 8	1	10/28
9	Parede 9	1	05/28
10	Parede 10	1	11/28
11	Parede 11	1	12/28
12	Parede 12	1	13/28



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Representação dos Paineis - Paredes

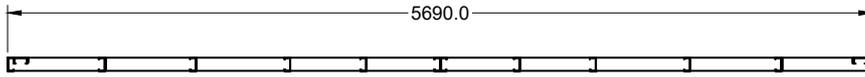
ESCALA: Sem escala

FOLHA: 02/28

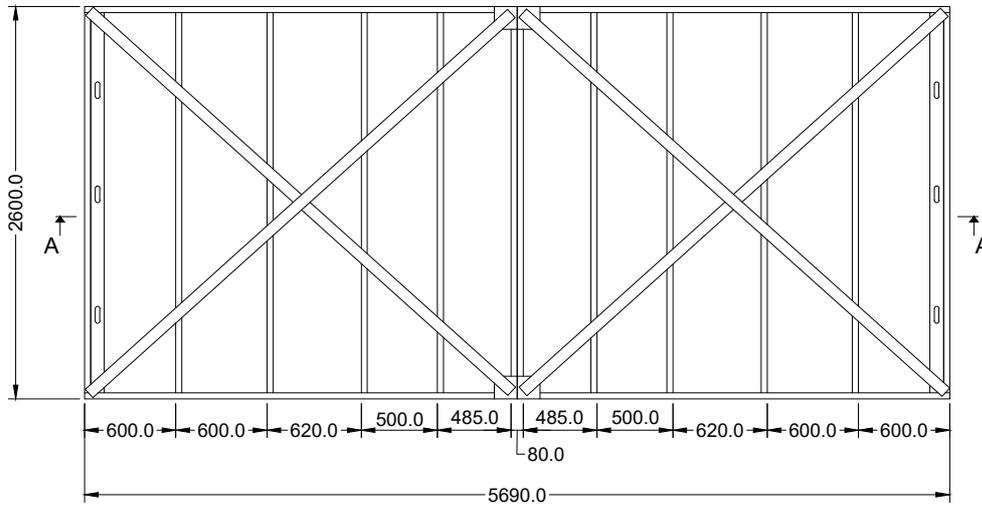
AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

DATA: 22/11/2019

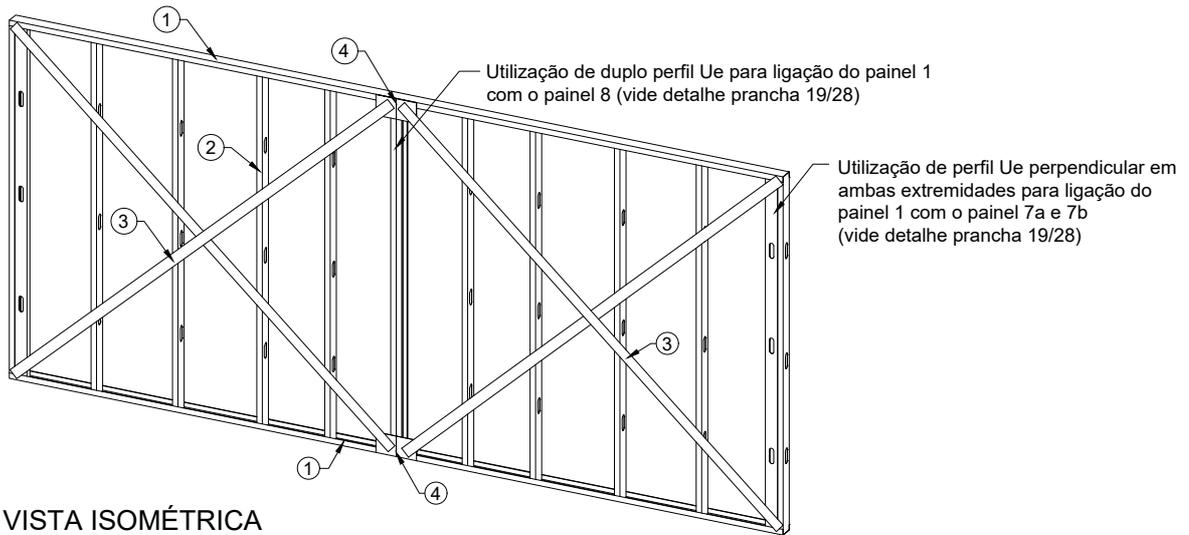


CORTE A - A



VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA

NOTAS

- 1 - Utilizar parafusos auto-brocantes em regiões onde necessite fixação estável;
- 2 - Utilizar todos os perfis ZAR 230 - Revestimento em Zinco Z 275 g/m<sup>2</sup> e fyd > 230 MPa (produção conforme NBR 6335:2003 e NBR 14762:2001);

Lista de Materiais - Painel 1

Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Guia - perfil U 90x40x0,80	2	5690
2	Montante - perfil Ue 90x40x12x0,80	14	2600
3	Fita de aço galvanizado - ZAR 345 75x0,80	4	3750
4	Chapa de aço galvanizado - 150x150x0,80	4	-



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento do Painel 1

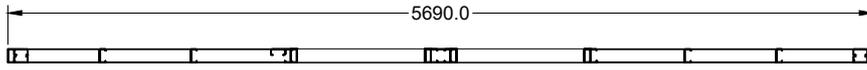
ESCALA: 1:50

FOLHA: 03/28

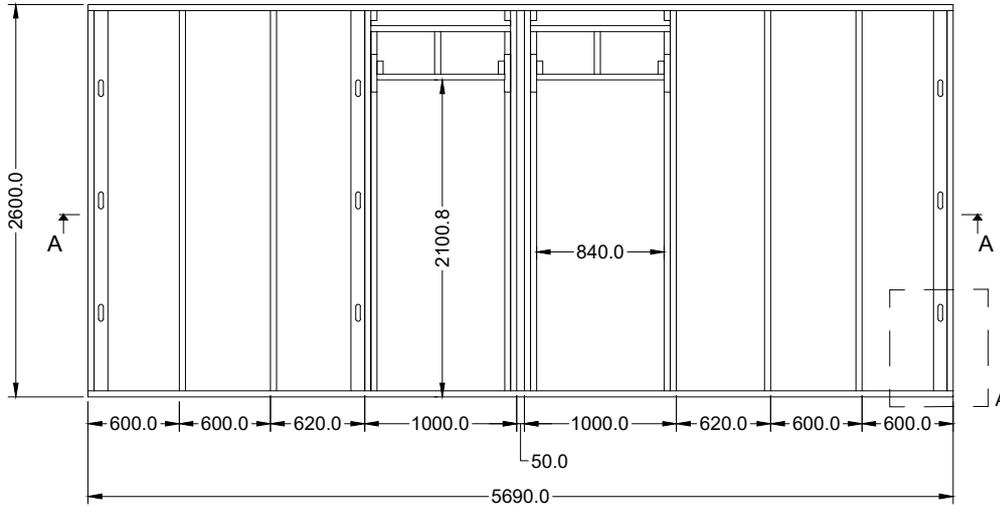
AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

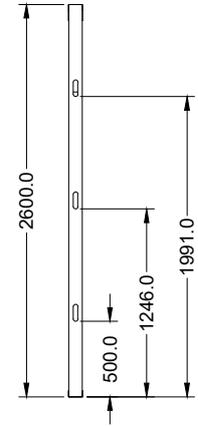
DATA: 22/11/2019



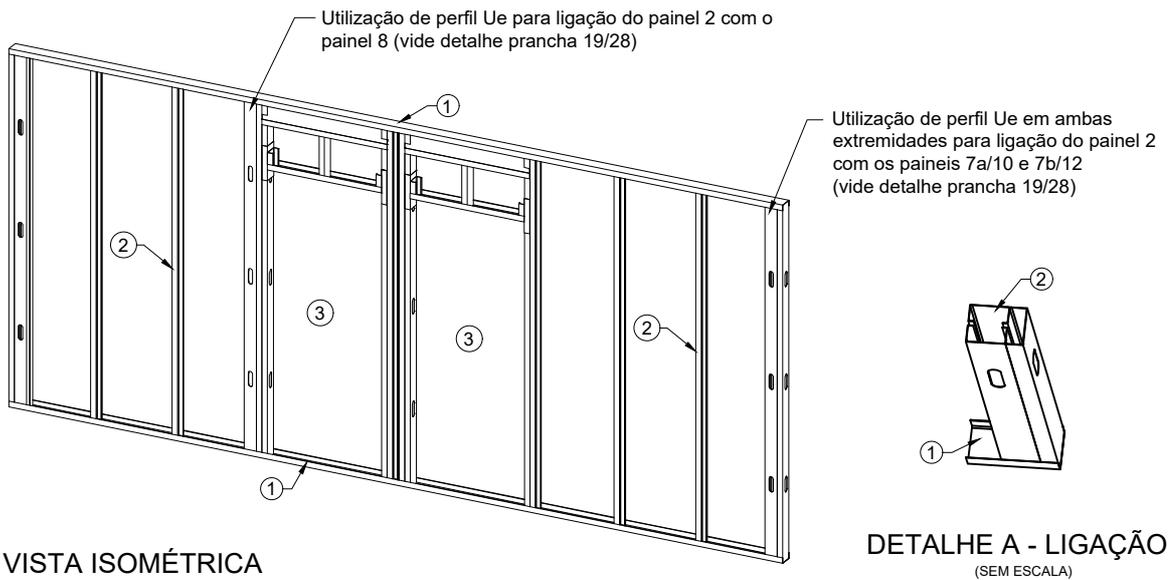
CORTE A - A



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA

DETALHE A - LIGAÇÃO  
(SEM ESCALA)

NOTAS

- 1 - Utilizar parafusos auto-brocantes em regiões onde necessite fixação estável;
- 2 - Utilizar todos os perfis ZAR 230 - Revestimento em Zinco Z 275 g/m<sup>2</sup> e fyd > 230 MPa (produção conforme NBR 6335:2003 e NBR 14762:2001).

Lista de Materiais - Painel 2

Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Guia - perfil U 90x40x0,80	2	5690
2	Montante - perfil Ue 90x40x12x0,80	9	2600
3	Quadro Porta 210x80 cm (vide prancha 12/X)	2	-



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento do Painel 2

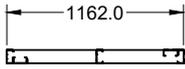
ESCALA: 1:50

FOLHA: 04/28

AUTOR: Guilherme Silveira Leite

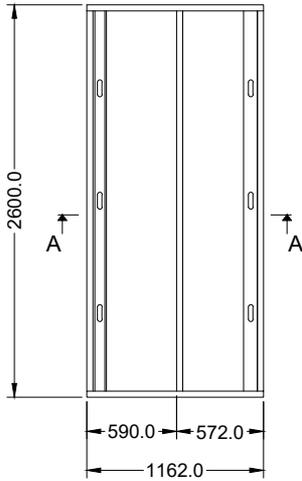
UNIDADE: Milímetros (mm)

DATA: 22/11/2019

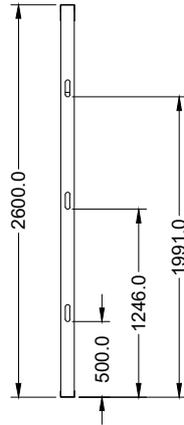


CORTE A - A

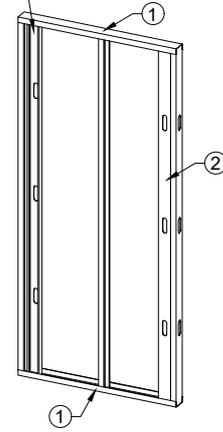
Utilização de perfil Ue nas extremidades para ligação do painel 6 com o painel 2 e o painel 3 (vide detalhe na prancha 19/28)



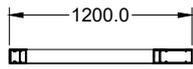
VISTA FRONTAL - PAINEL 3



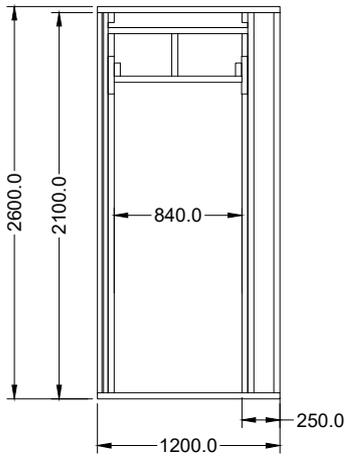
VISTA LATERAL



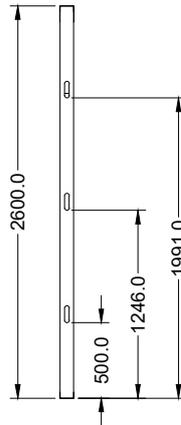
VISTA ISOMÉTRICA



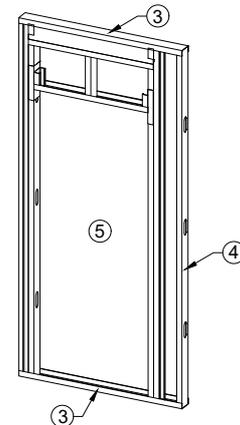
CORTE A - A



VISTA FRONTAL - PAINEL 9



VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA

Lista de Materiais - Painel 3

Código	Peça	Quant.	Metragem (mm)
1	Guia - perfil U 90x40x0,80	2	1162
2	Montante - perfil Ue 90x40x12x0,80	5	2600

Lista de Materiais - Painel 9

Código	Peça	Quant.	Metragem (mm)
3	Guia - perfil U 90x40x0,80	2	1200
4	Montante - perfil Ue 90x40x12x0,80	2	2600
5	Quadro Porta 210x80 cm (vide prancha 12/X)	1	-



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento do Painel 3 e do Painel 9

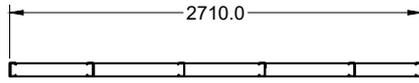
ESCALA: 1:50

FOLHA: 05/28

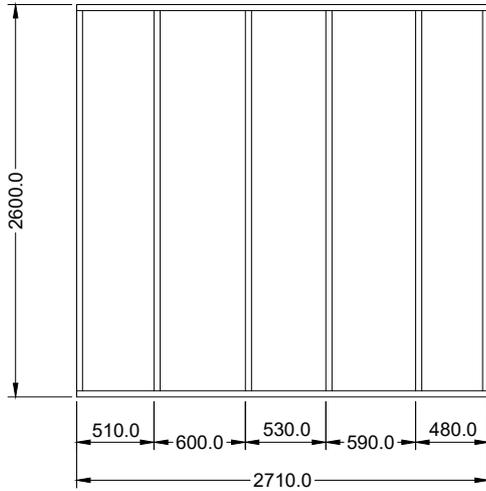
AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

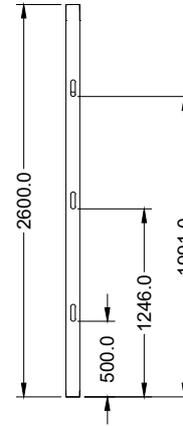
DATA: 22/11/2019



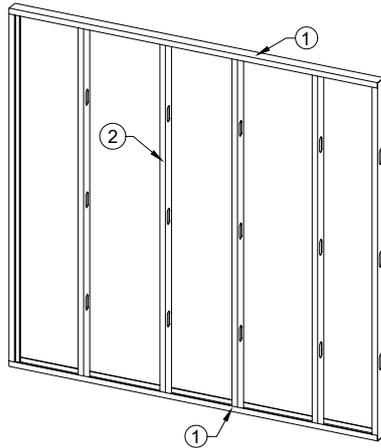
CORTE A - A



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA

NOTAS

- 1 - Utilizar parafusos auto-brocantes em regiões onde necessite fixação estável;
- 2 - Utilizar todos os perfis ZAR 230 - Revestimento em Zinco Z 275 g/m<sup>2</sup> e fyd > 230 MPa (produção conforme NBR 6335:2003 e NBR 14762:2001).
- 3 - As esperas para ligação do painel 4 estão contidos nos painéis 5 e 11.

Lista de Materiais - Painel 4

Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Guia - perfil U 90x40x0,80	2	2710
2	Montante - perfil Ue 90x40x12x0,80	6	2600



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento do Painel 4

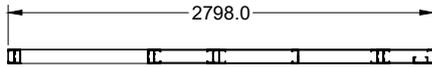
ESCALA: 1:50

FOLHA: 06/28

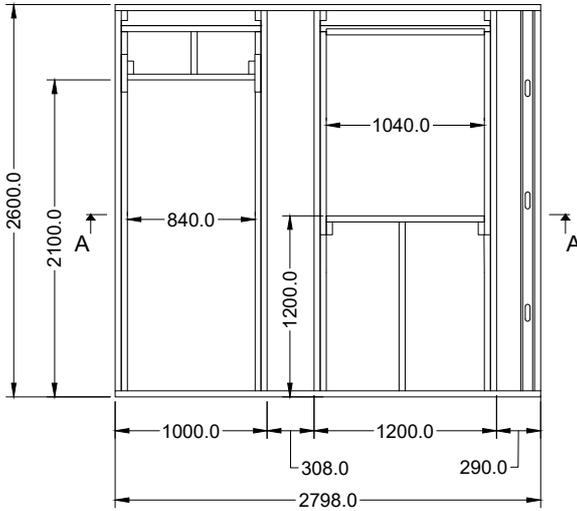
AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

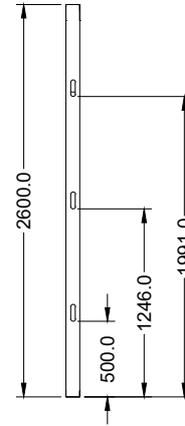
DATA: 22/11/2019



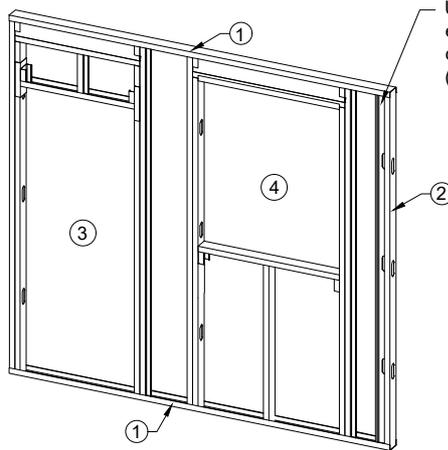
CORTE A - A



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA

Utilização de perfil Ue em ambas extremidades para ligação do painel 2 com os painéis 7a/10 e 7b/12 (vide detalhe prancha 19/28)

NOTAS

1 - Utilizar parafusos auto-brocantes em regiões onde necessite fixação estável;

2 - Utilizar todos os perfis ZAR 230 - Revestimento em Zinco Z 275 g/m<sup>2</sup> e fyd > 230 MPa (produção conforme NBR 6335:2003 e NBR 14762:2001).

Lista de Materiais - Painel 5

Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Guia - perfil U 90x40x0,80	2	2798
2	Montante - perfil Ue 90x40x12x0,80	2	2600
3	Quadro Porta 210x80 cm (vide prancha 12/X)	1	-
4	Quadro Janela 100x120 cm (vide prancha 13/X)	1	-



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento do Painel 5

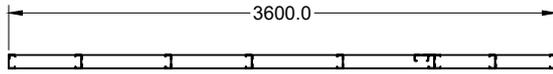
ESCALA: 1:50

FOLHA: 07/28

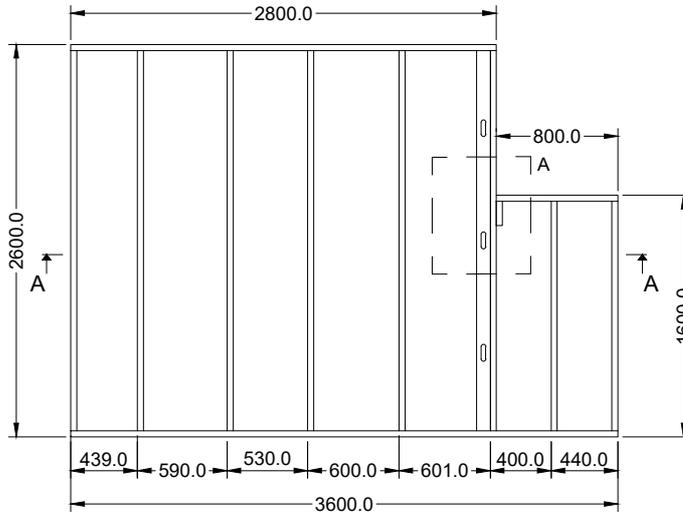
AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

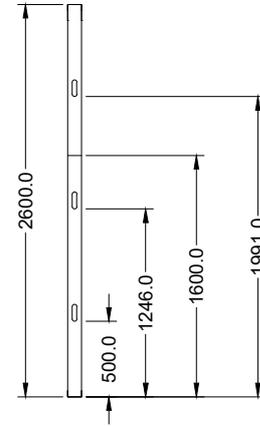
DATA: 22/11/2019



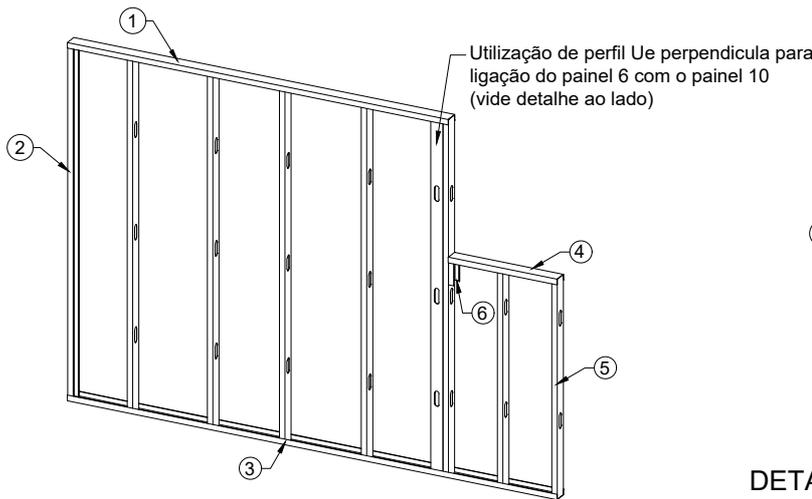
CORTE A - A



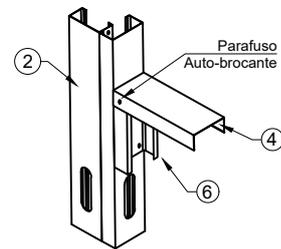
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA



DETALHE A - LIGAÇÃO  
(SEM ESCALA)

NOTAS

- 1 - Utilizar parafusos auto-brocantes em regiões onde necessite fixação estável;
- 2 - Utilizar todos os perfis ZAR 230 - Revestimento em Zinco Z 275 g/m<sup>2</sup> e fy<sub>d</sub> > 230 MPa (produção conforme NBR 6335:2003 e NBR 14762:2001).
- 3 - As esperas para ligação do painel 4 estão contidos nos painéis 5 e 11.

Lista de Materiais - Painel 6

Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Guia Superior 1 - perfil U 90x40x0,80	1	2800
2	Montante 1 - perfil Ue 90x40x12x0,80	7	2600
3	Guia Inferior- perfil U 90x40x0,80	1	3600
4	Guia Superior 2 - perfil U 90x40x0,80	1	800
5	Montante 2 - perfil Ue 90x40x12x0,80	2	1600
6	Conexão guia-montante - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	aprox. 200



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento do Painel 6

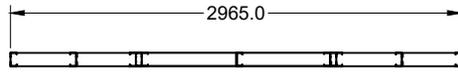
ESCALA: 1:50

FOLHA: 08/28

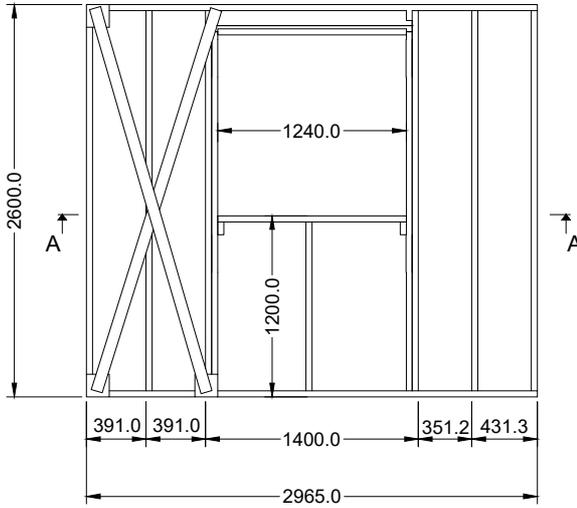
AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

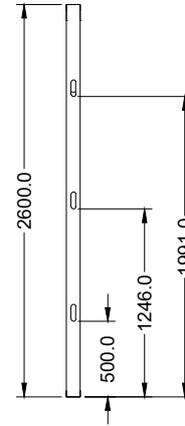
DATA: 22/11/2019



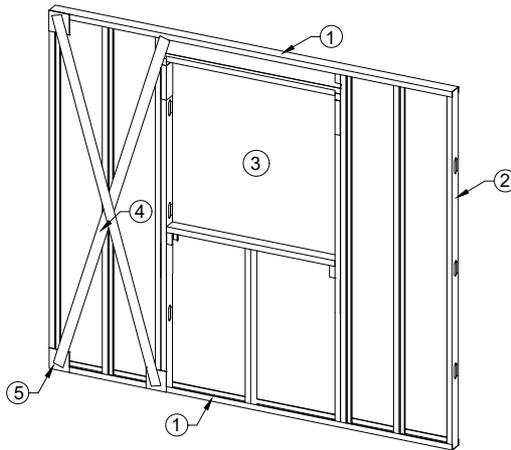
CORTE A - A



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA

NOTAS

- 1 - Utilizar parafusos auto-brocantes em regiões onde necessite fixação estável;
- 2 - Utilizar todos os perfis ZAR 230 - Revestimento em Zinco Z 275 g/m<sup>2</sup> e f<sub>yd</sub> > 230 MPa (produção conforme NBR 6335:2003 e NBR 14762:2001).

Lista de Materiais - Painel 7

Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Guia - perfil U 90x40x0,80	2	2965
2	Montante - perfil Ue 90x40x12x0,80	4	2600
3	Quadro Janela 120x120 cm (vide prancha 14/X)	1	-
4	Fita de aço galvanizado - ZAR 345 75x0,80	2	-
5	Chapa de aço galvanizado - 150x150x0,80	3	-



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento do Painel 7

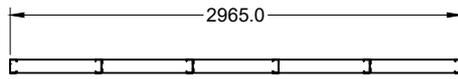
ESCALA: 1:50

FOLHA: 09/28

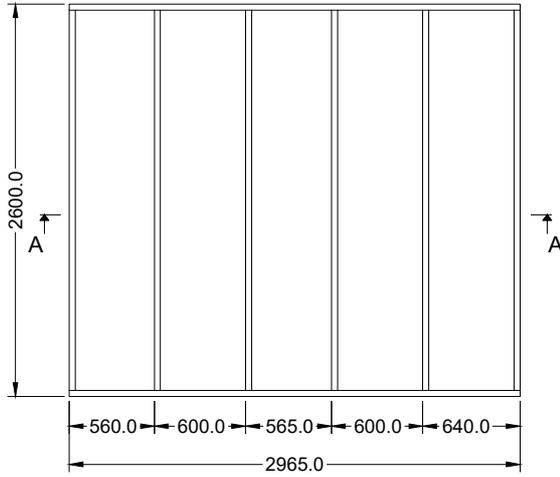
AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

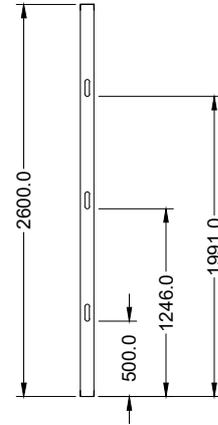
DATA: 22/11/2019



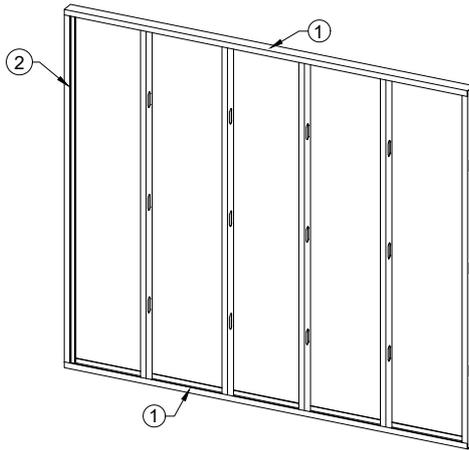
CORTE A - A



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA

NOTAS

- 1 - Utilizar parafusos auto-brocantes em regiões onde necessite fixação estável;
- 2 - Utilizar todos os perfis ZAR 230 - Revestimento em Zinco Z 275 g/m<sup>2</sup> e fyd > 230 MPa (produção conforme NBR 6335:2003 e NBR 14762:2001).
- 3 - As esperas para ligação do painel 8 estão contidos nos painéis 10 e 11.

Lista de Materiais - Painel 8

Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Guia - perfil U 90x40x0,80	2	2965
2	Montante - perfil Ue 90x40x12x0,80	6	2600



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento do Painel 8

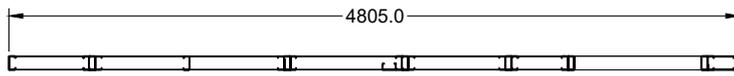
ESCALA: 1:50

FOLHA: 10/28

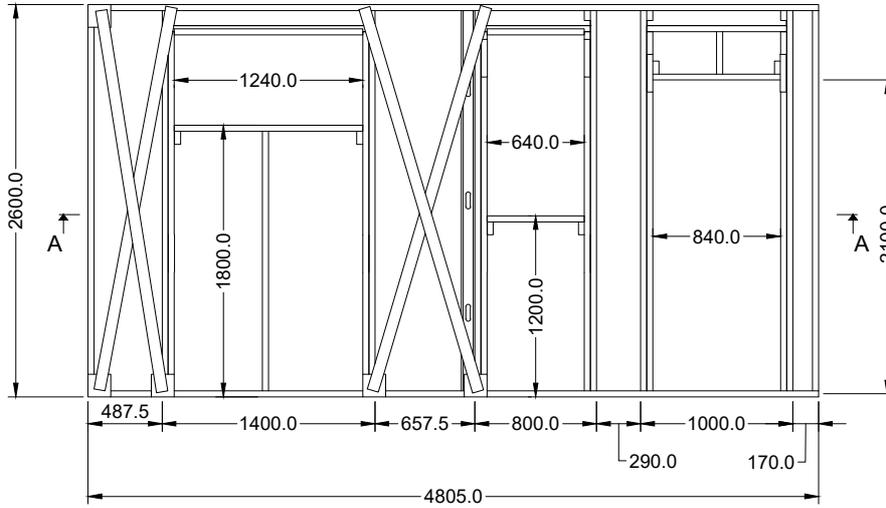
AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

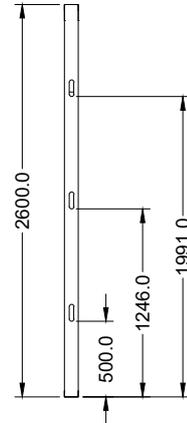
DATA: 22/11/2019



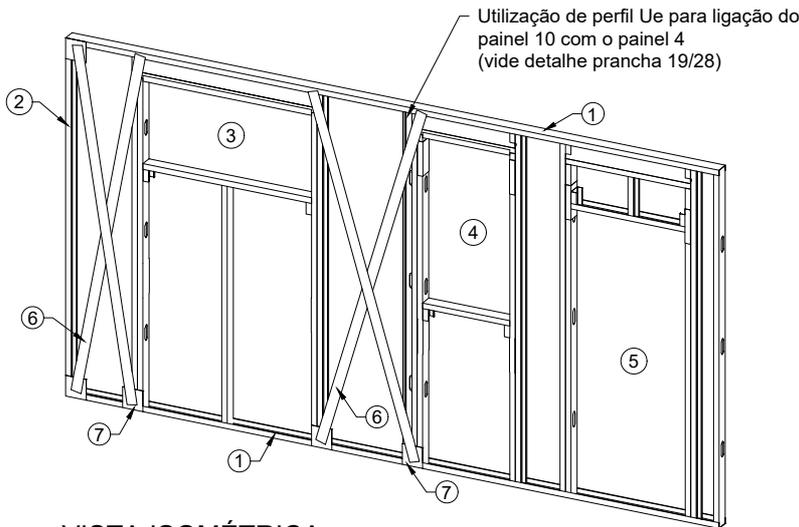
CORTE A - A



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA

NOTAS

- 1 - Utilizar parafusos auto-brocantes em regiões onde necessite fixação estável;
- 2 - Utilizar todos os perfis ZAR 230 - Revestimento em Zinco Z 275 g/m<sup>2</sup> e fyd > 230 MPa (produção conforme NBR 6335:2003 e NBR 14762:2001).

Lista de Materiais - Painel 10

Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Guia - perfil U 90x40x0,80	2	4805
2	Montante - perfil Ue 90x40x12x0,80	3	2600
3	Quadro Janela 120x60 cm (vide prancha 16/X)	1	-
4	Quadro Janela 60x120 cm (vide prancha 15/X)	1	-
5	Quadro Porta 210x80 cm (vide prancha 12/X)	1	-
6	Fita de aço galvanizado - ZAR 345 75x0,80	4	2600
7	Chapa de aço galvanizado - 150x150x0,80	5	-



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento do Painel 10

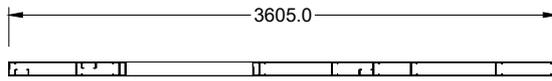
ESCALA: 1:50

FOLHA: 11/28

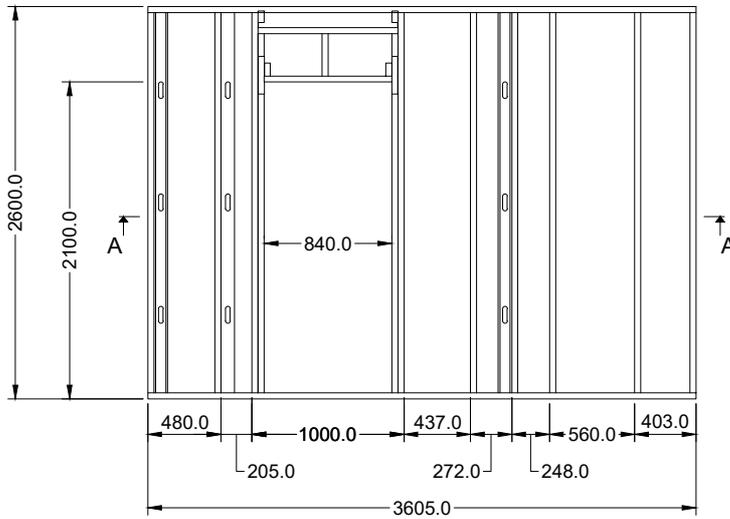
AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

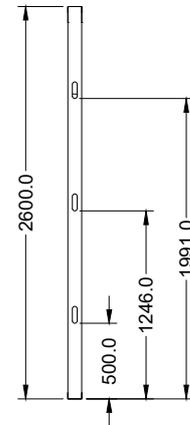
DATA: 22/11/2019



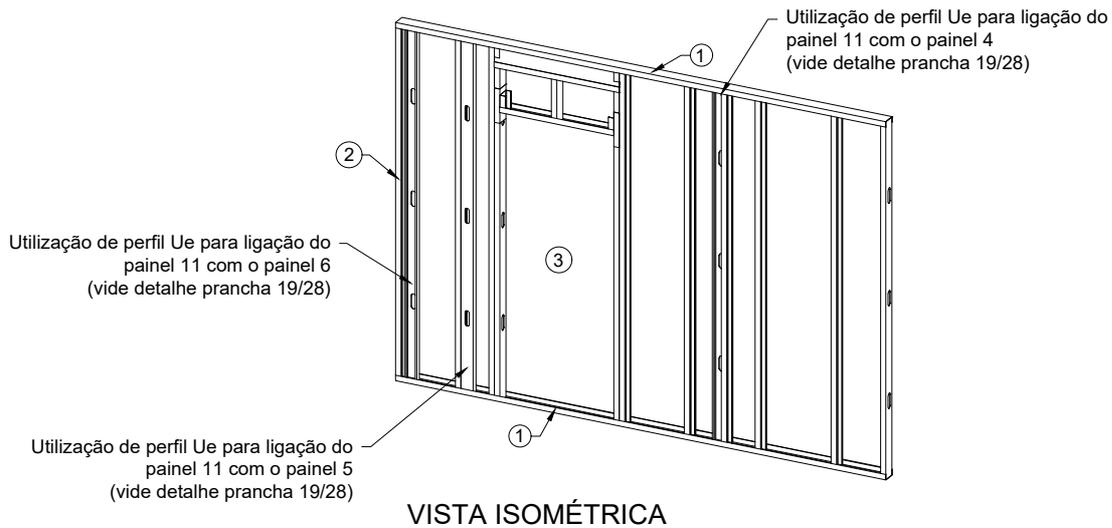
CORTE A - A



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA

NOTAS

- 1 - Utilizar parafusos auto-brocantes em regiões onde necessite fixação estável;
- 2 - Utilizar todos os perfis ZAR 230 - Revestimento em Zinco Z 275 g/m<sup>2</sup> e fyd > 230 MPa (produção conforme NBR 6335:2003 e NBR 14762:2001).

Lista de Materiais - Painel 11

Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Guia - perfil U 90x40x0,80	2	3605
2	Montante - perfil Ue 90x40x12x0,80	10	2600
3	Quadro Porta 210x80 cm (vide prancha 12/X)	1	-



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento do Painel 11

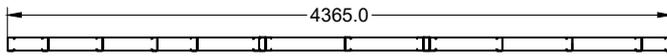
ESCALA: 1:50

FOLHA: 12/28

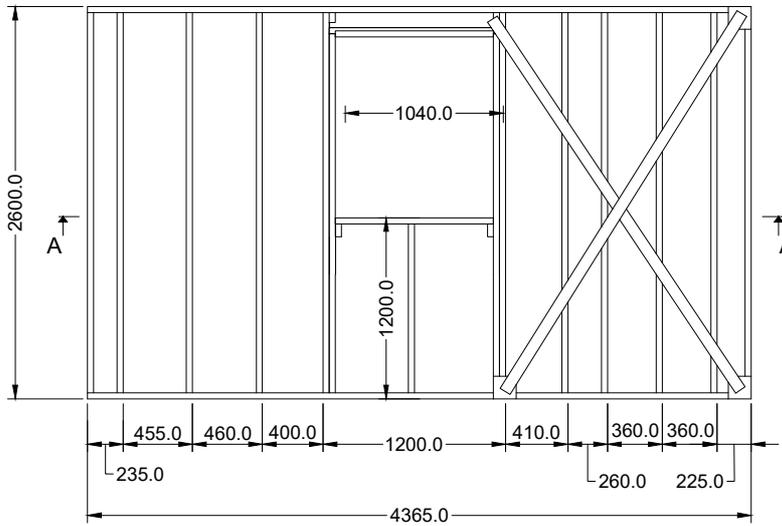
AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

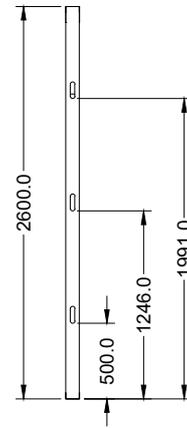
DATA: 22/11/2019



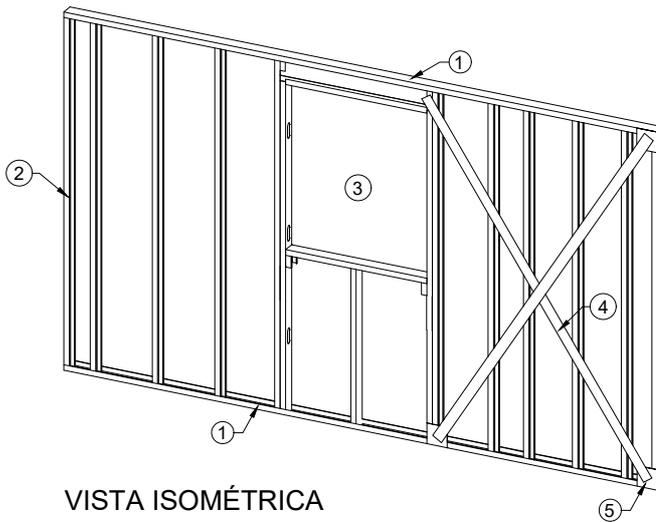
CORTE A - A



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA

NOTAS

- 1 - Utilizar parafusos auto-brocantes em regiões onde necessite fixação estável;
- 2 - Utilizar todos os perfis ZAR 230 - Revestimento em Zinco Z 275 g/m<sup>2</sup> e fyd > 230 MPa (produção conforme NBR 6335:2003 e NBR 14762:2001).

Lista de Materiais - Painel 2

Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Guia - perfil U 90x40x0,80	2	4365
2	Montante - perfil Ue 90x40x12x0,80	9	2600
3	Quadro Janela 100x120 cm (vide prancha 13/X)	1	-
4	Fita de aço galvanizado - ZAR 345 75x0,80	2	2950
5	Chapa de aço galvanizado - 150x150x0,80	3	-



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento do Painel 12

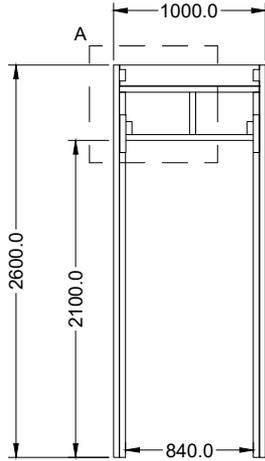
ESCALA: 1:50

FOLHA: 13/28

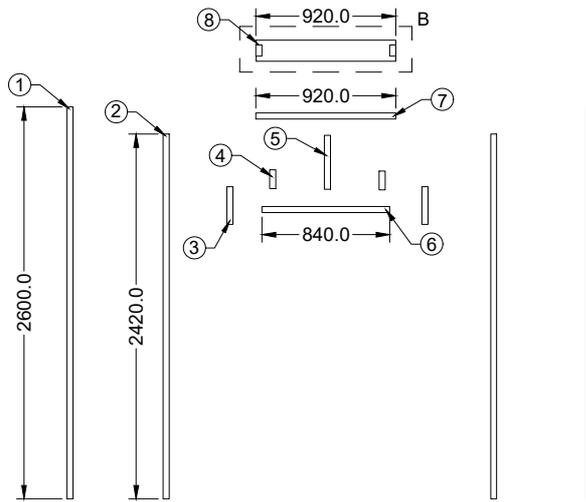
AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

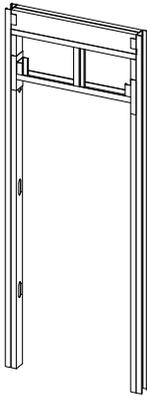
DATA: 22/11/2019



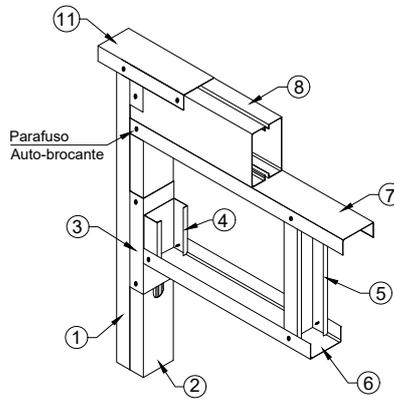
VISTA FRONTAL



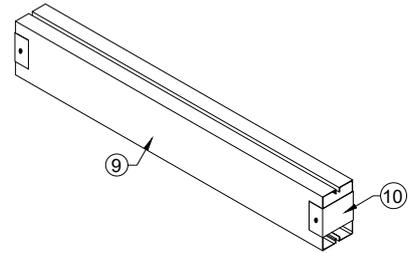
VISTA EXPLODIDA



VISTA ISOMÉTRICA



DETALHE A - LIGAÇÕES  
(SEM ESCALA)



DETALHE B - VERGA  
(PEÇA 8 - SEM ESCALA)

NOTAS

- 1 - Utilizar da sobra dos perfilados com tamanho definido para confeccionar as peças 3, 4 e 5;
- 2 - Utilizar parafusos auto-brocantes em regiões onde necessite fixação estável;
- 3 - Utilizar todos os perfis ZAR 230 - Revestimento em Zinco Z 275 g/m<sup>2</sup> e fyd > 230 MPa (produção conforme NBR 6335:2003 e NBR 14762:2001).

Lista de Materiais

Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Montante - perfil Ue 90x40x12x0,80	2	2600
2	Ombreira - perfil Ue 90x40x12x0,80	2	2100
3	Conexão abertura-ombreira - perfil U 90x40x12x0,80	2	aprox. 250
4	Suporte A - perfil Ue 90x40x12x0,80	2	aprox. 125
5	Montante de composição - perfil Ue 90x40x0,80	1	aprox. 358
6	Guia de abertura 1 - perfil U 90x40x0,80	1	840
7	Guia de abertura 2 - perfil U 90x40x0,80	1	920
8	Conjunto verga (vide código 9 e 10)	1	-
9	Viga - perfil Ue 140x40x12x0,80	2	918,4
10	Suporte B - perfil U 90x40x0,80	2	aprox. 75
11	Guia superior do painel (representativo)	-	-



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento do Quadro - Porta 210x80 cm

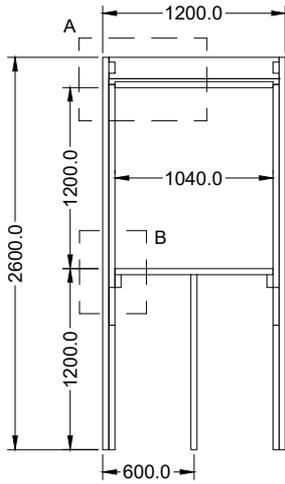
ESCALA: 1:50

FOLHA: 14/28

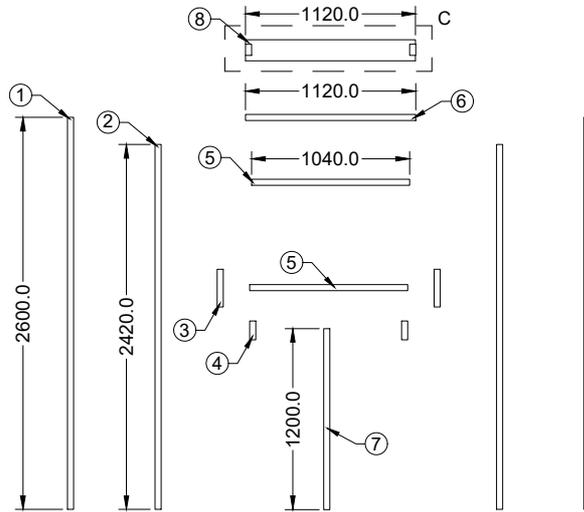
AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

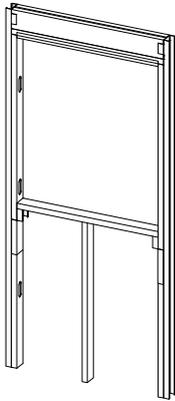
DATA: 22/11/2019



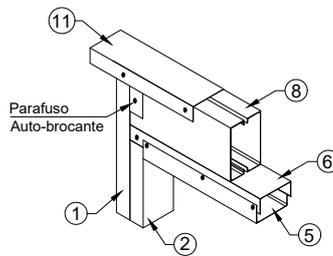
VISTA FRONTAL



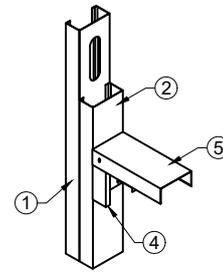
VISTA EXPLODIDA



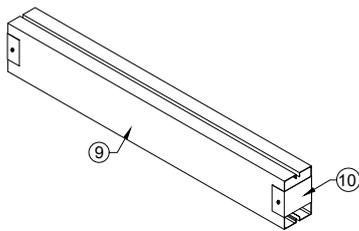
VISTA ISOMÉTRICA



DETALHE A - LIGAÇÕES  
(SEM ESCALA)



DETALHE B - LIGAÇÕES  
(SEM ESCALA)



DETALHE C - VERGA  
(PEÇA 8 - SEM ESCALA)

NOTAS

- 1 - Utilizar parafusos auto-brocantes em regiões onde necessite fixação estável;
- 2 - Utilizar todos os perfis ZAR 230 - Revestimento em Zinco Z 275 g/m<sup>2</sup> e fyd > 230 MPa (produção conforme NBR 6335:2003 e NBR 14762:2001).

Lista de Materiais			
Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Montante A - perfil Ue 90x40x12x0,80	2	2600
2	Ombreira - perfil Ue 90x40x12x0,80	2	2420
3	Conexão abertura-ombreira - perfil U 90x40x12x0,80	2	aprox. 250
4	Suporte A - perfil Ue 90x40x12x0,80	2	aprox. 125
5	Guia de abertura A - perfil U 90x40x0,80	2	1040
6	Guia de abertura B - perfil U 90x40x0,80	1	1120
7	Montante B - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	1200
8	Conjunto verga (vide código 9 e 10)	1	-
9	Viga - perfil Ue 140x40x12x0,80	2	1118,4
10	Suporte B - perfil U 90x40x0,80	2	aprox. 75
11	Guia superior do painel (representativo)	-	-



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento do Quadro - Janela 1 100x120 cm

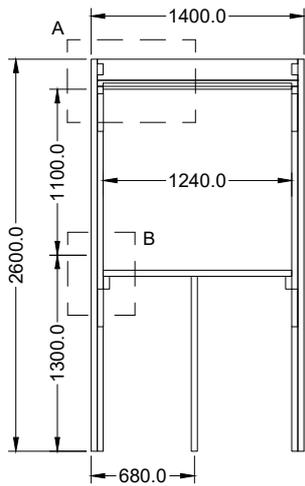
ESCALA: 1:50

FOLHA: 15/28

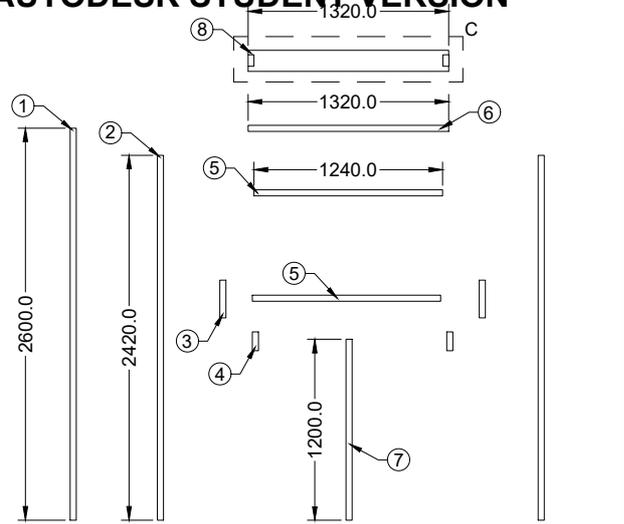
AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

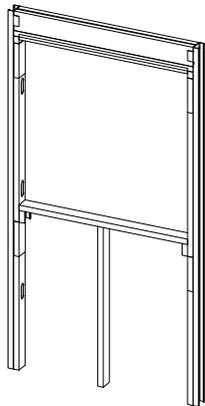
DATA: 22/11/2019



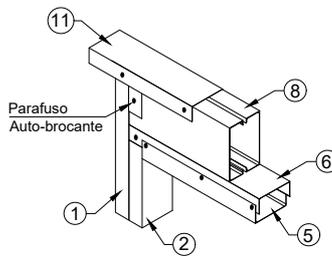
VISTA FRONTAL



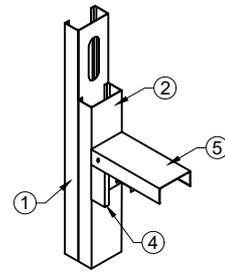
VISTA EXPLODIDA



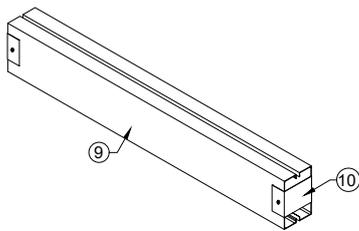
VISTA ISOMÉTRICA



DETALHE A - LIGAÇÕES  
(SEM ESCALA)



DETALHE B - LIGAÇÕES  
(SEM ESCALA)



DETALHE C - VERGA  
(PEÇA 8 - SEM ESCALA)

NOTAS

- 1 - Utilizar parafusos auto-brocantes em regiões onde necessite fixação estável;
- 2 - Utilizar todos os perfis ZAR 230 - Revestimento em Zinco Z 275 g/m<sup>2</sup> e fyd > 230 MPa (produção conforme NBR 6335:2003 e NBR 14762:2001).

Lista de Materiais			
Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Montante A - perfil Ue 90x40x12x0,80	2	2600
2	Ombreira - perfil Ue 90x40x12x0,80	2	2420
3	Conexão abertura-ombreira - perfil U 90x40x12x0,80	2	aprox. 250
4	Suporte A - perfil Ue 90x40x12x0,80	2	aprox. 125
5	Guia de abertura A - perfil U 90x40x0,80	2	1240
6	Guia de abertura B - perfil U 90x40x0,80	1	1320
7	Montante B - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	1200
8	Conjunto verga (vide código 9 e 10)	1	-
9	Viga - perfil Ue 140x40x12x0,80	2	1318,4
10	Suporte B - perfil U 90x40x0,80	2	aprox. 75
11	Guia superior do painel (representativo)	-	-



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento do Quadro - Janela 2 120 x 120 cm

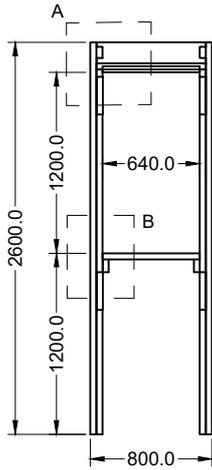
ESCALA: 1:50

FOLHA: 16/28

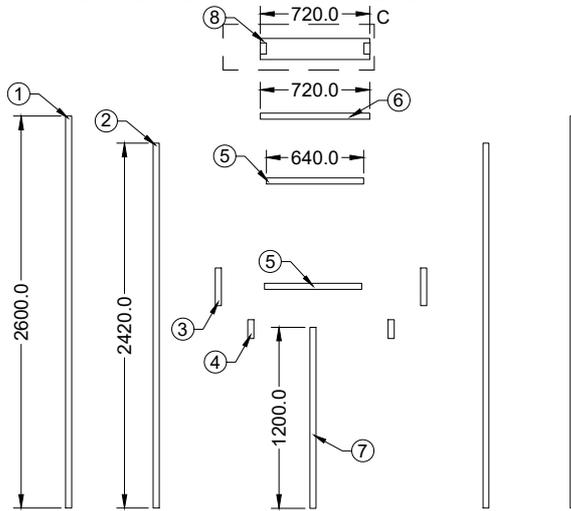
AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

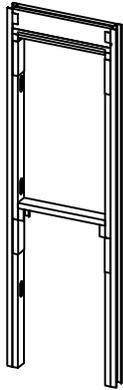
DATA: 22/11/2019



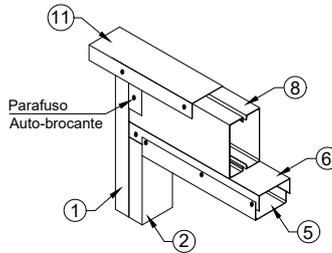
VISTA FRONTAL



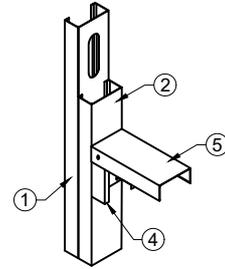
VISTA EXPLODIDA



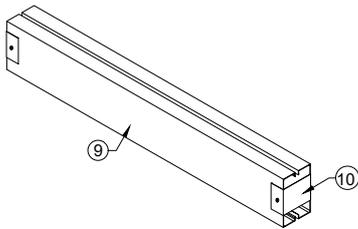
VISTA ISOMÉTRICA



DETALHE A - LIGAÇÕES  
(SEM ESCALA)



DETALHE B - LIGAÇÕES  
(SEM ESCALA)



DETALHE C - VERGA  
(PEÇA 8 - SEM ESCALA)

NOTAS

- 1 - Utilizar parafusos auto-brocantes em regiões onde necessite fixação estável;
- 2 - Utilizar todos os perfis ZAR 230 - Revestimento em Zinco Z 275 g/m<sup>2</sup> e fy<sub>d</sub> > 230 MPa (produção conforme NBR 6335:2003 e NBR 14762:2001).

Lista de Materiais

Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Montante A - perfil Ue 90x40x12x0,80	2	2600
2	Ombreira - perfil Ue 90x40x12x0,80	2	2420
3	Conexão abertura-ombreira - perfil U 90x40x12x0,80	2	aprox. 250
4	Suporte A - perfil Ue 90x40x12x0,80	2	aprox. 125
5	Guia de abertura A - perfil U 90x40x0,80	2	640
6	Guia de abertura B - perfil U 90x40x0,80	1	720
7	Montante B - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	1200
8	Conjunto verga (vide código 9 e 10)	1	-
9	Viga - perfil Ue 140x40x12x0,80	2	718,4
10	Suporte B - perfil U 90x40x0,80	2	aprox. 75
11	Guia superior do painel (representativo)	-	-



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento do Quadro - Janela 3 60 x 120 cm

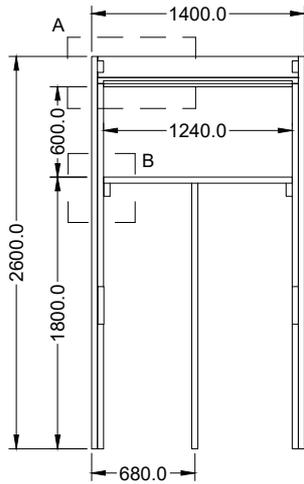
ESCALA: 1:50

FOLHA: 17/28

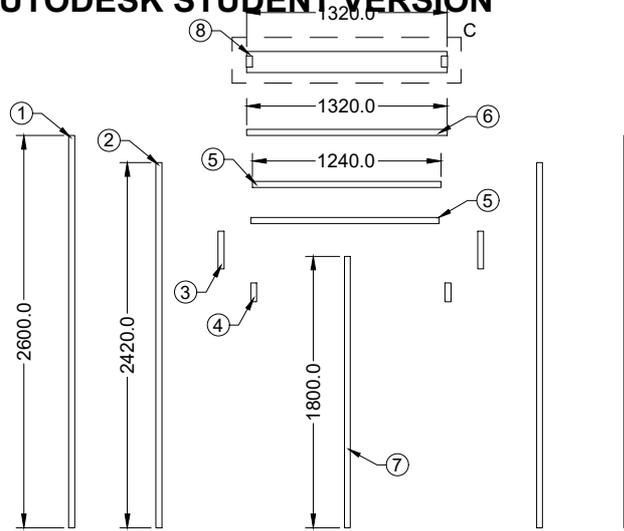
AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

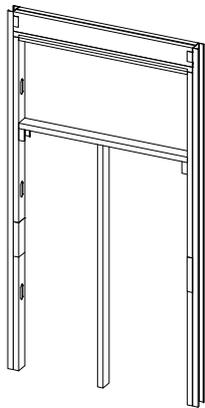
DATA: 22/11/2019



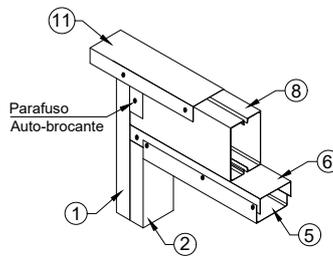
VISTA FRONTAL



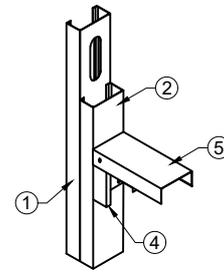
VISTA EXPLODIDA



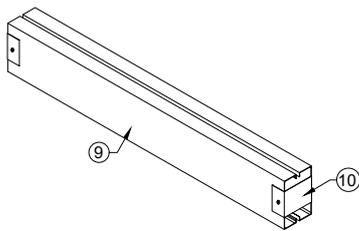
VISTA ISOMÉTRICA



DETALHE A - LIGAÇÕES  
(SEM ESCALA)



DETALHE B - LIGAÇÕES  
(SEM ESCALA)



DETALHE C - VERGA  
(PEÇA 8 - SEM ESCALA)

NOTAS

- 1 - Utilizar parafusos auto-brocantes em regiões onde necessite fixação estável;
- 2 - Utilizar todos os perfis ZAR 230 - Revestimento em Zinco Z 275 g/m<sup>2</sup> e fyd > 230 MPa (produção conforme NBR 6335:2003 e NBR 14762:2001).

Lista de Materiais			
Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Montante A - perfil Ue 90x40x12x0,80	2	2600
2	Ombreira - perfil Ue 90x40x12x0,80	2	2420
3	Conexão abertura-ombreira - perfil U 90x40x12x0,80	2	aprox. 250
4	Suporte A - perfil Ue 90x40x12x0,80	2	aprox. 125
5	Guia de abertura A - perfil U 90x40x0,80	2	1240
6	Guia de abertura B - perfil U 90x40x0,80	1	1320
7	Montante B - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	1800
8	Conjunto verga (vide código 9 e 10)	1	-
9	Viga - perfil Ue 140x40x12x0,80	2	1318,4
10	Suporte B - perfil U 90x40x0,80	2	aprox. 75
11	Guia superior do painel (representativo)	-	-



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento do Quadro - Janela 4 120 x 60 cm

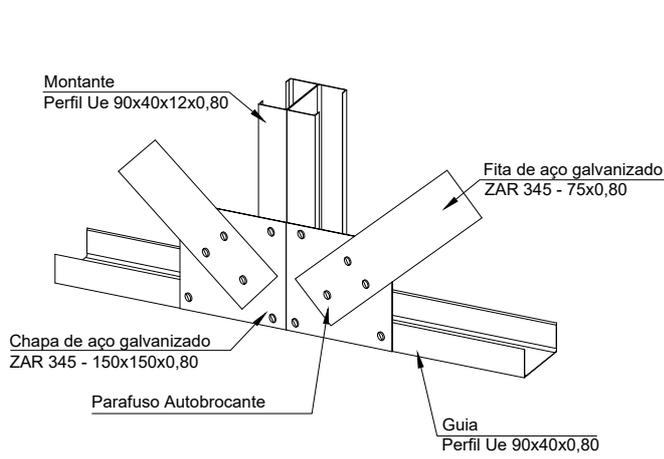
ESCALA: 1:50

FOLHA: 18/28

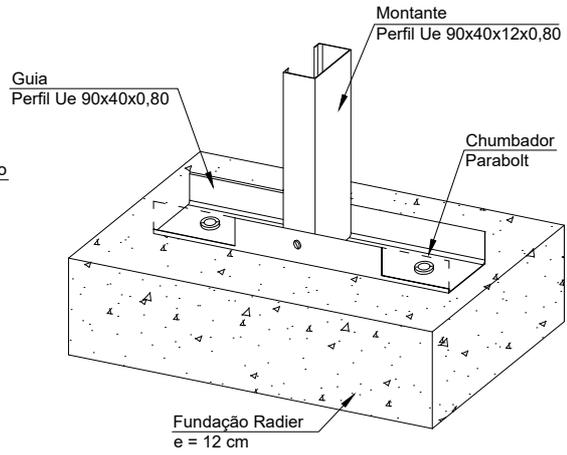
AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

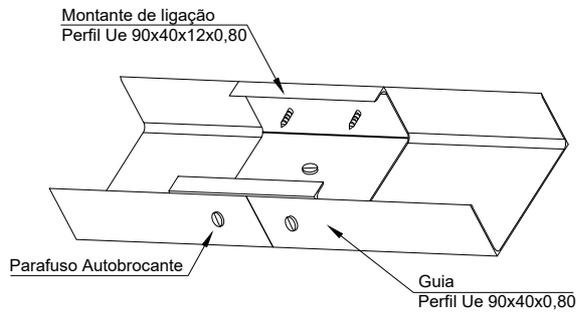
DATA: 22/11/2019



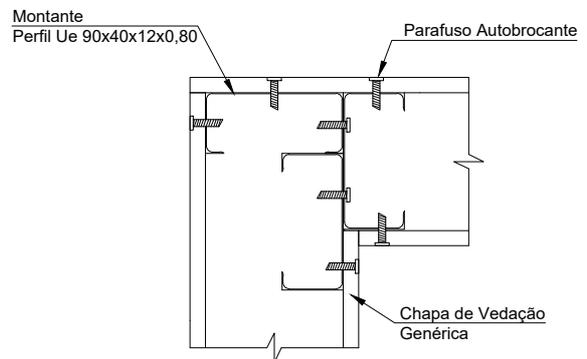
LIGAÇÃO FITA TIRANTE



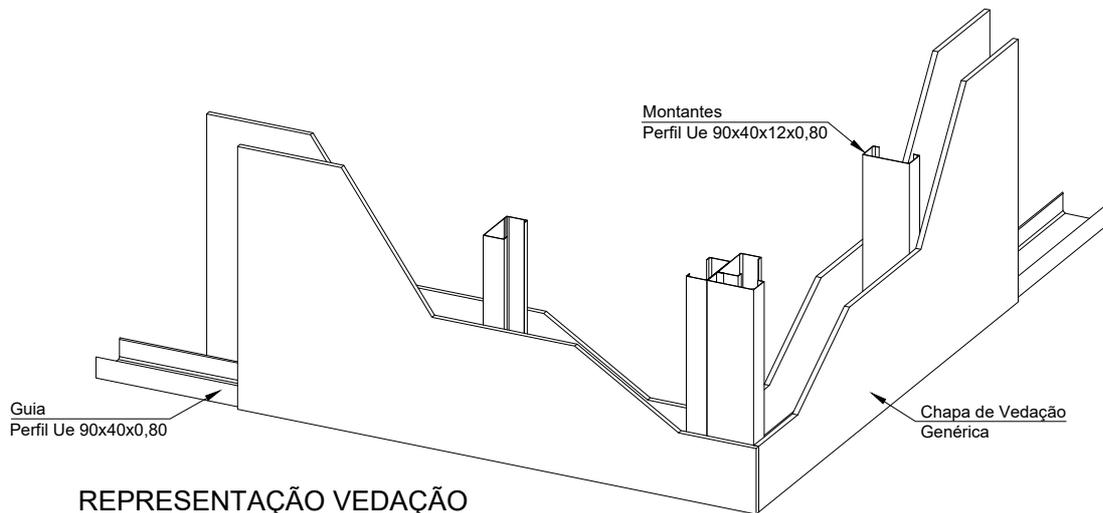
LIGAÇÃO PAINEL - FUNDAÇÃO



LIGAÇÃO EMENDA GUIAS



LIGAÇÃO ENTRE PAINÉIS



REPRESENTAÇÃO VEDAÇÃO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento Geral dos Paineis - Parede

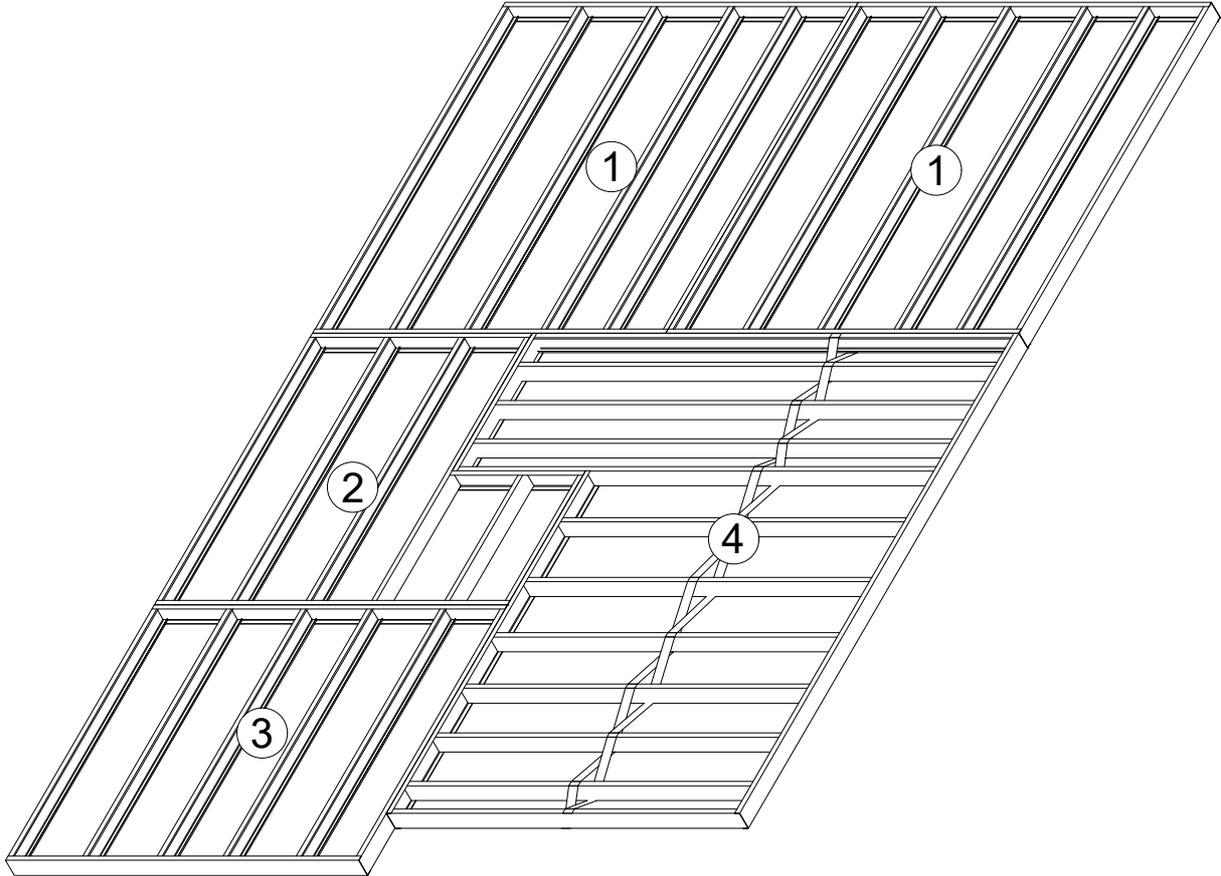
ESCALA: 1:50

FOLHA: 19/28

AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

DATA: 22/11/2019



VISTA ISOMÉTRICA

NOTAS

1 - Utilizar parafusos auto-brocantes em regiões onde necessite fixação estável;

2 - Utilizar todos os perfis ZAR 230 - Revestimento em Zinco Z 275 g/m<sup>2</sup> e fyd > 230 MPa (produção conforme NBR 6335:2003 e NBR 14762:2001);

Sumário Lajes

Código	Quadro	Quantidade	Prancha
1	Laje 1	2	21/28
2	Laje 2	1	22/28
3	Laje 3	1	23/28
4	Laje 4	1	24/28



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento dos Painéis - Lajes

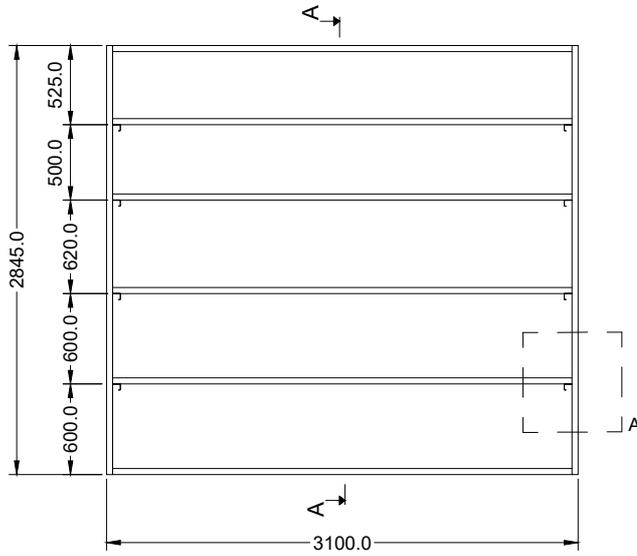
ESCALA: 1:50

FOLHA: 20/28

AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

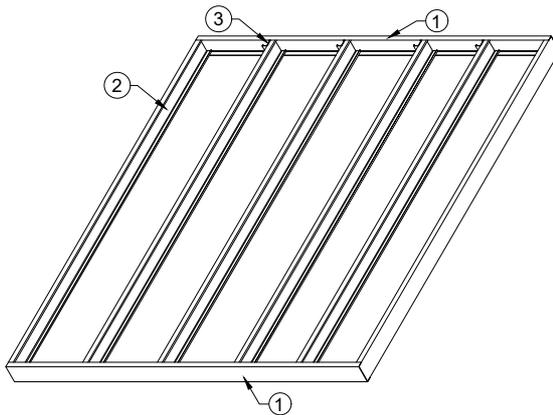
DATA: 22/11/2019



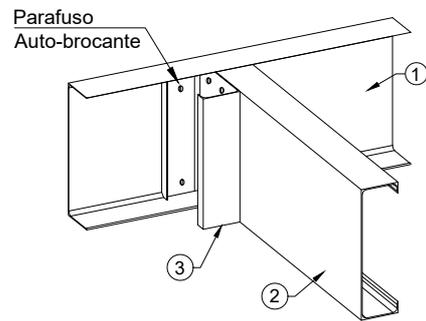
VISTA SUPERIOR



CORTE A - A



VISTA ISOMÉTRICA



DETALHE A - ENRIJECEDOR  
(SEM ESCALA)

NOTAS

- 1 - Utilizar parafusos auto-brocantes em regiões onde necessite fixação estável;
- 2 - Utilizar todos os perfis ZAR 230 - Revestimento em Zinco Z 275 g/m<sup>2</sup> e fyd > 230 MPa (produção conforme NBR 6335:2003 e NBR 14762:2001);

Lista de Materiais - Laje 1

Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Guia - perfil U 140x40x1,25	2	2845
2	Viga - perfil Ue 140x40x12x1,25	6	3100
3	Enrijecedor - perfil Ue 90x40x12x0,80	8	140



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento da Laje 1

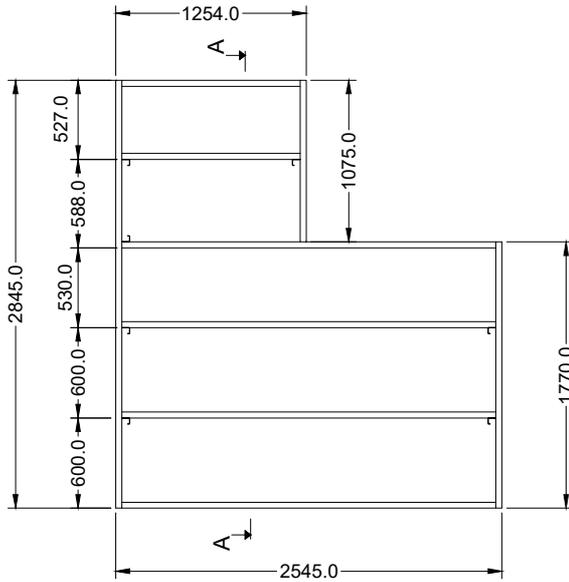
ESCALA: 1:50

FOLHA: 21/28

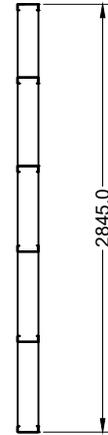
AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

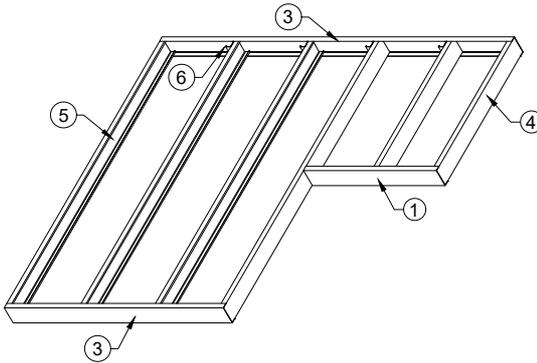
DATA: 22/11/2019



VISTA SUPERIOR



CORTE A - A



VISTA ISOMÉTRICA

NOTAS

1 - Utilizar parafusos auto-brocantes em regiões onde necessite fixação estável;

2 - Utilizar todos os perfis ZAR 230 - Revestimento em Zinco Z 275 g/m<sup>2</sup> e fyd > 230 MPa (produção conforme NBR 6335:2003 e NBR 14762:2001);

Lista de Materiais - Laje 2

Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Guia A - perfil U 140x40x1,25	1	1075
2	Guia B - perfil U 140x40x1,25	1	1770
3	Guia C - perfil U 140x40x1,25	1	2845
4	Viga A - perfil Ue 140x40x12x1,25	2	1254
5	Viga B - perfil Ue 140x40x12x1,25	4	2545
6	Enrijecedor - perfil Ue 90x40x12x0,80 - Detalhe Prancha X/X	8	140



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento da Laje 2

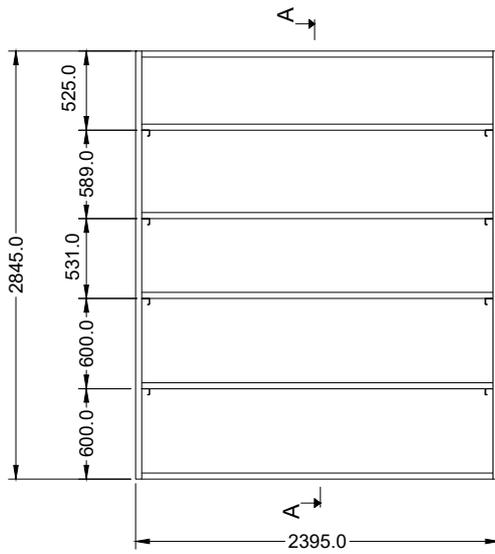
ESCALA: 1:50

FOLHA: 22/28

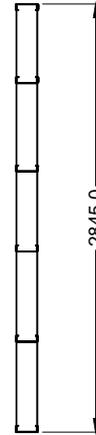
AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

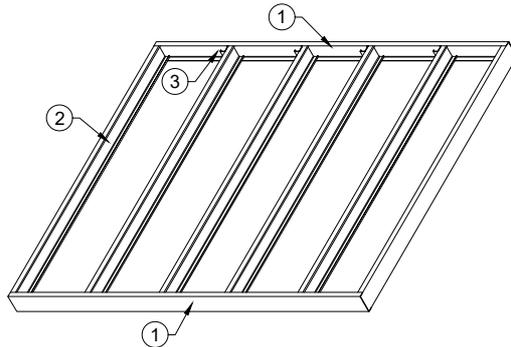
DATA: 22/11/2019



VISTA SUPERIOR



CORTE A - A



VISTA ISOMÉTRICA

NOTAS

1 - Utilizar parafusos auto-brocantes em regiões onde necessite fixação estável;

2 - Utilizar todos os perfis ZAR 230 - Revestimento em Zinco Z 275 g/m<sup>2</sup> e fyd > 230 MPa (produção conforme NBR 6335:2003 e NBR 14762:2001);

Lista de Materiais - Laje 3

Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Guia - perfil U 140x40x1,25	2	2845
2	Viga - perfil Ue 140x40x12x1,25	6	2395
3	Enrijecedor - perfil Ue 90x40x12x0,80 - Detalhe Prancha X/X	8	140



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento da Laje 3

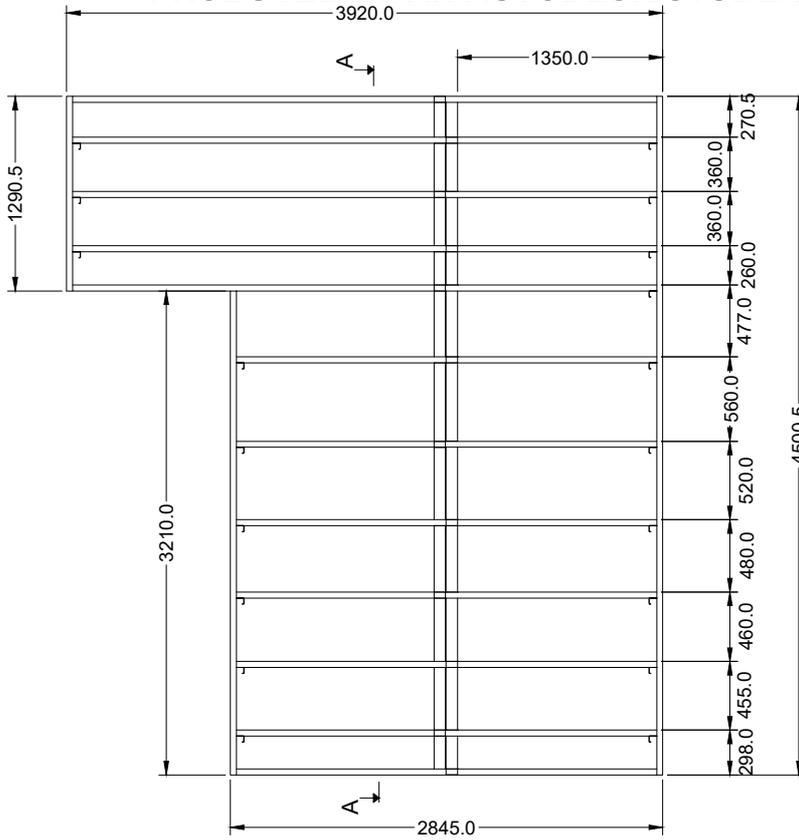
ESCALA: 1:50

FOLHA: 23/28

AUTOR: Guilherme Silveira Leite

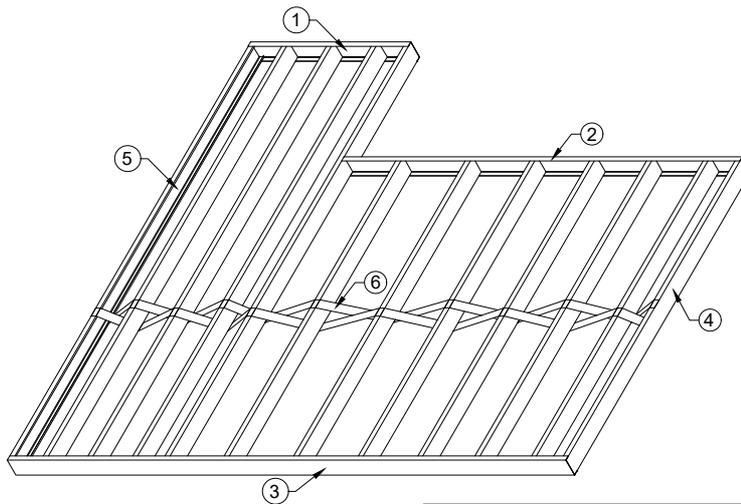
UNIDADE: Milímetros (mm)

DATA: 22/11/2019



VISTA SUPERIOR

CORTE A - A



VISTA ISOMÉTRICA

NOTAS

1 - Utilizar parafusos auto-brocantes em regiões onde necessite fixação estável;

2 - Utilizar todos os perfis ZAR 230 - Revestimento em Zinco Z 275 g/m<sup>2</sup> e fyd > 230 MPa (produção conforme NBR 6335:2003 e NBR 14762:2001);

Lista de Materiais - Laje 2

Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Guia A - perfil U 140x40x1,25	1	1290,5
2	Guia B - perfil U 140x40x1,25	1	3210
3	Guia C - perfil U 140x40x1,25	1	4500,5
4	Viga A - perfil Ue 140x40x12x1,25	7	2845
5	Viga B - perfil Ue 140x40x12x1,25	5	3920
6	Fita de aço galvanizado - ZAR 345 75x0,80	2	4951



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento da Laje 1

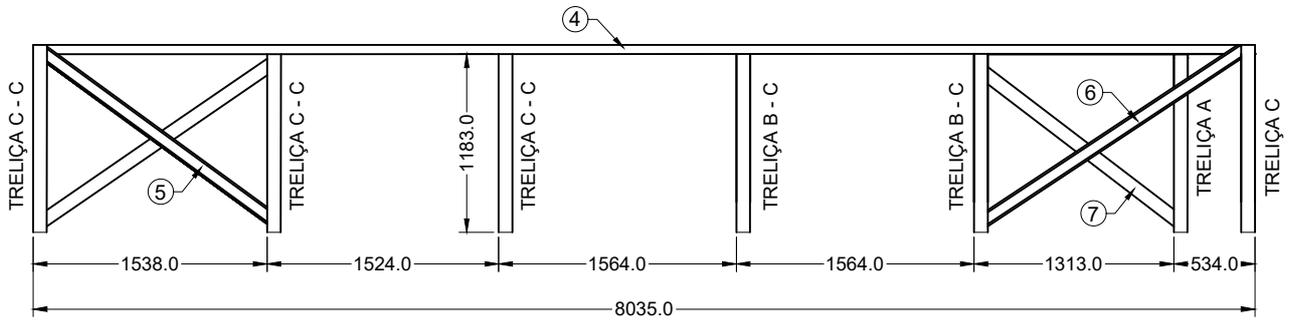
ESCALA: 1:50

FOLHA: 24/28

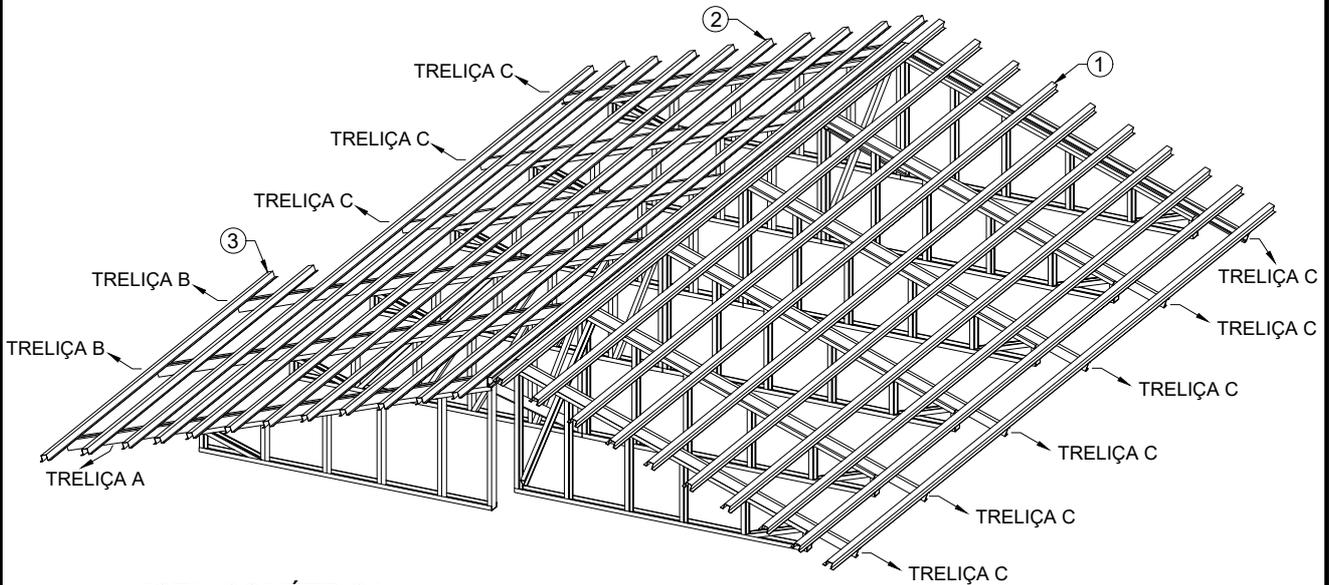
AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

DATA: 22/11/2019



VISTA INTERNA - REGIÃO CENTRAL CUMEEIRA



VISTA ISOMÉTRICA

Lista de Materiais - Cobertura

Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Terça A - Perfil Cartola 55x55x25x0,95	10	8600
2	Terça B - Perfil Cartola 55x55x25x0,95	10	9045
3	Terça B - Perfil Cartola 55x55x25x0,95	2	4410
4	Viga Cumeeira - Perfil Ue 90x40x12x0,80	2	8042
5	Tirante A - Perfil Ue 90x40x12x0,80	2	1900
6	Tirante B - Perfil Ue 90x40x12x0,80	1	1700
7	Tirante C - Perfil Ue 90x40x12x0,80	1	2050

Sumário Cobertura

Treliça	Quantidade	Prancha
Treliça A	1	25/28
Treliça B	2	26/28
Treliça C	9	27/28



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento da Cobertura

ESCALA: 1:50

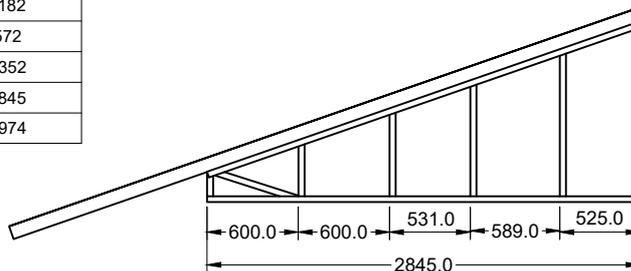
FOLHA: 25/28

AUTOR: Guilherme Silveira Leite

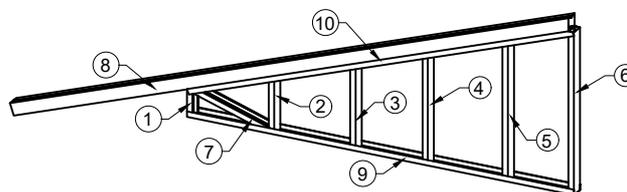
UNIDADE: Milímetros (mm)

DATA: 22/11/2019

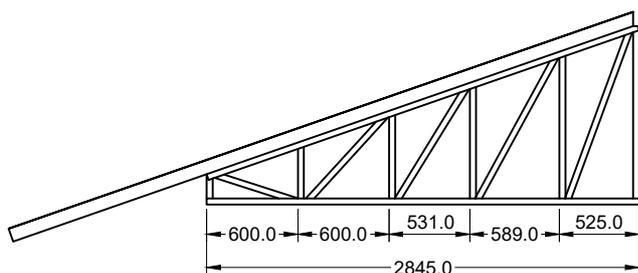
Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Montante A - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	214
2	Montante B - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	424
3	Montante C - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	634
4	Montante D - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	819
5	Montante E - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	1026
6	Montante F - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	1182
7	Inclinada A - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	572
8	Viga - perfil Ue 90x40x12x0,80	2	4352
9	Guia A - Perfil 90x40x0,80	1	2845
10	Guia B - Perfil 90x40x0,80	1	2974



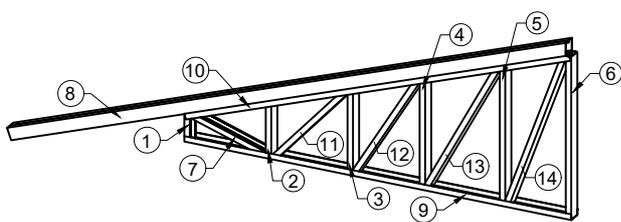
VISTA FRONTAL  
(TRELIÇA A)



VISTA ISOMÉTRICA



VISTA FRONTAL  
(TRELIÇA B)



VISTA ISOMÉTRICA

Lista de Materiais - Trelça B

Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Montante A - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	214
2	Montante B - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	424
3	Montante C - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	634
4	Montante D - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	819
5	Montante E - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	1026
6	Montante F - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	1182
7	Inclinada A - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	572
8	Viga - perfil Ue 90x40x12x0,80	2	4352
9	Guia A - Perfil 90x40x0,80	1	2845
10	Guia B - Perfil 90x40x0,80	1	2974
11	Inclinada B - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	785
12	Inclinada C - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	900
13	Inclinada D - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	1100
14	Inclinada E - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	1215



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento da Trelça A e B

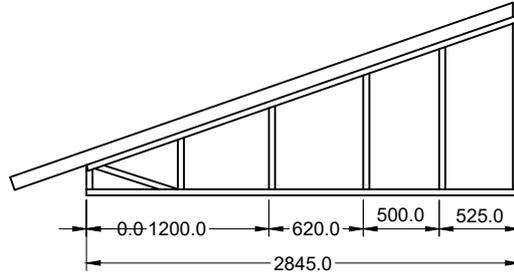
ESCALA: 1:50

FOLHA: 26/28

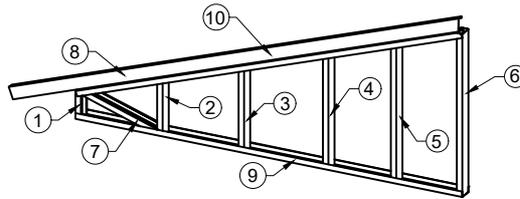
AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

DATA: 22/11/2019



VISTA FRONTAL



VISTA ISOMÉTRICA

Lista de Materiais - Treliça C

Código	Peça	Quantidade	Metragem (mm)
1	Montante A - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	214
2	Montante B - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	424
3	Montante C - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	634
4	Montante D - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	819
5	Montante E - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	1026
6	Montante F - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	1182
7	Inclinada A - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	572
8	Viga - perfil Ue 90x40x12x0,80	1	3500
9	Guia A - Perfil 90x40x0,80	1	2845
10	Guia B - Perfil 90x40x0,80	1	2974

NOTAS

1 - Utilizar parafusos auto-brocantes em regiões onde necessite fixação estável;

2 - Utilizar todos os perfis ZAR 230 - Revestimento em Zinco Z 275 g/m<sup>2</sup> e f<sub>yd</sub> > 230 MPa (produção conforme NBR 6335:2003 e NBR 14762:2001);



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento da Treliça C

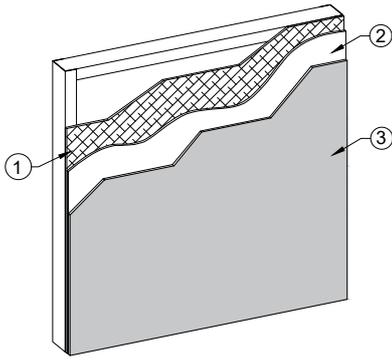
ESCALA: 1:50

FOLHA: 27/28

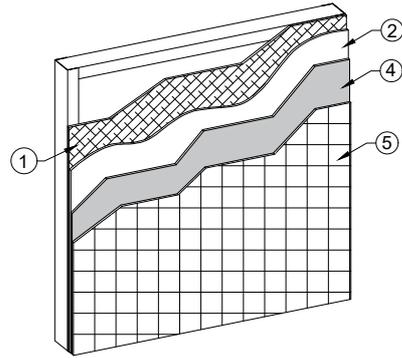
AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

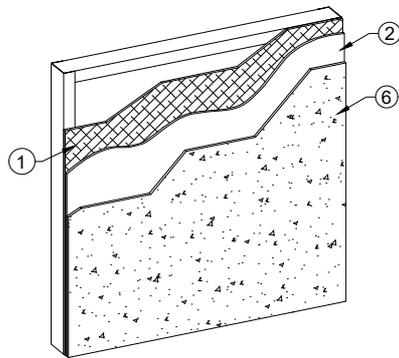
DATA: 22/11/2019



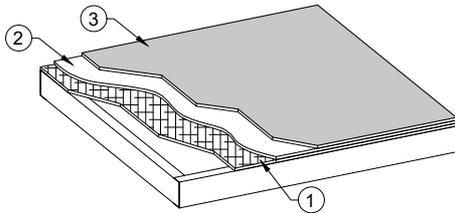
PAREDE - ÁREA SECA



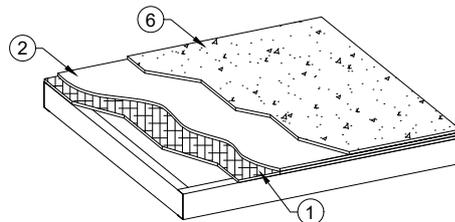
PAREDE - ÁREA ÚMIDA



PAREDE - ÁREA EXTERNA



LAJE - ÁREA INTERNA



LAJE - ÁREA COBERTURA

Lista de Material - Placas de Revestimento

Código	Material Placa	Código	Material Placa
1	OSB - Painel de Tiras de Maneira Orientada - 8,0 mm	4	Gesso Acartonado tipo Resistente à Umidade (RU) - 12,5 mm
2	Membrana Isolante/Impermeabilizante	5	Revestimento Cerâmico
3	Gesso Acartonado tipo Standart (ST) - 12,5 mm	6	Placa Cimentícia e Acabamento - 10,0 mm



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

ASSUNTO: Detalhamento dos Revestimentos

ESCALA: 1:50

FOLHA: 28/28

AUTOR: Guilherme Silveira Leite

UNIDADE: Milímetros (mm)

DATA: 22/11/2019