



**UNIVERSIDADE POLITÉCNICA - A POLITÉCNICA**  
**ESCOLA SUPERIOR DE GESTÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS**

**DIMENSIOANAMENTO DE ARMAZÉM EM ESTRUTURAS METÁLICAS**

**TRABALHO DE FIM DE CURSO**

**LÁZARO FILIPE LUCAS MUFEMANE**

**ESTUDANTE NR. 293251**

Maputo, Julho de 2025

**Autor:** Lázaro Filipe Lucas Mufemane

**Grau Académico:** Licenciatura em Engenharia Civil

**Título:** Dimensionamento de armazém em estruturas metálicas

**Universidade:** A Politécnica

**Departamento:** De Ciências de Engenharia

**Supervisor da proposta:** Ângelo Mário Barros André Fernandes Sumana

**Data:** 14 Julho de 2023

Este trabalho consiste no Projecto de um armazém em estrutura metálica, com fundações diretas, destinado a armazenagem de alimentos agrícolas, localizado no Município de Boane.

Visto que a maior parte da população do Município de Boane vive da agricultura, tende a ter grandes quantidades de alimentos. Por sua vez há dificuldades para a conservação do tal, foi nessa vertente que pretendemos propor a construção de um armazém, para uma melhor conservação dos alimentos.

O Armazém será implantado no **mercado Mazambanine (Município de Boane)**, por ser um mercado novo que facilita a construção de uma nova infraestrutura.

O mercado tem espaço suficiente para a construção de um armazém, assim como os vendedores formais e informais concordam com a iniciativa da construção do armazém.

## DEDICATÓRIA

À família Mufemane  
Pais e irmãos pelo apoio  
durante a formação académica

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Pai Celestial pela saúde e vida durante o horizonte e percurso de formação académica com particular enfoque na formação em Engenharia Civil.

À família Mufemane pelo apoio indispensável em todas fases do processo de formação.

Aos colegas que directamente ou indirectamente contribuíram para o alcance deste desiderato, pelo intercambio e cortesia.

Ao corpo Docente pelos conhecimentos transmitidos em várias cadeiras leccionadas no curso de Engenharia Civil.

À Universidade Politécnica pela oportunidade de aprendizagem e formação como Técnico e como homem.

Ao meu Orientador pela paciência, ensinamentos e transmissão de conhecimentos durante a elaboração do presente projecto de fim curso.

## **DECLARAÇÃO DE HONRA**

Eu, Lázaro Filipe Lucas Mufemane declaro que este Trabalho de Fim de Curso foi exclusivamente elaborado por mim e é agora submetido de acordo com todos requisitos e exigências necessárias para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Civil pela Escola Superior de Gestão, Ciências e Tecnologias da Universidade Politécnica.

## **PARECER DO SUPERVISOR**

Eu, Ângelo Mário Barros André Fernandes Sumana, de claro que supervisionei e acompanhei o trabalho final de curso, sob a forma de Monografia do estudante **Lázaro Filipe Lucas Mufemane**, cujo tema é **Dimensionamento De Armazém Em Estrutura Metálica; Estudo de caso: Mercado Mazambanine (Município de Boane)**.

Declaro que o trabalho é da autoria do Estudante e reúne todos requisitos pré-estabelecidos pela Universidade Politécnica para trabalhos desta natureza, pelo que considero-o pronto para defesa pública.

---

Mestre Ângelo Mário B.André Fernandes Sumana

## **ABSTRACTO**

Actualmente o Distrito de Boane está a registar um franco desenvolvimento aliado a necessidade de reforço do parque de infraestrutura, por outro lado há uma tendência clara de transformação de uma área rural em zona urbana.

Boane é um Distrito com um potencial agrícola forte, onde os produtos após colheita e os excedentes devem ser acondicionados em locais devidamente preparados, daí que se pretende dimensionar um armazém concebido em estrutura metálica para acomodar os excedentes agrícolas e/ou cereais.

O presente projecto visa essencialmente propor e dimensionar estrutura metálica composta por chapa de ferro zincada, madres de cobertura em perfis metálicos, asnas em treliça metálica, pilares em perfis metálicos, chumbadouros que conectam os pilares as bases de betão armado para transferência de carga da superestrutura para o solo com segurança.

As madres de cobertura recebem esforços induzidos pelas chapas de ferro zincado, por sua vez as madres de cobertura estão assentes nas asnas metálicas através de ligações solidas de parafusos.

As ligações aparafusadas devem ser dimensionadas e verificadas do ponto de vista de resistência para melhor garantirem a segurança em relação aos estados limites últimos, não obstante a verificação da solidez estrutural como conjunto.

**Palavras – chave:** asna, dimensionar estrutura metálica, madre e parafusos

## **ABSTRACT**

Currently, the District of Boane is experiencing rapid development combined with the need to reinforce the infrastructure park, on the other hand there is a clear trend towards transforming a rural area into an urban area.

Boane is a District with a strong agricultural potential, where post-harvest products and surpluses must be stored in properly prepared locations, which is why the aim is to design a warehouse designed with a metal structure to accommodate agricultural surpluses and/or cereals.

The present project essentially aims to propose and design a metallic structure composed of zinc-plated iron sheet, covering purlins made of metal profiles, metal truss trusses, pillars made of metal profiles, anchor bolts that connect the pillars to the reinforced concrete bases to transfer the load from the superstructure. to the ground safely.

The roof purlins receive efforts induced by the galvanized iron sheets, in turn the cover purlins are based on the metal trusses through solid screw connections.

Bolted connections must be sized and checked from a resistance point of view to better guarantee safety in relation to the ultimate limit states, despite checking the structural solidity.

**Keywords:** truss, dimension metallic structure, purlin, and screws

## **ÍNDICE**

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>O PROBLEMA A SER INVESTIGADO</b> .....	10
<b>Formulação do problema a ser investigado</b> .....	10
<b>A PERGUNTA A INVESTIGAR E AS HIPÓTESES A CONSIDERAR</b> .....	11
<b>Formulação da pergunta a se investigar</b> .....	11
<b>Hipóteses</b> .....	11
<b>Perguntas investigativas</b> .....	11
<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	12
<b>OBJECTIVOS DA INVESTIGAÇÃO</b> .....	13
<b>Objectivo geral</b> .....	13
<b>Os objectivos específicos</b> .....	13
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	14
<b>METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO</b> .....	16
<b>CONSTRAGIMENTOS PREVISTOS NA INVESTIGAÇÃO</b> .....	16
<b>As limitações do trabalho</b> .....	16
<b>As delimitações do trabalho</b> .....	17
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	50

## **INTRODUÇÃO**

Ultimamente o engajamento singular e colectivo no desenvolvimento periurbano se estende até ao distrito, este último apresenta problemas seculares relativos a inexistência de parque imobiliário resistente e resiliente as intempéries, onde a engenharia civil é solicitada para propor solução estrutural com a finalidade de alterar o paradigma.

O presente trabalho de fim de curso aborda a exposição de um projecto de dimensionamento de um armazém em estrutura metálica com a finalidade de albergar e conservar os produtos agrícolas oriundos da colheita nas machambas do Distrito de Boane na Província de Maputo.

Neste trabalho o autor propõe concepção de uma estrutura capaz de armazenar com segurança os produtos de colheita, excedentes agrícolas e sementes de agricultura de subsistência e gerar alicerces para a mecanização da agricultura, admitindo a possibilidade de conservação de produtos por um horizonte temporal considerável.

O trabalho em abordagem tem como objectivo fulcral propiciar o dimensionamento estrutural de um armazém concebido em estrutura metálica segura, capaz de garantir resistir as intempéries e permitir melhor conservação de produtos agrícolas no Distrito de Boane.

O autor pretende mudar o paradigma no que diz respeito a passagem de uma realidade de conservação de produtos agrícolas ao relento para conservação de produtos em um armazém concebido em estrutura metálica, o que vai permitir conferir extensão de período e de condições de conservação.

O avanço tecnológico impulsiona desenvolvimento e melhoria de conteúdo local, daí que não haverá necessidade de transporte de produtos agrícolas do Distrito Boane para Cidade de Maputo, mas sim as condições locais poderão alterar no sentido de melhoria, dado que o parque imobiliário ganhará uma robustez.

## **O PROBLEMA A SER INVESTIGADO**

### **Formulação do problema a ser investigado**

O autor do presente trabalho levou a efeito uma visita aos mercados de **Boane e Mazambanine**, localizados no Município de Boane com a finalidade de avaliar o estado de produtos agrícolas produzidos localmente, onde constatou com preocupação que as condições de conservação de produtos são extremamente deficitárias e isso resulta em perdas por deterioração.

O aumento da produção e da produtividade agrícola ao nível do Distrito de Boane impele melhoria de condições de conservação dos produtos de primeira necessidade de modo a assegurar que os produtos cheguem com qualidade desejada aos consumidores.

A análise minuciosa do supramencionado resulta no seguinte problema de investigação:

*“Como assegurar boa conservação dos produtos oriundos da agricultura desde a colheita até aos consumidores?”*

## **O PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO**

A execução de novas edificações ou de quaisquer obras de construção civil, a reconstrução, ampliação, alteração, reparação ou demolição das edificações de obras existentes, e bem assim os trabalhos que impliquem a alteração da topografia local, dentro do perímetro urbano e das zonas rurais de proteção fixadas para as sedes de concelho e para as demais localidades sujeitas por lei a plano de urbanização e expansão subordinar-se-ão as disposições do presente regulamento. (capítulo I, ARTIGO I DO REGULAMENTO GERAL DAS EDIFICAÇÕES URBANAS) por tanto serão seguidos os seguintes passos:

- Identificação do tópico;
- Definição do problema a ser investigado;
- Definição da pergunta a investigar e as hipóteses a considerar;
- Identificação do paradigma de investigação e determinação da metodologia de investigação;
- Definição dos objetivos gerais e específicos a atingir com o trabalho;

- Determinação das limitações e de delimitações da investigação;
- Coleta de dados e informação.

## **A PERGUNTA A INVESTIGAR E AS HIPÓTESES A CONSIDERAR**

### **Formulação da pergunta a se investigar**

Com vista a melhorar a compreensão do problema que se esta a investigar segue abaixo a formulação da pergunta a investigar.

“Que mecanismo pode ser usado para solucionar o problema do armazenamento dos alimentos (produtos)?”

### **Hipóteses**

Para responder cabalmente à pergunta a investigar e as perguntas de investigação colocam-se as seguintes hipóteses:

*H (0): Conceber e projectar um armazém não pode solucionar o problema de desperdícios de produtos por deterioração.*

*H (1): Conceber e projectar um armazém pode solucionar o problema de desperdícios de produtos por deterioração.*

### **Perguntas investigativas**

- Quais são os tipos de armazém ideal para armazenamento de alimentos?
- Qual será a capacidade do armazém?
- Onde será contruído o armazém?
- Os vendedores aceitam a iniciativa da construção de um armazém?

## JUSTIFICATIVA

Conceber um projecto de armazém para conservação de produtos oriundos da agricultura constitui um marco de desenvolvimento notável para o autor do presente trabalho de fim de curso porque permite conciliar e aplicar os conhecimentos adquiridos durante a fase de formação na resolução de um problema real que afecta a comunidade do Distrito de Boane, onde propõe-se uma solução que vai permitir boa conservação de produtos de primeira necessidade desde a fase de colheita até ao consumidor, eliminando desta feita desperdícios por deterioração e incremento do horizonte da procura dos produtos por parte dos consumidores dado que a qualidade estará assegurada.

Neste trabalho de fim de curso, o autor apresenta uma solução economicamente viável, de fácil execução e manutenção em estrutura metálica assente em fundação em betão armado do ponto de vista de interação solo-estrutura sólida, segura, resistente e altamente resiliente às intempéries.

O armazenamento da produção é algo tão valioso para o produtor assim como o consumidor, além de ajudar a ter condições mais adequadas para manter a qualidade da safra armazenada para uso futuro, por sua vez permite maior autonomia e eficiência na comercialização da produção.

Vale realçar que o armazenamento feito de forma correcta é um dos itens da pós-colheita que deve ser visto com prioridade, pois reduz as perdas da produção e contribui na melhoria da renda do produtor.

O presente trabalho arrola de forma concisa os métodos de dimensionamento com recurso ao cálculo manual, apresenta todo o tipo de diagramas preconizados e desenhos de execução que facilitarão em larga escala a interpretação e a execução *in situ*.

## **OBJECTIVOS DA INVESTIGAÇÃO**

### **Objectivo geral**

Conceber e projectar um armazém em estrutura metálica para acondicionamento de produtos agrícolas.

### **Os objectivos específicos**

Podem ser citados alguns objectivos específicos:

- Estudar a viabilidade de projecção de armazém para conservação de produtos de primeira necessidade no Distrito de Boane,
- Conceber e dimensionar um armazém em estrutura metálica e fundação em betão armado.

## **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Arrola o acervo teórico de todos conceitos relevantes para explanação do trabalho em abordagem.

### **Marco Conceptual**

Segundo a USAID (2008), o aumento do investimento e da produtividade na agricultura são vitalmente importantes em Moçambique como base para o crescimento sustentável, redução da pobreza, criação de emprego e aumento dos benefícios do comércio.

O setor de armazenamento tem destaque nesse cenário. Falta espaço suficiente para armazenar toda a produção agrícola de grãos. Na safra agrícola de 2013/2014 o país superou novamente a produção passada com 195,4 milhões de toneladas de grãos. Contudo, não havia capacidade de infraestrutura suficiente para armazenar toda essa produção. Aproximadamente 24% da produção de grãos ficaram fora de estruturas adequadas para o armazenamento (CONAB, 2015).

A armazenagem é um dos gargalos da logística. Por outro lado, quando bem gerenciada proporciona inúmeras vantagens para os produtos agrícolas e para a cadeia produtiva, como a racionalização dos custos do transporte, a alocação estratégica de estoques, a facilidade entre o comércio inter-comercial (BIAGI; BERTOL; CARNEIRO, 2002; GAMEIRO, 2003),

### **Marco Teórico**

CASTRO, HALLACK & BARBOZA (2012) apregoam que estruturas isostáticas são aquelas cujo número de reações de apoio ou vínculos é igual ao número de equações fornecidas pelas condições de equilíbrio da Estática.

CASTRO, HALLACK & BARBOZA (2012) afirmam que treliça é toda estrutura constituída de barras ligadas entre si nas extremidades. O ponto de encontro das barras é chamado nó da treliça.

O processo para construções em estruturas em aço se destaca, pois, o aço tem uma maior resistência mecânica se comparada a outros materiais. É um dos processos construtivos mais velozes e é o que suporta os maiores vãos, como por exemplo o galpão na figura 3. Por isso são muito utilizados principalmente em indústrias e supermercados que precisam de grandes vãos e velocidade na

execução e também é bastante utilizado em ginásios, pavilhões, telhados, torres, guindastes, escadas, passarelas, pontes, garagens, hangares, depósitos, lojas entre outros. (CHAVES, 2007)

### **Marco Referencial**

Em obras de engenharia civil como construções de moradias, armazém, etc, segundo Cristiano frente a análise de ligações parafusadas em estrutura metálica. Dissertação apresentada ao programa de graduação do curso de Engenharia civil, Universidade Regional do Noroeste do estado de Rio Grande do Sul – UNIJUI, Rio Grande do Sul, 2011.

Segundo o REAE, Decreto Lei n.º 211/ 86, de 31 de julho, bambeamento de elementos sujeitos a esforços de flexão é o fenómeno de instabilidade que se caracteriza pela ocorrência de grandes deformações transversais ao plano em que actuam os esforços de flexão.

Segundo o REAE, Decreto Lei n.º 211/ 86, de 31 de julho, varejamento de barras cumpridas é o fenómeno de instabilidade que se caracteriza pela ocorrência de deformações quando estas estão sujeitas a esforço de compressão, ou simultaneamente a esforços de compressão e de flexão.

## **METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO**

Este trabalho será conduzido no âmbito de melhoramento e avaliação de conservação da produção no Município de Boane.

Objectivo de solucionar o problema da má conservação da produção, que por sua vez não chega em boas condições aos consumidores.

Deste modo, vai-se conduzir uma investigação do tipo exploratório, descritivo analítico, isto é, procurar opiniões de agricultores que vivem naquele município e obter dados numéricos para fazer uma estatística de quantos produtores levam as suas mercadorias ao mercado.

Ir-se-á prosseguir a uma investigação do tipo exploratório descrito analítico, no âmbito do paradigma positivista e fenomenológico, procurando dimensionar um armazém em estruturas metálicas.

O mercado Mazambanino em 2020, o Governo prometeu regularizar essa dificuldade que os produtores expuseram, até aos dias de hoje nada aconteceu.

Na óptica de Marconi & Lakatos (2001) pesquisas qualitativas descritivas consistem em investigações de pesquisa empírica cuja principal finalidade é o delineamento ou análise das características dos factos ou fenómenos, a avaliação de programas ou o isolamento de variáveis principais.

De acordo com Ruas (2017:109-110), metodologia analítica é uma extensão da investigação descritiva, porque para além de descrever os factos como eles se apresentam, tem também o objectivo de analisar, perceber os problemas e os fenómenos, descobrindo e avaliando as relações de causa e efeito entre as variáveis nesses problemas ou fenómenos.

## **CONSTRANGIMENTOS PREVISTOS NA INVESTIGAÇÃO**

### **As limitações do trabalho**

Neste trabalho encontrei muitos constrangimentos que surgiram ao longo da elaboração do mesmo, sendo previstos os seguintes:

- Falta de informação dos produtores
- Falta informação sobre o tema na internet, com isto houve limitações

### As delimitações do trabalho

O processo de investigação foi apenas conduzido no município de (Boane) no mercado Mazambanine. O trabalho foi iniciado no final do 1 semestre de 2023

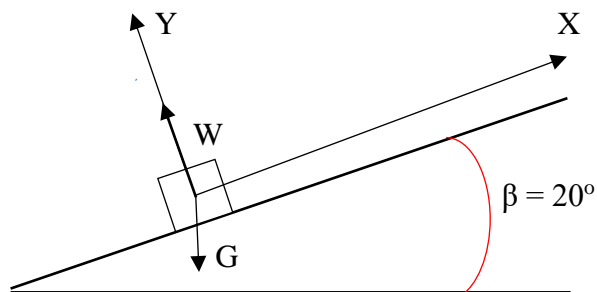
## MEMÓRIA DE CÁLCULO

### CONCEPÇÃO DO SISTEMA ESTRUTURAL

O projecto de armazém para acomodação de cereais e de excedentes agrícolas é constituído por estrutura metálica, a saber, chapas de zinco, madres de cobertura, madres laterais que suportam chapas laterais, pilares em perfis metálicos assentes sobre estrutura de betão armado tipo.

### Acções na Cobertura

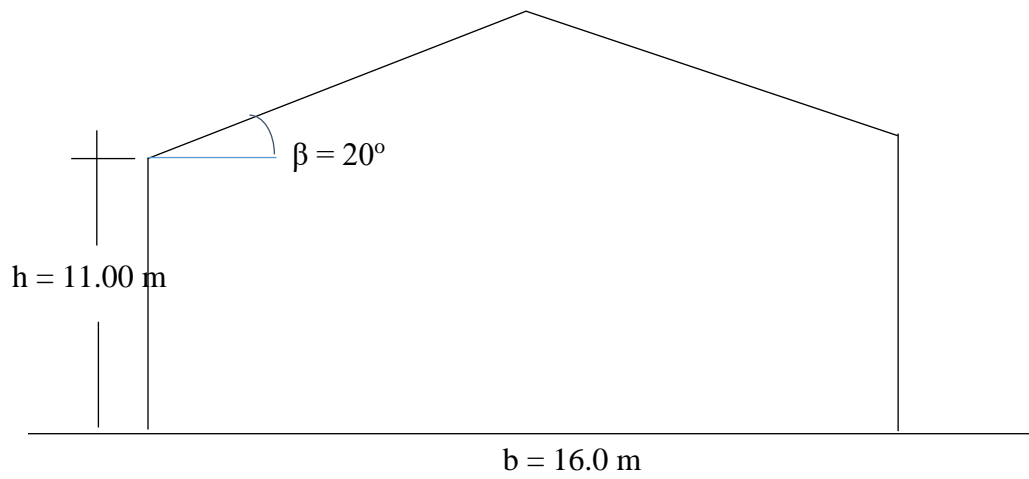
Sistema Estático de Cobertura



Chapa de ferro zincado, adopta-se no intervalo  $(0.05 - 0.10) = 0.10 \text{ KN/m}^2$

Carga permanente (chapa de ferro zincado + forro em esteira de madeira)  $= 0.10 + 0.20 = 0.30 \text{ KN/m}^2$

Madres e contraventamentos, adopta-se no intervalo  $(0.10 - 0.20) = 0.20 \text{ KN/m}^2$



determinação da carga permanente

$$G = PP_{\text{chapa}} + PP_{\text{madre}} + PP_{\text{forro}}$$

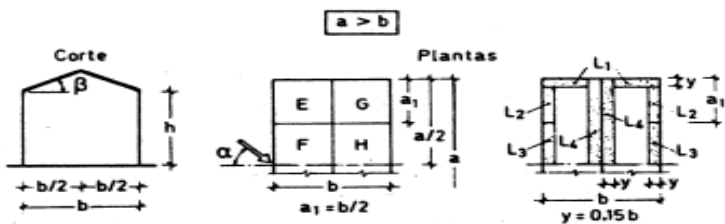
$$PP_{\text{chapa}} = 0.10 \text{ KN/m}^2$$

$$PP_{\text{madre}} = 0.20 \text{ KN/m}^2$$

$$PP_{\text{forro}} = 0.20 \text{ KN/m}^2$$

$$G = 0.10 + 0.20 + 0.20 = 0.50 \text{ KN/m}^2$$

**Coefficiente de pressão  $\delta_{pe}$  para cobertura de duas vertentes**



Relações geométricas do edifício h/b	Inclinação da vertente $\beta$ (graus)	Acções globais				Acções locais			
		Direcção do vento							
		$\alpha = 0^\circ$		$\alpha = 90^\circ$		L1	L2	L3	L4
		E, F	G, H	E, G	F, H				
$\frac{h}{b} < \frac{1}{2}$	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
$\frac{1}{2} < \frac{h}{b} < \frac{3}{2}$	45	+0.3	-0.5	-0.7	-0.6				-1.1
	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
$\frac{3}{2} < \frac{h}{b} < 6$	30	-0.2	-0.5	-0.8	-0.8	-1.0			-1.0
	45	+0.2	-0.5	-0.8	-0.8				
	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

$h/b = 11/16 = 0.69$

$a = 50 \text{ m e } b = 16 \text{ m} \rightarrow a > b$

Determinação das acções globais

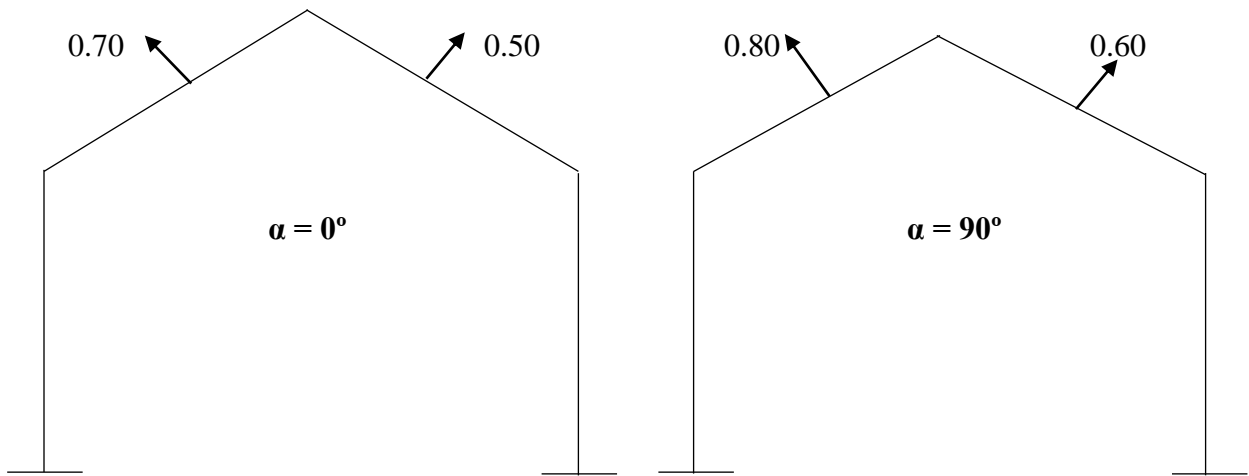
Relações geométricas	Inclinação da vertente ( $\beta$ )	$\alpha = 0^\circ$		$\alpha = 90^\circ$	
		E, F	G, H	E, G	F, H
$1/2 < 0.69 \leq 3/2$	20	-0.70	-0.50	-0.80	-0.60

Tabela

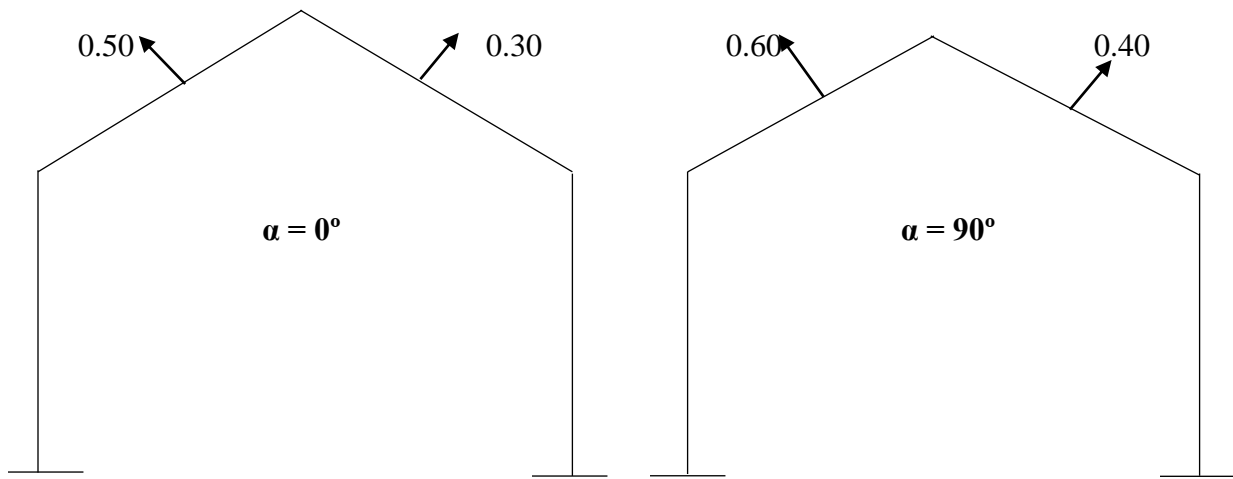
Fonte: Autor

**Quantificação da acção do vento – análise de coeficientes de pressão exterior**

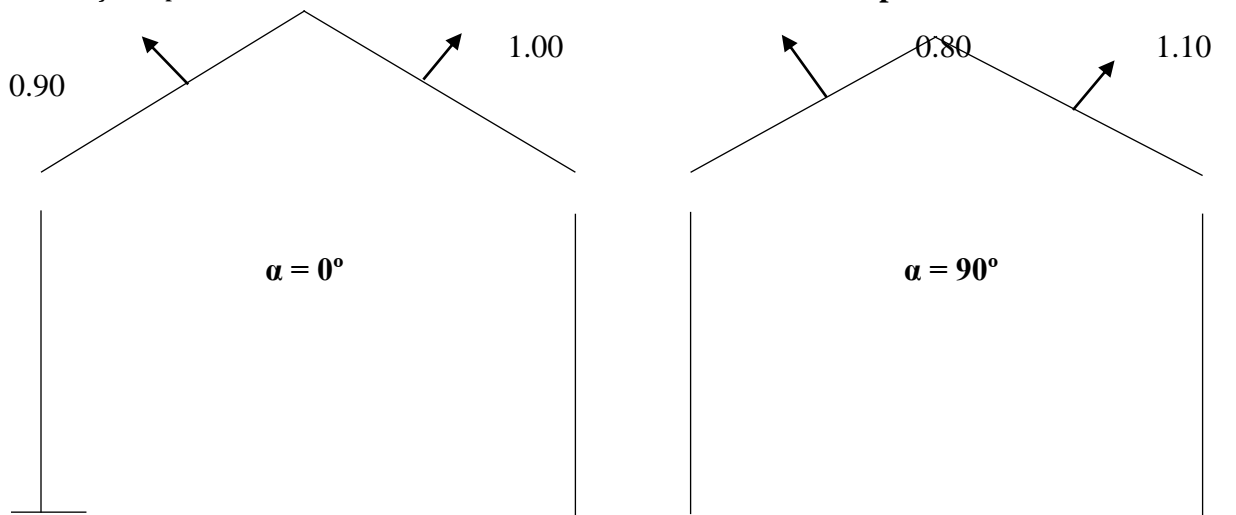
Situação  $\delta_{pi} = 0$



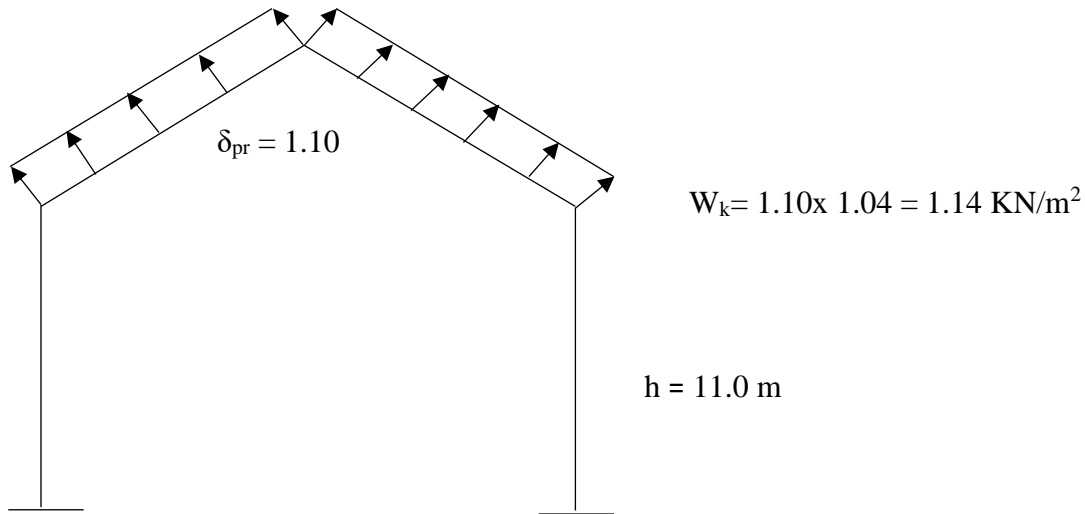
Situação  $\delta_{pi} = +0.2$  Vento normal às fachadas permeáveis



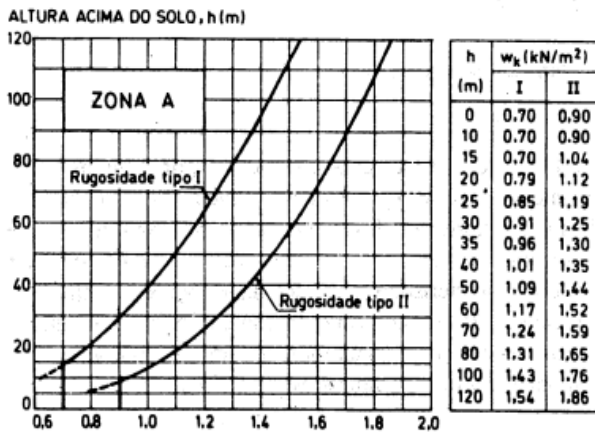
Situação  $\delta_{pi} = -0.3$  Vento normal às fachadas impermeáveis



### Sistema estático resultante – Caso desfavorável



### Determinação da pressão dinâmica em função da altura



Figura

Fonte: Tabelas Técnicas

### Combinação de acções

Acção de base: Vento

$$P_{sdx} = 1.5 G \cdot \sin\beta = 1.5 \times 0.50 \times \sin 20^\circ = 0.26 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{sdy} = 1.5 G \cdot \cos\beta - 1.5 w_k = 1.5 \times 0.50 \times \cos 20^\circ - 1.5 \times 1.14 = -1.01 \text{ kN/m}^2$$

### Determinação da sobrecarga em coberturas ordinárias

Tipo de coberturas	$q$ kN/m <sup>2</sup>	Tipo de cobertura	$q$ kN/m <sup>2</sup>
<b>a) Coberturas ordinárias: (*)</b> Sobrecarga uniformemente distribuída (em plano horizontal) ..... e uma sobrecarga concentrada, única, de 1,0 kN a considerar apenas no dimensionamento dos elementos secundários e não simultaneamente com a sobrecarga distribuída;	0,30	<b>b) Terraços não acessíveis (**)</b> Sobrecarga uniformemente distribuída No caso, porém, de terraços não acessíveis utilizados como cobertura de grandes espaços (hangares, naves industriais, etc.), podem ser adoptadas as sobrecargas especificadas para as coberturas ordinárias .....	1,0  0,3
Neste tipo de coberturas as acções permanentes $g$ são avaliadas por m <sup>2</sup> de vertente, considerando o rebatimento da cobertura num plano horizontal. Para transformar $g$ em $g_i$ (em plano horizontal como $q$ é dado) $g_i = \frac{g}{\cos \beta}$ sendo $\beta$ o ângulo do plano vertente como um plano horizontal. Ver quadros 4.2.3 e 4.2.5.		<b>c) Terraços acessíveis (***)</b> Sobrecarga uniformemente distribuída — No caso, porém, de o terraço desempenhar funções específicas, devem considerar-se as sobrecargas correspondentes ao tipo de utilização.	2,0

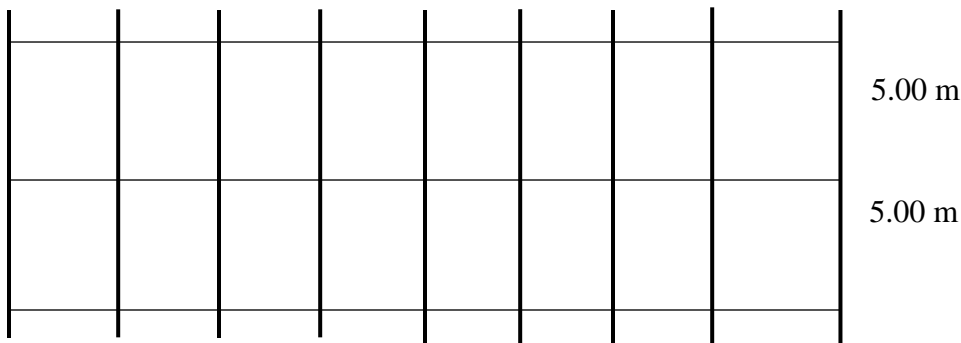
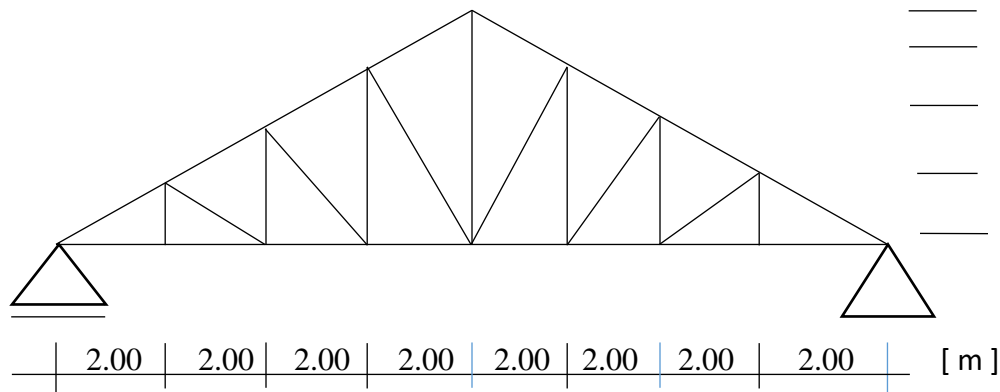
$Sc = 0.30 \text{ KN/m}^2$

Acção de base: sobrecarga

$P_{sdx} = 1.5 (G + Sc) \cdot \text{Sen}\beta = 1.5 \times (0.50 + 0.3) \cdot \text{sen}20^\circ = 0.41 \text{ KN/m}^2$

$P_{sdy} = 1.5 (G + Sc) \cdot \text{Cos}\beta = 1.5 \times (0.50 + 0.3) \cdot \text{cos}20^\circ = 1.13 \text{ KN/m}^2$

**Sistema estático da asna**



### Dimensionamento da madre de cobertura

$A = 2 \times 2 / \cos 20^\circ = 4.26 \text{ m}^2$  considera-se área de influência correspondente a  $L = 2.00 \text{ m}$

Determinação da carga desfavorável actuante na madre de cobertura

$Q_{\text{madre}} = 1.13 \text{ KN/m}^2 \times 2 \text{ m} = 2.26 \text{ KN/m}$  e  $Q_{\text{madre}} = 0.41 \text{ KN/m}^2 \times 2 \text{ m} = 0.82 \text{ KN/m}$

### Pré-dimensionamento da madre de cobertura

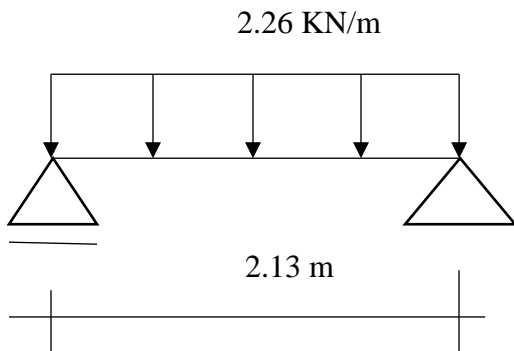


Figura: Sistema estático

Fonte: Autor

Hipótese a considerar: a madre sofre flexão

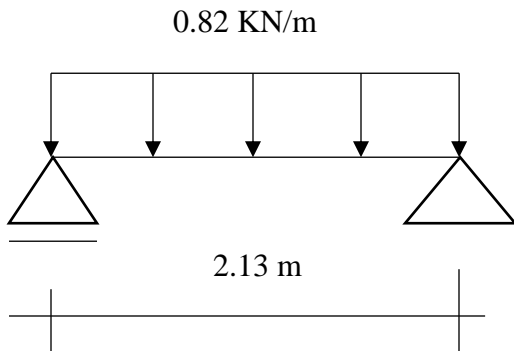
### Valores de cálculo das tensões resistentes, $\sigma_{Rd}$ e $\tau_{Rd}$ (MPa)

Tipos de aço	Tensões normais	Tensões tangenciais
	$\sigma_{Rd} = f_{yd}$	$\tau_{Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} f_{yd}$
Fe 360	235	135
Fe 430	275	160
Fe 510	355	205

Adopta-se material correspondente a tensão resistente  $\sigma_{Rd} = 235 \text{ Mpa}$

$$M_{sdy} = \frac{Q_{\text{madre}} \times l^2}{8} = \frac{2.26 \times 2.13^2}{8} = 1.28 \text{ KN.m}$$

$$\sigma_{sd} = \frac{M_{sd}}{W_{\text{madre}}} \leq \sigma_{rd} \leftrightarrow W_{\text{madre}} = \frac{M_{sd}}{\sigma_{rd}} = \frac{1.28 \times 10^6}{235000} = 5.45 \text{ cm}^3 \rightarrow \text{INP120 } (W_x = 54.7 \text{ cm}^3, W_y = 7.41 \text{ cm}^3)$$



$$M_{sdx} = \frac{0.82 \times 2.13^2}{8} = 0.47 \text{ KN.m}$$

Verificação a flexão em X-X e Y-Y

$$\sigma_{sd} = \frac{M_{sdx}}{W_x} + \frac{M_{sdy}}{W_y} \leq \sigma_{rd}$$

$$\sigma_{sd} = \frac{0.47 \times 10^{-3}}{54.7 \times 10^{-6}} + \frac{1.28 \times 10^{-3}}{7.41 \times 10^{-6}} = 8.5923 + 172.7395 = 181.33 \text{ MPa} < 235 \text{ MPa OK verifica}$$

Verificação ao cisalhamento

$$\text{INP120 } A = 14.2 \text{ m}^2, S = 31.8 \text{ cm}^3, I_x = 328 \text{ cm}^4, b = 58 \text{ mm}, I_y = 21.5 \text{ cm}^4$$

Direcção Y-Y

$$T_{sd} = \frac{2.26 \times 2.13}{2} = 2.41 \text{ KN}$$

$$\tau_{sd} = \frac{T_{sd} \times S}{I_x \times b} \leq \tau_{rd}$$

$$\tau_{sdy} = \frac{2.41 \times 31.8}{328 \times 5.8} = 0.04 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} = 400 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 0.4 \text{ MPa} \leq 135 \text{ MPa verifica ao cisalhamento}$$

Direcção X-X

$$T_{sd} = \frac{0.82 \times 2.13}{2} = 0.87 \text{ KN}$$

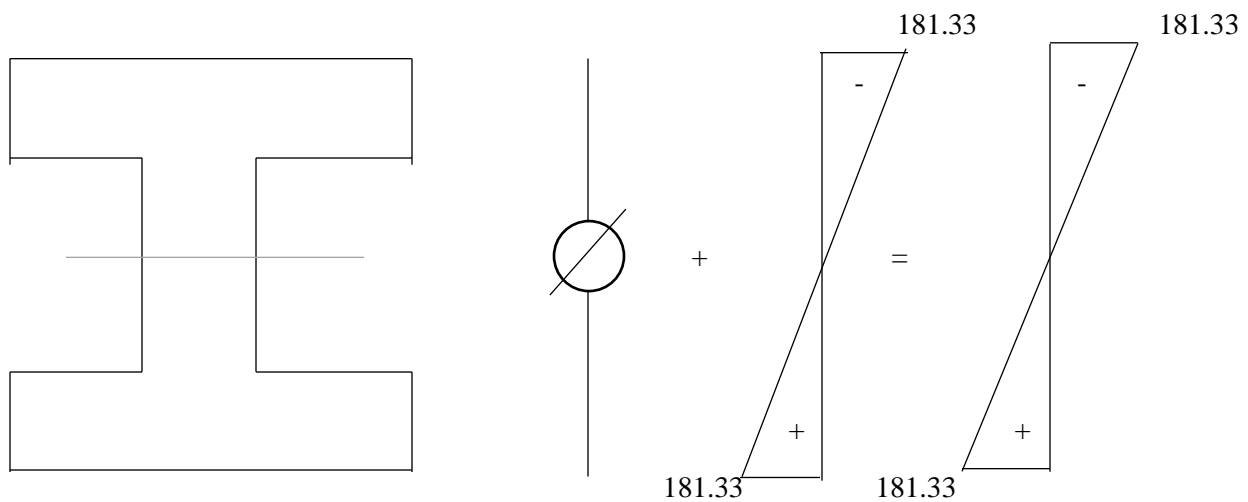
$$\tau_{sdx} = \frac{0.87 \times 31.8}{21.5 \times 5.8} = 0.222 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} = 2.22 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 0.0022 \text{ Mpa}$$

$\leq 135 \text{ Mpa}$  verifica ao cisalhamento

Admitindo que se verifica ao cisalhamento ou corte

Secção da madre de cobertura INP120 e diagrama de tensões normais

$\sigma_{sd}$  (Mpa)



Secção da madre de cobertura INP120 e diagrama de tensões tangenciais

Cálculo de tensões tangenciais

Características de perfil INP120,  $a = 5,1 \text{ mm}$ ,  $b = 58 \text{ mm}$ ,  $h = 120 \text{ mm}$ ,  $e_1 = 5,7 \text{ mm}$ ,  $I_x = 328 \text{ cm}^4$

Determinação de momento estático para o banzo superior

$$S_1 = 0 \text{ cm}^3 \text{ e } \tau_{sd1} = 0 \text{ Mpa}$$

$$S_2 = A \cdot Y = 0.57 \times 5.8 \times 0.285 = 0.942 \text{ cm}^3$$

$$\tau_{sd2} = \frac{T_{sd} \times S}{I_x \times b} = \frac{2.41 \times 0.942}{328 \times 5.8} = \frac{0.001193KN}{cm^2} = 0.12 \text{ Mpa} \leq 135 \text{ Mpa OK! Verifica}$$

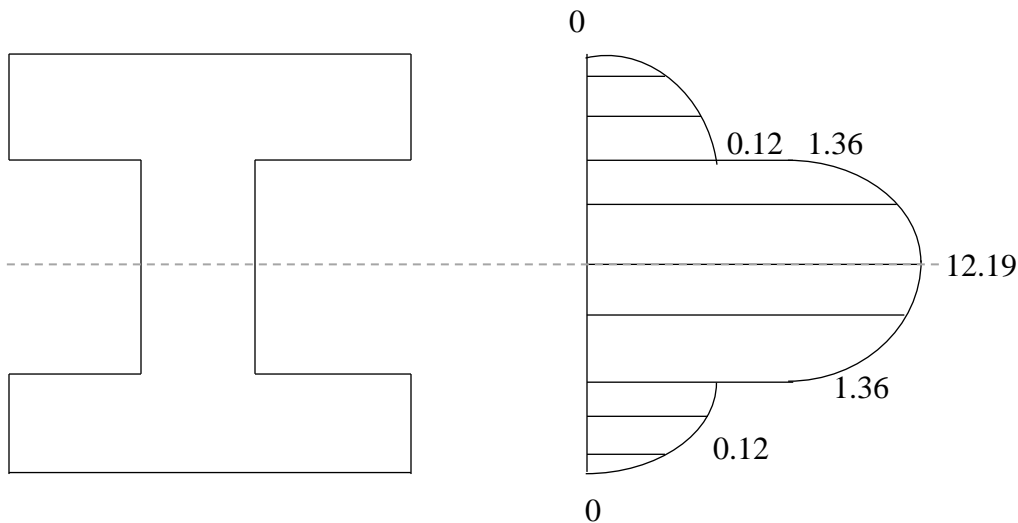
$$S_3 = S_2 = 0.942 \text{ cm}^3 e b = 0.51 \text{ cm}$$

$$\tau_{sd3} = \frac{T_{sd} \times S}{I_x \times b} = \frac{2.41 \times 0.942}{328 \times 0.51} = \frac{0.01357KN}{cm^2} = 1.36 \text{ Mpa} \leq 135 \text{ Mpa OK! Verifica}$$

$$S_4 = S_3 + A \cdot Y = 0.942 + \left\{ 0.51 \times [6 - 0.57] \times \frac{(6 - 0.57)}{2} \right\} = 8.46 \text{ cm}^3$$

$$\tau_{sd4} = \frac{T_{sd} \times S}{I_x \times b} = \frac{2.41 \times 8.46}{328 \times 0.51} = \frac{0.1218KN}{cm^2} = 12.19 \text{ Mpa} \leq 135 \text{ Mpa OK! Verifica}$$

$\tau_{sd}$  (Mpa)



Dimensionamento de asnas

Quantificação das acções

Chapa de ferro zincado + madres - 0.25 KN/m<sup>2</sup>

Forro do tecto - 0.20 KN/m<sup>2</sup>

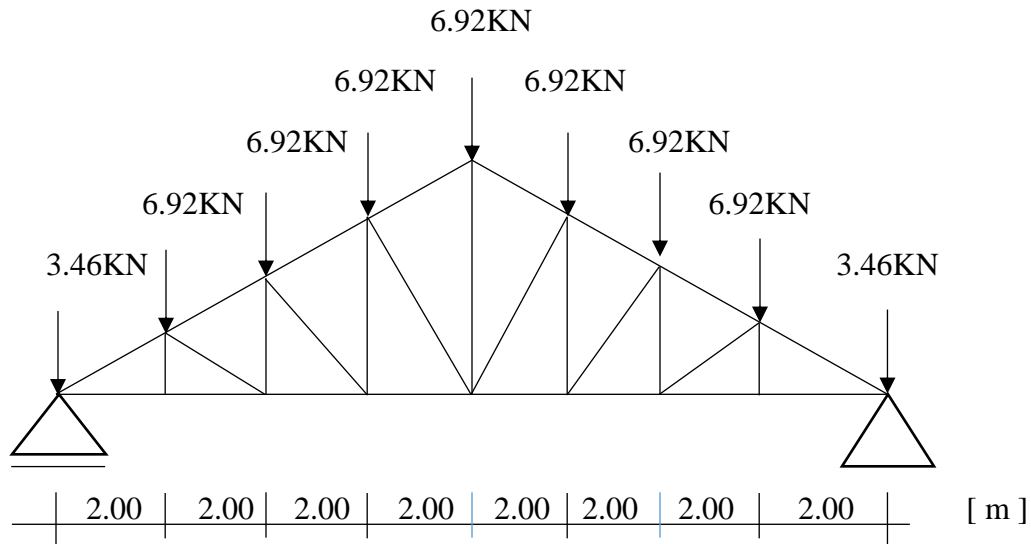
Asnas + elementos de travamento- 0.20 KN/m<sup>2</sup>

Acção permanente  $g = 0.25 + 0.20 + 0.20 = 0.65 \text{ KN/m}^2$

Área por nó  $A = 5.0 \times 2.0 = 10.0 \text{ m}^2$

Força por nó  $F = (0.65 / \cos 20^\circ) \times 10.0 = 6.92 \text{ KN}$

### Sistema estático da asna

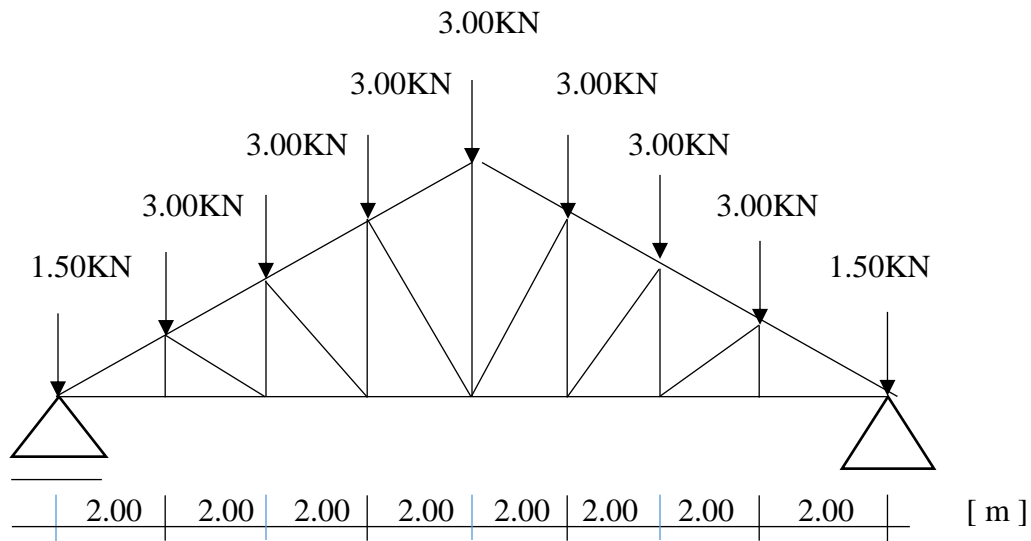


### Sobrecarga variável

$q = 0.30 \text{ KN/m}^2$  em projecção horizontal

Determinação da força por nó

$$F' = 0.30 \times 10 = 3.00 \text{ KN}$$



### Quantificação da acção de vento

$W_k = 1.10$  (situação mais desfavorável)

Área por nó.  $A = 5.0 \times (2/\cos 20^\circ) = 10.64 \text{ m}^2$

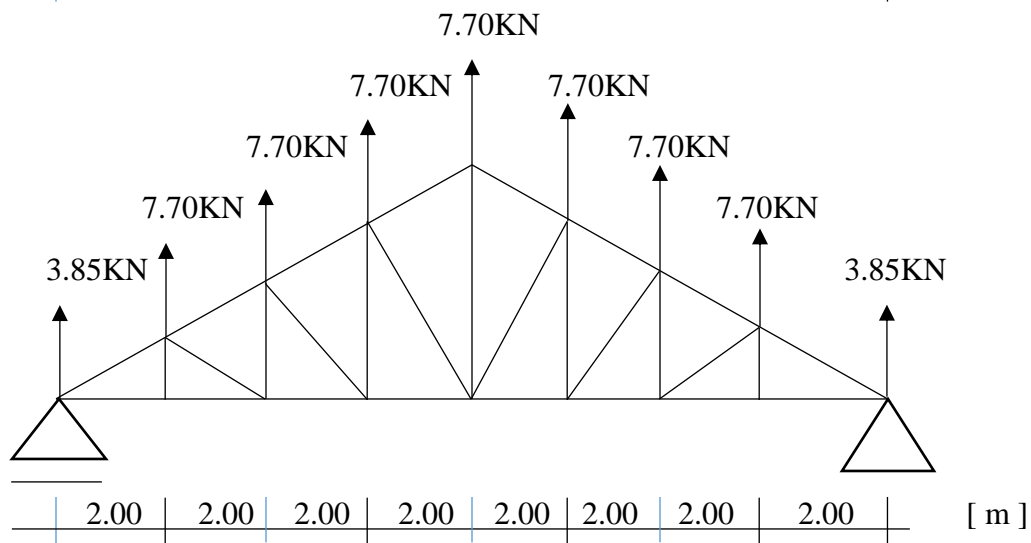
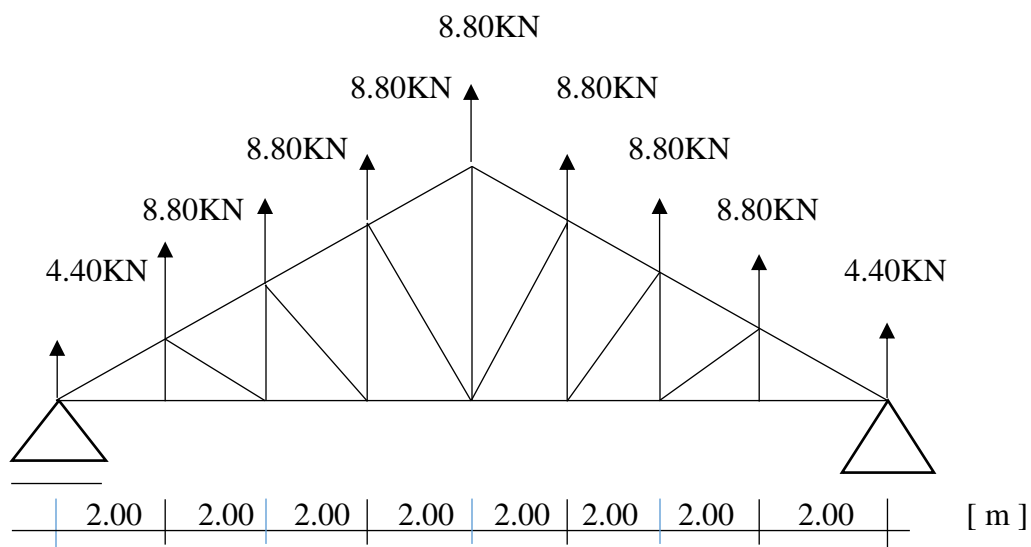
Área por nó.  $A = 2 \times 5.0 = 10.0 \text{ m}^2$

$\delta_{pe} = -0.70$  e  $\delta_{pi} = -0.80$

Cálculo da força F por nó

$$F = -0.80 \times 1.10 \times 10.0 = -8.80 \text{ KN}$$

$$F' = -0.70 \times 1.10 \times 10.0 = -7.70 \text{ KN}$$





Item	Designação da barra	Esforço interno Nsd (KN)
1	N1	171.46
2	N2	-182.46
3	N3	60.29
4	N4	170.97
5	N5	-26.29
6	N6	-156.18
7	N7	58.48
8	N8	146.55
9	N9	119.47
10	N10	-33.53
11	N11	-127.36
12	N12	19.77
13	N13	-79.82
14	N14	-105.88
15	N15	119.47
16	N16	117.88
17	N17	-105.88
18	N18	146.55
19	N19	19.77
20	N20	-79.82
21	N21	-127.36
22	N22	170.97
23	N23	58.48
24	N24	-33.53
25	N25	-156.18
26	N26	-26.29
27	N27	60.29
28	N28	171.46
29	N29	-182.46

Dimensionamento da barra mais solicitada

$$\sigma_{sd} = \frac{N_{sd}}{A} \leq \sigma_{Rd}$$

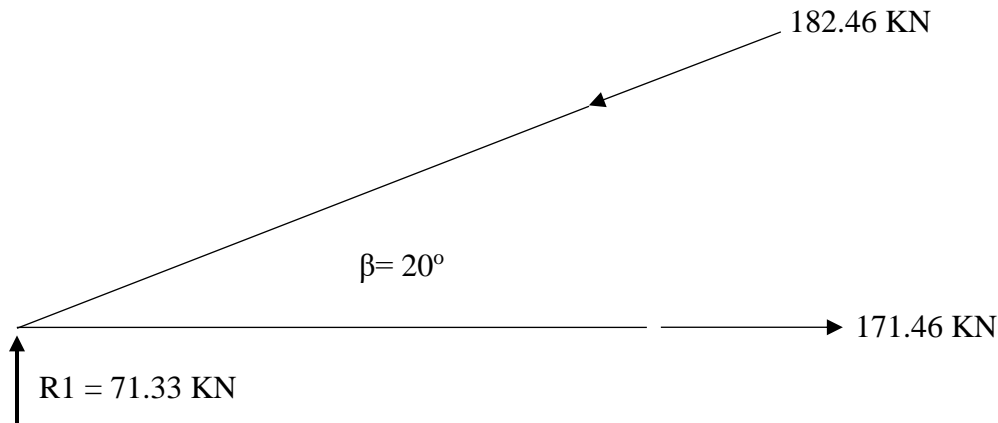
$$\sigma_{sd} = \frac{N_{sd}}{A} = \frac{182.46}{A} \leq 235000 \rightarrow A = 0.000776m^2 = 7.76cm^2 \rightarrow \text{HEA100 (A = 21.2cm}^2\text{)}$$

Verificação da resistência

$$\sigma_{sd} = \frac{N_{sd}}{A} \leq \sigma_{Rd} \rightarrow$$

$$\sigma_{sd} = \frac{N_{sd}}{A} = \frac{182.46}{21.2 \times 10^{-4}} \times 10^{-3} = 86.07 \text{ Mpa} \leq 235 \text{ Mpa OK! Verifica}$$

Dimensionamento de ligações no nó mais solicitado da asna



Cálculo de esforços de compressão nas pernas e de Tracção na linha

$$F_1 = \frac{F_{sd}}{\sin 20} = \frac{71.33}{\sin 20} = 208.55 \text{ KN}$$

$$F_2 = F_{sd} \times \cos 20 = 67.03 \text{ KN}$$

Cálculo da tensão resistente  $\rightarrow$  Material Fe360

$$\tau_{Rd} = 0.8 \times \sigma_{Rd}$$

$$\tau_{Rd} = 0.8 \times 235 = 188 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{Rd} = 2.25 \times 235 = 528.75 \text{ Mpa}$$

$$F_{1,sd} = 208.55 \text{ KN e } F_{2,sd} = 67.03 \text{ KN}$$

### Ligações aparafusadas

$$0.8 F_{sd} / (a.e) \leq f_{yd}$$

Da tabela 9.2.2.2 do REBAP adopta-se:  $a = 56 \text{ mm}$ ,  $d = e = 7 \text{ mm}$ .  $F_{sd} = 208.55 \text{ KN}$

### 9.2.2.2 — Dimensões usuais de chapas de interposição

Diâmetro do parafuso $d$		Chapas redondas mm			Chapas quadradas mm										
					$d_1$	Para madeira		Para perfis <b>I</b>				Para perfis <b>C</b>			
Poleg.	mm	$D$	$d_1$	$e_1$		$d_1$	$a$	$e_1$	$a$	$b$	$c$	$e_2$	$a$	$b$	$c$
3/8	9,5	22	11	2,5	11,5	30	4	22	1,5	4,6	3	22	1	3,8	3
1/2	12,7	28	14	3	15	40	5	30	2	6,2	4	30	2,5	4,9	4
5/8	15,9	34	17,5	3	18	50	6	36	2,5	7,5	5	36	2	5,9	5
3/4	19,1	40	21	4	22	60	7	44	3	9,2	6	44	3,5	7	5
7/8	22,2	45	24	4	25	70	7	50	3	10,0	7	50	3	8	6
1	25,4	52	27	5	28	80	8	56	3	10,8	7	56	3	8,5	6

Fonte: Tabelas técnicas

Adopta-se duas chapas de interposição

$$\frac{0.8 \times 208.55 \times 10^{-3}}{2 \times 56 \times 10^{-3} \times 7 \times 10^{-3}} \leq 0.7 \times 235 \rightarrow 212.81 \text{Mpa} \leq 164.50 \text{Mpa}$$

Verificação ao Corte

$$\frac{0.8 \times 208.55 \times 10^{-3}}{2 \times 56 \times 10^{-3} \times 7 \times 10^{-3}} \leq 0.8 \times 235 \rightarrow 212.81 \text{Mpa} \leq 188 \text{Mpa OK! Verifica ao corte}$$

Verifica a Tracção

$$\frac{0.8 \times 208.55 \times 10^{-3}}{2 \times 56 \times 10^{-3} \times 7 \times 10^{-3}} \leq 2.25 \times 235 \rightarrow 212.81 \text{Mpa} \leq 528.75 \text{Mpa} \rightarrow$$

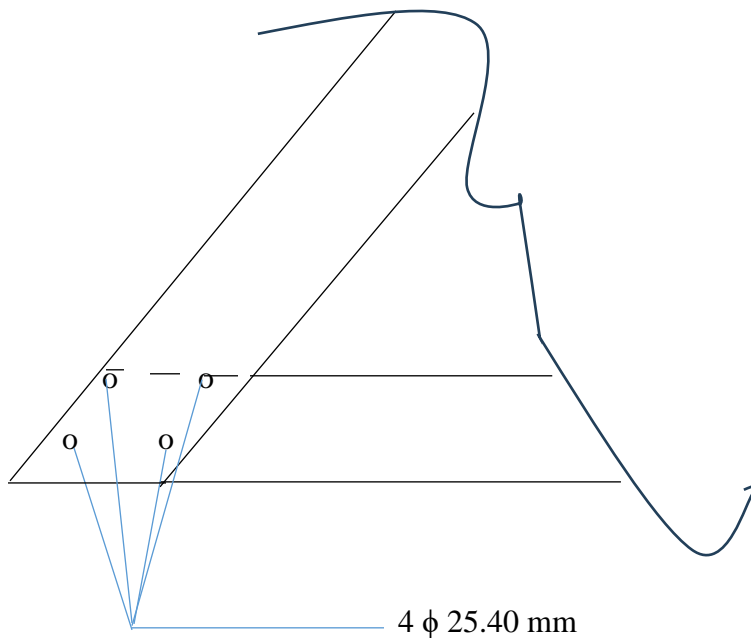
verifica ao esmagamento

Cálculo de número de parafusos por nó

$$A_p = \frac{\pi \times 25.4^2}{4} = 506.45 \text{mm}^2$$

$$n \geq \frac{F_{sd}}{A \times \tau_{Rd}} = \frac{208.55 \times 10^3}{506.45 \times 188} = 2,19 \rightarrow \text{Adopta – se quatro parafusos de } d = 25.4\text{mm admitindo interposicao de duas chapas}$$

Representação esquemática da disposição construtiva da ligação



Figura

Fonte: Autor


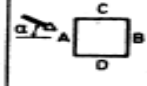
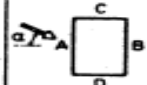
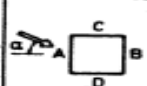
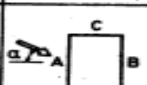
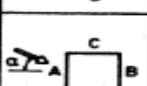
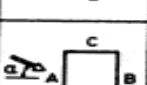
### Pressão dinâmica

Rugosidade tipo II – rugosidade a atribuir aos restantes locais, nomeadamente zonas rurais e periferias de zonas urbanas.

Boane enquadra-se na zona rural ou periferia de zona urbana.

$$W_k = 1,04 \text{ KN/m}^2$$

**Coefficientes de pressão  $\delta_{pe}$  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	
	$\frac{3}{2} < \frac{a}{b} \leq 4$		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	
	$\frac{3}{2} < \frac{a}{b} \leq 4$		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	
	$\frac{3}{2} < \frac{a}{b} \leq 4$		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

$h/b = 11/16 = 0.69$

$a = 50 \text{ m}$

$a/b = 50/16 = 3.13$

$1/2 < h/b \leq 3/2 \rightarrow 1/2 < 0.69 \leq 3/2$  Ok verifica

$3/2 < a/b \leq 4 \rightarrow 3/2 < 3.13 \leq 4$  Ok verifica

No caso de vento actuar perpendicular a parede A ( $\alpha = 0$ ) ou ( $\alpha = 90^\circ$ )

$\alpha^\circ$	A	B	C	D
0	+0.70	-0.30	-0.70	-0.70
90	-0.50	-0.50	+0.70	-0.10

Pressões exteriores

Depressões

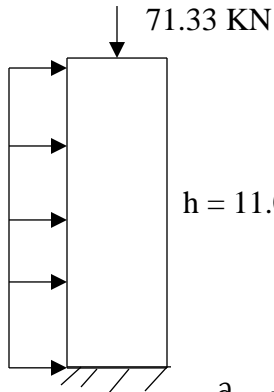
$-0.30 \times 1.04 = -0.31 \text{ KN/m}^2$

$-0.70 \times 1.04 = -0.73 \text{ KN/m}^2$

Pressões

$$+ 0.70 \times 1.04 = + 0.73 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Análise por metro linear} \rightarrow Q = 1.5 \times 0.73 \times 1 \text{ m} = 1.10 \text{ KN/m}$$



$$h = 11.0\text{m} ; M_{sd} = (q_{sd} \times h^2)/2 = 66.55 \text{ KN.m}$$

$$\sigma_{sd} = \frac{M_{sd}}{W_x} \leq \sigma_{rd} \leftrightarrow W_x = \frac{66.55}{235 \times 1000} = 283.19 \text{ cm}^3 \rightarrow \text{IPE 240}$$

Verificação de resistência

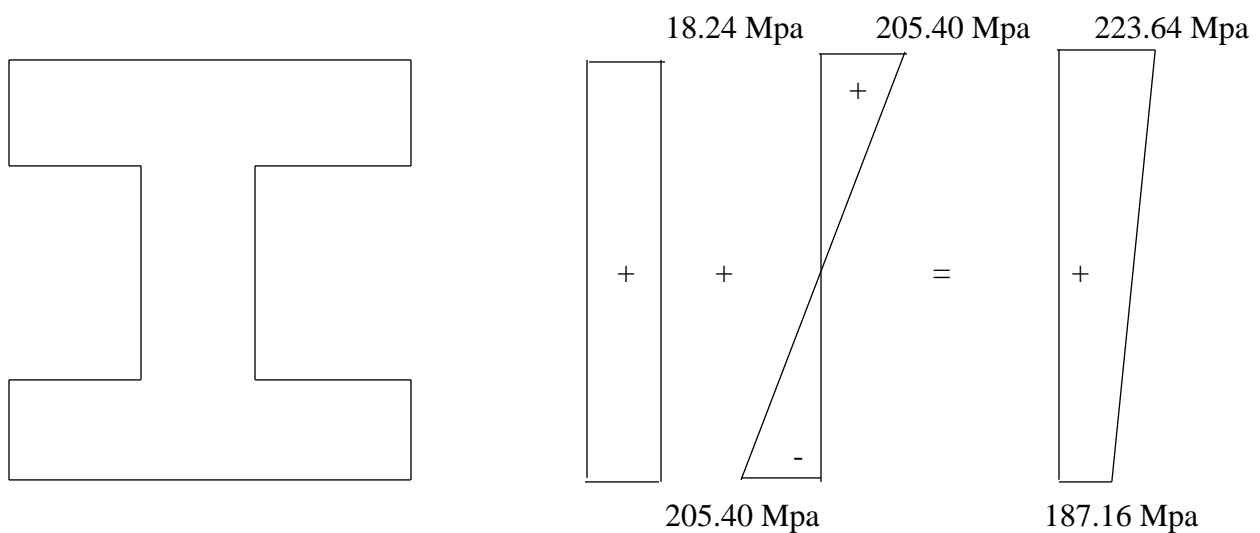
$$\text{IPE, } A = 39.1 \text{ cm}^2, W_x = 324 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{sd} = \frac{N_{sd}}{A} \mp \frac{M_{sd}}{W_x} = \frac{71.33 \times 10^{-3}}{39.1 \times 10^{-4}} \mp \frac{66.55 \times 10^{-3}}{324 \times 10^{-6}} = 18.24 + 205.40 = 223.64 \text{ Mpa}$$

$$\leq 235 \text{ Mpa}$$

Secção do pilar em IPE240 e diagrama de tensões normais

$\sigma_{sd}$ (Mpa)



Verificação ao corte ou cisalhamento

$$T_{sd} = 1.10 \times 11.0 = 12.10 \text{ KN}$$

$$\text{IPE240 } S_x = 183 \text{ cm}^3, I_x = 284 \text{ cm}^4 \text{ e } b = 120 \text{ mm} = 12 \text{ cm}$$

$$\tau_{sd} = \frac{T_{sd} \times S}{I_x \times b} \leq \tau_{rd}$$

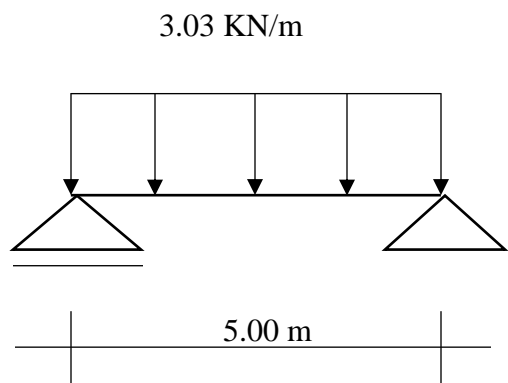
$$\tau_{sdy} = \frac{12.10 \times 183}{284 \times 12} = 0.65 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} = 6500 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 6.5 \text{ M}_{\text{Pa}} \leq 135 \text{ M}_{\text{Pa}} \text{ Ok! Verifica ao corte}$$

Dimensionamento de madres laterais

Admite-se a colocação de 4 madres laterais espaçados a 2.75 metros ao longo da altura de 11 metros.

Admite-se espaçamento entre pilares 5.00 metros

$$Q_{sd} = 1.10 \times 2.75 = 3.03 \text{ KN/m}$$



Figura

Fonte: Autor

$$M_{sd} = \frac{Q_{sd} \times l^2}{8} = \frac{3.03 \times 5^2}{8} = 9.47 \text{ Km. m}, T_{sd} = \frac{Q_{sd} \times l}{2} = \frac{3.03 \times 5}{2} = 7.58 \text{ KN}$$

$$\sigma_{sd} = \frac{M_{sd}}{W_x} \leq \sigma_{rd} \leftrightarrow W_x = \frac{9.47}{235 \times 1000} = 40.30 \text{ cm}^3 \text{ Selecciona - se INP 120}$$

$$(W_x = 54.7 \text{ cm}^3, W_y = 7.41 \text{ cm}^3)$$

$$\sigma_{sd} = \frac{M_{sd}x}{W_x} \leq \sigma_{rd}$$

$$\sigma_{sd} = \frac{9.47 \times 10^{-3}}{54.7 \times 10^{-6}} = 173.13 \text{ MPa} < 235 \text{ MPa OK verifica}$$

Verificação ao cisalhamento

INP120 (A = 14.2 m<sup>2</sup>, S = 31.8 cm<sup>3</sup>, I<sub>x</sub> = 328 cm<sup>4</sup>, b = 58 mm, I<sub>y</sub> = 21.5 cm<sup>4</sup>)

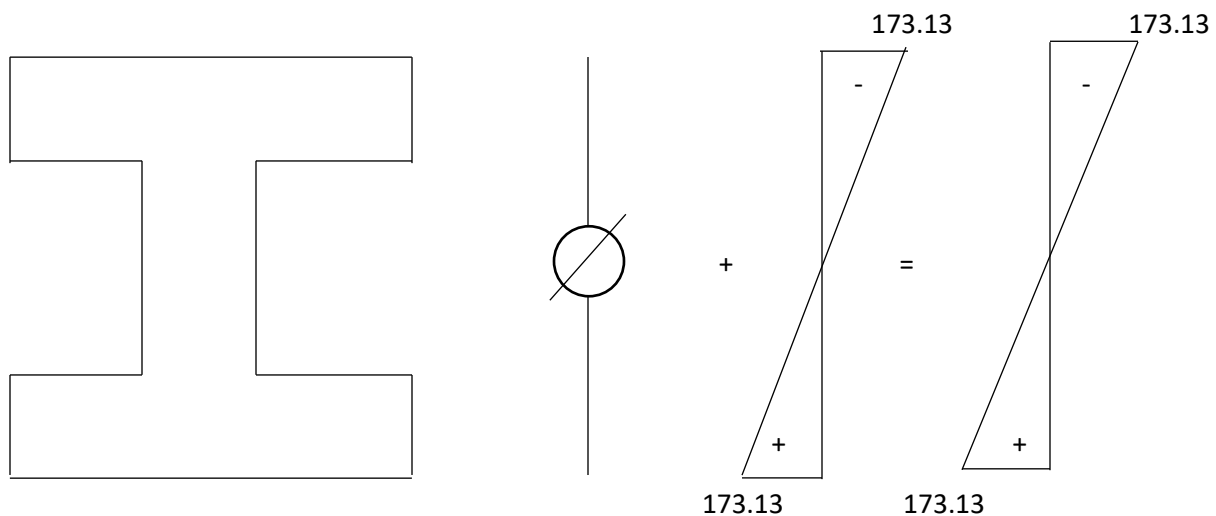
$$\tau_{sd} = \frac{T_{sd} \times S}{I_x \times b} \leq \tau_{rd}$$

$$\tau_{sd} = \frac{7.58 \times 31.8}{328 \times 5.8} = 0.1267 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} = 1267 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 1.27 \text{ MPa} \leq 135 \text{ MPa verifica ao cisalhamento}$$

Admitindo que se verifica ao cisalhamento ou corte

Secção da madre lateral INP120 e diagrama de tensões normais

$\sigma_{sd}$  (Mpa)



Cálculo de tensões tangenciais da madre lateral

Características de perfil INP120,  $a = 5,1 \text{ mm}$ ,  $b = 58 \text{ mm}$ ,  $h = 120 \text{ mm}$ ,  $e1 = 5,7 \text{ mm}$ ,  $I_x = 328 \text{ cm}^4$

Determinação de momento estático para o banzo superior

$$S_1 = 0 \text{ cm}^3 \text{ e } \tau_{sd1} = 0 \text{ Mpa}$$

$$S_2 = A \cdot Y = 0.57 \times 5.8 \times 0.285 = 0.942 \text{ cm}^3$$

$$\tau_{sd2} = \frac{T_{sd} \times S}{I_x \times b} = \frac{7.58 \times 0.942}{328 \times 5.8} = \frac{0.0037533 \text{ KN}}{\text{cm}^2} = 0.38 \text{ Mpa} \leq 135 \text{ Mpa OK! Verifica}$$

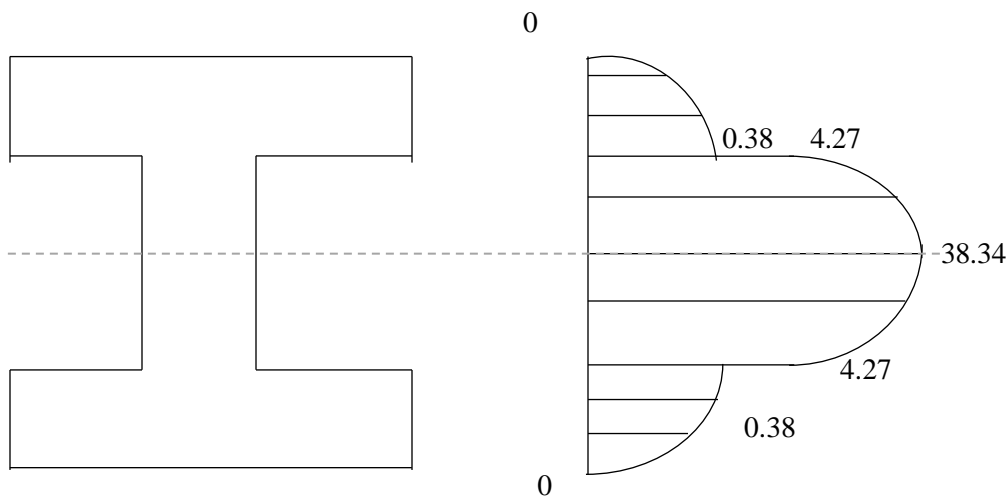
$$S_3 = S_2 = 0.942 \text{ cm}^3 \text{ e } b = 0.51 \text{ cm}$$

$$\tau_{sd3} = \frac{T_{sd} \times S}{I_x \times b} = \frac{7.58 \times 0.942}{328 \times 0.51} = \frac{0.0426850 \text{ KN}}{\text{cm}^2} = 4.27 \text{ Mpa} \leq 135 \text{ Mpa OK! Verifica}$$

$$S_4 = S_3 + A \cdot Y = 0.942 + \left\{ 0.51 \times [6 - 0.57] \times \frac{(6 - 0.57)}{2} \right\} = 8.46 \text{ cm}^3$$

$$\tau_{sd4} = \frac{T_{sd} \times S}{I_x \times b} = \frac{7.58 \times 8.46}{328 \times 0.51} = \frac{0.383350 \text{ KN}}{\text{cm}^2} = 38.34 \text{ Mpa} \leq 135 \text{ Mpa OK! Verifica}$$

$\tau_{sd}$  (Mpa)



### Verificação a encurvadura de pilares (Varejamento do lado da menor inercia)

Admitindo que a parede deve suportar o efeito da acção do vento então o pilar deve ter o perfil da secção da parede logo, o perfil será IPE240 para qual deve-se verificar a encurvadura.

Cálculo de verificação de encurvadura

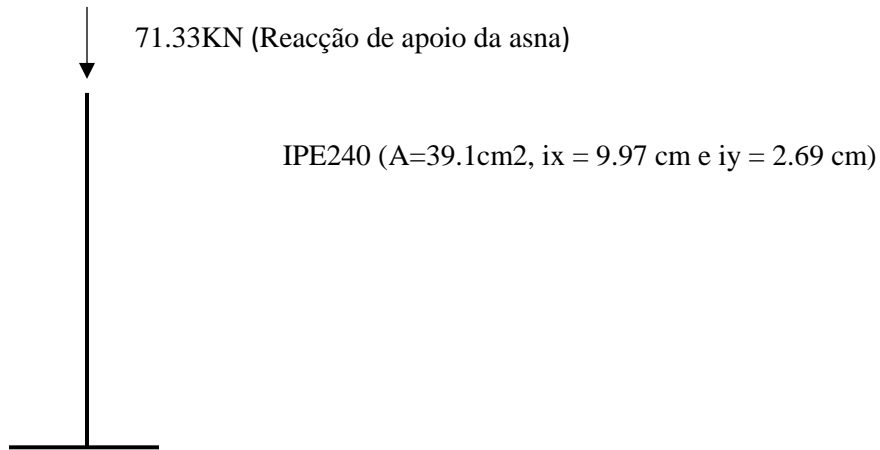


Figura – Sistema estático do pilar

Determinação de comprimento de encurvadura

$$l_{enc} = 2 \times l = 2 \times 11 = 22 \text{ m} = 2200 \text{ cm}$$

Determinação de coeficiente de esbelteza

$$\lambda_x = \frac{l_{enc}}{i_y} = \frac{2200}{2.69} = 817.84$$

$$\lambda_y = \frac{l_{enc}}{i_x} = \frac{2200}{9.97} = 220.66$$

$$\varphi = \frac{4802}{\lambda_x^2}$$

$$\text{Material Fe360, } \lambda > 105 \rightarrow \varphi = \frac{4802}{\lambda_x^2}$$

Cálculo de encurvadura

$$\varphi = \frac{4802}{\lambda_x^2} = \frac{4802}{817.84^2} = 0.01$$

$$\sigma_{sd} = \frac{N_{sd}}{\varphi \cdot A} = \frac{71.33}{0.01 \times 39.1 \times 10^{-4}} \times 10^{-3} = 1824.30 \text{ Mpa} > 235 \text{ Mpa KO! Nao verifica}$$

Selecciona-se perfil HEM200 (A = 131.3 cm<sup>2</sup>, ix = 9.00 cm e iy = 5.27 cm)

Determinação de coeficiente de esbelteza

$$\lambda_x = \frac{l_{enc}}{i_y} = \frac{2200}{5.27} = 417.46$$

$$\lambda_y = \frac{l_{enc}}{i_x} = \frac{2200}{9} = 244.44$$

Cálculo de encurvadura

$$\varphi = \frac{4802}{\lambda_x^2} = \frac{4802}{417.46^2} = 0.028$$

$$\sigma_{sd} = \frac{N_{sd}}{\varphi \cdot A} = \frac{71.33}{0.028 \times 131.3 \times 10^{-4}} \times 10^{-3} = 194.02 \text{ Mpa} \leq 235 \text{ Mpa OK! verifica}$$

Verificação ao bambeamento

$l_0 = 1100 \text{ cm}$ ,  $h = 220 \text{ mm} = 0.22 \text{ m}$ ,  $b = 206 \text{ mm} = 0.206 \text{ m}$ ,  $e = 25 \text{ mm} = 0.025 \text{ m}$

$$\frac{l_0 \cdot h}{b \cdot e} = \frac{2200 \times 0.22}{0.206 \times 0.025} = \frac{484}{0.00515} = 93980.58 > 2500 \text{ logo admite - se } k = 1$$

Tipo de aço	Valor da relação $\frac{l_0 h}{be}$	Valor do coeficiente $k$
Fe 360 .....	$\frac{l_0 h}{be} \leq 250$	1
	$250 < \frac{l_0 h}{be} \leq 711$	$1 - 396 \times 10^{-9} \left( \frac{l_0 h}{be} \right)^2$
	$711 < \frac{l_0 h}{be} < 2\,500$	$\frac{569}{\left( \frac{l_0 h}{be} \right)}$
Fe 430 .....	$\frac{l_0 h}{be} \leq 250$	1
	$250 < \frac{l_0 h}{be} \leq 608$	$1 - 541 \times 10^{-9} \left( \frac{l_0 h}{be} \right)^2$
	$608 < \frac{l_0 h}{be} < 2\,500$	$\frac{486}{\left( \frac{l_0 h}{be} \right)}$
Fe 510 .....	$\frac{l_0 h}{be} \leq 250$	1
	$250 < \frac{l_0 h}{be} \leq 471$	$1 - 902 \times 10^{-9} \left( \frac{l_0 h}{be} \right)^2$
	$471 < \frac{l_0 h}{be} < 2\,500$	$\frac{377}{\left( \frac{l_0 h}{be} \right)}$

$$k = 1$$

Verificação ao bambeamento

$$\sigma_{sd} = \frac{N_{sd}}{k \cdot A} = \frac{71.33}{1 \times 131.3 \times 10^{-4}} \times 10^{-3} = 5,43 \text{ Mpa} \leq 235 \text{ Mpa OK! verifica ao bambeamento}$$

Dimensionamento de fundação

$$N_{sd} = 71.33 \text{ KN}$$

$$M_{sd} = 66.55 \text{ KN.m}$$

71.33KN (Reacção de apoio do pilar + Peso próprio)

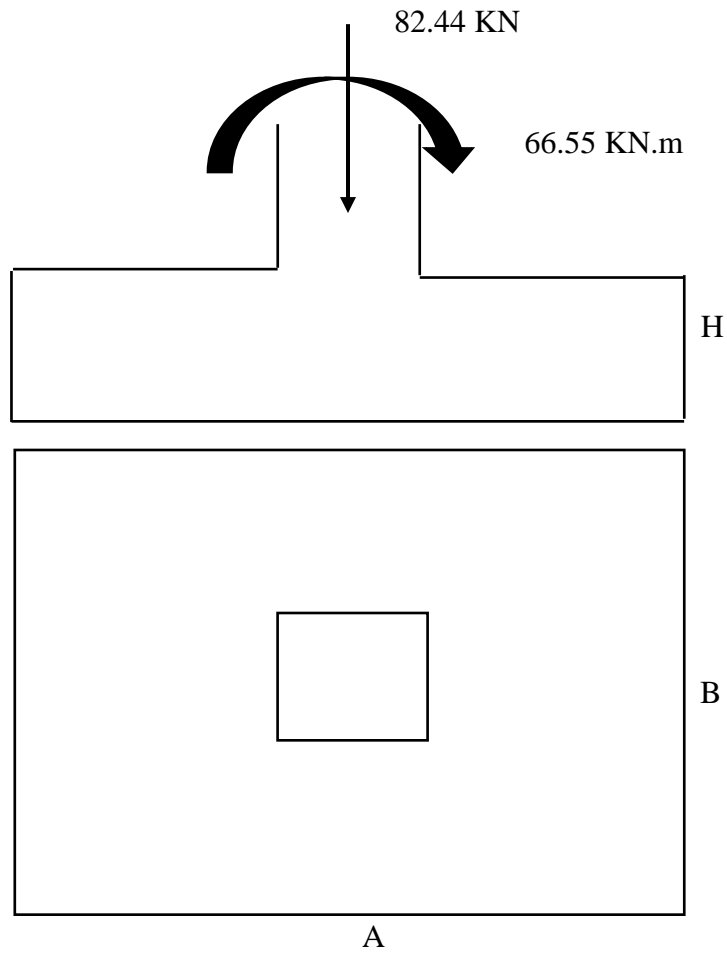
Para HEM200 → massa = 103 Kg/m

$$PP = 103 \text{ Kg/m} \times 11 \text{ m} \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 11114,73 \text{ N} = 11.11 \text{ KN}$$

Determinação de esforço axial de calculo

$$N_{sd\ Cal} = N_{sd} + PP$$

$$N_{sd\ cal} = 71.33 + 11.11 = 82.44\text{ KN}$$



HEM a = 220mm e b = 206mm

Pré-dimensionamento

**Correlações entre  $N_{SPT}$  e a tensão admissível de solos coesivos  
(Milititsky & Schnaid, 1995)**

Descrição (consistência)	$N_{SPT}$	Provável tensão admissível ( $kN/m^2$ )		
		L = 0,75m *	L = 1,5m *	L = 3,0m *
Dura	> 30	500	450	400
Muito rija	15 - 30	250 - 500	200 - 450	150 - 400
Rija	8 - 15	125 - 250	100 - 200	75 - 150
Média	4 - 8	75 - 125	50 - 100	25 - 75
Mole	2 - 4	25 - 75	< 50	-
Muito mole	< 2		a estudar	

\* Menor dimensão da fundação

Admitindo solo de consistência rija em Boane  $\sigma_{solo} = 100 \frac{kN}{m^2}$

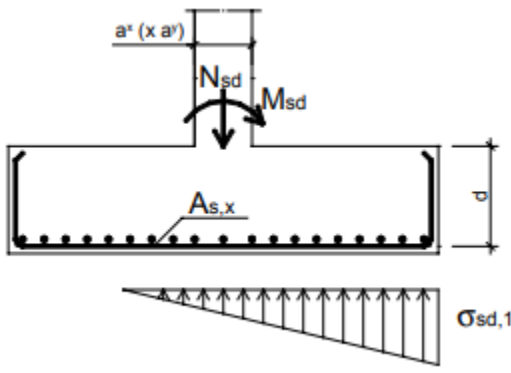
$$A_{spata} = \frac{1.10 \times N_{sd}}{\sigma_{solo}} = \frac{1.10 \times 82.44}{100} = 0.91m^2 = 9100cm^2$$

Adopta-se A = 100 cm e B = 91 cm

Determinação de excentricidade

$$e_x = \frac{M_{sd}}{N_{sd}} = \frac{66.55}{82.44} = 0.81 m > 16.67cm \rightarrow \text{logo existe levantamento da sapata}$$

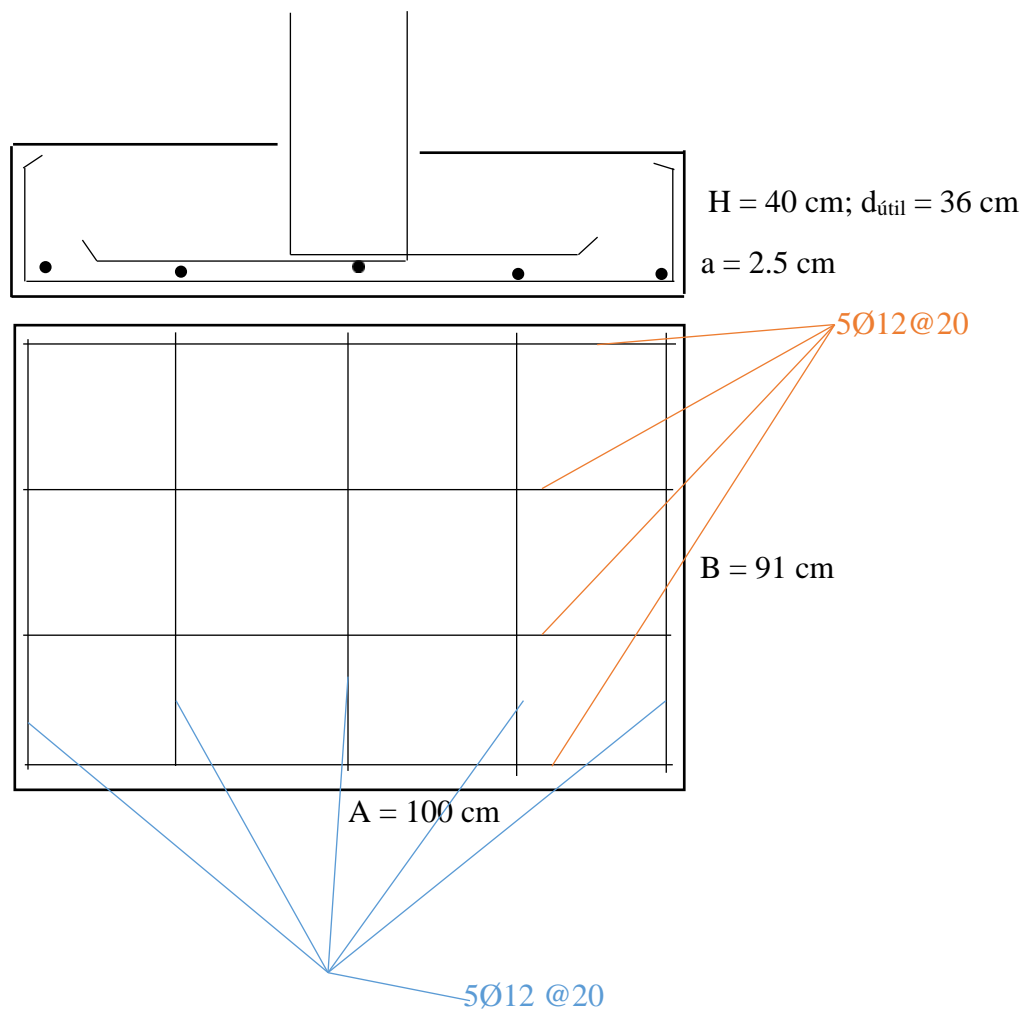
$$\frac{A}{6} = \frac{100}{6} = 16.67 cm$$



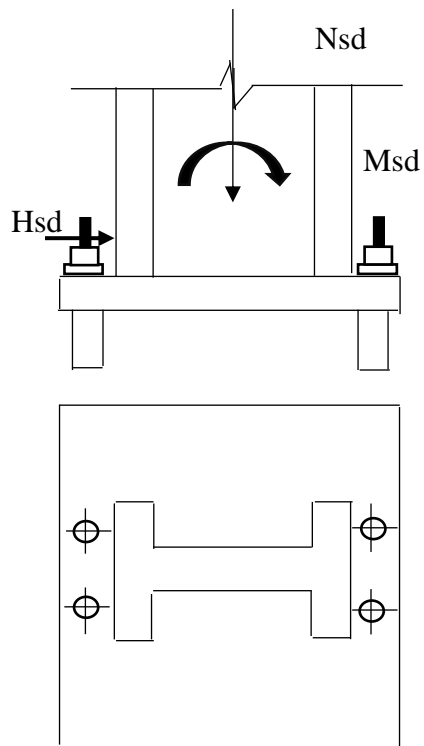
### Cálculo da armadura

$H \leq (A - a) / 2$ ,  $H = (100 - 22) / 2 = 39$  cm, adopta-se  $H = 40$  cm,  $d = 0.9H = 36$  cm = 0.36 m

$$A_{s,x} = \frac{M_{sd,f}}{0.9 \cdot d \cdot f_{syd}} = \frac{66.55}{0.9 \times 0.36} = \frac{205,40}{348000} = \frac{0.00059m^2}{m} = \frac{5.90cm^2}{m} \rightarrow 5\phi 12@20$$



## Dimensionamento de chumbadouros



### Dados e acções

Perfil HEM200

$N_{sd} = 82.44 \text{ KN}$

$H_{sd} = 0.95 \times 11 = 10.45 \text{ KN}$

$M_{sd} = 66.55 \text{ KN.m}$

Aço da base USI CIVIL  $\rightarrow (f_y = 300 \text{ Mpa e } f_u = 400 \text{ Mpa})$

Aço do chumbadouro SAE 1020 ( $f_y = 210 \text{ Mpa e } f_u = 380 \text{ Mpa}$ )

Betão B30  $\rightarrow f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$

### Verificação a tensão admissível do Betão

$$F'_C = 0.35 \times F_{CK} \times \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 0.70 f_{CK}$$

$$F'_C = 0.35 \times 25 \times \sqrt{1} \leq 0.70 \times 25$$

$$F'_C = 8.75 \text{Mpa} \leq 17.50 \text{Mpa} \rightarrow \text{OK!}$$

Área necessária para Betão

$$A_C = \frac{N_{sd}}{F'_C} = \frac{82.44}{0.70} = 117.77 \text{ cm}^2$$

Para W310 x 44.5  $\rightarrow$  (d = 313 mm e  $b_f$  = 166 mm)

Cálculo da área de betão

$$\Delta = 0.5 \times (0.95 \cdot d - 0.8b_f)$$

$$\Delta = 0.5 \times (0.95 \times 36 - 0.8 \times 16.6)$$

$$\Delta = 10.46 \text{ cm}$$

$$C = \sqrt{10.01} + 10.46 = 13.62 \text{ cm}$$

$$B = 10.01/13.62 = 0.73 \text{ cm}$$

Dimensionamento do chumbadouro

$$H_{sd} = 82.44 \text{ KN}$$

$$d_C = 0.40 \times \sqrt{\frac{H_{sd}}{n}} = 0.40 \times \sqrt{\frac{82.44}{4}} = 1.82 \text{ cm}$$

Adopta-se 4 chumbadouros de 7/8" diâmetro 22 mm

Cálculo da ancoragem do chumbadouro

$$A_{\text{Chumbadouro}} = \frac{\pi d^2}{4} = 3.80 \text{ cm}^2$$

$$T = A_{Ch} \times 0.38 \times f_u = 3.80 \times 10^{-4} \times 0.38 \times 38 \times 10^4 = 54.87 \text{ KN}$$

$$p = \frac{1.21 \times T}{f_{ck} \times d_C} = \frac{1.21 \times 54.87}{25 \times 1.82} = 1.44 \text{ cm} \rightarrow \text{do parafuso até a chapa}$$

$$d = 12d_C = 12 \times 1.82 = 21.84 \text{ cm} \rightarrow \text{altura dentro do Betão}$$

$$h = p + d = 1.44 + 21.84 = 23.28 \text{ cm} \rightarrow \text{parte do parafuso até no interior do betão.}$$

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

### CONCLUSÕES

O presente trabalho analisou os pressupostos de dimensionamento estrutural de elementos metálicos recorrendo aos conhecimentos adquirido ao longo da carreira estudantil, desde a concepção estrutural da ideia fulcral, quantificação das acções, combinação de acções segundo RSA e verificação de resistência de estabilidade estrutural desde o dimensionamento da estrutura de cobertura, nomeadamente dimensionamento da madre de cobertura, selecção de perfil tipo.

Estrutura de cobertura verifica aos estados limites últimos e a todas verificações levadas a efeitos.

Na estrutura de cobertura a acção dominante ou de base que induziu a situação mais desfavorável foi a do vento que condicionou completamente o dimensionamento da asna.

Os cálculos demonstram claramente que a estrutura de cobertura está segura e devidamente dimensionada, a saber, madre de cobertura em perfis INP120, asma em perfis HEA100 interconectados em por 4 parafusos de diâmetro 25.40 mm para o nó mais solicitado, mas pode-se admitir aplicação deste tipo de ligação em todos nós de conexão de 29 elementos da asna de cobertura, a asna possui 29 elementos barras em perfil que todos verificam a estabilidade de esforços axiais de compressão e tracção – tirante ou escora.

O pilar com 11 metros de altura tipo verifica a encurvadura e o perfil HEM200 confere melhor estabilidade estrutural dado que verifica ao varejamento do lado menor inercia e ao bambeamento e/ou flambagem.

Coincidentemente as madres de cobertura e as laterais são concebidas em perfis INP120 que verificam a flexão e ao corte, os diagramas das tensões normais são próximos em termos de valores de tensões de cálculo.

Relativamente a interação solo-estrutura, para a concepção da fundação o autor propõe sapatas isoladas, admitindo tensão resistente calculado a partir da hipótese assumida (solo de consistência rija) de modo a evitar que a pressão na base de fundação exceda a capacidade de carga do solo, a sapata com elevação de plinto não considerável deve ser conectada aos pilares metálicos em perfis HEM200 através de 4 chumbadouros de diâmetro 22 mm.

De uma forma geral os cálculos e verificações levados a efeito pelo autor conferem melhor estabilidade a partir de dimensionamento da estrutura de cobertura até a fundação. No dimensionamento foram admitidos os pressupostos, dimensionamento da madre de cobertura a partir de quantificação de todas acções actuante desde a carga permanente, o peso da chapa zincada, forro e peso próprio da madre, sem descurar a acção do vento e estas por sua vez condicionam o dimensionamento da asna, antecedido de combinação de acções ate obter-se a asna resultante, onde calcula-se reacções de apoio da mesma para posterior transmissão de esforço de calculo aos pilares metálicos, sem esquecer a acção do vento pela lateral determinou-se os esforços actuantes lateralmente, analisou-se igualmente a encurvadura e encaminhou-se o esforço de pilar axial de compressão do pilar e em conjugação com o momento flector obteve-se o momento na base de encastramento do pilar.

## **RECOMENDAÇÕES**

O trabalho de fim de curso em analise permitiu solidificar o entendimento na área de concepção e dimensionamento estrutural, dai que se recomenda, a saber,

- Seguimento cauteloso de pressupostos de dimensionamento arrolados pelo RSA e pelo REBAP, a partir da quantificação e combinações das acções e em todos cálculos onde estes são pertinentes e respeitar os coeficientes de segurança admitindo que estas normas são homologadas para a realidade de Moçambique,
- Sempre que for possível levar a efeito os testes laboratoriais dos materiais para aferir as suas propriedades deve-se recorrer aos trabalhos similares, cálculos, as considerações que se aproximem a realidade do que pretende determinar, seja para carga permanente ou mesmo variável,
- Admitir ou considerar coeficiente de bambeamento  $k = 1$  para pilares extremamente altos para melhor conferirem melhor rigidez a cobertura e garantirem contraventamentos adequado,
- Prestar atenção e dimensionar os elementos estruturais desfavoráveis em termos de valor absoluto de esforços,

- Na interação solo-estrutura é imprescindível considerar boas praticas alem dos elementos devidamente dimensionados, a saber, prestar atenção no processo de compactação que deve ser feita correctamente de modo a melhorar a capacidade de carga de solo e reduzir potenciais deformações,

De uma forma geral a estrutura metálica não induz deformações considerais a fundação dado que possui menor peso comparativamente as estruturas de betão armado, mas torna-se imperioso garantir que a carga transmitida seja encaminhada para o solo de forma segura e atenuada, isso depende imenso da boa combinação de acções de cobertura e laterais.

As ligações aparafusadas adoptadas pelo autor exigem perfeitamente a manutenção restrita no diz respeito aos reapertos de modo a permitir rigidez das ligações e garantir com que a vida útil da estrutura seja alcançada com boa conservação.

## **LIMITAÇÕES DO TRABALHO**

Para elaboração deste trabalho de fim de curso, o autor teve de ultrapassar os seguintes constrangimentos:

- Exiguidade de manuais que retratam fielmente aspectos de dimensionamento estrutural em elementos metálicos,
- Inexistência de normas Moçambicanas relativas ao dimensionamento estrutural,
- Uso e escolha de perfis metálicos tabelados, sem nenhum teste laboratorial dos mesmos, o que pode induzir ao erro de dimensionamento.

## BIBLIOGRAFIA

BIAZI, J.D.; BERTOL, R.; CARNEIRO, M.C. Armazéns em unidades centrais de armazenamento. In: LORINI, I.; MIIKE, L.H.; SCUSSEL, V.M. (Ed.). Armazenagem de grãos. Campinas: Instituto Bio Geneziz, 2002. Cap. 3, p. 157-174.

CHAVES, M. R. Avaliação do desempenho de soluções estruturais para galpões industriais leves. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Série histórica: Produção vs Capacidade de Armazenamento. 2015.

Decreto-Lei nº 235/83, de 31 de Maio. (1983). "*Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA)*". Porto Editora.

Decreto-Lei nº 349-C//83, de 30 de Junho. (1983). "*Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (REBAP)*". Porto Editora.

FUSCO, P. B. Construções de concreto solicitações tangenciais: introdução – combinação de ações – força cortante – conceitos básicos. São Paulo: EPUSP/PEF, 1981.

GAMEIRO, A.H. Índices de preço para o transporte de cargas: o caso da soja a granel. 2003. Tese (doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

HIBBELLER, R. C. Resistência dos materiais. Rio de Janeiro, LTC, 1997.

[http://download.rj.gov.br/documentos/10112/1312245/DLFE56335.pdf/13\\_SECAOIV\\_2\\_HABI\\_TACAO\\_docfinal\\_rev.pdf](http://download.rj.gov.br/documentos/10112/1312245/DLFE56335.pdf/13_SECAOIV_2_HABI_TACAO_docfinal_rev.pdf) Acesso em 04 de agosto 2014.

J.S.,Farinha e A.Correia, dos, Reis, (1993).“Tabelas Técnicas”.P.O.B Editora.

LIMA, J., Monteiro, V., & Mun, M. (1999). "*Betão Armado: Esforços Normais e de Flexão (REBAP - 83)*". Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

LANGENDONCK, T. Resistência dos materiais: tensões. Rio de Janeiro: Científica, 1956.

LAKATOS, Eva Maria & MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos da metodologia científica. 4. e. SP: Atlas, 2001.

MALHADO, Silvio; SOUZA, Ubinaci; Barros, Mercia de; Franco, Luiz; Hino Maurício; Godói, Eduardo; Hoo, Gregory e Shimizu, Júlio, (2002) “Fundações”, Documentos de apoio à cadeira de Tecnologia de Construção de Edifícios I, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Brasil

Ruas, J. (2017). Manual de metodologias de investigação; como fazer propostas de investigação, monografias, dissertações e teses. Maputo: Escolar Editora.

SIMÕES, Rui A.D. (2007). Manual de dimensionamento de estruturas metálicas, Coleção Construção Metálica e Mista, cmm Press, Coimbra.

USAID (2008). Investimento Privado no Sector de Agricultura em Moçambique. Setembro, 2008.