

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

GUSTAVO TOZZO DE BRITO

**ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE TORRE AUTOPORTANTE
EM UNIDADE ARMAZENADORA DE GRÃOS**

**CASCABEL
2018**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

GUSTAVO TOZZO DE BRITO

**ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE TORRE AUTOPORTANTE
EM UNIDADE ARMAZENADORA DE GRÃOS**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Mecânica, da Faculdade Assis Gurgacz - FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Professor Orientador: José Cláudio
Terra Silveira

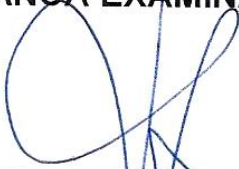
**CASCADEL
2018**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
GUSTAVO TOZZO DE BRITO**

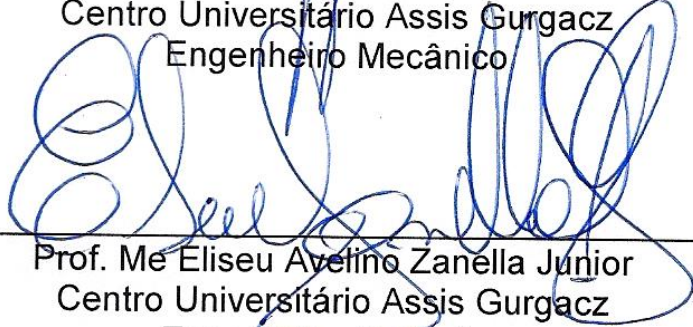
**ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE TORRE
AUTOPORTANTE EM UNIDADE ARMAZENADORA DE GRÃOS**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica, da FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor (a) José Cláudio Terra Silveira.

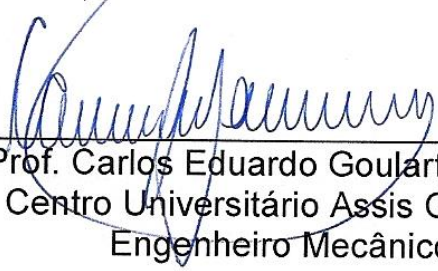
BANCA EXAMINADORA



Orientador Prof. José Cláudio Terra Silveira
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico



Prof. Me Eliseu Avelino Zanella Junior
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico



Prof. Carlos Eduardo Goulart Ferreira
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico

Cascavel, 07 de dezembro de 2018

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família e amigos,
pelo companheirismo e compreensão, fontes de minha extrema motivação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela força divina em minha vida.

A minha família onde me deram as condições necessárias e motivações para concluir mais um objetivo na minha vida.

A minha namorada, Caroline Andreani, que sempre esteve ao meu lado nos momentos mais importantes deste trabalho, sempre motivando e auxiliando quando necessário.

Ao Prof. José Cláudio Terra Silveira, na qual auxiliou na execução deste trabalho, sempre orientando da melhor forma possível.

Aos meus colegas de profissão, na qual transmitiram sempre que possíveis todos os conhecimentos acerca do assunto.

Por fim aos meus amigos, que ao longo de 20 anos sempre se fizeram presentes nas conquistas e dificuldades na qual passei.

RESUMO

Vindo de uma crescente produção agrícola e com a incapacidade estática para armazenagem de grãos no Brasil, as torres autoportantes vêm ganhando o mercado agroindustrial nas últimas décadas, podendo ser projetada com diversas variáveis de dimensões, e incorporada a diversas estruturas. Com tal necessidade de mercado, serão realizados os cálculos estruturais de uma torre para apoiar uma passarela e verificar os esforços sobre a estrutura, os mesmos serão realizados se baseando nas normas brasileiras que regem os projetos de estruturas de aço. Focado em um estudo qualitativo com o objetivo de realizar o redimensionamento de uma torre autoportante locada na cidade de Ampere – PR, o trabalho foi realizado através dos softwares SolidWorks, AutoCAD e Strap Metal, com a aplicabilidade das normas NBR 8800/2008 e NBR 6123/1988, nas quais respectivamente são responsáveis pelo dimensionamento de estruturas de concreto e aço tendo por base o método dos estados-limites, e, pelas forças devidas à ação estática e dinâmica do vento para efeitos de cálculo de edificações. Sendo predominantemente fabricada em aço estrutural laminado ASTM A36, em perfis “W” e cantoneiras de abas iguais, a torre de sustentação de uma passarela tem diversas alturas, comprimentos e larguras, tendo variações em suas formas construtivas, tudo depende da solicitação de carga na qual a torre será submetida. De acordo com os resultados obtidos, a torre foi remodelada para que se tenha o melhor desempenho estrutural atrelado ao menor peso da estrutura.

Palavras-chave: Cálculo estrutural. Estrutura metálica. Software.

ABSTRACT

Coming from a growing agricultural production and with the static incapacity to store grains in Brazil, the freestanding towers have been gaining the agroindustrial market in the last decades, being able to be projected with several variables of dimensions and incorporated to diverse structures. With such a market need, the structural calculations of a tower will be carried out to support a catwalk and to verify the efforts on the structure, these will be realized based on the Brazilian standards that govern the steel structures projects. Focused on a qualitative study with the objective of resizing a self - supporting tower located in the city of Ampere - PR, the work was done through the software SolidWorks, AutoCAD and Strap Metal, with the applicability of the norms NBR 8800/2008 and NBR 6123/1988, in which they are respectively responsible for the design of concrete and steel structures based on the boundary states method, and by the forces due to the static and dynamic wind action for the calculation of buildings. Being predominantly made of ASTM A36 laminated structural steel, in "W" profiles and with equal flange angles, the tower of a catwalk has several heights, lengths and widths, having variations in its constructive forms, everything depends on the loading request in the which tower will be submitted. According to the results obtained, the tower was been remodeled so as to have the best structural performance linked to the lower weight of the structure.

Keywords: Structural calculation. Metallic structure. Software.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vista isométrica da estrutura.....	17
Figura 2 – Detalhamento da torre.....	18
Figura 3 – Mapa de Isopletas.....	20
Figura 4 – Localização da cidade Ampere	21
Figura 5 – Coeficiente de arrasto para reticulados planos formados por barras prismáticas de cantos vivos ou levemente arredondados	26
Figura 6 – Desenho da torre no software AutoCAD	37
Figura 7 – Numeração dos perfis da torre	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de S2	23
Tabela 2 – Valores mínimos do fator estatístico S3	24
Tabela 3 – Ações permanentes diretas consideradas separadamente	27
Tabela 4 – Ações variáveis consideradas separadamente	28
Tabela 5 – Deslocamentos Máximos	29
Tabela 6 – Valores referidos a velocidade do vento.....	33
Tabela 7 – Valores referidos ao vento no eixo x	34
Tabela 8 – Valores referidos ao vento no eixo z	35
Tabela 9 – Valores finais das forças do vento.....	35

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Velocidade característica do vento.....	21
Equação 2 - Fator topográfico S_2	24
Equação 3 - Força de arrasto.....	25
Equação 4 - Pressão dinâmica do vento	25
Equação 5 - Índice de área exposta.....	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM – *American Society for Testing and Materials*

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

Desloc. – Deslocamento

Estrut. – Estrutura

STRAP – *Structural Analysis Programs*

NBR – Norma Brasileira

3D – Três dimensões

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. OBJETIVOS	15
1.1.1. Objetivo Geral	15
1.1.2. Objetivos Específicos	15
1.2. JUSTIFICATIVA	15
1.3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	16
1.4. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1. AÇÕES DEVIDAS AO VENTO	20
2.1.1. Fator Topográfico S_1	22
2.1.2. Fator Topográfico S_2	22
2.1.3. Fator Estatístico S_3	24
2.1.4. Força de Arrasto.....	25
2.2. CARGAS ATUANTES.....	26
2.2.1. Cargas Permanentes.....	26
2.2.1. Cargas Variáveis	27
2.2.3. Deslocamentos Máximos	28
3. METODOLOGIA	30
3.1. MATERIAIS	30
3.1.1. NBR 8800/2008.....	30
3.1.2. NBR 6123/1988.....	31
3.1.3. NBR 6120/2017	31
3.1.4. NBR 8681/2003.....	31
3.1.5. <i>SolidWorks 2018</i>	31
3.1.6. <i>AutoCAD 3D 2017</i>	31
3.1.7. <i>STRAP Metal 2009</i>	32
3.2. MÉTODOS	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
4.1. RESULTADO DAS CARGAS DEVIDAS AO VENTO	33
4.2. CARGAS ATUANTES NA TORRE.....	35
4.3. RESULTADO FINAL VIA SOFTWARE	36
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41

7. REFERÊNCIAS.....43

ANEXO A45

ANEXO B46

ANEXO C47

ANEXO D48

ANEXO E49

ANEXO F50

ANEXO G.....51

ANEXO H.....52

ANEXO I.....53

ANEXO J.....54

ANEXO K.....55

ANEXO L56

ANEXO M.....57

ANEXO N.....58

1. INTRODUÇÃO

Com a exigência do mercado mundial para compra e venda de grãos, o Brasil como um dos maiores produtores de soja, milho, café, dentre outros grãos, tem a necessidade de estocagem destes produtos, na qual nos dias atuais é insuficiente com a alta produção agrícola do país. A Companhia Nacional de Abastecimento (Conab - 1990) destaca que para os 234,3 milhões de toneladas de grãos da safra (2016/17), há capacidade para armazenar apenas 158 milhões, um déficit de 77 milhões.

Com tal exigência do mercado para maior armazenagem de grãos, as empresas do setor agroindustriais crescem no seu número de vendas em unidades de armazenamento, na qual a predominância de equipamentos metálicos é notável, incluindo as estruturas de sustentação, na quais estão atreladas torres, pilares e passarelas.

A crescente utilização das estruturas metálicas autoportantes, tem diminuído a utilização do cabo de aço para estaiamentos, sendo muito utilizadas em diversos setores, como torres e pilares de unidades armazenadoras, torres de telefonia móvel, torres de transmissão de energia, barracões, dentre outros. Fazendo com que essa substituição possa ser analisada cientificamente, desde sua viabilidade econômica, técnica e operacional.

A análise estrutural de uma torre em unidades de armazenagem de grãos, tem por finalidade dimensionar de forma correta, sem apresentar riscos de queda estrutural e tampouco de superdimensionamento de produto. Seguindo a norma ABNT NBR 8800:2008, deve estar dentro dos padrões exigidos pela mesma. Segundo Chamberlain, Ficanha e Fabeane (2013), os critérios de projeto devem satisfazer a todas as necessidades funcionais e econômicas de um projeto, orientado a um ou vários tipos de sistemas estruturais, assim como as características do material, a configuração e magnitude das cargas.

Sendo predominantemente fabricado em aço estrutural laminado ASTM A36, em perfis “W” e cantoneiras de abas iguais, a torre de sustentação de uma passarela tem diversas alturas, comprimentos e larguras, tendo variações em suas formas construtivas também, tudo depende da solicitação de carga na qual a torre será submetida.

A análise dessas diversas dimensões de perfis e formas construtivas de estruturas metálicas traz para o meio acadêmico um completo enriquecimento de ideias, despertando o interesse de futuros engenheiros, nos quais estarão prontos a lidar com essa temática no mercado de trabalho e aplicando-as da melhor forma possível.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Dimensionar via software uma torre autoportante em unidade armazenadora de grão, objetivando a redução de peso e a normatização, sem alteração na sua forma construtiva.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Obter as cargas atuantes na estrutura;
- Dimensionar a estrutura de uma torre autoportante via simulação no software STRAP;
- Analisar o cálculo estrutural visando a redução de peso sem alteração na sua forma construtiva;
- Basear-se em normas técnicas para o dimensionamento.

1.2. JUSTIFICATIVA

O objetivo de uma empresa é a geração de capital, e atualmente, com a crise econômica e social que nosso país se encontra, com as elevadas taxas de energia elétrica, água, combustível e impostos, as empresas estão tendo dificuldade em encontrar meios de reduzir os gastos e reverter-los em renda.

Dessa forma, se faz necessário buscar meios que possam contribuir para a redução de custos da empresa. Dentro desse contexto, identifica-se o superdimensionamento das estruturas em unidades de armazenagem de grãos,

gerando aumento dos gastos da empresa, o que agrava em consequência da atual crise econômica do país.

O dimensionamento correto de torres autoportantes irá colaborar para a diminuição dos gastos com materiais, mão de obra e poderá ser convertido em capital, caso seja realizado e produzido de maneira adequada, de acordo com as normas em vigor.

1.3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Após um breve estudo a respeito de torres autoportantes para sustentação de passarelas locadas em unidades de armazenagem de grãos. Torna-se possível definir a geometria da torre e o tamanho de seus perfis de acordo com a estrutura na qual está a suportar, seu vão máximo e as cargas exercidas pelo vento de acordo com a localidade da obra.

Utilizar uma mesma torre, para diferentes cargas aplicadas sobre ela, torna-se algo prejudicial para empresa fornecedora, visto que há possibilidade de serem dimensionados facilmente quando se há conhecimento dos carregamentos permanentes e variáveis.

Evidenciando-se os problemas gerados por usar uma mesma estrutura em diferentes carregamentos, tem-se um superdimensionamento estrutural, no qual é responsável em aumentar os custos, desde matérias primas, mão de obra, tempo de produção e logística. Também há o mal desempenho da estrutura, atribuindo-se o colapso na mesma.

1.4. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Partindo do problema apresentado, há necessidade de dimensionar de maneira correta as torres autoportantes em unidade armazenadora de grãos. Esse dimensionamento adequado será realizado por uma torre autoportante já existente, no qual se obtém as cargas permanentes e variáveis da localidade da obra.

Baseando-se em normas técnicas, serão realizados os cálculos através de softwares específicos, que determinarão, baseado no método dos estados limites, se a estrutura atende a exigência das cargas. Em caso de superdimensionamento será

refeito os cálculos a fim de aprimorar o projeto, sem mudar o modelo construtivo da torre.

As torres autoportantes são designadas de acordo com suas dimensões, assim será apresentado o redimensionamento de uma torre localizada na Cooperativa Coasul, localizada na cidade de Ampere, sudoeste do Paraná. A torre terá as dimensões de 3m x 1m x 18m. Essa torre tem a função de suportar uma outra estrutura metálica, na qual funcionam dois transportadores de correntes de 200 ton/h. Conforme Figura 1.

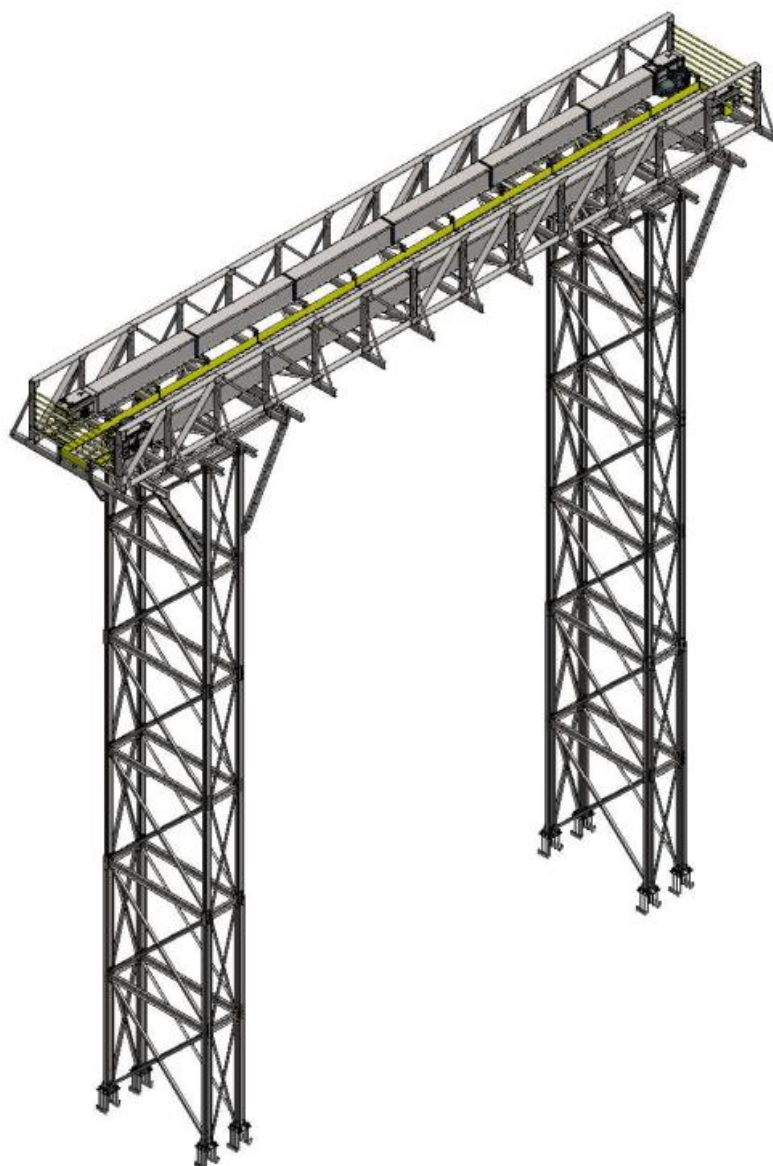


Figura 1 – Vista isométrica da estrutura

(Fonte: Consilos Industrial Ltda., 2018)

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As torres autoportantes para sustentação de passarelas em unidades armazenadora de grãos, são feitas em perfis W e perfis cantoneiras laminados, na qual o aço estrutural a ser utilizado é o ASTM A36. Podemos ver a forma construtiva e os perfis utilizados na torre existente, conforme a Figura 2:

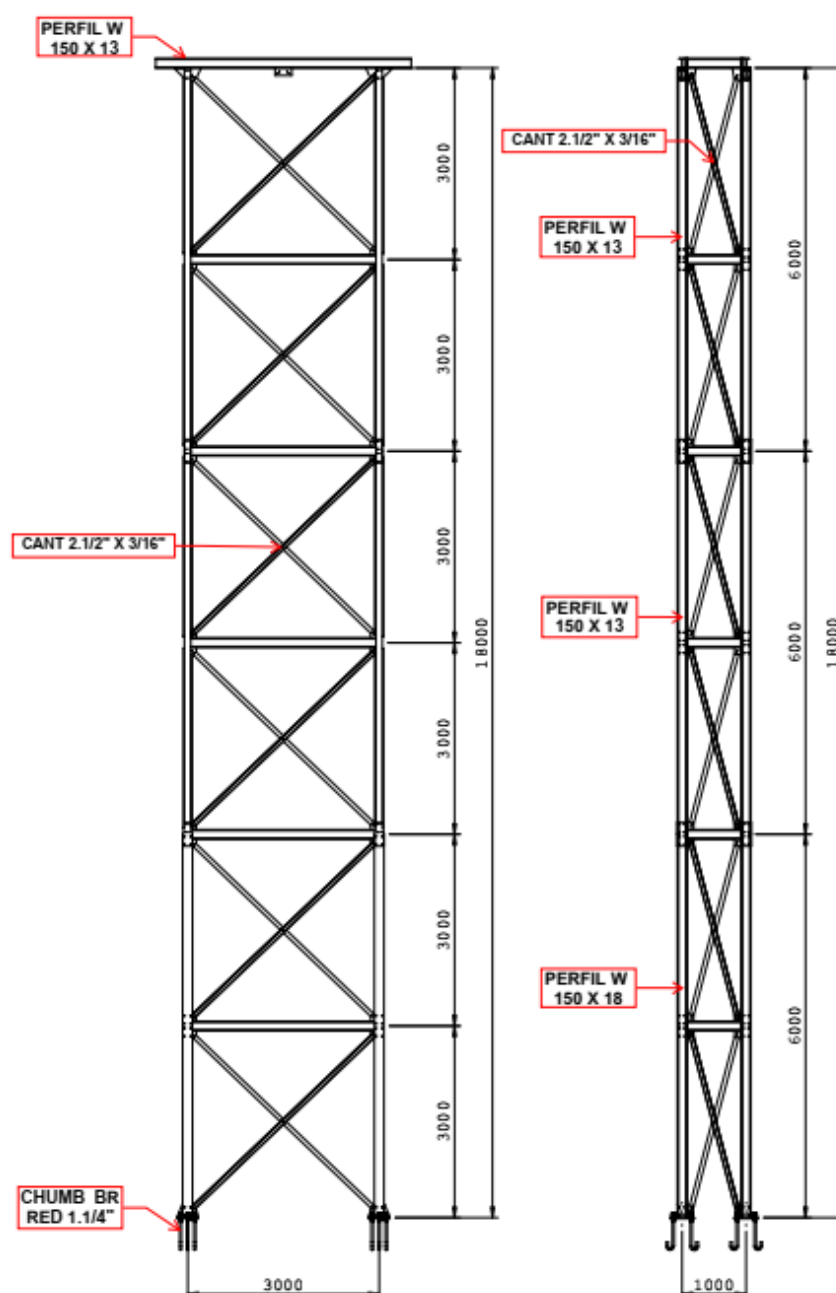


Figura 2 – Detalhamento da torre

(Fonte: Consilos Industrial Ltda., 2018)

Segundo Probst (2013), as torres autoportantes são indicadas quando há necessidade de uma altura elevada e grande carregamento. Pelo fato de serem autoportantes, não necessitam de uma grande área de implantação, já que não requerem estais para suportar o carregamento e esteja em condições seguras de utilização.

Ainda conforme Probst (2013), as torres autoportantes têm como forma estrutural um sistema treliçado, sendo com seção transversal quadrada ou triangular, geralmente constituídos de perfis laminados.

Devido à grande altura da maioria das torres autoportantes, a ação do vento nas mesmas, conforme citado acima, segue algumas especificações. Conforme a norma ABNT NBR 6123:1988 citado por Chamberlain, Ficanha e Fabeane (2013), são determinadas experimentalmente em torres de medição de ventos a 10 metros do nível do solo em campo aberto plano.

Para Nepomuceno (2004), em relação às forças atuantes nas torres, ressalta-se a ação do vento como o carregamento determinante para o projeto, devido ao baixo peso próprio destas e a pouca probabilidade de ocorrência, no Brasil, de terremotos.

Comumente as estruturas de aço possuem ligações soldadas ou parafusadas quando necessário, onde as torres autoportantes possuem os dois tipos de ligações, porém na grande maioria de sua estrutura são ligações com parafusos.

Os componentes parafusados são selecionados conforme projeto e baseados nos cálculos das ligações. De acordo com Marcon (2012), os componentes devem ser dimensionados de forma que sua resistência de cálculo a um determinado estado-limite último seja igual ou superior à solicitação de cálculo, determinada pela análise da estrutura sujeita as combinações de cálculo das ações e pela porcentagem especificada da resistência da barra ligada.

Para Oliveira, nos últimos anos, as principais companhias brasileiras que fabricam equipamentos para armazenagem veem diversificando seus portfolios e ofertando tais produtos para atender diferentes tamanhos de estruturas.

Segundo Nascimento, nos grandes centros comerciais, e ate em zonas rurais, as torres metálicas já estão fazendo parte da paisagem e tendem a se espalhar cada vez mais pelo país, integrando uma categoria estrutural das mais utilizadas em nossos dias.

2.1. AÇÕES DEVIDAS AO VENTO

Para realizar o correto dimensionamento estrutural, tem-se que considerar as ações do vento na estrutura, baseado na norma NBR 6123/1988. Baseia-se pelo mapa de isopletas para seleção da velocidade vento conforme a região onde está a estrutura.

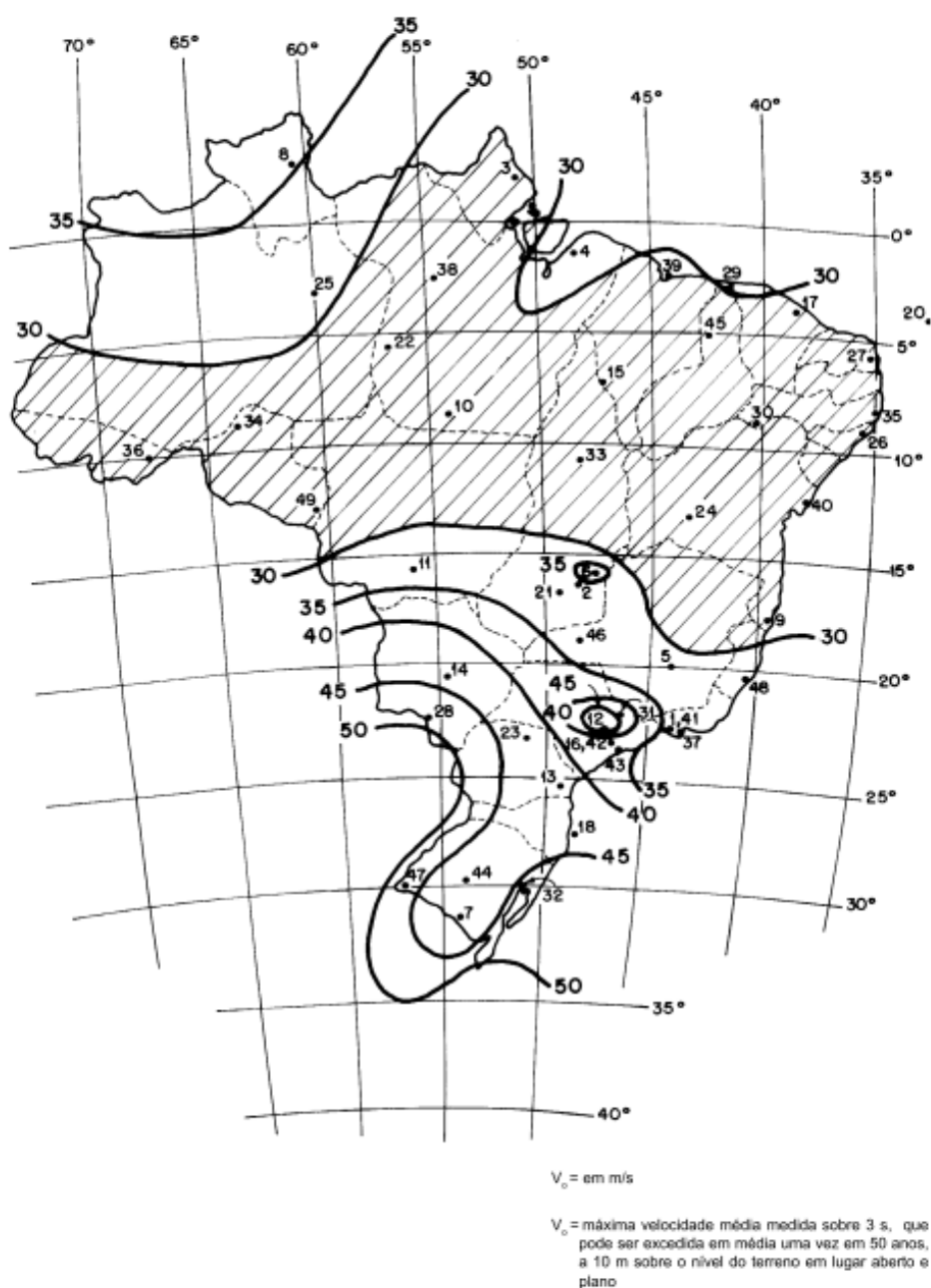


Figura 3 – Mapa de Isopletas

(Fonte: NBR 6123, 1988)

Com base no mapa de Isopletas, e como a torre está locada na cidade de Ampere, sudoeste do PR, considera-se a velocidade V_0 aplicada na torre de 50m/s.



Figura 4 – Localização da cidade Ampere

(Fonte: Google Maps, 2018)

A velocidade característica V_k é a velocidade usada em projeto sendo considerado a velocidade básica do vento, V_0 , adequada ao local onde a estrutura será construída, que será multiplicado pelos fatores S_1 , S_2 e S_3 para ser obtida a velocidade característica do vento.

$$V_k = V_0.S_1.S_2.S_3 \quad (\text{Eq.1})$$

Onde,

V_k = velocidade característica do vento (m/s);

V_0 = velocidade básica (m/s);

S_1 = fator topográfico;

S_2 = fator de rugosidade;

S_3 = fator estático.

2.1.1. Fator Topográfico S_1

O fator topográfico S_1 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) Taludes ou morros:

$$\theta \leq 3^\circ \rightarrow S_1(z) = 1,0;$$

$$6^\circ \leq \theta \leq 17^\circ \rightarrow S_1(z) = 1,0 + (2,5 - (z/d)) \cdot \text{Tg}(\theta - 3^\circ) \geq 1$$

$$\theta \geq 45 \rightarrow S_1(z) = 1,0 + (2,5 - (z/d)) \cdot 0,31 \geq 1$$

[interpolares linearmente para $3^\circ < \theta < 6^\circ$ e $17^\circ < \theta < 45^\circ$]

Onde,

z = altura a partir da superfície do terreno no ponto considerado (m);

d = diferença de nível entre a base e o topo do talude ou morro (m);

θ = inclinação média do talude ou encosta do morro ($^\circ$).

2.1.2. Fator Topográfico S_2

O fator topográfico S_2 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. São classificados em 5 categorias, são elas:

Categoria I: Superfícies lisas de grandes dimensões tais como lagos e rios.

Categoria II: Terrenos abertos com poucos obstáculos, tais como árvores e edificações baixas.

Categoria III: Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como 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.

Categoria V: Terrenos cobertos por obstáculos, grandes, altos e pouco espaçados, tais como florestas com árvores altas, de copas isoladas e centros de grandes cidades.

Segundo a ABNT NBR 6123:1988 a velocidade do vento varia continuamente, e seu valor médio pode ser calculado sobre qualquer intervalo de tempo. Foi verificado que o intervalo mais curto das medidas usuais (3s) corresponde a rajadas cujas dimensões envolvem convenientemente obstáculos de até 20 metros na direção do vento médio, ou seja, quanto maior o intervalo de tempo no cálculo da velocidade média, tanto maior a distância abrangida pela rajada. Com isso, foram escolhidas 3 classes de edificações:

Classe A: toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20m;

Classe B: toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical esteja entre 20m e 50m;

Classe C: toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical exceda 50m

Os valores do parâmetro S_2 podem ser verificados na tabela 1:

Tabela 1 – Valores de S_2

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)

A partir desta tabela conseguimos calcular os valores de S_2 através da fórmula:

$$S_2 = b \cdot Fr \cdot (z/10)^p \quad (\text{Eq.2})$$

Onde,

b = parâmetro meteorológico usado na determinação de S_2 ;

Fr = fator de rajada;

z = cota acima do terreno (m);

p = expoente da lei potencial de variação de S_2 .

2.1.3. Fator Estatístico S_3

Para fins da norma ABNT NBR-6123:1988 o fator estatístico S_3 é baseado em conceitos estatísticos, e considera o grau de segurança requerido e a vida útil da edificação. Conforme tabela a seguir:

Tabela 2 – Valores mínimos do fator estatístico S_3

Grupo	Descrição	S_3
1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas 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 construção	0,83

(Fonte: NBR 6123, 1988)

2.1.4. Força de Arrasto

Uma das forças atuante na estrutura que é considerado como uma força global do vento sobre uma estrutura ou edificação, é a força de arrasto F_a , sendo obtida através da equação:

$$F_a = C_a \cdot q \cdot A_e \quad (\text{Eq.3})$$

Onde:

F_a = Força de arrasto (kgf);

C_a = Coeficiente de arrasto;

A_e = Area frontal efetiva (m^2);

q = Pressão dinâmica do vento, correspondente a V_k (kgf/ m^2).

Para encontrar a força de arrasto é necessário determinar a pressão dinâmica do vento q , que é obtido através da equação:

$$q = 0,613 \cdot V_k^2 \quad (\text{Eq.4})$$

Onde:

q = Pressão dinâmica do vento, correspondente a V_k (kgf/ m^2).

V_k = Velocidade característica do vento (m/s);

Para cada estrutura existente há uma maneira específica de encontrar o coeficiente de arrasto. Neste caso foi encontrado este coeficiente de acordo com o gráfico para reticulados planos formados por barras prismáticas de cantos vivos ou levemente arredondados.

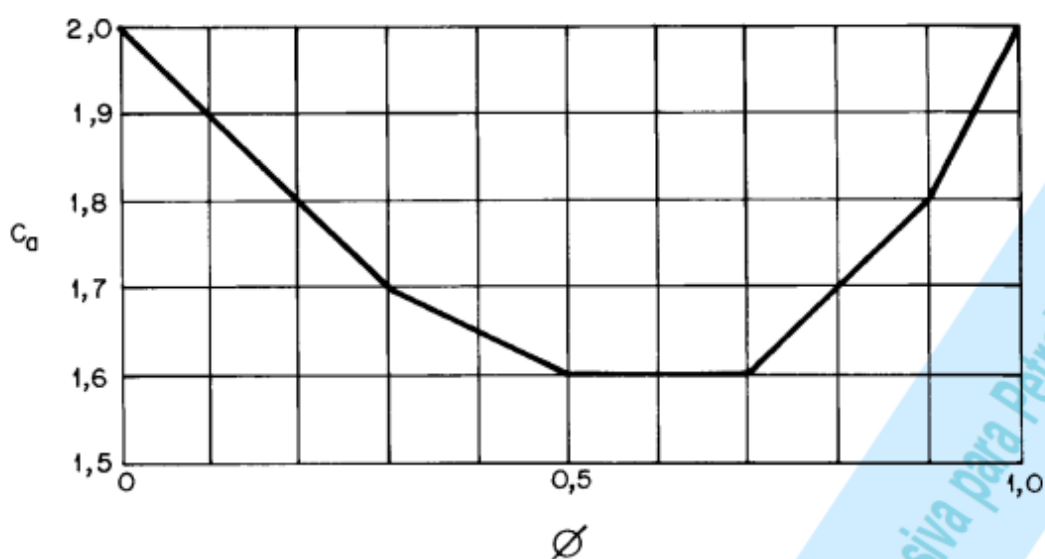


Figura 5 – Coeficiente de arrasto para reticulados planos formados por barras prismáticas de cantos vivos ou levemente arredondados

(Fonte: NBR 6123, 1988)

Neste caso terá que ser encontrado o valor de $\emptyset$, que é o Índice de área exposta: área frontal efetiva de um reticulado dividida pela área frontal da superfície limitada pelo contorno do reticulado.

2.2. CARGAS ATUANTES

Na análise estrutural deve ser considerada a influência de todas as ações que possam produzir efeitos significativos para a estrutura, levando-se em conta os estados-limites últimos e de serviço.

2.2.1. Cargas Permanentes

Conforme a NBR 8800:2008 ações permanentes são as que ocorre com valores praticamente constantes durante toda vida útil da construção. Também são consideradas permanentes as ações que crescem no tempo, tendendo a um valor-limite constante.

Para as cargas permanentes considere-se um coeficiente de ponderação das ações, e esses coeficientes são selecionados através da tabela 3:

Tabela 3 – Ações permanentes diretas consideradas separadamente

Combinação	Tipo de ação	Efeito	
		Desfavorável	Favorável
Normal	Peso próprio de estruturas metálicas	1,25	1,0
	Peso próprio de estruturas pré-moldadas	1,30	1,0
	Peso próprio de estruturas moldadas no local	1,35	1,0
	Elementos construtivos industrializados ¹⁾	1,35	1,0
	Elementos construtivos industrializados com adições <i>in loco</i>	1,40	1,0
	Elementos construtivos em geral e equipamentos ²⁾	1,50	1,0
Especial ou de construção	Peso próprio de estruturas metálicas	1,15	1,0
	Peso próprio de estruturas pré-moldadas	1,20	1,0
	Peso próprio de estruturas moldadas no local	1,25	1,0
	Elementos construtivos industrializados ¹⁾	1,25	1,0
	Elementos construtivos industrializados com adições <i>in loco</i>	1,30	1,0
	Elementos construtivos em geral e equipamentos ²⁾	1,40	1,0
Excepcional	Peso próprio de estruturas metálicas	1,10	1,0
	Peso próprio de estruturas pré-moldadas	1,15	1,0
	Peso próprio de estruturas moldadas no local	1,15	1,0
	Elementos construtivos industrializados ¹⁾	1,15	1,0
	Elementos construtivos industrializados com adições <i>in loco</i>	1,20	1,0
	Elementos construtivos em geral e equipamentos ²⁾	1,30	1,0
¹⁾ Por exemplo: paredes e fachadas pré-moldadas, gesso acartonado.			
²⁾ Por exemplo: paredes de alvenaria e seus revestimentos, contrapisos.			

(Fonte: NBR 8681, 2003)

2.2.1. Cargas Variáveis

Conforme a NBR 8800:2008 ações variáveis comumente existentes são causadas pelo uso e ocupação da edificação, como as ações decorrentes de sobrecargas em pisos e coberturas, de equipamentos e divisórias moveis, de pressões hidrostáticas e hidrodinâmicas, pela ação do vento e pela variação da temperatura da estrutura.

Para as cargas variáveis considere-se um coeficiente de ponderação das ações, e esses coeficientes são selecionados através da tabela 4:

Tabela 4 – Ações variáveis consideradas separadamente

Combinação	Tipo de ação	Coefficiente de ponderação
Normal	Ações truncadas ¹⁾	1,2
	Efeito de temperatura	1,2
	Ação do vento	1,4
	Ações variáveis em geral	1,5
Especial ou de construção	Ações truncadas ¹⁾	1,1
	Efeito de temperatura	1,0
	Ação do vento	1,2
	Ações variáveis em geral	1,3
Excepcional	Ações variáveis em geral	1,0
¹⁾ Ações truncadas são consideradas ações variáveis cuja distribuição de máximos é truncada por um dispositivo físico de modo que o valor dessa ação não pode superar o limite correspondente. O coeficiente de ponderação mostrado na tabela 4 se aplica a esse valor limite.		

(Fonte: NBR 8681, 2003)

2.2.3. Deslocamentos Máximos

Segundo a NBR 8681/2003 Os valores dos deslocamentos máximos requeridos para situações usuais nas construções devem ser entendidos como valores práticos a serem utilizados para verificação do estado-limite de serviço de deslocamentos excessivos da estrutura. Esses valores são empíricos e servem para comparação com os resultados da análise estrutural. Em alguns casos, limites mais rigorosos podem ter que ser adotados, considerando, por exemplo, o uso da edificação, as características dos materiais de acabamento, o funcionamento adequado de equipamentos, questões de orem econômica e a percepção de desconforto.

Para estimar esses deslocamentos máximos, é utilizado a Tabela 5:

Tabela 5 – Deslocamentos Máximos

Descrição	δ^a
- Travessas de fechamento	$L/180^b$
	$L/120^{c,d}$
- Terças de cobertura ^{g)}	$L/180^e$
	$L/120^f$
- Vigas de cobertura ^{g)}	$L/250^h$
- Vigas de piso	$L/350^h$
- Vigas que suportam pilares	$L/500^h$
Vigas de rolamento: ⁱ⁾	
- Deslocamento vertical para pontes rolantes com capacidade nominal inferior a 200 kN	$L/600^i$
- Deslocamento vertical para pontes rolantes com capacidade nominal igual ou superior a 200 kN, exceto pontes siderúrgicas	$L/800^i$
- Deslocamento vertical para pontes rolantes siderúrgicas com capacidade nominal igual ou superior a 200 kN	$L/1000^i$
- Deslocamento horizontal, exceto para pontes rolantes siderúrgicas	$L/400$
- Deslocamento horizontal para pontes rolantes siderúrgicas	$L/600$
Galpões em geral e edifícios de um pavimento:	
- Deslocamento horizontal do topo dos pilares em relação à base	$H/300$
- Deslocamento horizontal do nível da viga de rolamento em relação à base	$H/400^{k,l}$
Edifícios de dois ou mais pavimentos:	
- Deslocamento horizontal do topo dos pilares em relação à base	$H/400$
- Deslocamento horizontal relativo entre dois pisos consecutivos	$h/500^m$
Lajes mistas	Ver Anexo Q

^a L é o vão teórico entre apoios ou o dobro do comprimento teórico do balanço, H é a altura total do pilar (distância do topo à base) ou a distância do nível da viga de rolamento à base, h é a altura do andar (distância entre centros das vigas de dois pisos consecutivos ou entre centros das vigas e a base no caso do primeiro andar).

^b Deslocamento paralelo ao plano do fechamento (entre linhas de tirantes, caso estes existam).

^c Deslocamento perpendicular ao plano do fechamento.

^d Considerar apenas as ações variáveis perpendiculares ao plano de fechamento (vento no fechamento) com seu valor característico.

^e Considerar combinações raras de serviço, utilizando-se as ações variáveis de mesmo sentido que o da ação permanente.

^f Considerar apenas as ações variáveis de sentido oposto ao da ação permanente (vento de sucção) com seu valor característico.

^g Deve-se também evitar a ocorrência de empoçamento, com atenção especial aos telhados de pequena declividade.

^h Caso haja paredes de alvenaria sobre ou sob uma viga, solidarizadas com essa viga, o deslocamento vertical também não deve exceder a 15 mm.

ⁱ Valor não majorado pelo coeficiente de impacto.

^j Considerar combinações raras de serviço.

^k No caso de pontes rolantes siderúrgicas, o deslocamento também não pode ser superior a 50 mm.

^l O diferencial do deslocamento horizontal entre pilares do pórtico que suportam as vigas de rolamento não pode superar 15 mm.

^m Tomar apenas o deslocamento provocado pelas forças cortantes no andar considerado, desprezando-se os deslocamentos de corpo rígido provocados pelas deformações axiais dos pilares e vigas.

(Fonte: NBR 8800, 2008)

3. METODOLOGIA

Foi realizada a análise em uma torre de 18m de altura, feita por perfis laminados a frio (cantoneiras e perfis W), na qual suporta uma passarela de 2,5m de largura e 19,5m de comprimento, na qual se tem um vão livre de 13,5m e 3m de balanço em cada lado, e comporta dois transportadores de correntes de 200ton/h, locada na Cooperativa Coasul, no município de Ampere, sudoeste do Paraná.

O objetivo após a análise estrutural foi verificar as hipóteses nas quais a estrutura possa estar exposta. Tais como:

- O superdimensionamento, na qual seria realizado um redimensionamento para ver a possibilidade de diminuir os perfis da torre, consequentemente seu peso e seu custo.
- O subdimensionamento, onde a estrutura possa estar extremamente solicitada, a ponto de em algum momento ocorrer o colapso da mesma. Na qual também seria executado um redimensionamento a fim de reforçar a estrutura.

3.1. MATERIAIS

Para execução deste trabalho será utilizado normas que fundamentam o uso de estruturas metálicas no Brasil, segundo a ABNT. Essas normas são:

3.1.1. NBR 8800/2008

Esta norma tem por base o método dos estados-limites, na qual estabelece os requisitos básicos que devem ser obedecidos no projeto a temperatura ambiente de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edificações. Na qual contempla os perfis de aço laminados ou soldados, ou de seção tubular com ou sem costura, e que as ligações sejam executadas com parafusos ou soldas.

3.1.2. NBR 6123/1988

Esta norma fixa as condições exigíveis na consideração das forças devidas à ação estática e dinâmica do vento, para efeitos de cálculo de edificações.

3.1.3. NBR 6120/2017

Esta norma apresenta as ações mínimas a serem consideradas no projeto de estruturas de edificações qualquer que seja sua classe e destino, salvo casos previstos em normas específicas.

3.1.4. NBR 8681/2003

Esta norma fixa os requisitos exigíveis na verificação da segurança das estruturas usuais na construção civil e estabelece as definições e os critérios de quantificação das ações e das resistências a serem consideradas no projeto das estruturas de edificações.

3.1.5. *SolidWorks 2018*

O software serviu para executar o projeto 3D dos equipamentos em questão, na qual possibilita a melhor visualização do projeto em si. Onde foi reproduzido exatamente os equipamentos que estão locados na cidade de Ampere, com suas respectivas medidas reais.

3.1.6. *AutoCAD 3D 2017*

Neste software executamos os desenhos paramétricos em 3D da torre autoportante, executado somente com linhas, para que seja possível repassar para o software de cálculo o que ele necessita para realiza-lo.

3.1.7. STRAP Metal 2009

O STRAP é onde executa a tarefa mais importante deste trabalho. Após o cálculo das cargas permanentes e variáveis, importamos o projeto para dentro do software e são adicionadas as cargas calculadas dentro do mesmo. Contando também com sua biblioteca de perfis, possibilita que sejam feitas as simulações estruturais na qual a torre há de suportar. Trazendo um relatório detalhado de cada barra e cada nó que há na estrutura.

3.2. MÉTODOS

Primeiramente foi analisada a obra que está locado as torres e passarelas. Com os dados advindos da empresa fornecedora dos equipamentos, consegue-se reproduzir fielmente o projeto em um modelo 3D, na qual serve somente para melhor visualização dos equipamentos.

Após o desenho 3D no software SolidWorks, é repassado somente o modelo da torre autoportante para o software AutoCAD, na qual a executamos somente com linhas para que possamos exportar para o software de análise estrutural.

Importando o projeto para o software STRAP Metal, conseguimos realizar os cálculos estruturais da torre autoportante, onde atingimos os objetivos deste trabalho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. RESULTADO DAS CARGAS DEVIDAS AO VENTO

Para encontrar a velocidade característica do vento (V_k), seguimos a equação (1), onde foi obtido o valor de todas as variáveis.

Segundo o mapa de isopletras disposto na NBR 6123/1988, a cidade de Ampere, localizada no estado do Paraná, está entre as velocidades V_0 de 40m/s e 50m/s. Foi selecionada a maior velocidade para possuir um coeficiente de segurança maior.

O valor do fator topográfico S_1 foi definido pela estrutura estar em terreno plano ou fracamente acidentado.

O valor do fator topográfico S_2 foi definido pela estrutura estar nas seguintes condições:

- Categoria II: Terrenos abertos com poucos obstáculos, tais como árvores e edificações baixas.
- Classe A: toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20m.

Com os valores obtidos na Tabela 1, substituem-se os valores na equação 2, e obtemos o valor de S_2 .

O valor de S_3 foi determinado pela Tabela 2 por estar nas condições de edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.).

Portanto, os valores obtidos foram:

Tabela 6 – Valores referidos a velocidade do vento

V_k (m/s)	V_0 (m/s)	S_1	S_2	S_3
49,87	50,00	1,00	1,05	0,95

(Fonte: autor, 2018)

Em seguida, é necessário calcular a força de arrasto sobre a estrutura, na qual seguimos a Equação 3, na qual primeiramente precisa da definição da pressão dinâmica do vento e do coeficiente de arrasto.

A pressão dinâmica do vento (q) é obtida através da Equação 4, usando a velocidade característica do vento que já foi calculada anteriormente.

O coeficiente de arrasto segundo a norma NBR 6123/1988, para a estrutura analisada, composta de cantoneiras e perfis W, tem de se analisar pelo gráfico para reticulados planos formados por barras prismáticas de cantos vivos ou levemente arredondados, representado pela Figura 5.

Onde é necessário uma relação de áreas para que seja possível a definição de valores do gráfico. Na qual temos:

$$\emptyset = Ae/Ac \quad (\text{Eq.5})$$

Onde,

Ae = área frontal efetiva de um reticulado (m^2);

Ac = área frontal da superfície limitada pelo contorno do reticulado (m^2);

Neste caso terá que ser encontrado o valor de $\emptyset$, que é o Índice de área exposta: área frontal efetiva de um reticulado dividida pela área frontal da superfície limitada pelo contorno do reticulado, conforme equação 5, e assim obtém-se o coeficiente de arrasto.

Obtido o valor do coeficiente de arrasto (Ca) pelo gráfico, e obtém-se todos os valores necessários referidos ao vento. Nos quais são:

Tabela 7 – Valores referidos ao vento no eixo x

$Ae_x (m^2)$	$Ac_x(m^2)$	$\emptyset_x$	$q_x(kgf/m^2)$	Ca_x
10,21	57,17	0,1785	152	1,8

(Fonte: autor, 2018)

Tabela 8 – Valores referidos ao vento no eixo z

Ae_z(m²)	Ac_z(m²)	Ø_z	q_z(kgf/m²)	Ca_z
5,63	20,87	0,2697	152	1,75

(Fonte: autor, 2018)

E por fim, voltamos a Equação 3, as forças do vento em cada face da estrutura são:

Tabela 9 – Valores finais das forças do vento

Fa_x(kgf)	Fa_z(kgf)
2793,45	1497,58

(Fonte: autor, 2018)

4.2. CARGAS ATUANTES NA TORRE

As cargas atuantes na torre são separadas nas cargas permanentes e cargas variáveis. Nas quais são:

- Ação Permanente:

Peso próprio (PP) = 12730 kg

- Ações Variáveis:

Fluxo de Pessoas (FP) = 3875 kg

Vento na face maior (V_x) = 2793,45 kg

Vento na face menor (V_z) = 1497,58 kg

O peso próprio (PP) foi obtido pelo fornecedor dos equipamentos que estão locados em obras, sendo o peso da passarela de 2920kg, e dos transportadores de corrente de 4095kg cada. O transportador é considerado cheio, e capacidade dele é de 147 kg/m, e seu peso específico 0,75 kg/m³, sendo assim seria 2790kg de grão, e 2115kg de estrutura.

A carga de fluxo de pessoas (FP) segundo a norma NBR 6120/2017 deve ser considerado no item: escadas e passarelas, sem fluxo de pessoas. Na qual obtemos um valor de 2,5 kN/m². E tendo uma área total do passadiço de 15,5 m². Obtemos o resultado acima.

Cada um desses fatores é multiplicado pelos fatores de ponderação que a norma exige, podemos analisa-la pelas Tabelas 3 e 4. Portanto as finais seriam:

- Ação Permanente:

$$\text{Peso próprio (PP)} = 12730\text{kg} \times 1,3 = 16549 \text{ kg}$$

- Ações Variáveis:

$$\text{Fluxo de Pessoas (FP)} = 3875\text{kg} \times 1,1 = 4262,5 \text{ kg}$$

$$\text{Vento na face maior (Vx)} = 2793,45\text{kg} \times 1,4 = 3910,83 \text{ kg}$$

$$\text{Vento na face menor (Vz)} = 1497,58\text{kg} \times 1,4 = 2156,49 \text{ kg}$$

As cargas existentes no eixo Y são divididas por dois, pois a passarela está apoiada sobre duas torres, e obtém uma simetria em relação às torres. Observado na Figura 1. Portanto a carga força $F_y = 10405 \text{ kg}$

4.3. RESULTADO FINAL VIA SOFTWARE

Conforme abordado neste trabalho, primeiramente utiliza-se o software AutoCAD para o desenho da torre em 3D, exemplificado na figura 6:

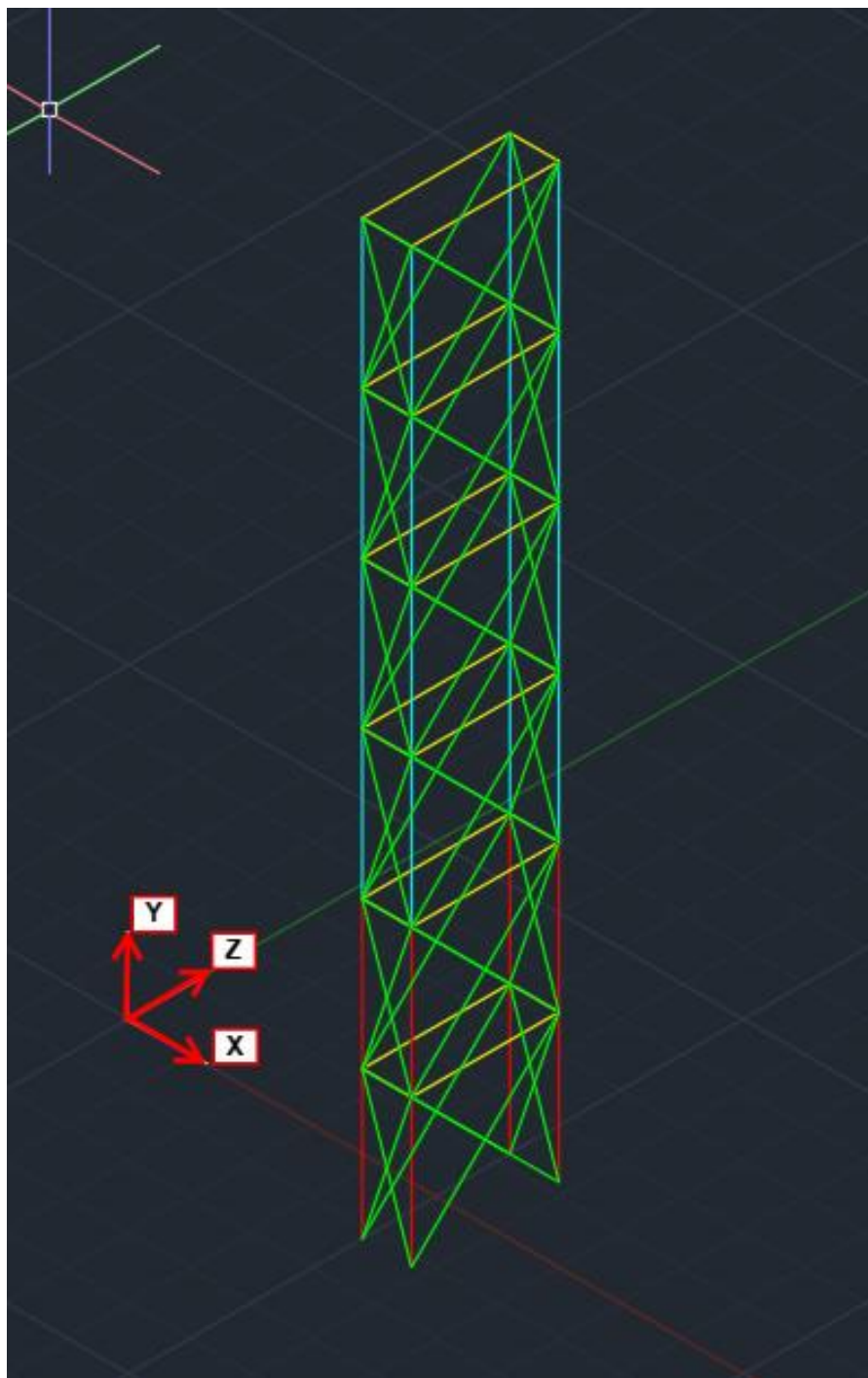


Figura 6 – Desenho da torre no software AutoCAD

(Fonte: autor, 2018)

Logo após a importação do desenho para o software Strap Metal, numera-se os perfis para que haja um melhor entendimento no processo de modelagem. Conforme figura 7:

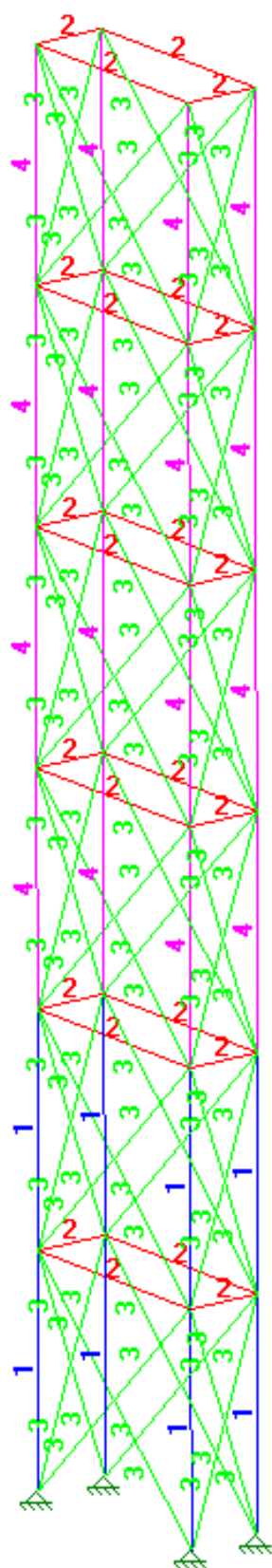


Figura 7 – Numeração dos perfis da torre

(Fonte: autor, 2018)

Tabela 10 - Resultado da simulação nas composições testadas

	Perfis	Peso (kg)	Cargas (%)	Desloc. (cm)	Situação
Torre “1”	1) W 150 X 22,5 2) W 150 X 13,0 3) L 2.5” X 3/16” 4) W 150 X 18,0	2866	ANEXO A	6,5 < 6,0 ANEXO B	REPROVADO NO DESLOC.
Torre “2”	1) W 150 X 18,0 2) W 150 X 13,0 3) L 3” X 1/4” 4) W 150 X 13,0	2986	ANEXO C	7,4 < 6,0 ANEXO D	REPROVADO NO DESLOC.
Torre “3”	1) W 150 X 22,5 2) W 150 X 13,0 3) L 3.5” X 1/4” 4) W 150 X 18,0	3572	ANEXO E	5,9 < 6,0 ANEXO F	APROVADO
Torre “4”	1) W 150 X 22,5 2) W 150 X 13,0 3) L 2.5” X 3/16” 4) W 150 X 22,5	3077	ANEXO G	6,2 < 6,0 ANEXO H	REPROVADO NO DESLOC.
Torre “5”	1) W 150 X 18,0 2) W 150 X 13,0 3) L 3” X 1/4” 4) W 150 X 18,0	3242	ANEXO I	6,9 < 6,0 ANEXO J	REPROVADO NO DESLOC.
Torre “6”	1) W 150 X 18,0 2) W 150 X 13,0 3) L 3.5” X 1/4” 4) W 150 X 18,0	3467	ANEXO K	6,7 < 6,0 ANEXO L	REPROVADO NO DESLOC.
Torre “7”	1) W 150 X 22,5 2) W 150 X 13,0 3) L 3” X 1/4” 4) W 150 X 22,5	3558	ANEXO M	5,8 < 6,0 ANEXO N	APROVADO

(Fonte: autor, 2018)

A Tabela 10 apresenta os perfis e as características de cada torre simulada, dentre elas duas estão aprovadas perante as normas, e condições de cálculos do software, e o restante todas passaram no quesito cargas, porém falham no quesito deslocamento.

O deslocamento segundo a NBR 8800/2008 não especifica quais condições devemos tomar para torres treliçadas. Portanto, o que melhor representa a estrutura descrita neste trabalho é: Galpões em geral e edifícios de um pavimento, deslocamento horizontal do topo dos pilares em relação à base. Baseado na Tabela 5, obtemos o resultado do deslocamento máximo de 6cm.

As cargas obtidas na simulação via software é a combinação das cargas dada em porcentagem, ou seja, é a porcentagem total em que a barra esta sendo solicitada, visto que com 100% seria onde ocorreria o escoamento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O redimensionamento da torre autoportante observada neste trabalho, teve como proposta apresentar uma estrutura metálica na qual está sendo cada vez mais usada no mercado agroindustrial. Com esta análise pode-se ampliar os horizontes de conhecimento para futuros engenheiros mecânicos, que visam o ramo de estruturas metálicas como uma provável área de profissão.

Com o olhar crítico sobre a estrutura analisada, tem-se uma estrutura robusta, na qual suportaria uma carga maior do que a ocorrida atualmente, porém, a forma geométrica da estrutura ou até mesmo os componentes estruturais escolhidos para projetá-la, faz com que a estrutura não atenda os deslocamentos máximos exigidos pela norma.

Visando o menor peso, e que a torre atendesse todos os requisitos exigidos nas normas brasileiras, foram executadas sete simulações com perfis diferentes, e dentre as sete, uma apresenta-se melhor nos quesitos carga e deslocamentos.

Perante os resultados apresentados pela tabela 10, temos duas torres aprovadas nos resultados de cálculo pelo software. Como a Torre “7” tem um menor deslocamento e uma carga um pouco menor do que a Torre “3”, esta seria o melhor resultado para as condições apresentadas neste trabalho.

Conclui-se que a melhor forma para futuros projetos de estruturas metálicas objetivando a mesma aplicabilidade, seria necessária uma análise em estilos geométricos diferentes, mudando desde os perfis até as dimensões da torre, sempre visando a viabilidade econômica, e uma estrutura que atenda os requisitos das normas brasileiras.

6. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

A seguir, são apresentadas algumas sugestões para realização de trabalhos futuros, que examinem aspectos não aprofundados neste trabalho:

- Dimensionamento de torre autoportante feita somente com cantoneiras;
- Dimensionamento de torre autoportante feita com perfis conformados a frio;
- Comparação estrutural entre torre autoportante e torre com estais de cabo de aço;
- Comparação estrutural entre modelos de travamento para torres e pilares autoportantes;
- Análise estrutural de um conjunto completo torres/passarela;
- Realizar novo estudo sobre os ventos visando alteração da norma NBR 6123/1988.

7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6120: Ações para o cálculo de estrutura de edificações.** Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6123: 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, 2003.

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

CANAL RURAL. **Evolução da armazenagem de grãos no Brasil.** Disponível em: <<http://blogs.canalrural.com.br/embrapasoja/2017/02/14/evolucao-da-armazenagem-de-graos-no-brasil/>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

CHAMBERLAIN, Z.; FICANHA, R.; FABEANE, R. **Projeto e cálculo de estruturas de aço.** 7ª Tiragem. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

GODOY, A. S. **Pesquisa qualitativa: Tipos fundamentais.** Revista de Administração de Empresas. São Paulo: v. 35, n33, p. 20 - 29, 1995.

MARCON, E. **Cálculo de ligações em estrutura metálica.** Congresso Latino-americano de Construção Metálica. São Paulo, ago. 2012.

NASCIMENTO, F. O. D. A. **Análise de estruturas metálicas de torres treliçadas autoportantes para telecomunicações.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UNICAMP, Campinas, 2002.

NEPOMUCENO, R. M. **Análise de torres metálicas autoportantes sob a ação do vento**. Jornada Sul Americana de Engenharia Estrutural. Argentina, mai. 2004.

PEREIRA, L. F. R.; OLIVEIRA, V. D. **Viabilidade econômica para a implantação de uma unidade armazenadora de grãos em uma propriedade no município de Nova Cantu – PR**. Revista Cultivando o Saber. Cascavel: Edição especial, p. 81 - 91, 2016.

PFEIL W.; PFEIL M. **Estruturas de Aço: Dimensionamento Prático de Acordo com a NBR 8800:2008**. 8ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

PINHEIRO, Antônio Carlos da F. B. **Estruturas Metálicas: Cálculos, detalhes, exercícios e projetos**. 2ª Ed. São Paulo: Bucher, 2005.

PROBST, R. D. **Análise estrutural de torre metálica autoportante para telecomunicações e dimensionamento de reforço – Estudo de caso**. Monografia (Graduação de Engenharia Civil) – UFSC, Florianópolis, 2013.

Raupp, F. M., & Beuren, I. M. (2008). **Metodologia da pesquisa aplicável às Ciências Sociais**. In Beuren, I. M. (Org.). *Elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática*. (3 ed.). São Paulo: Atlas.

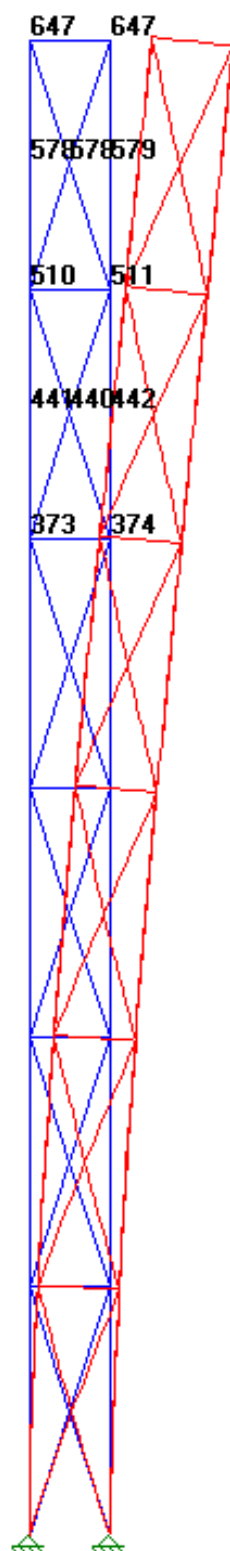
SF AGRO. **Armazenagem: déficit de 77 milhões de toneladas ameaça a safra brasileira**. Disponível em: <<https://sfagro.uol.com.br/deficit-de-armazenagem-ameaca-supersafra-brasileira-de-graos/>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

WEBER, É. A. **Armazenagem agrícola**. Guaíba: Livraria e editora agropecuária, 2001.

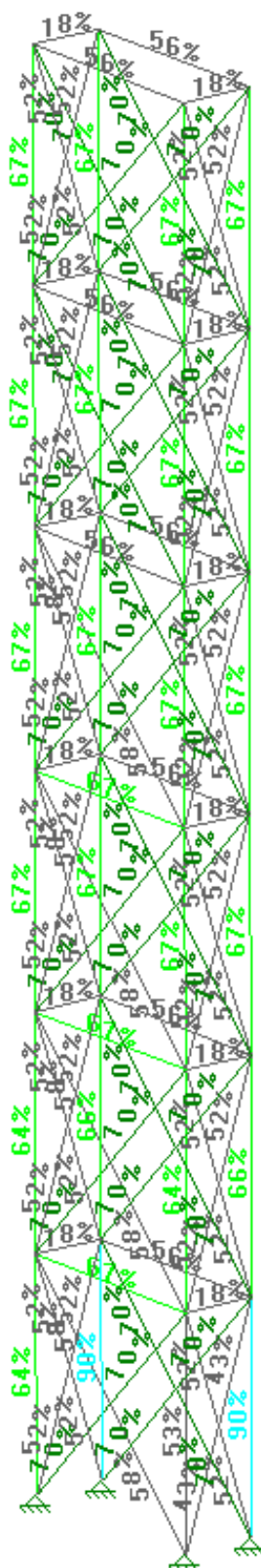
ANEXO A



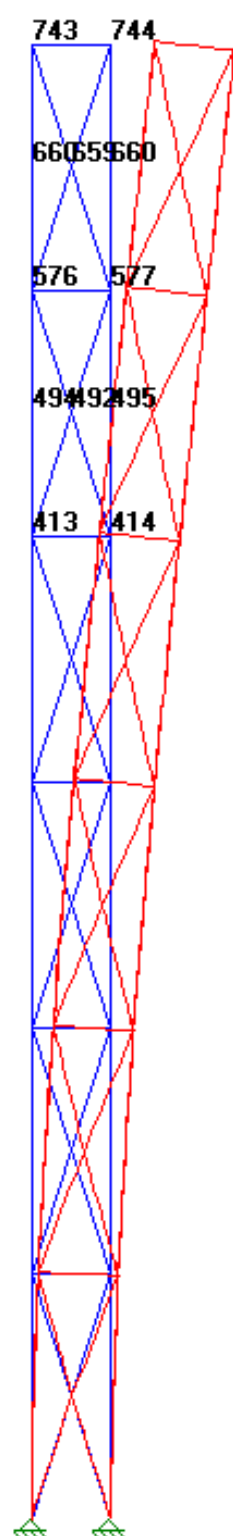
ANEXO B



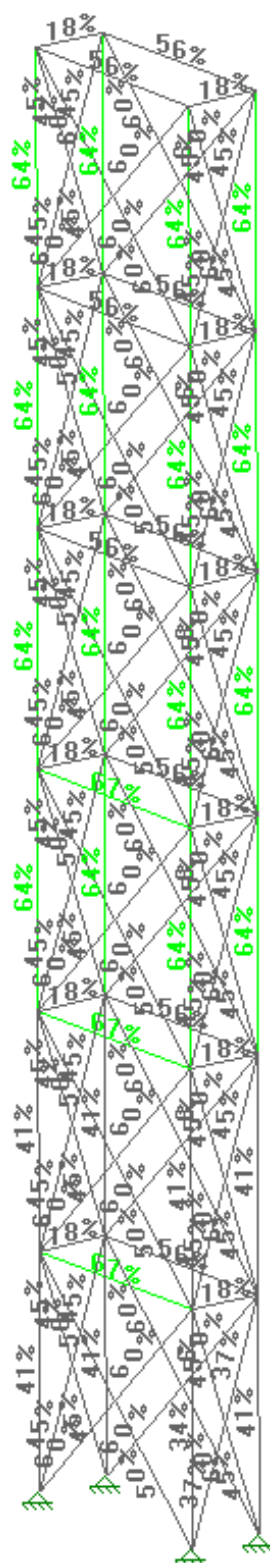
ANEXO C



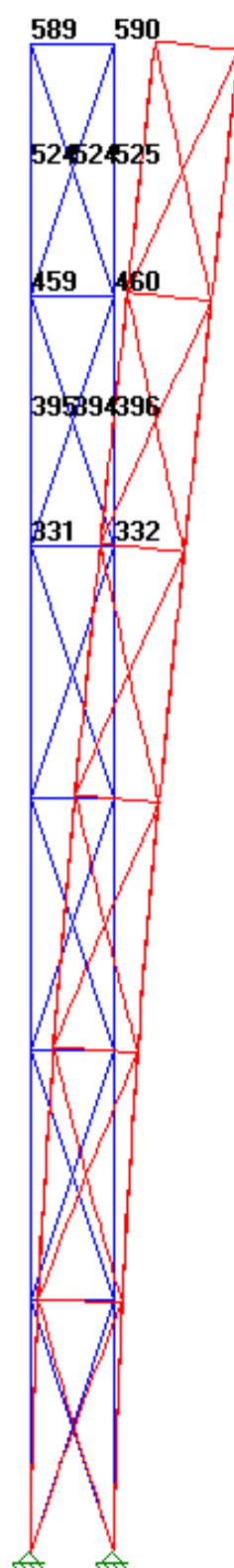
ANEXO D



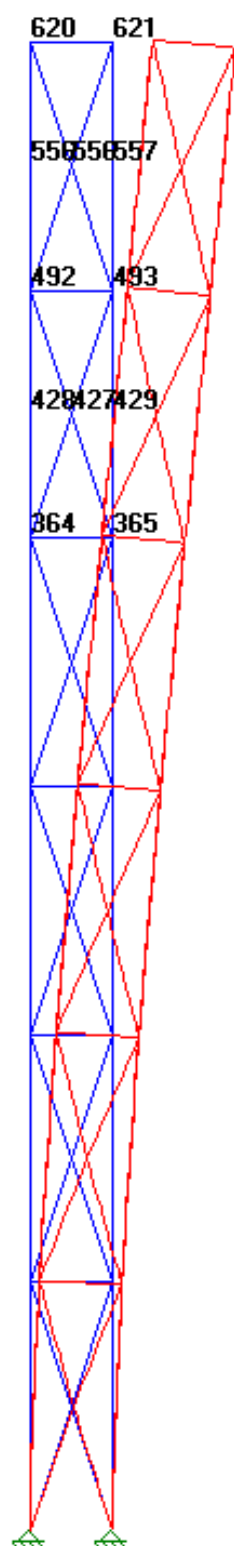
ANEXO E



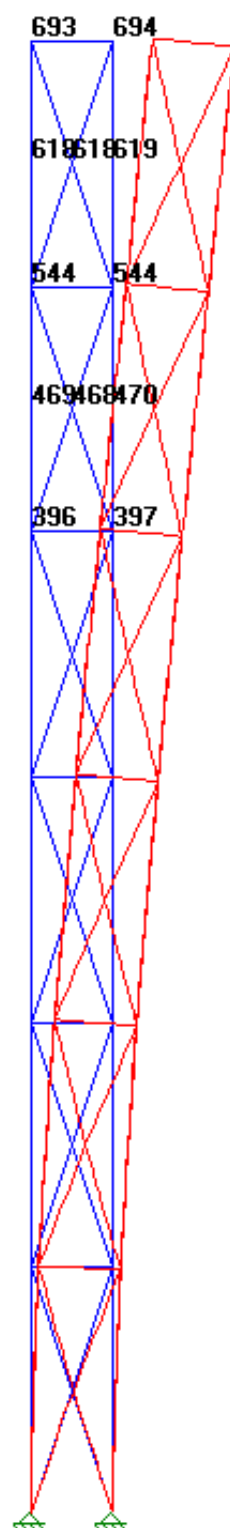
ANEXO F



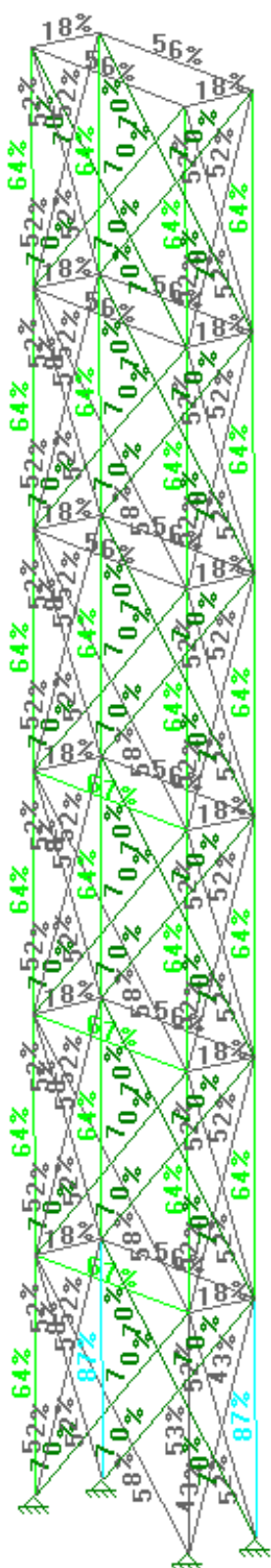
ANEXO H



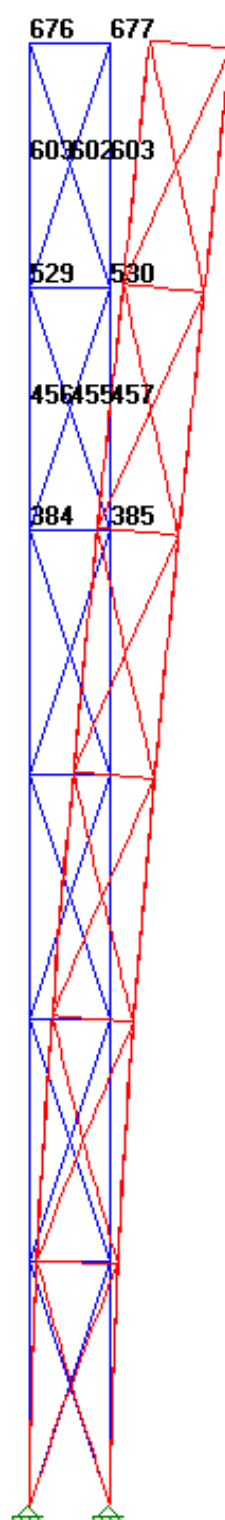
ANEXO J



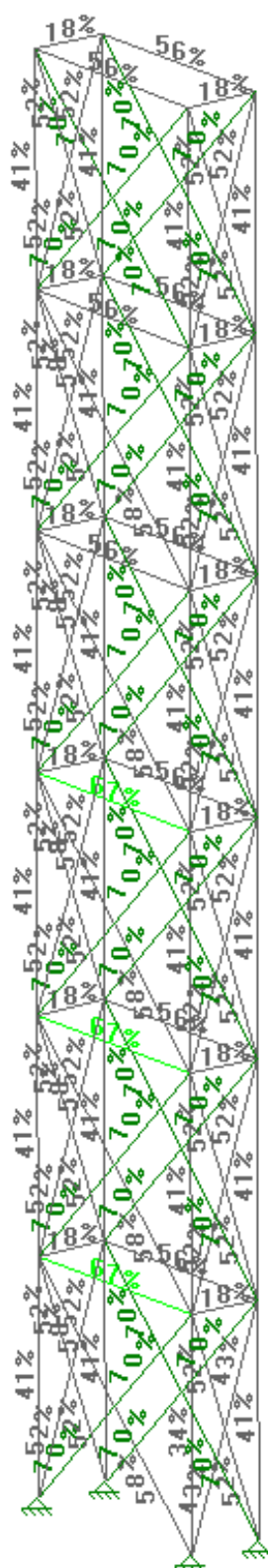
ANEXO K



ANEXO L



ANEXO M



ANEXO N

