

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFAAT
ENGENHARIA CIVIL**

AUGUSTO PETERSEN

BRUNO HISSA

GABRIEL OLIVEIRA

LUCAS BERNARDES

VITOR COSTA

**CONSIDERAÇÕES DE CÁLCULO DE PILAR EM GALPÕES PRÉ-
FABRICADOS**

**ATIBAIA -SP
2021**

**AUGUSTO PETERSEN
BRUNO HISSA
GABRIEL OLIVEIRA
LUCAS BERNARDES
VITOR COSTA**

**CONSIDERAÇÕES DE CÁLCULO DE PILAR EM GALPÕES PRÉ-
FABRICADOS**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Centro
Universitário UNIFAAT, para
obtenção do título de bacharel
em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Henrique Raymundo

**ATIBAIA - SP
2021**

CURSO DE GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL

Termo de aprovação

**AUGUSTO PETERSEN
BRUNO HISSA
GABRIEL OLIVEIRA
LUCAS BERNARDES
VITOR COSTA**

CONSIDERAÇÕES DE CÁLCULO DE PILAR EM GALPÕES PRÉ-FABRICADOS

Trabalho apresentado ao Curso de Engenharia Civil, para apreciação do professor orientador Me. Henrique, que após sua análise considerou o Trabalho _____, com Conceito _____.

Atibaia, SP, ____ de _____ de 2021.

Prof. Me. Henrique

Petersen, Augusto
P577c Considerações de cálculo de pilar em galpões pré-fabricados. / Bruno Hissa, Gabriel Oliveira, Lucas Bernardes, Vitor Costa - 2021.
71 f.; 30 cm.

Orientação: Henrique Raymundo

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Faculdades Atibaia, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil do Centro Universitário UNIFAAT, 2021.

1. Galpão 2. Pilar 3. Dimensionamento 4. Pré-fabricado 5. Vento I. Hissa, Bruno II. Oliveira, Gabriel III. Bernardes, Lucas IV. Costa, Vitor V. Raymundo, Henrique VI. Título

CDD 515

Aos nossos pais, por todo apoio, incentivo e suporte que nos deram ao longo desses 5 anos.

AGRADECIMENTO

Primeiramente a Deus, por nos dar condições de graduar, mesmo em meio à pandemia, nos abençoou dando condições de não desistir.

Agradecemos aos nossos pais, que se fizeram sempre presentes nessa longa jornada, dando suporte, apoio, incentivo, ainda mais nos momentos difíceis com noites intensas de estudos, por nos ajudar com a mensalidade da faculdade.

Somos gratos a todos professores, por nos proporcionar suas experiências, em conversas e debates. Isso nos ajuda muito, não somente como engenheiros, mas também como ser humano.

Ao Professor Henrique Raymundo, nosso orientador, agradecemos pelo carinho do tempo investido em nós, onde, como grupo, pudemos expandir nossos conhecimentos quanto à engenharia e compartilhar da experiência de um Engenheiro Calculista. Obrigado pela atenção e disposição ao longo do ano que nos orientou.

Com certeza, agradecemos uns aos outros que durante anos estudando juntos, nos tornamos verdadeiros amigos. Sofremos juntos, lutamos juntos, sobre tudo, vencemos juntos.

RESUMO

Com o grande avanço das compras online atualmente, os galpões pré-fabricados têm se destacado no cenário da construção civil, visto que armazenamento e distribuição dos produtos e serviços exigem grande espaço físico. Por consequência desse avanço construtivo, o seguinte trabalho tem como objetivo ilustrar ao engenheiro o dimensionamento correto do pilar, baseando-se nas normas regulamentadoras existentes e confrontando com o cálculo de dimensionamento de pilar e dimensionamento de viga. O trabalho dirige, primeiramente, uma inquirição quanto à estrutura de um galpão em pré-fabricado de concreto armado. Posteriormente considera-se ações atuantes no galpão (ações diretas, variáveis e vento), enfatizando as ações do vento, devido sua grande influência direta nas forças atuantes do galpão, a começar pela topografia do terreno. Finalmente, após o dimensionamento e majoração das forças atuantes, realiza-se o cálculo do pilar de duas maneiras distintas e comparativas: teoria de cálculo de pilar e teoria de cálculo de viga, resultando na obtenção da relação de armadura do pilar.

Palavras-chave: Galpão; Pilar; Dimensionamento; Pré-fabricado; Vento.

ABSTRACT

With the great advance of online shopping today, prefabricated warehouses have stood out in the civil construction scenario, as storage and distribution of products and services require large physical space. As a result of this constructive advance, the following work aims to illustrate to the engineer the correct dimensioning of the column, based on the existing regulatory standards, and confronting it with the calculation of column dimensioning and beam dimensioning. First, the work directs an inquiry into the structure of a prefabricated reinforced concrete shed. Subsequently, actions acting on the shed are considered (direct, variable and wind actions), emphasizing the actions of the wind, due to its great direct influence on the shed's acting forces, starting with the terrain topography. Finally, after dimensioning and augmenting the acting forces, the column is calculated in two distinct and comparative ways: column calculation theory and beam calculation theory, resulting in obtaining the column reinforcement ratio.

Keywords: Shed; Cornerstone; Sizing; Prefabricated; Wind.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Exemplo de Galpão.....	5
Figura 2- Galpão em Pré-Moldado.....	6
Figura 3- Galpão em Pré-Fabricado.....	6
Figura 4- Elementos estruturais do Galpão.....	7
Figura 5- Fundações Rasas e Profundas.....	8
Figura 6- Tipos de pilares Pré-fabricados.....	9
Figura 7- Vigas com Perfil T.....	10
Figura 8- Vigas com Perfil I.....	10
Figura 9- Terça Pré-Fabricado no perfil T ou I.....	11
Figura 10- Telha termoacústica.....	11
Figura 11- Fechamento Metálico.....	12
Figura 12- Modelo de Pórtico – Galpão.....	13
Figura 13- Sistematização das forças nas edificações, devido ao vento.....	15
Figura 14- Modelo de Pilar – PIL009.....	28
Figura 15- Inserção de dados característicos.....	29
Figura 16- Mapa das Isopletas.....	30
Figura 17- Cálculo do Valor Topográfico.....	31
Figura 18- Cálculo do Fator de Rugosidade.....	32
Figura 19- Cálculo do Fator Estatístico.....	33
Figura 20- Coeficiente de pressão externa nas paredes.....	34
Figura 21- Coeficiente de pressão externa nas paredes.....	35
Figura 22- Coeficiente de pressão interna.....	36
Figura 23- Combinação entre coeficientes de pressão.....	37
Figura 24 - Ação do vento nas paredes e no telhado do galpão.....	38
Figura 25- Ftool baseado nos esforços do visual ventos.....	38
Figura 26- Ação do vento nas paredes e no telhado Cpi -0,30 e 0,00.....	39
Figura 27- Ação do vento Cpi= -0,30 majorada.....	39
Figura 28- Forças atuantes advindas da ação do vento.....	40
Figura 29- Força normal.....	40
Figura 30- Força Cortante.....	41

Figura 31- Momento Fletor.....	41
Figura 32- Ação do vento $C_{pi} = 0,00$ majorada.....	42
Figura 33- Forças atuantes advindas da ação do vento.....	42
Figura 34- Força normal.....	43
Figura 35- Força cortante.....	43
Figura 36- Momento fletor.....	44
Figura 37- Força normal.....	44
Figura 38- Força normal.....	45
Figura 39- Seção das Terças de Cobertura.....	46
Figura 40- Carregamento do Peso Próprio da Terça.....	47
Figura 41- Carregamento da Cobertura.....	47
Figura 42- Sobrecarga Permanente.....	48
Figura 43- Carga acidental na extremidade.....	49
Figura 44- Carga acidental no meio do vão.....	49
Figura 45- Forças atuantes situação 1.....	49
Figura 46- Força normal.....	50
Figura 47- Força cortante.....	50
Figura 48- Momento fletor.....	51
Figura 49- Forças atuantes situação 2.....	51
Figura 50- Força normal.....	52
Figura 51- Força cortante.....	52
Figura 52- Momento fletor.....	52
Figura 53- PCALC 8 barras $\varnothing 25\text{mm}$	55
Figura 54- PCALC 4 barras $\varnothing 32\text{mm}$	55
Figura 55- PCALC 6 barras $\varnothing 25\text{mm}$	56
Figura 56- PCALC 4 barras $\varnothing 32\text{mm}$	56
Figura 57- Oblíqua 8 barras $\varnothing 25\text{mm}$	57
Figura 58- Oblíqua 4 barras $\varnothing 32\text{mm}$	58
Figura 59- Oblíqua 6 barras $\varnothing 25\text{mm}$	58
Figura 60- Oblíqua 4 barras $\varnothing 32\text{mm}$	59
Figura 61- Cálculo da armadura do pilar como viga na situação 1.....	60
Figura 62- Cálculo da armadura do pilar como viga na situação 2.....	60

Figura 63- Disposição das Armaduras.....	61
Figura 64- Disposição das Armaduras.....	61
Figura 65- PCALC 4 barras Ø32mm.....	65
Figura 66- Oblíqua 4 barras Ø32mm.....	65
Figura 67- Cálculo da armadura do pilar como viga na situação 1.....	66
Figura 68- Disposição da armadura na viga.....	67

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1- Perfil de velocidade média do vento (km/h) de acordo com a rugosidade do terreno.....	16
Gráfico 2- Gráfico de isopletas da velocidade básica V_0 (m/s)	17
Gráfico 3- Fator topográfico em Taludes e Morros.....	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Parâmetros Meteorológicos.....	22
Tabela 2- Fator Z em função da classe e categoria.....	23
Tabela 3- Valores mínimos para o fator estatístico S3.....	24
Tabela 4- Resumo da Armadura Longitudinal Mínima.....	54
Tabela 5 – Taxas mínimas de armadura de flexão para vigas	62
Tabela 6 – Resumo da Taxa de Armadura.....	63
Tabela 7 – Resumo da Taxa de Armadura.....	67

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivo.....	2
1.2. Justificativa.....	2
1.3. Metodologia.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	5
2.1. Definições e Galpão.....	5
2.2. Diferença entre Pré-Fabricado e Pré-Moldado.....	5
2.3. Elementos de um Galpão.....	
2.4. Fundação.....	7
2.4.1. Fundação Superficial ou Rasa.....	8
2.4.2. Fundação Profunda.....	8
2.5. Pilar.....	8
2.6. Vigas.....	9
2.7. Terças.....	10
2.8. Cobertura.....	11
2.9. Fechamento.....	12
2.10. Definições do Galpão Utilizado.....	12
2.11. Ações Consideradas na Estrutura.....	13
2.12. Ações Permanentes.....	13
2.12.1. Ações permanentes diretas.....	13
2.12.2. Ações permanentes indiretas.....	14
2.13. Ações Variáveis.....	14
2.13.1. Ações Variáveis Diretas.....	14
2.13.2. Ações Variáveis Indiretas.....	14
2.14. Teoria e Cálculos dos Esforços devido ao Vento.....	14
2.15. Peso de Elementos e Instalações Elétricas.....	24
2.16. Cálculo de Pilares.....	24
2.17. Cálculo de Vigas.....	26
2.17.1. As Cargas Lineares que atuam em uma Viga.....	26
2.17.2. Pré-dimensionamento da Seção Transversal.....	26
2.17.3. Cálculo da Armadura Longitudinal e Estribos.....	27

2.17.4.	Abertura de Fissuras.....	27
3.	CÁLCULOS DE ARMADURA PARA O PILAR.....	27
3.1.	Estrutura Analisada.....	27
3.2.	Cálculos das Ações Atuantes.....	28
3.2.1.	Forças Devidas ao vento.....	28
3.2.2.	Peso Próprio das Terças.....	45
3.2.3.	Peso Próprio da Cobertura.....	47
3.2.4.	Sobrecarga Permanente.....	48
3.2.5.	Carga Acidental.....	48
3.3.	Dimensionamento da Armadura.....	53
3.3.1.	Armadura Longitudinal Mínima.....	53
3.3.2.	Dimensionamento Utilizando PCALC.....	54
3.3.3.	Dimensionamento Utilizando Obliqua.....	57
3.3.4.	Dimensionamento da Armadura do Pilar Assemelhando a uma viga em balanço.....	59
3.3.5.	Verificação da taxa de Armadura.....	62
4.	CONCLUSÃO.....	64
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

1 – INTRODUÇÃO

Ao mencionar pré-fabricados de concreto há no mercado uma variedade de produtos e estruturas e têm-se os pilares pré-fabricados, os quais podem ser dimensionados para construções de grande porte, como exemplo os galpões pré-fabricados. Os galpões pré-fabricados são estruturas de fácil montagem, são dimensionados previamente para suprir as necessidades do projeto construtivo e suas particularidades.

Em uma edificação tipo galpão, o elemento estrutural com maior evidência é o pilar, que é o grande responsável por receber e resistir os esforços solicitantes, diretos e indiretos e transmiti-los para fundação. Quando o assunto é pilar, têm-se as cargas normais como críticas; no entanto, se tratando do elemento pilar de uma edificação tipo galpão, a análise estrutural deve tomar um rumo diferente, as características geométricas deste elemento apresentam uma problemática quanto sua esbelteza, não serão as cargas verticais que terão a maior influência, mas sim a ação do vento.

As cargas laterais causadas pela força do vento devem ser analisadas de forma crítica para esse tipo de estrutura, por possuir altura elevada, a ação do vento proporciona os esforços laterais gerando um momento fletor no pilar.

Este trabalho pretende instruir e simplificar para profissional engenheiro civil, o correto dimensionamento do elemento pilar nas estruturas tipo galpão.

É proposto o dimensionamento convencional do elemento pilar baseado em normas vigentes em conjunto com softwares de dimensionamento. E aplicando-se conceitos de outro elemento estrutural para cálculo e projeto do pilar, considerando o elemento estrutural assemelhado a uma viga em balanço. Com os resultados obtidos pode-se comparar o dimensionamento e analisar qual apresentará melhores resultados quanto à segurança e economia do elemento pilar.

1.1 – OBJETIVO

O objetivo principal desse trabalho é instruir o engenheiro civil a dimensionar corretamente um pilar presente em estruturas do tipo galpão, demonstrando os cálculos em estruturas pré-fabricadas de concreto armado, com embasamento nas seguintes normas atualizadas:

- NBR6118 - Projeto de estruturas de concreto
- NBR9062 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado
- NBR6123 - Forças devidas ao vento em edificações.

Como objetivo específico, tem-se a comparação do método construtivo e a relação das armaduras no cálculo do pilar considerando dois diferentes procedimentos:

- Considerando o elemento estrutural como um pilar (ações de força normal e momento fletor);
- Considerando o elemento estrutural assemelhado a uma viga, ou seja, aplicando-se conceitos de outro elemento estrutural para cálculo e projeto do pilar (onde o esforço principal é o momento fletor advindo da ação lateral do vento). Sendo um método convencional entre os engenheiros projetistas para simplificação dos cálculos.

1.2 – JUSTIFICATIVA

Em construções baixas e pesadas o vento pode ser desprezado, porém em estruturas esbeltas e relativamente altas como galpões, torna-se uma das ações mais importantes a determinar no projeto. É comum observar também que em construções baixas existe um elemento de contraventamento, sendo ele uma ligação viga pilar no sistema pórtico, projetado de maneira a aumentar a rigidez da construção. Em estruturas tipo galpão é impossível projetar um elemento de contraventamento, visto que os esforços resistidos pela viga, por ser engastada, são transferidos para o pilar, tendo que garantir a integridade e limitação das deformações que o galpão pode sofrer ao longo do tempo.

O pilar, em estruturas do tipo galpão, é o elemento considerado mais crítico por ter de resistir às cargas permanentes e acidentais na estrutura e, principalmente, à ação lateral causada pelo vento. Portanto, faz-se necessário o estudo específico desse elemento separadamente, buscando orientar o engenheiro civil a considerar as peculiaridades do pilar em

galpões comparando com outras estruturas e salientar a importância do cálculo correto deste elemento ao implantar um projeto.

Dimensionando a resistir somente às cargas verticais (força normal), como em edificações de pequeno porte, o profissional subdimensiona o pilar. Por isso, é proposta aqui uma metodologia de cálculo equivalente ao realizado em vigas engastadas em balanço, enaltecendo assim a segurança quanto ao momento fletor resultante do esforço causado pelo vento.

A partir da elaboração desse trabalho, é possível instruir e embasar o profissional que atua na construção, especificamente o engenheiro civil, a desempenhar o correto dimensionamento de estruturas tipo galpões, pois é crescente a necessidade desse tipo de estruturas na sociedade.

1.3 – METODOLOGIA

O objeto do estudo é um galpão com estrutura de concreto armado pré-fabricado. Sua geometria compõe-se de pé direito de 9 m, com 30 m de largura e 35 m de comprimento, sua área de influência de um pilar no meio do vão do galpão é de 1,777 mil metros quadrados. Para a cobertura, telhas metálicas térmicas, fechamento lateral misto de alvenaria e chapas metálicas, vigas calhas de concreto armado com perfil U para drenagem.

O trabalho é desenvolvido com base nos esforços atuantes em pilares de galpões pré-fabricados, como o descrito anteriormente. Para definição das ações (e respectivos esforços) esforços, as ações atuantes são definidas com base nas normas descritas a seguir:

- NBR6118 - Projeto de estruturas de concreto
- NBR8800 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas
- NBR6123 - Forças devidas ao vento em edificações.
- NBR8681 - Ações e segurança nas estruturas
- NBR9062 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-

moldado

Além das normas citadas, trabalhos e catálogos técnicos utilizados para obtenção de informações de acessórios utilizados para composição estrutural e arquitetônica.

Nas estruturas tipo galpão, existem peculiaridades em relação às outras edificações, principalmente quanto aos esforços aplicados especificamente nos pilares, onde o momento fletor é tido como esforço principal causado pelo vento, ao invés da força normal causada pela estrutura superior.

Devido a força do vento gerar grande impacto no dimensionamento do elemento pilar, utilizamos o software acadêmico VISUALVENTO (PUPF,2015), onde inserimos as características geométricas do terreno e assim o software realiza todo o dimensionamento tanto dos cálculos como dos esquemas gráficos referente as cargas atuantes no elemento galpão.

Com a definição geométrica e ações atuantes definidas, dispõe-se a estrutura no programa gráfico Ftool (Martha, 2008). Neste caso, selecionado um pórtico (com suas respectivas ações atuantes) e modelado no programa. Deste modo, obtém-se os diagramas de momento fletor e força normal no elemento estrutural, calculado neste trabalho.

Para efetuar os cálculos de dimensionamento do pilar (confirmação da seção transversal, resistência do concreto e quantidade de armadura) adota-se dois métodos distintos e comparativos:

- Teoria do cálculo de viga, onde assemelha-se o pilar a uma viga engastada em balanço. Resistindo ao momento (M) causado pela ação do vento como esforço principal, o dimensionamento assemelhado a uma viga em balanço se dá através de uma planilha do Excel onde foi programada para estar calculando a área total do aço quando inserimos o momento fletor máximo atuante no pila.

- Teoria do cálculo de pilar, onde é calculado o pilar de maneira convencional utilizando o software acadêmico Oblíqua (UFPR, 2001), com consideração simultânea de força normal e momento fletor. E o software acadêmico PCALC (Desenvolvido por Sander Junior), para análise de pilares de concreto armado submetidos à flexão composta oblíqua.

Os resultados obtidos para cada situação acima descrita são apresentados nas considerações finais deste trabalho. Deste modo, os valores são comparados e, então, cada método pode ser avaliado quanto:

- Economia de materiais;
- Segurança estrutural;
- Facilidade de desenvolvimento de cálculos.

2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1- DEFINIÇÃO DE GALPÃO

“Galpões podem ser definidos como uma edificação térrea, possuindo grande área construída, e grandes vãos, que se destinam a múltiplos usos, como industrial, comercial e agrícola como apresentado na figura 1. Portanto, justifica-se a ampla utilização destas edificações nas indústrias de construções pré-fabricadas no Brasil”. (MORENO JUNIOR,1992)

Segundo SCHULTE et al. (1978), os galpões possuem a função de transmitir aos pilares, através das tesouras, as ações resultantes do peso próprio e as provenientes da cobertura.

Na comparativa de custos, pode ser observada uma diferença nas taxas de transporte, onde peças pré-fabricadas necessitam de um meio de locomoção para seu destino final; já as pré-moldadas, como são fabricadas no próprio canteiro, não possuem este custo.

Figura 1 – Exemplo de Galpão



Fonte: Ilhe Engenharia

2.2- DIFERENÇA ENTRE PRÉ-FABRICADO E PRÉ-MOLDADO

Conforme a NBR 9062/2007, os elementos pré-moldados, são moldados fora do local de utilização definitiva com suas respectivas especificações representado na figura 2, não exigem um controle de

qualidade rigoroso, dispensando a existência de laboratório ou instalações semelhantes no fabricante.

Já os elementos pré-fabricados, embora também sejam moldados previamente fora do destino de uso, são executados de forma industrial, em instalações permanentes de uma empresa especializada nesse processo. Tendo rigor técnico e controle de qualidade muito mais apurados do que o pré-moldado, podendo ser visto na figura 3.

Figura 2 – Galpão em Pré-Moldado



Fonte: IBPC pré-moldados de concreto

Figura 3 – Galpão em Pré-Fabricado

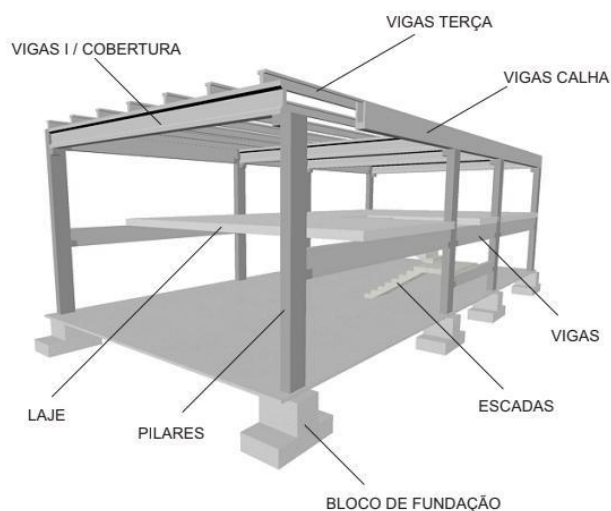


Fonte: Goiana pré-fabricados

2.3- ELEMENTOS DE UM GALPÃO

Os elementos estruturais dos galpões são compostos basicamente por: fundação, pilares, vigas, terças, cobertura e fechamento, podendo ser de inúmeros formatos e materiais, como concreto protendido, concreto armado ou metálico como mostra a figura 4.

Figura 4 – Elementos estruturais do Galpão

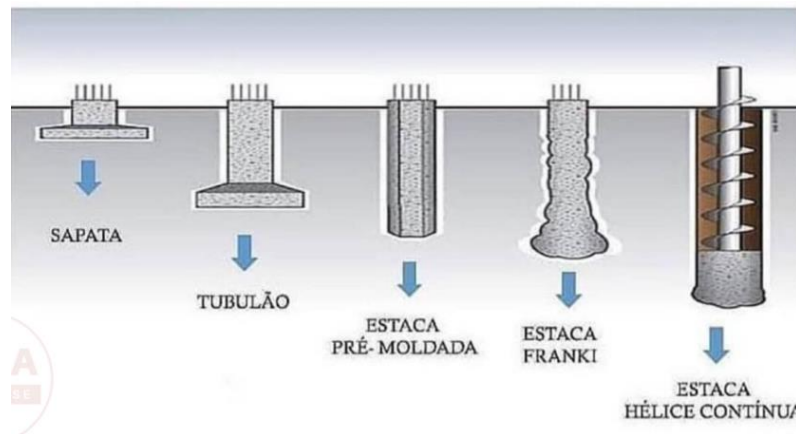


Fonte: SALEMA pré-fabricados em concreto

2.4- FUNDAÇÃO

Fundação é o grupo de elementos que transmitem as cargas da construção ao solo. Segundo a NBR 6122/2010, existem dois tipos de fundações: são fundações superficiais ou rasas e fundações profundas como ilustrada na figura 5 os tipos de fundações sendo elas rasas ou profundas.

Figura 5 – Fundações Rasas e Profundas



(Fonte: <https://obraexpertise.com.br/tipos-de-fundacoes/>)

2.4-1. FUNDAÇÃO SUPERFICIAL OU RASA

Elemento de fundação em que a carga é transmitida ao terreno pelas tensões distribuídas sob a base da fundação e a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente à fundação é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. (Marangon, 2018)

2.4-2. FUNDAÇÃO PROFUNDA

“Elemento de fundação que transfere a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, devendo sua ponta ou base estar assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta e no mínimo 3,0 m. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões”. (Marangon, 2018)

2.5- PILAR

“Os pilares são elementos de dimensionamento complexo devido às muitas variáveis que interferem no processo de cálculo” (Miranda, 2008).

No caso dos galpões os pilares estão submetidos a grandes esforços de momento devido às grandes ações do vento, como neste caso não temos

a presença do contraventamento para realizar a distribuição das forças. Através disso possuímos o pilar com uma delineação de momentos semelhante ao de uma viga em balanço, em seguida transferir essas cargas para a fundação. A figura 6 mostra os vários tipos de pilar pré-fabricado que podemos ter.

Figura 6 – Tipos de pilares Pré-fabricados



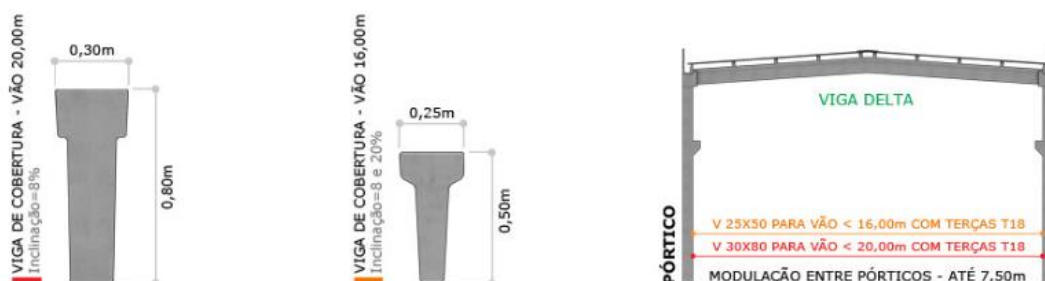
(Fonte: <http://kdmpremoldados.com.br/servicos/pilares-pre-fabricados>)

2.6- VIGAS

De acordo com a NBR6118/2014, vigas são elementos lineares em que a flexão é preponderante, sendo elementos lineares, peças alongadas, nas quais uma das dimensões (comprimento) é relativamente maior em relação às outras duas (dimensões transversais), sendo estas da mesma ordem de grandeza entre si tendo uma ação de momento fletor e força cortante. Podem ser feitas em concreto armado, protendido, ou em perfis metálicos.

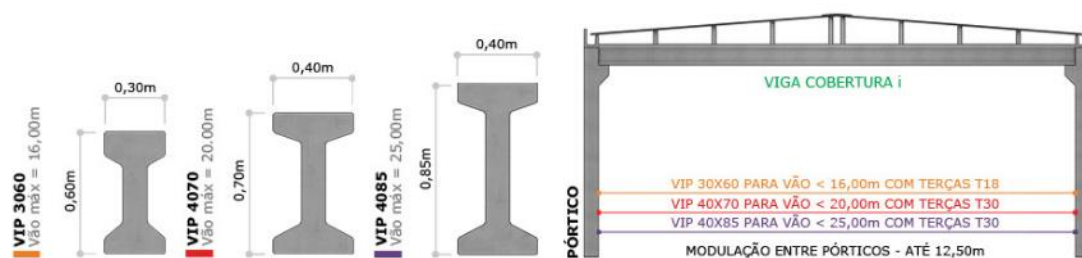
As vigas podem possuir variadas seções transversais, como a mais encontrada de seção retangular “T” ou “I”. Estes elementos são aplicados em diferentes áreas da engenharia. (Rodrigues 2012), conforme figuras 7 e 8.

Figura 7 - Vigas com Perfil T



(Fonte: <https://www.premodisa.com.br>)

Figura 8 - Vigas com Perfil I



(Fonte: <https://www.premodisa.com.br>)

2.7- TERÇAS

As terças têm como função principal conceder apoio as telhas, forros, parte de iluminação, além de dar sustentação as vigas reduzindo o comprimento de flambagem, sendo as terças fixadas com parafusos ou soldas nas vigas através dos cálcios. Podem ser feitas em concreto armado, protendido ou em perfis de chapas metálicas. Quando fabricadas em concreto pré-fabricado, podem possuir sua seção transversal em forma de T

ou I (CAMILLO, 2010). A figura 9 mostra os dois tipos mais utilizados na construção de um galpão.

Figura 9 - Terça Pré-Fabricado no perfil T ou I



(Fonte: <https://www.formatecformas.com.br>)

2.8- COBERTURA

As coberturas têm como função principal a proteção das edificações, contra a ação das intempéries, atendendo às funções utilitárias, estéticas e econômicas.

No caso dos galpões, são mais comuns telhas metálicas termoacústicas, como mostra a figura 10.

Figura 10 - telha termoacústica



(Fonte: <https://www.obramax.com.br/>)

2.9- FECHAMENTO

Assim como a cobertura, o fechamento tem função de proteger as edificações, contra a ação das intempéries e separar ambientes, atendendo às funções utilitárias, estéticas e econômicas.

No caso dos galpões, existem variadas propostas para fechamento lateral e frontal da estrutura, sendo: chapas de concreto pré-fabricado, bloco de concreto, chapas metálicas ou mista. A mesma pode ser vista na figura 11.

Figura 11 – Fechamento Metálico



(Fonte: <http://gancoberturaindustrial.com.br/>)

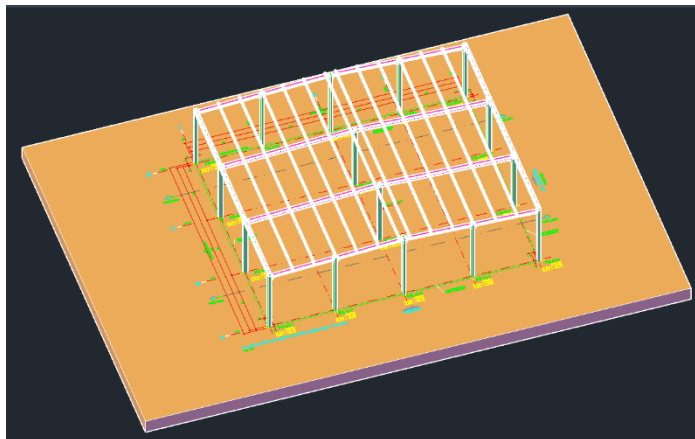
2.10- DEFINIÇÃO DO GALPÃO UTILIZADO

O galpão utilizado como objeto de estudo é composto por elementos retos, terças metálicas, pilares e vigas calhas em U em concreto armado, sendo os pilares engastados na fundação e as vigas apoiadas e engastadas nos consolos dos pilares.

Possui cobertura duas águas e lanternim com telhas metálica sanduiche, fechamento lateral metálico, altura de 9 metros, com comprimento de 35 metros e largura de 30 metros, sendo área construída de 1.050,00 m². A distância entre pilares laterais é de aproximadamente 9,98 metros. Possuindo fechamento lateral em alvenaria com 1 metro de altura e o restante da altura fechamento com placas de metal.

O modelo do galpão em estudo pode ser visto na figura 12.

Figura 12 – Modelo de Pórtico – Galpão



Fonte: Projeto desenvolvido

2.11 – AÇÕES CONSIDERADAS NA ESTRUTURA

Neste trabalho são consideradas principalmente na estrutura, a ação variável indireta causada pelo vento, por ser a de maior risco à toda estrutura e ações permanentes da estrutura.

As ações causadas pelo vento são peculiares, visto que, quando aplicadas na estrutura tipo galpão, causam momento fletor nos pilares, pelo fato do galpão ser uma estrutura esbelta e leve.

2.12 – AÇÕES PERMANENTES

Ações permanentes são as que ocorrem com valores praticamente constantes durante toda a vida da construção (NBR 6118/2014).

2.12.1 AÇÕES PERMANENTES DIRETAS

As ações permanentes diretas são constituídas pelo peso próprio da estrutura, pelos pesos dos elementos construtivos fixos, das instalações permanentes e dos empuxos permanentes (NBR 6118/2014).

2.12.2 AÇÕES PERMANENTES INDIRETAS

As ações permanentes indiretas são constituídas pelas deformações impostas por retração e fluência do concreto, deslocamentos de apoio, imperfeições geométricas e protensão (NBR 6118/2014).

2.13 AÇÕES VARIÁVEIS

2.13.1 AÇÕES VARIÁVEIS DIRETAS

As ações variáveis diretas são constituídas pelas cargas acidentais previstas para o uso da construção, pela ação do vento e da água (NBR 6118/2014).

2.13.2 AÇÕES VARIÁVEIS INDIRETAS

As ações variáveis indiretas são constituídas por: variações uniformes e não uniformes de temperatura; ações dinâmicas.

2.14 TEORIA E CÁLCULO DOS ESFORÇOS DEVIDO AO VENTO

Define-se sendo o deslocamento de massas de ar decorrentes das diferenças de temperatura e pressão atmosférica, formando as famosas "turbulências", que é um fluxo de ar médio sobreposto a flutuação de fluxo. Através dessa turbulência que iremos ter nossas "forças" atuando na edificação (Rodrigues, 2021).

Em construções baixas e pesadas não devemos nos preocupar com a ação do vento, entretanto quando falamos em estruturas esbeltas devemos seguir a NBR 6123:1988. Antes de iniciarmos as definições de cálculos, precisamos analisar algumas forças nas edificações devido ao vento, (conforme a figura 13 indica) como:

- Barlavento: Região de onde sopra o vento, em relação à edificação.
- Sobrepressão: Pressão efetiva acima da pressão atmosférica de referência (sinal positivo).

- Sucção: Pressão efetiva abaixo da pressão atmosférica de referência (sinal negativo).
- Sotavento: Região oposta àquela de onde sopra o vento, em relação à edificação.

Figura 13 – Sistematização das forças nas edificações, devido ao vento.



Fonte: aquarius.ime.eb.br

As ações do vento estão ligadas à aspectos meteorológicos e aerodinâmicos, portanto faz-se necessário ter previamente os valores das velocidades do vento em determinada região por um certo período, para em seguida iniciar as teorias estáticas.

Sobre os aspectos dinâmicos, é necessário comparar a velocidade padrão e medidas de forma definida, sendo analisada em função:

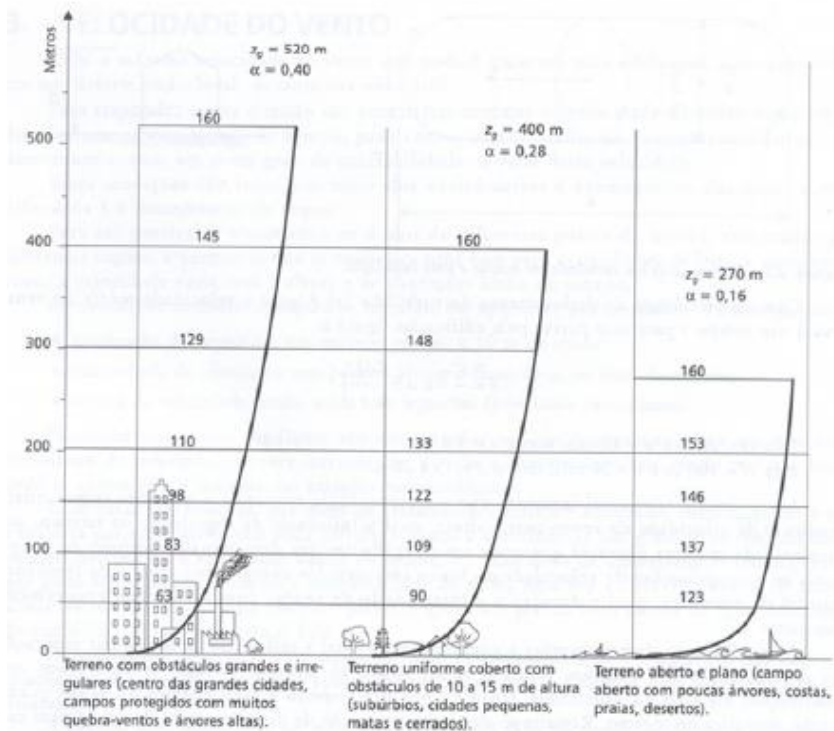
- Local da edificação;
- Tipo do terreno;
- Altura da edificação;
- Rugosidade do terreno;
- Finalidade da edificação;

Com os aspectos dinâmicos definidos, conseguimos uma variação para perfis de velocidade média através da nossa geografia do terreno, como Davenport (1961) já havia proposto com três tipos de terreno, podendo ser analisado no gráfico 1.

- Região com grandes obstruções: Centro de grandes cidades.
- Região com obstruções uniformes com obstáculo com altura média igual a 10 m: Subúrbios de grandes cidades e cidades pequenas.

- Região com pouco obstáculo: Fazendas e campo aberto.

Gráfico 1 – Perfil de velocidade média do vento (km/h) de acordo com a rugosidade do terreno.



(FONTE: Pitta, 1988)

A espessura da camada limite necessita da rugosidade do terreno como observamos no gráfico 1 e da distância de barlavento que o vento tem para atravessar o terreno/galpão. Esta espessura corresponde à altura gradiente (z_g), onde seu valor dominante para ventos fortes equivale a 2500 m. Já o α , é o ângulo de incidência do vento, medido entre a direção do vento e o lado maior do galpão.

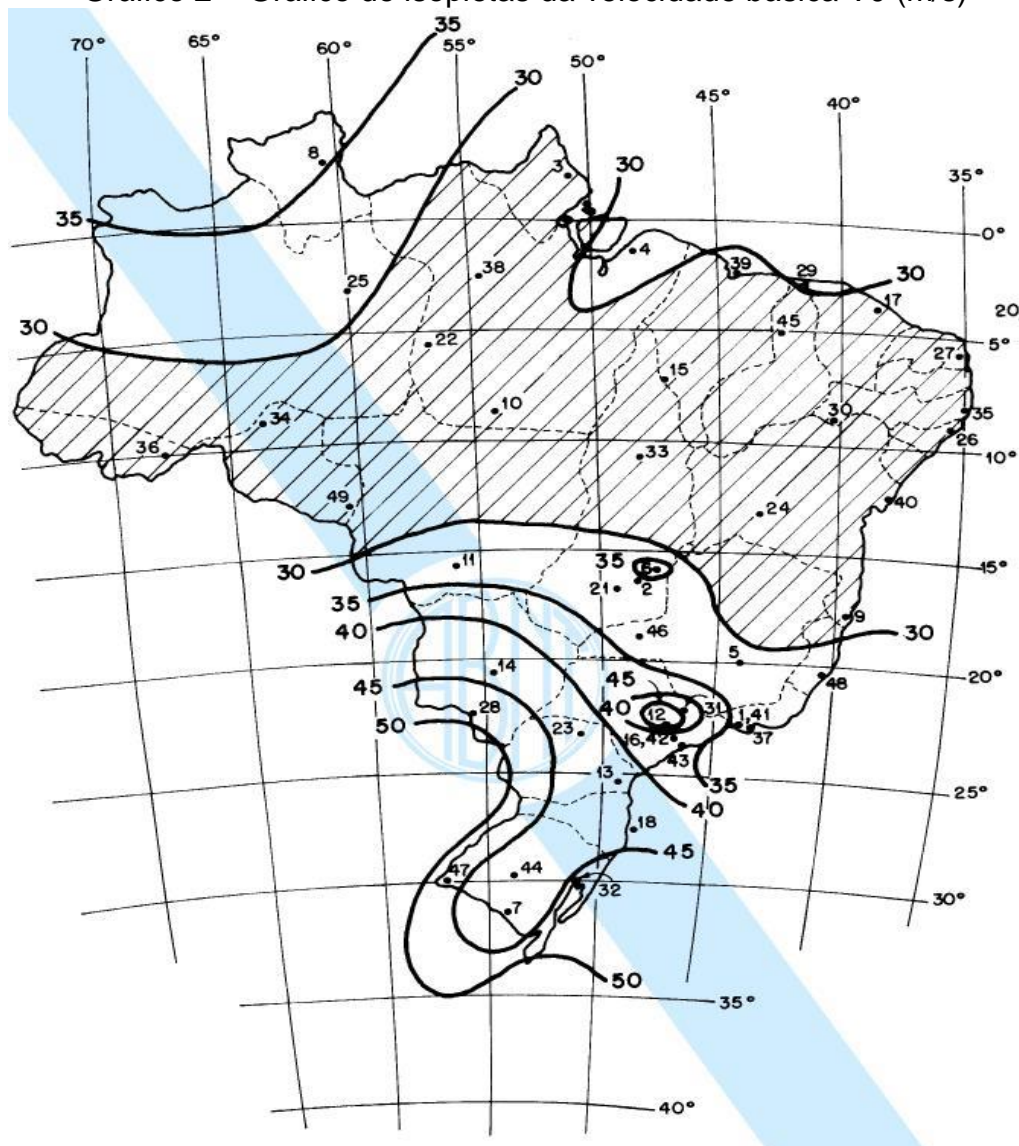
Com os aspectos meteorológicos e dinâmicos, podemos determinar as forças estáticas devido ao vento. Todos os esforços solicitantes devido ao vento serão baseados na NBR 6123:1988.

Em primeiro instante vamos considerar a velocidade básica na edificação calculando-a mediante a análise do seu entorno, finalidade e forma da edificação.

- **Velocidade básica do vento**

Será calculada de acordo com o local onde será executada a edificação, sendo retirada do mapa de isopletas do Brasil com intervalos de 5m/s conforme gráfico 2.

Gráfico 2 – Gráfico de isopletas da velocidade básica V_0 (m/s)



Fonte: NBR 6123:1988.

No mapa acima contém hachuras referente as velocidades médias encontradas no Brasil. Como nosso galpão se localiza na cidade de Extrema, Minas Gerais, tivemos que realizar uma estimativa para sua

velocidade média. Considerando o estado de São Paulo e o início do estado de Minas Gerais, estabelecendo uma velocidade média de 30 m/s.

Velocidade básica do vento multiplicada pelos fatores S1, S2 e S3 para ser obtida a velocidade característica do vento V_k . Esta velocidade que atuará em relação a localização do terreno já comentada acima, pela topografia, rugosidade, altura e finalidade do terreno. A equação (1) demonstra como é calculado o V_k .

Equação (1)

$$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$$

onde:

- V_0 = velocidade básica do vento;
- S_1 = fator que depende da topografia do terreno;
- S_2 = fator que depende da rugosidade do terreno;
- S_3 = fator estatístico

Por meio da velocidade característica é possível determinar a pressão dinâmica do vento, conforme a equação (2):

Equação (2)

$$q_{k \text{ vento}} = 0,613 \cdot V_k^2$$

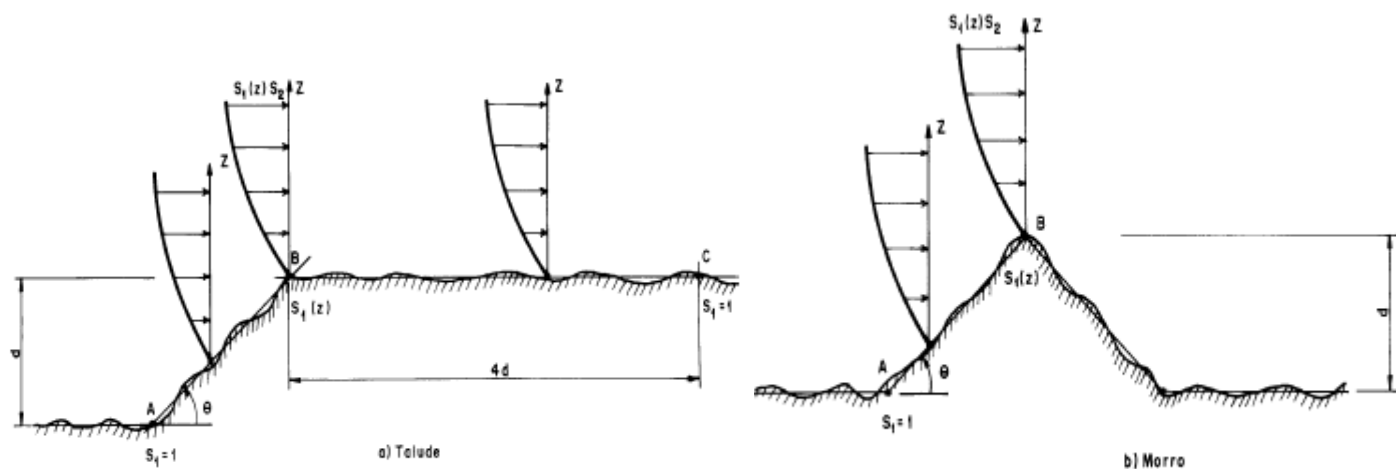
Sendo (unidades SI):
 q_{vento} em N/m^2 e V_k em m/s.

- **Fator topográfico**

S1: leva em consideração as variações do relevo do terreno e é determinado do seguinte modo:

- a) Terreno plano ou fracamente acidentado: $S_1 = 1,0$;
- b) Vales profundos, protegidos de ventos de qualquer direção: $S_1 = 0,9$.
- c) Taludes e morros vão ser realizados através do ângulo de inclinação do talude ou do morro, como mostra o gráfico 3.

Gráfico 3 – Fator topográfico em Taludes e Morros.



Fonte: NBR 6123:1988

- **Fator de rugosidade do terreno e dimensões da edificação**

S2 considera o efeito combinado da rugosidade do terreno, da variação da velocidade do vento com a altura acima do terreno e das dimensões da edificação ou parte da edificação em consideração.

Sendo classificada pela NBR 6123:1988 por categorias de I a V, tais como:

Categoria I - Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5 km de extensão, medida na direção e sentido do vento incidente. Exemplos:

- Mar calmo;
- Lagos e rios;
- Pântanos sem vegetação.

Categoria II - Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada inferior ou igual a 1,0 m. Exemplos:

- Zonas costeiras planas;
- Pântanos com vegetação rala;
- Campos de aviação;
- Pradarias e charnecas;
- Fazendas sem sebes ou muros;

Categoria III - Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 3,0 m. Exemplos

- Granjas e casas de campo, com exceção das partes com matos;
- Fazendas com sebes e/ou muros;
- Subúrbios a considerável distância do centro, com casas baixas e esparsas;

Categoria IV - Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10 m. Exemplos:

- Zonas de parques e bosques com muitas árvores;
- Cidades pequenas e seus arredores;
- Subúrbios densamente construídos de grandes cidades;
- Áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas;

Categoria V - Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual ou superior a 25 m. Exemplos:

- Florestas com árvores altas, de copas isoladas;
- Centros de grandes cidades;
- Complexos industriais bem desenvolvidos.

Com as categorias definidas, a NBR nos dá três tipos de classe que influências diretamente no cálculo do fator S2. Como as dimensões estão diretamente ligadas com as rajadas de vento, quanto maior a edificação (superfície frontal), maior a rajada diminuindo a velocidade média.

- Classe A: Todas as unidades de vedação, seus elementos de fixação e peças individuais de estruturas sem vedação. Toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m.

- Classe B: Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20 m e 50 m.

- Classe C: Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m.

Desse modo apresentado as categorias e classes, já podemos obter a expressão do fator S2, pois as demais incógnitas serem descobertas na tabela que relaciona as classes com as categorias. O fator S2 é obtida pela equação (3)

Equação (3)

$$S2 = b \cdot Fr \cdot (Z \cdot 10) \cdot p$$

onde:

- b = parâmetro de correlação da classe da edificação;
- Fr = fator de rajada correspondente à categoria II, classe B;
- Z = altura acima do terreno;
- p = parâmetro meteorológico.

A grandeza Z refere-se a cota acima do terreno, para ela ser dimensionada devemos utilizar a tabela 2, com as categorias e classes já definidas para assim obter-se a cota de terreno que devemos utilizar.

Os parâmetros adotados pelo fator S2 são encontrados nas Tabelas 1 e

2

Tabela 1 – Parâmetros Meteorológicos

Categoria	Z _g (m)	Parâmetro	Classes		
			A	B	C
I	250	b	1,10	1,11	1,12
		p	0,06	0,065	0,07
II	300	b	1,00	1,00	1,00
		F _r	1,00	0,98	0,95
		p	0,085	0,09	0,10
III	350	b	0,94	0,94	0,93
		p	0,10	0,105	0,115
IV	420	b	0,86	0,85	0,84
		p	0,12	0,125	0,135
V	500	b	0,74	0,73	0,71
		p	0,15	0,16	0,175

Fonte: NBR 6123:1988

Tabela 2 – Fator Z em função da classe e categoria.

z (m)	Categoria														
	I			II			III			IV			V		
	Classe			Classe			Classe			Classe			Classe		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
≤ 5	1,06	1,04	1,01	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82	0,79	0,76	0,73	0,74	0,72	0,67
10	1,10	1,09	1,06	1,00	0,98	0,95	0,94	0,92	0,88	0,86	0,83	0,80	0,74	0,72	0,67
15	1,13	1,12	1,09	1,04	1,02	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,88	0,84	0,79	0,76	0,72
20	1,15	1,14	1,12	1,06	1,04	1,02	1,01	0,99	0,96	0,93	0,91	0,88	0,82	0,80	0,76
30	1,17	1,17	1,15	1,10	1,08	1,06	1,05	1,03	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87	0,85	0,82
40	1,20	1,19	1,17	1,13	1,11	1,09	1,08	1,06	1,04	1,01	0,99	0,96	0,91	0,89	0,86
50	1,21	1,21	1,19	1,15	1,13	1,12	1,10	1,09	1,06	1,04	1,02	0,99	0,94	0,93	0,89
60	1,22	1,22	1,21	1,16	1,15	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,04	1,02	0,97	0,95	0,92
80	1,25	1,24	1,23	1,19	1,18	1,17	1,16	1,14	1,12	1,10	1,08	1,06	1,01	1,00	0,97
100	1,26	1,26	1,25	1,22	1,21	1,20	1,18	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,05	1,03	1,01
120	1,28	1,28	1,27	1,24	1,23	1,22	1,20	1,20	1,18	1,16	1,14	1,12	1,07	1,06	1,04
140	1,29	1,29	1,28	1,25	1,24	1,24	1,22	1,22	1,20	1,18	1,16	1,14	1,10	1,09	1,07
160	1,30	1,30	1,29	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,20	1,18	1,16	1,12	1,11	1,10
180	1,31	1,31	1,31	1,28	1,27	1,27	1,26	1,25	1,23	1,22	1,20	1,18	1,14	1,14	1,12
200	1,32	1,32	1,32	1,29	1,28	1,28	1,27	1,26	1,25	1,23	1,21	1,20	1,16	1,16	1,14
250	1,34	1,34	1,33	1,31	1,31	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,23	1,20	1,20	1,18
300	-	-	-	1,34	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,29	1,27	1,26	1,23	1,23	1,22
350	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,33	1,32	1,30	1,29	1,26	1,26	1,26
400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,32	1,32	1,29	1,29	1,29
420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,35	1,35	1,33	1,30	1,30	1,30
450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,32	1,32	1,32
500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,34

Fonte: NBR 6123:1988

- **Fator estatístico**

S3 é baseado em conceitos estatísticos e considera o grau de segurança requerido e a vida útil da edificação. Por norma a edificação tem uma vida útil de 50 anos, fazendo com que a V0 possa ser igualada ou excedida neste período de 50 é de 63%. A Tabela 3 apresenta os valores do fator S3 pela NBR 6123:1988

Tabela 3 – Valores mínimos para o fator estatístico S3

Grupo	Descrição do tipo de ocupação	Valor de S₃
1	Edificação cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoa após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.).	1,10
2	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação.	1,00
3	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.).	0,95
4	Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.).	0,88
5	Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a fase de construção.	0,83

Fonte: NBR 6123:1988

2.15 PESO DE ELEMENTOS E INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Telha Termoacústica sendo 105 telhas pesando 9450 Kg

Luminária completa, com pendente, reator e lâmpada, eletrocalhas e fios pesam 25 kg/m²

Terça em concreto 25 Kg/m²

2.16 CÁLCULO DE PILARES

No desenvolvimento do cálculo para o pilar fizemos o levantamento das ações permanentes e variáveis. Para as cargas variáveis foi adotado a NBR 8800:2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de

aço e concreto em edifícios e a NBR 6123 – Forças devida ao vento em edificações.

Foram adotados os seguintes critérios para o dimensionamento da peça:

- Galpão com classe de agressividade II;
- Resistência característica do concreto de 25 Mpa;
- Cobrimento mínimo de armadura do pilar sendo 3,0 cm;
- Armaduras principais e estribos em aço CA50;
- Pilar com seção retangular 30x50 cm;

Dimensionados, temos as seguintes etapas para realização da conferência dos pilares em relação a flambagem, excentricidade e porcentagem da armadura.

- Índice de Esbeltez;
- Cálculo do Momento mínimo tanto em X como Y;
- Índice de resistência;
- Porcentagem de armadura no pilar;

Com os cálculos do pilar executados, temos uma interpretação de 3 importantes variáveis.

- Quando o pilar tem uma baixa taxa de compressão (força normal adimensional menor que 0,2) e um alto valor de excentricidade, seu dimensionamento é frequentemente mais crítico. Isso explica por que os pilares que suportam tensões de compressão relativamente pequenas no pavimento do telhado podem ser projetados com um grande número de barras de aço.

- Quanto maior for a excentricidade relativa, mais relevante é o momento aplicado em determinada direção do pilar, assim observando qual a direção do momento podendo ela ser o ponto crítico do dimensionamento no pilar.

- Pilares com um nível de esbeltez entre 90 a 140 considerado com muito esbelto, propendem a ser solicitados por maiores esforços de segunda ordem local.

2.17 CÁLCULO DE VIGAS

Para os cálculos de vigas devemos levar em conta o dimensionamento as seguintes verificações.

2.17.1 AS CARGAS LINEARES QUE ATUAM EM UMA VIGA SÃO:

- o peso próprio de uma viga;
- o peso de uma parede sobre uma viga ou uma placa;
- as cargas depositadas por uma laje sobre as vigas;

2.17.2 PRÉ-DIMENSIONAMENTO DA SEÇÃO TRANSVERSAL

Pré-dimensionamento da seção transversal é feito a partir da concepção estrutural elaborada pelo engenheiro tendo como base o projeto arquitetônico. De modo geral a largura da viga é definida em função da espessura das paredes acabadas; também devemos lembrar que a largura da viga em alguns casos não deve ser maior que a menor dimensão do pilar respeitando o conteúdo da ABNT NBR 6118 (2014) no item 13.2.2 onde a largura mínima das vigas é igual a 12 cm, respeitando-se um mínimo absoluto de 10 cm em casos excepcionais.

Já a altura das vigas depende de alguns fatores dentre eles resistência do concreto, deslocamento vertical também conhecido como flecha, uma maneira prática de efetuar o pré-dimensionamento da altura das vigas é observar os vãos vencidos pelos trechos das vigas, de maneira geral altura será igual a 10% do vão e nos casos de vigas em balanço a altura será igual a 20% do vão. A altura das vigas deve ser preferencialmente múltipla de 5 e a altura mínima indicada de 25 cm.

2.17.3 CÁLCULO DA ARMADURA LONGITUDINAL E ESTRIBOS

Armadura longitudinal tem a função de resistir à força de tração gerada pela flexão da viga e o estribo é utilizado para resistir à força de cisalhamento. De acordo com o item 18.3.3.2 da NBR 6118: 2014, o diâmetro da barra de aço \varnothing_t que constitui o estribo deve ser igual ou superior a $\varnothing_{5,0}$ mm e não deve ultrapassar um décimo da largura da alma da viga (b_w)

2.17.4 ABERTURA DE FISSURAS

A fissuração em elementos estruturais de concreto armado é inevitável, devido à grande variabilidade e à baixa resistência do concreto à tração; mesmo sob as ações de serviço (utilização), valores críticos de tensões de tração são atingidos. Visando obter bom desempenho relacionado à proteção das armaduras quanto à corrosão e à aceitabilidade sensorial dos usuários, busca-se controlar a abertura dessas fissuras (Tendo como base a NBR 6118)

3. – CÁLCULOS DE ARMADURA PARA O PILAR

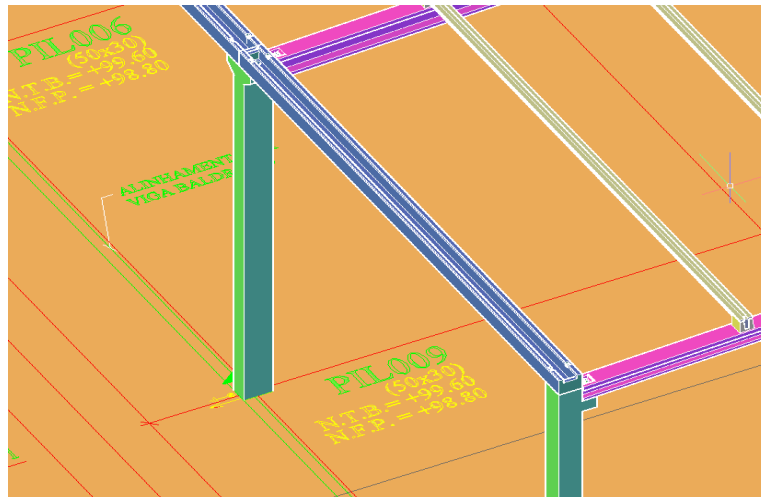
Neste capítulo são apresentados os cálculos necessários para o dimensionamento de um pilar de galpão pré-fabricado, é necessário calcular as forças atuantes no elemento pilar, a partir do pórtico escolhido e posteriormente mostrar o dimensionamento de armadura.

3.1 - ESTRUTURA ANALISADA

Conforme descrito no capítulo 2, item 2.10 o galpão utilizado como objeto de estudo é composto por elementos retos, terças metálicas, pilares e vigas calhas em U em concreto armado, sendo os pilares engastados na fundação e as vigas apoiadas e engastadas nos consolos dos pilares.

O modelo do galpão em estudo é visto na figura 14. Os cálculos se referem ao pilar PIL009 um dos pilares da extremidade do pórtico com seção retangular de 30 x 50 cm.

Figura 14 – Modelo de Pilar – PIL009



Fonte: Autor

3.2 – CÁLCULOS DAS AÇÕES ATUANTES

3.2.1 FORÇAS DEVIDAS AO VENTO

Para realizar o cálculo das ações de vento no galpão localizado em Extrema, Minas Gerais, em zona industrial, com a característica de terreno plano, altura de 9 metros e as construções ao redor seguindo a mesma definição foi utilizado o programa Visual Ventos, desenvolvido na Universidade de Passo Fundo pelo Professor Zacarias M. Chamberlain Pravia. Essas informações iniciais são necessárias para colocá-las no software, inclusive a velocidade inicial calcula, $v_0 = 35$ m/s. O objetivo desse programa é calcular as forças devido ao vento e ao mesmo tempo nos dar o esquema das forças atuantes no galpão, conforme estabelece a NBR 6123:1988.

Na primeira tela do programa mostrado na figura 15 devemos adicionar as características geométricas do nosso galpão, tais como comprimento, largura, altura.

Figura 15 – Inserção de dados característicos.

VisualVentos

Ler Arquivo | Gravar Arquivo | Sair | Notações | Ajuda | Sobre o Programa

Geometria

Dimensões

Medidas

b 30 m a 35 m h 9,98 m Distância entre pórticos p 9,83 m

b1 15,00 m a1 10,00 m β 1,91 ° h1 0,5 m

a2 7,50 m

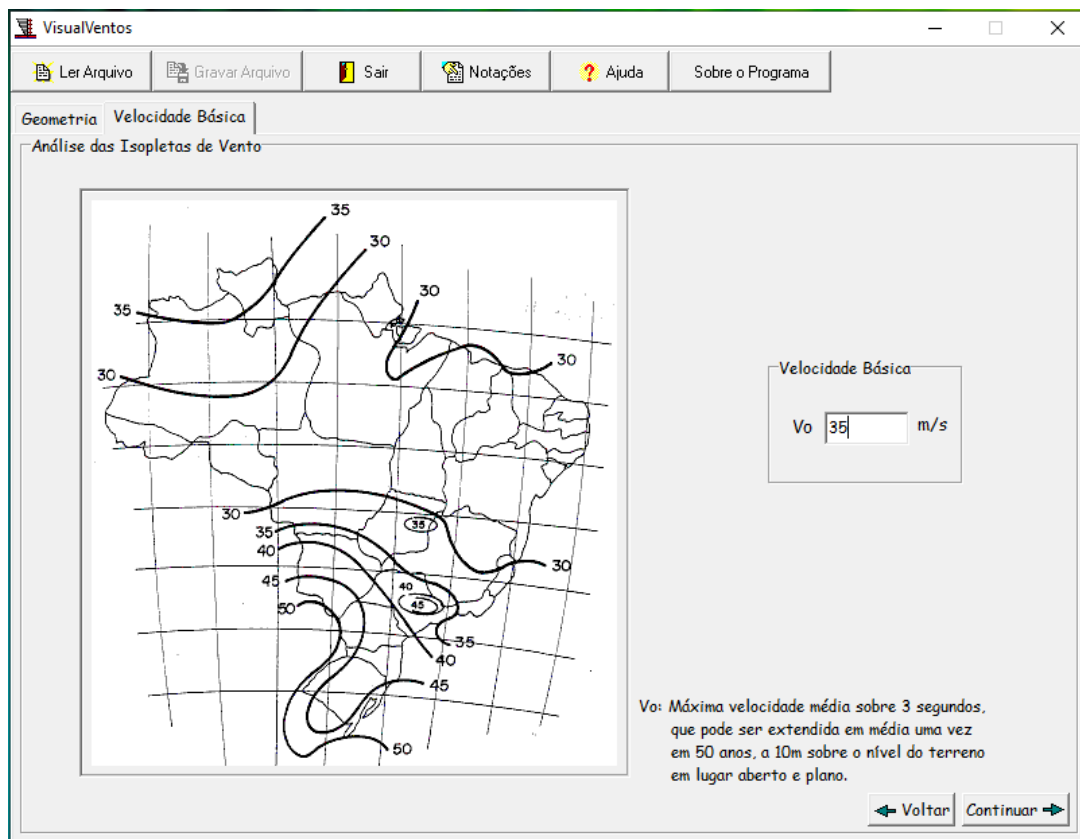
Área das aberturas

Face	Fixa	Móvel
A1	0 m ²	0 m ²
A2	0 m ²	0 m ²
A3	0 m ²	0 m ²
B1	0 m ²	0 m ²
B2	0 m ²	0 m ²
B3	0 m ²	0 m ²
C1	0 m ²	0 m ²
C2	0 m ²	0 m ²
D1	0 m ²	0 m ²
D2	0 m ²	0 m ²

Fonte: Visual Ventos

Na tela seguinte a figura 16 nos proporciona o mapa das isopletas do Brasil, onde devemos inserir a velocidade básica da região conforme nossa localização do galpão. Estabelecemos nosso galpão no estado de Minas Gerais na cidade de Extrema.

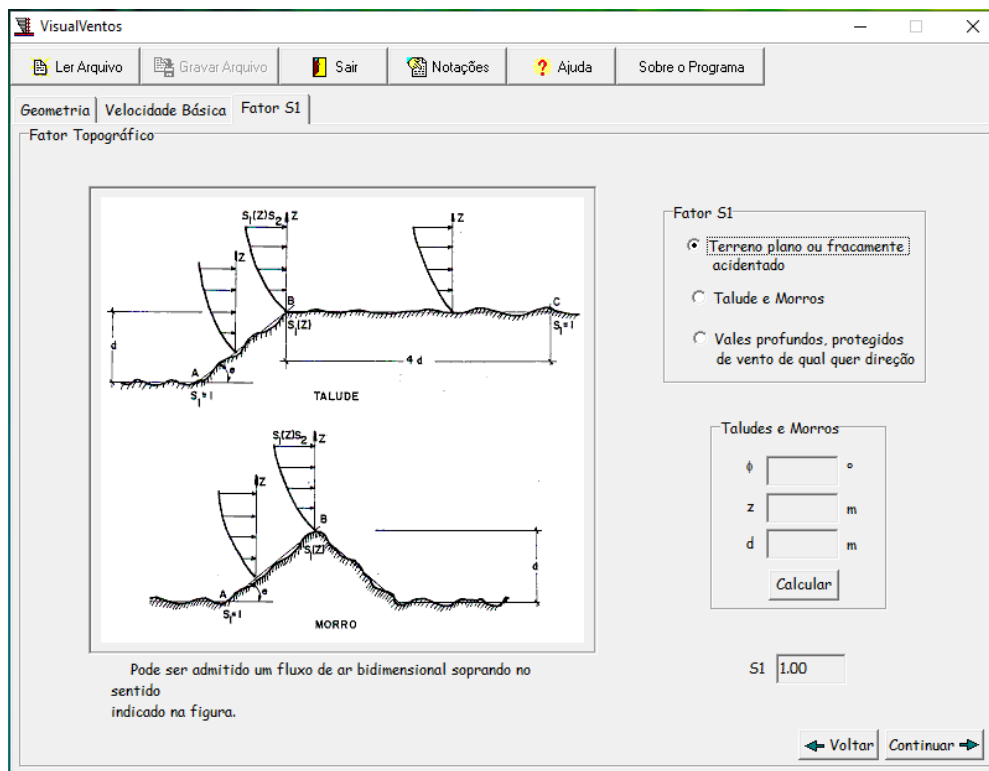
Figura 16 – Mapa das Isopletas



Fonte: Visual Ventos

Na figura 17 apresenta a tela do programa para a escolha do Fator Topográfico S1. O galpão encontra-se em um terreno plano tendo assim um valor unitário.

Figura 17 – Cálculo do Valor Topográfico



Fonte: Visual Ventos

Em seguida, na figura 18, calculamos o fator de rugosidade através do tipo de categoria e classe do terreno. A categoria e classe que representam o galpão estão destacados em azul.

Figura 18 – Cálculo do Fator de Rugosidade

VisualVentos

Ler Arquivo | Gravar Arquivo | Sair | Notações | Ajuda | Sobre o Programa

Geometria | Velocidade Básica | Fator S1 | Fator S2

Fator de Rugosidade

Categoria do terreno	Descrição do ambiente
<input type="radio"/> I	Superfícies lisas de grandes dimensões, com mais de 5km de extensão, medida na direção e sentido do vento incidente.
<input checked="" type="radio"/> II	Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada inferior ou igual a 1m. Exemplos: zonas costeiras planas; pântanos com vegetação rala; campos de aviação; pradarias e charnecas; fazendas sem sebes ou muros.
<input type="radio"/> III	Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 3m. Exemplos: granjas e casas de campo, com exceção das partes com matos, fazendas com sebes e/ou muros, subúrbios a considerável distância do centro, com casas baixas e esparsas.
<input type="radio"/> IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados em zona florestal, industrial ou urbanizada. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10m. Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas.
<input type="radio"/> V	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados. A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual ou superior a 25m. Exemplos: florestas com árvores altas de copas isoladas; centros de grandes cidade; complexo industriais bem desenvolvidos.

Classe de edificação

Classe	Descrição
<input type="radio"/> A	Maior dimensão menor ou igual a 20m
<input checked="" type="radio"/> B	Maior dimensão entre 20 e 50m
<input type="radio"/> C	Maior dimensão maior ou igual 50m

Maior dimensão: 35,00 m

Fator S2: S2 0,98

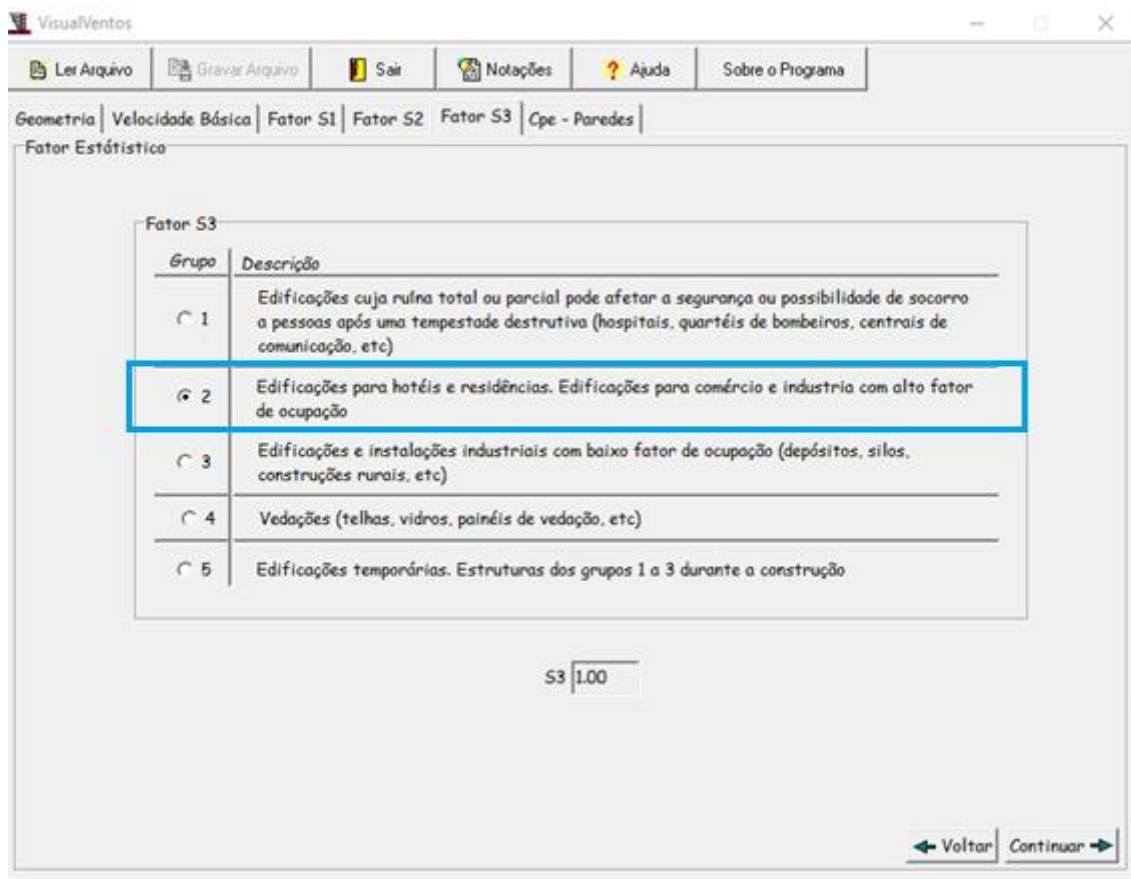
Calcular

Voltar Continuar

Fonte: Visual Ventos

Como podemos observar na figura 19, o fator estatístico escolhido foi para Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação.

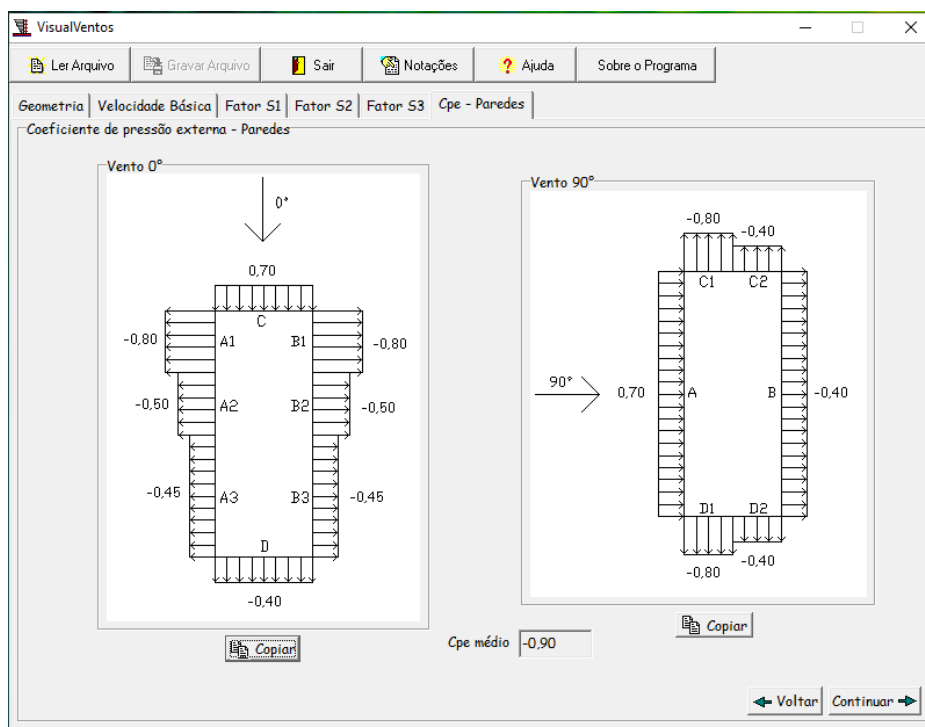
Figura 19 – Cálculo do Fator Estatístico



Fonte: Visual Ventos

Na figura 20 o cálculo dos coeficientes de pressão externa nas paredes do galpão para vento incidindo a 0° e a 90°.

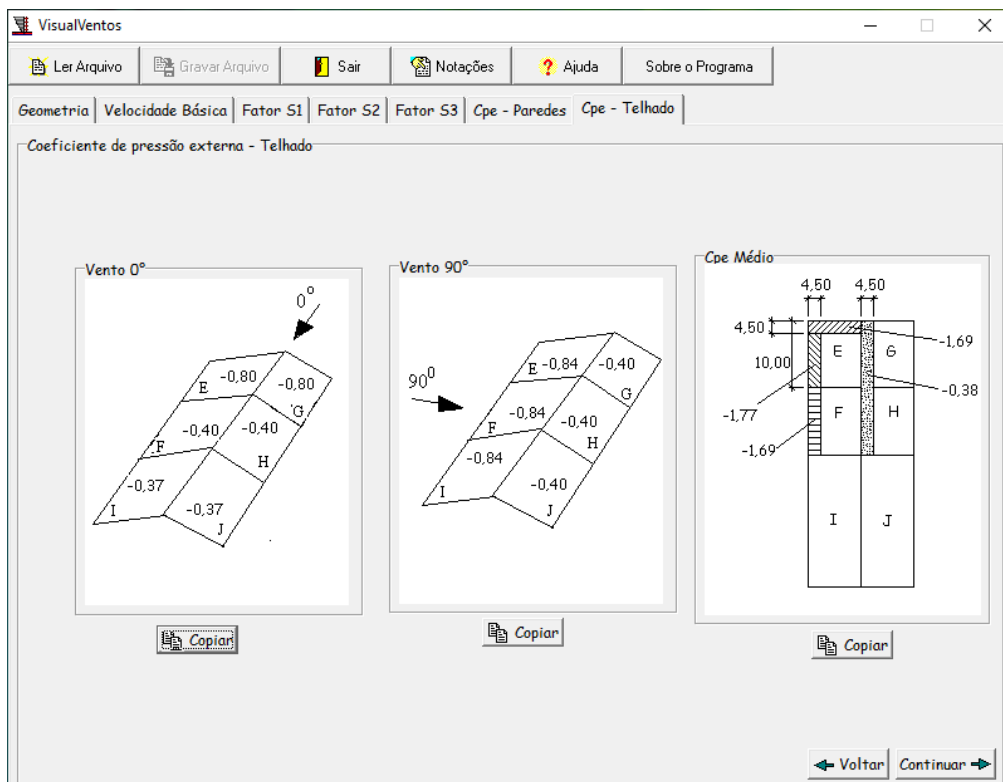
Figura 20 – Coeficiente de pressão externa nas paredes



Fonte: Visual Ventos

O coeficiente de pressão externa no telhado também é calculado automaticamente. Procedimentos aprovados com base na NBR 6123: 1988. Coeficiente de pressão externa com vento de 0 ° e 90 ° podendo ser observado na figura 21.

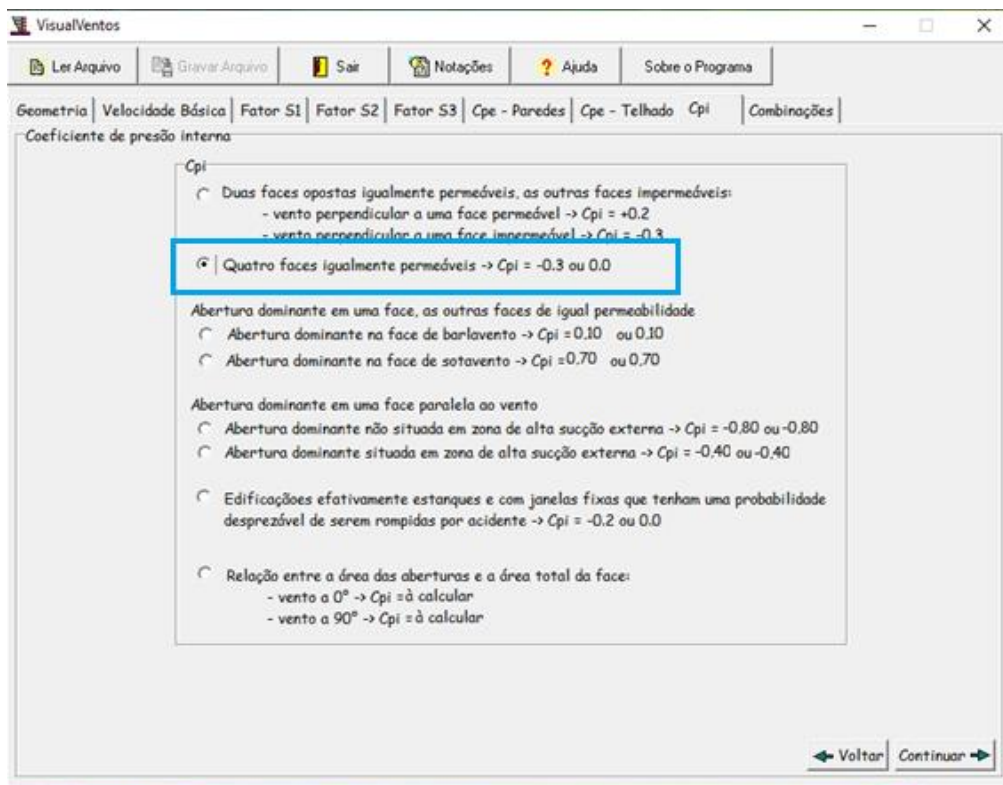
Figura 21 – Coeficiente de pressão externa nas paredes



Fonte: Visual Ventos

O coeficiente de pressão é um número adimensional que detalha a pressão relativa através de um campo de fluxo em dinâmica de fluidos, sendo coeficiente de pressão interna relacionado à parede ou coberturas com a existência de portas, janelas, básculas, frestas, entre outros. Adotamos as quatro faces igualmente permeáveis, pela razão de simplificar os cálculos e termos as forças do vento mais simplificadas. Com isso determinamos o coeficiente de pressão interno conforme a figura 22.

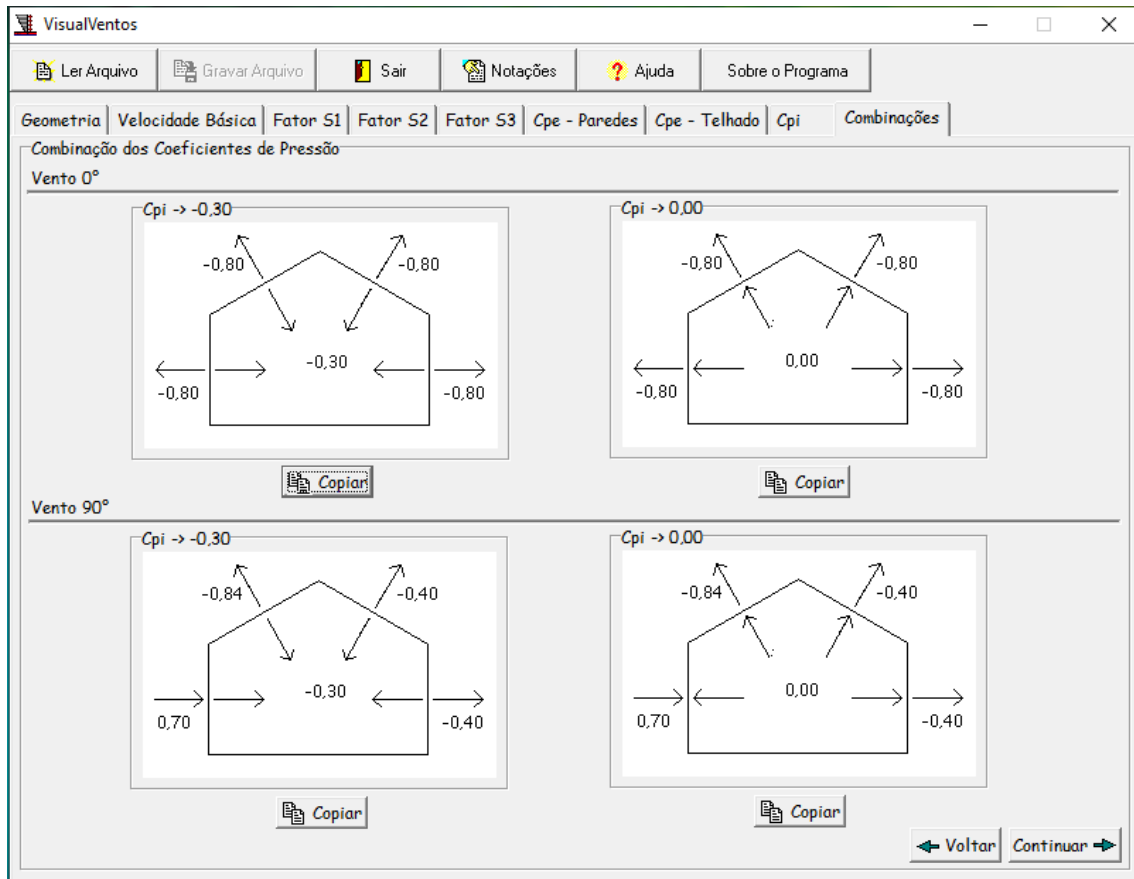
Figura 22 – Coeficiente de pressão interna



Fonte: Visual Ventos

A combinação entre os coeficientes de pressão externa e interna entre os ventos de 0° e 90° podendo ser visualizada na figura 23.

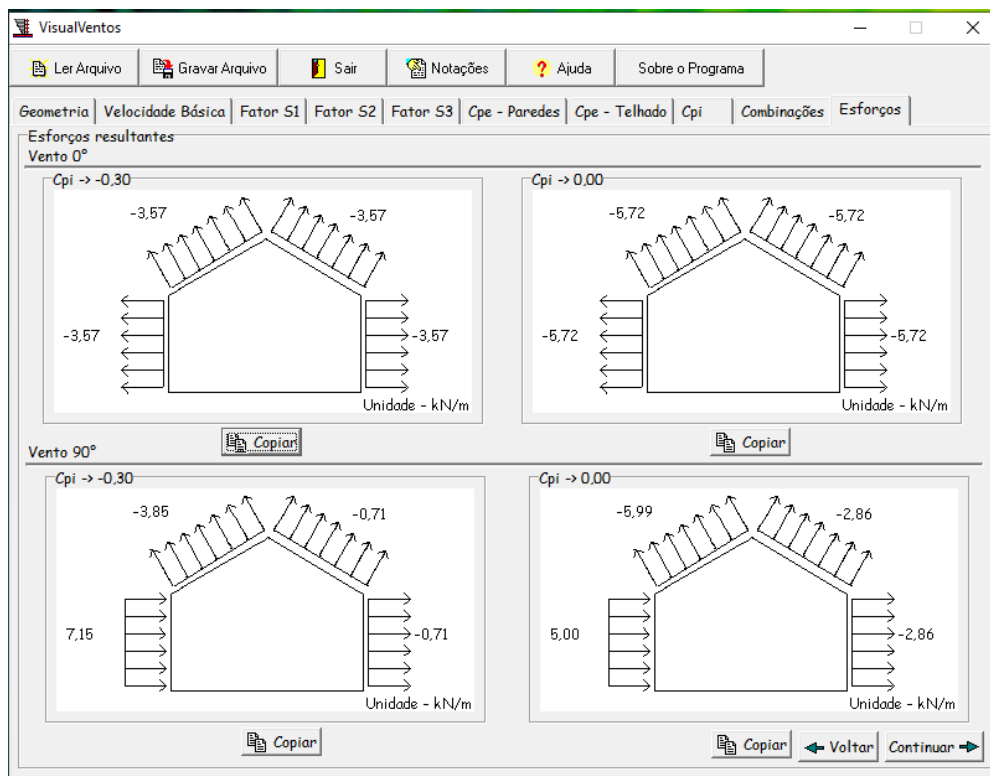
Figura 23 – Combinação entre coeficientes de pressão.



Fonte: Visual Ventos

Na figura 24 observamos o resultado dos dados inseridos com base na NBR 6123:1988, sendo expresso por KN/m tendo assim o esquema do vento em ambos os lados do galpão.

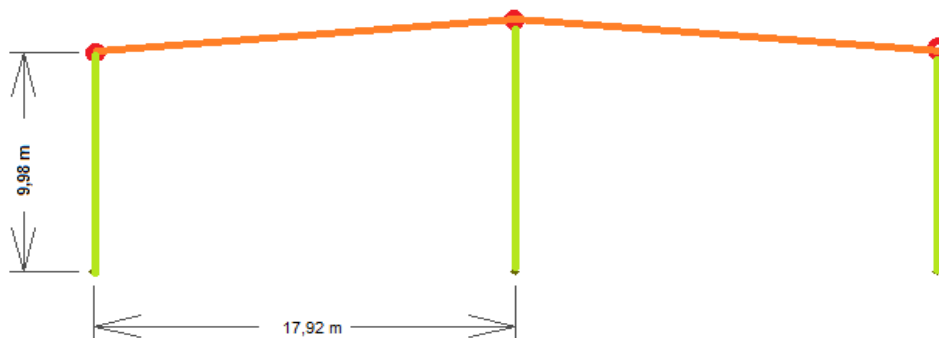
Figura 24 – Ação do vento nas paredes e no telhado do galpão.



Fonte: Visual Ventos.

Vamos utilizar o software FTOOL (Martha, 2008) para recriar o pórtico apresentado; inseriremos as forças do vento calculado referente ao coeficiente de pressão interna e gerando os diagramas de momento fletor, força cortante e força normal. O pórtico estudado está representado conforme a figura 25.

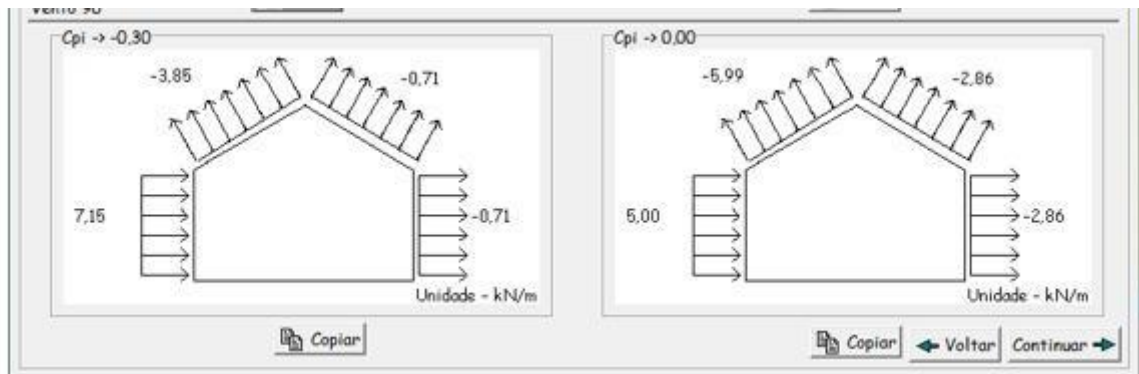
Figura 25 - Ftool baseado nos esforços do visual ventos



Fonte: Ftool

Como temos duas situações de esforços conforme a figura 26, devemos realizar cada uma no ftool (Martha, 2008) para depois comparar e ver qual delas tem o maior esforço.

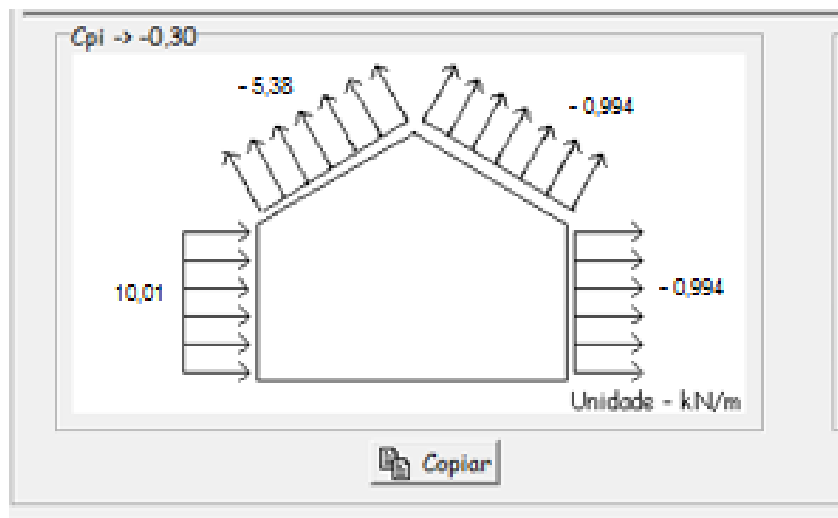
Figura 26 – Ação do vento nas paredes e no telhado Cpi -0,30 e 0,00



Fonte: Visual Ventos

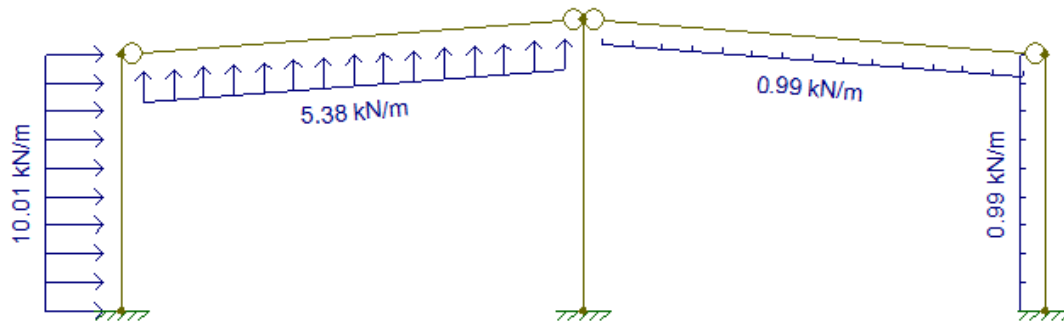
1º caso calcular com a situação Cpi = -0,30, mas antes de colocarmos no ftool (Martha, 2008) devemos majorar todas as forças. A figura 27 especifica as forças da ação do vento majoradas. A figura 28 representa as forças atuantes advindas do vento para o primeiro caso.

Figura 27 - Ação do vento Cpi= -0,30 majorada



Fonte: Visual Ventos

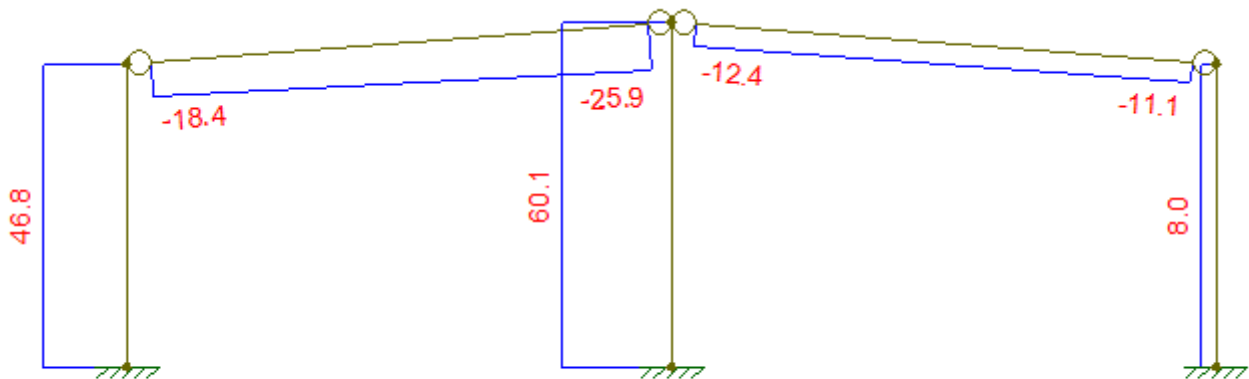
Figura 28 – Forças atuantes advindas da ação do vento



Fonte: Ftool

A figura 29 representa o diagrama de força normal para o 1º caso.

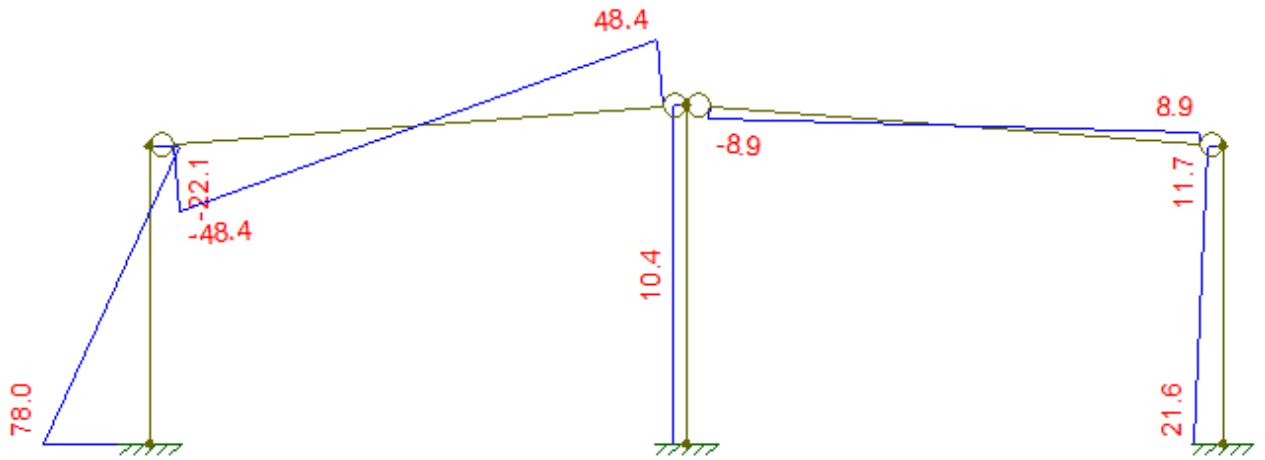
Figura 29 – Força normal



Fonte: Ftool

A figura 30 representa o diagrama de força cortante para o 1º caso.

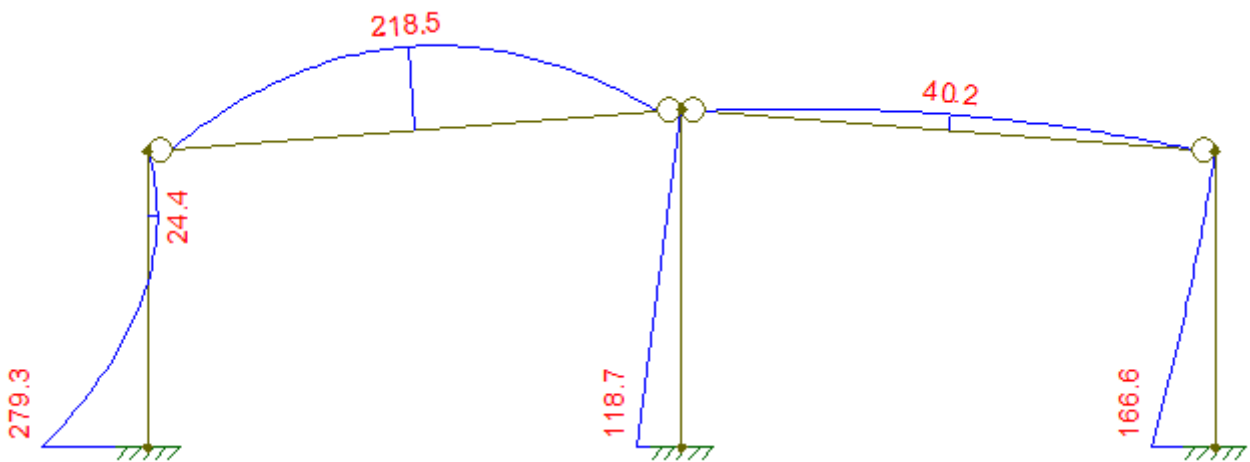
Figura 30 – Força Cortante



Fonte: Ftool

A figura 31 representa o diagrama de momento fletor para o 1º caso.

Figura 31 – Momento Fletor

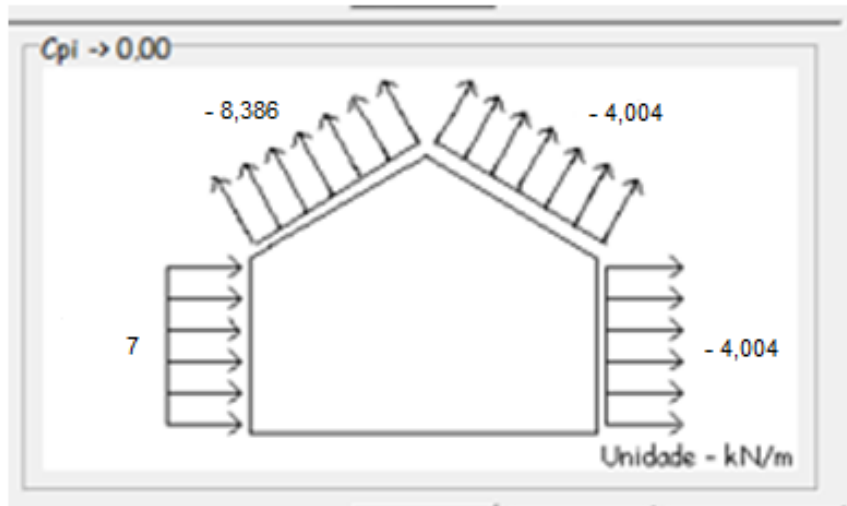


Fonte: Ftool

No 2º caso calcular com a situação $CPI = 0,00$, mas seguindo a premissa que as forças devem ser majoradas para inserir no Ftool (Martha,

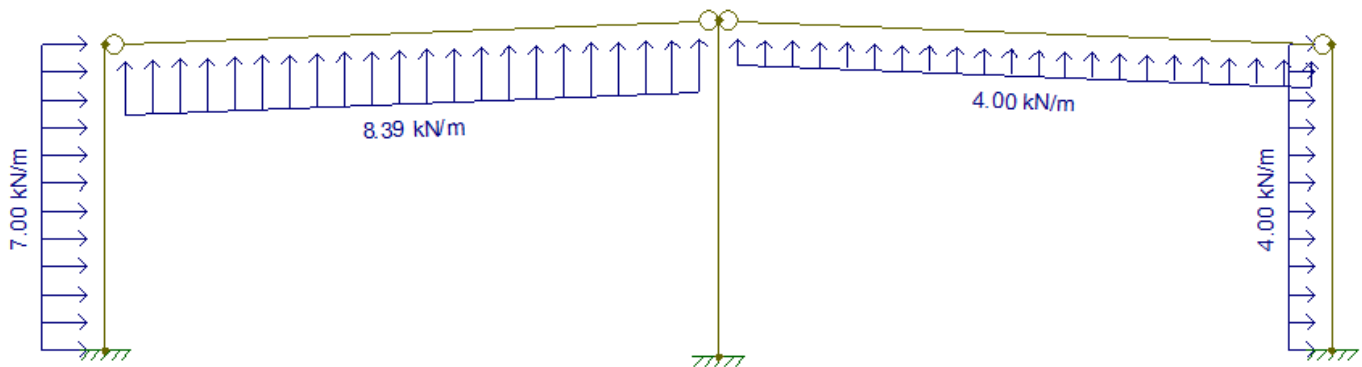
2008), conforme figura 32. Em seguida a figura 33 mostra as forças no pórtico advindas do vento para o 2º caso.

Figura 32 - Ação do vento $C_{pi} = 0,00$ majorada



Fonte: Visual Ventos

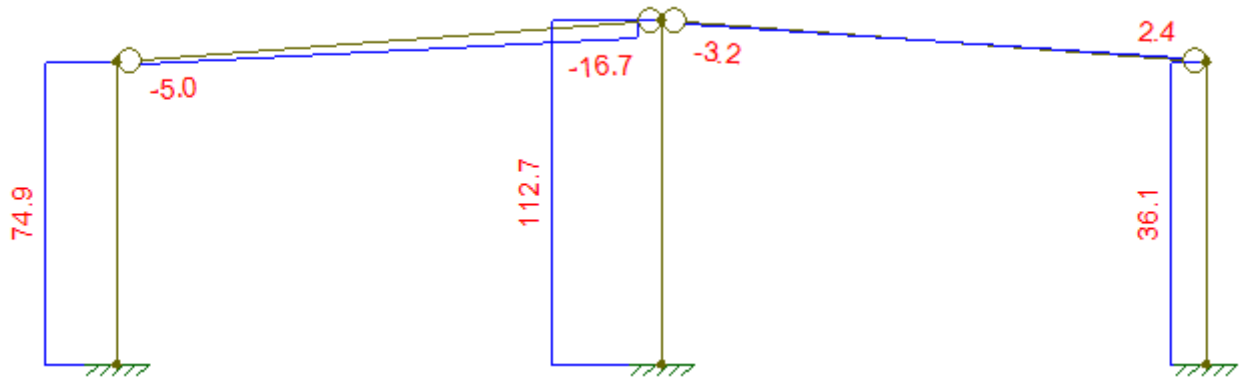
Figura 33 - Forças atuantes advindas da ação do vento



Fonte: Ftool

A figura 34 representa o diagrama de força normal para o 2º caso.

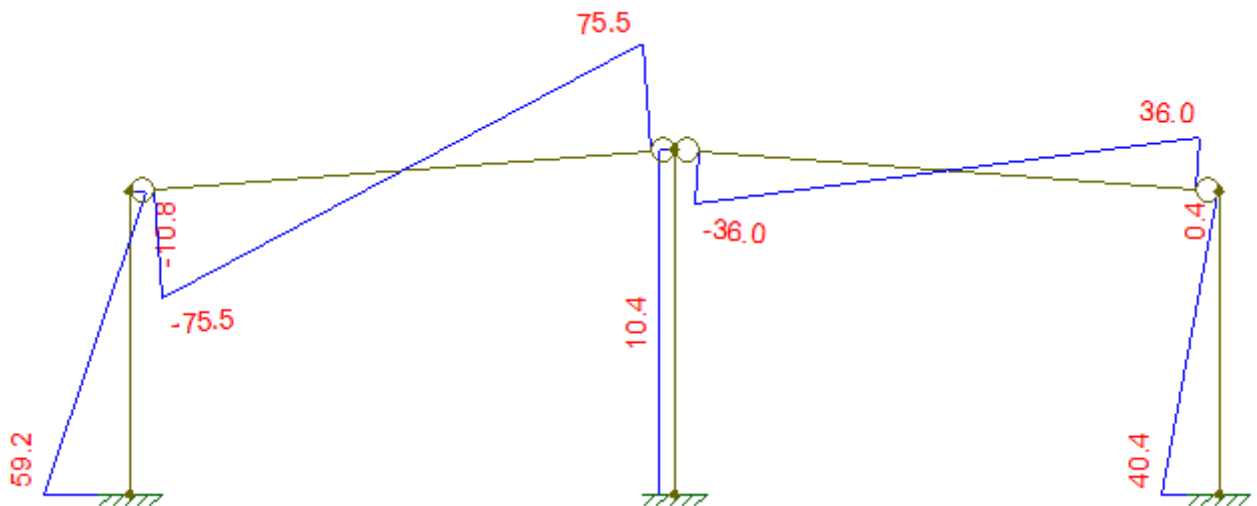
Figura 34 – Força normal



Fonte: Ftool

A figura 35 representa o diagrama de força cortante para o 2º caso.

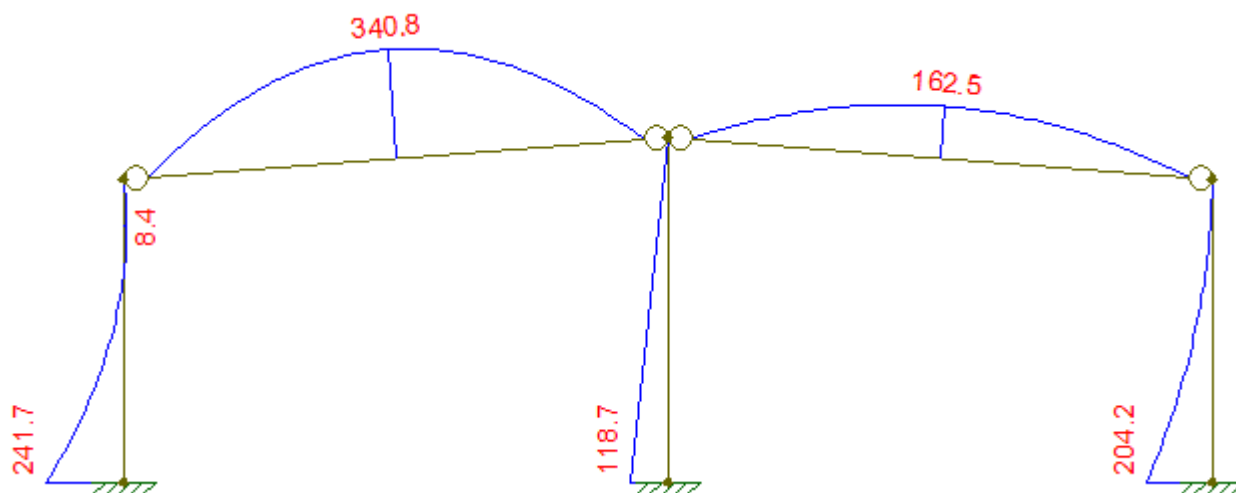
Figura 35 – Força cortante



Fonte: Ftool

A figura 36 representa o diagrama de momento fletor para o 2º caso.

Figura 36 – Momento fletor

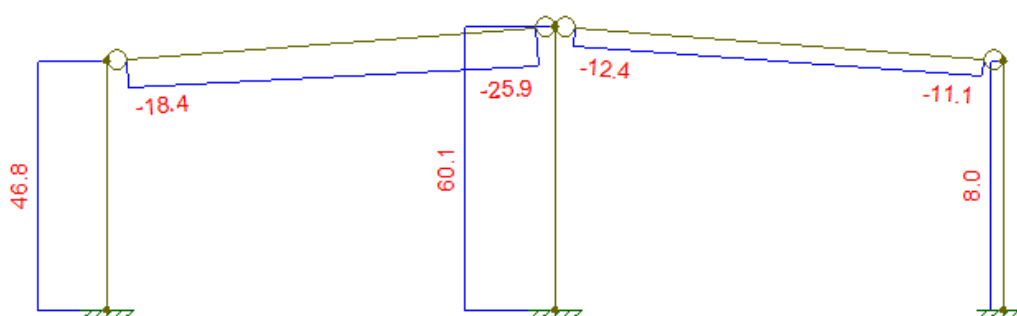


Fonte: Ftool

Com as duas situações calculadas, vamos realizar a comparação entre os esforços da força normal.

Na 1ª situação obtivemos os seguintes valores conforme figura 37:

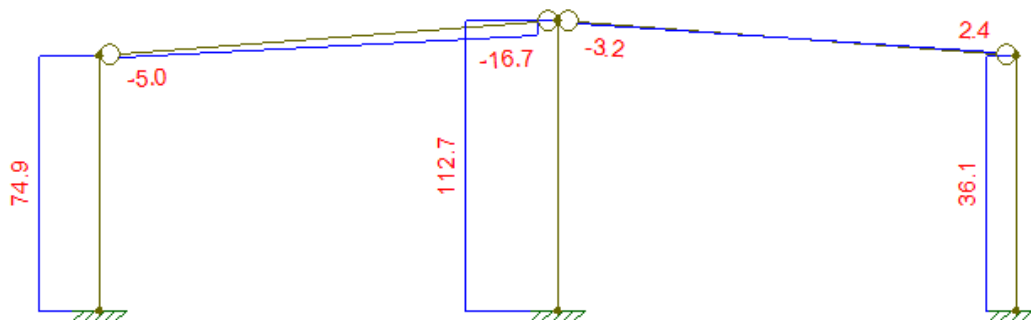
Figura 37 – Força normal



Fonte: Ftool

Para 2ª situação obtivemos os seguintes valores conforme figura 38:

Figura 38 – Força normal



Fonte: Ftool

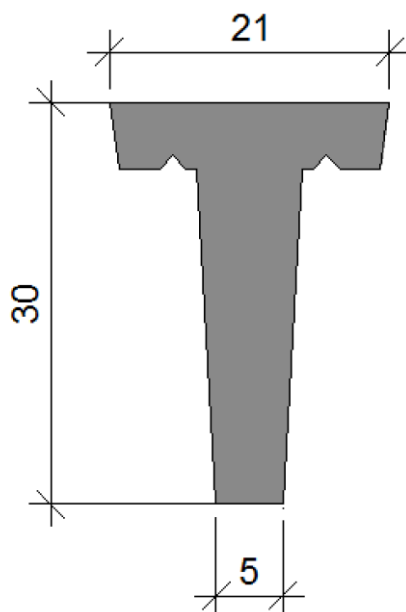
Como observado a situação de maior esforço se consta na situação 2. Os esforços mostrados nos casos anteriores, se referem apenas as forças do vento.

Através disso vamos somar com os esforços de peso próprio da terça, sobrecarga permanente, peso próprio cobertura metálica e carga accidental, e posteriormente realizar o dimensionamento da armadura do pilar.

3.2.2 PESO PRÓPRIO DAS TERÇAS

As terças de cobertura possuem dimensões com altura de 30 cm, sua base maior de 21 cm e sua base menor 5 cm conforme mostra figura 39. Às terças possuem comprimento de 9,83 metros que equivale ao vão entre pórticos da estrutura.

Figura 39 – Seção das Terças de Cobertura



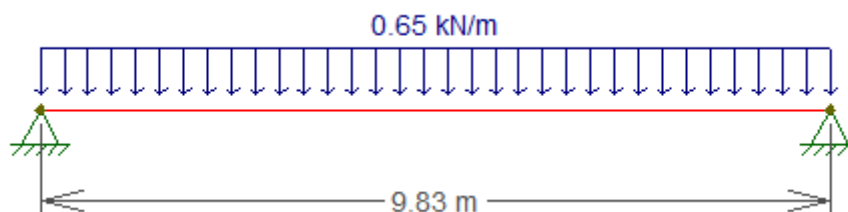
Fonte: Projeto desenvolvido

Para se calcular o peso próprio temos a área da terça sendo 261,5 cm² como ela é constituída por concreto seu peso específico γ_c é igual a 25 KN/m³. O peso próprio da terça é calculado através da multiplicação da área com o peso específico como representa a equação 4 e a disposição do carregamento conforme observa-se na figura 40.

Equação (4)

$$PP \text{ terça} = A * \gamma_c = \frac{261,50}{100^2} * 25 = 0,65 \text{ KN/m}$$

Figura 40 – Carregamento do Peso Próprio da Terça



Fonte: Ftool

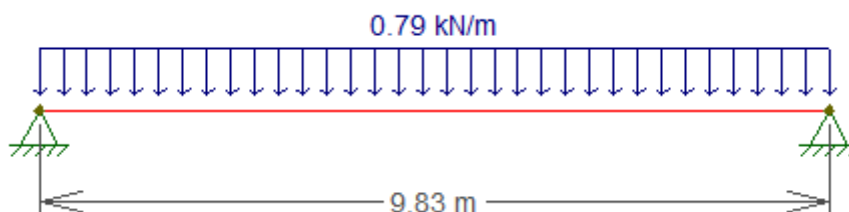
3.2.3 PESO PRÓPRIO DA COBERTURA

A telha escolhida foi do tipo termoacústica com espessura 30 mm e sua largura de influência é de 2,64 m sendo que a área de influência é a distância entre as terças intermediárias e com coeficiente de 0,30 KN/m². Portanto, o valor do peso da cobertura de telha metálica atuando na terça e obtido pela equação 5 e a disposição do carregamento conforme observado na figura 41.

Equação (5)

$$\text{PP cobertura} = A * c = 2,64 * 0,30 = 0,792 \text{ KN/m}$$

Figura 41 – Carregamento da Cobertura



Fonte: Ftool

3.2.4 SOBRECARGA PERMANENTE

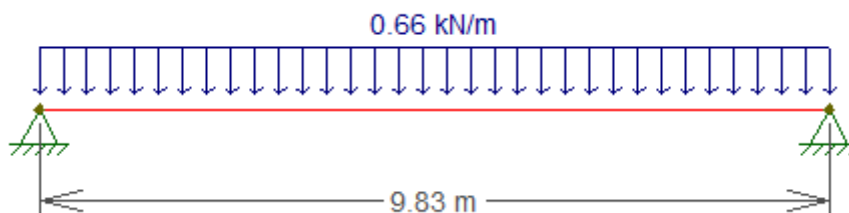
As sobrecargas permanentes são consideradas, por exemplo, luminárias ou equipamentos que podem ser pendurados nas terças. Para isso considera-se uma carga de 25 kgf/m².

A largura de influência é de 2,64 m, portanto o valor da sobrecarga permanente atuante na terça é calculado de acordo com a equação 6 e mostrado na Figura 42.

Equação (6)

$$PP \text{ sobrecarga cobertura} = 2,64 * 0,25 = 0,66 \text{ KN/m}$$

Figura 42 – Sobrecarga Permanente

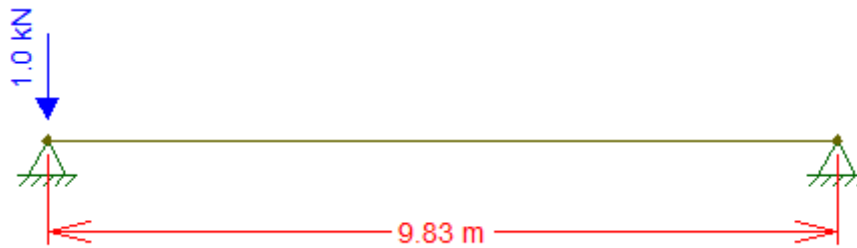


Fonte: Ftool

3.2.5 CARGA ACIDENTAL

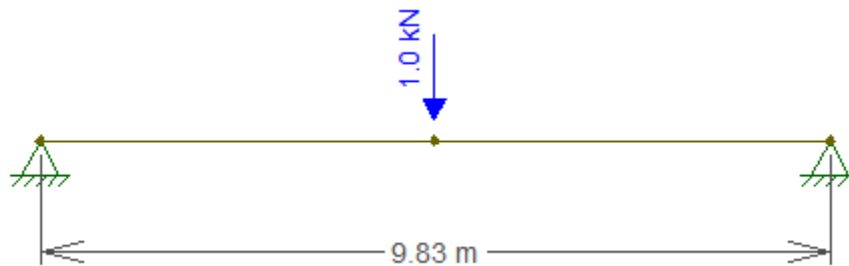
De acordo com Bellei (2000), deve ser considerada uma carga acidental de uma pessoa com equipamento para realizar tanto a montagem como manutenção. Assim, podemos considerar uma carga concentrada de 100 Kg na extremidade e outra no meio do vão sendo na extremidade devido ao momento fletor e a outra no meio do vão devido ao cisalhamento. Conforme vemos nas figuras 43 e 44.

Figura 43 – Carga acidental na extremidade



Fonte: Ftool

Figura 44 – Carga acidental no meio do vão

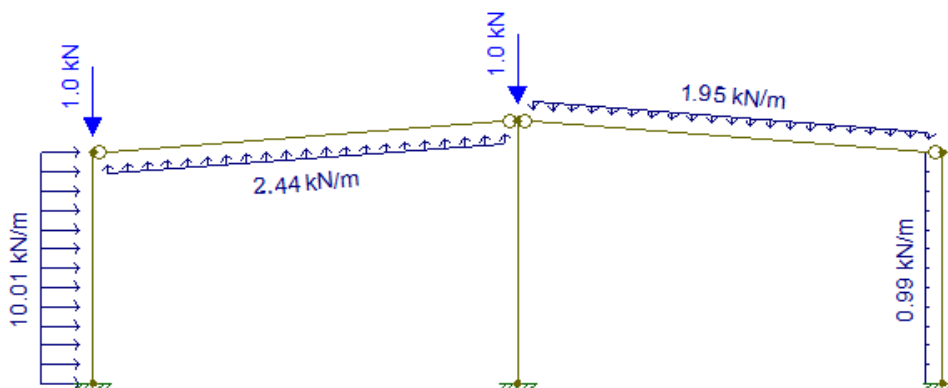


Fonte: Ftool

Com todas as cargas calculadas, são adicionadas as mesmas junto as forças do vento e obtemos o seguinte carregamento no pórtico, de acordo com a figura 45.

Para 1º Situação.

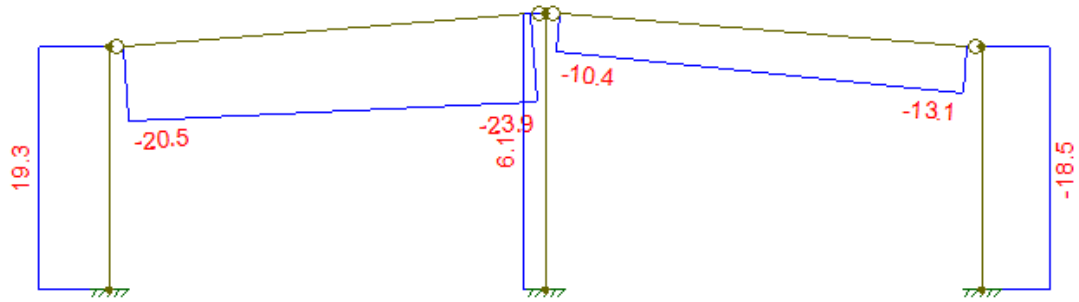
Figura 45 – Forças atuantes situação 1



Fonte: Ftool

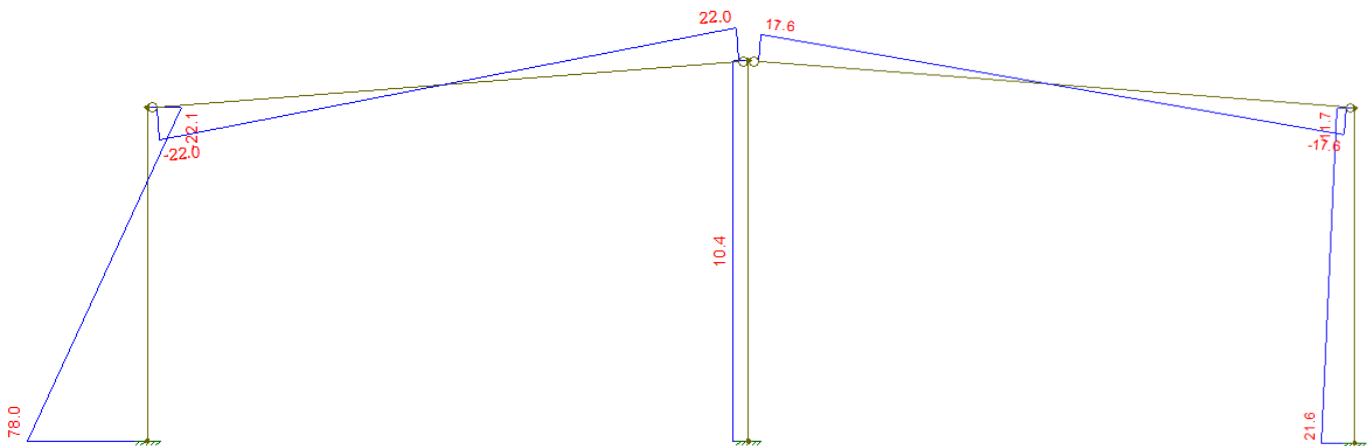
Neste caso, as únicas cargas que não foram majoradas são as cargas acidentais. As demais foram multiplicadas por 1,4. E assim obteve-se os diagramas de força normal, cortante e momento fletor, conforme figuras 46, 47 e 48.

Figura 46 – Força normal



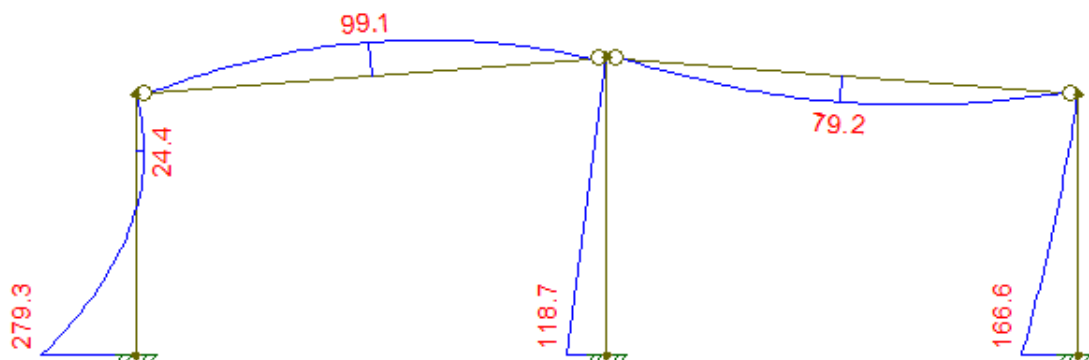
Fonte: Ftool

Figura 47 – Força cortante



Fonte: Ftool

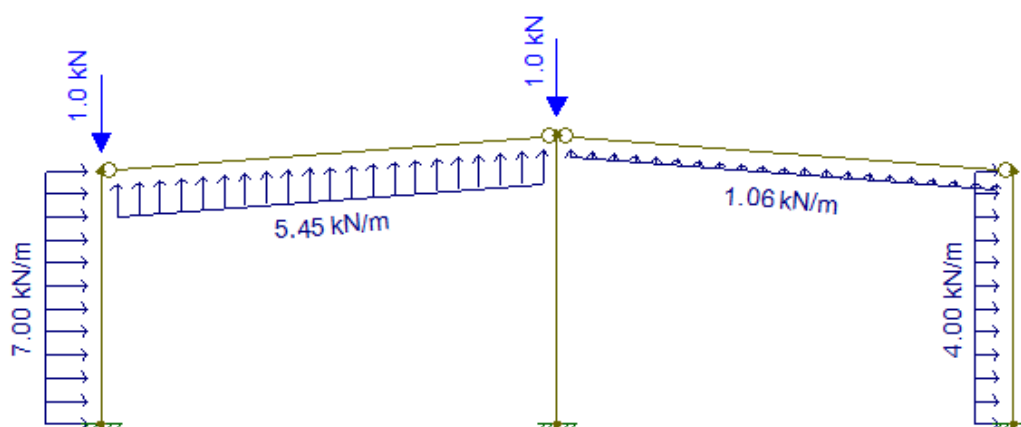
Figura 48 – Momento fletor



Fonte: Ftool

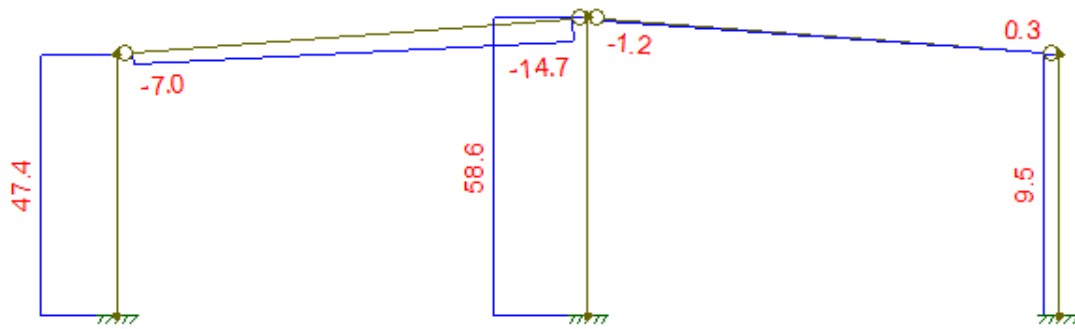
Para a 2ª situação, as forças atuantes estão demonstradas de acordo com a figura 49. Com as forças atuantes no pórtico obteve-se os diagramas de força normal, força cortante e momento fletor conforme as figuras 50, 51 e 52 respectivamente.

Figura 49 – Forças atuantes situação 2



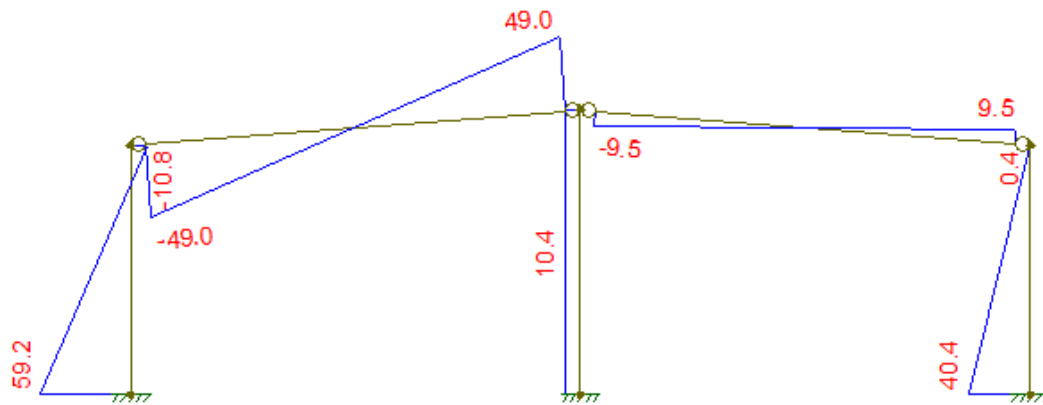
Fonte: Ftool

Figura 50 – Força normal



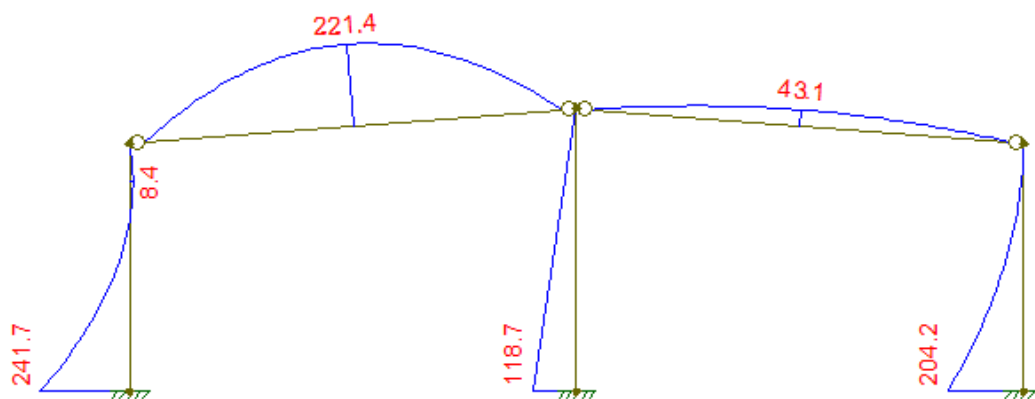
Fonte: Ftool

Figura 51 – Força cortante



Fonte: Ftool

Figura 52 – Momento fletor



Fonte: Ftool

Com todas as cargas adicionadas e os gráficos gerados pelo Ftool, podemos selecionar os gráficos de momento fletor em ambas as situações e iniciarmos o dimensionamento das armaduras. Os cálculos serão apresentados seguindo o dimensionamento convencional do pilar com o auxílio de software e cálculos e também o dimensionamento como uma viga em balanço.

3.3 – DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA

3.3.1 ARMADURA LONGITUDINAL MÍNIMA

A armadura longitudinal mínima deve ser calculada baseada na equação 7 retirada da NBR 6118.

Equação (7)

$$A_{s, \text{mín}} = \left(0,15 * \frac{N_d}{f_{yd}} \right) \geq 0,004 A_c$$

onde:

- $A_{s, \text{min}}$: Armadura mínima
- N_d : Força normal de cálculo
- f_{yd} : Resistência de cálculo do aço
- A_c : Área da seção transversal de concreto
- Caso o cálculo de $(0,15 N_d / f_{yd})$ resulte em um valor inferior a $0,004 A_c$, será adotado o maior valor.

Cálculo da armadura longitudinal mínima para 1º Situação. Conforme equação 7.

$$A_{s, \text{mín}} = \left(0,15 * \frac{19,3}{50000} \right) \geq 0,004 * 50 * 30$$

$$A_{s, \text{mín}} = 0,0000579 \text{ cm}^2 \geq 6 \text{ cm}^2$$

Cálculo da armadura longitudinal mínima para 2º Situação. Conforme equação 7.

$$A_{s, \text{mín}} = \left(0,15 * \frac{47,4}{50000} \right) \geq 0,004 * 50 * 30$$

$$A_{s, \text{mín}} = 0,000142 \text{ cm}^2 \geq 6 \text{ cm}^2$$

Com as duas situações calculadas montamos um resumo, conforme observado na tabela 4 com os resultados calculados referente a armadura longitudinal mínima para melhor visualização dos resultados.

Tabela 4 – Resumo da Armadura Longitudinal Mínima

RESUMO ARMADURA LONGITUDINAL MÍNIMA		
Armadura mínima	6,0	cm ²
Armadura mínima Situação 1	0,0000579	cm ²
Armadura mínima Situação 2	0,000142	cm ²

Fonte: Autor

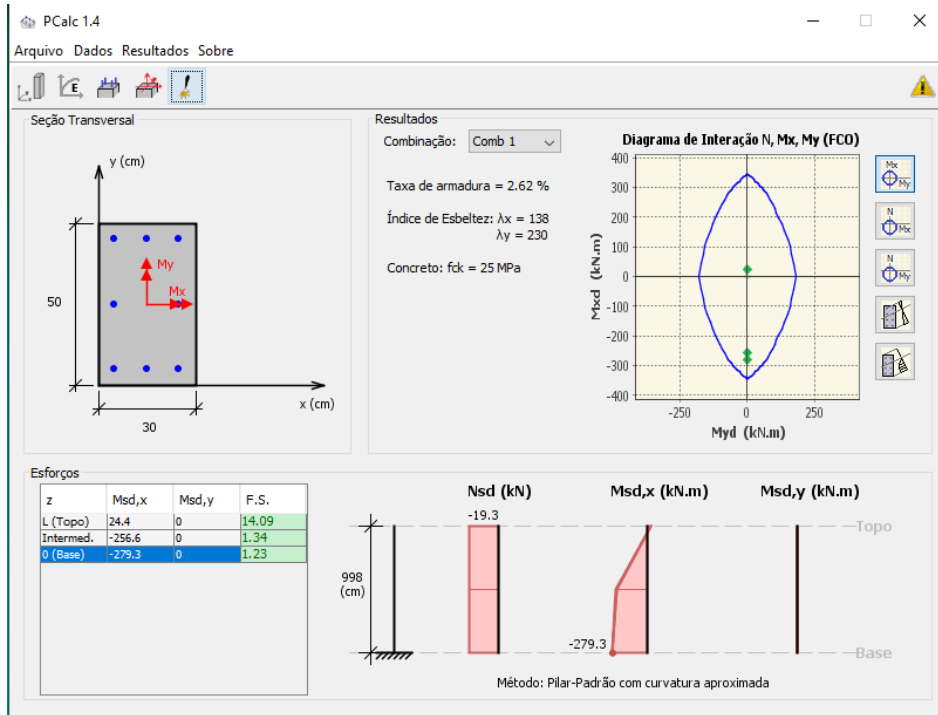
3.3.2 DIMENSIONAMENTO UTILIZANDO PCALC

Com o auxílio do software PCALC 1.4 (Sander D. C. Junior) segue o dimensionamento da armadura do pilar para as duas situações analisadas. Para os cálculos serem realizados pelo programa devem ser informadas a quantidade de barras e sua seção, assim o programa acusa se o pilar está aprovado no dimensionamento.

Na situação 1 pode-se observar dois exemplos para o dimensionamento da armadura. Utilizando 8 barras Ø25 mm Ca-50 na figura 53 ou 4 barras Ø32 mm Ca-50 como mostra a figura 54.

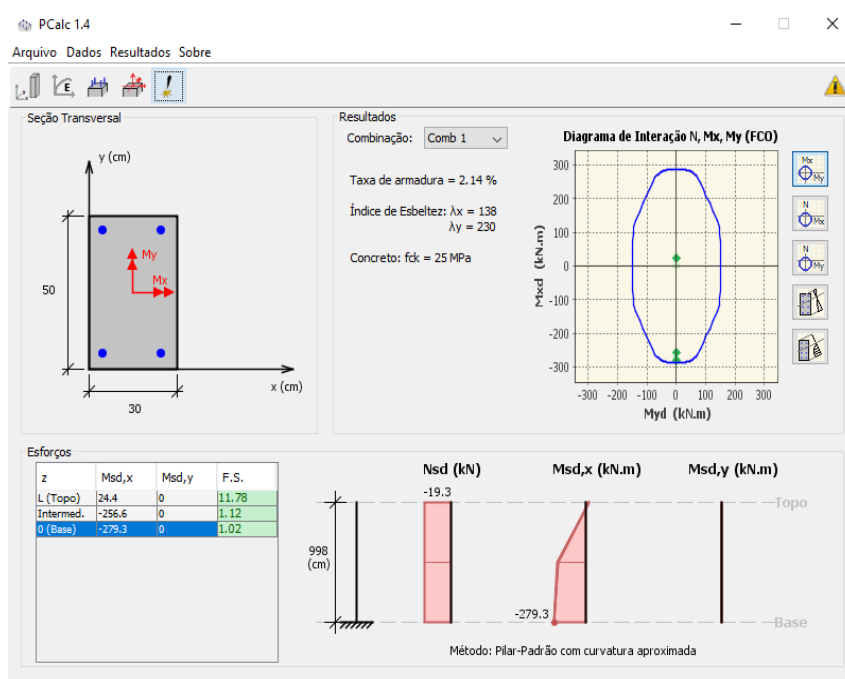
Para 1º Situação temos:

Figura 53 – PCALC 8 barras Ø25mm



Fonte: PCALC

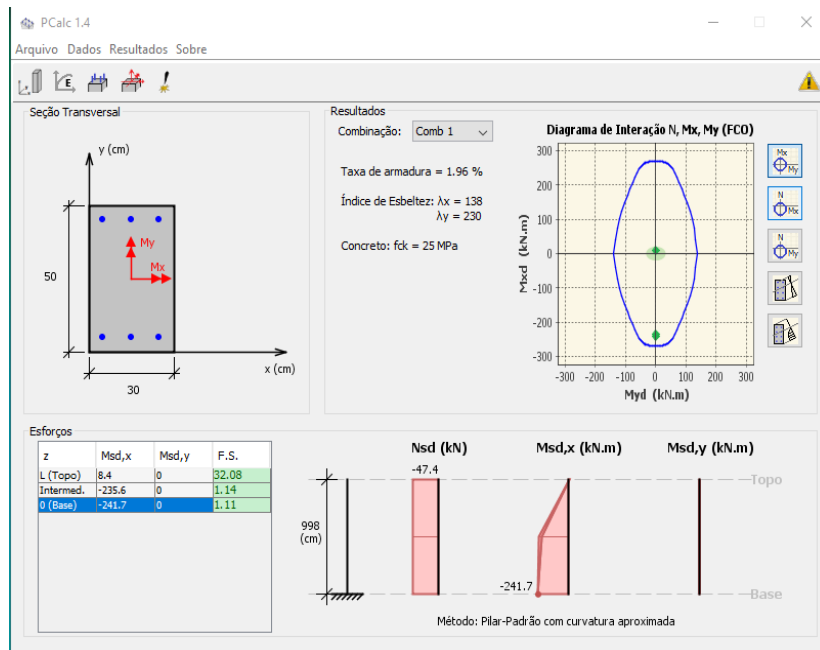
Figura 54 – PCALC 4 barras Ø32mm



Fonte: PCALC

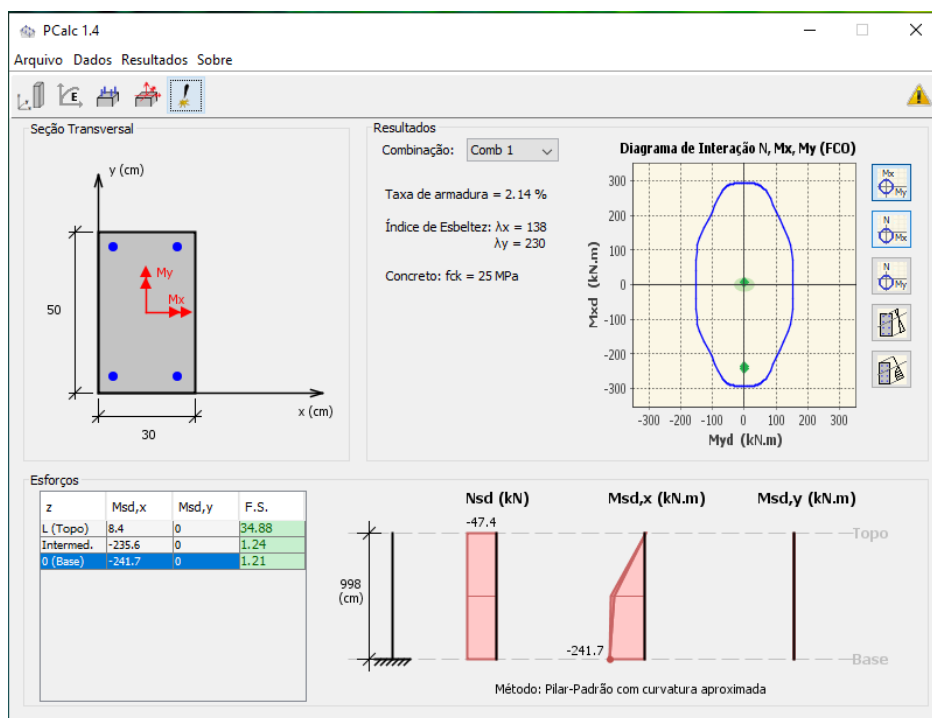
Na situação 2 pode-se observar dois exemplos para o dimensionamento da armadura. Utilizando 6 barras Ø25 mm (Figura 55) Ca-50 ou 4 barras Ø32 mm Ca-50 (Figura 56). Para 2º Situação:

Figura 55 – PCALC 6 barras Ø25mm



Fonte: PCALC

Figura 56 – PCALC 4 barras Ø32mm



Fonte: PCALC

3.3.3 Dimensionamento utilizando oblíqua

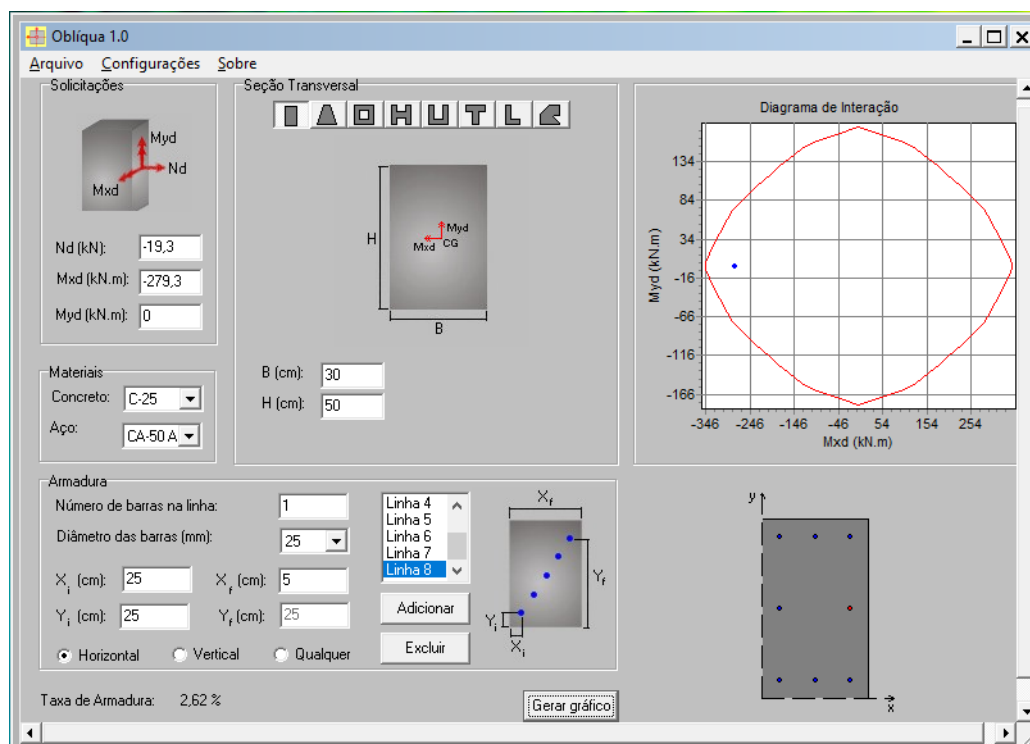
Com o auxílio do software oblíqua 1.0 (UFPR, 2001) segue o dimensionamento da armadura do pilar para as duas situações analisadas. Seguindo com o mesmo funcionamento do PCALC 1.4 (Sander D. C. Junior) para os cálculos serem realizados pelo programa devem ser informadas a quantidade de barras e sua seção. Dessa forma, o programa acusa se o pilar está aprovado no dimensionamento. Com o uso do software oblíqua obtivemos as mesmas situações aprovadas.

Situação 1 - 8 barras Ø25 mm Ca-50 (Figura 57) ou 4 barras Ø32 mm Ca-50 (Figura 58).

Situação 2 - 6 barras Ø25 mm Ca-50 (Figura 59) ou 4 barras Ø32 mm Ca-50 (Figura 60).

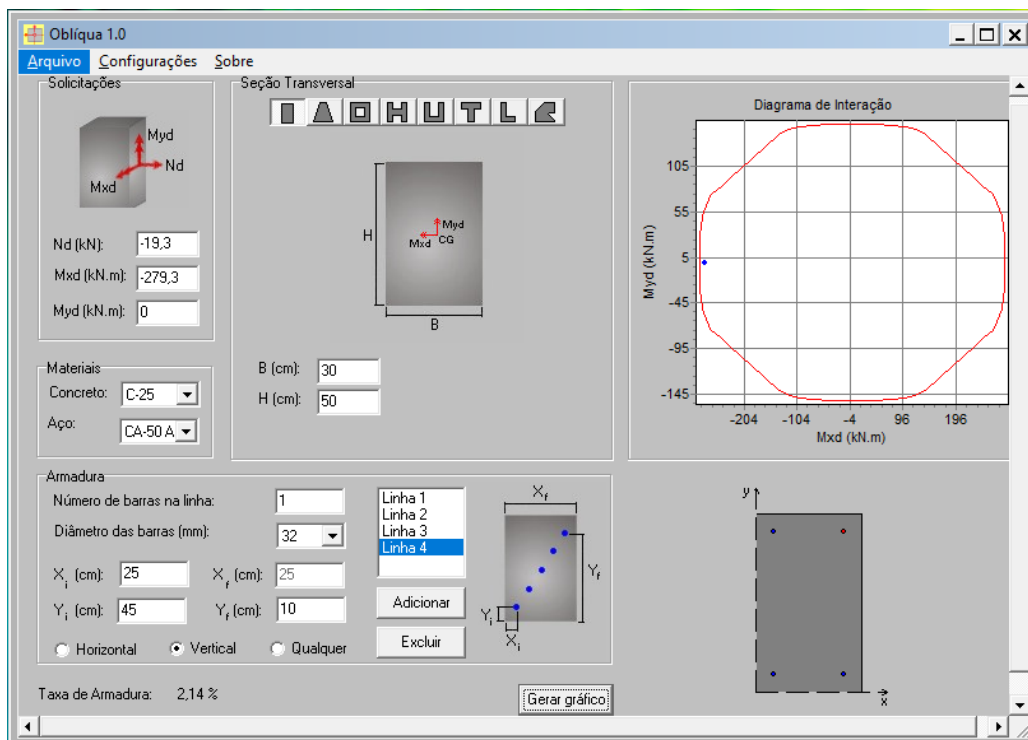
Para 1º situação:

Figura 57 – Oblíqua 8 barras Ø25mm



Fonte: Oblíqua

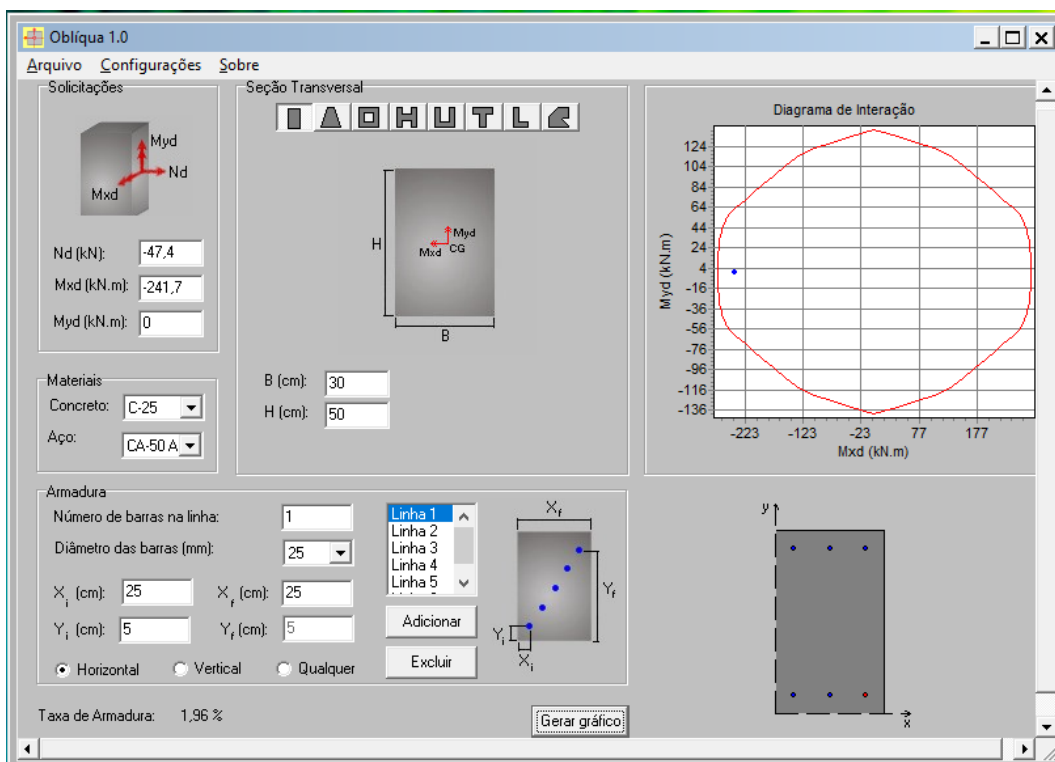
Figura 58 – Oblíqua 4 barras Ø32mm



Fonte: Oblíqua

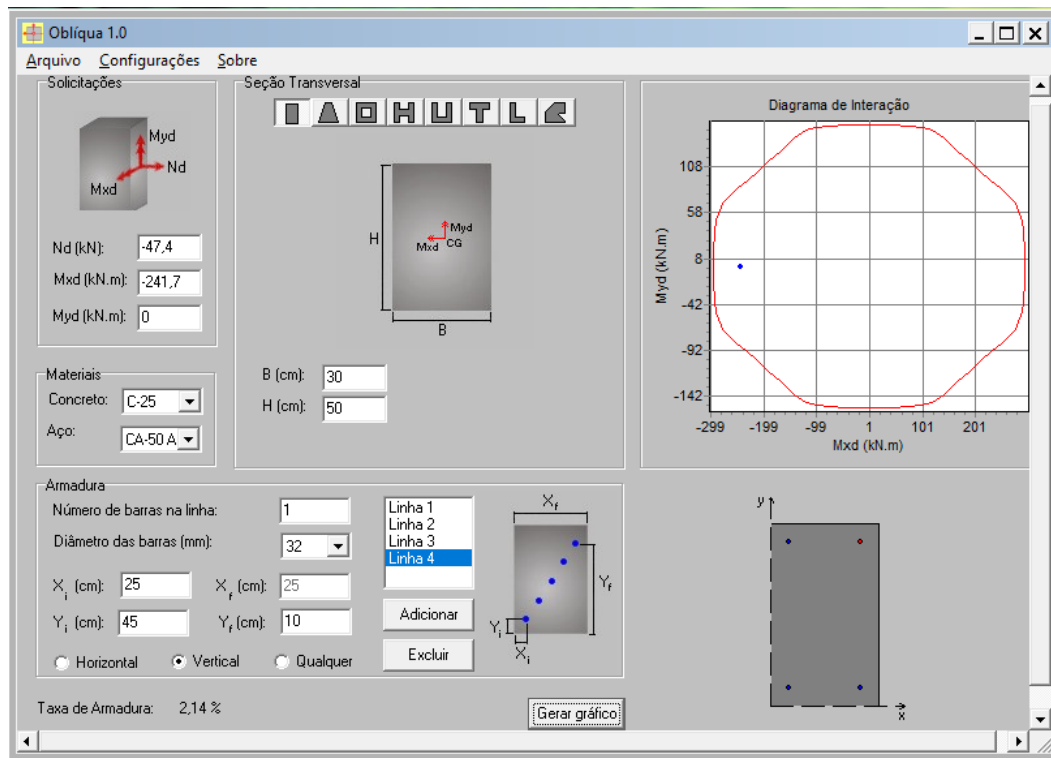
Na 2º Situação:

Figura 59 – Oblíqua 6 barras Ø25mm



Fonte: Oblíqua

Figura 60 – Oblíqua 4 barras Ø32mm



Fonte: Oblíqua

A melhor situação a ser escolhida após o dimensionamento é aquela que apresentar a menor taxa de armadura; e menores valores no coeficiente de segurança (sendo eles sempre maior que 1,0).

3.3.4 Dimensionamento da armadura do pilar assemelhando a uma viga em balanço

Com todas as cargas já adicionadas e os gráficos do Ftool gerados, temos que selecionar os gráficos de momento fletor em ambas as situações e com o auxílio da planilha de Excel realizarmos os cálculos do pilar como uma viga em balanço.

1° Selecionar o momento fletor de cada situação

2° Selecionar o valor de momento fletor nas duas situações, sendo elas do pilar da extremidade.

3º Com os valores selecionados, iremos dispor em uma tabela no Excel que calcula automaticamente a armadura de uma viga. Podemos observar nas figuras 61 e 62.

Figura 61 – Cálculo da armadura do pilar como viga na situação 1

Momento de cálculo (kN.m):	279,3000
Valor da largura da viga (m):	0,3000
Valor da altura útil - d (m):	0,4500
Resistência do concreto (kN/m ²):	25000,0000
KMD	0,2575
KX	0,4652
KZ	0,8139
Área de aço (cm ²):	17,5388

Fonte: Excel

Figura 62 – Cálculo da armadura do pilar como viga na situação 2

Momento de cálculo (kN.m):	241,7000
Valor da largura da viga (m):	0,3000
Valor da altura útil - d (m):	0,4500
Resistência do concreto (kN/m ²):	25000,0000
KMD	0,2228
KX	0,3878
KZ	0,8449
Área de aço (cm ²):	14,6217

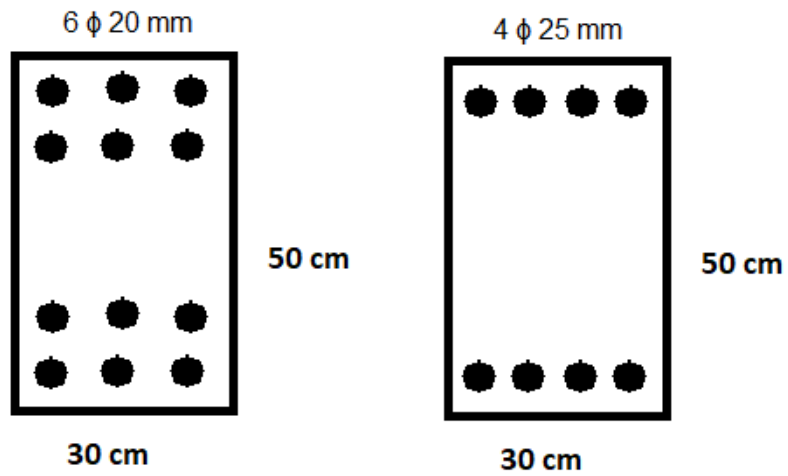
Fonte: Excel

Tanto os valores da área total do aço em cada situação, podemos dispor a armadura de viga para cada uma delas. As figuras 63 e 64 mostram a disposição das armaduras ao longo da viga conforme as situações.

Na Situação 1:

Área total do aço é 17,54 cm² – sendo disposta com 6 ϕ 20 mm ou 4 ϕ 25 mm

Figura 63 – Disposição das Armaduras

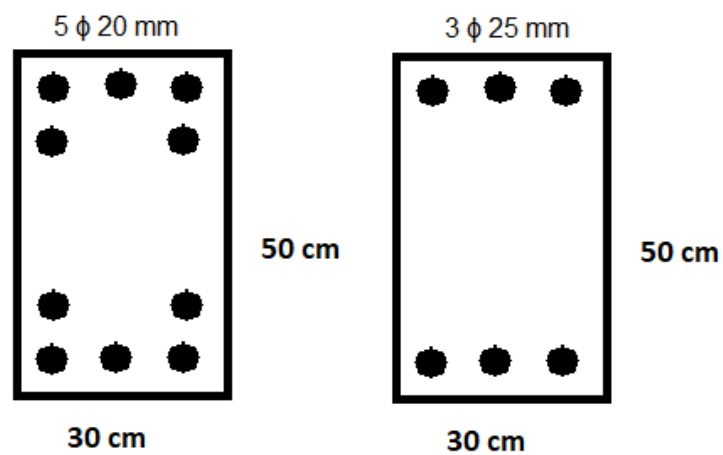


Fonte: Autor

Para situação 2, temos:

Área total do aço é 14,62 cm² – sendo disposta com 5 ϕ 20 mm ou 3 ϕ 25 mm

Figura 64 – Disposição das Armaduras



Fonte: Autor

3.3.5 VERIFICAÇÃO DA TAXA DE ARMADURA

A taxa de armadura não pode ser maior que 4%. A taxa de armadura, ou seja, área de aço dividida pela área de concreto, nunca sendo inferior a 0,15%. A imagem abaixo se refere à tabela 17.3 da norma NRB 6118, a qual apresenta taxas mínimas de armadura de flexão para vigas que, se respeitadas, considera-se atendido o dimensionamento por $M_{d,min}$.

Tabela 5 – Taxas mínimas de armadura de flexão para vigas

Taxa de armadura mínima $p_{mín}$ (As/Ac) para diferentes resistências de concretos															
MPa	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
$p_{mín}$	0,150	0,150	0,150	0,164	0,179	0,194	0,208	0,211	0,219	0,226	0,233	0,239	0,245	0,251	0,256

Fonte: NBR 6118

Para realizar a verificação de armadura utiliza-se a equação número 8:

Equação (8)

$$W = \left(\frac{A_s * f_{yd}}{A_c * f_{cd}} \right)$$

onde:

- W: Taxa de armadura
- A_s : Área de armadura
- f_{yd} : Resistência de cálculo do aço
- A_c : Área da seção transversal de concreto
- f_{cd} : Resistência de cálculo do concreto

Para verificação da taxa de armadura utilizamos a situação 1 do cálculo do pilar como viga que no dimensionamento pode ser utilizado 6 barras Ø20 mm. $A_s = 6 \times 3,14 \text{ cm}^2$. E para verificação da taxa de armadura com o dimensionamento de pilar convencional podemos adotar 8 barras Ø 25 mm. $A_s = 8 \times 4,91 \text{ cm}^2$.

Cálculo da taxa de armadura como viga em balanço:

Equação (8)

$$W = \left(\frac{18,84 * \frac{500}{1,15}}{50x30 * \frac{25}{1,4}} \right) = 0,31\%$$

Cálculo da taxa de armadura como pilar:

Equação (8)

$$W = \left(\frac{39,28 * \frac{500}{1,15}}{50x30 * \frac{25}{1,4}} \right) = 0,63\%$$

Com as duas situações realizadas, montamos um resumo, conforme observado na tabela 6 com os resultados calculados referente a taxa de armadura para melhor visualização dos resultados.

Tabela 6 – Resumo da Taxa de Armadura

RESUMO TAXA DE ARMADURA	
W - REFERENTE A NORMA	4%
W - VIGA EM BALANÇO	0,31%
W - PILAR CONVENCIOANAL	0,63%

Fonte: Autor

4.0 – CONCLUSÃO

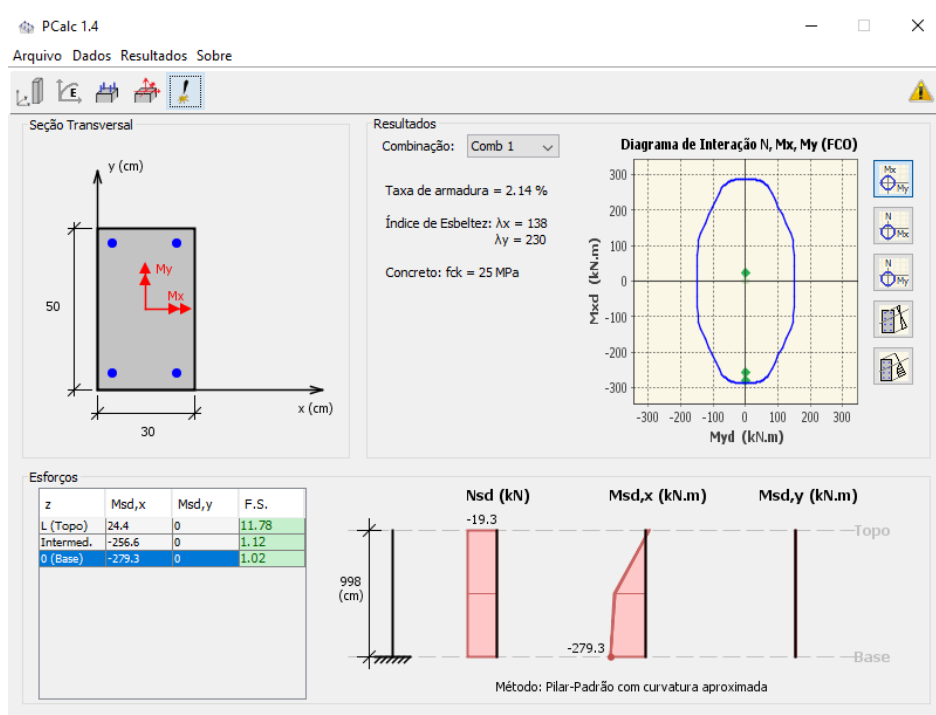
Com os diferentes métodos de cálculos utilizados, sendo eles de forma convencional no dimensionamento do pilar por software como o PCALC 1.4 (Sander D. C. Junior) e o Obliqua (UFPR, 2001) ou assemelhando o pilar a uma viga em balanço utilizando planilha de cálculo de vigas, obteve-se os seguintes resultados:

Os softwares PCALC 1.4 e Obliqua utilizados no dimensionamento possuem uma diferença na metodologia. O PCALC 1.4 (Sander D. C. Junior) considera a ação simultânea do momento fletor com a força normal e em conjunto analisa a flambagem do pilar, enquanto o Obliqua (UFPR, 2001) considera apenas a ação simultânea do momento com a força normal. Para as situações analisadas, deve-se utilizar a situação de maior esforço.

Conforme apresentado pelos softwares, conclui-se que o melhor dimensionamento para o pilar é aquele com a menor taxa de armadura e no qual os valores de segurança são mais próximos de 1,0 conforme estabelece a norma NBR 6118. Seguindo estes parâmetros o dimensionamento está seguro e consecutivamente mais econômico.

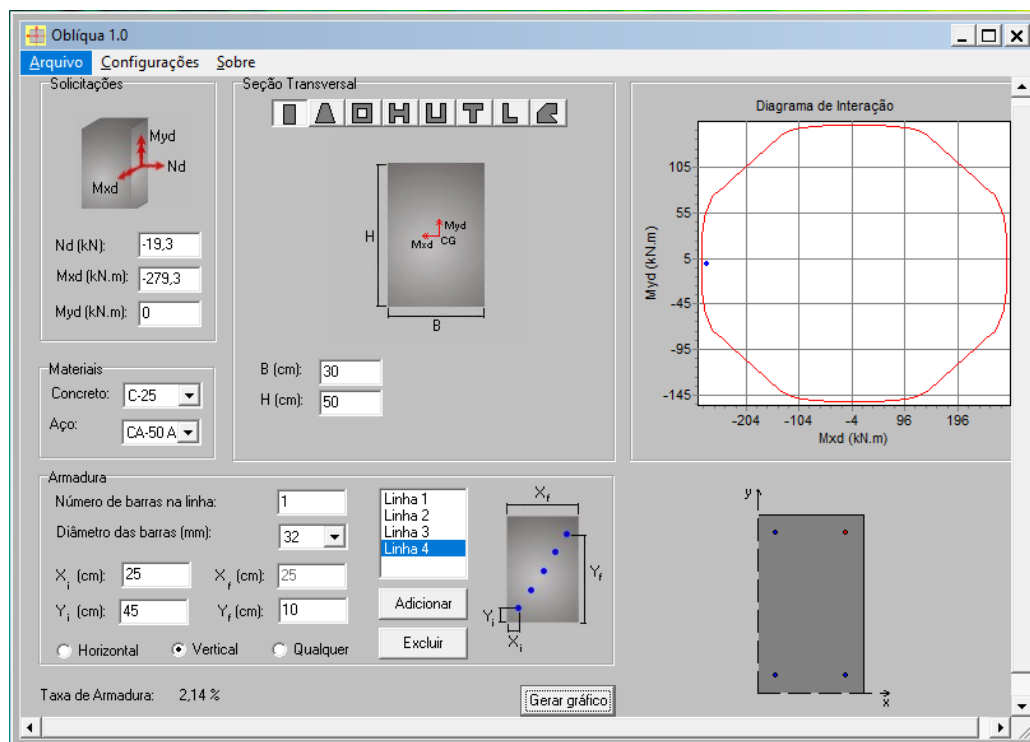
Desta forma o dimensionamento adotado com a utilização do PCALC 1.4 (Sander D. C. Junior) e Obliqua (UFPR, 2001) se refere ao pilar com armadura de 4 barras $\varnothing 32$ mm, conforme demonstra a figura 65 e 66.

Figura 65 – PCALC 4 barras Ø32mm



Fonte: PCALC

Figura 66 – Oblíqua 4 barras Ø32mm



Fonte: Oblíqua

Conforme o diagrama de interação apresentada na figura 66 pode-se concluir um melhor aproveitamento no elemento pilar.

Para os cálculos no dimensionamento do pilar assemelhando-o a uma viga em balanço, utiliza-se a situação com maior momento fletor. Conforme a figura 67.

Figura 67 – Cálculo da armadura do pilar como viga na situação 1

Momento de cálculo (kN.m):	279,3000
Valor da largura da viga (m):	0,3000
Valor da altura útil - d (m):	0,4500
Resistência do concreto (kN/m ²):	25000,0000
KMD	0,2575
KX	0,4652
KZ	0,8139
Área de aço (cm ²):	17,5388

Fonte: Excel

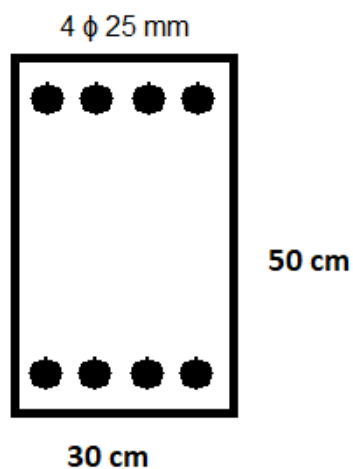
Obteve-se a área de aço = 17,54 cm²

Sendo disposta a armadura com 4 barras Ø25 mm, porém para o dimensionamento do pilar como uma viga a contribuição da armadura deve ser disposta nas duas faces simetricamente, para que assim possa atender as duas direções da força do momento gerada pelo vento.

Neste caso o pilar passará a ter 8 barras Ø25 mm, totalizando área de aço = 39,20 cm², conforme a figura 68.

Área total do aço é 39,20 cm² – sendo disposta com 8 ϕ 25 mm

Figura 68 – Disposição da armadura na viga



Fonte: Autor

Dessa forma pode-se realizar a seguinte comparação: para o dimensionamento convencional do pilar obteve-se 4 barras $\text{Ø}32$ mm com área de aço = $32,00 \text{ cm}^2$ e para o dimensionamento do pilar como viga serão 8 barras $\text{Ø}25$ mm com área de aço = $39,20 \text{ cm}^2$. Para melhor visualização da comparação entre as armaduras tanto para o método convencional como para o método assemelhado a uma viga em balanço, foi criado a tabela 7 com as seguintes armaduras realizadas e suas respectivas áreas.

Tabela 7 – Resumo de comparação de armadura no elemento Pilar

RESUMO DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS NO PILAR		
Situação	Armadura	Área do Aço
Armadura do Pilar pelo método convencional		
PCALC	4 barras $\text{Ø}32\text{mm}$	$32,00 \text{ cm}^2$
Obliqua	4 barras $\text{Ø}32\text{mm}$	$32,00 \text{ cm}^2$
Armadura do Pilar assemelhado a uma viga em balanço		
Maior momento fletor	8 barras $\text{Ø}25$	$39,20 \text{ cm}^2$

Fonte: Autor

Se seguir com a análise e preferência de forma econômica a melhor situação é realizar o dimensionamento do pilar de forma convencional. No

entanto, quando se opta em realizar o dimensionamento do pilar como uma viga em balanço, conseguimos simplificar os cálculos e seguimos a favor da segurança.

Entretanto só deve-se assemelhar o elemento pilar a uma viga em balanço e realizar seu dimensionamento como tal, quando esse pilar apresenta um fenômeno de flambagem acrítico que é a situação de ter as cargas laterais (vento) maiores do que as cargas atuantes na parte da cobertura, ou seja, quando a carga normal é pequena, onde encontramos essa situação justamente nos pilares dos galpões, já que temos um grande momento fletor. Sendo um método simples, sem a necessidade de softwares específicos podendo somente utilizar uma planilha do Excel programada. Onde inserimos o momento fletor máximo majorado, sua largura, altura útil e resistência do concreto, gerando os valores automáticos do KMD, KX e KZ, sendo ambos valores encontrados na tabela de dimensionamento de seção retangular com diagrama retangular de acordo com a NBR 6118, e o ultimo passo sendo ter que realizar o cálculo da área da secção.

5.0 -REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arnold Van Acker, MANUAL DE SISTEMAS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO. FIP-2002

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118** - Projeto de estruturas de concreto, Procedimento. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6122:2010** – Projeto e execução de Fundações. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6123:1988** - Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8681** - Ações e segurança nas estruturas, Procedimento. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8800:2008** - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9.062/2017** - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2017

BORSATTI, Jaqueline M. ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DO ELEMENTO PILAR DE UM GALPÃO DE CONCRETO PRÉ-FABRICADO. Trabalho de Conclusão de curso – Curso de Engenharia Civil - UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, Pato Branco 2018

CAMILLO C. A. Análise Estrutural e Dimensionamento de Galpões Usuais de Pré-moldados de Concreto. 2010. 145p. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

CARVALHO, R. C.; PINHEIRO, L. M. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado. Rio de Janeiro: Pini, 2009.

Curso Dimensionamento de Estruturas de Aço – CBCA – módulo 3. Publicação eletrônica. Disponível em <<http://www.cursoscbca.com.br>>. Acesso em maio de 2021

Elementos de uma cobertura. Publicação eletrônica. Disponível em <<https://artecil.ind.br>>. Acesso em abril de 2021

MIRANDA, L. CÁLCULO E DETALHAMENTO DE PILARES PARA EDIFÍCIOS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE, Trabalho de Pós-Graduação

– Em Sistemas Construtivos de Edificação - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, São Carlos 2008

RODRIGUES, C. SISTEMATIZAÇÃO DO CÁLCULO E VERIFICAÇÃO DE SISTEMAS ESTRUTURAIS DE GALPÕES PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO, Trabalho de Pós-Graduação – Em Estruturas e Construção Civil - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, São Carlos 2012

Referência Bibliográficas de imagens

(Fonte: <http://kdmpremoldados.com.br/servicos/pilares-pre-fabricados>)

(Fonte: <https://obraexpertise.com.br/tipos-de-fundacoes/>)

aquarius.ime.eb.br

Ftool (Martha, 2008).

Goiana pré-fabricados

<http://gancoberturaindustrial.com.br/>

<https://www.formatecformas.com.br>

<https://www.obramax.com.br/>

<https://www.premodisa.com.br>

IBPC pré-moldados de concreto

Microsoft Excel

Oblíqua (UFPR, 2001)

PCALC – Sander David Cardoso Junior

SALEMA pré-fabricados em concreto.

VISUALVENTOS – Etools – PUF 2015

www.lheEngenharia.com.br

Referência Bibliográficas de gráficos

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6123:1988** - Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988

Davenport, A. G., "The spectrum of horizontal gustiness near the ground in high winds". Quart J Roy Meteorol Soc London, 1961.

PITTA, J. F. A. Ações Devido ao Vento em Edificações. São Carlos: UfSCar, 2001. 47p. (Série Apontamentos)

Referência Bibliográficas de software

Ftool (Martha, 2008).

Microsoft Excel

Oblíqua (UFPR, 2001)

PCALC – Sander David Cardoso Junior

VISUALVENTOS – Etools – PUF 2015