



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA**



**CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL**

**ESTÁGIO PROFISSIONAL:**

**ELABORAÇÃO DE UM PROJECTO ESTRUTURAL  
DE UM ARMAZÉM EM ESTRUTURA METÁLICA**

**CARLOS AZARIAS COSSA**

**SUPERVISORES:**

Eng<sup>o</sup>. Francisco Ricardo (DECI)

Eng<sup>o</sup>. Dércio Matola (MFC CONSULTOR, LDA)

Maputo, Junho de 2023



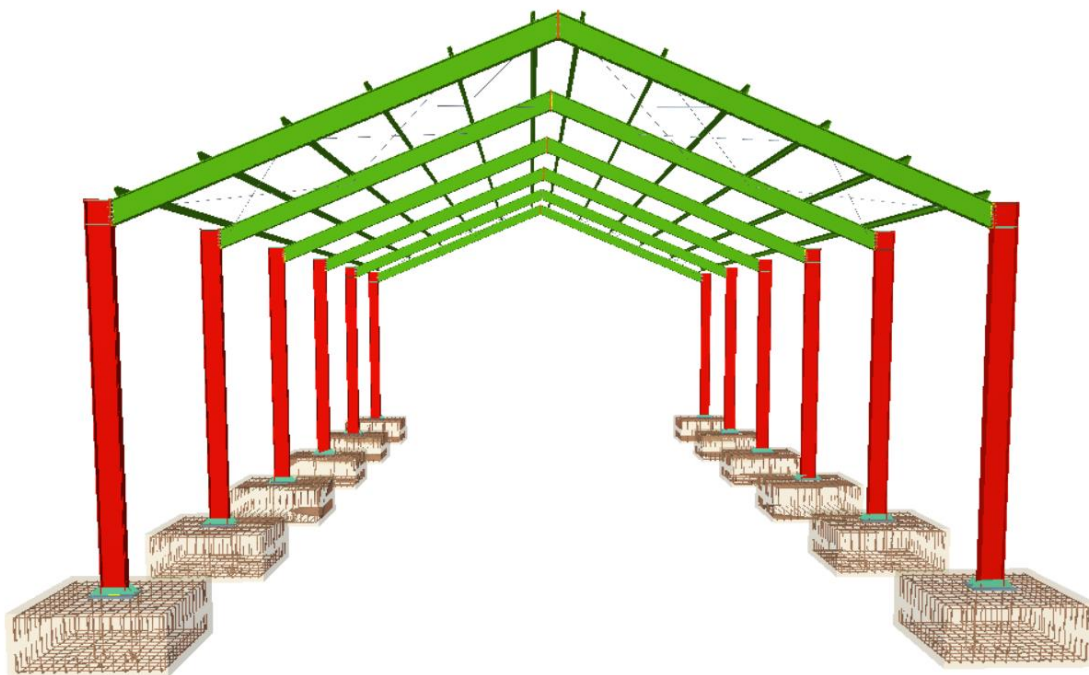
**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**



**CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL**

**ESTÁGIO PROFISSIONAL:**

**ELABORAÇÃO DE UM PROJECTO ESTRUTURAL  
DE UM ARMAZÉM EM ESTRUTURA METÁLICA**



**CARLOS AZARIAS COSSA**

Maputo, Junho de 2023

## Prefácio

No âmbito do Trabalho de Culminação do Curso, o estudante, impulsionado pelo facto de poder entrar em contacto com a vida profissional do engenheiro, e poder aplicar na prática os conhecimentos adquiridos na universidade, embarcou para desenvolvimento das competências no âmbito da elaboração de projectos da construção civil, assumindo deste modo a responsabilidade de alcançar todos os objectivos do estágio.

O presente documento refere-se ao relatório de estágio, que se integra no âmbito de Trabalho de Culminação do Curso, para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane.

Relatório de estágio apresentado ao  
Departamento de Engenharia Civil, da  
Faculdade de Engenharia da Universidade  
Eduardo Mondlane, para obtenção do grau  
de licenciatura em Engenharia Civil

### **Autor**

---

(Carlos Azarias Cossa)

### **Supervisores:**

---

(Eng<sup>o</sup>. Francisco Ricardo DECI)

---

(Eng<sup>o</sup>. Dércio Matola MFC Consultor)

**Termo de entrega**

Declaro que o estudante Carlos Azarias Cossa, fez a entrega das 2 cópias do relatório do seu estágio profissional com a Referencia:

---

**Chefe da Secretaria:**

---

## Resumo

CC. Impor Export, LDA é uma empresa que se dedica na comercialização de produtos alimentícios. Com a necessidade de aumento da mercadoria no estabelecimento comercial da CC. Import Export. LDA, surge também a necessidade de se construir um outro edifício extra para poder acomodar os produtos de forma segura.

A MFC Consultor, LDA sendo uma empresa de Engenharia detentora do alvará de Consultor de Construção Civil da 3ª classe emitido pelo Ministério das Obras Públicas Habitação e Recursos Hídricos, atuando nas diversas áreas da Engenharia como em todo, tendo como objetivo a viabilização de empreendimentos públicos, privados e mistos, permitindo o desenvolvimento global dentro de critérios sustentáveis e defensáveis junto às autoridades regulamentadoras, órgãos públicos e instituições financeiras nacionais e internacionais, teve a honra de ganhar o concurso publico lançado pela CC. Impor Export, LDA para a elaboração do projecto do seu novo armazém. O projecto estra dividido em duas partes: a parte das pecas escritas e a parte das pecas desenhadas.

Palavra chave: Projecto estrutural, estruturas metálicas, cype3D.

## DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Cossa, Carlos Azarias declaro por minha honra, que este trabalho é resultado da minha investigação, com recurso a bibliografia em referência devidamente citada ao longo do mesmo e que é submetido para a obtenção do grau de Licenciatura, em Engenharia Civil, pela Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane.

**Autor**

---

(Carlos Azarias Cossa)

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à Deus por tudo o que tem feito por mim. Agradeço à minha mãe, meus irmãos, meus tios, meus primos e amigos, pela força e educação que me têm dado. Agradeço à todos os docentes da Faculdade de Engenharia da UEM e outros docentes que tive durante a minha carreira académica, pelos ensinamentos a que me transmitiram. Agradeço também, toda equipe da MFC Consultor LDA. Agradeço aos meus supervisores pela paciência, sabedoria, atenção dispensada e pela dedicação a este trabalho. O meu muito obrigado a todos que contribuíram, directamente ou indirectamente, para que este trabalho fosse realizado.



**Dedicatória.**

À minha mãe e meus irmãos, que  
sempre estiveram ao meu lado  
durante esse período de estudo,  
dedico também aos meus tios que  
também ajudaram para a minha  
formação

**Índice**

1	Introdução .....	1
2	Objectivos .....	2
2.1.1	Geral .....	2
2.1.2	Específico .....	2
3	Revisão da Literatura.....	2
3.1	Ligações metálicas (flexíveis e rígidas) .....	2
3.1.1	Nota introdutória .....	2
3.1.2	Conceito gerais .....	2
3.1.3	Constituição de uma ligação.....	3
3.1.4	Formas de materializar uma ligação.....	3
3.2	Execução da ligação aparafusada .....	4
3.2.1	Nota introdutória .....	4
3.2.2	Parafusos de baixo carbonam .....	4
3.3	Classificação dos esforços na ligação aparafusada.....	5
3.4	Esforços actuantes .....	5
3.5	Rigidez .....	6
3.5.1	Nota introdutória .....	6
3.5.2	Comportamento da ligação (em termos de rigidez) .....	6
3.6	Discretização dos tipos de ligações .....	7
3.6.1	Ligação Rígida.....	7
3.6.2	Ligação Flexível .....	7
3.7	Estados limites .....	8
4	Metodologia .....	8
4.1	Método Analise .....	9
4.1.1	Tensões admissíveis .....	9
4.2	Instrumentos de recolha de dados.....	9
4.3	Análise de dados.....	9
4.4	Validade dos dados .....	10
5	Resultados Esperados .....	10
6	Desenvolvimento do trabalho .....	10

6.1	Organização do trabalho.....	10
6.2	Projecto de pesquisa .....	11
6.2.1	Localização .....	11
6.3	Descrição geral da edificação .....	12
6.4	Definição do pórtico .....	12
6.5	Perfis metálicos a usar.....	13
6.6	Avaliação da disponibilidade do material no mercado da cidade de Maputo.....	14
6.7	Movimento de terras .....	14
6.7.1	Terraplanagem .....	14
6.7.2	Desmonte .....	14
6.8	Fundações .....	15
6.8.1	Sapatas .....	15
6.8.2	Chumbadores .....	16
6.9	Materiais estruturais.....	17
6.9.1	Betão Armado.....	17
6.9.2	Varões de aço .....	17
6.10	Elementos complementares .....	17
6.10.1	Alvenarias .....	17
6.10.2	Reboco .....	18
6.10.3	Argamassas e betões.....	18
6.10.4	Portas.....	18
6.10.5	Pintura.....	18
7	Memória de cálculo.....	19
7.1	Ações consideradas.....	19
7.2	Acção permanente .....	19
7.3	Acção variável.....	19
7.3.1	Sobrecarga.....	19
7.3.2	Vento na cobertura .....	20
7.3.3	Vento nas paredes .....	25
7.4	Cargas afectadas pela sua área de influência .....	27
7.4.1	Cobertura.....	27

7.4.2	Paredes.....	28
7.5	Combinação de Acções .....	29
7.5.1	Verificação da Segurança em Relação aos Estados Limites Últimos (ELU) .....	29
7.6	Verificação da Segurança em Relação aos Estados Limites de Utilização (ELS) .....	30
8	Procedimento de cálculo .....	32
8.1.1	Introdução de dados .....	32
8.2	Introdução das cargas.....	35
8.2.1	Carga permanente.....	35
8.2.2	Sobrecarga de utilização .....	35
8.2.3	Carga do vento na cobertura.....	36
8.2.4	Vento nas paredes .....	37
9	Apresentação dos resultados .....	39
9.1	Elementos de Barra.....	39
9.2	Ligações .....	39
9.2.1	Ligação Tipo 1.....	40
9.2.2	Ligação Tipo 2.....	40
9.2.3	Ligação Tipo 3.....	41
9.2.4	Ligação Tipo 3.....	42
9.3	Elementos da fundação .....	43
10	Conclusão .....	44
11	Recomendações.....	45
12	Referências bibliográficas .....	46
13	ANEXOS.....	47
13.1	Anexo 1- Resultados e verificações do cálculo estrutural .....	47
13.2	Anexo 2 - Peças desenhadas .....	47

## Índice de figuras

Figura 1: <i>Ligações perfeitamente rígidas a) e ligações rotuladas.</i> .....	7
Figura 2: <i>Representação do terreno de implantação do edifício (Fonte: Autor)</i> .....	11

Figura 3: <i>Imagem da estrutura 3D do armazém (Fonte: Autor)</i> .....	12
Figura 4: <i>Pórtico em análise. (Fonte: Autor)</i> .....	13
Figura 5: <i>Ilustração dos elementos estruturais. (Fonte: Autor)</i> .....	13
Figura 6: <i>Sapata isolada quadrada. (Fonte: Autor)</i> .....	16
Figura 7: <i>Chumbadores. (Fonte: <a href="http://www.astm.com.br/chumbadores/index.html">http://www.astm.com.br/chumbadores/index.html</a>)</i> .....	17
Figura 8: <i>Valor característico da pressão dinâmica (<math>w_k</math>) em <math>kN/m^2</math>, (Fonte: Tabelas Técnicas de Engenharia, Brazão Farinha 2000)</i> .....	21
Figura 9: <i>Coefficientes de pressão interior (fonte: Tabelas Técnicas de Engenharia Civil, Brazão Farinha 2000)</i> .....	22
Figura 10: <i>Relações geométricas para determinação do coeficiente de pressão interior (Fonte: Tabelas.....</i>	23
Figura 11: <i>Relações geométricas para determinação do coeficiente de pressão externa (Fonte: Tabelas .....</i>	25
Figura 12: <i>Dados da obra (Fonte: Autor)</i> .....	32
Figura 13: <i>Introdução de pilares e asnas (Fonte: Autor)</i> .....	33
Figura 14: <i>Introdução dos elementos da cobertura (Fonte: Autor)</i> .....	34
Figura 15: <i>Introdução da carga permanente na estrutura (Fonte: Autor)</i> .....	35
Figura 16: <i>Introdução da sobrecarga de utilização na estrutura (Fonte: Autor)</i> .....	35
Figura 17: <i>Introdução da carga do vento na cobertura (Fonte: Autor)</i> .....	36
Figura 18: <i>Introdução da carga do vento a zero graus (Fonte: Autor)</i> .....	37
Figura 19: <i>Introdução da carga do vento a noventa graus (Fonte: Autor)</i> .....	37
Figura 20: <i>Ligação Tipo 4 (Fonte: Autor)</i> .....	42
Figura 21: <i>Ilustração das ligações na estrutura (Fonte: Autor)</i> .....	42
Figura 22: <i>Ilustração da fundação do edifício (Fonte: Autor)</i> .....	43

## Índice de tabelas

<i>Tabela 1: Tabela dos materiais disponíveis (Fonte: Autor)</i> .....	14
<i>Tabela 2: Valores de interpolação da pressão dinâmica da zona (Fonte: Autor)</i> .....	21

<i>Tabela 3: Coeficiente de pressão para as coberturas do edifício a projectar. (Fonte: Tabelas Técnicas de Engenharia, Brazão Farinha 2000).....</i>	<i>24</i>
<i>Tabela 4: Coeficiente de pressão externa para as paredes do edifício a projectar. (Fonte: Tabelas Técnicas de Engenharia, Brazão Farinha 2000).....</i>	<i>26</i>
<i>Tabela 5: Valores dos coeficientes de redução das acções variáveis (Fonte:RSA,1989).....</i>	<i>31</i>
<i>Tabela 6: Características geométricas dos materiais obtidos .....</i>	<i>39</i>
<i>Tabela 7: Descrição da ligação Tipo 1 (Fonte: Autor) .....</i>	<i>40</i>
<i>Tabela 8: Descrição dos parafusos usados na ligação Tipo 2 (Fonte: Autor) .....</i>	<i>40</i>
<i>Tabela 9: Descrição dos elementos complementares da ligação Tipo 2 (Fonte: Autor).....</i>	<i>41</i>
<i>Tabela 10: Descrição dos parafusos usados na ligação Tipo 3 (Fonte: Autor) .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabela 11: Descrição dos elementos complementares da ligação Tipo 3 (Fonte: Autor).....</i>	<i>41</i>

## Lista de abreviaturas

UEM: Universidade Eduardo Mondlane;

NP: Norma Portuguesa;

EC: Eurocódigo;

EN: Norma Europeia;

DECI: Departamento de Engenharia Civil;

$g_i$ : Carga permanente;

$S_c$ : Sobrecarga do veículo tipo;

$q_v$ : Carga do vento;

$\lambda$ : Coeficiente de esbelteza;

$E$ : Módulo de elasticidade.

## 1 Introdução

Os armazéns são utilizados para conservação e protecção de objetos ou mesmo produtos podendo ser alimentício, medicinais e outros, de acordo com a necessidade da empresa. Geralmente são usados para aluguer e seu uso é de grande vantagem, já que permitem expansão e flexibilização no processo de uso dos mesmos, a maioria das vezes são localizados nas proximidades de grandes indústrias.

Podem ser construídos de diferentes maneiras, podendo ser feitos de madeira, betão armado, estrutura metálica, estruturas mistas, alvenaria e outros. Neste trabalho será dimensionado de um armazém em estrutura metálica que servirá para fins comerciais. As estruturas metálicas são muito usadas em países desenvolvidos e em desenvolvimento, pois possuem menor custo, menor tempo de execução e viabilizam construções fáceis e rápidas. Apresentam também montagem simples, com possibilidade de execução com vãos maiores para armazenamento de diversos produtos e objectos.



## 2 Objectivos

### 2.1.1 Geral

O principal objectivo da realização deste estágio profissional, foi de aprofundar o conhecimento prático e conciliando com o teórico adquirido ao longo do curso de Engenharia Civil.

### 2.1.2 Específico

O objetivo específico foi:

- + Elaboração de um projecto de dimensionamento de um edifício comercial em estrutura metálica;
- + Especificar os materiais a serem aplicados na construção;
- + Verificar a segurança em relação aos estados limites últimos e de utilização;
- + Análise e optimização de ligações dos elementos estruturais do projecto e;
- + Apresentar os desenhos executivos.

## 3 Revisão da Literatura

### 3.1 Ligações metálicas (flexíveis e rígidas)

#### 3.1.1 Nota introdutória

Elementos estruturais metálicos podem ser:

- a) **Lineares:** são elementos alongados cujas dimensões transversais são pequenas em relação ao comprimento.
- b) **Bidimensionais ou planos:** são elementos de espessura pequena em relação a largura e ao comprimento. As placas são utilizadas isoladamente ou como elementos constituintes de sistemas planos ou espaciais.

#### 3.1.2 Conceito gerais

O termo ligação é aplicado a todos os detalhes construtivos que promovam a união de partes da estrutura entre si ou a sua união com elementos externos a ela, como por exemplo, as fundações.

Uma ligação deve ser dimensionada de forma que a sua resistência de cálculo seja igual ou superior a solicitação de cálculo ou uma percentagem especificada da resistência de cálculo da barra.

As solicitações de cálculo (forças e momentos flectores) são calculadas por meio da análise da ligação sujeita as acções respectivamente multiplicadas pelos coeficientes de ponderação e combinação específicos. Em outras palavras, as ligações deve ter resistência suficiente para suportar as accoes atuantes e satisfazer todos os requisitos básicos apresentados no R.E.A.E.

### **3.1.3 Constituição de uma ligação**

As ligações são compostas por elementos de ligação e dos respectivos meios de ligação.

Os elementos de ligação são todos os componentes incluídos no sistema estrutural para promover e/ou assegurar a transmissão dos esforços. São eles:

- a) Enrijecedores;
- b) Chapas de ligação;
- c) Placas de base;
- d) Cantoneiras;
- e) Consolos;
- f) Talas de emenda, e
- g) Partes das peças ligadas envolvidas localmente na ligação.

No projecto, prevê-se o uso de ligações aparafusadas com elementos (a), (b), (c) e (d).

### **3.1.4 Formas de materializar uma ligação**

Essencialmente, considerou-se dois (3) meios principais de ligação que servem para promover a união entre duas peças, que são:

- a) Parafusos;
- b) Soldadas e;
- c) Chumbadores;

A resistência de cálculo da ligação será determinada com base na resistência dos elementos e meios de ligação que a compõem.

## 3.2 Execução da ligação aparafusada

### 3.2.1 Nota introdutória

Permitir a execução de maneira adequada e em boas condições de segurança da fabricação, do transporte, do manuseio e da montagem da estrutura; - Com exceção de diagonais e montantes de travejamento de barras compostas, barras redondas para tirantes, terças e longarinas, as ligações devem ser dimensionadas para uma força solicitante mínima de 45kN, com direção e sentido da força atuante; - Ligações de barras tracionadas ou comprimidas devem ser dimensionadas no mínimo para 50% da força axial resistente de cálculo da barra;

### 3.2.2 Parafusos de baixo carbono

Também conhecidos como parafusos comuns, seguem as especificações ASTM A307 ou ISO 898-1 Classe 4.6 e são fabricados a partir de fio máquina ou barras de aço com baixo teor de carbono, sendo mais utilizado o ASTM A307 (para resistência mínima à ruptura ver tabela 7). Os parafusos de baixo carbono utilizados em estruturas de aço têm, em geral, cabeça e porca sextavada, com rosca parcial ou ao longo de todo o corpo do parafuso. A instalação é feita sem especificação de torque de montagem (aperto), desconsiderando a resistência ao deslizamento entre as partes conectadas.

As ligações envolvendo parafusos de baixo carbono são assumidas sempre como ligações do tipo contato, ou seja, os parafusos são solicitados ao corte, à tração ou a ambos os esforços simultaneamente. Os esforços de tração são transmitidos diretamente por meio de tração no corpo do parafuso e os esforços de corte são transmitidos por corte do corpo do parafuso e o contato de sua superfície lateral com a face do furo, devido ao deslizamento entre as chapas ligadas.

Os esforços de corte nas ligações com parafusos de alta resistência são transmitidos ou por atrito, devido à pressão entre as partes ligadas, nas chamadas ligações por atrito, ou por contato do corpo do parafuso com as paredes do furo, com corte do corpo do parafuso, nas chamadas ligações por contato. O projeto de ligações por atrito precisa também levar em conta se o deslizamento é um estado-limite de serviço ou um estado-limite último.

Para desenvolver as forças de atrito, as partes aparafusadas da estrutura não podem ser separadas por quaisquer materiais, inclusive pintura, que não sejam aços estruturais, devendo ficar

totalmente em contato quando montadas. Devem ainda, estar isentas de escamas de laminação, rebarbas, sujidades ou qualquer outra matéria estranha que impeça o perfeito contato entre as partes.

As dimensões dos parafusos, porcas e arruelas são especificadas na ASME B18.2.6, considerando parafusos de cabeça hexagonal e porca hexagonal pesada.

O comprimento do parafuso deve ser tal que, após a instalação, sua extremidade coincida ou ultrapasse a face externa da porca, considerando para isto, uma folga no cálculo do comprimento para compensar as tolerâncias de execução do parafuso e da estrutura.

A soldabilidade de um aço indica a facilidade da execução de uma junta por meio do processo de soldagem sem defeitos e livre de fissuras ou falhas. Alguns aços estruturais são melhores para a soldagem do que outros e os procedimentos de soldagem devem levar em conta a composição química do metal base.

### **3.3 Classificação dos esforços na ligação aparafusada**

#### **3.4 Esforços actuantes**

Os parafusos devem resistir a esforços de tração, corte ou ambos, ao passo que as ligações soldadas devem resistir a tensões de tração, compressão, corte e/ou a combinação de tensões tangenciais e normais. Dependendo dos esforços solicitantes e das posições relativas desses esforços e dos grupos de parafusos ou linhas de soldaduras resistentes, as ligações podem ser dos seguintes tipos básicos:

- a) Corte centrado;
- b) Corte excêntrico;
- c) Tração ou compressão;
- d) Tração ou compressão com corte.

Os esforços solicitantes podem ainda ser constantes ao longo da vida útil da ligação (estaticamente aplicados) ou variáveis ao longo dela (dinamicamente aplicados). Neste trabalho serão analisadas apenas as ligações submetidas ao primeiro tipo de esforço.

## 3.5 Rigidez

### 3.5.1 Nota introdutória

Entende-se por rigidez de uma ligação, como a resistência da mesma a deformação. É directamente proporcional ao módulo de elasticidade do material que constitui as peças a ligar e/ou meios de ligação. A rigidez de uma ligação na análise estrutural, ou seja, sua capacidade de impedir a rotação relativa local das peças ligadas, é uma forma de obter-se indicações da importância do seu comportamento na resposta global da estrutura e indica se a consideração dada às ligações (rígida, semi-rígida ou rotulada), em termos de rotações e deslocamentos, condiz com o comportamento real da ligação.

O conhecimento da rigidez das ligações é fundamental para a análise elástica das estruturas. Quando se utilizam métodos plásticos de análise também é fundamental conhecer a resistência e a capacidade de rotação das ligações.

### 3.5.2 Comportamento da ligação (em termos de rigidez)

É fato que o comportamento mecânico das ligações influi sensivelmente na distribuição dos esforços e deslocamentos das estruturas, tornando-se essencial o conhecimento da rigidez e da capacidade de rotação da ligação. A análise de esforços na estrutura metálica deve incluir a influência do comportamento das ligações entre os elementos estruturais. Como nesta fase, em geral, as ligações não estão dimensionadas, a análise pode ser feita baseada no comportamento estimado.

Depois de dimensionadas as ligações, se o seu comportamento não for consistente com aquele estimado, a estrutura deve ser recalculada até a convergência do processo. Nas estruturas reticuladas, o comportamento das ligações pode ser traduzido pela curva momento fletor-rotação ( $M_i - \Phi_i$ ), como simplificada ilustrado na figura 12. Com base nesta curva obtêm-se as três propriedades fundamentais de uma ligação: - a rigidez ( $S_i$ ); - o momento resistente ( $M_i, R_d$ ); - a capacidade de rotação ( $\Phi_d$ ). A rotação de uma ligação  $\Phi_i$  é definida como a variação do ângulo formado pela tangente aos eixos dos elementos conectados, após a deformação, para uma ligação viga-pilar.

Dessa forma as ligações deverão ser projetadas conforme as hipóteses feitas para os nós das barras na análise estrutural: - nos locais onde foram previstas ligações rígidas, deverão ser previstos detalhes que efetivamente impeçam a rotação relativa das partes; - nos locais onde a

ligação deve permitir a rotação relativa das partes, os detalhes deverão ser tais que propiciem essa rotação com o mínimo de restrição. De acordo com o grau de impedimento da rotação relativa de suas partes, as ligações são classificadas nos três tipos a seguir descritos.

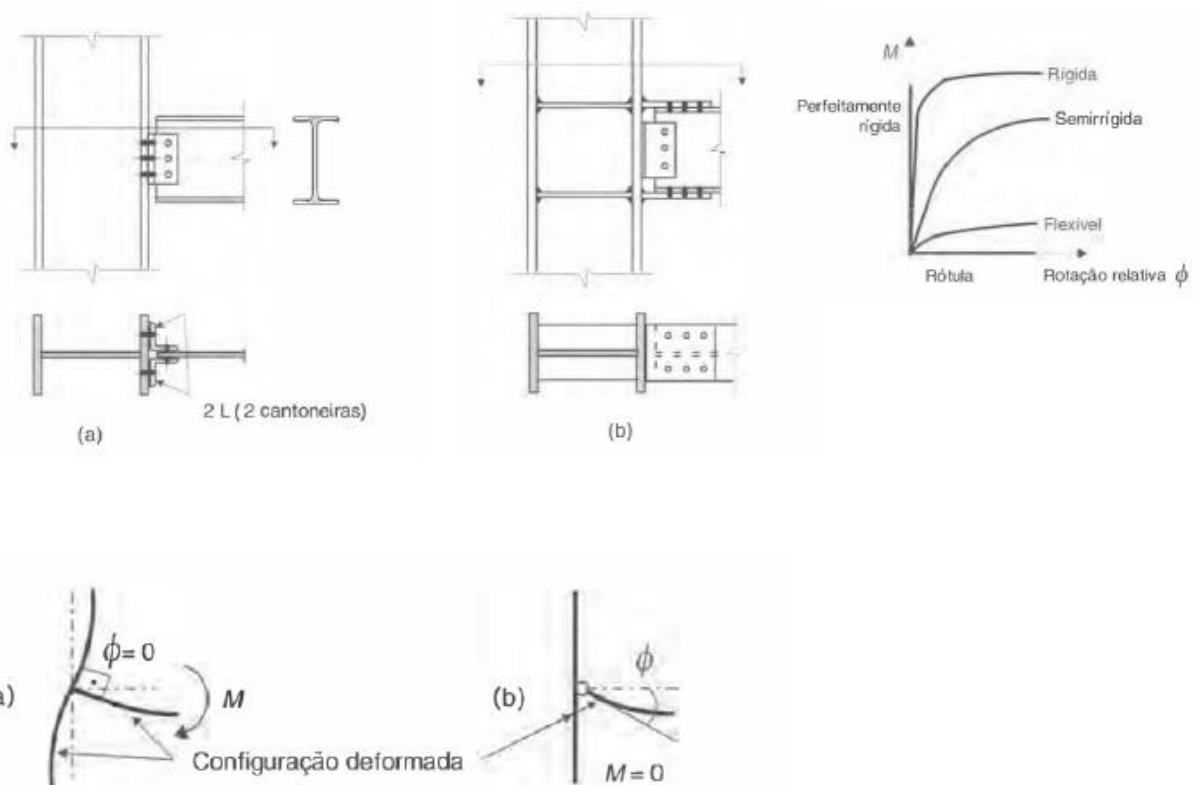
### 3.6 Discretização dos tipos de ligações

#### 3.6.1 Ligação Rígida

A ligação é tal que o ângulo entre os elementos estruturais que se interceptam permanece essencialmente o mesmo após o carregamento da estrutura.

#### 3.6.2 Ligação Flexível

Neste caso a restrição à rotação relativa entre os elementos estruturais deve ser tão pequena quanto se consiga obter na prática. No caso de vigas, sujeitas à flexão simples, por exemplo, a ligação flexível transmite apenas a força cortante.



**Figura 1:** Ligações perfeitamente rígidas a) e ligações rotuladas.

Na prática, os comportamentos de alguns detalhes de ligação podem ser assemelhados a um ou outro caso ideal de ligação. No projecto, a ligação viga-pilar foi ser considerada como rotulada; Ligação com chapas de topo e bases além de cantoneiras, também, podem ser classificadas como rígidas.

Sob a acção de cargas horizontais, desenvolvem-se esforços de flexão em todos os elementos do pórtico, enquanto na estrutura com ligações flexíveis e a subestrutura de contraventamento que está mobilizada.

### 3.7 Estados limites

Ocorre sempre que a estrutura deixa de satisfazer um de seus objectivos:

- a) Estados limites últimos;
- b) Estados limites de utilização.

Os estados limites últimos estão associados a ocorrência de cargas excessivas e consequentemente colapso da estrutura devido a:



- a) Perda de equilíbrio como corpo rígido;
- b) Plastificação total de um elemento estrutural ou de uma secção;
- c) Rotura de uma ligação ou secção;
- d) Encravadura;
- e) Rotura por fadiga.

Os estados limites de utilização estão associados a cargas em serviço:

- a) Deformações excessivas;
- b) Vibrações excessivas.

## 4 Metodologia

A execução deste trabalho teve como metodologia:

-  Levantamento de dados no terreno;
-  Análise dos dados colhidos;

- ✚ Consulta bibliográfica e às normas contratuais;
- ✚ Pesquisas em sites de internet e a alguns regulamentos usados no projecto executivo;
- ✚ Uso de softwares: para a elaboração do projecto, usou-se o software da arquitetura e engenharia da graphicshoft denominado ARCHCAD 26 e para o efeito de dimensionamento usou-se o software cype3D;
- ✚ Elaboração do trabalho final.

## 4.1 Método Analise

### 4.1.1 Tensões admissíveis

A tensão resistente e calculada considerando-se que a estrutura pode atingir uma das condições limites citados anteriormente.

No caso de elemento estrutural submetido a flexão simples sem flambagem lateral, a tensão resistente e tomada, neste método, igual a tensão de escoamento, o que corresponde ao início da plastificação.

O método das tensões admissíveis possui as seguintes limitações:

Utiliza-se um único coeficiente de segurança para expressar todas as suas incertezas;

Em sua origem o método previa a análise estrutural em regime elástico com o limite de resistência associado ao início de plastificação da secção mais solicitada. Não se consideravam reservas de resistência existentes após o início da plastificação, nem a redistribuição de momentos flectores causada pela plastificação de uma ou mais secções da estrutura hiperestática.

## 4.2 Instrumentos de recolha de dados

- ✚ Analise documental das necessidades do cliente;
- ✚ Observação: Visita ao local de construção;

## 4.3 Analise de dados

- Analise qualitativa



Realizou-se por meio da colecta de informação relativa ao uso final do empreendimento, tendo sido assinaladas a diversas situações que concomitam para o estado limite ultimo utilização (ruína das peças).

- Analise quantitativa

Materializou esta análise por meio de um cálculo elucidativo, seguido de um cálculo numérico por um *software* de dimensionamento estrutural.

#### 4.4 Validade dos dados

O actual projecto, foi concebido com base nas orientações regulamentares de acordo com as respectivas posturas urbanas, após a devida consulta técnica. Este projecto, será submetido no Município, portanto, expecta-se que após aprovação do projecto, normas e regulamentação.

Para a elaboração do presente projecto foi considerado o seguinte regulamento:

- + R.G.E.U. – Regulamento Geral de Edificações Urbanas;
- + R.E.B.A.P. – Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pre-esforçadas;
- + R.S.A. – Regulamento de segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes;
- + Eurocódigo 3 (Projecto de estruturas de aço), Regras gerais e regras para edifícios;
- + Eurocódigo 4 (Projecto de estruturas mistas aço e betão), Regras gerais e regras para edifícios.

## 5 Resultados Esperados

Dimensionamento de ligações estáveis e econômicas, em função do uso da estrutura.

## 6 Desenvolvimento do trabalho

### 6.1 Organização do trabalho

O trabalho está organizado em 6 capítulos, nomeadamente:

- + Introdução;
- + Memória de cálculo;
- + Conclusão;
- + Bibliografia;
- + Anexos 1 (verificações dos elementos estruturais);
- + Anexo 2 (desenhos executivos).

## 6.2 Projecto de pesquisa

### 6.2.1 Localização

O estágio para a conclusão, do fim do Curso de Engenharia Civil, decorreu na Cidade de Maputo, nos escritórios da MFC Consultor LDA. O projecto elaborado será materializado em Patrice Lumumba e o terreno no qual será materializado nele está nas seguintes coordenadas geográficas:

✚ Latitude: 25°54'0.30"S

✚ Longitude: 32°30'40.85"E

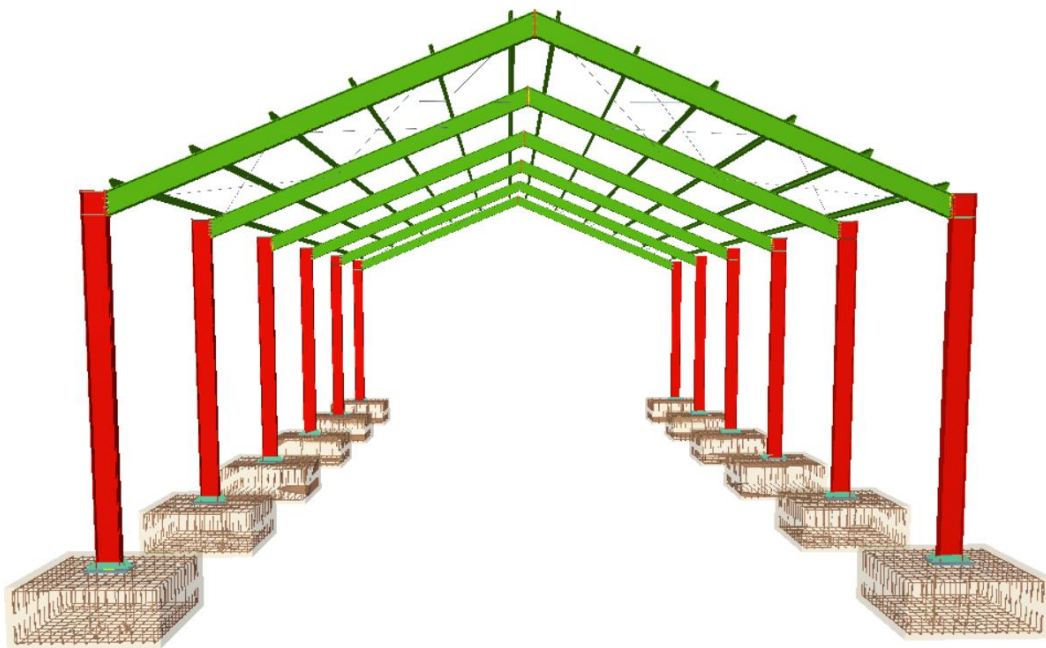


*Figura 2: Representação do terreno de implantação do edifício (Fonte: Autor)*

### 6.3 Descrição geral da edificação

Trata-se de um armazém em estrutura metálica, que terá como funcionalidade o armazenamento de produtos alimentícios.

- ✚ O armazém tem 30.00x12.00m<sup>2</sup>
- ✚ A cobertura será em telha metálica do tipo IBR
- ✚ Os pórticos do armazém terão uma distância de 5.00m.
- ✚ As paredes serão de alvenaria de blocos com 0.20 m de espessura
- ✚ A fundação será materializada em betão armado e na zona de encontro pilar-sapata irá se usar uma placa de fundação.



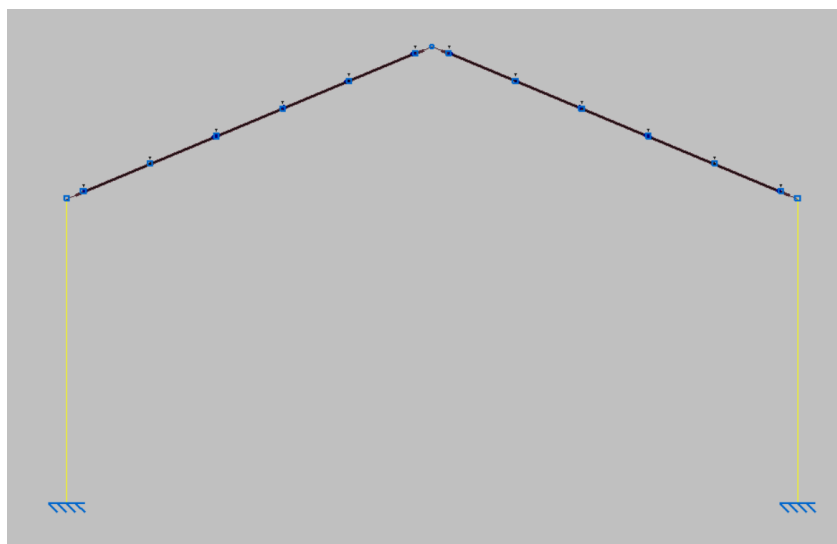
*Figura 3: Imagem da estrutura 3D do armazém (Fonte: Autor)*

### 6.4 Definição do pórtico

Os Pórticos foram considerados simples e rígido de forma a impedir eventuais movimentos.

Os pórticos foram definidos considerando as dimensões da estrutura.

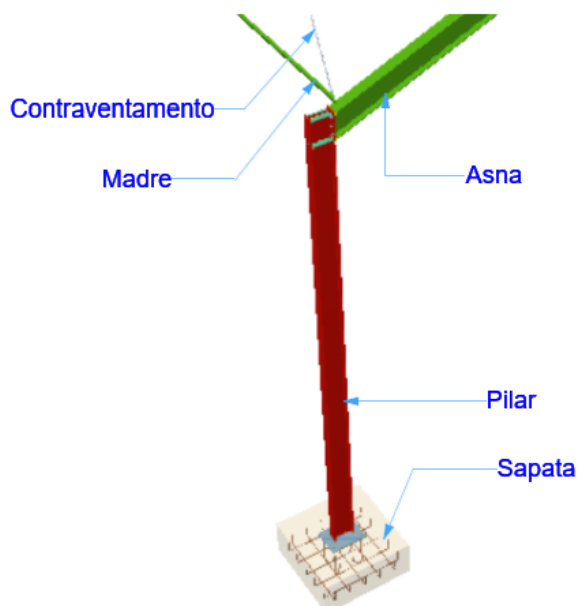
Para o presente projecto temos apenas um pórtico pois a estrutura é simétrica nas duas direções.



**Figura 4:** *Pórtico em análise. (Fonte: Autor)*

### 6.5 Perfis metálicos a usar

- ✚ IPE de Aço laminado será usado como pilar e asna
- ✚ UF de Aço enformado será usado como madre
- ✚ Barra redonda de Aço laminado será usado para o contraventamento



**Figura 5:** *Ilustração dos elementos estruturais. (Fonte: Autor)*

## 6.6 Avaliação da disponibilidade do material no mercado da cidade de Maputo

Por meio investigativo nos principais fornecedores de elementos metálicos, visto que o projecto será materializado na Cidade de Maputo, é de extrema importância fazer esse estudo para evitar custos desnecessários relacionados com transporte numa situação de não haver disponibilidade.

Contactando a intermetal teve-se os seguintes perfis disponíveis:

IPE de Aço laminado	80, 100, 120, 140, 160, 180, 220, 240, 270, 300, 330, e 360
UF de Aço enformado	60x4, 80x4, 80,5, 100x4, 120x6
Barra redonda de Aço laminado	1/4’’ , 1/2’’

*Tabela 1: Tabela dos materiais disponíveis (Fonte: Autor)*

## 6.7 Movimento de terras

Visto que trata-se de um terreno irregular, será necessário modificar a configuração do terreno, de forma a ajustá-lo às necessidades desta construção que se vai realizar.

Para conseguir o nível de terreno a partir do qual queremos edificar, será necessário recorrer ao desmonte do terreno conjuntamente com terraplanagem.

### 6.7.1 Terraplanagem

Terraplanagem geral para implantação do edifício.

### 6.7.2 Desmonte

Segundo a natureza do terreno e o seu grau de compacidade, o nivelamento será efectuado com o auxílio de meios mecânicos.

As terras provenientes da acção de desmonte serão utilizadas para efectuar os aterros necessários, a parte não utilizada destas terras deverão ser levadas para ajustar o nível da via de acesso que fica na parte posterior do estabelecimento comercial.

## 6.8 Fundações

Após realizar todo o dimensionamento de toda estrutura do armazém, é necessário analisar como esses esforços serão transmitidos ao solo. Tendo em vista que a resistência do mesmo é pequena em relação ao pilar, a transmissão deve ser feita de modo que se garanta estabilidade, evitando assim sua ruptura. O elemento responsável por essa distribuição é a fundação. Além dos dados estruturais, deve-se levar em conta as características topográficas do local para escolher o tipo a ser utilizado. Após uma análise detalhada do terreno, sem esquecer do fator de segurança, é possível realizar uma escolha economicamente viável para o caso. Nesse sentido, existem duas categorias de fundação: a rasa e a profunda. Na primeira, as pressões distribuídas sobre sua base é que transmitem as cargas e a profundidade de escavação é inferior a 3 m. Já a segunda é colocada em camadas mais profundas do solo e é característica de grandes obras que envolvem maior transmissão de carga e também em solos que não tem uma boa capacidade de carga.

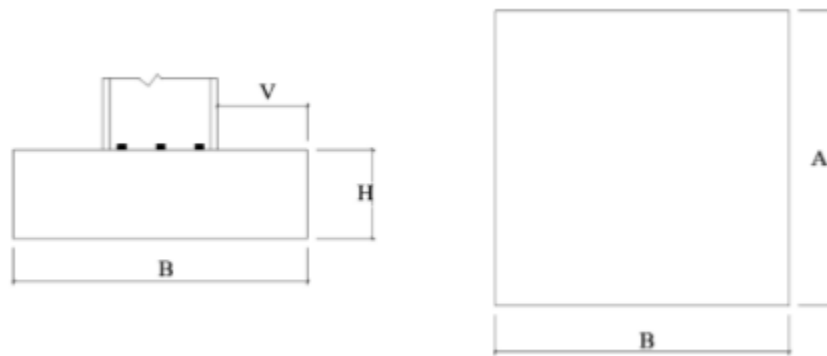
No projeto deste trabalho é utilizada a fundação rasa. Assim sendo, um dos elementos fundamentais que deve ser mencionado é a sapata. É através dela que é feita a transferência de carga do pilar para o solo. Sua base pode ser de formato retangular, trapezoidal ou quadrado. Seu uso é bastante vantajoso visto que seu custo é baixo, é de fácil execução e não demanda ferramentas especiais para sua instalação

### 6.8.1 Sapatas

A sapata isolada é o tipo mais comum e simples que é utilizado nas edificações. Ela transmite ao solo as ações de apenas um pilar ou coluna. Ela pode ter várias formas, como retangular, triangular, quadrada, etc. A forma mais usual é a retangular.

Como existe inúmeras configurações e formas dos elementos estruturais que se apoiam nessas estruturas, encontra-se vários tipos de sapatas, como a isolada, corrida, associada, com viga de equilíbrio, de divisa, entre outras.

As sapatas usadas no presente projecto são superficiais, isoladas, quadradas e rígidas, de betão armado dimensionado para suportar as cargas dos pilares.



**Figura 6:** Sapata isolada quadrada. (Fonte: Autor)

### 6.8.2 Chumbadores

Os chumbadores são elementos de fixação muito utilizados na construção civil. Eles se dividem basicamente em dois tipos: mecânicos e químicos. O chumbador mecânico é uma espécie de parafuso com porca acoplado a uma camada externa que ao ser aplicado um torque no parafuso, essa camada externa se expande, aumentando o diâmetro do chumbador e fixando-o no furo onde vai ser colocado. Eles são bastante usados na construção civil e possuem inúmeros modelos

disponíveis no mercado. Já os chumbadores químicos consistem em uma cápsula preenchida com produtos químicos que são inseridas ao furo no concreto e quando é incluída a barra roscada, a cápsula é quebrada e esses produtos se endurecem, fixando-se a barra permanentemente.

Podem ocorrer algumas falhas nos chumbadores, como falha na expansão, caracterizada quando o esforço de tração aplicado no chumbador é maior que a força de expansão do chumbador e do material-base; falha no chumbador, que ocorre quando a carga aplicada é maior que a resistência do chumbador; e falha no material base, que ocorre quando a carga aplicada é maior que a resistência do betão.



**Figura 7:** Chumbadores. (Fonte: <http://www.astm.com.br/chumbadores/index.html>)

## **6.9 Materiais estruturais**

### **6.9.1 Betão Armado**

Preconizou-se a utilização de betão B25 (C20/25),  $f_{ck} = 0.200\text{MPa}$ ,  $\gamma_c = 1.50$  para todos os elementos da fundação.

### **6.9.2 Varões de aço**

Para todos os elementos de betão armado preconizou-se a utilização de varões de aço A400;  $f_{yk} = 400\text{MPa}$ ;  $\gamma_s = 1.15$ .

## **6.10 Elementos complementares**

### **6.10.1 Alvenarias**

As alvenarias serão executadas em blocos de argamassa de cimento vazados nas seguintes espessuras, conforme a indicação dos desenhos:

- i) 20cm – Paredes exteriores (estruturais)



### **6.10.2 Reboco**

O reboco deve ficar com espessura de 2,5cm, devendo proporcionar um bom acabamento, o qual será julgado pela pela equipe fiscalização.

### **6.10.3 Argamassas e betões**

As argamassas a aplicar serão de cimento e areia e terão as seguintes dosagens:

- i) Betonilha de regularização dos pavimentos: 1:3
- ii) Argamassas de assentamento de alvenarias: 1:5
- iii) Rebocos em paredes interiores: 1:5
- iv) Rebocos em paredes exteriores: 1:4

As características dos betões a aplicar foram definidas de acordo com o grau de solicitação dos elementos estruturais.

### **6.10.4 Portas**

As portas serão também em estrutura metálica, com geometria especificada no projecto de arquitectura. Serão materializadas em chapas de aço laminado e cantoneiras.

### **6.10.5 Pintura**

O edifício será pintado a cor cinza e todas as superfícies metálicas deverão ser protegidas por uma tinta de óleo ou mesmo verniz, que deixa mais viva a cor metálica isso para aumentar a sua resistência a corrosão.

## 7 Memória de cálculo

Para o efeito de cálculo usou-se o procedimento manual com ajuda do software cype3D 2016.

### 7.1 Ações consideradas

As principais cargas analisadas em armazéns são as cargas devidas ao peso próprio, à sobrecarga e ao vento. As cargas devem ser analisadas quanto à atuação das combinações possíveis de ocorrência e verificadas em relação ao estado limite último e os estados limites de serviço da estrutura.

### 7.2 Acção permanente

É composta pelo peso próprio da estrutura bem como de todos os elementos construtivos fixos e instalações permanentes.

A carga considerada como peso próprio da cobertura inclui o peso próprio das telhas (IBR) e outros acessórios da cobertura.

$$g_i = \frac{0.40KN}{m^2} \times l_{inf}$$

### 7.3 Acção variável

#### 7.3.1 Sobrecarga

Segundo artigo 34.a) do RSA, sendo a cobertura do tipo ordinária deverá se usar uma sobrecarga mínima de 0.30KN/m<sup>2</sup> em projeção horizontal. Admitiu-se que o carregamento permanente já engloba as cargas decorrentes de instalações elétricas, de isolamento térmico e acústico e de pequenas peças eventualmente fixadas na cobertura, o que nos permite utilizar a sobrecarga mínima.

$$S_c = \frac{0.30KN}{m^2} \times l_{inf}$$

### 7.3.2 Vento na cobertura

A acção do vento resulta da interacção entre o ar em movimento e as construções, exercendo-se sob a forma de pressões aplicadas nas suas superfícies. O vento pode em geral ser considerado como actuando na horizontal, devendo admitir-se que pode ter qualquer rumo. A sua quantificação foi feita segundo o RSAEEP, seguindo-se os seguintes passos:

#### **Zoneamento do território (Artigo 20º)**

Para a quantificação da acção do vento, considera-se o país (Portugal) dividido em duas zonas:

- Zona A – a generalidade do território, excepto as regiões pertencentes à zona B
- Zona B – os arquipélagos dos Açores e de Madeira e as regiões do continente situadas numa faixa costeira com 5 Km de largura ou a altitudes superiores a 600 m.

Visto que o país (Moçambique) não tem o seu próprio regulamento (usa o regulamento português), fez-se uma comparação da região onde será implantado o edifício a projectar com as regiões de Portugal, por forma a delimitar o território. O edifício será construído na Cidade de Matola, em que encontra-se a uma distância considerável da costa, portanto trata-se da **Zona A**.

#### **Rugosidade aerodinâmica do solo (Artigo 21º)**

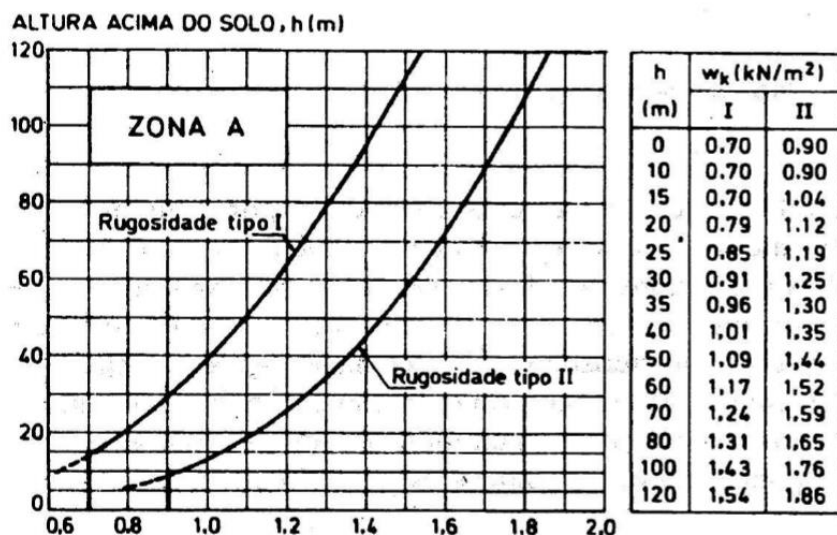
Para ter em conta a variação da acção do vento com a altura acima do solo consideram-se dois tipos de rugosidade aerodinâmica do solo:

- Rugosidade do tipo I – rugosidade a atribuir aos locais situados no interior de zonas urbanas em que predominem edifícios de médio e grande porte;
- Rugosidade do tipo II – rugosidade a atribuir aos restantes locais, nomeadamente, zonas rurais e periferia de zonas urbanas.

Matola é uma cidade situada na província de Maputo. Grande número de edifícios existentes não se pode classificar como de médio e nem sequer como de grande porte. Com estas características, a rugosidade aerodinâmica do solo é do **tipo II**.

## 🚧 Pressão dinâmica do vento (Artigo 21º)

Os valores característicos da pressão dinâmica do vento ( $w_k$ ), são indicados na figura abaixo para a zona A, em função da altura ( $h$ ), acima do solo e do tipo de rugosidade deste. Para a zona B, os valores característicos da pressão dinâmica a considerar devem ser obtidos multiplicando por 1.2 os valores indicados para a zona A.



**Figura 8:** Valor característico da pressão dinâmica ( $w_k$ ) em kN/m<sup>2</sup>, (Fonte: Tabelas Técnicas de Engenharia, Brazão Farinha 2000)

Altura do solo acima do edifício, h (m)	Pressão dinâmica do vento, $w_k$ (KN/m <sup>2</sup> )
0.00	0.90
7.50	$(w_k^A) = ?$
10.00	0.90

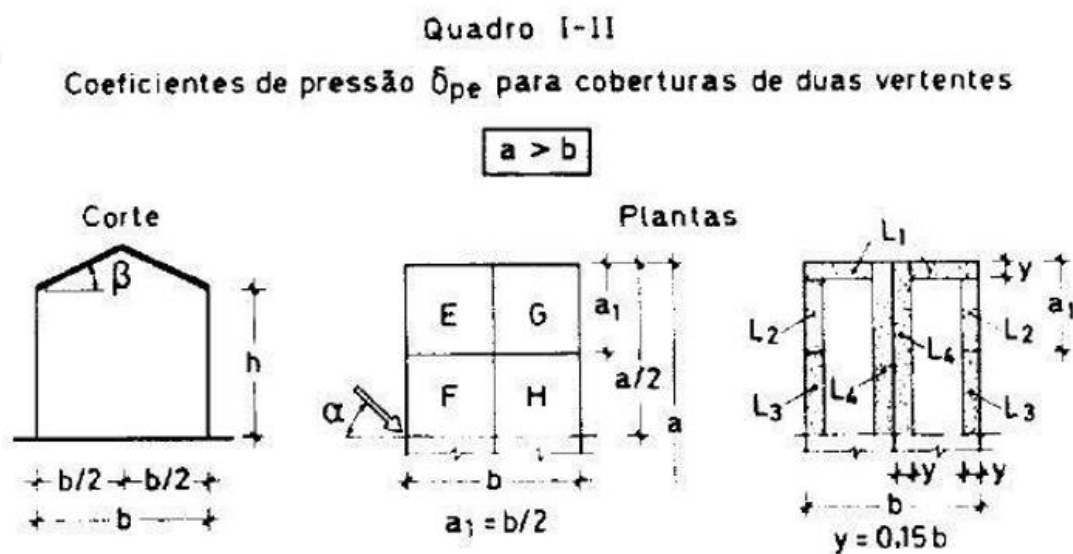
**Tabela 2:** Valores de interpolação da pressão dinâmica da zona (Fonte: Autor)

Como a altura do edifício acima do solo é de 7.50m, fazendo interpolação para a rugosidade tipo II, tem-se uma pressão dinâmica do vento ( $w_k^A$ ) de **0.90 KN/m<sup>2</sup>** para a zona A.

## 🚧 Coeficientes de forma

No caso dos edifícios, as pressões devidas ao vento, que se exercem nos elementos da sua envolvente, são em geral resultantes de pressões exteriores e de pressões interiores.

As pressões exteriores são definidas através de coeficientes de pressão exterior, ( $\delta pe$ ), que dependem fundamentalmente da forma da construção e da direcção e sentido do vento. As pressões interiores, resultantes da existência de aberturas na envolvente do edifício, são obtidas por meio de coeficientes de pressão interior ( $\delta pi$ ), que dependem dos parâmetros atrás referidos, e da importância e distribuição das aberturas pelo contorno da construção. Estes coeficientes são afectados de sinal positivo ou negativo consoante correspondem a pressões ou sucções exercidas nas faces do elemento a que se referem. Os coeficientes de pressão exterior ( $\delta pe$ ) dependem das relações geométricas da cobertura, como mostra a tabela abaixo:



**Figura 9:** Coeficientes de pressão interior (fonte: Tabelas Técnicas de Engenharia Civil, Brazão Farinha 2000)

Relações geométricas do edifício $h/b$	Inclinação da vertente $\beta$ (graus)	Acções globais				Acções locais			
		Direcção do vento							
		$\alpha = 0^\circ$		$\alpha = 90^\circ$		$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$
		E, F	G, H	E, G	F, H				
$\frac{h}{b} \leq \frac{1}{2}$	0	-0.8	-0.4	-0.8	-0.4	-2.0	-2.0	-2.0	
	5	-0.9	-0.4	-0.8	-0.4	-1.4	-1.2	-1.2	-1.0
	10	-1.2	-0.4	-0.8	-0.6	-1.4	-1.4		-1.2
	20	-0.4	-0.4	-0.7	-0.6	-1.0			-1.2
	30	0	-0.4	-0.7	-0.6	-0.8			-1.1
	45	+0.3	-0.5	-0.7	-0.6				-1.1
$\frac{1}{2} < \frac{h}{b} \leq \frac{3}{2}$	0	-0.8	-0.6	-1.0	-0.6	-2.0	-2.0	-2.0	
	5	-0.9	-0.6	-0.9	-0.6	-2.0	-2.0	-1.5	-1.0
	10	-1.1	-0.6	-0.8	-0.6	-2.0	-2.0	-1.5	-1.2
	20	-0.7	-0.5	-0.8	-0.6	-1.5	-1.5	-1.5	-1.0
	30	-0.2	-0.5	-0.8	-0.8	-1.0			-1.0
	45	+0.2	-0.5	-0.8	-0.8				
$\frac{3}{2} < \frac{h}{b} \leq 6$	0	-0.7	-0.6	-0.9	-0.7	-2.0	-2.0	-2.0	
	5	-0.7	-0.6	-0.8	-0.8	-2.0	-2.0	-1.5	-1.0
	10	-0.7	-0.6	-0.8	-0.8	-2.0	-2.0	-1.5	-1.2
	20	-0.8	-0.6	-0.8	-0.8	-1.5	-1.5	-1.5	-1.2
	30	-1.0	-0.5	-0.8	-0.7	-1.5			
	40	-0.2	-0.5	-0.8	-0.7	-1.0			
50	+0.2	-0.5	-0.8	-0.7					

NOTA:

— Não há que considerar valores particulares para as acções locais nos casos em que no quadro não são indicados os respectivos coeficientes

**Figura 10:** Relações geométricas para determinação do coeficiente de pressão interior (Fonte: Tabelas Técnicas de Engenharia, Brazão Farinha 2000)

Determinando as relações geométricas do edifício tem-se:

$$H = 5.00\text{m}$$

$$B = 12.00\text{m}$$

$$\beta = \arctan\left(\frac{2.50}{6.00}\right) = 22.62^\circ$$

$$\frac{H}{b} = \frac{5.00}{12.00} = 0.42 < \frac{1}{2}$$

Com base nestes valores acima determinados com as condições da tabela acima, por meio de interpolação para o  $\beta = 0^\circ$ , têm-se os seguintes valores dos coeficientes de pressão exterior ( $\delta pe$ ):

Direcção do vento ( $\alpha$ )	$\alpha = 0^\circ$		$\alpha = 90^\circ$	
Zona afectada	E,F	G,H	E,G	F,H
$\delta pe$	-0.10	-0.40	-0.70	-0.60

**Tabela 3:** Coeficiente de pressão para as coberturas do edifício a projectar. (Fonte: Tabelas Técnicas de Engenharia, Brazão Farinha 2000)

### Observação:

Com base nos resultados obtidos de coeficientes de pressão para as duas direcções de actuação do vento, pode se verificar que a cobertura irá sofrer sucção e o coeficiente de pressão externa que irá originar acção do vento mais desfavorável é  $\delta pe = - 0.70$ .

### ✚ Pressão do vento por unidade de superfície

A determinação da pressão do vento por unidade de superfície, tendo-se em consideração os coeficientes de pressão exterior, determina-se usando a seguinte fórmula:

$$P = \delta pe \times wk A$$

Onde:

$P$  – é a pressão do vento por unidade de superfície, tendo-se em consideração os coeficientes de pressão exterior;

$\delta pe$  – é o coeficiente de pressão exterior;

$wkA$  – é a pressão dinâmica do vento para a zona B.

$$P = -0.70 \times 0.90 = -0.63KN/m^2$$

$$q_{Vento} = -0.63 \times l_{inf}$$

### 7.3.3 Vento nas paredes

- Coeficiente de pressão interna ( $\delta p_e$ )

Para poder achar o coeficiente de pressão interna ( $\delta p_e$ ) da parede deveria se usar os mesmos conceitos que a pressão interna mas desta vez usando quadro 1. 1 do anexo 2 do RSA.

Quadro 1-1  
Coeficientes de pressão  $\delta p_e$  para paredes

Relações geométricas do edifício (*)		Planta	Direcção do vento $\alpha$ (graus)	Accões globais sobre as superfícies				Accões locais na faixa referenciada na figura
$\frac{h}{b}$	$\frac{a}{b}$			A	B	C	D	
$\frac{h}{b} \leq \frac{1}{2}$	$1 < \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$		0	+0,7	-0,2	-0,5	-0,5	-0,8
			90	-0,5	-0,5	+0,7	-0,2	
	$\frac{3}{2} < \frac{a}{b} < 4$		0	+0,7	-0,25	-0,6	-0,6	-1,0
			90	-0,5	-0,5	+0,7	-0,1	
$\frac{1}{2} < \frac{h}{b} \leq \frac{3}{2}$	$1 < \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$		0	+0,7	-0,25	-0,6	-0,6	-1,1
			90	-0,6	-0,6	+0,7	-0,25	
	$\frac{3}{2} < \frac{a}{b} < 4$		0	+0,7	-0,3	-0,7	-0,7	-1,1
			90	-0,5	-0,5	+0,7	-0,1	
$\frac{3}{2} < \frac{h}{b} \leq 6$	$1 < \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$		0	+0,8	-0,25	-0,8	-0,8	-1,2
			90	-0,8	-0,8	+0,8	-0,25	
	$\frac{3}{2} < \frac{a}{b} < 4$		0	+0,7	-0,4	-0,7	-0,7	-1,2
			90	-0,5	-0,5	+0,8	-0,1	

(\*)  $h$  representa a altura do edifício;  $a$  e  $b$  representam, respectivamente, a maior e a menor dimensão em planta

Figura 11: Relações geométricas para determinação do coeficiente de pressão externa (Fonte: Tabelas Técnicas de Engenharia, Brazão Farinha 2000)



Determinando as relações geométricas do edifício tem-se:

$$H = 5.00\text{m}$$

$$B = 12.00\text{m}$$

$$a = 25.00\text{m}$$

$$\frac{H}{b} = \frac{5.00}{12.00} = 0.42 < \frac{1}{2}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{25.00}{12.00} = 2.08 < \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{2} < 2.08 < 4$$

Para a situação de dimensionamento os coeficientes de pressão externa obtidos são:

Direcção do vento ( $\alpha$ )	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 90^\circ$
Paredes laterais	-0.60	-0.50
Parede frontal e posterior	+0.70	+0.70

**Tabela 4:** Coeficiente de pressão externa para as paredes do edifício a projectar. (Fonte: Tabelas Técnicas de Engenharia, Brazão Farinha 2000)

- Coeficiente de pressão interna ( $\delta p_i$ )

Para o edifício em estudo, as paredes das laterais foram analisadas como impermeáveis visto que as mesmas não terão aberturas, as paredes frontal e posterior serão consideradas permeáveis pois prevê-se portas e pequenas janelas para a respiração do edifício e a iluminação artificial.

Segundo o RSA, concretamente no anexo 2, o mesmo prevê coeficiente de pressão interna dependendo da situação da permeabilidade das fachadas.

Vento normal as fachadas permeáveis  $\delta p_i = +0.20$

Vento normal as fachadas impermeáveis  $\delta p_i = -0.30$

Para a situação de dimensionamento os coeficientes de pressão são obtidos pela soma dos coeficientes de pressão interna e a externa, com base nessa relação foram obtidos os seguintes valores:

Direcção do vento ( $\alpha$ )	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 90^\circ$
Paredes laterais	-0.20	+1.00
Parede frontal e posterior	+0.50, -0.30	-0.80

**Tabela 5:** Coeficiente de pressão para as paredes do edifício a projectar. (Fonte: Tabelas Técnicas de Engenharia, Brazão Farinha 2000)

Para ter a situação final da carga do vento em unidade da superfície, devese fazer o produto entre o coeficiente de pressão e a própria pressão dinâmica do vento ( $w_k^A = 0.90 \text{ KN/m}^2$ ):

Direcção do vento ( $\alpha$ )	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 90^\circ$
Paredes laterais	-0.18	+0.90
Parede frontal e posterior	+0.45, -0.27	-0.72

**Tabela 6:** Coeficiente de pressão para as paredes do edifício a projectar. (Fonte: Tabelas Técnicas de Engenharia, Brazão Farinha 2000)

## 7.4 Cargas afectadas pela sua área de influência

### 7.4.1 Cobertura

- Carga permanente:

$$g_i = \frac{0.40 \text{ KN}}{\text{m}^2} \times l_{inf} = 0.40 \times 1.18 = \frac{0.47 \text{ KN}}{\text{m}}$$

Para as madres das laterais:

$$g_i = \frac{0.40 \text{ KN}}{2 \text{ m}^2} = 0.20 \times 1.18 = \frac{0.24 \text{ KN}}{\text{m}}$$

- Carga variável:

$$S_c = \frac{0.30 \text{ KN}}{\text{m}^2} \times l_{inf} = 0.30 \times 1.18 = \frac{0.35 \text{ KN}}{\text{m}}$$

Para as madres das laterais:

$$S_c = \frac{0.30KN}{2m^2} \times l_{inf} = 0.15 \times 1.18 = \frac{0.18KN}{m}$$

#### 7.4.2 Paredes

- Serão afectadas por um comprimento de 5.00 m as cargas que irão actuar no centro das paredes laterais e 2.50 m para as paredes dos extremos.
- Serão afectadas por um comprimento de 6.00 m as cargas das paredes lateral e posterior.

Direcção do vento ( $\alpha$ )	$\alpha = 0^\circ$		$\alpha = 90^\circ$	
Paredes laterais[KN/m]	-0.90	-0.45	+4.50	+2.25
Parede frontal e posterior[KN/m]	+2.70, -1.62	-	-4.32	-

*Tabela 7: Cargas por unidade de comprimento (Fonte: Autor)*

## 7.5 Combinação de Acções

### 7.5.1 Verificação da Segurança em Relação aos Estados Limites Últimos (ELU)

A verificação da segurança em relação aos estados limites últimos que não envolvam perda de equilíbrio ou fadiga, quando feita em termos de esforços, consiste em respeitar a condição:

$$S_d = R_d$$

- $S_d$  – valor de cálculo do esforço atuante;
- $R_d$  – valor de cálculo do esforço resistente.

Os valores de cálculo dos esforços atuantes para a verificação da segurança, no caso de se poder considerar linear a relação entre as acções e os esforços, devem ser obtidas considerando as regras de combinação seguintes:

#### Combinações fundamentais

$$S_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gt} S_{Gik} + \gamma_q \left[ S_{Q1k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} S_{Qjk} \right]$$

No caso de a acção variável de base ser a acção sísmica

$$S_d = \sum_{i=1}^m S_{Gik} + \gamma_q S_{Ek} + \sum_{j=1}^n \psi_{2j} S_{Qjk}$$

#### Combinações Acidentais

$$S_d = \sum_{i=1}^m S_{Gik} + S_{Fa} + \sum_{j=1}^n \psi_{2j} S_{Qjk}$$

Em que:

Esforço resultante de uma ação permanente;

- $S_{Qjk}$  – esforço resultante de uma ação variável distinta da ação base;
- $S_{Q1k}$  – esforço resultante da ação variável considerada como ação de base da combinação ( $S_{Ek}$  no caso da ação sísmica);
- $S_{Fa}$  – esforço resultante de uma ação accidental;
- $\gamma_{gi}$  - coeficiente de segurança relativo às ações permanentes;
- $\gamma_q$  - coeficiente de segurança relativo às ações variáveis;
- $\psi_{0j}, \psi_{2j}$  – coeficientes  $\psi$  correspondentes à ação variável de ordem  $j$ .

Nas combinações fundamentais, salvo indicação expressa pelos regulamentos relativos aos diferentes tipos de estruturas e de materiais, devem ser tomados os valores a seguir indicados:

- $\gamma_g = 1,5$  - no caso de a ação permanente em causa ter efeitos desfavorável;
- $\gamma_g = 1,0$  - em caso contrário;
- $\gamma_g = 1,5$  - para todas as ações variáveis.

## 7.6 Verificação da Segurança em Relação aos Estados Limites de Utilização (ELS)

A verificação da segurança em relação aos estados limites de utilização deve ser efectuada, em geral, em termos dos parâmetros que definem esses estados limites e adoptando valores unitários para os coeficientes de segurança. O pré-dimensionamento é feito tendo em conta o estipulado nos artigos 72º e 73º do REBAP, relativo a deformação.

- **Combinações Raras (Estados limites de muito curta duração):**

$$S_d = \sum_{i=1}^m S_{Gik} + S_{Q1k} + \sum_{j=2}^n \psi_{1j} S_{Qjk}$$

- **Combinações Frequentes (Estados limites de curta duração):**

$$S_d = \sum_{i=1}^m S_{Gik} + \psi_{11} S_{Q1k} + \sum_{j=1}^n \psi_{2j} S_{Qjk}$$

- **Combinações Quase-Permanentes (Estados limites de longa duração):**

$$S_d = \sum_{i=1}^m S_{Gik} + \sum_{j=1}^n \psi_{2j} S_{Qjk}$$

Em que:

- $S_{Gik}$  – esforço resultante de uma ação permanente;
- $S_{Qjk}$  – esforço resultante de uma ação variável distinta da ação base;
- $S_{Q1k}$  – esforço resultante da ação variável considerada como ação de base da combinação ( $S_{Ek}$  no caso da ação sísmica);
- $\psi_{0j}, \psi_{2j}$  – coeficientes  $\psi$  correspondentes à acção variável de ordem  $j$ .

Acção	Coeficiente $\psi$		
	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Temperatura	0.60	0.50	0.00
Vento	0.60	0.20	0.00
Sobrecarga	0.70	0.60	0.40

**Tabela 5:** Valores dos coeficientes de redução das acções variáveis (Fonte: RSA, 1989)

## 8 Procedimento de cálculo

### 8.1.1 Introdução de dados

O procedimento apresentado é do software de dimensionamento de estruturas metálica (cype3D) versão de 2016, o mesmo baseia-se pelo método de elementos finitos para o processo de dimensionamento.

A imagem abaixo ilustra as normas, tipos de matérias e as características do solo a ser executada a fundação.

Dados obra

Normas: REBAP, Eurocódigos 3 e 4, Eurocódigo 5 e Eurocódigo 9

**Perfis**

Aço laminado: Fe360

Aço enformado: Fe 360

Madeira: Serrada, procedente de coníferas ou ...

Alumínio: EN AW-5083 - F

Betão: B25 (C20/25)

**Betão armado**

Betão para elementos de fundação: B25 (C20/25)

Aço de varões: A400

Características do agregado: 30 mm

Recobrimentos: Desperdícios de aço

**Acções**

Com sismo dinâmico

Resistência ao fogo

Estados limite (combinações)

Acções adicionais

Fundação

**Opções**

Fundação

Ligações

**Terreno de fundação**

Verificar deslizamento de sapatas

Aderência (a'): 0.000 MPa

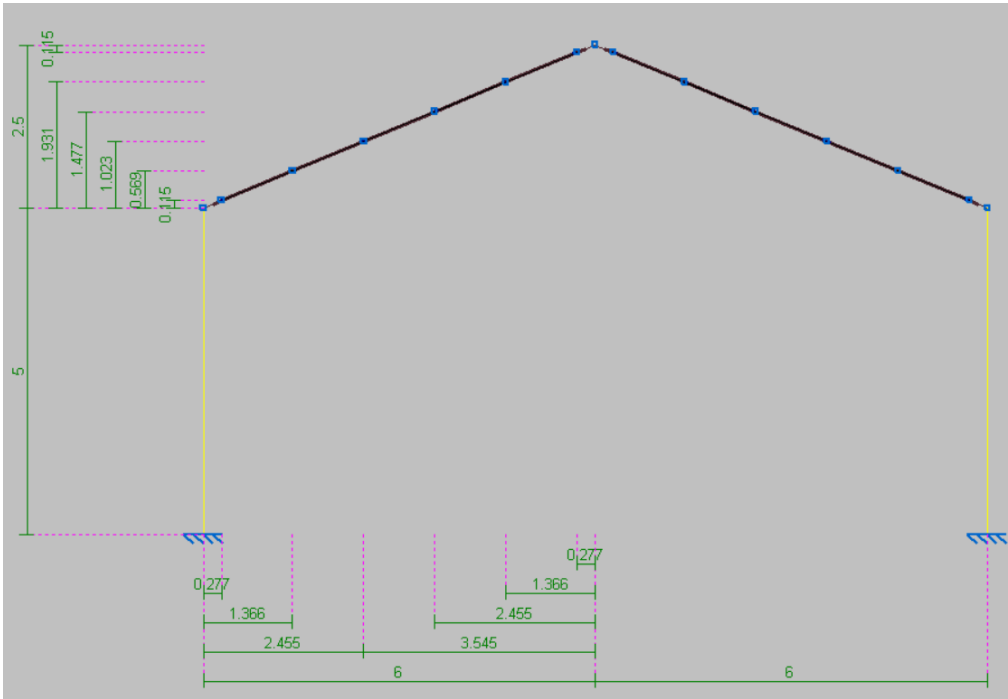
Ângulo de atrito terreno-sapata (d'): 25.00 graus

Combinações fundamentais: 0.200 MPa

Combinações sísmicas e acidentais: 0.300 MPa

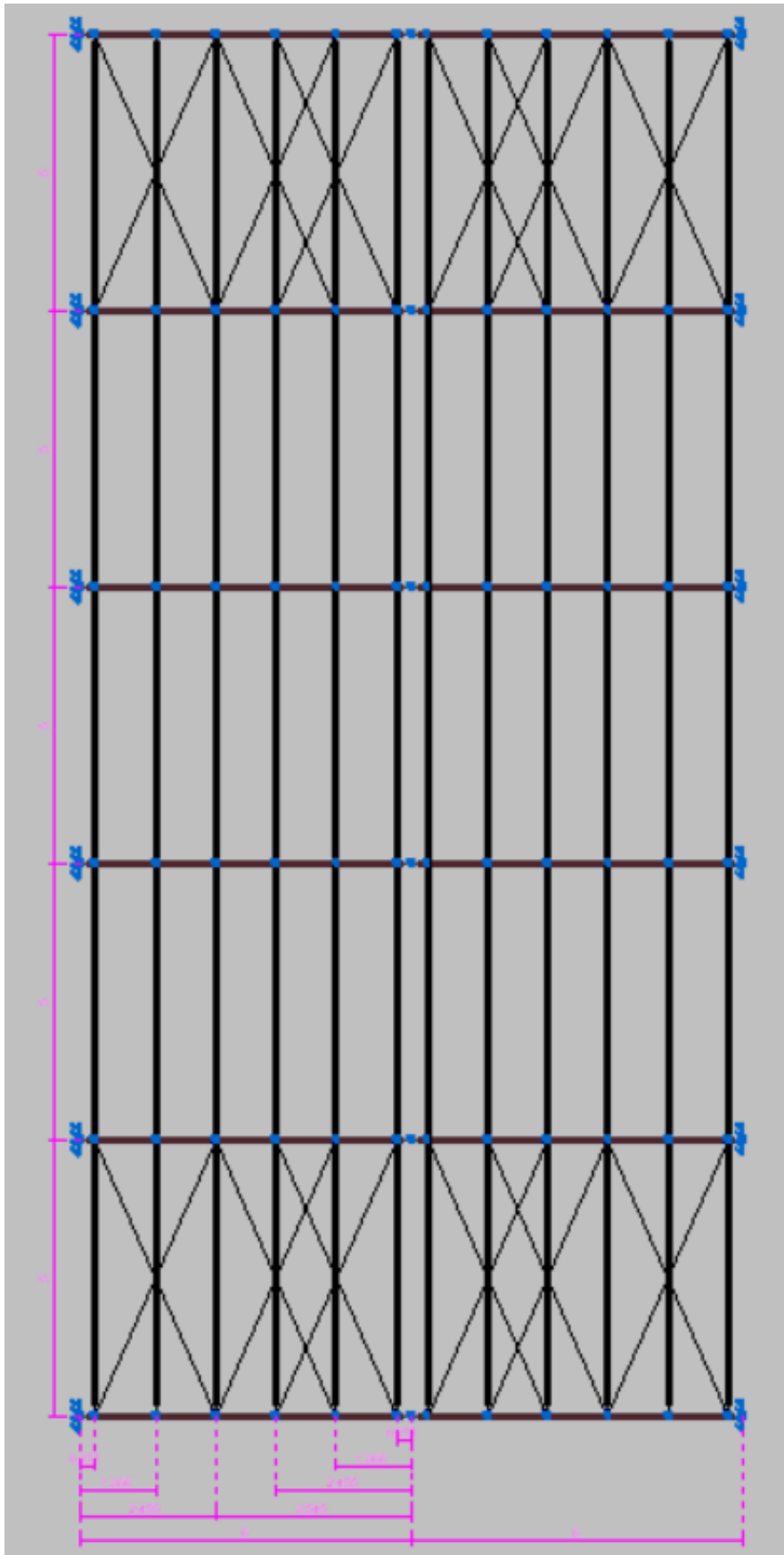
Aceitar

Figura 12: Dados da obra (Fonte: Autor)



**Figura 13:** Introdução de pilares e asnas (Fonte: Autor)

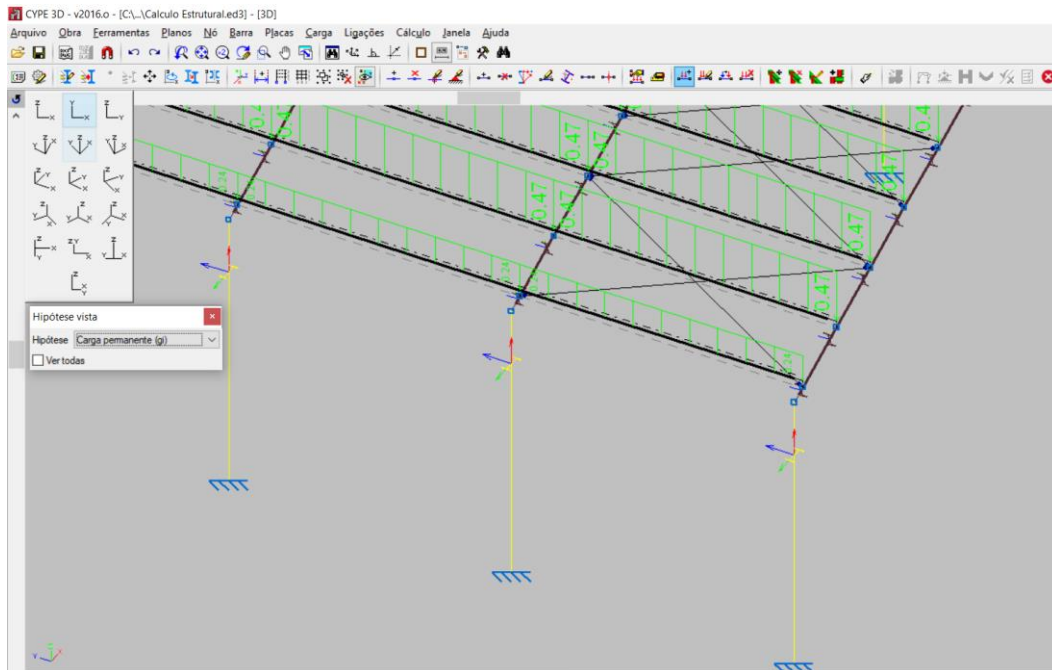




**Figura 14:** Introdução dos elementos da cobertura (Fonte: Autor)

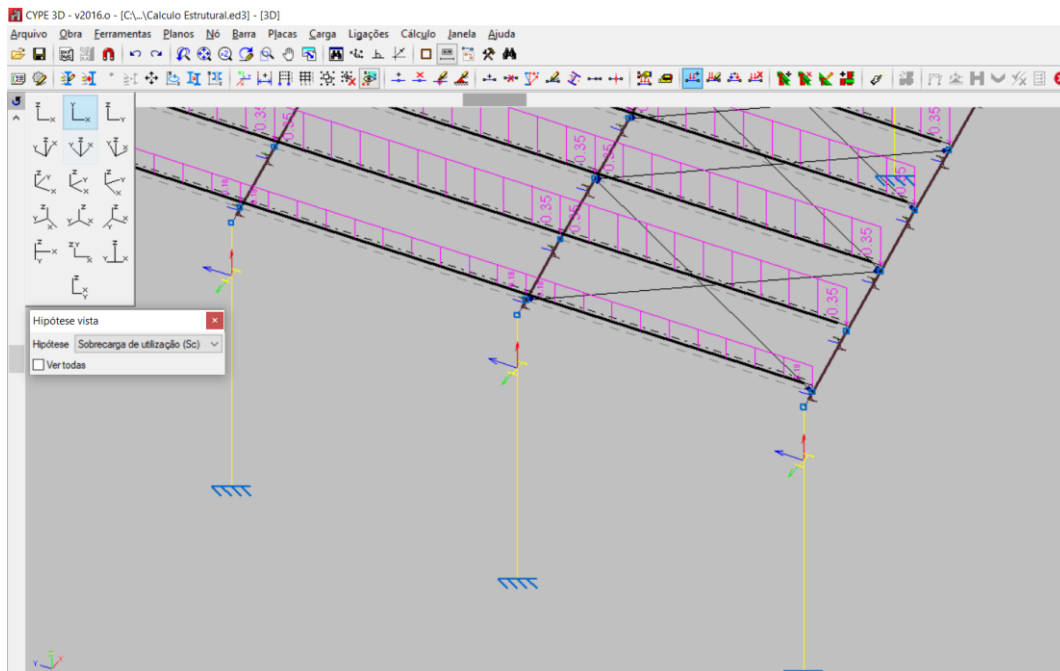
## 8.2 Introdução das cargas

### 8.2.1 Carga permanente



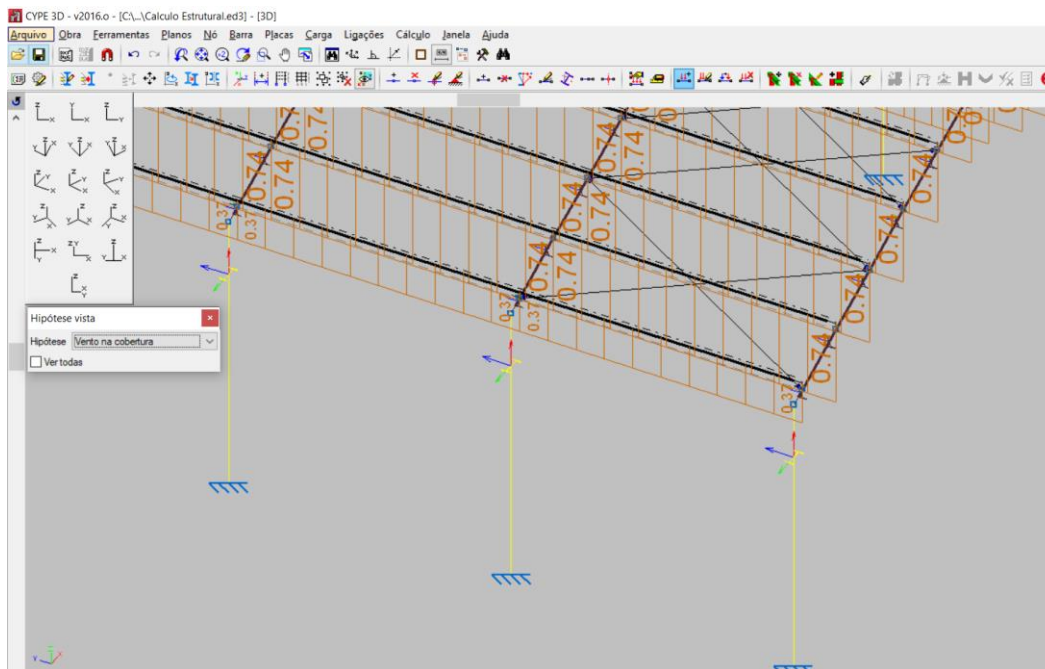
**Figura 15:** Introdução da carga permanente na estrutura (Fonte: Autor)

### 8.2.2 Sobrecarga de utilização



**Figura 16:** Introdução da sobrecarga de utilização na estrutura (Fonte: Autor)

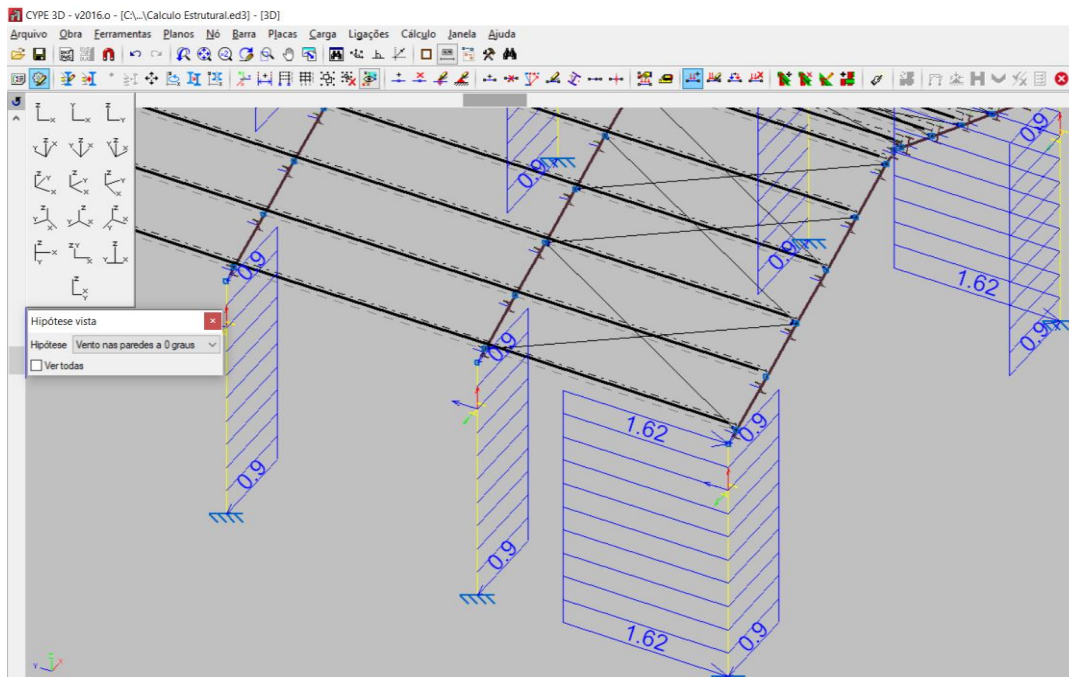
## 8.2.3 Carga do vento na cobertura



*Figura 17: Introdução da carga do vento na cobertura (Fonte: Autor)*

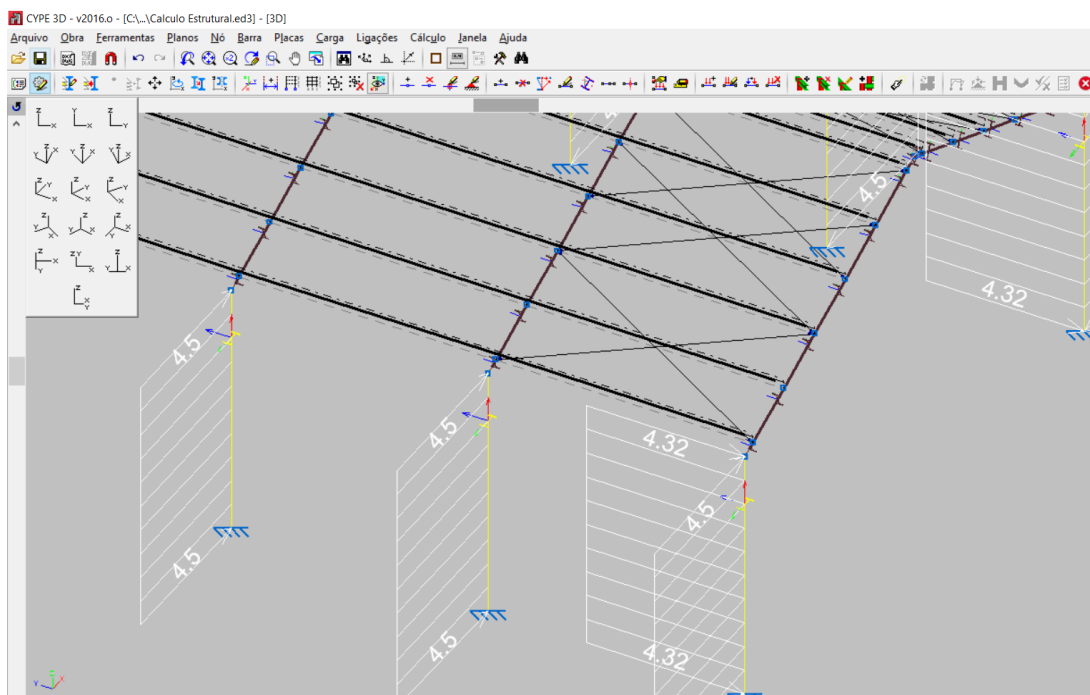
## 8.2.4 Vento nas paredes

### Vento a zero graus



**Figura 18:** Introdução da carga do vento a zero graus (Fonte: Autor)

### Vento a noventa graus



**Figura 19:** Introdução da carga do vento a noventa graus (Fonte: Autor)

Após a introdução dos dados na estrutura, calculou-se a mesma e numa primeira fase, obtiveram-se os resultados em que por sua vez, os mesmos foram ajustados tendo em conta a disponibilidade dos materiais e facilidade de aquisição dos mesmos.

## 9 Apresentação dos resultados

### 9.1 Elementos de Barra

Características mecânicas									
Material		Ref.	Descrição	A	Avy	Avz	Iyy	Izz	It
Tipo	Designação			(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>4</sup> )	(cm <sup>4</sup> )	(cm <sup>4</sup> )
Aço laminado	Fe360	Pilar	IPE 330, (IPE)	62.60	27.60	20.72	11770.00	788.00	28.20
		Asna	IPE 300, (IPE)	53.80	24.07	17.80	8356.00	604.00	20.10
		Contraventamento	1/4", (Barra redonda)	0.32	0.29	0.29	0.01	0.01	0.02
Aço enformado	Fe 360	Madre	UF-120x6, (U)	12.99	5.70	5.70	272.27	44.41	1.56

*Legenda:*

*Ref.: Referência*

*A: Área da secção transversal*

*Avy: Área de esforço transversal da secção segundo o eixo local 'Y'*

*Avz: Área de esforço transversal da secção segundo o eixo local 'Z'*

*Iyy: Inércia da secção em torno do eixo local 'Y'*

*Izz: Inércia da secção em torno do eixo local 'Z'*

*It: Inércia à torção*

*As características mecânicas das peças correspondem à secção no ponto médio das mesmas.*

**Tabela 6:** Características geométricas dos materiais obtidos

### Observação:

A verificação aos estados limites últimos das barras acima calculadas estão no **ANEXO 1**, os mesmos correspondem aos das barras mais solicitadas.

### 9.2 Ligações

As ligações adoptadas para a infraestrutura são as aparafusadas com o auxílio de algumas placas e em alguns casos alguns rigidificadores e chapas, as mesmas foram calculadas tendo em conta a resistência ao corte e ao esmagamento dos elementos da ligação.

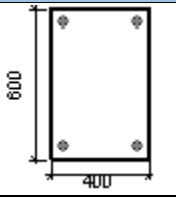

### 9.2.1 Ligação Tipo 1

Corresponde a ligação entre a sapata e o pilar. Os resultados obtidos no processo de cálculo foram:

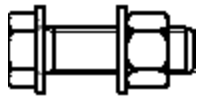
**Tabela 7:** Descrição da ligação Tipo 1 (Fonte: Autor)

### 9.2.2 Ligação Tipo 2

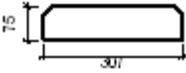
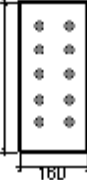
Corresponde a ligação entre a asna e o pilar. Os resultados obtidos no processo de cálculo

Elementos complementares											
Peça	Geometria				Quantidade	Furos			Aço		
	Esquema	Largura (mm)	Altura (mm)	Espessura (mm)		Diâmetro exterior (mm)	Diâmetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Placa base		400	600	22	4	34	24	6	Fe360	235.0	360.0
Rigidificador		600	100	6	-	-	-	-	Fe360	235.0	360.0

foram:

Parafusos						
Descrição	Geometria			Aço		
	Esquema	Diâmetro	Comprimento (mm)	Classe	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
ISO 4017-M16x55-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	55	8.8	640.0	800.0

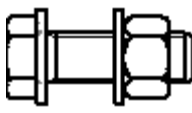
**Tabela 8:** Descrição dos parafusos usados na ligação Tipo 2 (Fonte: Autor)

Elementos complementares									
Peça	Geometria				Furos		Aço		
	Esquema	Largura (mm)	Altura (mm)	Espessura (mm)	Quantidade	Diâmetro (mm)	Tipo	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Rigidificador		307	75	11	-	-	Fe360	235.0	360.0
Chapa frontal: Viga IPE 300		160	350	14	10	18	Fe360	235.0	360.0

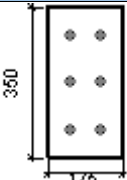
**Tabela 9:** Descrição dos elementos complementares da ligação Tipo 2 (Fonte: Autor)

### 9.2.3 Ligação Tipo 3

Corresponde a ligação entre as duas asnas. Os resultados obtidos no processo de cálculo foram:

Parafusos						
Descrição	Geometria			Aço		
	Esquema	Diâmetro	Comprimento (mm)	Classe	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
ISO 4017-M16x50-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	50	8.8	640.0	800.0

**Tabela 10:** Descrição dos parafusos usados na ligação Tipo 3 (Fonte: Autor)

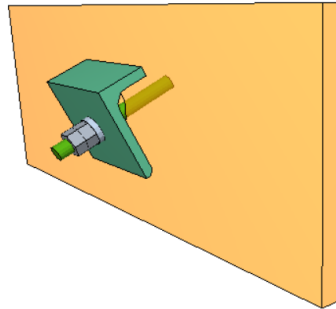
Elementos complementares									
Peça	Geometria				Furos		Aço		
	Esquema	Largura (mm)	Altura (mm)	Espessura (mm)	Quantidade	Diâmetro (mm)	Tipo	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Chapa frontal		175	350	11	6	18	Fe360	235.0	360.0

**Tabela 11:** Descrição dos elementos complementares da ligação Tipo 3 (Fonte: Autor)

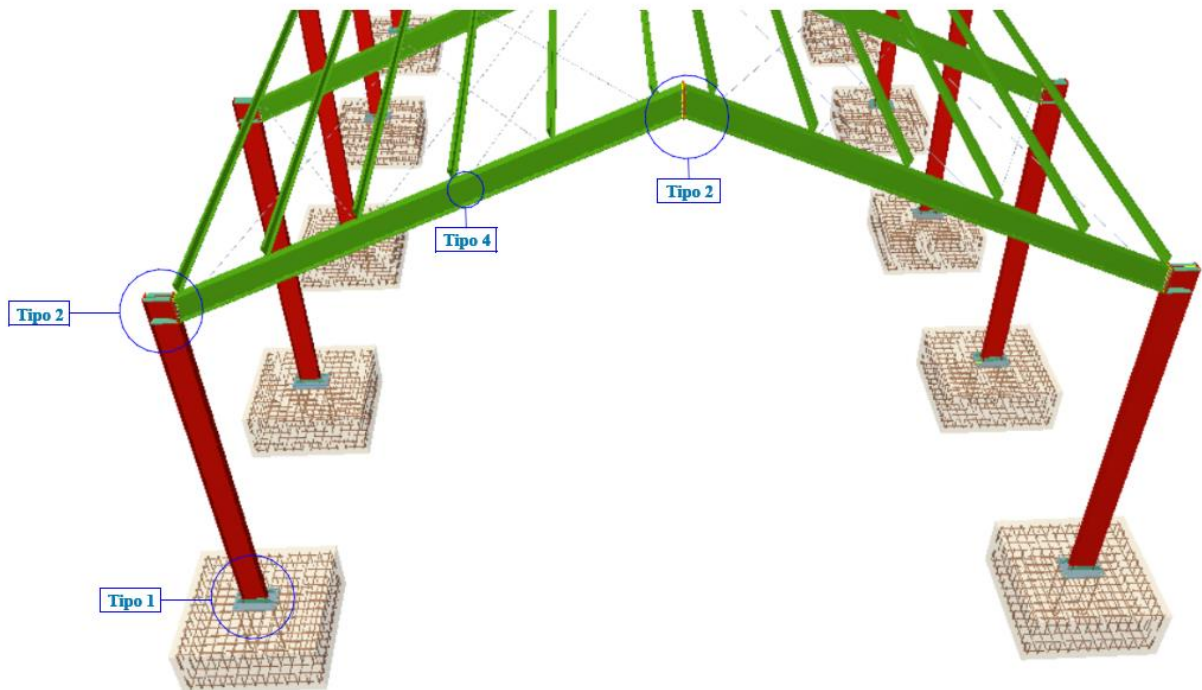


### 9.2.4 Ligação Tipo 3

Corresponde a ligação entre a asna e o elemento do contraventamento em que a mesma será por meio de uma cantoneira de abas desiguais ancorada a asna por meio de parafusos.



*Figura 20: Ligação Tipo 4 (Fonte: Autor)*

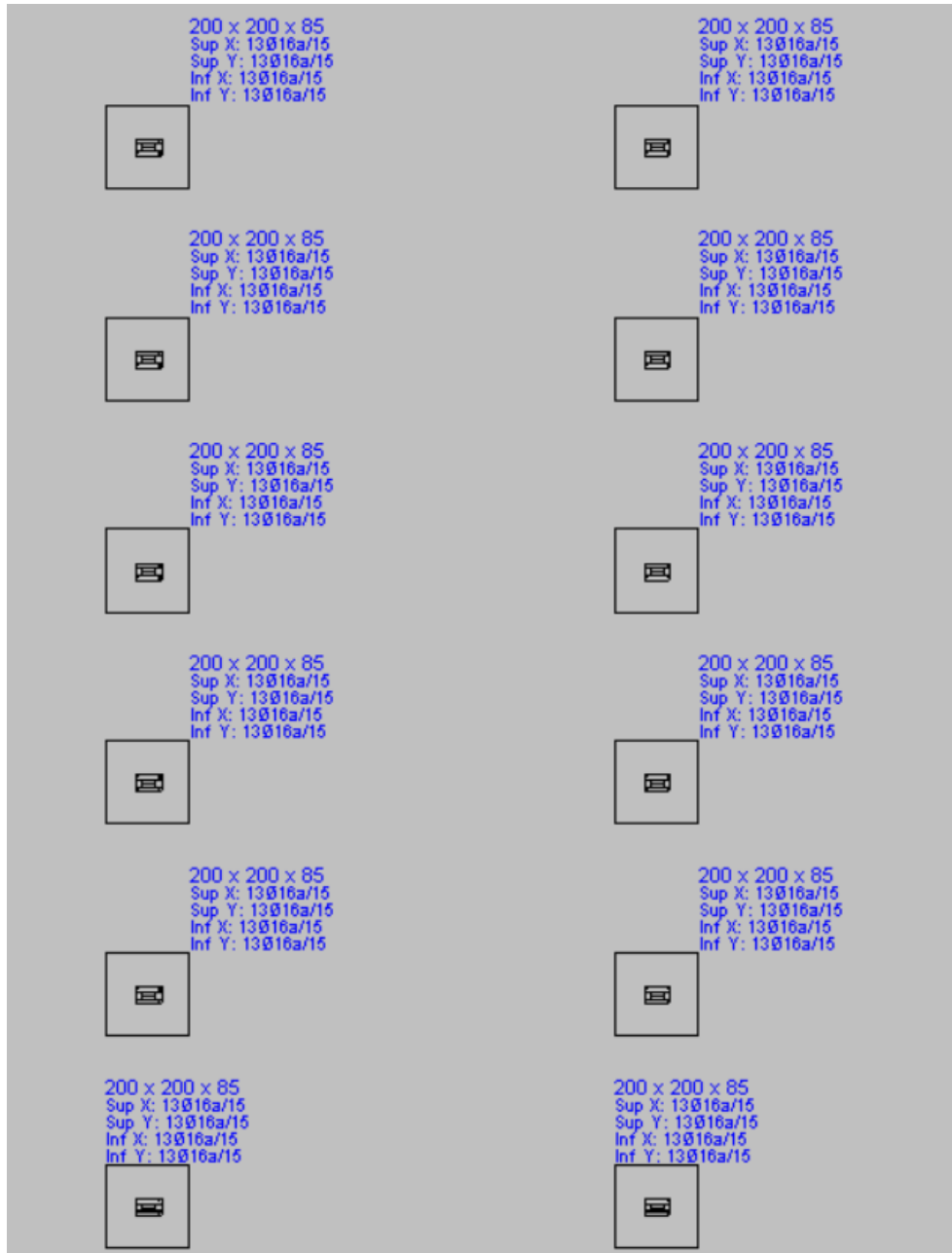


*Figura 21: Ilustração das ligações na estrutura (Fonte: Autor)*

### 9.3 Elementos da fundação

Tal dito acima na descrição do edifício, a fundação será superficial, materializada em betão armado por meio de sapatas isoladas e quadradas.

Adoptou-se sapatas iguais para facilitar a execução das mesmas uma vez que as solicitações nas mesmas não tinham uma diferença muito considerável considerável.



*Figura 22: Ilustração da fundação do edifício (Fonte: Autor)*

## 10 Conclusão

O estágio correu muito bem, deu para alcançar os objectivos apresentados no relatório, porem, tenha sido desafiador devido limitação da disponibilidade dos materiais nas lojas de venda de metais para construção na Cidade de Maputo. O estágio permitiu interação com uma equipe altamente qualificada e desta forma foi possível aproveitar a experiencia da mesma, sobretudo na tomada de decisões e na criação de soluções imediatas, face aos diversos problemas que podem advir durante a execução de alguma actividade da construção civil.

No processo de elaboração de um projecto, é necessario entender o mesmo e raciocinar as possibilidades criadas a partir de cada escolha feita durante a elaboração, e analisar suas consequências, tanto em projecto bem como na execução da obra. Buscar as soluções mais simples sem tornar a estrutura dimensionada mais cara ou mais complexa para poder ter facilidade de execução em obra.

O recurso aos *softwares* informáticos (Cype3D), dinamizou significativamente o processo de dimensionamento, contribuindo na otimização e/ou redução do tempo na análise estrutural.

Os resultados do dimensionamento das ligações foram validados segundo uma análise comparativa, baseada no cálculo manual por meio de formulas analíticas.

## 11 Recomendações

Recomenda-se um incremento nos trabalhos de pesquisa a nível académico, principalmente com recurso a bibliografia na língua inglesa, pois, é um grande desafio fazer pesquisas, aplicar os conhecimentos adquiridos e produzir resultados a nível profissional sem o domínio desta língua.

Na fase subsequente do projecto, recomenda-se que na fase compra de material se use as especificações técnicas descritas no projecto e também, seguir o programa das actividades, como a elaboração dos mapas de quantidades.

## 12 Referências bibliográficas

R.G.E.U. – Regulamento Geral de Edificações Urbanas;

R.E.B.A.P. – Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado, Lisboa.

R.S.A. – Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes. Porto: Porto Edidora.

R.E.A.E – Regulamento de Estrutura de Aço para Edifícios. Porto: Porto Edidora.

Norma Portuguesa EN 1993-1-1 2010, Projecto de estruturas de Aço Eurocódigo 3, Regras gerais e regras para edifícios;

Norma Portuguesa EN 1993-1-1 2010, Projecto de estruturas mistas aço e betão Eurocódigo 4, Regras gerais e regras para edifícios.

Tabelas Técnicas de Engenharia, Brazão Farinha 2000

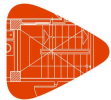
Martins, J. G. (2003). Betão Armado – Fundações Superficiais. Portugal;

## **13 ANEXOS**

### **13.1 Anexo 1- Resultados e verificações do cálculo estrutural**

### **13.2 Anexo 2 - Peças desenhadas**

# **Anexo 1- Resultados e verificações do cálculo estrutural**



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## 1.- ESTRUTURA

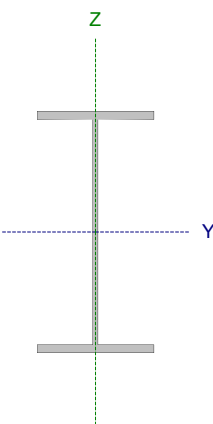
### 1.1.- Resultados

#### 1.1.1.- Barras

##### 1.1.1.1.- Verificações E.L.U. (Completa)

Nota: Mostra-se a listagem completa de verificações realizadas para as 10 barras com maior coeficiente de aproveitamento.

Barra N29/N28

Perfil: IPE 330 Material: Aço (Fe360)							
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N29	N28	5.000	62.60	11770.00	788.00	28.20
Notas: <sup>(1)</sup> Inércia relativamente ao eixo indicado <sup>(2)</sup> Momento de inércia à torção uniforme							
	Encurvadura		Encurvadura lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Banzo sup.	Banzo inf.			
β	0.70	0.70	0.00	0.00			
L <sub>k</sub>	3.500	3.500	0.000	0.000			
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000			
C <sub>1</sub>	-		1.000				
Anotação: β: Coeficiente de encurvadura L <sub>k</sub> : Comprimento de encurvadura (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificação para o momento crítico							

### Encurvadura local da alma induzida pelo banzo comprimido (Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artigo 8)

Deve satisfazer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$40.93 \leq 299.89 \quad \checkmark$$

Em que:

**h<sub>w</sub>**: Altura da alma.

**t<sub>w</sub>**: Espessura da alma.

**A<sub>w</sub>**: Área da alma.

**A<sub>fc,ef</sub>**: Área reduzida do banzo comprimido.

**k**: Coeficiente que depende da classe da secção.

**E**: Módulo de elasticidade.

**f<sub>yf</sub>**: Limite elástico do aço do banzo comprimido.

Sendo:

$$f_{yf} = f_y$$

**h<sub>w</sub>** : 307.00 mm

**t<sub>w</sub>** : 7.50 mm

**A<sub>w</sub>** : 23.03 cm<sup>2</sup>

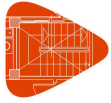
**A<sub>fc,ef</sub>** : 18.40 cm<sup>2</sup>

**k** : 0.30

**E** : 210000 MPa

**f<sub>yf</sub>** : 235.00 MPa





# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência à tracção (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.3)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 4.904 m do nó N29, para a combinação de acções PP+Cargapermanente(gi)+1.5·Ventonacobertura.

$N_{t,Ed}$ : Esforço axial de tracção actuante de cálculo desfavorável.

$$N_{t,Ed} : \underline{3.77} \text{ kN}$$

A resistência de cálculo à tracção  $N_{t,Rd}$  vem dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{1471.10} \text{ kN}$$

Em que:

$A$ : Área bruta da secção transversal da barra.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Sendo:

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência à compressão (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.4)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.016} \quad \checkmark$$

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se no nó N29, para a combinação de acções

1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc).

$N_{c,Ed}$ : Esforço axial de compressão actuante de cálculo desfavorável.

$$N_{c,Ed} : \underline{22.94} \text{ kN}$$

A força normal de compressão resistente de cálculo  $N_{c,Rd}$  deve ser tomada como:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{1471.10} \text{ kN}$$

Em que:

**Classe:** Classe da secção, segundo a capacidade de deformação e de desenvolvimento da resistência plástica dos elementos planos comprimidos de uma secção.

$$\text{Classe} : \underline{2}$$

**A:** Área da secção bruta para as secções da classe 1, 2 e 3.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Sendo:

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$

**Resistência à encurvadura:** (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.3.1)

Se a esbelteza  $\bar{\lambda} \leq 0.2$  ou a relação  $N_{c,Ed} / N_{cr} \leq 0.04$  pode-se ignorar o efeito de encurvadura, e verificar unicamente a resistência da secção transversal.

$\bar{\lambda}$ : Esbelteza reduzida.

$$\bar{\lambda} : \underline{1.05}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$N_{c,Ed}/N_{cr}$ : Relação de esforços axiais.

$$N_{c,Ed}/N_{cr} : \underline{0.017}$$

Em que:

**A:** Área da secção bruta para as secções da classe 1, 2 e 3.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$N_{cr}$ : Esforço axial crítico elástico de encurvadura, obtido como o menor dos seguintes valores:

$$N_{cr} : \underline{1333.24} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$ : Esforço axial crítico elástico de encurvadura por flexão relativamente ao eixo Y.

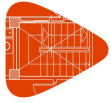
$$N_{cr,y} : \underline{19914.04} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$ : Esforço axial crítico elástico de encurvadura por flexão relativamente ao eixo Z.

$$N_{cr,z} : \underline{1333.24} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$ : Esforço axial crítico elástico de encurvadura por torção.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência à flexão eixo Y (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.5)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.157} \quad \checkmark$$

Para flexão positiva:

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se no nó N29, para a combinação de acções PP+Cargapermanente(gi)+1.5·Ventonasparedesa90graus.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector actuante de cálculo desfavorável.

$$M_{Ed}^+ : \underline{20.73} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexão negativa:

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se no nó N29, para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa0graus.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector actuante de cálculo desfavorável.

$$M_{Ed}^- : \underline{29.59} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

O momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  é dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{188.94} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Em que:

**Classe**: Classe da secção, segundo a capacidade de deformação e de desenvolvimento da resistência plástica dos elementos planos de uma secção à flexão simples.

$$\text{Classe} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondente à fibra com maior tensão, para as secções de classe 1 e 2.

$$W_{pl,y} : \underline{804.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Sendo:

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

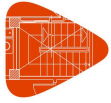
$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$

**Resistência à encurvadura lateral**: (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.3.2)

Não se efectua, dado que os comprimentos de encurvadura lateral são nulos.



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência à flexão eixo Z (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.5)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.592} \quad \checkmark$$

Para flexão positiva:

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se no nó N29, para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa90graus.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector actuante de cálculo desfavorável.

$$M_{Ed}^+ : \underline{21.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexão negativa:

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se no nó N29, para a combinação de acções PP+Cargapermanente(gi)+1.5·Ventonasparedesa90graus.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector actuante de cálculo desfavorável.

$$M_{Ed}^- : \underline{21.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

O momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  é dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{36.19} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Em que:

**Classe**: Classe da secção, segundo a capacidade de deformação e de desenvolvimento da resistência plástica dos elementos planos de uma secção à flexão simples.

$$\text{Classe} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondente à fibra com maior tensão, para as secções de classe 1 e 2.

$$W_{pl,z} : \underline{154.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Sendo:

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$

## Resistência ao esforço transversal Z (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.6)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.048} \quad \checkmark$$

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se no nó N29, para a combinação de acções PP+Cargapermanente(gi)+1.5·Ventonasparedesa90graus.

$V_{Ed}$ : Esforço transversal actuante de cálculo desfavorável.

$$V_{Ed} : \underline{20.17} \text{ kN}$$

O esforço transversal resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  é dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{417.92} \text{ kN}$$

Em que:

$A_v$ : Área transversal ao esforço transversal.

$$A_v : \underline{30.80} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Sendo:

$h$ : Altura da secção.

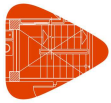
$$h : \underline{330.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{7.50} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Sendo:

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$

**Encurvadura local por esforço transversal da alma:** (Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artigo 5)

Embora não se tenham colocado rigidificadores transversais, não é necessário verificar a resistência à encurvadura local da alma, uma vez que se verifica que:

$$\frac{d}{t_w} < \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

$$36.13 < 60.00 \quad \checkmark$$

Em que:

$\lambda_w$ : Esbelteza da alma.

$$\lambda_w : \underline{36.13}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbelteza máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{60.00}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

$\eta$ : Coeficiente que permite considerar uma resistência adicional em regime plástico devida ao endurecimento por deformação do material.

$$\eta : \underline{1.20}$$

$\varepsilon$ : Coeficiente de redução.

$$\varepsilon : \underline{1.00}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

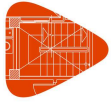
Sendo:

$f_{ref}$ : Limite elástico de referência.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência ao esforço transverso Y (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.6)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.038} \quad \checkmark$$

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se no nó N29, para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa90graus.

$V_{Ed}$ : Esforço transverso actuante de cálculo desfavorável.

$$V_{Ed} : \underline{20.49} \quad \text{kN}$$

O esforço transverso resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  é dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{536.94} \quad \text{kN}$$

Em que:

$A_v$ : Área transversal ao esforço transverso.

$$A_v : \underline{39.58} \quad \text{cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Sendo:

$A$ : Área da secção bruta.

$$A : \underline{62.60} \quad \text{cm}^2$$

$d$ : Largura da alma.

$$d : \underline{307.00} \quad \text{mm}$$

$t_w$ : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{7.50} \quad \text{mm}$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \quad \text{MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Sendo:

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \quad \text{MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$

## Resistência ao momento flector Y e esforço transverso Z combinados (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.8)

Não é necessário reduzir a resistência de cálculo à flexão, já que o esforço transverso actuante de cálculo desfavorável  $V_{Ed}$  não é superior a 50% da resistência de cálculo a esforço transverso  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$20.17 \text{ kN} \leq 208.96 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de acções

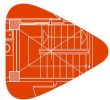
PP+Cargapermanente(gi)+1.5·Ventonasparedesa90graus.

$V_{Ed}$ : Esforço transverso actuante de cálculo desfavorável.

$$V_{Ed} : \underline{20.17} \quad \text{kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esforço transverso resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{417.92} \quad \text{kN}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência ao momento flector Z e esforço transverso Y combinados (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.8)

Não é necessário reduzir a resistência de cálculo à flexão, já que o esforço transverso actuante de cálculo desfavorável  $V_{Ed}$  não é superior a 50% da resistência de cálculo a esforço transverso  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$20.49 \text{ kN} \leq 268.47 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa90graus.

$V_{Ed}$ : Esforço transverso actuante de cálculo desfavorável.

$$V_{Ed} : \underline{20.49} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esforço transverso resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{268.47} \text{ kN}$$

## Resistência à flexão composta (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.9)

Deve satisfazer:

$$\eta = \left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,Rd,y}} \right]^\alpha + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,Rd,z}} \right]^\beta \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.611} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.586} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.697} \quad \checkmark$$

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se no nó N29, para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa0graus.

Em que:

$N_{c,Ed}$ : Força normal de compressão de cálculo.

$$N_{c,Ed} : \underline{22.81} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores de cálculo desfavoráveis, segundo os eixos Y e Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{29.59} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{21.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Classe:** Classe da secção, segundo a capacidade de deformação e de desenvolvimento da resistência plástica dos seus elementos planos, para esforço axial e flexão simples.

$$\text{Classe} : \underline{1}$$

$M_{N,Rd,y}$ ,  $M_{N,Rd,z}$ : Momentos flectores resistentes plásticos reduzidos de cálculo, em torno dos eixos Y e Z, respectivamente.

$$M_{N,Rd,y} : \underline{188.94} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{N,Rd,z} : \underline{36.19} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{N,Rd,y} = M_{pl,Rd,y} \cdot (1 - n) / (1 - 0.5 \cdot a) \leq M_{pl,Rd,y}$$

$$n \leq a \rightarrow M_{N,Rd,z} = M_{pl,Rd,z}$$

$$\alpha = 2 ; \beta = 5 \cdot n \geq 1$$

$$\alpha : \underline{2.000}$$

$$\beta : \underline{1.000}$$

Sendo:

$$n = N_{c,Ed} / N_{pl,Rd}$$

$$n : \underline{0.016}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistência à compressão da secção bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{1471.10} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistência à flexão da secção bruta em condições plásticas, relativamente aos eixos Y e Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{188.94} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{36.19} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$a = (A - 2 \cdot b \cdot t_f) / A \leq 0.5$$

$$a : \underline{0.41}$$

**A:** Área da secção bruta.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

**b:** Largura do banzo.

$$b : \underline{16.00} \text{ cm}$$

**t<sub>f</sub>:** Espessura do banzo.

$$t_f : \underline{11.50} \text{ mm}$$

**Resistência à encurvadura:** (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.3.3)

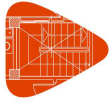
**A:** Área da secção bruta.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondentes à fibra com maior tensão, em torno dos eixos Y e Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{804.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{154.00} \text{ cm}^3$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Sendo:

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.00}$$

$K_{yy}$ ,  $K_{yz}$ ,  $K_{zy}$ ,  $K_{zz}$ : Coeficientes de interação.

$$k_{yy} = C_{m,y} \cdot C_{m,LT} \cdot \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{1}{C_{yy}}$$

$$K_{yy} : \underline{1.00}$$

$$k_{yz} = C_{m,z} \cdot \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{1}{C_{yz}} \cdot 0.6 \cdot \sqrt{\frac{W_z}{W_y}}$$

$$K_{yz} : \underline{0.70}$$

$$k_{zy} = C_{m,y} \cdot C_{m,LT} \cdot \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{1}{C_{zy}} \cdot 0.6 \cdot \sqrt{\frac{W_y}{W_z}}$$

$$K_{zy} : \underline{0.53}$$

$$k_{zz} = C_{m,z} \cdot \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{1}{C_{zz}}$$

$$K_{zz} : \underline{1.02}$$

Termos auxiliares:

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}{1 - \chi_y \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}$$

$$\mu_y : \underline{1.00}$$

$$\mu_z = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}{1 - \chi_z \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}$$

$$\mu_z : \underline{1.00}$$

$$C_{yy} = 1 + (w_y - 1) \cdot \left[ \left( 2 - \frac{1.6}{w_y} \cdot C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max} - \frac{1.6}{w_y} \cdot C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^{-2} \right) \cdot \eta_{pl} - b_{LT} \right] \geq \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}$$

$$C_{yy} : \underline{1.00}$$

$$C_{yz} = 1 + (w_z - 1) \cdot \left[ \left( 2 - 14 \cdot \frac{C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^{-2}}{w_z^5} \right) \cdot \eta_{pl} - c_{LT} \right] \geq 0.6 \cdot \sqrt{\frac{W_z}{W_y}} \cdot \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}$$

$$C_{yz} : \underline{1.00}$$

$$C_{zy} = 1 + (w_y - 1) \cdot \left[ \left( 2 - 14 \cdot \frac{C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^{-2}}{w_y^5} \right) \cdot \eta_{pl} - d_{LT} \right] \geq 0.6 \cdot \sqrt{\frac{W_y}{W_z}} \cdot \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}$$

$$C_{zy} : \underline{0.99}$$

$$C_{zz} = 1 + (w_z - 1) \cdot \left[ \left( 2 - \frac{1.6}{w_z} \cdot C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max} - \frac{1.6}{w_z} \cdot C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^{-2} - e_{LT} \right) \cdot \eta_{pl} \right] \geq \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}$$

$$C_{zz} : \underline{1.00}$$

$$a_{LT} = 1 - \frac{I_1}{I_y} \geq 0$$

$$a_{LT} : \underline{1.00}$$

$$b_{LT} = 0.5 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0^{-2}}{\chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{z,Ed}}$$

$$b_{LT} : \underline{0.00}$$

$$c_{LT} = 10 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0^{-2}}{5 + \bar{\lambda}_z^{-4}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{m,y} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}}$$

$$c_{LT} : \underline{0.00}$$

$$d_{LT} = 2 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0^{-2}}{0.1 + \bar{\lambda}_z^{-4}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{m,y} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{C_{m,z} \cdot M_{pl,Rd,z}}$$

$$d_{LT} : \underline{0.00}$$

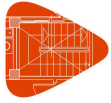
$$e_{LT} = 1.7 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0^{-2}}{0.1 + \bar{\lambda}_z^{-4}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{m,y} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}}$$

$$e_{LT} : \underline{0.00}$$

$$w_y = \frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}} \leq 1.5$$

$$w_y : \underline{1.13}$$





# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

$$w_z = \frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}} \leq 1.5$$

$$w_z : \underline{1.50}$$

$$n_{pl} = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}$$

$$n_{pl} : \underline{0.02}$$

Dado que:

$$\bar{\lambda}_o \leq 0.2 \cdot \sqrt{C_1} \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right) \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,T}}\right)}$$

$$0.00 \leq 0.20$$

$$C_{m,y} = C_{m,y,0}$$

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} = C_{m,z,0}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} = 1.00$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

$C_{m,y,0}$ ,  $C_{m,z,0}$ : Coeficientes de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y,0} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z,0} : \underline{1.00}$$

$C_1$ : Coeficiente que depende das condições de apoio e da forma da distribuição dos momentos flectores sobre a barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de redução por encurvadura, em redor dos eixos Y e Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de redução por encurvadura lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{1.00}$$

$\bar{\lambda}_{m\acute{a}x}$ : Esbelteza máxima entre  $\bar{\lambda}_y$  e  $\bar{\lambda}_z$ .

$$\bar{\lambda}_{m\acute{a}x} : \underline{1.05}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbeltezas reduzidas em relação aos eixos Y e Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.27}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.05}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$ : Esbelteza reduzida.

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.00}$$

$\bar{\lambda}_o$ : Esbelteza reduzida, em relação à encurvadura lateral, para um momento flector uniforme.

$$\bar{\lambda}_o : \underline{0.00}$$

$W_{el,y}$ ,  $W_{el,z}$ : Módulos resistentes elásticos correspondentes à fibra comprimida, em torno dos eixos Y e Z, respectivamente.

$$W_{el,y} : \underline{713.33} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{98.50} \text{ cm}^3$$

$N_{cr,y}$ : Esforço axial crítico elástico de encurvadura por flexão relativamente ao eixo Y.

$$N_{cr,y} : \underline{19914.04} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$ : Esforço axial crítico elástico de encurvadura por flexão relativamente ao eixo Z.

$$N_{cr,z} : \underline{1333.24} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$ : Esforço axial crítico elástico de encurvadura por torção.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

$I_y$ : Momento de inércia da secção bruta, em relação ao eixo Y.

$$I_y : \underline{11770.00} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inércia à torção uniforme.

$$I_t : \underline{28.20} \text{ cm}^4$$

## Resistência à flexão composta e esforço transverso combinados (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.10)

Não é necessário reduzir as resistências de cálculo à flexão e ao esforço axial, já que se pode ignorar o efeito de encurvadura local por esforço transversal e, além disso, o esforço transversal actuante de cálculo mais desfavorável  $V_{Ed}$  é menor ou igual a 50% do esforço transversal resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de acções  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargapermanente}(gi) + 1.5 \cdot \text{Sobrecargadeutilização}(Sc) + 1.5 \cdot \text{Ventonasparedesa}90\text{graus}$ .

$$V_{Ed,y} \leq \frac{V_{c,Rd,y}}{2}$$

$$20.49 \text{ kN} \leq 268.41 \text{ kN} \quad \checkmark$$

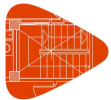
Em que:

$V_{Ed,y}$ : Esforço transversal actuante de cálculo desfavorável.

$$V_{Ed,y} : \underline{20.49} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,y}$ : Esforço transversal resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,y} : \underline{536.83} \text{ kN}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência à torção (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.7)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de acções PP+Cargapermanente(gi)+1.5·Ventonasparedesa0graus.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor actuante de cálculo desfavorável.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

O momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  é dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{3.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Em que:

$W_T$ : Módulo de resistência à torção.

$$W_T : \underline{24.52} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Sendo:

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência ao esforço transversal Z e momento torsor combinados (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.7)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.045} \quad \checkmark$$

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se num ponto situado a uma distância de 4.906 m do nó N29, para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa90graus.

$V_{Ed}$ : Esforço transversal actuante de cálculo desfavorável.

$$V_{Ed} : \underline{18.85} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor actuante de cálculo desfavorável.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

O esforço transversal resistente de cálculo reduzido  $V_{pl,T,Rd}$  é dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{417.83} \text{ kN}$$

Em que:

$V_{pl,Rd}$ : Esforço transversal resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{417.92} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensões tangenciais por torção.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.07} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Sendo:

$W_t$ : Módulo de resistência à torção.

$$W_t : \underline{24.52} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Sendo:

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência ao esforço transversal Y e momento torsor combinados (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.7)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.038} \quad \checkmark$$

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se no nó N29, para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa90graus.

$V_{Ed}$ : Esforço transversal actuante de cálculo desfavorável.

$$V_{Ed} : \underline{20.49} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor actuante de cálculo desfavorável.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

O esforço transversal resistente de cálculo reduzido  $V_{pl,T,Rd}$  é dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}} \cdot V_{pl,Rd}}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{536.83} \text{ kN}$$

Em que:

$V_{pl,Rd}$ : Esforço transversal resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{536.94} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensões tangenciais por torção.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.07} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Sendo:

$W_t$ : Módulo de resistência à torção.

$$W_t : \underline{24.52} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

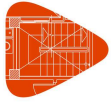
Sendo:

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência ao esforço transversal Z e momento torsor combinados (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.7)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.045} \quad \checkmark$$

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se num ponto situado a uma distância de 4.906 m do nó N1, para a combinação de acções  
1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa90graus.

$V_{Ed}$ : Esforço transversal actuante de cálculo desfavorável.

$$V_{Ed} : \underline{18.85} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor actuante de cálculo desfavorável.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

O esforço transversal resistente de cálculo reduzido  $V_{pl,T,Rd}$  é dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{417.83} \text{ kN}$$

Em que:

$V_{pl,Rd}$ : Esforço transversal resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{417.92} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensões tangenciais por torção.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.07} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Sendo:

$W_t$ : Módulo de resistência à torção.

$$W_t : \underline{24.52} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

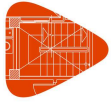
Sendo:

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência ao momento flector Z e esforço transverso Y combinados (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.8)

Não é necessário reduzir a resistência de cálculo à flexão, já que o esforço transverso actuante de cálculo desfavorável  $V_{Ed}$  não é superior a 50% da resistência de cálculo a esforço transverso  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$11.98 \text{ kN} \leq 230.78 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de acções

PP+Cargapermanente(gi)+1.5·Ventonasparedesa90graus.

$V_{Ed}$ : Esforço transverso actuante de cálculo desfavorável.

$$V_{Ed} : \underline{11.98} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esforço transverso resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{461.57} \text{ kN}$$

## Resistência à flexão composta (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.9)

Deve satisfazer:

$$\eta = \left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,Rd,y}} \right]^\alpha + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,Rd,z}} \right]^\beta \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.043} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.207} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.118} \quad \checkmark$$

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se num ponto situado a uma distância de 0.179 m do nó N2, para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa0graus.

Em que:

$N_{c,Ed}$ : Força normal de compressão de cálculo.

$$N_{c,Ed} : \underline{15.76} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores de cálculo desfavoráveis, segundo os eixos Y e Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{28.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.20} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Classe:** Classe da secção, segundo a capacidade de deformação e de desenvolvimento da resistência plástica dos seus elementos planos, para esforço axial e flexão simples.

$$\text{Classe} : \underline{1}$$

$M_{N,Rd,y}$ ,  $M_{N,Rd,z}$ : Momentos flectores resistentes plásticos reduzidos de cálculo, em torno dos eixos Y e Z, respectivamente.

$$M_{N,Rd,y} : \underline{147.58} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{N,Rd,z} : \underline{29.38} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{N,Rd,y} = M_{pl,Rd,y} \cdot (1 - n) / (1 - 0.5 \cdot n) \leq M_{pl,Rd,y}$$

$$n \leq a \rightarrow M_{N,Rd,z} = M_{pl,Rd,z}$$

$$\alpha = 2 ; \beta = 5 \cdot n \geq 1$$

$$\alpha : \underline{2.000}$$

$$\beta : \underline{1.000}$$

Sendo:

$$n = N_{c,Ed} / N_{pl,Rd}$$

$$n : \underline{0.012}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistência à compressão da secção bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{1264.30} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistência à flexão da secção bruta em condições plásticas, relativamente aos eixos Y e Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{147.58} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{29.38} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$a = (A - 2 \cdot b \cdot t_f) / A \leq 0.5$$

$$a : \underline{0.40}$$

**A:** Área da secção bruta.

$$A : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

**b:** Largura do banzo.

$$b : \underline{15.00} \text{ cm}$$

**t<sub>f</sub>:** Espessura do banzo.

$$t_f : \underline{10.70} \text{ mm}$$

**Resistência à encurvadura:** (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.3.3)



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

Barra N12/N67

Perfil: IPE 300 Material: Aço (Fe360)						
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas		
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N12	N67	0.300	53.80	8356.00	604.00
Notas: <sup>(1)</sup> Inércia relativamente ao eixo indicado <sup>(2)</sup> Momento de inércia à torção uniforme						
	Encurvadura		Encurvadura lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Banzo sup.	Banzo inf.		
β	1.00	1.00	0.00	0.00		
L <sub>k</sub>	0.300	0.300	0.000	0.000		
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>	-		1.000			
Anotação: β: Coeficiente de encurvadura L <sub>k</sub> : Comprimento de encurvadura (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificação para o momento crítico						

## Encurvadura local da alma induzida pelo banzo comprimido (Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artigo 8)

Deve satisfazer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$39.24 \leq 297.62 \quad \checkmark$$

Em que:

**h<sub>w</sub>**: Altura da alma.

**t<sub>w</sub>**: Espessura da alma.

**A<sub>w</sub>**: Área da alma.

**A<sub>fc,ef</sub>**: Área reduzida do banzo comprimido.

**k**: Coeficiente que depende da classe da secção.

**E**: Módulo de elasticidade.

**f<sub>yf</sub>**: Limite elástico do aço do banzo comprimido.

Sendo:

$$f_{yf} = f_y$$

**h<sub>w</sub>** : 278.60 mm

**t<sub>w</sub>** : 7.10 mm

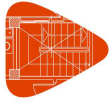
**A<sub>w</sub>** : 19.78 cm<sup>2</sup>

**A<sub>fc,ef</sub>** : 16.05 cm<sup>2</sup>

**k** : 0.30

**E** : 210000 MPa

**f<sub>yf</sub>** : 235.00 MPa



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência à tracção (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.3)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se no nó N67, para a combinação de acções PP+Cargapermanente(gi)+1.5·Ventonacobertura.

$N_{t,Ed}$ : Esforço axial de tracção actuante de cálculo desfavorável.

$$N_{t,Ed} : \underline{10.34} \text{ kN}$$

A resistência de cálculo à tracção  $N_{t,Rd}$  vem dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{1264.30} \text{ kN}$$

Em que:

$A$ : Área bruta da secção transversal da barra.

$$A : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Sendo:

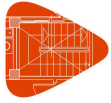
$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$





# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência à compressão (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.4)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.033} \quad \checkmark$$

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.179 m do nó N12, para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa90graus.

$N_{c,Ed}$ : Esforço axial de compressão actuante de cálculo desfavorável.

$$N_{c,Ed} : \underline{41.43} \quad \text{kN}$$

A força normal de compressão resistente de cálculo  $N_{c,Rd}$  deve ser tomada como:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{1264.30} \quad \text{kN}$$

Em que:

**Classe**: Classe da secção, segundo a capacidade de deformação e de desenvolvimento da resistência plástica dos elementos planos comprimidos de uma secção.

$$\text{Classe} : \underline{2}$$

**A**: Área da secção bruta para as secções da classe 1, 2 e 3.

$$A : \underline{53.80} \quad \text{cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \quad \text{MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Sendo:

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \quad \text{MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$

**Resistência à encurvadura**: (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.3.1)

Se a esbelteza  $\bar{\lambda} \leq 0.2$  ou a relação  $N_{c,Ed} / N_{cr} \leq 0.04$  pode-se ignorar o efeito de encurvadura, e verificar unicamente a resistência da secção transversal.

$\bar{\lambda}$ : Esbelteza reduzida.

$$\bar{\lambda} : \underline{0.10}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$N_{c,Ed} / N_{cr}$ : Relação de esforços axiais.

$$N_{c,Ed} / N_{cr} : \underline{0.000}$$

Em que:

**A**: Área da secção bruta para as secções da classe 1, 2 e 3.

$$A : \underline{53.80} \quad \text{cm}^2$$

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \quad \text{MPa}$$

$N_{cr}$ : Esforço axial crítico elástico de encurvadura, obtido como o menor dos seguintes valores:

$$N_{cr} : \underline{139095.62} \quad \text{kN}$$

$N_{cr,y}$ : Esforço axial crítico elástico de encurvadura por flexão relativamente ao eixo Y.

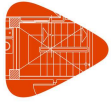
$$N_{cr,y} : \underline{1924309.67} \quad \text{kN}$$

$N_{cr,z}$ : Esforço axial crítico elástico de encurvadura por flexão relativamente ao eixo Z.

$$N_{cr,z} : \underline{139095.62} \quad \text{kN}$$

$N_{cr,T}$ : Esforço axial crítico elástico de encurvadura por torção.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência à flexão eixo Y (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.5)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.353} \quad \checkmark$$

Para flexão positiva:

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.179 m do nó N12, para a combinação de acções PP+Cargapermanente(gi)+1.5·Ventonacobertura.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector actuante de cálculo desfavorável.

$$M_{Ed}^+ : \underline{15.79} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexão negativa:

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.179 m do nó N12, para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa0graus.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector actuante de cálculo desfavorável.

$$M_{Ed}^- : \underline{52.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

O momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  é dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{147.58} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Em que:

**Classe:** Classe da secção, segundo a capacidade de deformação e de desenvolvimento da resistência plástica dos elementos planos de uma secção à flexão simples.

$$\text{Classe} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondente à fibra com maior tensão, para as secções de classe 1 e 2.

$$W_{pl,y} : \underline{628.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Sendo:

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

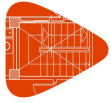
$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$

**Resistência à encurvadura lateral:** (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.3.2)

Não se efectua, dado que os comprimentos de encurvadura lateral são nulos.



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência à flexão eixo Z (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.5)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.041} \quad \checkmark$$

Para flexão positiva:

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se no nó N67, para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa0graus.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector actuante de cálculo desfavorável.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexão negativa:

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se no nó N67, para a combinação de acções PP+Cargapermanente(gi)+1.5·Ventonacobertura.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector actuante de cálculo desfavorável.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

O momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  é dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{29.38} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Em que:

**Classe**: Classe da secção, segundo a capacidade de deformação e de desenvolvimento da resistência plástica dos elementos planos de uma secção à flexão simples.

$$\text{Classe} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondente à fibra com maior tensão, para as secções de classe 1 e 2.

$$W_{pl,z} : \underline{125.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Sendo:

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência ao esforço transversal Z (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.6)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.084} \quad \checkmark$$

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se num ponto situado a uma distância de 0.179 m do nó N12, para a combinação de acções  
1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa0graus.

$V_{Ed}$ : Esforço transversal actuante de cálculo desfavorável.

$$V_{Ed} : \underline{29.19} \text{ kN}$$

O esforço transversal resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  é dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{348.28} \text{ kN}$$

Em que:

$A_v$ : Área transversal ao esforço transversal.

$$A_v : \underline{25.67} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Sendo:

$h$ : Altura da secção.

$$h : \underline{300.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{7.10} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Sendo:

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$

### Encurvadura local por esforço transversal da alma: (Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artigo 5)

Embora não se tenham colocado rigidificadores transversais, não é necessário verificar a resistência à encurvadura local da alma, uma vez que se verifica que:

$$\frac{d}{t_w} < \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

$$35.01 < \underline{60.00} \quad \checkmark$$

Em que:

$\lambda_w$ : Esbelteza da alma.

$$\lambda_w : \underline{35.01}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbelteza máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{60.00}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$

$\eta$ : Coeficiente que permite considerar uma resistência adicional em regime plástico devida ao endurecimento por deformação do material.

$$\eta : \underline{1.20}$$

$\varepsilon$ : Coeficiente de redução.

$$\varepsilon : \underline{1.00}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

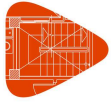
Sendo:

$f_{ref}$ : Limite elástico de referência.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência ao esforço transverso Y (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.6)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa0graus.

$V_{Ed}$ : Esforço transverso actuante de cálculo desfavorável.

$$V_{Ed} : \underline{2.05} \quad \text{kN}$$

O esforço transverso resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  é dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{461.57} \quad \text{kN}$$

Em que:

$A_v$ : Área transversal ao esforço transverso.

$$A_v : \underline{34.02} \quad \text{cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Sendo:

$A$ : Área da secção bruta.

$$A : \underline{53.80} \quad \text{cm}^2$$

$d$ : Largura da alma.

$$d : \underline{278.60} \quad \text{mm}$$

$t_w$ : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{7.10} \quad \text{mm}$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \quad \text{MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Sendo:

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \quad \text{MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$

## Resistência ao momento flector Y e esforço transverso Z combinados (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.8)

Não é necessário reduzir a resistência de cálculo à flexão, já que o esforço transverso actuante de cálculo desfavorável  $V_{Ed}$  não é superior a 50% da resistência de cálculo a esforço transverso  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$29.19 \text{ kN} \leq 174.14 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa0graus.

$V_{Ed}$ : Esforço transverso actuante de cálculo desfavorável.

$$V_{Ed} : \underline{29.19} \quad \text{kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esforço transverso resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{348.28} \quad \text{kN}$$

## Resistência ao momento flector Z e esforço transverso Y combinados (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.8)

Não é necessário reduzir a resistência de cálculo à flexão, já que o esforço transverso actuante de cálculo desfavorável  $V_{Ed}$  não é superior a 50% da resistência de cálculo a esforço transverso  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$2.05 \text{ kN} \leq 230.78 \text{ kN} \quad \checkmark$$

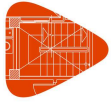
Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa0graus.

$V_{Ed}$ : Esforço transverso actuante de cálculo desfavorável.

$$V_{Ed} : \underline{2.05} \quad \text{kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esforço transverso resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{461.57} \quad \text{kN}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência à flexão composta (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.9)

Deve satisfazer:

$$\eta = \left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{N,Rd,y}} \right]^\alpha + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{N,Rd,z}} \right]^\beta \leq 1$$

$$\eta : \underline{\underline{0.157}} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + K_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + K_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\underline{0.398}} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + K_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + K_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\underline{0.240}} \quad \checkmark$$

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se num ponto situado a uma distância de 0.179 m do nó N12, para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa0graus.

Em que:

$N_{c,Ed}$ : Força normal de compressão de cálculo.

$$N_{c,Ed} : \underline{\underline{31.92}} \quad \text{kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores de cálculo desfavoráveis, segundo os eixos Y e Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{\underline{52.07}} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{\underline{0.96}} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

**Classe**: Classe da secção, segundo a capacidade de deformação e de desenvolvimento da resistência plástica dos seus elementos planos, para esforço axial e flexão simples.

$$\text{Classe} : \underline{\underline{1}}$$

$M_{N,Rd,y}$ ,  $M_{N,Rd,z}$ : Momentos flectores resistentes plásticos reduzidos de cálculo, em torno dos eixos Y e Z, respectivamente.

$$M_{N,Rd,y} : \underline{\underline{147.58}} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{N,Rd,z} : \underline{\underline{29.38}} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{N,Rd,y} = M_{pl,Rd,y} \cdot (1-n)/(1-0.5 \cdot a) \leq M_{pl,Rd,y}$$

$$n \leq a \rightarrow M_{N,Rd,z} = M_{pl,Rd,z}$$

$$\alpha = 2 ; \beta = 5 \cdot n \geq 1$$

$$\alpha : \underline{\underline{2.000}}$$

$$\beta : \underline{\underline{1.000}}$$

Sendo:

$$n = N_{c,Ed}/N_{pl,Rd}$$

$$n : \underline{\underline{0.025}}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistência à compressão da secção bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{\underline{1264.30}} \quad \text{kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistência à flexão da secção bruta em condições plásticas, relativamente aos eixos Y e Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{\underline{147.58}} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{\underline{29.38}} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$a = (A - 2 \cdot b \cdot t_f)/A \leq 0.5$$

$$a : \underline{\underline{0.40}}$$

**A**: Área da secção bruta.

$$A : \underline{\underline{53.80}} \quad \text{cm}^2$$

**b**: Largura do banzo.

$$b : \underline{\underline{15.00}} \quad \text{cm}$$

**t<sub>f</sub>**: Espessura do banzo.

$$t_f : \underline{\underline{10.70}} \quad \text{mm}$$

## Resistência à encurvadura: (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.3.3)

**A**: Área da secção bruta.

$$A : \underline{\underline{53.80}} \quad \text{cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondentes à fibra com maior tensão, em torno dos eixos Y e Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{\underline{628.00}} \quad \text{cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{\underline{125.00}} \quad \text{cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{\underline{235.00}} \quad \text{MPa}$$

$$f_{yd} = f_y/\gamma_{M1}$$

Sendo:

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{\underline{235.00}} \quad \text{MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M1} : \underline{\underline{1.00}}$$

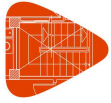
$K_{yy}$ ,  $K_{yz}$ ,  $K_{zy}$ ,  $K_{zz}$ : Coeficientes de interacção.

$$K_{yy} = C_{m,y} \cdot C_{m,LT} \cdot \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{1}{C_{yy}}$$

$$K_{yy} : \underline{\underline{0.99}}$$

$$K_{yz} = C_{m,z} \cdot \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{1}{C_{yz}} \cdot 0.6 \cdot \sqrt{\frac{W_z}{W_y}}$$

$$K_{yz} : \underline{\underline{0.68}}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

$$k_{zy} = C_{m,y} \cdot C_{m,LT} \cdot \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{1}{C_{zy}} \cdot 0.6 \cdot \sqrt{\frac{W_y}{W_z}}$$

$$K_{zy} : \underline{0.52}$$

$$k_{zz} = C_{m,z} \cdot \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{1}{C_{zz}}$$

$$K_{zz} : \underline{0.98}$$

Termos auxiliares:

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}{1 - \chi_y \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}$$

$$\mu_y : \underline{1.00}$$

$$\mu_z = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}{1 - \chi_z \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}$$

$$\mu_z : \underline{1.00}$$

$$C_{yy} = 1 + (w_y - 1) \cdot \left[ \left( 2 - \frac{1.6}{w_y} \cdot C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max} - \frac{1.6}{w_y} \cdot C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^{-2} \right) \cdot n_{pl} - b_{LT} \right] \geq \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}$$

$$C_{yy} : \underline{1.01}$$

$$C_{yz} = 1 + (w_z - 1) \cdot \left[ \left( 2 - 14 \cdot \frac{C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^{-2}}{w_z^5} \right) \cdot n_{pl} - c_{LT} \right] \geq 0.6 \cdot \sqrt{\frac{w_z}{w_y}} \cdot \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}$$

$$C_{yz} : \underline{1.03}$$

$$C_{zy} = 1 + (w_y - 1) \cdot \left[ \left( 2 - 14 \cdot \frac{C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^{-2}}{w_y^5} \right) \cdot n_{pl} - d_{LT} \right] \geq 0.6 \cdot \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \cdot \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}$$

$$C_{zy} : \underline{1.01}$$

$$C_{zz} = 1 + (w_z - 1) \cdot \left[ \left( 2 - \frac{1.6}{w_z} \cdot C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max} - \frac{1.6}{w_z} \cdot C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^{-2} - e_{LT} \right) \cdot n_{pl} \right] \geq \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}$$

$$C_{zz} : \underline{1.02}$$

$$a_{LT} = 1 - \frac{I_1}{I_y} \geq 0$$

$$a_{LT} : \underline{1.00}$$

$$b_{LT} = 0.5 \cdot a_{LT} \cdot \bar{\lambda}_0^{-2} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}}$$

$$b_{LT} : \underline{0.00}$$

$$c_{LT} = 10 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0^{-2}}{5 + \bar{\lambda}_z^{-4}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{m,y} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}}$$

$$c_{LT} : \underline{0.00}$$

$$d_{LT} = 2 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0}{0.1 + \bar{\lambda}_z^{-4}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{m,y} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{C_{m,z} \cdot M_{pl,Rd,z}}$$

$$d_{LT} : \underline{0.00}$$

$$e_{LT} = 1.7 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0}{0.1 + \bar{\lambda}_z^{-4}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{m,y} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}}$$

$$e_{LT} : \underline{0.00}$$

$$w_y = \frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}} \leq 1.5$$

$$w_y : \underline{1.13}$$

$$w_z = \frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}} \leq 1.5$$

$$w_z : \underline{1.50}$$

$$n_{pl} = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}$$

$$n_{pl} : \underline{0.03}$$

Dado que:

$$\bar{\lambda}_0 \leq 0.2 \cdot \sqrt{C_1} \cdot \sqrt{\left( 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}} \right) \cdot \left( 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,T}} \right)}$$

$$0.00 \leq 0.20$$

$$C_{m,y} = C_{m,y,0}$$

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} = C_{m,z,0}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} = 1.00$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

$C_{m,y,0}$  /  $C_{m,z,0}$ : Coeficientes de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y,0} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z,0} : \underline{1.00}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

$C_1$ : Coeficiente que depende das condições de apoio e da forma da distribuição dos momentos flectores sobre a barra.

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de redução por encurvadura, em redor dos eixos Y e Z, respectivamente.

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de redução por encurvadura lateral.

$\bar{\lambda}_{máx}$ : Esbelteza máxima entre  $\bar{\lambda}_y$  e  $\bar{\lambda}_z$ .

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbeltezas reduzidas em relação aos eixos Y e Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_{LT}$ : Esbelteza reduzida.

$\bar{\lambda}_0$ : Esbelteza reduzida, em relação à encurvadura lateral, para um momento flector uniforme.

$W_{el,y}, W_{el,z}$ : Módulos resistentes elásticos correspondentes à fibra comprimida, em torno dos eixos Y e Z, respectivamente.

$N_{cr,y}$ : Esforço axial crítico elástico de encurvadura por flexão relativamente ao eixo Y.

$N_{cr,z}$ : Esforço axial crítico elástico de encurvadura por flexão relativamente ao eixo Z.

$N_{cr,T}$ : Esforço axial crítico elástico de encurvadura por torção.

$I_y$ : Momento de inércia da secção bruta, em relação ao eixo Y.

$I_t$ : Momento de inércia à torção uniforme.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

$$\chi_{LT} : \underline{1.00}$$

$$\bar{\lambda}_{máx} : \underline{0.10}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.03}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.10}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.00}$$

$$\bar{\lambda}_0 : \underline{0.00}$$

$$W_{el,y} : \underline{557.07} \text{ cm}^3$$

$$W_{el,z} : \underline{80.53} \text{ cm}^3$$

$$N_{cr,y} : \underline{1924309.67} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : \underline{139095.62} \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

$$I_y : \underline{8356.00} \text{ cm}^4$$

$$I_t : \underline{20.10} \text{ cm}^4$$

## Resistência à flexão composta e esforço transverso combinados (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.10)

Não é necessário reduzir as resistências de cálculo à flexão e ao esforço axial, já que se pode ignorar o efeito de encurvadura local por esforço transversal e, além disso, o esforço transversal actuante de cálculo mais desfavorável  $V_{Ed}$  é menor ou igual a 50% do esforço transversal resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa0graus.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

Em que:

$V_{Ed,z}$ : Esforço transversal actuante de cálculo desfavorável.

$V_{c,Rd,z}$ : Esforço transversal resistente de cálculo.

$$29.19 \text{ kN} \leq 171.81 \text{ kN} \quad \checkmark$$

$$V_{Ed,z} : \underline{29.19} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} : \underline{343.62} \text{ kN}$$

## Resistência à torção (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.7)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.541} \quad \checkmark$$

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa0graus.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor actuante de cálculo desfavorável.

$$M_{T,Ed} : \underline{1.38} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

O momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  é dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{2.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Em que:

$W_T$ : Módulo de resistência à torção.

$$W_T : \underline{18.79} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Sendo:

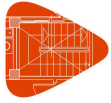
$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$





# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência ao esforço transversal Z e momento torsor combinados (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.7)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.073} \quad \checkmark$$

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se num ponto situado a uma distância de 0.179 m do nó N12, para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa90graus.

$V_{Ed}$ : Esforço transversal actuante de cálculo desfavorável.

$$V_{Ed} : \underline{25.15} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor actuante de cálculo desfavorável.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

O esforço transversal resistente de cálculo reduzido  $V_{pl,T,Rd}$  é dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{343.62} \text{ kN}$$

Em que:

$V_{pl,Rd}$ : Esforço transversal resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{348.28} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensões tangenciais por torção.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{4.51} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Sendo:

$W_T$ : Módulo de resistência à torção.

$$W_T : \underline{18.79} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Sendo:

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência ao esforço transversal Y e momento torsor combinados (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.7)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de acções  
1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa90graus.

$V_{Ed}$ : Esforço transversal actuante de cálculo desfavorável.

$$V_{Ed} : \underline{0.04} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor actuante de cálculo desfavorável.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

O esforço transversal resistente de cálculo reduzido  $V_{pl,T,Rd}$  é dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{455.39} \text{ kN}$$

Em que:

$V_{pl,Rd}$ : Esforço transversal resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{461.57} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensões tangenciais por torção.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{4.51} \text{ MPa}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Sendo:

$W_T$ : Módulo de resistência à torção.

$$W_T : \underline{18.79} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

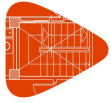
Sendo:

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

**A:** Área da secção bruta.

**W<sub>pl,y</sub>, W<sub>pl,z</sub>:** Módulos resistentes plásticos correspondentes à fibra com maior tensão, em torno dos eixos Y e Z, respectivamente.

**f<sub>yd</sub>:** Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Sendo:

**f<sub>y</sub>:** Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de segurança do material.

**K<sub>yy</sub>, K<sub>yz</sub>, K<sub>zy</sub>, K<sub>zz</sub>:** Coeficientes de interacção.

$$k_{yy} = C_{m,y} \cdot C_{m,LT} \cdot \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{1}{C_{yy}}$$

$$k_{yz} = C_{m,z} \cdot \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{1}{C_{yz}} \cdot 0.6 \cdot \sqrt{\frac{W_z}{W_y}}$$

$$k_{zy} = C_{m,y} \cdot C_{m,LT} \cdot \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{1}{C_{zy}} \cdot 0.6 \cdot \sqrt{\frac{W_y}{W_z}}$$

$$k_{zz} = C_{m,z} \cdot \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{1}{C_{zz}}$$

Termos auxiliares:

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}{1 - \chi_y \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}$$

$$\mu_z = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}{1 - \chi_z \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}$$

$$C_{yy} = 1 + (w_y - 1) \cdot \left[ \left( 2 - \frac{1.6}{w_y} \cdot C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max} - \frac{1.6}{w_y} \cdot C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2 \right) \cdot n_{pl} - b_{LT} \right] \geq \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}$$

$$C_{yz} = 1 + (w_z - 1) \cdot \left[ \left( 2 - 14 \cdot \frac{C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2}{w_z^5} \right) \cdot n_{pl} - c_{LT} \right] \geq 0.6 \cdot \sqrt{\frac{W_z}{w_y}} \cdot \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}$$

$$C_{zy} = 1 + (w_y - 1) \cdot \left[ \left( 2 - 14 \cdot \frac{C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2}{w_y^5} \right) \cdot n_{pl} - d_{LT} \right] \geq 0.6 \cdot \sqrt{\frac{w_y}{W_z}} \cdot \frac{W_{el,y}}{W_{pl,y}}$$

$$C_{zz} = 1 + (w_z - 1) \cdot \left[ \left( 2 - \frac{1.6}{w_z} \cdot C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max} - \frac{1.6}{w_z} \cdot C_{mz}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2 - e_{LT} \right) \cdot n_{pl} \right] \geq \frac{W_{el,z}}{W_{pl,z}}$$

$$a_{LT} = 1 - \frac{I_z}{I_y} \geq 0$$

$$b_{LT} = 0.5 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0^{-2}}{\chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}}$$

$$c_{LT} = 10 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0^{-2}}{5 + \bar{\lambda}_z^{-4}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{m,y} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}}$$

$$d_{LT} = 2 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0}{0.1 + \bar{\lambda}_z^{-4}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{m,y} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{C_{m,z} \cdot M_{pl,Rd,z}}$$

$$e_{LT} = 1.7 \cdot a_{LT} \cdot \frac{\bar{\lambda}_0}{0.1 + \bar{\lambda}_z^{-4}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{C_{m,y} \cdot \chi_{LT} \cdot M_{pl,Rd,y}}$$

**A :** 53.80 cm<sup>2</sup>  
**W<sub>pl,y</sub> :** 628.00 cm<sup>3</sup>  
**W<sub>pl,z</sub> :** 125.00 cm<sup>3</sup>  
**f<sub>yd</sub> :** 235.00 MPa

**f<sub>y</sub> :** 235.00 MPa  
**γ<sub>M1</sub> :** 1.00

**K<sub>yy</sub> :** 0.99

**K<sub>yz</sub> :** 0.68

**K<sub>zy</sub> :** 0.52

**K<sub>zz</sub> :** 0.98

**μ<sub>y</sub> :** 1.00

**μ<sub>z</sub> :** 1.00

**C<sub>yy</sub> :** 1.01

**C<sub>yz</sub> :** 1.03

**C<sub>zy</sub> :** 1.01

**C<sub>zz</sub> :** 1.02

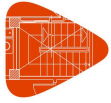
**a<sub>LT</sub> :** 1.00

**b<sub>LT</sub> :** 0.00

**c<sub>LT</sub> :** 0.00

**d<sub>LT</sub> :** 0.00

**e<sub>LT</sub> :** 0.00



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência à torção (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.7)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.535} \quad \checkmark$$

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de acções PP+Cargapermanente(gi)+1.5·Ventonasparedesa0graus.

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor actuante de cálculo desfavorável.

$$M_{T,Ed} : \underline{1.36} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

O momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  é dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{2.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Em que:

$W_T$ : Módulo de resistência à torção.

$$W_T : \underline{18.79} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

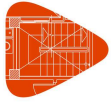
Sendo:

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## **Resistência ao esforço transversal Y** (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.6)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de acções PP+Cargapermanente(gi)+1.5·Ventonasparedesa0graus.

$V_{Ed}$ : Esforço transversal actuante de cálculo desfavorável.

$$V_{Ed} : \underline{2.05} \text{ kN}$$

O esforço transversal resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  é dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{461.57} \text{ kN}$$

Em que:

$A_v$ : Área transversal ao esforço transversal.

$$A_v : \underline{34.02} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Sendo:

$A$ : Área da secção bruta.

$$A : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

$d$ : Largura da alma.

$$d : \underline{278.60} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espessura da alma.

$$t_w : \underline{7.10} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistência de cálculo do aço.

$$f_{yd} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Sendo:

$f_y$ : Limite elástico. (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Tabela 3.1)

$$f_y : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$

## **Resistência ao momento flector Y e esforço transversal Z combinados** (Eurocódigo 3 NP EN 1993-1-1/NA: 2010, Artigo 6.2.8)

Não é necessário reduzir a resistência de cálculo à flexão, já que o esforço transversal actuante de cálculo desfavorável  $V_{Ed}$  não é superior a 50% da resistência de cálculo a esforço transversal  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$29.29 \text{ kN} \leq 174.14 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa0graus.

$V_{Ed}$ : Esforço transversal actuante de cálculo desfavorável.

$$V_{Ed} : \underline{29.29} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$ : Esforço transversal resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{348.28} \text{ kN}$$

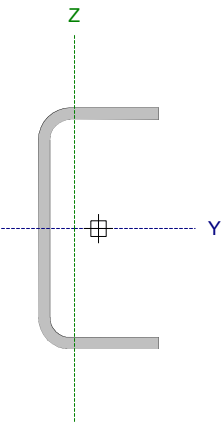


# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

Barra N72/N78

Perfil: UF-120x6 Material: Aço ( Fe 360)									
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas					
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	y <sub>g</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	z <sub>g</sub> <sup>(3)</sup> (mm)
		N72	N78	5.000	12.99	272.27	44.41	1.56	-11.87
Notas: <sup>(1)</sup> Inércia relativamente ao eixo indicado <sup>(2)</sup> Momento de inércia à torção uniforme <sup>(3)</sup> Coordenadas do centro de gravidade									
	Encurvadura			Encurvadura lateral					
			Plano XY	Plano XZ	Banzo sup.		Banzo inf.		
	β		1.00	1.00	0.00		0.00		
	L <sub>k</sub>		5.000	5.000	0.000		0.000		
	C <sub>1</sub>		-		1.000				
Anotação: β: Coeficiente de encurvadura L <sub>k</sub> : Comprimento de encurvadura (m) C <sub>1</sub> : Factor de modificação para o momento crítico									

## Relação largura / espessura (Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Ponto 5.2)

Deve satisfazer:

$$h/t \leq 500$$

$$h / t : \underline{20.0} \checkmark$$

$$b/t \leq 50$$

$$b / t : \underline{10.0} \checkmark$$

Em que:

**h**: Altura da alma.

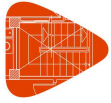
$$h : \underline{120.00} \text{ mm}$$

**b**: Largura dos banzos.

$$b : \underline{60.00} \text{ mm}$$

**t**: Espessura.

$$t : \underline{6.00} \text{ mm}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência à tracção (Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Ponto 6.1.2)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de acções PP+Cargapermanente(gi)+1.5·Ventonacobertura.

$N_{t,Ed}$ : Esforço axial de tracção actuante de cálculo desfavorável.

$$N_{t,Ed} : \underline{1.15} \text{ kN}$$

A resistência de cálculo à tracção  $N_{t,Rd}$  vem dada por:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{305.38} \text{ kN}$$

Em que:

$A_g$ : Área bruta da secção transversal da barra.

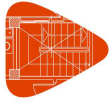
$$A_g : \underline{12.99} \text{ cm}^2$$

$f_{yb}$ : Limite elástico do material base.

$$f_{yb} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência à compressão (Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Ponto 6.1.3)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.009} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.089} \quad \checkmark$$

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa90graus.

$N_{c,Ed}$ : Esforço axial de compressão actuante de cálculo desfavorável.

$$N_{c,Ed} : \underline{2.78} \quad \text{kN}$$

A resistência de cálculo à compressão  $N_{c,Rd}$  vem dada por:

$$N_{c,Rd} = \frac{A_g \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{305.38} \quad \text{kN}$$

Em que:

$A_g$ : Área bruta da secção transversal da barra.

$$A_g : \underline{12.99} \quad \text{cm}^2$$

$f_{yb}$ : Limite elástico do material base.

$$f_{yb} : \underline{235.00} \quad \text{MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$

## Resistência à encurvadura. (Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Ponto 6.2)

A resistência de cálculo à encurvadura  $N_{b,Rd}$  numa barra comprimida vem dada por:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A_g \cdot f_{yb}}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{31.30} \quad \text{kN}$$

Em que:

$A_g$ : Área bruta da secção transversal da barra.

$$A_g : \underline{12.99} \quad \text{cm}^2$$

$f_{yb}$ : Limite elástico do material base.

$$f_{yb} : \underline{235.00} \quad \text{MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.00}$$

$\chi$ : Coeficiente de redução por encurvadura.

$$\chi : \underline{0.10}$$

O coeficiente de redução por encurvadura é o menor dos coeficientes de redução calculados:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_z : \underline{0.10}$$

$$\chi_{FT} : \underline{0.45}$$

Sendo:

$$\phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_z : \underline{5.30}$$

$$\phi_{FT} : \underline{1.41}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfeição elástica.

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_{FT} : \underline{0.49}$$

$\bar{\lambda}$ : Esbelteza reduzida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_g \cdot f_{yb}}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{2.88}$$

$$\bar{\lambda}_{FT} : \underline{1.16}$$

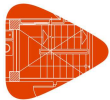
$N_{cr,z}$ : Esforço axial crítico elástico de encurvadura por flexão, em relação ao eixo Z.

$$N_{cr,z} : \underline{36.82} \quad \text{kN}$$

$N_{cr,FT}$ : Esforço axial crítico elástico de encurvadura por flexão-torção.

$$N_{cr,FT} : \underline{225.72} \quad \text{kN}$$





# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência à flexão. Eixo Y (Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Ponto 6.1.4.1)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.247} \quad \checkmark$$

Para flexão positiva:

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se no nó N78, para a combinação de acções PP+Cargapermanente(gi)+1.5·Ventonacobertura.

$M_{y,Ed}$ : Momento flector actuante de cálculo desfavorável.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{1.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexão negativa:

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se no nó N78, para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa0graus.

$M_{y,Ed}$ : Momento flector actuante de cálculo desfavorável.

$$M_{y,Ed}^- : \underline{2.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

A resistência de cálculo à flexão  $M_{c,Rd}$  vem dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{10.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Em que:

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico correspondente à fibra de maior tensão.

$$W_{el} : \underline{45.38} \text{ cm}^3$$

$f_{yb}$ : Limite elástico do material base.

$$f_{yb} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

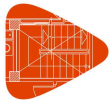
$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$

**Resistência a encurvadura lateral do banzo superior:** (Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Ponto 6.2.4)

A verificação a encurvadura lateral não é necessária, já que o comprimento de encurvadura lateral é nulo.

**Resistência a encurvadura lateral do banzo inferior:** (Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Ponto 6.2.4)

A verificação a encurvadura lateral não é necessária, já que o comprimento de encurvadura lateral é nulo.



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência à flexão. Eixo Z (Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Ponto 6.1.4.1)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.418} \quad \checkmark$$

Para flexão positiva:

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se no nó N72, para a combinação de acções PP+Cargapermanente(gi)+1.5·Ventonacobertura.

$M_{z,Ed}$ : Momento flector actuante de cálculo desfavorável.

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexão negativa:

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se no nó N72, para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc).

$M_{z,Ed}$ : Momento flector actuante de cálculo desfavorável.

$$M_{z,Ed}^- : \underline{1.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

A resistência de cálculo à flexão  $M_{c,Rd}$  vem dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{2.49} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Em que:

$W_{el}$ : Módulo resistente elástico correspondente à fibra de maior tensão.

$$W_{el} : \underline{10.61} \text{ cm}^3$$

$f_{yb}$ : Limite elástico do material base.

$$f_{yb} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$

## Resistência à flexão biaxial (Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Ponto 6.1.4.1)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.663} \quad \checkmark$$

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se no nó N78, para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa0graus.

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores actuantes de cálculo desfavoráveis, segundo os eixos Y e Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^- : \underline{2.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

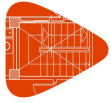
$$M_{z,Ed}^- : \underline{1.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

As resistências de cálculo vêm dadas por:

$M_{cy,Rd}$ ,  $M_{cz,Rd}$ : Resistência de cálculo à flexão, segundo os eixos Y e Z, respectivamente.

$$M_{cy,Rd} : \underline{10.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cz,Rd} : \underline{2.49} \text{ kN}\cdot\text{m}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência ao esforço transversal Y (Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Ponto 6.1.5)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.014} \quad \checkmark$$

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se no nó N72, para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc).

$V_{Ed}$ : Esforço transversal actuante de cálculo desfavorável.

$$V_{Ed} : \underline{1.25} \text{ kN}$$

O esforço transversal resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  é dado por:

$$V_{c,Rd} = 2 \cdot b_d \cdot t \cdot \frac{f_{yb}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{86.60} \text{ kN}$$

Em que:

$b_d$ : Largura dos banzos horizontais.

$$b_d : \underline{53.19} \text{ mm}$$

$t$ : Espessura.

$$t : \underline{6.00} \text{ mm}$$

$f_{yb}$ : Limite elástico do material base.

$$f_{yb} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$

## Resistência ao esforço transversal Z (Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Ponto 6.1.5)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.035} \quad \checkmark$$

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se no nó N78, para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa0graus.

$V_{Ed}$ : Esforço transversal actuante de cálculo desfavorável.

$$V_{Ed} : \underline{3.02} \text{ kN}$$

O esforço transversal resistente de cálculo  $V_{b,Rd}$  é dado por:

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin \phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{b,Rd} : \underline{87.00} \text{ kN}$$

Em que:

$h_w$ : Altura da alma.

$$h_w : \underline{106.38} \text{ mm}$$

$t$ : Espessura.

$$t : \underline{6.00} \text{ mm}$$

$\phi$ : Ângulo que forma a alma com a horizontal.

$$\phi : \underline{90.0} \text{ graus}$$

$f_{bv}$ : Resistência ao esforço transversal, tendo em conta a encurvadura.

$$\bar{\lambda}_w \leq 0.83 \rightarrow f_{bv} = 0.58 \cdot f_{yb}$$

$$f_{bv} : \underline{136.30} \text{ MPa}$$

Sendo:

$\bar{\lambda}_w$ : Esbelteza relativa da alma.

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$$

$$\bar{\lambda}_w : \underline{0.21}$$

Em que:

$f_{yb}$ : Limite elástico do material base.

$$f_{yb} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$E$ : Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{210000.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência à tracção e flexão (Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artigos 6.1.8 e 6.3)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,ten}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd,ten}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.181} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,com}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd,com}} - \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.272} \quad \checkmark$$

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se no nó N78, para a combinação de acções PP+Cargapermanente(gi)+1.5·Ventonacobertura.

**N<sub>t,Ed</sub>**: Esforço axial de tracção actuante de cálculo desfavorável.

$$N_{t,Ed} : \underline{1.15} \text{ kN}$$

**M<sub>y,Ed</sub>**, **M<sub>z,Ed</sub>**: Momentos flectores actuantes de cálculo desfavoráveis, segundo os eixos Y e Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{1.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

As resistências de cálculo vêm dadas por:

**N<sub>t,Rd</sub>**: Resistência de cálculo à tracção.

$$N_{t,Rd} : \underline{305.38} \text{ kN}$$

**M<sub>cy,Rd,ten</sub>**, **M<sub>cz,Rd,ten</sub>**: Resistência de cálculo à flexão para a máxima tensão de tracção, segundo os eixos Y e Z, respectivamente.

$$M_{cy,Rd,ten} : \underline{10.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cz,Rd,ten} : \underline{5.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**M<sub>cy,Rd,com</sub>**, **M<sub>cz,Rd,com</sub>**: Resistência de cálculo à flexão para a máxima tensão de compressão, segundo os eixos Y e Z, respectivamente.

$$M_{cy,Rd,com} : \underline{10.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cz,Rd,com} : \underline{2.49} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

## Resistência à compressão e flexão (Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artigos 6.1.9 e 6.2.5)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,com}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd,com}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.436} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,ten}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd,ten}} - \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.654} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left( \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \right)^{0.8} + \left( \frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd}} \right)^{0.8} + \left( \frac{M_{z,Ed}}{M_{cz,Rd}} \right)^{0.8} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.965} \quad \checkmark$$

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se no nó N78, para a combinação de acções 1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc)+1.5·Ventonasparedesa0graus.

**N<sub>c,Ed</sub>**: Esforço axial de compressão actuante de cálculo desfavorável.

$$N_{c,Ed} : \underline{2.75} \text{ kN}$$

**M<sub>y,Ed</sub>**, **M<sub>z,Ed</sub>**: Momentos flectores actuantes de cálculo desfavoráveis, segundo os eixos Y e Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^- : \underline{2.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^- : \underline{1.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

As resistências de cálculo vêm dadas por:

**N<sub>c,Rd</sub>**: Resistência de cálculo à compressão.

$$N_{c,Rd} : \underline{305.38} \text{ kN}$$

**M<sub>cy,Rd,com</sub>**, **M<sub>cz,Rd,com</sub>**: Resistência de cálculo à flexão para a máxima tensão de compressão, segundo os eixos Y e Z, respectivamente.

$$M_{cy,Rd,com} : \underline{10.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cz,Rd,com} : \underline{5.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**M<sub>cy,Rd,ten</sub>**, **M<sub>cz,Rd,ten</sub>**: Resistência de cálculo à flexão para a máxima tensão de tracção, segundo os eixos Y e Z, respectivamente.

$$M_{cy,Rd,ten} : \underline{10.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cz,Rd,ten} : \underline{2.49} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

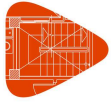
**N<sub>b,Rd</sub>**: Resistência de cálculo à compressão com encurvadura.

$$N_{b,Rd} : \underline{31.30} \text{ kN}$$

**M<sub>cy,Rd</sub>**, **M<sub>cz,Rd</sub>**: Resistência de cálculo à flexão, segundo os eixos Y e Z, respectivamente.

$$M_{cy,Rd} : \underline{10.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cz,Rd} : \underline{2.49} \text{ kN}\cdot\text{m}$$



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## **Resistência ao esforço transverso, axial e flexão** (Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Ponto 6.1.10)

Não é necessário reduzir as resistências de cálculo à flexão e esforço axial, já que os esforços transversos actuantes de cálculo desfavoráveis  $V_{y,Ed}$  e  $V_{z,Ed}$  são menores ou iguais que 50% dos correspondentes esforços transversos resistentes de cálculo  $V_{y,c,Rd}$  e  $V_{z,w,Rd}$ .

Os esforços actuantes de cálculo desfavoráveis produzem-se para a combinação de acções  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargapermanente}(gi) + 1.5 \cdot \text{Sobrecargadeutilização}(Sc)$ .

$$V_{y,Ed} \leq \frac{V_{y,c,Rd}}{2} \qquad \mathbf{0.127 \leq 4.414}$$

Em que:

$V_{y,Ed}$ : Esforço transverso actuante de cálculo desfavorável.

$$V_{y,Ed} : \frac{1.25}{\text{ kN}}$$

$V_{y,c,Rd}$ : Resistência de cálculo ao esforço transverso.

$$V_{y,c,Rd} : \frac{86.60}{\text{ kN}}$$

$$V_{z,Ed} \leq \frac{V_{z,w,Rd}}{2} \qquad \mathbf{0.302 \leq 4.434}$$

Em que:

$V_{z,Ed}$ : Esforço transverso actuante de cálculo desfavorável.

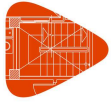
$$V_{z,Ed} : \frac{2.96}{\text{ kN}}$$

$V_{z,w,Rd}$ : Resistência de cálculo ao esforço transverso.

$$V_{z,w,Rd} : \frac{87.00}{\text{ kN}}$$

## **Resistência à torção combinada com esforço axial, flexão e esforço transverso** (Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Ponto 6.1.6)

A verificação não é necessária, já que não existe momento torsor.



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Resistência ao esforço transversal Z (Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Ponto 6.1.5)

Deve satisfazer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.035} \quad \checkmark$$

O esforço actuante de cálculo desfavorável produz-se no nó N60, para a combinação de acções

1.35·PP+1.35·Cargapermanente(gi)+1.5·Sobrecargadeutilização(Sc).

$V_{Ed}$ : Esforço transversal actuante de cálculo desfavorável.

$$V_{Ed} : \underline{3.02} \quad \text{kN}$$

O esforço transversal resistente de cálculo  $V_{b,Rd}$  é dado por:

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin \phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{b,Rd} : \underline{87.00} \quad \text{kN}$$

Em que:

$h_w$ : Altura da alma.

$$h_w : \underline{106.38} \quad \text{mm}$$

$t$ : Espessura.

$$t : \underline{6.00} \quad \text{mm}$$

$\phi$ : Ângulo que forma a alma com a horizontal.

$$\phi : \underline{90.0} \quad \text{graus}$$

$f_{bv}$ : Resistência ao esforço transversal, tendo em conta a encurvadura.

$$\bar{\lambda}_w \leq 0.83 \rightarrow f_{bv} = 0.58 \cdot f_{yb}$$

$$f_{bv} : \underline{136.30} \quad \text{MPa}$$

Sendo:

$\bar{\lambda}_w$ : Esbelteza relativa da alma.

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$$

$$\bar{\lambda}_w : \underline{0.21}$$

Em que:

$f_{yb}$ : Limite elástico do material base.

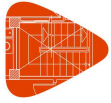
$$f_{yb} : \underline{235.00} \quad \text{MPa}$$

$E$ : Módulo de elasticidade.

$$E : \underline{210000.00} \quad \text{MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de segurança do material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.00}$$



## 1.- ESTRUTURA

### 1.1.- Ligações

#### 1.1.1.- Verificações em placas de amarração

Em cada placa de amarração realizam-se as seguintes verificações (assumindo a hipótese de placa rígida):

##### 1. Betão sobre o qual apoia a placa

Verifica-se que a tensão de compressão na interface placa de amarração-betão é menor que a tensão admissível do betão segundo a natureza de cada combinação.

##### 2. Pernos de ancoragem

*Resistência do material dos pernos:* Decompõem-se os esforços actuantes sobre a placa em axiais e transversos nos pernos e verifica-se que ambos os esforços, isoladamente e com interacção entre eles (tensão de Von Mises), produzem tensões menores que a tensão limite do material dos pernos.

*Ancoragem dos pernos:* Verifica-se a amarração dos pernos no betão, de forma a que não se produza deslizamento por falta de aderência, arrancamento do cone de ruptura ou fractura por esforço transversal (esmagamento).

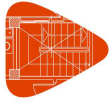
*Esmagamento:* Verifica-se que em cada perno não se ultrapassa o esforço transversal que produziria o esmagamento da placa contra o perno.

##### 3. Placa de amarração

*Tensões globais:* Em placas com consola, analisam-se quatro secções no perímetro do perfil, e verificam-se em todas elas que as tensões de Von Mises sejam menores que a tensão limite segundo a norma.

*Flechas globais relativas:* Verificam-se as consolas das placas para que não apareçam flechas maiores que 1/250 da consola.

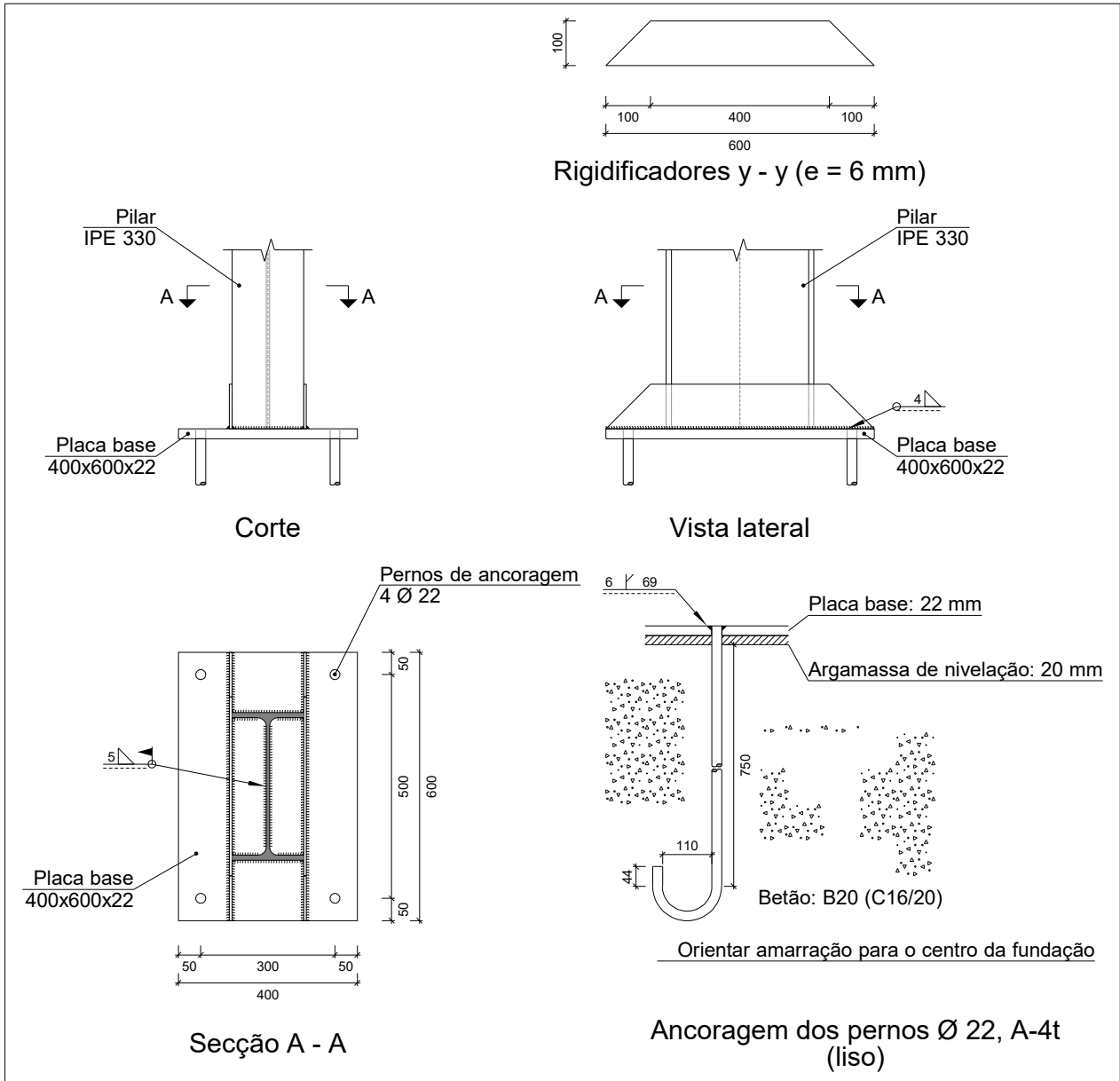
*Tensões locais:* Verificam-se as tensões de Von Mises em todas as placas locais nas que tanto o perfil como os rigidificadores dividem a placa de amarração propriamente dita. Os esforços em cada uma das subplacas obtêm-se a partir das tensões de contacto com o betão e as axiais dos pernos. O modelo gerado resolve-se por diferenças finitas.



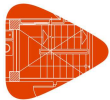
## 1.1.2.- Memória de cálculo

### 1.1.2.1.- Tipo 1

a) Pormenor







# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## b) Descrição dos componentes da ligação

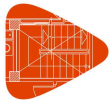
Elementos complementares											
Peça	Geometria				Furos				Aço		
	Esquema	Largura (mm)	Altura (mm)	Espessura (mm)	Quantidade	Diâmetro exterior (mm)	Diâmetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Placa base		400	600	22	4	34	24	6	Fe360	235.0	360.0
Rigidificador		600	100	6	-	-	-	-	Fe360	235.0	360.0

## c) Verificação

### 1) Pilar IPE 330

#### Ligações soldadas

Verificações geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ângulo (graus)			
Soldadura perimetral à placa	De ângulo	5	1095	7.5	90.00			
<i>a: Espessura efectiva</i> <i>l: Comprimento do cordão</i> <i>t: Espessuras de material</i>								
Verificações de resistência								
Ref.	Tensão de Von Mises				Tensão normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )		
Soldadura perimetral à placa	A verificação não é necessária.						360.0	0.80



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## 2) Placa de amarração

Referência:		
Verificação	Valores	Estado
Separação mínima entre pernos: <i>2 diâmetros</i>	Mínimo: 44 mm Calculado: 301 mm	Verifica
Afastamento mínimo pernos-bordo: <i>2 diâmetros</i>	Mínimo: 44 mm Calculado: 50 mm	Verifica
Esbelteza dos rigidificadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 48.5	Verifica
Comprimento mínimo do perno: <i>Calcula-se o comprimento de amarração necessário por aderência.</i>	Mínimo: 27 cm Calculado: 75 cm	Verifica
Amarração perno no betão: - Tracção:  - Transverso:  - Tracção + Transverso:	Máximo: 65.01 kN Calculado: 51.59 kN  Máximo: 45.51 kN Calculado: 7.18 kN  Máximo: 65.01 kN Calculado: 61.84 kN	Verifica  Verifica  Verifica
Tracção nos pernos:	Máximo: 58.18 kN Calculado: 51.84 kN	Verifica
Tensão de Von Mises nos pernos:	Máximo: 240 MPa Calculado: 176.032 MPa	Verifica
Esmagamento do perno na placa: <i>Limite de esforço de corte num perno actuando contra a placa</i>	Máximo: 227.48 kN Calculado: 7.18 kN	Verifica
Tensão de Von Mises em secções globais: - Direita: - Esquerda: - Acima: - Abaixo:	Máximo: 235 MPa Calculado: 124.534 MPa Calculado: 124.534 MPa Calculado: 175.221 MPa Calculado: 175.221 MPa	Verifica Verifica Verifica Verifica
Flecha global equivalente: <i>Limite da deformabilidade das consolas</i> - Direita: - Esquerda: - Acima: - Abaixo:	Mínimo: 250 Calculado: 862.317 Calculado: 862.317 Calculado: 3814.61 Calculado: 3814.61	Verifica Verifica Verifica Verifica
Tensão de Von Mises local: <i>Tensão por tracção de pernos sobre placas em consola</i>	Máximo: 235 MPa Calculado: 0 MPa	Verifica
Cumrem-se todas as verificações		



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Ligações soldadas

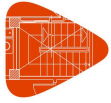
Verificações geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparação de bordos (mm)	l (mm)	t (mm)	Ângulo (graus)
Rigidificador y-y (x = -83): Soldadura à placa base	De ângulo	4	--	600	6.0	90.00
Rigidificador y-y (x = 83): Soldadura à placa base	De ângulo	4	--	600	6.0	90.00
Soldadura dos pernos à placa base	Com penetração parcial	--	6	69	22.0	90.00
<i>a: Espessura efectiva</i> <i>l: Comprimento do cordão</i> <i>t: Espessuras de material</i>						

Verificações de resistência									
Ref.	Tensão de Von Mises					Tensão normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidificador y-y (x = -83): Soldadura à placa base	A verificação não é necessária.							360.0	0.80
Rigidificador y-y (x = 83): Soldadura à placa base	A verificação não é necessária.							360.0	0.80
Soldadura dos pernos à placa base	0.0	0.0	187.5	324.8	90.22	0.0	0.00	360.0	0.80

### d) Medição

Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Execução	Tipo	Espessura da garganta (mm)	Comprimento de cordões (mm)
360.0	Em oficina	De ângulo	4	2354
		Topo a topo em bisel simples com zona não chanfrada ampla	6	276
	No local de montagem	De ângulo	5	1095

Placas de amarração				
Material	Elementos	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
Fe360	Placa base	1	400x600x22	41.45
	Rigidificadores contínuos	2	600/400x100/0x6	4.71
	Total			46.16
A-4t (liso)	Pernos de ancoragem	4	Ø 22 - L = 814 + 251	12.72
	Total			12.72

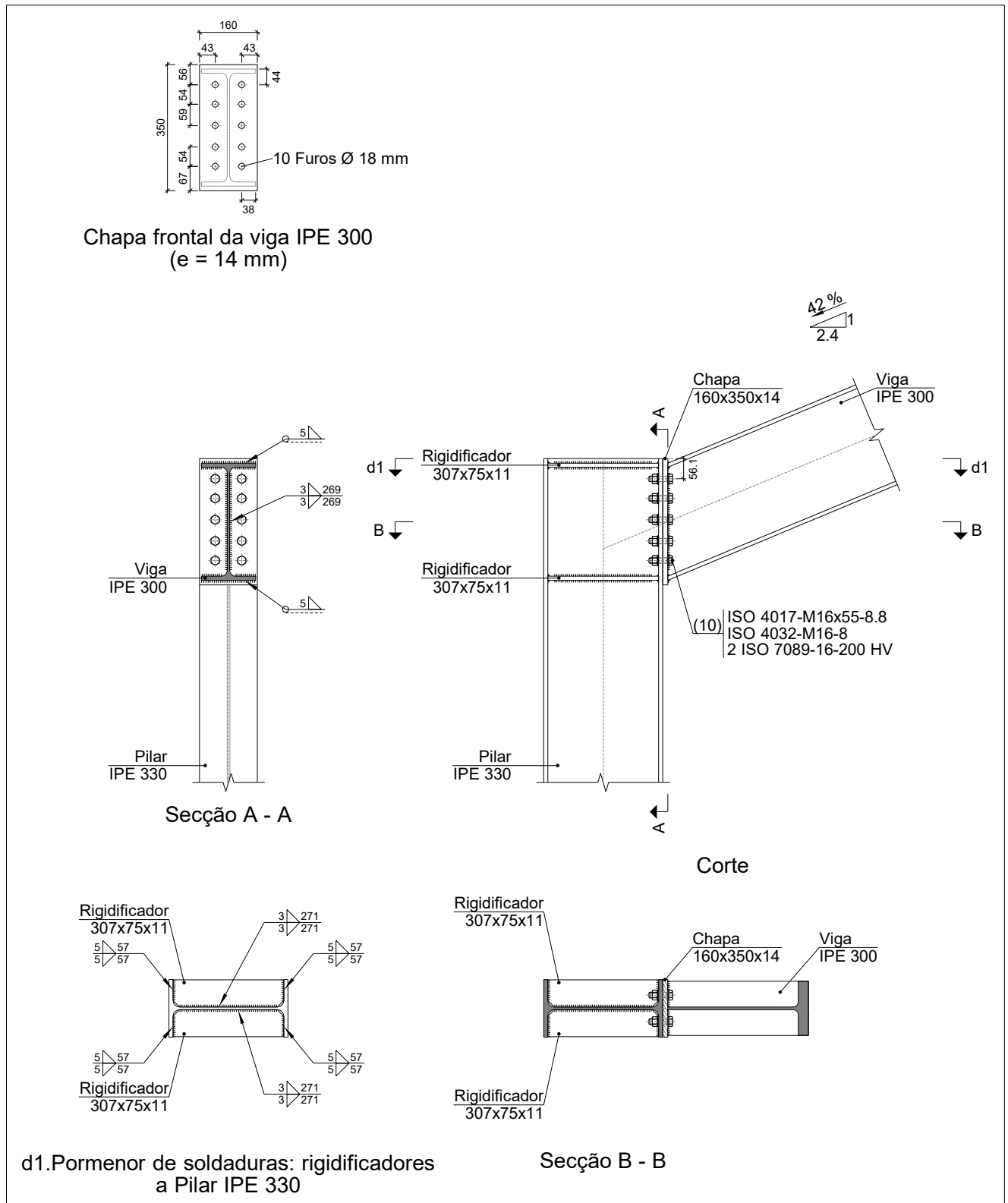


# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

a) Pormenor



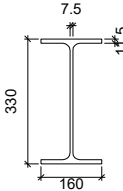
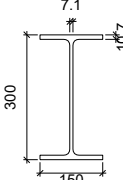


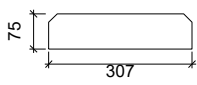
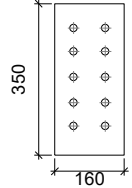
# Listagens

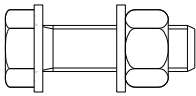
Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## b) Descrição dos componentes da ligação

Perfis									
Peça	Descrição	Geometria					Aço		
		Esquema	Altura total (mm)	Largura do banzo (mm)	Espessura do banzo (mm)	Espessura da alma (mm)	Tipo	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Pilar	IPE 330		330	160	11.5	7.5	Fe360	235.0	360.0
Viga	IPE 300		300	150	10.7	7.1	Fe360	235.0	360.0

Elementos complementares									
Peça	Geometria				Furos		Aço		
	Esquema	Largura (mm)	Altura (mm)	Espessura (mm)	Quantidade	Diâmetro (mm)	Tipo	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Rigidificador		307	75	11	-	-	Fe360	235.0	360.0
Chapa frontal: Viga IPE 300		160	350	14	10	18	Fe360	235.0	360.0

Parafusos						
Descrição	Geometria			Aço		
	Esquema	Diâmetro	Comprimento (mm)	Classe	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
ISO 4017-M16x55-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	55	8.8	640.0	800.0



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## c) Verificação

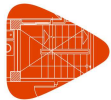
### 1) Pilar IPE 330

Verificações de resistência					
Componente	Verificação	Unidades	Desfavorável	Resistente	Aprov. (%)
Painel	Esbelteza	--	--	--	59.32
	Transverso	kN	161.66	297.10	54.41
Rigidificador superior	Tensão de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	105.52	235.00	44.90
Rigidificador inferior	Tensão de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	117.68	235.00	50.08
Rigidificador superior	Tensão de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	105.52	235.00	44.90
Rigidificador inferior	Tensão de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	117.68	235.00	50.08
Banzo	Arranque	N/mm <sup>2</sup>	98.46	235.00	41.90
	Transverso	N/mm <sup>2</sup>	86.54	235.00	36.83
Banzo	Tracção por flexão	kN	91.73	152.45	60.17
	Tracção	kN	19.10	203.57	9.38
Alma	Tracção	kN	70.74	99.79	70.88

## Ligações soldadas

Verificações geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ângulo (graus)
Soldadura do rigidificador superior aos banzos	De ângulo	5	57	11.0	90.00
Soldadura do rigidificador superior à alma	De ângulo	3	271	7.5	90.00
Soldadura do rigidificador inferior aos banzos	De ângulo	5	57	11.0	90.00
Soldadura do rigidificador inferior à alma	De ângulo	3	271	7.5	90.00
Soldadura do rigidificador superior aos banzos	De ângulo	5	57	11.0	90.00
Soldadura do rigidificador superior à alma	De ângulo	3	271	7.5	90.00
Soldadura do rigidificador inferior aos banzos	De ângulo	5	57	11.0	90.00
Soldadura do rigidificador inferior à alma	De ângulo	3	271	7.5	90.00

*a: Espessura efectiva*  
*l: Comprimento do cordão*  
*t: Espessuras de material*



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

Verificações de resistência									
Ref.	Tensão de Von Mises					Tensão normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura do rigidificador superior aos banzos	81.8	81.8	5.9	163.8	45.51	81.8	31.54	360.0	0.80
Soldadura do rigidificador superior à alma	0.0	0.0	40.6	70.4	19.55	0.0	0.00	360.0	0.80
Soldadura do rigidificador inferior aos banzos	91.0	91.0	7.7	182.6	50.72	91.1	35.13	360.0	0.80
Soldadura do rigidificador inferior à alma	0.0	0.0	45.0	78.0	21.67	0.0	0.00	360.0	0.80
Soldadura do rigidificador superior aos banzos	81.8	81.8	5.9	163.8	45.51	81.8	31.54	360.0	0.80
Soldadura do rigidificador superior à alma	0.0	0.0	40.6	70.4	19.55	0.0	0.00	360.0	0.80
Soldadura do rigidificador inferior aos banzos	91.0	91.0	7.7	182.6	50.72	91.1	35.13	360.0	0.80
Soldadura do rigidificador inferior à alma	0.0	0.0	45.0	78.0	21.67	0.0	0.00	360.0	0.80

## 2) Viga IPE 300

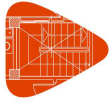
Verificações de resistência					
Componente	Verificação	Unidades	Desfavorável	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracção por flexão	kN	70.74	111.04	63.70
Banzo	Compressão	kN	219.50	396.07	55.42
	Tracção	kN	24.50	188.59	12.99
Alma	Tracção	kN	70.74	94.47	74.88

## Ligações soldadas

Verificações geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ângulo (graus)	
Soldadura do banzo superior	De ângulo	5	150	10.7	67.38	
Soldadura da alma	De ângulo	3	269	7.1	90.00	
Soldadura do banzo inferior	De ângulo	5	150	10.7	67.38	

*a: Espessura efectiva*  
*l: Comprimento do cordão*  
*t: Espessuras de material*

Verificações de resistência									
Ref.	Tensão de Von Mises					Tensão normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura do banzo superior	59.6	89.3	3.0	165.9	46.08	99.3	38.31	360.0	0.80
Soldadura da alma	151.7	151.7	25.8	306.7	85.20	151.7	58.53	360.0	0.80
Soldadura do banzo inferior	71.2	106.8	4.6	198.4	55.12	96.9	37.37	360.0	0.80

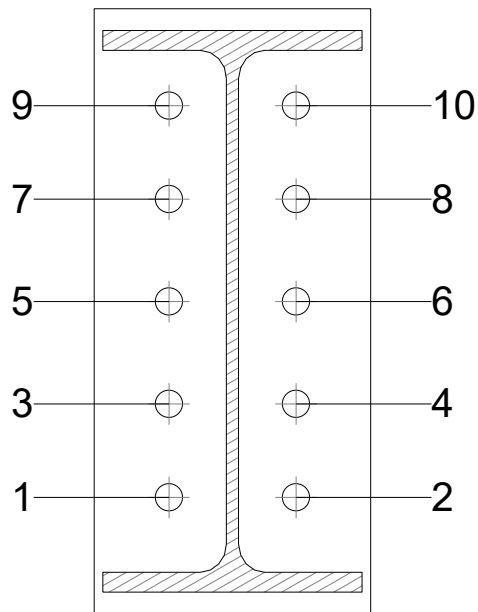


# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

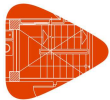
## Verificações para os parafusos



Disposições							
Perno	Denominação	$d_0$ (mm)	$e_1$ (mm)	$e_2$ (mm)	$p_1$ (mm)	$p_2$ (mm)	$m$ (mm)
1	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	43	54	74	33.0
2	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	43	54	74	33.0
3	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	43	54	74	33.0
4	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	43	54	74	33.0
5	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	43	59	74	33.0
6	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	43	59	74	33.0
7	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	43	54	74	33.0
8	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	43	54	74	33.0
9	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	43	54	74	32.0
10	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	43	54	74	32.0

--: A verificação não é necessária.





# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

Resistência										
Perno	Transverso				Tracção				Interacção tracção e esforço transverso	Aprov. Máx. (%)
	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Secção transversal	5.509	60.288	9.14	Espiga	20.269	90.432	22.41	18.15	22.41
	Esmagamento	5.509	100.639	5.47	Punçoamento	20.269	158.415	12.79		
2	Secção transversal	5.509	60.288	9.14	Espiga	20.269	90.432	22.41	18.15	22.41
	Esmagamento	5.509	100.639	5.47	Punçoamento	20.269	158.415	12.79		
3	Secção transversal	5.107	60.288	8.47	Espiga	19.374	90.432	21.42	22.60	22.60
	Esmagamento	5.107	111.722	4.57	Punçoamento	19.374	158.415	12.23		
4	Secção transversal	5.107	60.288	8.47	Espiga	19.374	90.432	21.42	22.60	22.60
	Esmagamento	5.107	111.722	4.57	Punçoamento	19.374	158.415	12.23		
5	Secção transversal	4.918	60.288	8.16	Espiga	35.581	90.432	39.35	35.84	39.35
	Esmagamento	4.918	112.208	4.38	Punçoamento	35.581	158.415	22.46		
6	Secção transversal	4.918	60.288	8.16	Espiga	35.581	90.432	39.35	35.84	39.35
	Esmagamento	4.918	112.208	4.38	Punçoamento	35.581	158.415	22.46		
7	Secção transversal	5.011	60.288	8.31	Espiga	53.566	90.432	59.23	50.20	59.23
	Esmagamento	5.011	100.230	5.00	Punçoamento	53.566	158.415	33.81		
8	Secção transversal	5.011	60.288	8.31	Espiga	53.566	90.432	59.23	50.20	59.23
	Esmagamento	5.011	100.230	5.00	Punçoamento	53.566	158.415	33.81		
9	Secção transversal	5.337	60.288	8.85	Espiga	54.412	90.432	60.17	51.50	60.17
	Esmagamento	5.337	132.480	4.03	Punçoamento	54.412	158.415	34.35		
10	Secção transversal	5.337	60.288	8.85	Espiga	54.412	90.432	60.17	51.50	60.17
	Esmagamento	5.337	132.480	4.03	Punçoamento	54.412	158.415	34.35		

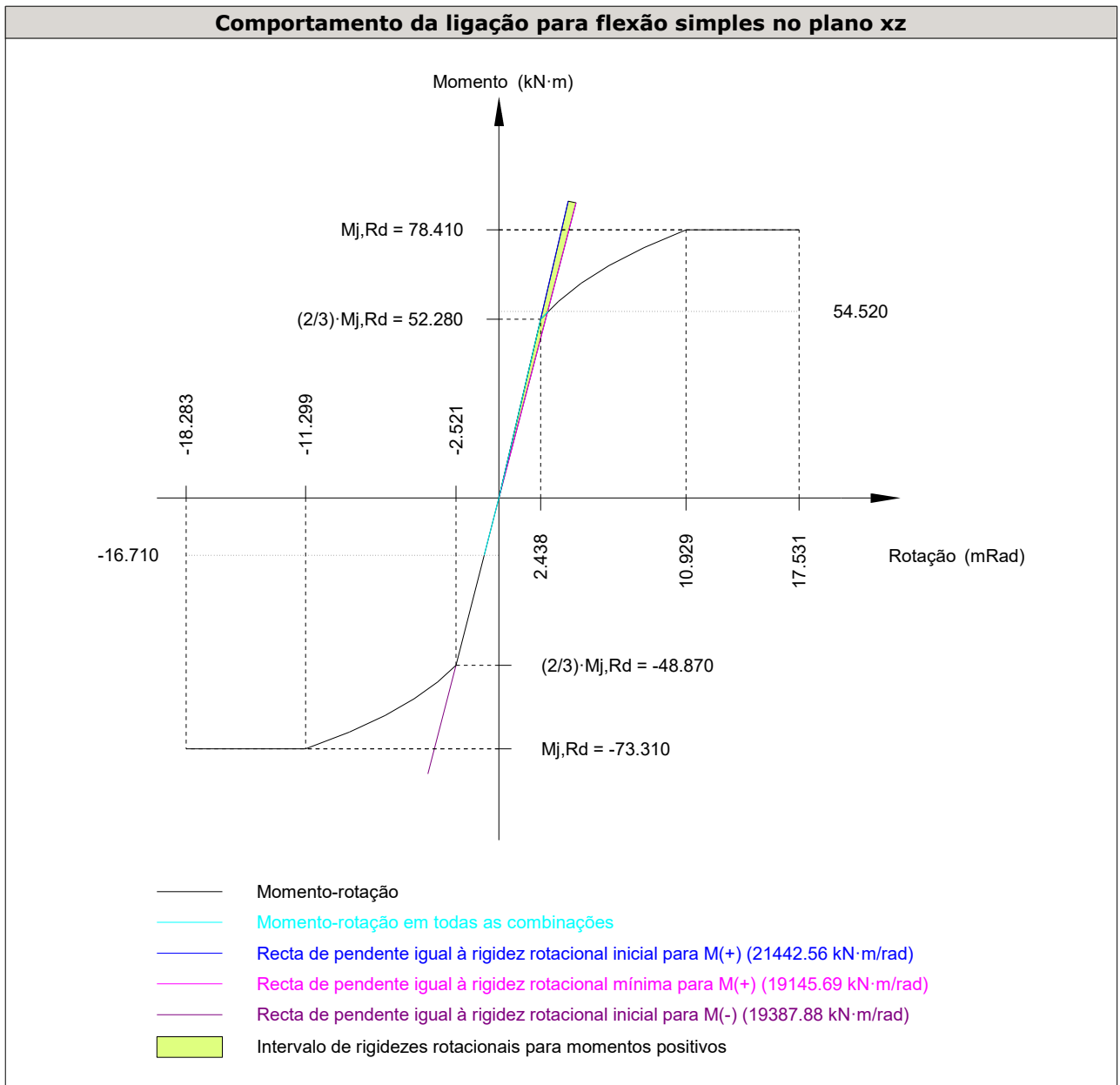


# Listagens

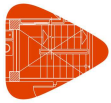
Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	3998.09	21442.56
Calculada para momentos negativos	3998.09	19387.88



Verificação	Unidades	Desfavorável	Resistente	Aprov. (%)
Relação entre modos 1 e 3	--	1.08	1.80	59.98
Momento resistente	kNm	54.52	78.41	69.52
Capacidade de rotação	mm	11.50	10.63	108.21



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## d) Medição

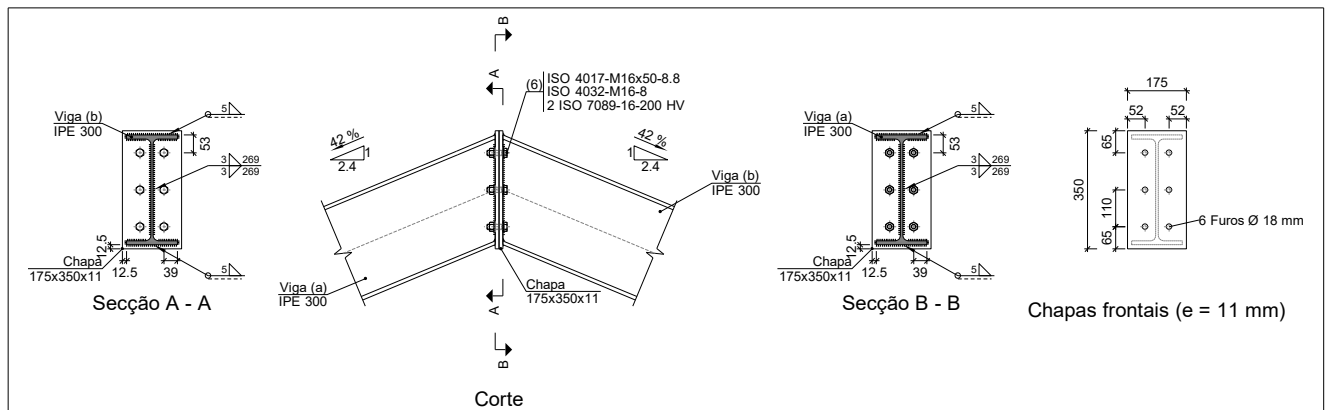
Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Execução	Tipo	Espessura da garganta (mm)	Comprimento de cordões (mm)
360.0	Em oficina	De ângulo	3	2707
			5	1438

Chapas				
Material	Tipo	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
Fe360	Rigidificadores	4	307x75x11	7.95
	Chapas	1	160x350x14	6.15
	Total			14.11

Elementos para aparafusar			
Tipo	Material	Quantidade	Descrição
Parafusos	Classe 8.8	10	ISO 4017-M16x55
Porcas	Classe 8	10	ISO 4032-M16
Anilhas	Dureza 200 HV	20	ISO 7089-16

### 1.1.2.3.- Tipo 3

#### a) Pormenor



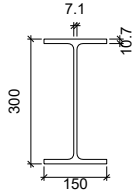


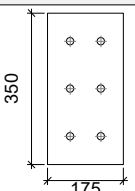
# Listagens

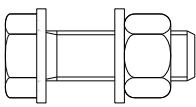
Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## b) Descrição dos componentes da ligação

Perfis									
Peça	Descrição	Geometria					Aço		
		Esquema	Altura total (mm)	Largura do banzo (mm)	Espessura do banzo (mm)	Espessura da alma (mm)	Tipo	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Viga	IPE 300		300	150	10.7	7.1	Fe360	235.0	360.0

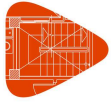
Elementos complementares									
Peça	Geometria				Furos		Aço		
	Esquema	Largura (mm)	Altura (mm)	Espessura (mm)	Quantidade	Diâmetro (mm)	Tipo	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Chapa frontal		175	350	11	6	18	Fe360	235.0	360.0

Parafusos						
Descrição	Geometria			Aço		
	Esquema	Diâmetro	Comprimento (mm)	Classe	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
ISO 4017-M16x50-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	50	8.8	640.0	800.0

## c) Verificação

### 1) Viga (a) IPE 300

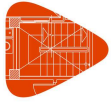
Verificações de resistência					
Componente	Verificação	Unidades	Desfavorável	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracção por flexão	kN	51.13	144.12	35.48
	Esmagamento	kN	89.37	408.61	21.87
Banzo	Tracção	kN	11.35	188.59	6.02
Alma	Tracção	kN	28.42	139.31	20.40

**Ligações soldadas**

<b>Verificações geométricas</b>					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ângulo (graus)
Soldadura do banzo superior	De ângulo	5	150	10.7	67.38
Soldadura da alma	De ângulo	3	269	7.1	90.00
Soldadura do banzo inferior	De ângulo	5	150	10.7	67.38

*a: Espessura efectiva*  
*l: Comprimento do cordão*  
*t: Espessuras de material*

<b>Verificações de resistência</b>									
Ref.	Tensão de Von Mises					Tensão normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura do banzo superior	28.1	42.2	0.2	78.3	21.76	38.3	14.78	360.0	0.80
Soldadura da alma	45.3	45.3	0.3	90.6	25.16	45.3	17.47	360.0	0.80
Soldadura do banzo inferior	30.1	45.2	0.2	83.9	23.31	35.1	13.54	360.0	0.80

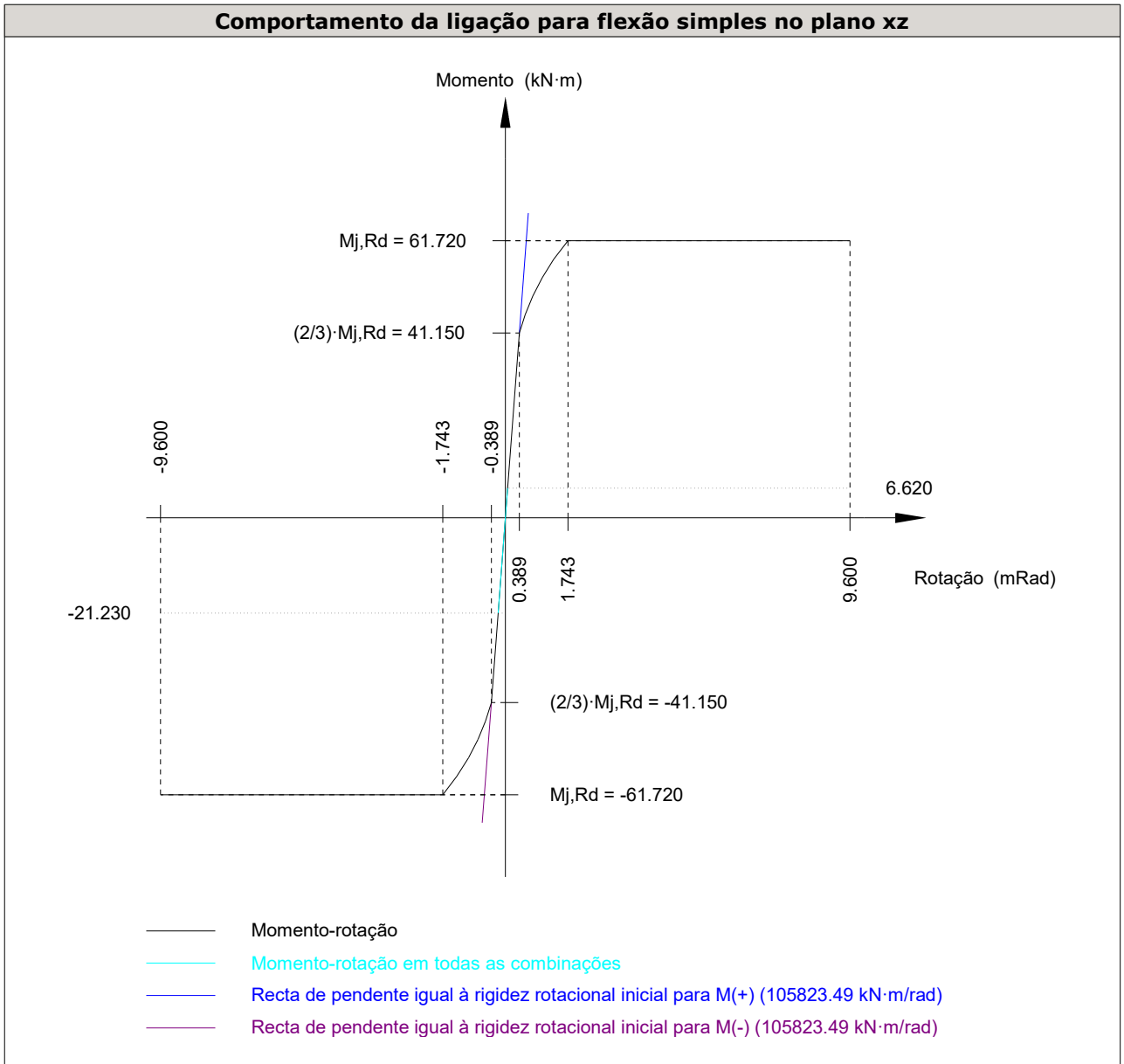


# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	34829.25	105823.49
Calculada para momentos negativos	34829.25	105823.49



Verificação	Unidades	Desfavorável	Resistente	Aprov. (%)
Relação entre modos 1 e 3	--	0.99	1.80	54.88
Momento resistente	kNm	21.23	61.72	34.39
Capacidade de rotação	mm	11.00	10.63	103.50



## 2) Viga (b) IPE 300

Verificações de resistência					
Componente	Verificação	Unidades	Desfavorável	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracção por flexão	kN	51.13	144.12	35.48
Banzo	Compressão	kN	89.37	408.61	21.87
	Tracção	kN	11.35	188.59	6.02
Alma	Tracção	kN	28.42	139.31	20.40

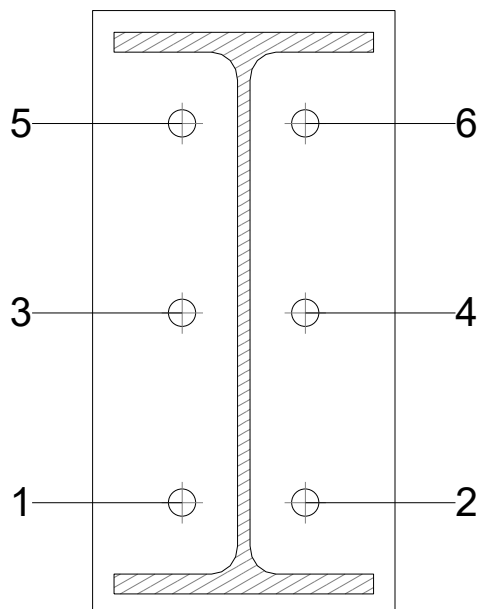
### Ligações soldadas

Verificações geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ângulo (graus)
Soldadura do banzo superior	De ângulo	5	150	10.7	67.38
Soldadura da alma	De ângulo	3	269	7.1	90.00
Soldadura do banzo inferior	De ângulo	5	150	10.7	67.38

*a: Espessura efectiva*  
*l: Comprimento do cordão*  
*t: Espessuras de material*

Verificações de resistência									
Ref.	Tensão de Von Mises					Tensão normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura do banzo superior	28.1	42.2	0.2	78.3	21.76	38.3	14.78	360.0	0.80
Soldadura da alma	45.3	45.3	0.3	90.6	25.16	45.3	17.47	360.0	0.80
Soldadura do banzo inferior	30.1	45.2	0.2	83.9	23.31	35.1	13.54	360.0	0.80

### Verificações para os parafusos





# Listagens

Galpao com duas aguas

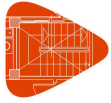
Data: 28/05/23

Disposições							
Perno	Denominação	d <sub>0</sub> (mm)	e <sub>1</sub> (mm)	e <sub>2</sub> (mm)	p <sub>1</sub> (mm)	p <sub>2</sub> (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	52	110	71	32.0
2	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	52	110	71	32.0
3	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	52	110	71	32.0
4	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	52	110	71	32.0
5	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	52	110	71	32.0
6	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	52	110	71	32.0

--: A verificação não é necessária.

Resistência										
Perno	Transverso				Tracção				Interação tracção e esforço transverso	Aprov. Máx. (%)
	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Verificação	Desfavorável (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Secção transversal	0.002	60.288	0.00	Espiga	32.084	90.432	35.48	25.35	35.48
	Esmagamento	0.002	133.213	0.00	Punçoamento	32.084	151.528	21.17		
2	Secção transversal	0.002	60.288	0.00	Espiga	32.084	90.432	35.48	25.35	35.48
	Esmagamento	0.002	128.156	0.00	Punçoamento	32.084	151.528	21.17		
3	Secção transversal	0.001	60.288	0.00	Espiga	19.847	90.432	21.95	15.68	21.95
					Punçoamento	19.847	151.528	13.10		
4	Secção transversal	0.001	60.288	0.00	Espiga	19.847	90.432	21.95	15.68	21.95
					Punçoamento	19.847	151.528	13.10		
5	Secção transversal	0.002	60.288	0.00	Espiga	12.245	90.432	13.54	9.67	13.54
	Esmagamento	0.002	128.156	0.00	Punçoamento	12.245	151.528	8.08		
6	Secção transversal	0.002	60.288	0.00	Espiga	12.245	90.432	13.54	9.67	13.54
	Esmagamento	0.002	133.213	0.00	Punçoamento	12.245	151.528	8.08		



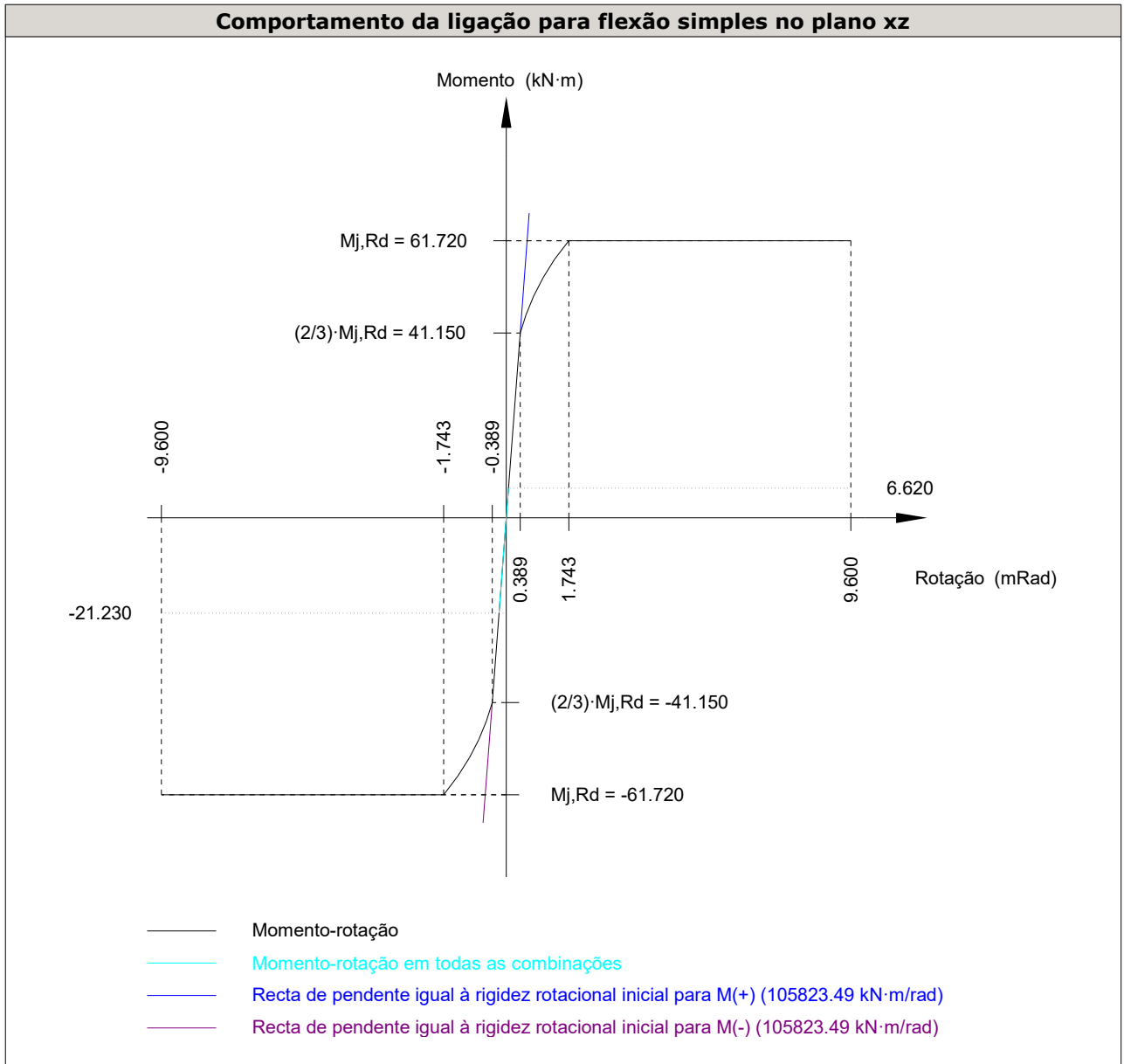


# Listagens

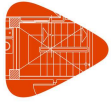
Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	34829.25	105823.49
Calculada para momentos negativos	34829.25	105823.49



Verificação	Unidades	Desfavorável	Resistente	Aprov. (%)
Relação entre modos 1 e 3	--	0.99	1.80	54.88
Momento resistente	kNm	21.23	61.72	34.39
Capacidade de rotação	mm	11.00	10.63	103.50



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## d) Medição

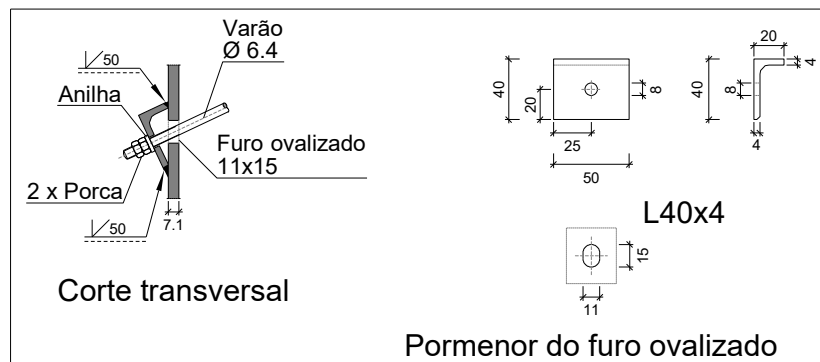
<b>Soldaduras</b>				
$f_u$ (MPa)	Execução	Tipo	Espessura da garganta (mm)	Comprimento de cordões (mm)
360.0	Em oficina	De ângulo	3	1077
			5	1144

<b>Chapas</b>				
Material	Tipo	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
Fe360	Chapas	2	175x350x11	10.58
	Total			

<b>Elementos para aparafusar</b>			
Tipo	Material	Quantidade	Descrição
Parafusos	Classe 8.8	6	ISO 4017-M16x50
Porcas	Classe 8	6	ISO 4032-M16
Anilhas	Dureza 200 HV	12	ISO 7089-16

### 1.1.2.4.- Tipo 4

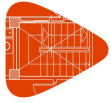
#### a) Pormenor



#### b) Verificação

##### 1) L40x4 (Fe360)

Verificação	Unidades	Desfavorável	Resistente	Aprov. (%)
Esforço transverso da secção transversal	kN	0.65	20.34	3.17
Flector	--	--	--	17.92



# Listagens

Galpao com duas aguas

Data: 28/05/23

## Ligações soldadas

Verificações geométricas									
Ref.	Tipo			Preparação de bordos (mm)			l (mm)		
Soldaduras de topo da cantoneira à peça	Em bisel simples			4			50		
<i>l: Comprimento do cordão</i>									
Verificações de resistência									
Ref.	Tensão de Von Mises					Tensão normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldaduras de topo da cantoneira à peça	A verificação não é necessária.							360.0	0.80

### c) Medição

Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Execução	Tipo	Espessura da garganta (mm)	Comprimento de cordões (mm)
360.0	Em oficina	Topo a topo em bisel simples	4	100

Cantoneiras				
Material	Tipo	Descrição (mm)	Comprimento (mm)	Peso (kg)
Fe360	Ancoragens de tirantes	L40x4	50	0.12
	Total			0.12

Elementos para aparafusar não normalizados		
Tipo	Quantidade	Descrição
Porcas	2	T6.4
Anilhas	1	A6.4



## 1.- FUNDAÇÃO

### 1.1.- Elementos de fundação isolados

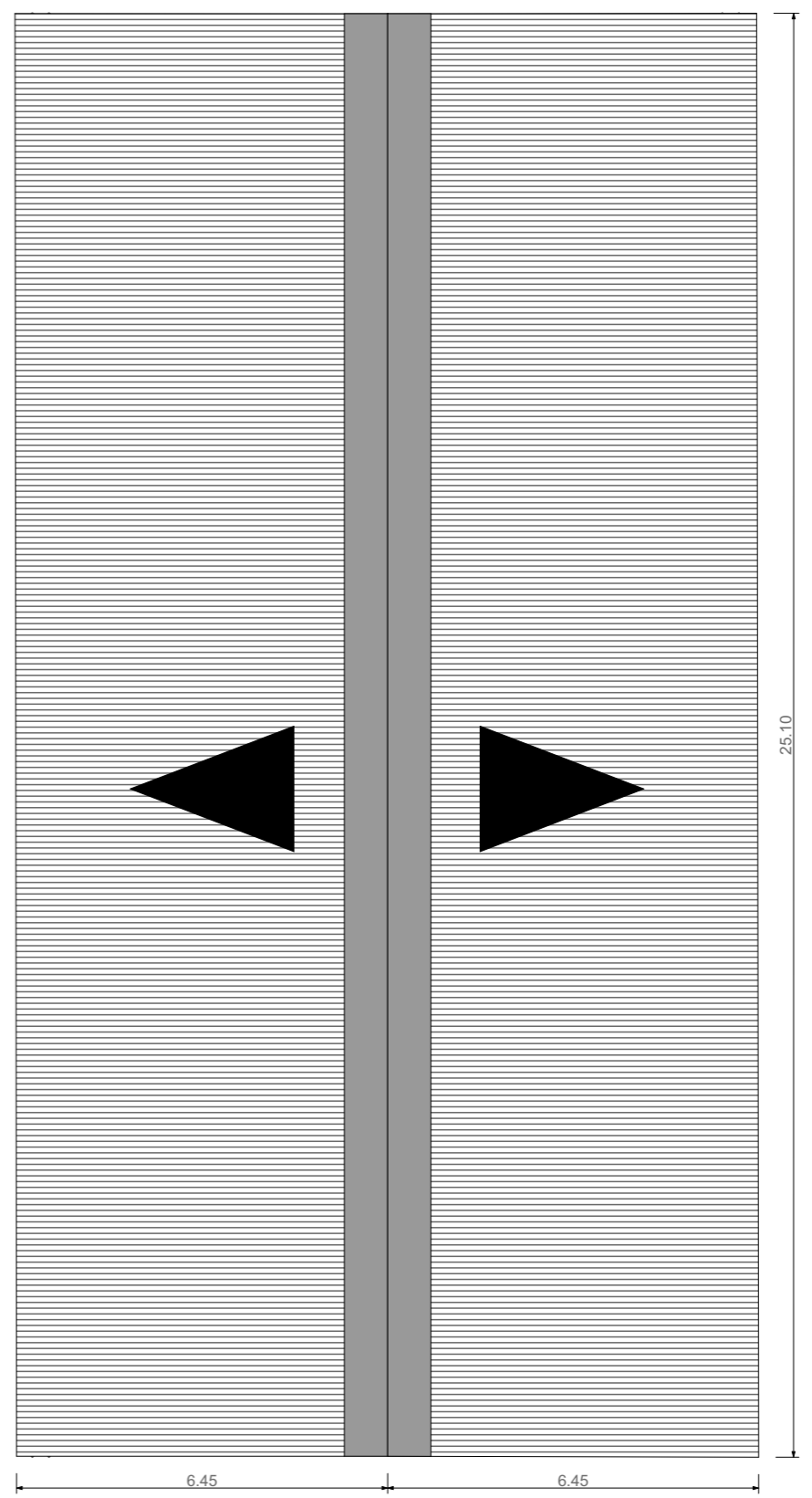
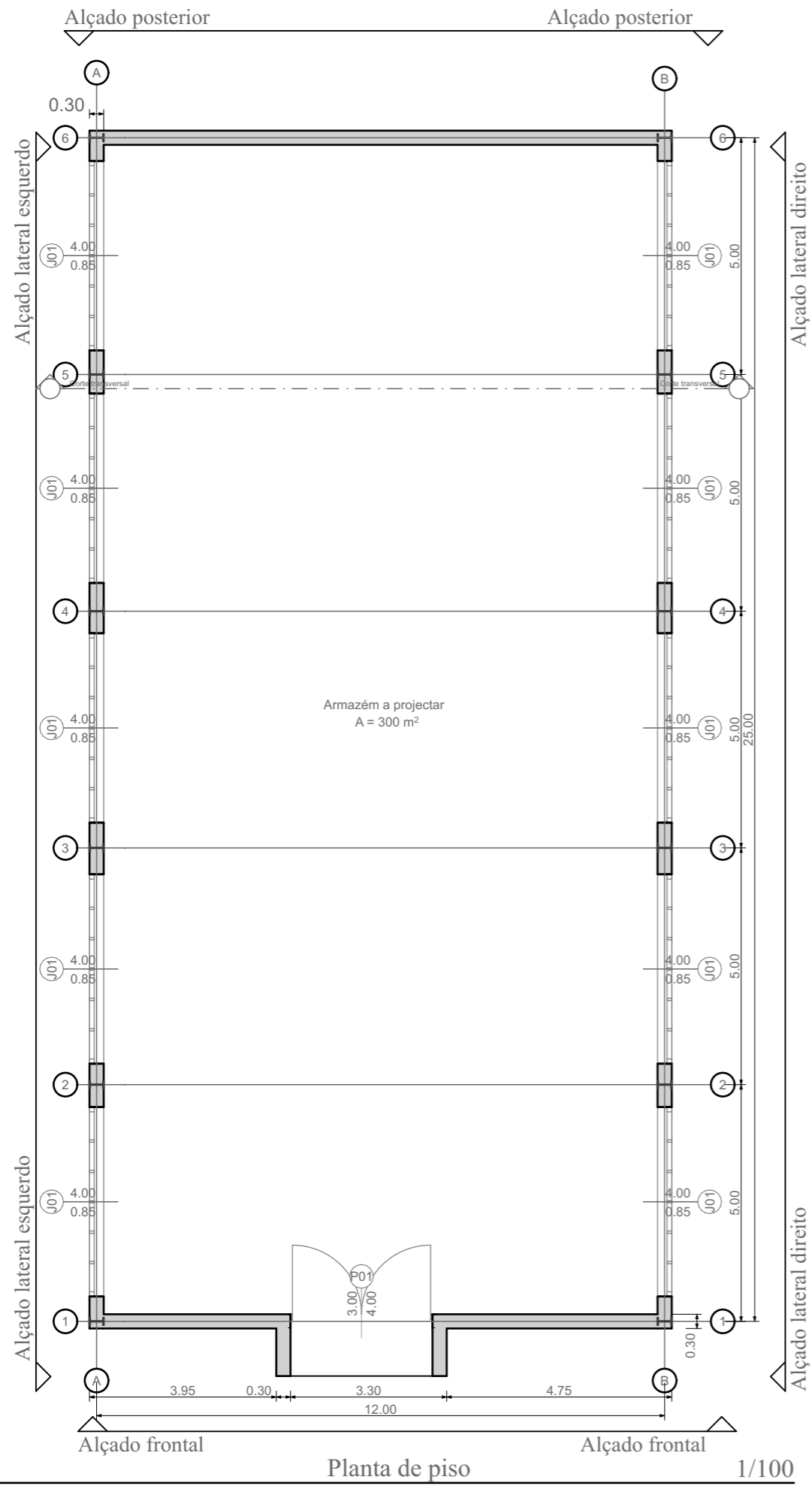
#### 1.1.1.- Descrição


Referências	Geometria	Armadura
N26, N29, N21, N24, N16, N19, N11, N14, N6, N9, N1 e N4	Sapata quadrada Largura: 200.0 cm Altura: 85.0 cm	Sup X: 13Ø16a/15 Sup Y: 13Ø16a/15 Inf X: 13Ø16a/15 Inf Y: 13Ø16a/15

#### 1.1.2.- Verificação

Referência: N26 Dimensões: 200 x 200 x 85 Armaduras: Xi:Ø16a/15 Yi:Ø16a/15 Xs:Ø16a/15 Ys:Ø16a/15		
Verificação	Valores	Estado
Tensões sobre o terreno: <i>Critério de CYPE Ingenieros</i> - Tensão média em combinações fundamentais:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0272718 MPa	Verifica
- Tensão máxima em combinações fundamentais sem vento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0424773 MPa	Verifica
- Tensão máxima em combinações fundamentais com vento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0660213 MPa	Verifica
Derrube da sapata: <i>Se % de reserva de segurança é maior que zero, quer dizer que os coeficientes de segurança ao derrube são maiores que os valores escritos exigidos para todas as combinações de equilíbrio.</i> - Na direcção X: - Na direcção Y:	Reserva segurança: 146.7 % Reserva segurança: 150.0 %	Verifica Verifica
Deslizamento da sapata: - Combinações fundamentais: <i>Recomendação do livro 'Cálculo de estructuras de cimentación', J. Calavera. 4ª edición, ed. INTEMAC, 2000..</i>	Mínimo: 1.5 Calculado: 2.46	Verifica
Flexão na sapata: - Na direcção X: - Na direcção Y:	Momento: 19.62 kN·m Momento: 17.84 kN·m	Verifica Verifica
Esforço na sapata: - Na direcção X: - Na direcção Y:	Transverso: 5.49 kN Transverso: 0.00 kN	Verifica Verifica
Compressão oblíqua na sapata: - Combinações fundamentais: <i>Critério de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 4000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 18.1 kN/m <sup>2</sup>	Verifica
Altura mínima: <i>Ponto 58.8.1 da norma EH-91</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 85 cm	Verifica
Espaço para amarrar arranques na fundação: - N26:	Mínimo: 75 cm Calculado: 77 cm	Verifica
Quantidade geométrica mínima: <i>Ponto 90.1 da norma REBAP</i> - Armadura inferior direcção X:	Mínimo: 0.0015 Calculado: 0.0016	Verifica

## **Anexo 2 - Peças desenhadas**





**UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE**

FACULDADE DE ENGENHARIA

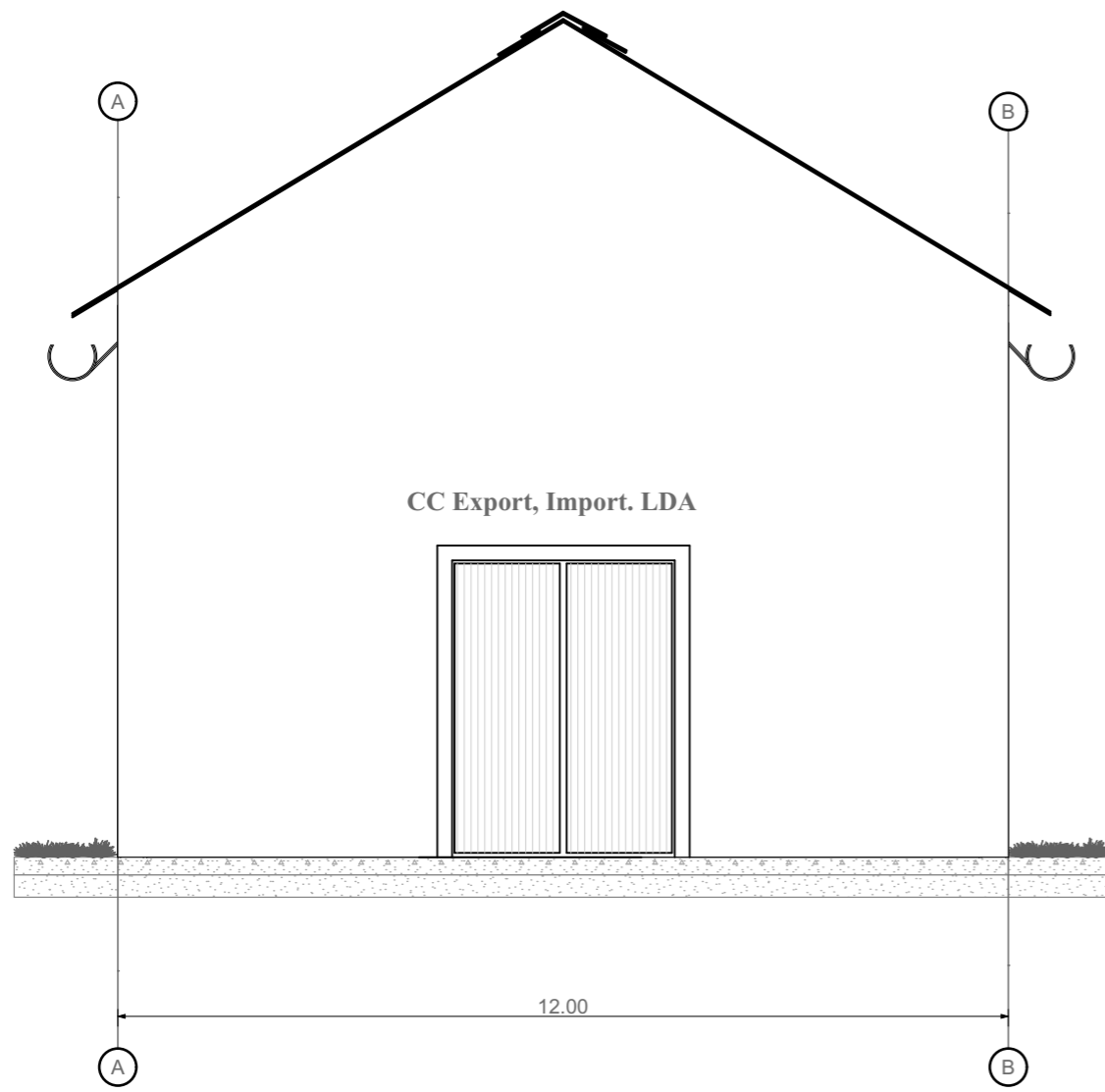
Discente :  
COSSA, Carlos Azarias

Supervisores:  
Prof. Francisco Ricardo (DCI)  
Eng.º. Dêrcio Matola (MFC Consultores, LDA)

Estágio profissional:  
**DIMENSIONAMENTO DE UM  
ARMAÉM EM ESTRUTURA  
METÁLICA**

Designação:  
**PLANTA DE PISO E DA  
COBERTURA**

Escala: <b>1/100</b>	N ⊕
Folha nº: 01	<b>A3</b>
Data: 30/06/2023	

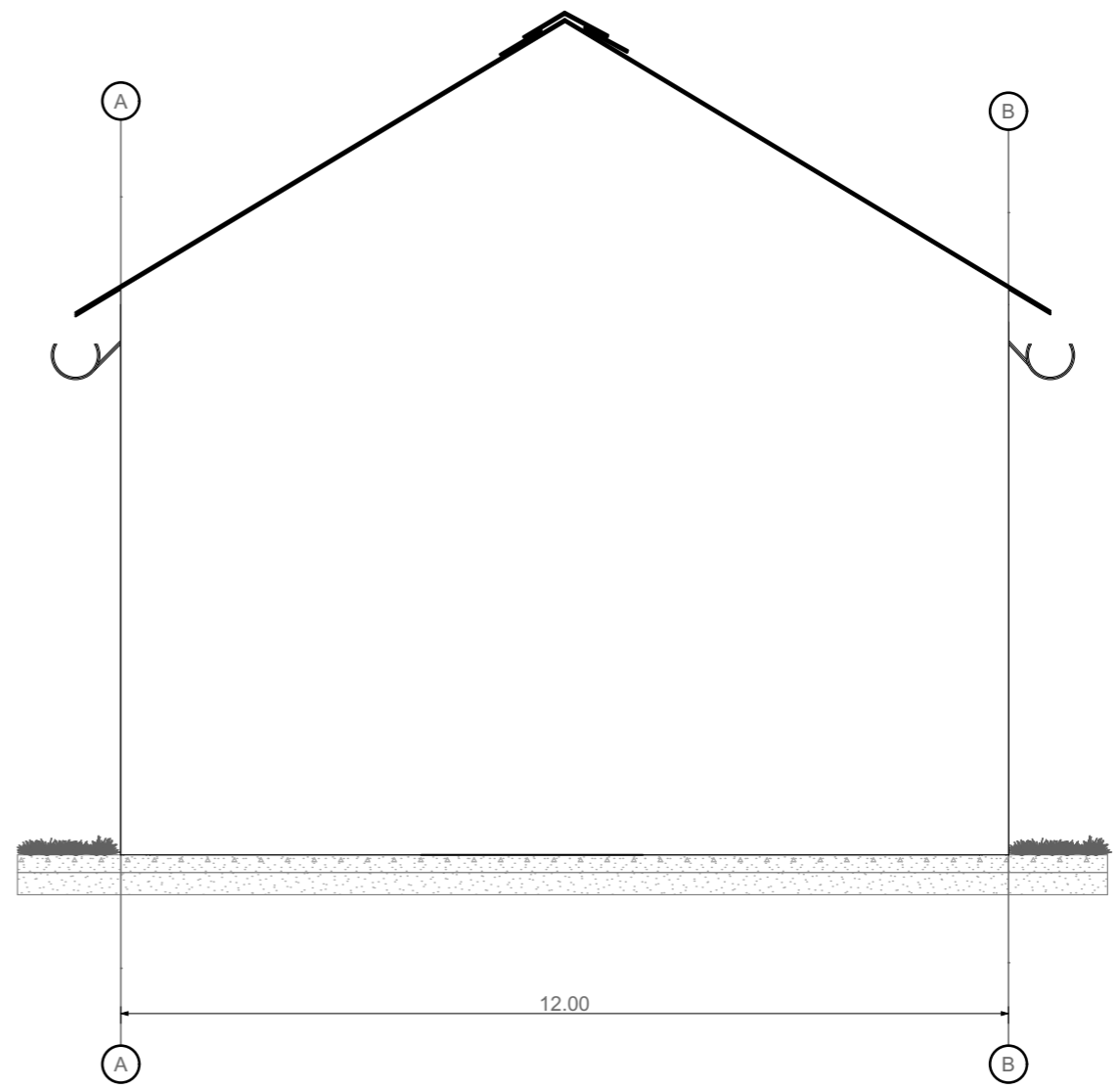


CC Export, Import. LDA

12.00

Alçado frontal

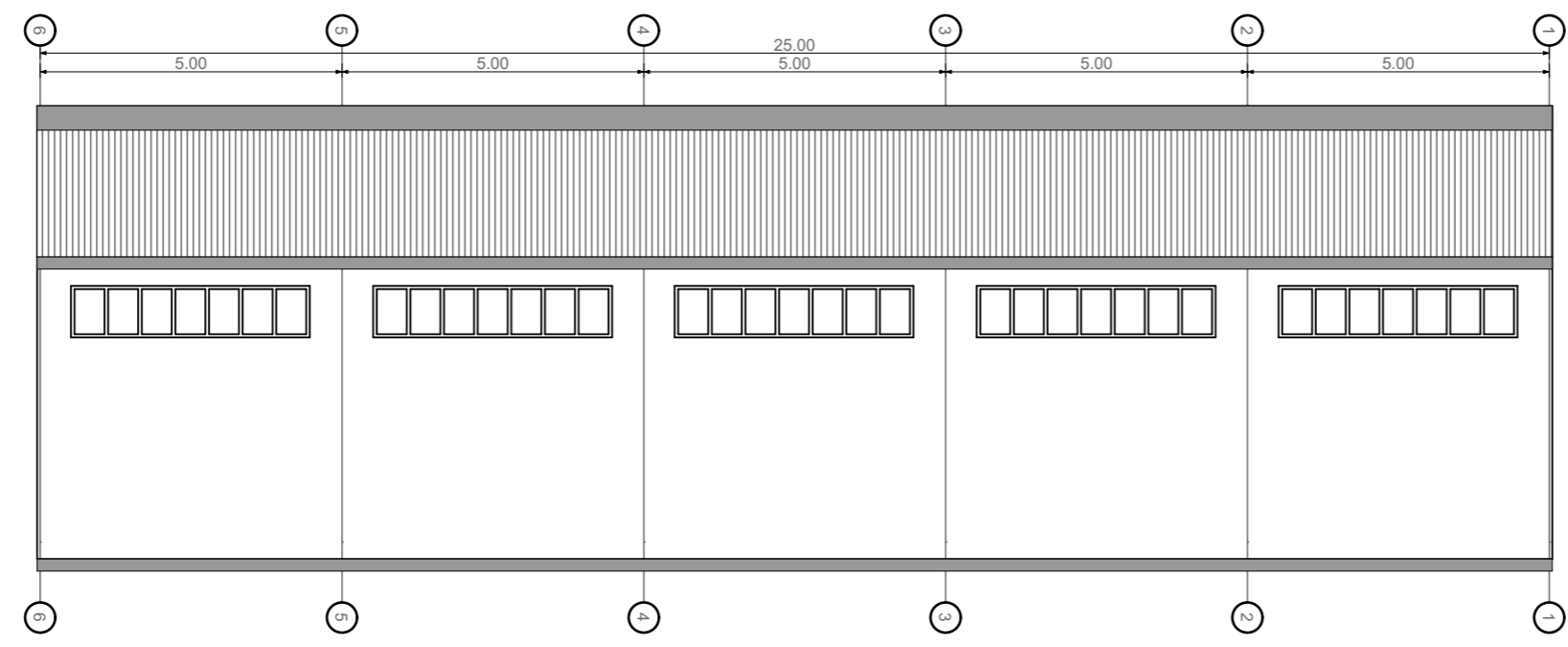
1/100



12.00

Alçado posterior

1/100



25.00

5.00

5.00

5.00

5.00

5.00

Alçado lateral direito e esquerdo

1/100



UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

Discente :  
COSSA, Carlos Azarias

Supervisores:  
Prof. Francisco Ricardo (DCI)  
Eng.º Dércio Matola (MFC Consultores, LDA)

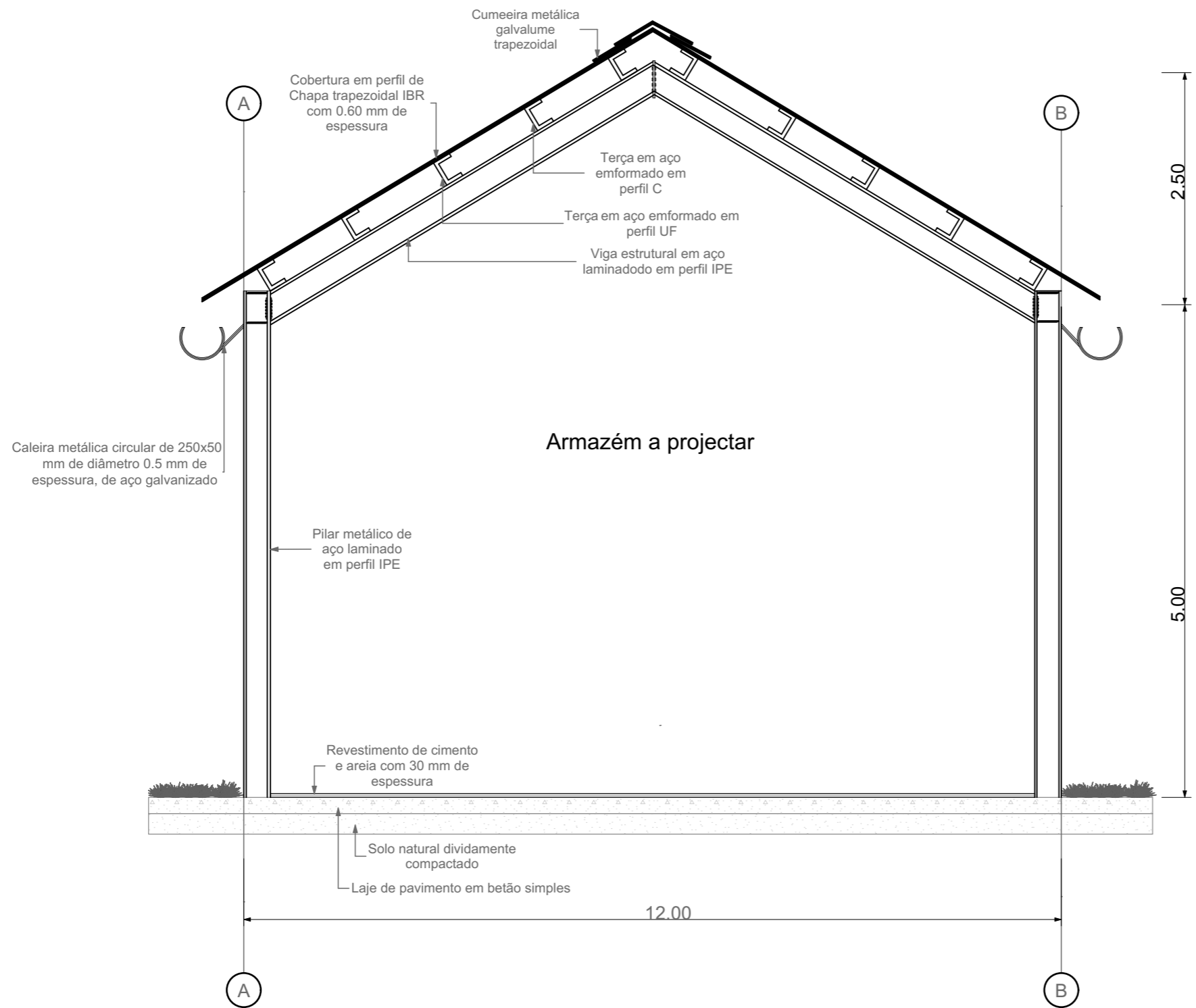
Estágio profissional:  
**DIMENSIONAMENTO DE UM  
ARMAÉM EM ESTRUTURA  
METÁLICA**

Designação:  
**ALÇADOS**

Escala:  
**1/100**  
Folha n.º: 02  
Data: 30/06/2023



**A3**



Corte transversal

1/50



UNIVERSIDADE  
E D U A R D O  
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

Discente :  
COSSA, Carlos Azarias

Supervisores:  
Prof. Francisco Ricardo (DCI)  
Eng.º. Dêrcio Matola (MFC Consultores, LDA)

Estágio profissional:  
**DIMENSIONAMENTO DE UM  
ARMAÉM EM ESTRUTURA  
METÁLICA**

Designação:  
CORTE TRANSVERSAL

Escala:  
1/50

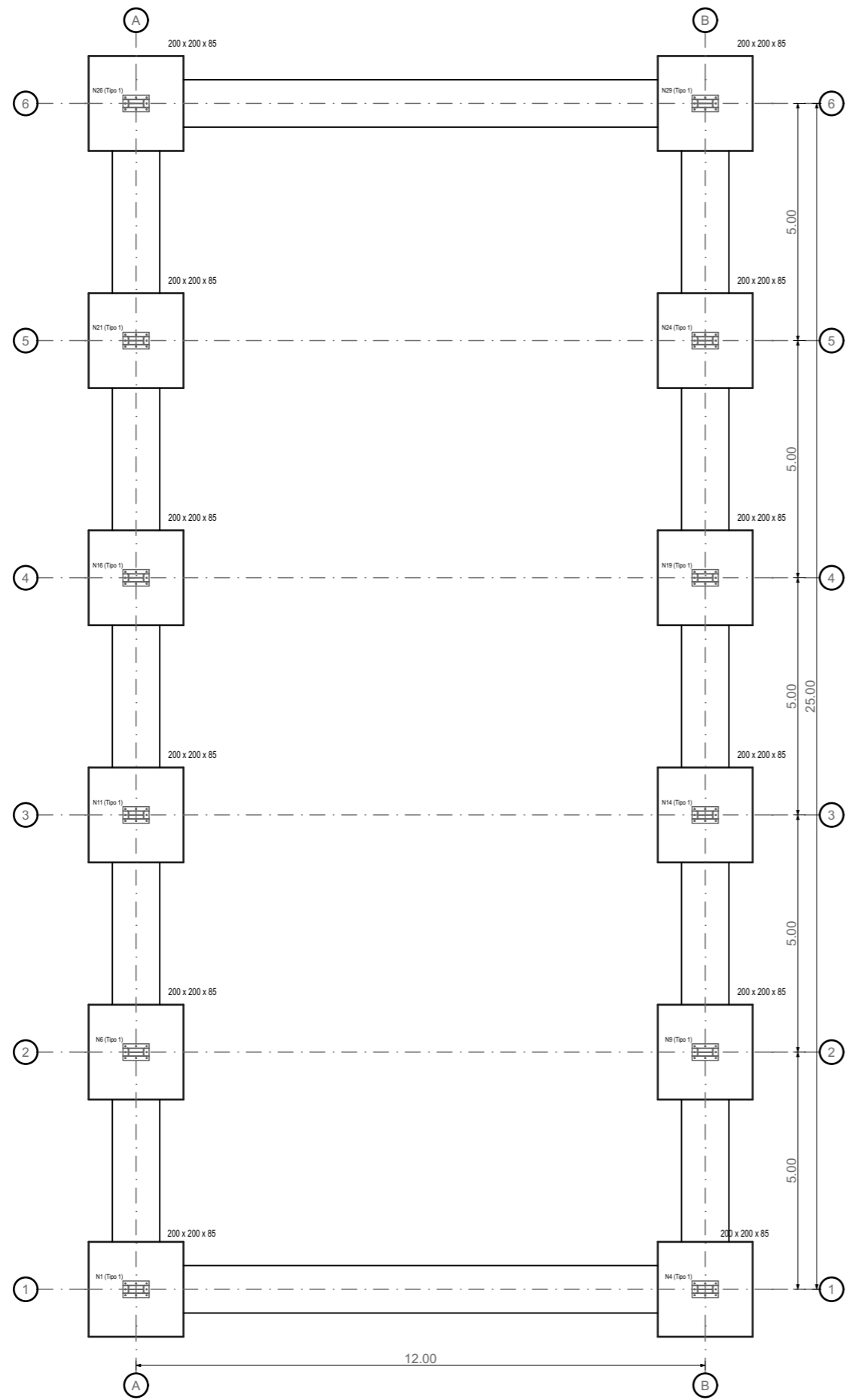
Folha nº: 03

Data: 30/06/2023



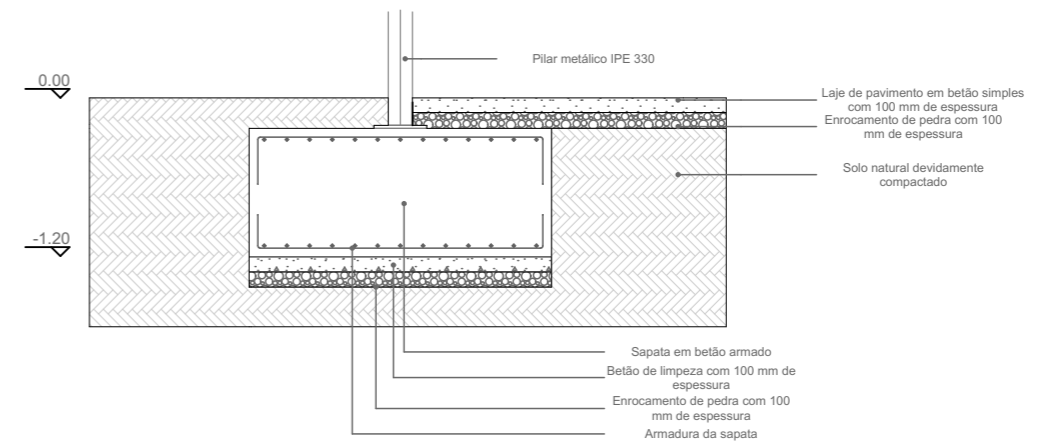
A3





Mapa da fundação

1/100



Detalhe

Pormenor da fundação

1/50

**NOTAS:**

- 1 - Tensão admissível do solo é de 145MPa (Areia solta);
- 2 - Material a usar é B25(C20/25)/A400 ;
- 3 - Regulamentos usados: REBAP; RSAE; EUROCÓDIGO 2 e 3;
- 4 - Recobrimento da fundação é de 50 mm;



**UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE**

FACULDADE DE ENGENHARIA

Discente :  
COSSA, Carlos Azarias

Supervisores:  
Prof. Francisco Ricardo (DCI)  
Eng.º. Dêrcio Matola (MFC Consultores, LDA)

Estágio profissional:  
**DIMENSIONAMENTO DE UM  
ARMAÉM EM ESTRUTURA  
METÁLICA**

Designação:  
**MAPA DA FUNDAÇÃO**

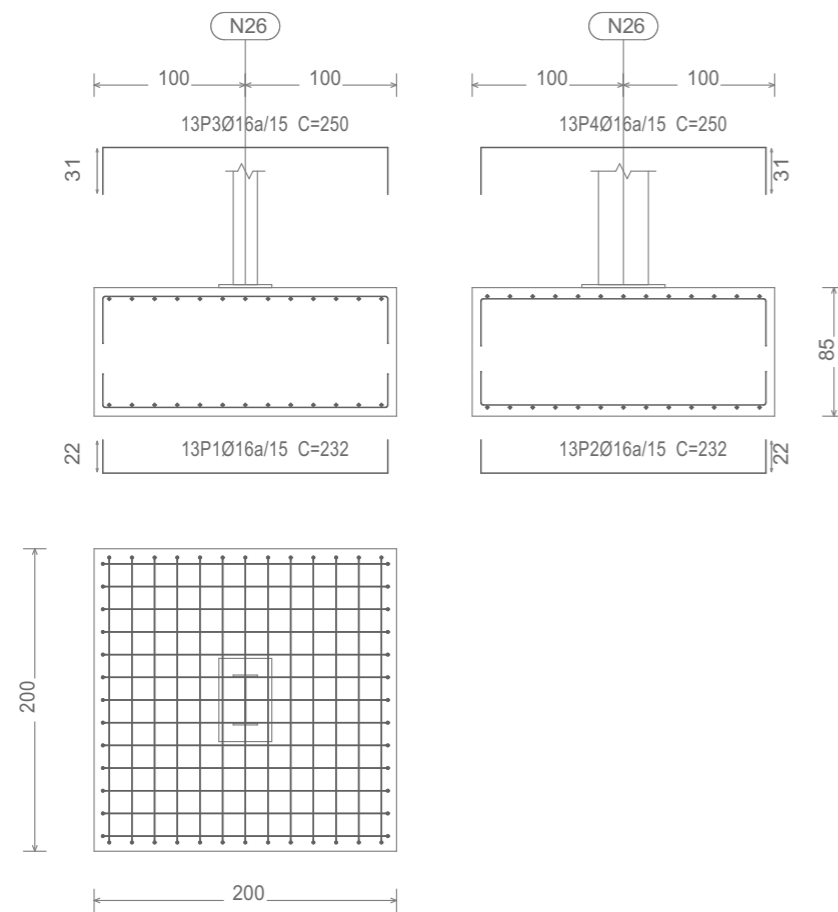
Escala:  
**1/100; 1/50**  
Folha n.º: 04  
Data: 30/06/2023

N



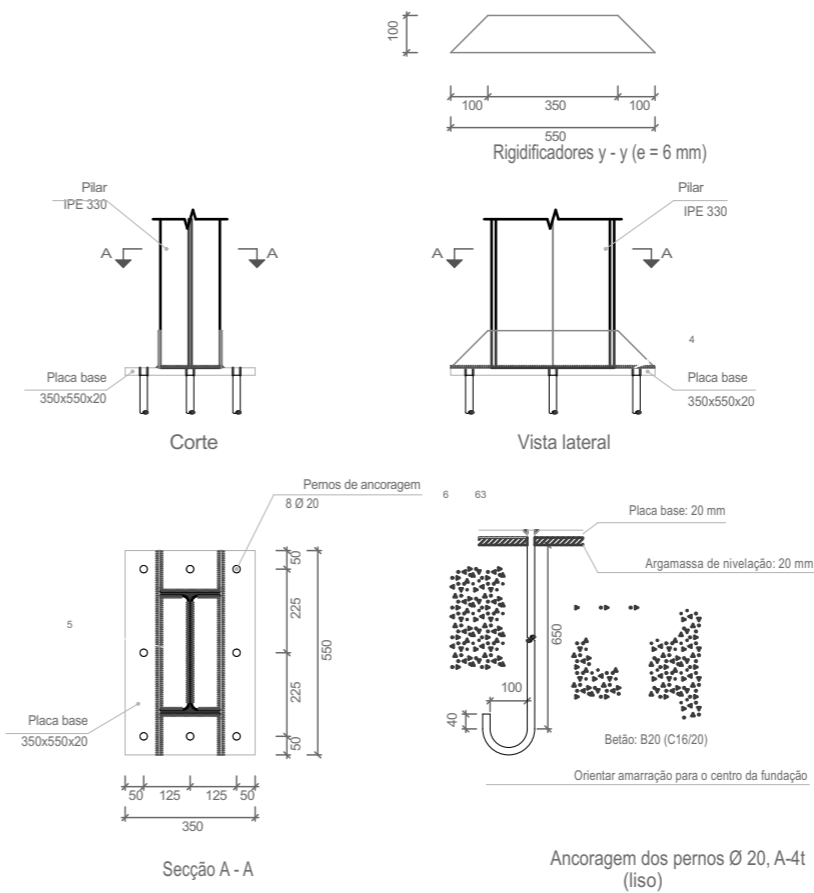
**A3**

N26, N29, N21, N24, N16, N19, N11, N14, N6, N9, N1 e N4



Pormenor da fundação

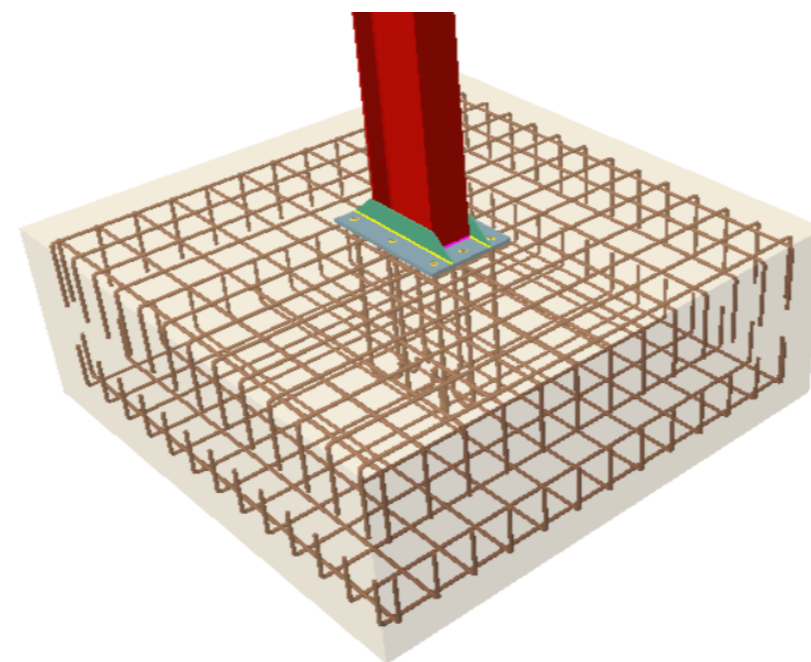
1/50



Detalhe

Ligação Tipo 1 (Sapata - pilar)

1/20



3D da ligação

1/20

**NOTAS:**

- 1 - Tensão admissível do solo é de 145MPa (Areia solta);
- 2 - Material a usar é B25(C20/25)/A400 ;
- 3 - Regulamentos usados: REBAP; RSAE; EUROCÓDIGO 2 e 3;
- 4 - Recobrimento da fundação é de 50 mm;



**UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE**

FACULDADE DE ENGENHARIA

Discente :  
COSSA, Carlos Azarias

Supervisores:  
Prof. Francisco Ricardo (DCI)  
Eng.º. Dêrcio Matola (MFC Consultores, LDA)

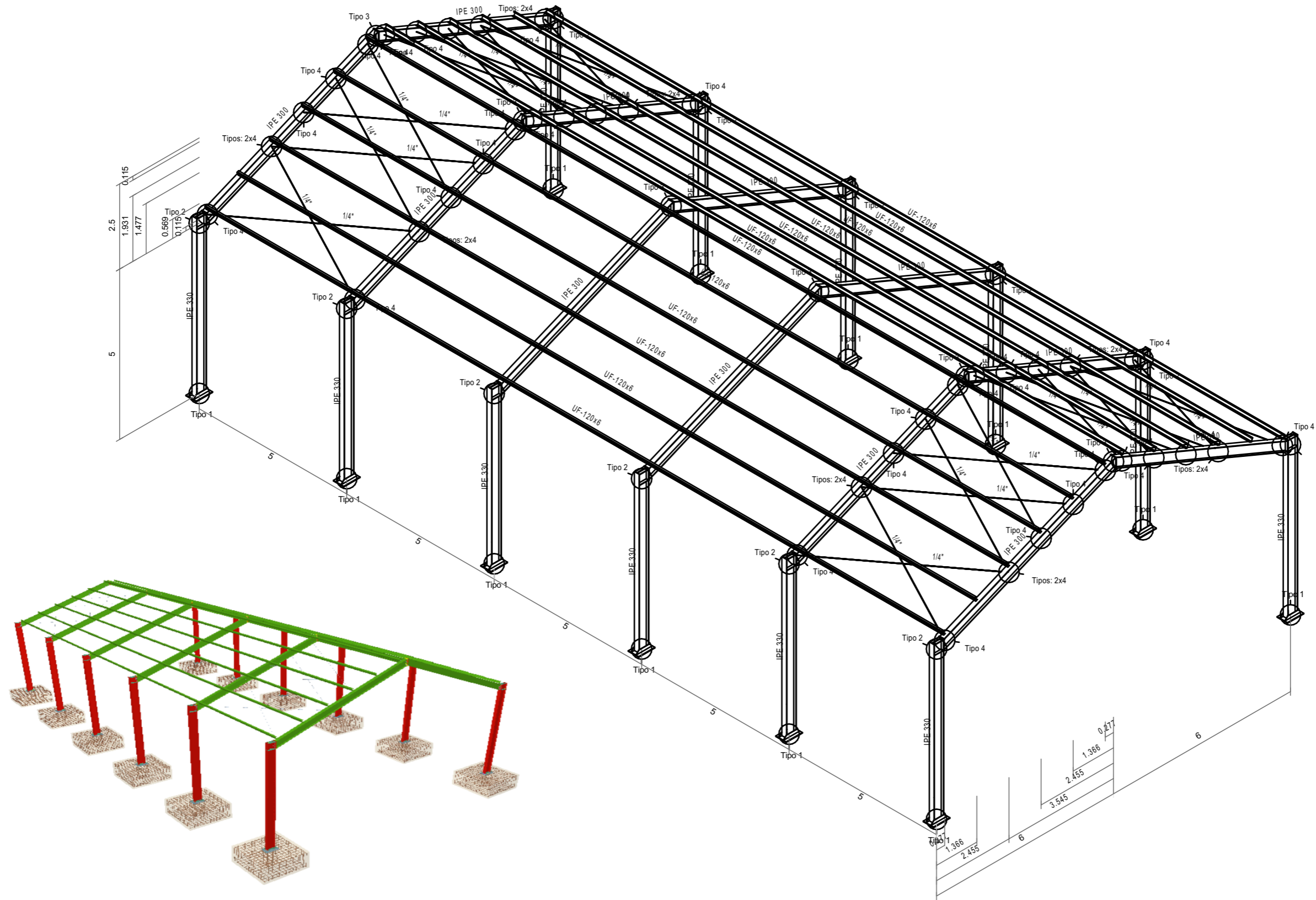
Estágio profissional:  
**DIMENSIONAMENTO DE UM  
ARMAÉM EM ESTRUTURA  
METÁLICA**

Designação:  
**MAPA DA FUNDAÇÃO**

Escala:  
**1/50; 1/20**  
Folha nº: 05  
Data: 30/06/2023



**A3**



3D da Estrutura

1/100

**NOTAS:**

- 1 - Tensão admissível do solo é de 145MPa (Areia solta);
- 2 - Material a usar é B25(C20/25)A400 ;
- 3 - Regulamentos usados: REBAP; RSAE; EUROCÓDIGO 2 e 3;
- 4 - Recobrimento da fundação é de 50 mm;



**UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE**

FACULDADE DE ENGENHARIA

Discente :  
COSSA, Carlos Azarias

Supervisores:  
Prof. Francisco Ricardo (DCI)  
Eng.º. Dércio Matola (MFC Consultores, LDA)

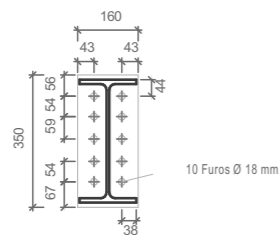
Estágio profissional:  
**DIMENSIONAMENTO DE UM  
ARMAÉM EM ESTRUTURA  
METÁLICA**

Designação:  
**PORMENORIZAÇÃO DA  
FUNDAÇÃO**

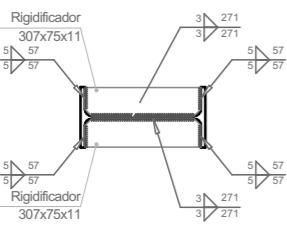
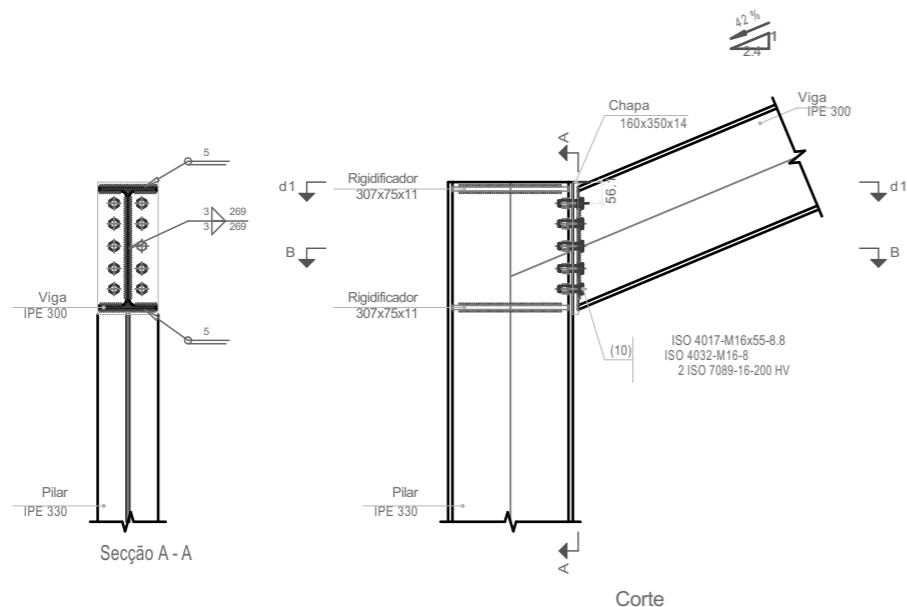
Escala:  
**1/100**  
Folha nº: 06  
Data: 30/06/2023



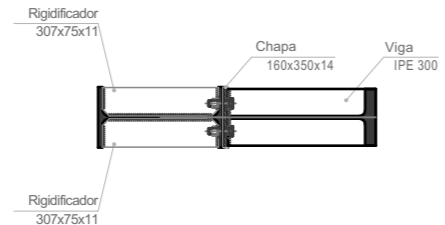
**A3**



Chapa frontal da viga IPE 300  
(e = 14 mm)

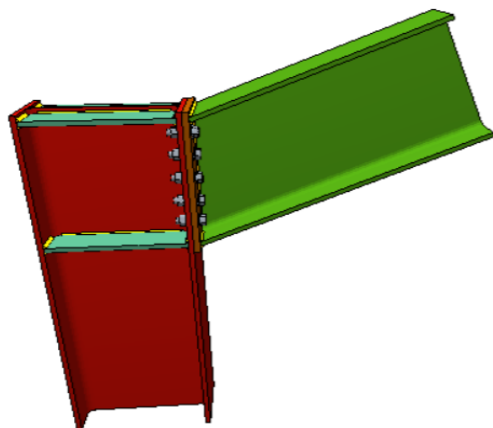


d1. Pormenor de soldaduras: rigidificadores a Pilar IPE 330

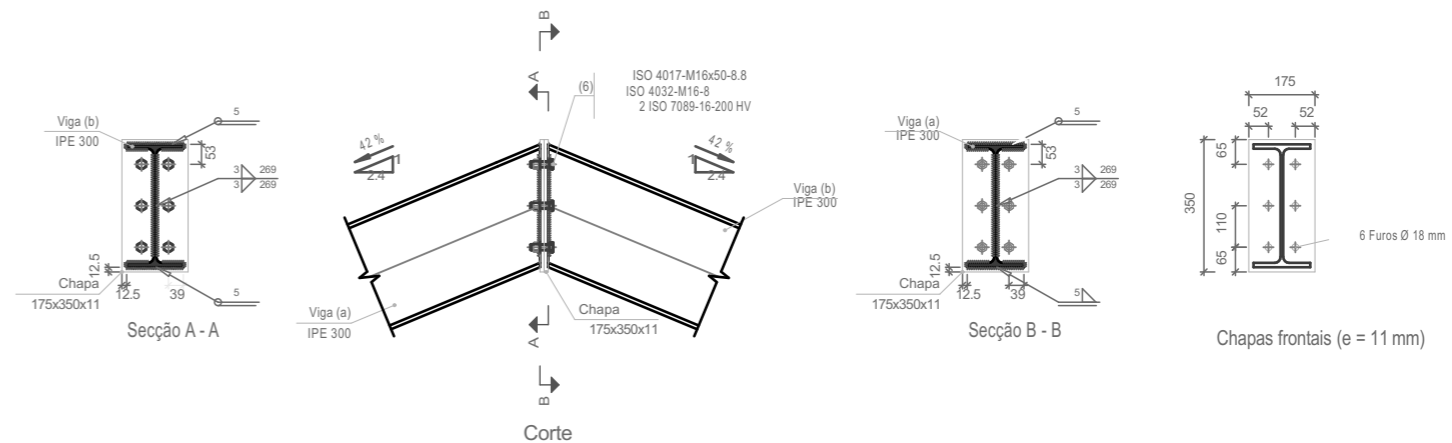


Secção B - B

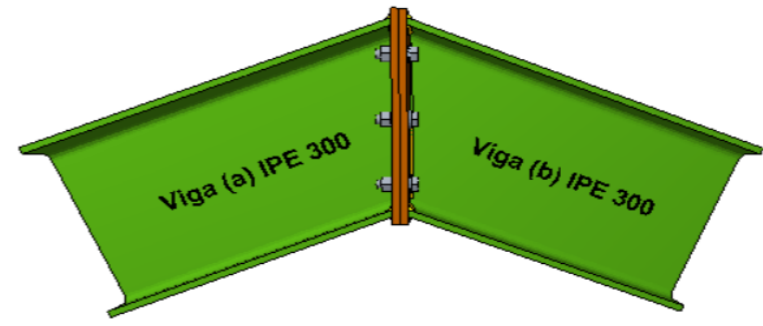
Detalhe Ligação Tipo 2 (Viga- Pilar) 1/20



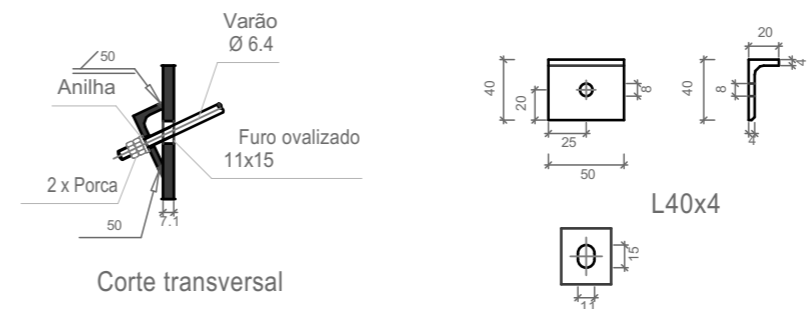
3D da Ligação N/A



Detalhe Ligação Tipo 3 (Viga- Viga) 1/20



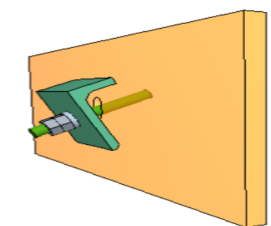
3D da Ligação N/A



Corte transversal

Pormenor do furo ovalizado

Detalhe Ligação Tipo 4 (Contraventamento) 1/20



3D da Ligação N/A



FACULDADE DE ENGENHARIA

Discente :  
COSSA, Carlos Azarias


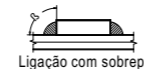
Supervisores:  
Prof. Francisco Ricardo (DCI)  
Eng.º. Dêrcio Matola (MFC Consultores, LDA)

Estágio profissional:  
**DIMENSIONAMENTO DE UM  
ARMAÉM EM ESTRUTURA  
METÁLICA**

Designação:  
**PORMENORIZAÇÃO DAS  
LIGAÇÕES**

Escala:  
**1/100**  
Folha nº: 07  
Data: 30/06/2023



LIGAÇÕES SOLDADAS EM ESTRUTURA METÁLICA	
<b>NORMA:</b>	NP EN 1993-1-8:2010: Eurocódigo 3 - Projecto de estruturas de aço - Parte 1-8: "Projecto de ligações". Article 4. Welded connections.
<b>MATERIAIS:</b>	- Perfis (Material base): Fe360. - Material de colaboração (soldaduras): Os valores específicos da tensão de cedência, tensão de rotura à tracção, extensão na rotura e energia mínima de Charpy, do metal de adição, devem ser iguais ou superiores aos correspondentes do tipo de aço do material base. (Eurocódigo 3, Parte 1-8, artigo 4.2 (2))
<b>DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS:</b>	1) As prescrições seguintes aplicam-se a ligações soldadas onde as espessuras das peças a unir sejam pelo menos de 4 mm. 2) Os cordões das soldaduras de ângulo não poderão ter uma espessura da garganta inferior a 3 mm nem superior à menor espessura das peças a unir. 3) Os cordões das soldaduras de ângulo cujos comprimentos sejam menores que 30 mm ou 6 vezes a espessura da garganta, não se terão em conta para calcular a resistência da ligação. 4) No pormenor das soldaduras de ângulo indica-se o comprimento efectivo do cordão (comprimento sobre o qual o cordão tem a sua espessura de garganta completa). Para a cumprir, pode ser necessário prolongar o cordão rodeando as esquinas, com a mesma espessura da garganta e um comprimento de 2 vezes a referida espessura. O comprimento efectivo de um cordão de soldadura deverá ser maior ou igual que 6 vezes a espessura da garganta. 5) As soldaduras de ângulo podem ser usadas para unir peças onde as faces a unir formam um compreendido entre 60 e 120 graus. Caso contrário: - Para ângulos $\beta$ através ensaios. $> 120$ (graus): a resistência das soldaduras de ângulo deve ser determinada através ensaios. - Para ângulos $\beta$ parcial. $< 60$ (graus): serão consideradas como soldaduras de topo com penetração parcial.
	 
<b>VERIFICAÇÕES:</b>	a) Cordões de soldadura de topo com penetração total: Neste caso, não é necessária nenhuma verificação. A resistência de cálculo dos cordões de soldadura de topo com penetração total será igual à resistência de cálculo da mais fraca das peças unidas, sempre que o cordão de soldadura se realize com um eléctrodo adequado que proporcione um limite elástico mínimo e uma resistência à tracção mínima no metal de adição não menor que a requerida para o material base. b) Cordões de soldadura topo a topo com penetração parcial e com preparação de bordos: Verificam-se como soldaduras de ângulo considerando uma espessura de garganta igual à altura nominal da preparação menos 2 mm. c) Cordões de soldadura de ângulo: Realiza-se a verificação de tensões em cada cordão de soldadura segundo o artigo 4.5.3.2 Eurocódigo 3, Parte 1-8 (Método direccional).

LIGAÇÕES APARAFUSADAS EM ESTRUTURA METÁLICA																																		
<b>NORMA:</b>	NP EN 1993-1-8:2010: Eurocódigo 3 - Projecto de estruturas de aço - Parte 1-8: "Projecto de ligações". Article 3. Connections made with bolts, rivets or pins.																																	
<b>MATERIAIS:</b>	- Perfis (Material base): Fe360. - Classe de aço dos parafusos utilizados: 8.8 (Eurocódigo 3, Parte 1-8, Artigo 3.1.1).																																	
<b>DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS:</b>	1) Consideraram-se as seguintes distâncias mínimas e máximas entre eixos de furos e entre estes e os bordos das peças: 2) Não se devem soldar nem os parafusos nem as porcas. 3) Quando os parafusos se dispõem na posição vertical, a porca será colocada por baixo da cabeça do parafuso. 4) Deve verificar-se antes da colocação que as porcas podem deslocar-se livremente sobre o parafuso correspondente. 5) Em cada parafuso será colocada uma anilha no lado da cabeça e outra no lado da porca. 6) Os furos devem realizar-se através de broca ou outro processo que proporcione um acabamento equivalente. 7) O perfuramento admite-se para peças até 15 mm de espessura, sempre que a espessura nominal da peça não seja maior que o diâmetro nominal do furo (ou a dimensão mínima se o furo não for circular). Ao realizar o furo, recomenda-se realizá-lo com um diâmetro 3 mm menor que o diâmetro definitivo e seguidamente perfurar até ao diâmetro nominal. 8) Condições para o aperto dos parafusos ordinários: - Cada conjunto de parafusos, porca e anilhas deve alcançar a condição de "aperto máximo" sem pré-esforçar os parafusos. Esta condição é a que conseguiria um operário com a chave normal, sem braço de prolongamento. - Para os grandes grupos de parafusos, o aperto deve realizar-se a partir dos parafusos centrais para o exterior e inclusive realizar algum ciclo de aperto adicional.																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Distâncias</th> <th colspan="6">Disposições construtivas para parafusos, segundo artigo 3.5 Eurocódigo 3, Parte 1-8</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Ao bordo da peça</th> <th colspan="2">Entre furos</th> <th colspan="2">Entre parafusos</th> </tr> <tr> <th>e1<sup>(1)</sup></th> <th>e2<sup>(2)</sup></th> <th>p1<sup>(1)</sup></th> <th>p2<sup>(2)</sup></th> <th colspan="2">Tracção</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mínimas</td> <td>1.2 df</td> <td>1.5 df</td> <td>2.2 df</td> <td>3 df</td> <td>p1 e p2</td> <td>p1, e</td> </tr> <tr> <td>Máximas<sup>(3)</sup></td> <td>40 mm + 4t</td> <td>14t</td> <td>200 mm</td> <td>14t</td> <td>200 mm</td> <td>200 mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>Notas:  <sup>(1)</sup> Paralela à direcção da força  <sup>(2)</sup> Perpendicular à direcção da força  <sup>(3)</sup> Considera-se o menor dos valores  df: Diâmetro do furo.  t: Menor espessura das peças que se unem.  No caso de esforços oblíquos, interpolam-se os valores de maneira que o resultado fique do lado da segurança.</p>	Distâncias	Disposições construtivas para parafusos, segundo artigo 3.5 Eurocódigo 3, Parte 1-8						Ao bordo da peça		Entre furos		Entre parafusos		e1 <sup>(1)</sup>	e2 <sup>(2)</sup>	p1 <sup>(1)</sup>	p2 <sup>(2)</sup>	Tracção		Mínimas	1.2 df	1.5 df	2.2 df	3 df	p1 e p2	p1, e	Máximas <sup>(3)</sup>	40 mm + 4t	14t	200 mm	14t	200 mm	200 mm
Distâncias	Disposições construtivas para parafusos, segundo artigo 3.5 Eurocódigo 3, Parte 1-8																																	
	Ao bordo da peça		Entre furos		Entre parafusos																													
	e1 <sup>(1)</sup>	e2 <sup>(2)</sup>	p1 <sup>(1)</sup>	p2 <sup>(2)</sup>	Tracção																													
Mínimas	1.2 df	1.5 df	2.2 df	3 df	p1 e p2	p1, e																												
Máximas <sup>(3)</sup>	40 mm + 4t	14t	200 mm	14t	200 mm	200 mm																												
<b>VERIFICAÇÕES:</b>	Realizam-se as verificações indicadas nos artigos 3.1.0, 3.6, 6.2 e 6.3 de NP EN 1993-1-8:2010.																																	

Soldaduras				
f (MPa)	Execução	Tipo	Espessura da garganta (mm)	Comprimento de cordões (mm)
360.0	Em oficina	De ângulo	3	3893
			4	25848
			5	24120
		Topo a topo em bisel simples	4	4800
		Topo a topo em bisel simples com zona não chanfrada ampla	6	6032
No local de montagem	De ângulo	5	13140	


Chapas				
Material	Tipo	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
Fe360	Rigidificadores	48	307x75x11	95.43
	Chapas	12	175x350x11	63.47
		12	160x350x14	73.85
			Total	232.75

Cantoneiras				
Material	Tipo	Descrição (mm)	Comprimento (mm)	Peso (kg)
Fe360	Ancoragens de tirantes	L40x4	2400	5.73
				Total

Elementos para aparafusar			
Tipo	Material	Quantidade	Descrição
Parafusos	Classe 8.8	36	ISO 4017-M16x20
		120	ISO 4017-M16x55
Porcas	Classe 8	156	ISO 4032-M16
Anilhas	Dureza 200 HV	312	ISO 7089-16

Elementos para aparafusar não normalizados		
Tipo	Quantidade	Descrição
Porcas	96	16.4
Anilhas	48	Ab.4

Placas de amarração				
Material	Elementos	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
Fe360	Placa base	12	350x500x20	362.67
	Rigidificadores contínuos	24	550x350x100x16	50.87
				Total
A-4 (iso)	Pernos de ancoragem	96	Ø 20 - L = 70 + 28	222.19
				Total



**UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE**

FACULDADE DE ENGENHARIA

Discente :  
COSSA, Carlos Azarias

Supervisores:  
Prof. Francisco Ricardo (DCI)  
Eng.º. Dêrcio Matola (MFC Consultores, LDA)


Estágio profissional:  
**DIMENSIONAMENTO DE UM  
ARMAÉM EM ESTRUTURA  
METÁLICA**

Designação:  
**RESUMO DAS LIGAÇÕES**

Escala:  
N/A

Folha nº: 08

Data: 30/06/2023



**A3**