



CENTRO UNIVERSITÁRIO ATENEU
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ÍCARO MELO GOMES
LUCAS BARBOSA SANTOS
THAMIRES RODRIGUES BARBOSA
WELLINGTON GOMES LEITE DANTAS

**ELEMENTOS DE CONTRAVENTAMENTO NO COMBATE AOS ESFORÇOS DO
VENTO: ESTUDO DE CASO EM FORTALEZA, CEARÁ**

Fortaleza

2022

Ficha catalográfica da obra elaborada pelo autor através do programa de geração automática da Biblioteca da UniAteneu.

GOMES , ÍCARO MELO .

ELEMENTOS DE CONTRAVENTAMENTO NO COMBATE AOS ESFORÇOS DO VENTO: ESTUDO DE CASO EM FORTALEZA, CEARÁ.: / ÍCARO MELO GOMES , LUCAS BARBOSA SANTOS, THAMIRES RODRIGUES BARBOSA , WELLINGTON GOMES LEITE DANTAS. - 2022
20 f.

Trabalho de Conclusão de Curso de (Graduação) - Centro Universitário Ateneu. Curso de Engenharia Civil. Fortaleza, 2022.

Orientação: THALES HENRIQUE SILVA COSTA.

1. VENTOS. 2. ESTRUTURA METÁLICA. 3. GALPÕES. 4. CONTRAVENTAMENTO. I. SANTOS, LUCAS BARBOSA . II. BARBOSA , THAMIRES RODRIGUES. III. DANTAS, WELLINGTON GOMES LEITE . IV. COSTA, THALES HENRIQUE SILVA. V. Título.

ELEMENTOS DE CONTRAVENTAMENTO NO COMBATE AOS ESFORÇOS DO VENTO: ESTUDO DE CASO EM FORTALEZA, CEARÁ

(BRACKET ELEMENTS IN COMBATING WIND EFFORTS: A CASE STUDY IN FORTALEZA, CEARÁ)

Ícaro Melo Gomes¹

Lucas Barbosa Santos²

Thamires Rodrigues Barbosa³

Wellington Gomes Leite Dantas⁴

Prof. Me. Thales Henrique Silva Costa⁵

RESUMO

O presente trabalho apresenta a influência dos ventos em galpões comerciais de estruturas metálicas na região de Fortaleza-Ce. Para isso, foi realizado um estudo bibliográfico, tendo como objetivo analisar os principais elementos estruturais e os efeitos que os ventos ocasionam nos tipos de elementos de contraventamento, por meio da análise de dois projetos reais executados em Fortaleza, denominados projeto A e projeto B. A partir das informações alcançadas, verificou-se a importância dos elementos de contraventamentos e que os elementos mais esbeltos sofrem mais com os efeitos dos ventos.

Palavras-chave: Ventos. Estrutura metálica. Galpões. Contraventamento.

ABSTRACT

The present work presents the influence of the winds in commercial sheds of metallic structures in the region of Fortaleza-Ce. For this, a bibliographical study was carried out, with the objective of analyzing the main structural elements and the effects that the winds cause in the types of bracing elements, through the analysis of two real projects executed in Fortaleza, called project A and project B. From the obtained information, it was verified the importance of the bracing elements and that the slender elements suffer more with the effects of the winds.

Keywords: Winds. Metallic Structure. Sheds. Bracing.

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Ateneu. E-mail: icaromelo47@gmail.com

² Acadêmico do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Ateneu. E-mail: lucasbarbosasantos.engcivil@gmail.com

³ Acadêmico do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Ateneu. E-mail: brodriguesthamires@gmail.com

⁴ Acadêmico do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Ateneu. E-mail: gomeswellington587@gmail.com

⁵ Mestre em Engenharia Civil (Recursos Hídricos). Docente do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Ateneu. E-mail: thales.Costa@professor.uniateneu.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Em meio a tantas construções no Brasil, as estruturas metálicas agregam demasiadas vantagens para a resolução de demandas na criação de galpões comerciais solicitados por indústrias, comerciantes locais e empresas de logística. No entanto, o mau dimensionamento de um projeto de estrutura metálica pode ocasionar instabilidade, podendo resultar em um colapso estrutural parcial ou completo, por conta das ações dos ventos (CARVALHO, 2017).

Segundo Marcelli (2007, p. 159):

Os ventos têm sido a causa de muitos sinistros no Brasil, principalmente em algumas regiões onde eles ocorrem com maior intensidade. Na região Sul do país, os vendavais acontecem com mais frequência e causam enormes danos às edificações, tendo em vista que a maioria delas não foi projetada ou construída para resistir à ação do vento.

Galpões comerciais metálicos são projetados normalmente, sendo passivos de ações variáveis e permanentes. Essas ações permanentes envolvem o peso próprio da estrutura e dos materiais complementares. Elas são usualmente fáceis de serem tratadas, pois dependem somente das seções transversais e dos elementos que compõem a estrutura. Já as ações variáveis, como o vento e a sobrecarga, apresentam maior dificuldade para serem tratadas, pois dependem do tipo de galpão ou edificação a ser construído e de sua geometria (LEITE, 2016).

As cargas dinâmicas de vento podem ser consideradas cargas estáticas, respeitando as condições da ABNT NBR 6123 (ABNT, 1988). Por isso, torna-se necessário um bom desenvolvimento do projeto estrutural, visto que o mau dimensionamento pode ocasionar sérios problemas durante ou após a execução do projeto (BELLEI, 2008).

Cumprido destacar que, por meio da Engenharia do Vento, ciência que trata da interação do vento com as estruturas e o seu ambiente, é possível otimizar as construções e torná-las mais seguras e resistentes à pressão do vento (AGUILERA, 2007).

Diante disso, analisando os diversos elementos estruturais que podem compor um galpão comercial fabricado em estrutura metálica, a exemplo de pórticos, contraventamentos e coberturas, surge a necessidade de esclarecimento do seguinte questionamento: qual o impacto que a ação do vento exerce nos componentes metálicos de um galpão e quais elementos podem ser utilizados no combate às ações do vento?

Nessa esteira, o presente trabalho tem como objetivo o estudo dos efeitos das ações do vento em galpão comercial na região de Fortaleza, Ceará, a partir de um estudo de caso, apresentando os tipos de estruturas, principais componentes estruturais utilizados, análise dos

esforços aplicados e identificação dos elementos resistivos para combater essas ações.

Um dos princípios para garantir integridade à estrutura é realizar, com excelência, o seu processo de dimensionamento. Para Pfeil e Pfeil (2009), o cálculo estrutural é definido como fase essencial, pois são estabelecidas as dimensões e as ligações da estrutura. Nessa perspectiva, devido aos galpões comerciais serem construções comumente utilizadas no Brasil, tem-se nisso um dos principais motivos para a realização deste estudo. A escolha metodológica deste trabalho fundamenta-se na realização de uma pesquisa bibliográfica, valendo-se de autores que abordam estudos sobre estruturas metálicas e ações dos ventos, além da análise de projetos reais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Galpões comerciais metálicos são ambientes, geralmente, constituídos de um único pavimento, além disso, são executados com estruturas de aço. Possuem sistemas estruturais compostos por pórticos planos, regularmente espaçados com cobertura superior apoiada em sistemas de terças e vigas ou tesouras e treliças, com grandes áreas cobertas e destinadas ao uso comercial (lojas, estacionamento, centros de distribuição, centro de convenções, entre outros), uso industrial, agrícola ou outras aplicações (PRAVIA; DREHMER; JÚNIOR 2010).

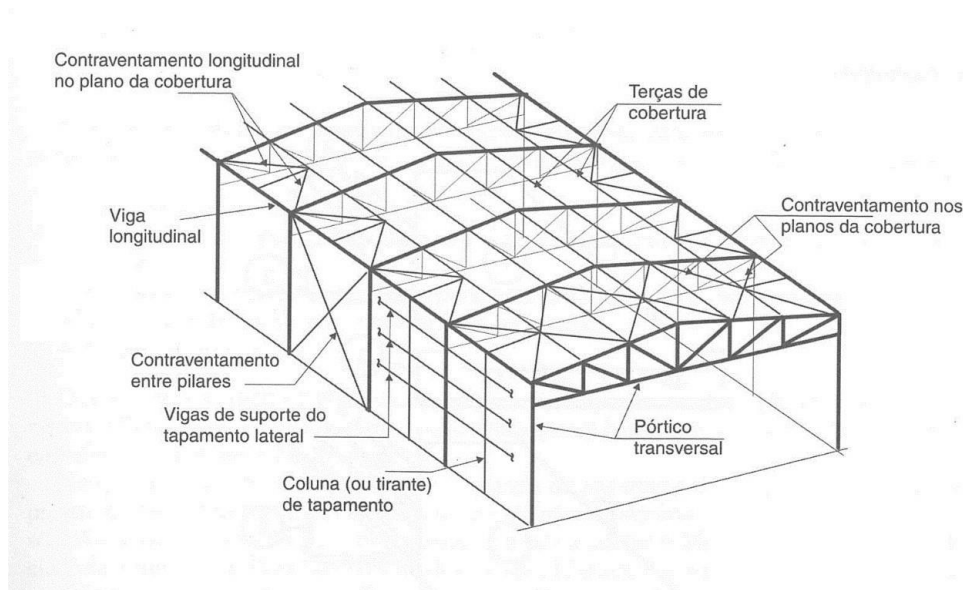
2.1 Componentes de um galpão

Segundo Rebello (2007), os principais componentes de um galpão comercial são:

- Estrutura principal: pórticos;
- Cobertura: terças e telhas;
- Fechamento: longarinas e elementos de vedação;
- Contraventamentos: horizontal e vertical.

Os elementos que compõem o pórtico, vigas e pilares, conforme a Figura 1, podem ser de alma cheia, ou treliçados, dependendo dos vãos, das cargas e dos resultados estéticos pretendidos (CARVALHO, 2017).

Figura 1 – Elementos de um Galpão Simples



Fonte: Pfeil e Pfeil (2009).

A estrutura principal pode ser formada por pórticos simples (isolados) ou múltiplos, dependendo do vão a ser vencido. Os pórticos múltiplos são usados quando os espaços a serem cobertos são muito grandes, não sendo, portanto, econômico o uso de um único pórtico (CARVALHO, 2017).

As terças são vigas longitudinais dispostas nos planos da cobertura e destinadas a transferir, à estrutura principal, as cargas atuantes na cobertura, como peso do telhado e sobre pressões e sucções devido ao vento (PFEIL; PFEIL, 2009). Essas vigas destinam-se também a transferir as cargas de vento das fachadas às estruturas principais por meio do apoio diretamente nas colunas dos pórticos principais.

O sistema principal do pórtico é formado pela associação rígida entre a viga de cobertura e as duas colunas. Esse pórtico deve resistir à ação do vento nas fachadas longitudinais e na cobertura além das cargas gravitacionais (PFEI; PFEIL, 2009).

Os contraventamentos são feitos por barras associadas, geralmente, em forma de X, compondo sistemas treliçados. Esses sistemas são destinados, principalmente, a fornecer estabilidade espacial ao conjunto, além de distribuir as cargas de vento (PFEIL; PFEIL, 2009).

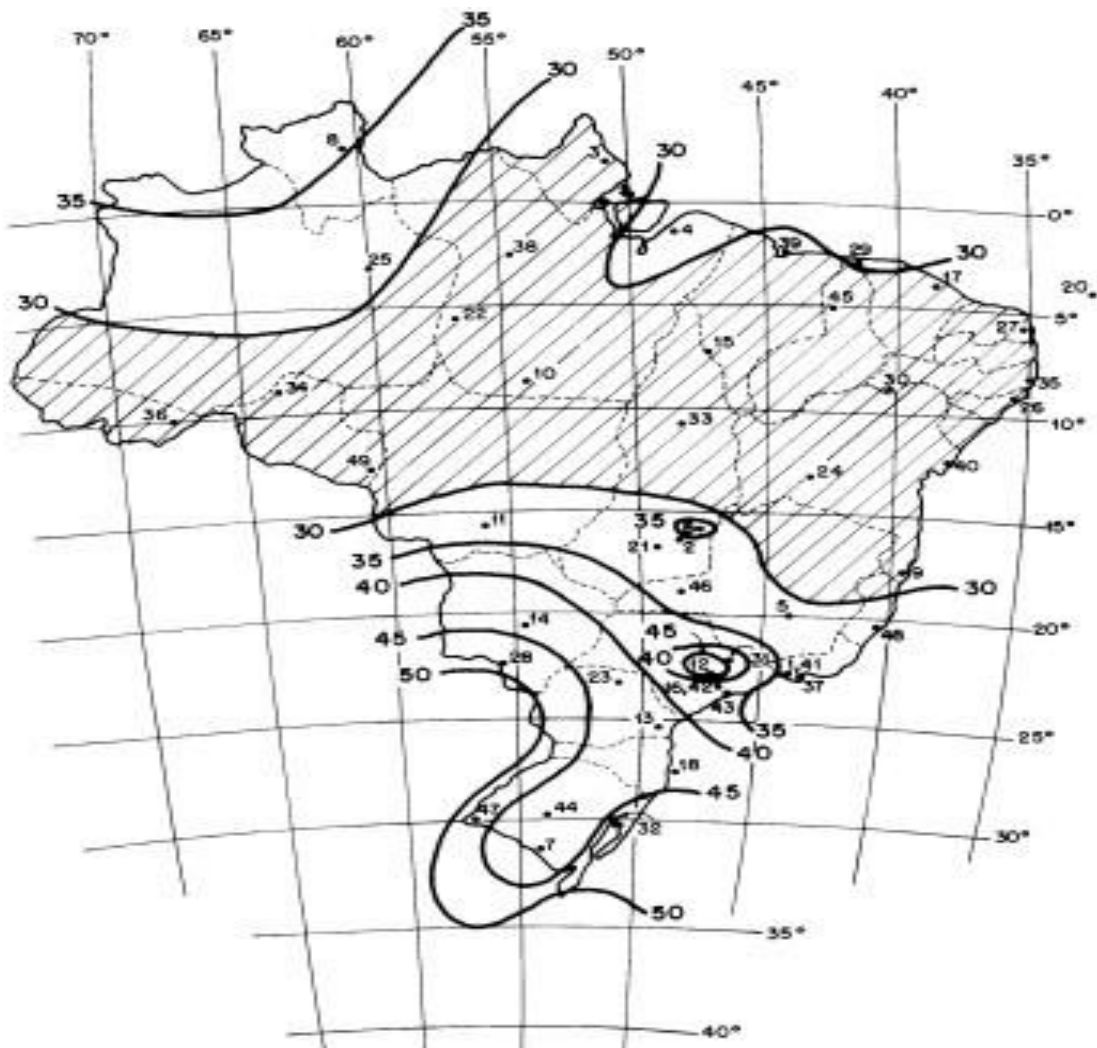
2.2 Análise do efeito de ventos nas estruturas no Brasil

Para Santos, Siqueira e Vieira Junior (2016), na análise do efeito de ventos nas estruturas, o Brasil ainda é insuficiente, não atendendo à necessidade do mercado no

entendimento desse assunto, visto que, diante das tecnologias atuais, há uma determinação do padrão brasileiro de carga de projeto com mapa de velocidade do vento que foi feito em 1988. No entanto, a literatura já traz necessidade de mudanças acerca de tais padrões relacionados à velocidade e aos efeitos da altitude e do vento nas estruturas metálicas.

A velocidade básica do vento depende da região do Brasil onde a estrutura será instalada e é obtida por meio do gráfico de isopletras, conforme a Figura 2 a seguir. Ressalta-se ainda que a norma está em processo final de revisão e deve ser republicada ainda no ano de 2022, no entanto, as propostas para alterações no mapa de Isopletras, que trata a velocidade básica do vento, não chegaram em consenso por todos da comissão de revisão, sendo assim, o texto atual será mantido.

Figura 2 – Mapa de Isopletras do Brasil



Fonte: ABNT (1988)

3 METODOLOGIA

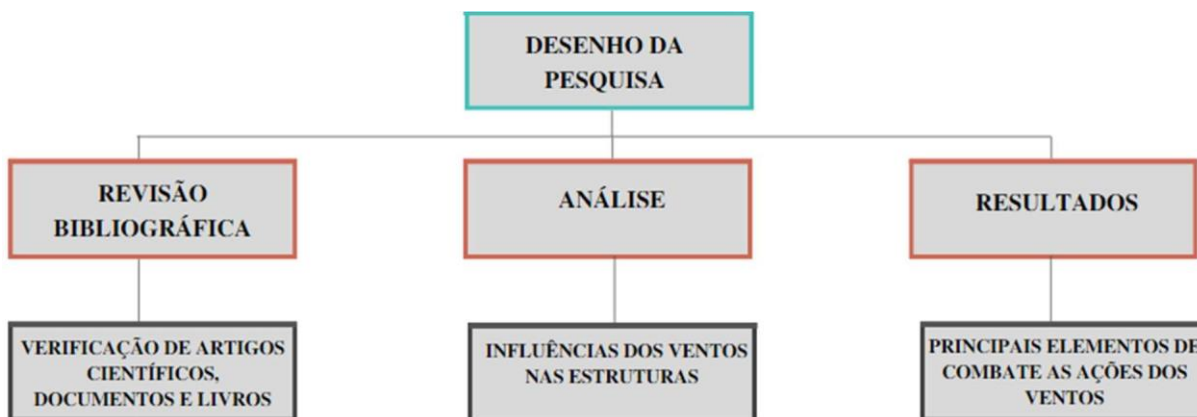
O desenho da pesquisa consiste na ramificação das ações executadas, possuindo como sequência a verificação das revisões bibliográficas, as quais foram realizadas por meio da leitura de resumos, introduções e conclusões das obras sobre o assunto abordado; análise de casos reais de projetos já executados; e verificação dos resultados de forma que fosse possível a análise dos elementos que compõem a estrutura, conforme Figura 3. As três etapas são descritas a seguir:

Revisão bibliográfica: teve como objetivo apresentar as obras mais coerentes e precisas relacionadas ao tema em questão. Sendo assim, as pesquisas foram realizadas por meio de livros, normas e artigos científicos.

Análise: nessa parte, foram observadas e selecionadas as obras literárias e os projetos que mais relatavam danos nos elementos estruturais por influência dos ventos.

Resultados: Discussão sobre os principais elementos de combate às ações dos ventos e sobre os elementos usualmente aplicados.

Figura 3 – Desenho de Pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

3.1 Coleta e análise de dados

A constituição de todo o estudo aconteceu por meio de artigos científicos; sites de buscas online, como *Google Acadêmico*, *Scielo* e *Biblioteca Virtual*; livros; e memoriais descritivos.

Este trabalho alicerçou-se na leitura de 1 artigo científico, 2 memoriais descritivos, 2 ABNT e 9 livros de autores que abordam sobre o tema. Os critérios de seleção para os

respectivos itens foram: textos que tratassem de galpões comerciais com estudo dos ventos. Com isso, foram analisados os memoriais descritivos e o que diz a literatura, verificando o sistema de contraventamento utilizado nos projetos e recomendado pela literatura.

Em busca de fornecer subsídios para a análise dos projetos, são apresentados conceitos e formatos sobre os sistemas de contraventamento usuais em galpões industriais, atendendo aos objetivos do trabalho. Cumpre destacar que todos os projetos foram executados utilizando-se as normas vigentes.

Foram utilizados dois memoriais descritivos de cálculos estruturais fornecidos pela empresa K, a qual não é identificada por motivos legais, e por um projeto literário sem contraventamento. Os projetos fornecidos são assim nomeados:

- Projeto A: Projeto de galpão comercial com aproximadamente 13.500 m² de área coberta, possuindo contraventamento horizontal predominantemente X;
- Projeto B: Projeto de galpão comercial com aproximadamente 14.000 m² de área coberta, possuindo contraventamento horizontal predominantemente em V invertido em formato de treliças espaciais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na seção de resultados, são apresentados conceitos teóricos sobre os sistemas de contraventamento utilizados em galpões industriais. Na sequência, são descritos os sistemas de combate aos esforços do vento oriundos dos memoriais descritivos de cálculos fornecidos. Os sistemas descritos são discutidos a partir de uma reflexão desenvolvida pela literatura de base.

4.1 Definição de contraventamento

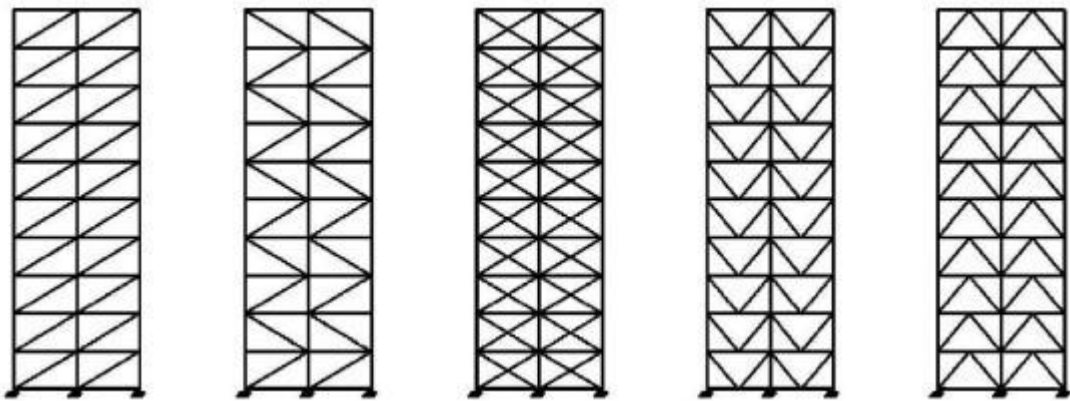
Para Bellei (2008), os contraventamentos são definidos como barras colocadas nas estruturas com o objetivo de assegurar a estabilidade do conjunto durante a fase de montagem e durante sua vida útil, dando uma rigidez espacial ao edifício. Bellei (2008) distingue os contraventamentos em horizontal e vertical, sendo os horizontais aqueles que se encontram no plano das terças ou das cordas das tesouras ou vigas do pórtico; e os contraventamentos verticais, os que se encontram entre os pilares.

A NBR 6123 nos traz que:

Por conveniência de análise, é possível identificar, dentro da estrutura, subestruturas que, devido à sua grande rigidez a ações horizontais, resistem à maior parte dos esforços decorrentes dessas ações. Essas subestruturas são chamadas subestruturas de contraventamento. Os elementos que não participam da subestrutura de contraventamento são chamados elementos contraventados. (ABNT, 1988, p. 103)

A forma para se conceber um sistema de contraventamento irá depender das necessidades de utilização das edificações, porém, as formas mais usuais estão apresentadas na Figura 4, que traz, respectivamente, o sistema de simples diagonal, diagonal dupla, em “X”, em “V” e em “V” invertido (BELLEI, 2008).

Figura 4 – Sistemas de contraventamento



Fonte: Chaves (2009).

4.2 Análises gerais

A NBR 8800/2008 classifica as estruturas quanto aos deslocamentos laterais de duas formas: estruturas contraventadas e não contraventadas (ABNT, 2008). No processo de análise da estrutura, é possível identificar diversas subestruturas que, por meio de sua rigidez, são responsáveis por resistir à grande parte das parcelas de esforços laterais.

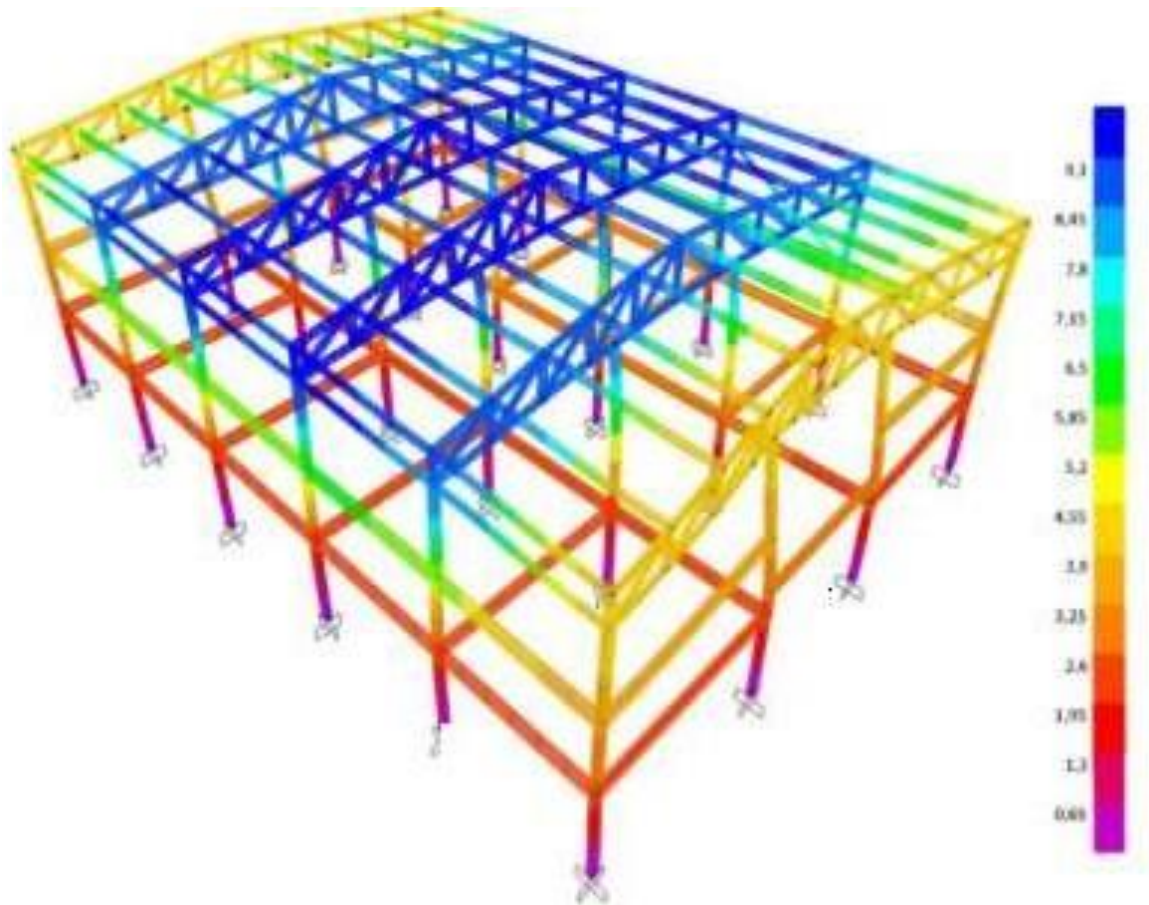
A rigidez das estruturas pode ser dada de duas formas, a primeira seria pela alta rigidez dos elementos estruturais e dos nós, o que criaria um pórtico rígido para resistir a esforços laterais sem grandes deslocamentos; e a segunda forma seria com o auxílio de barras de contraventamento para impedir que as ligações rotuladas ou elementos esbeltos se desloquem excessivamente.

4.3 Estrutura sem contraventamento

Estruturas sem mecanismos de contraventamento são menos eficientes quando comparadas a estruturas contraventadas, ou seja, apresentam um grau de pouca estabilidade, tendo em vista que, no plano de combate às cargas horizontais, terá como defesa apenas a rigidez à flexão (EI) de seus próprios elementos.

Ao analisar a deformação da estrutura da Figura 5, sem nenhum contraventamento na direção horizontal, foi verificada uma alta sollicitação dos elementos, principalmente na parte superior da estrutura com as vigas. Na região dos apoios, por estarem engastados, verificaram-se menores deslocamentos abaixo de 0,65 mm. Já na cobertura, onde os efeitos da pressão das paredes são maiores, apresentaram-se níveis de deslocamento de 9,1 mm, de acordo com a escala de cores ao lado da figura 5.

Figura 5 – Deslocamento da estrutura sem contraventamento com ventos na direção X



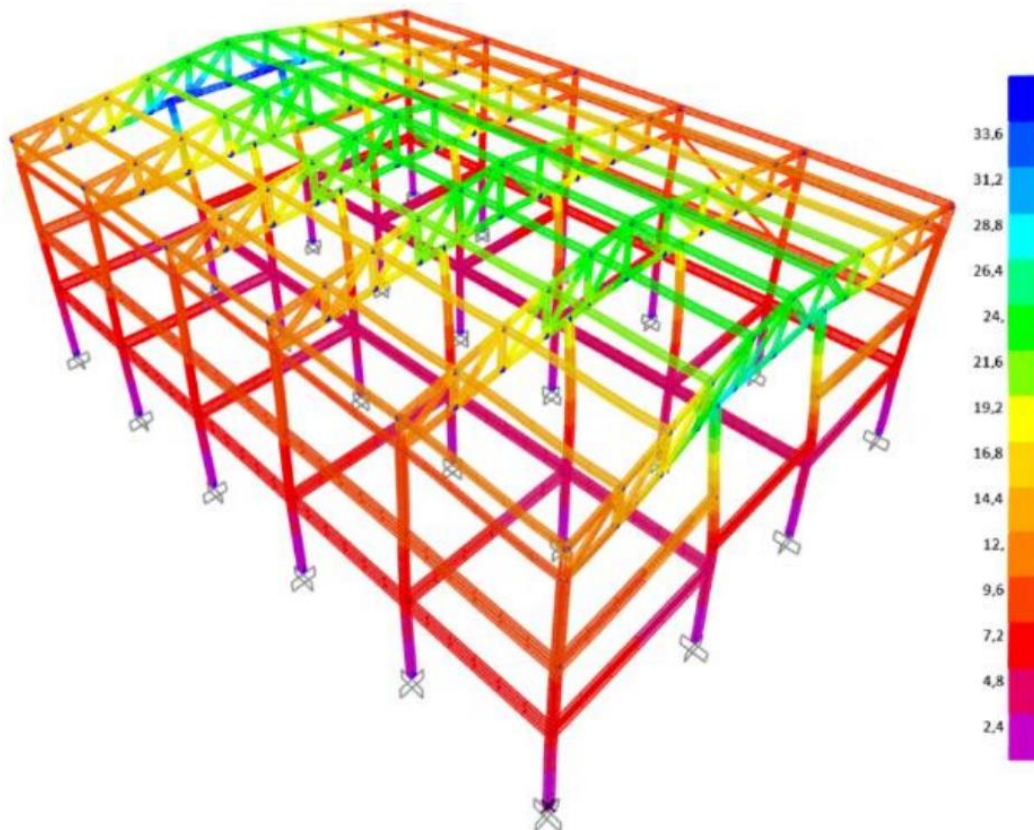
Fonte: Pereira, Ribeiro e Barboza (2019).

De maneira análoga à direção horizontal, foi feita a mesma análise na direção vertical.

Assim, foi observado que o carregamento de vento, nessa direção, contribuiu para maiores deslocamentos, principalmente na parte central da estrutura sem nenhum tipo de contraventamento. Analisando o pórtico lateral, foi possível notar que a estrutura se deslocou em alguns pontos (PEREIRA; RIBEIRO; BARBOZA 2019).

Ademais, outro fator que se torna implicante é a vulnerabilidade ao fenômeno de flambagem, trazido à estrutura pelo fato de não possuir um recurso para auxílio no confronto as cargas verticais. Essas relações são mencionadas pela referida norma, NBR 8800, a qual ainda evidencia que uma estrutura não contraventada está mais propícia a deslocamentos e a deformações sobre etapas dos Estados de Limites Últimos (E.L.U). A Figura 6 retrata o carregamento do vento e os deslocamentos percebidos representados pelas cores, variando de 14,4 mm a 16,8 mm.

Figura 6 – Deslocamento da estrutura sem contraventamento com ventos na direção Y



Fonte: Pereira, Ribeiro e Barboza (2019).

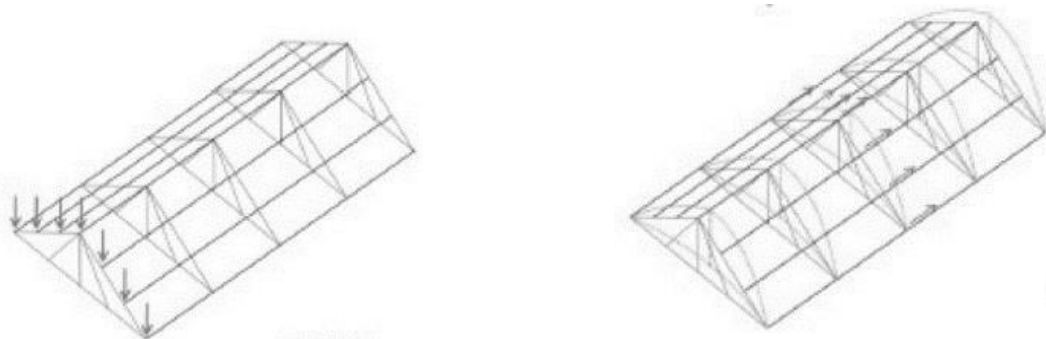
4.4 Contraventamento horizontal

Pfeil e Pfeil (2009) explicam que o contraventamento no plano horizontal é indispensável para estabilidade lateral do banzo superior da treliça e tem por finalidade reduzir os comprimentos de flambagem dos elementos comprimidos e, conseqüentemente, aumentar a resistência da peça. Nesse sistema, as terças trabalham transferindo as forças de contenção lateral para o treliçado do contraventamento.

Tendo em vista que a estrutura principal precisa ter uma estabilidade fora do seu plano e ter um preparo para a ação do carregamento do vento e para a flambagem lateral das peças, torna-se necessário o travamento de alguns pontos dela (PFEIL; PFEIL, 2009).

Logo, as barras do banzo superior devem ser travadas fora do plano da treliça. Parte desse travamento é naturalmente feito pelas terças. Porém, somente elas não são suficientes, pois, se o banzo superior se deslocar lateralmente, ele empurrará as terças as quais, por sua vez, empurrarão as outras treliças conforme Figura 7 (PFEIL; PFEIL, 2009).

Figura 7 – Deslocamento dos banzos superiores devido esforços horizontais



Fonte: Pfeil e Pfeil (2009).

Essa força lateral, ocasionada pelo deslocamento lateral por conta da flambagem, deve ser encaminhada, por algum dispositivo, para os apoios. Sendo composto por terças e barras em diagonais, o contraventamento horizontal forma uma espécie de treliça nos planos superiores da cobertura.

4.5 Contraventamento vertical

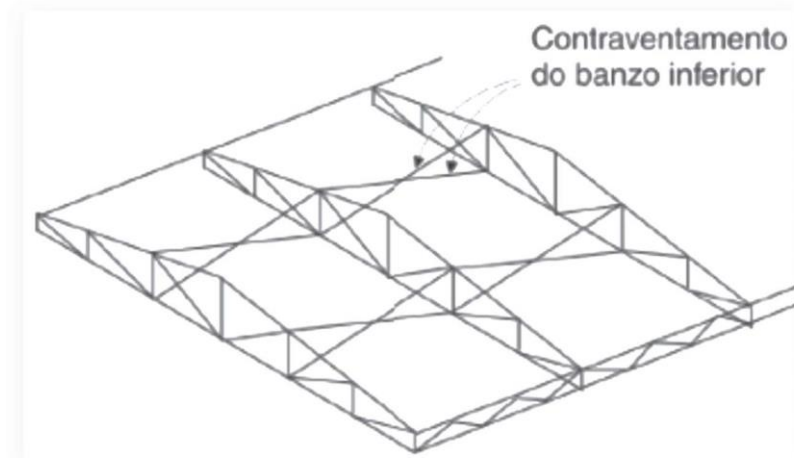
Trata-se de uma estrutura plana vertical formada por barras cruzadas, dispostas

perpendicularmente ao plano das tesouras. Essas barras servem de sustentação para a ação das forças que atuam no seu plano, travando as tesouras, de maneira a impedir sua rotação e o deslocamento, principalmente contra a ação do vento, como também sendo elemento de vinculação do banzo inferior contra a flambagem lateral (MOLITERNO, 2010).

Sob efeito da pressão do vento, as telhas da cobertura se sustentam sobre as terças, e o carregamento é distribuído pelos elementos estruturais de forma equilibrada, porém, quando o vento provoca sucção na estrutura, os pontos solicitados são os de ligação entre as telhas metálicas e o plano da estrutura, gerando solicitações de esforços variáveis a partir da configuração da amarração (MOLITERNO, 2010).

As terças atuam nesse sistema transferindo as forças de contenção lateral para o treliçado do contraventamento. No caso em que há predominância da sucção de vento na cobertura sobre as cargas gravitacionais, ocorre inversão de esforços internos nos elementos da treliça, e o banzo inferior passa a sofrer compressão, conforme figura 8 (PFEIL; PFEIL, 2009).

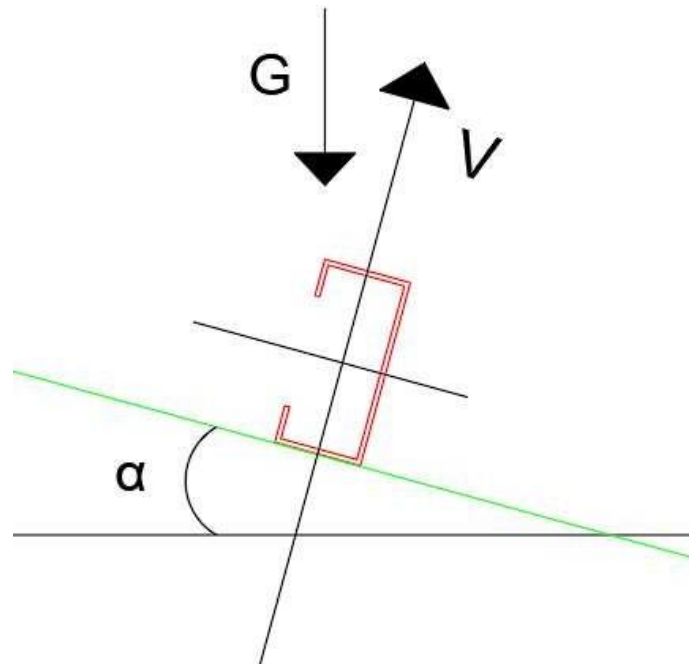
Figura 8 – Contraventamento do banzo inferior.



Fonte: Pfeil e Pfeil (2009).

Todavia, é essencial a adoção do contraventamento vertical entre pilares para oferecer rigidez na direção longitudinal ao conjunto e para absorver as cargas de vento, atuando nas fachadas transversais para transferi-las às fundações (PFEIL, 2009). As cargas de vento (V) produzem nas terças flexão reta em torno do eixo de maior inércia, enquanto as cargas gravitacionais (G) produzem flexão oblíqua. Como podemos ver na Figura 9, há uma inclinação da terça sobre o plano da coberta.

Figura 9 – Terça sobre efeito da ação da gravidade e da sucção do vento.



Fonte: Adaptado de Pfeil e Pfeil (2009).

4.6 Análise prática

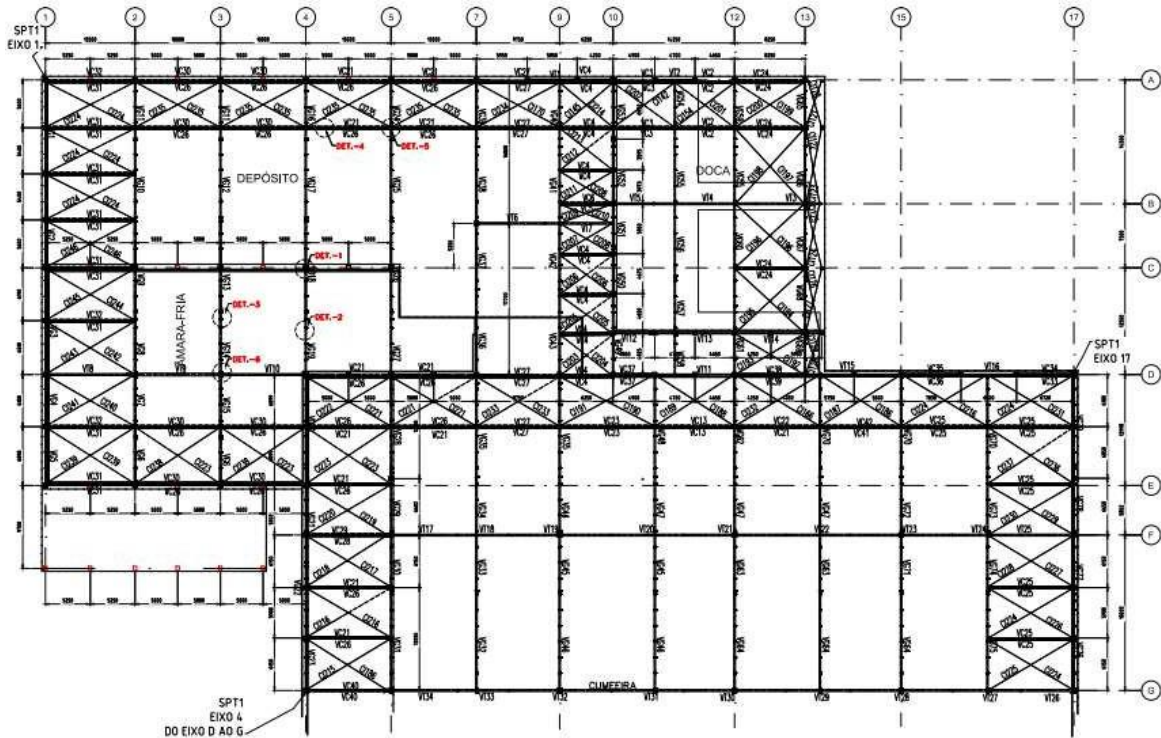
4.6.1 Análise do Projeto A

Ao analisar o galpão comercial, referente ao projeto A, instalado em Fortaleza, Ceará, o cálculo do vento seguiu, conforme a norma ABNT NBR 6123, a velocidade básica do vento de 30 m/s, e demais ações com base na ABNT 6120.

O galpão é formado por pórticos planos rígidos, com as bases engastadas nas duas direções, possuindo contraventamento horizontal em formato de X e contravento vertical composto por placas retangulares em pré-moldado, adotando como solução pórticos em pilares de concreto armado, encaminhando os esforços para os pontos fixos na fundação.

Foi utilizado o formato em X no contraventamento horizontal em todos os vãos em suas extremidades devido à geometria robusta do material de sustentação, aos pontos de apoio utilizados e aos sistemas de ligações rígidas, os quais possibilitaram o uso da solução aplicada, conforme Figura 10.

Figura 10 – Estrutura metálica na cobertura



Fonte: Projeto A.

De acordo com a Figura 11, é possível observar as especificações das vigas e diagonais, compostas por perfil W com dimensões variando entre 150x13; 310x28,3; 530x82; 610x125 e em perfil L e U, respectivamente, evidenciando o tipo de material em aço estrutural ASTM A572 Grau 50, perfis laminados, perfis soldados, chapas de ligação, aço estrutural ASTM A36, perfis em chapa dobrada, tubos e cantoneiras laminadas.

Figura 11 – Perspectiva Estrutura



Fonte: Projeto A.

4.6.2 Análise do Projeto B

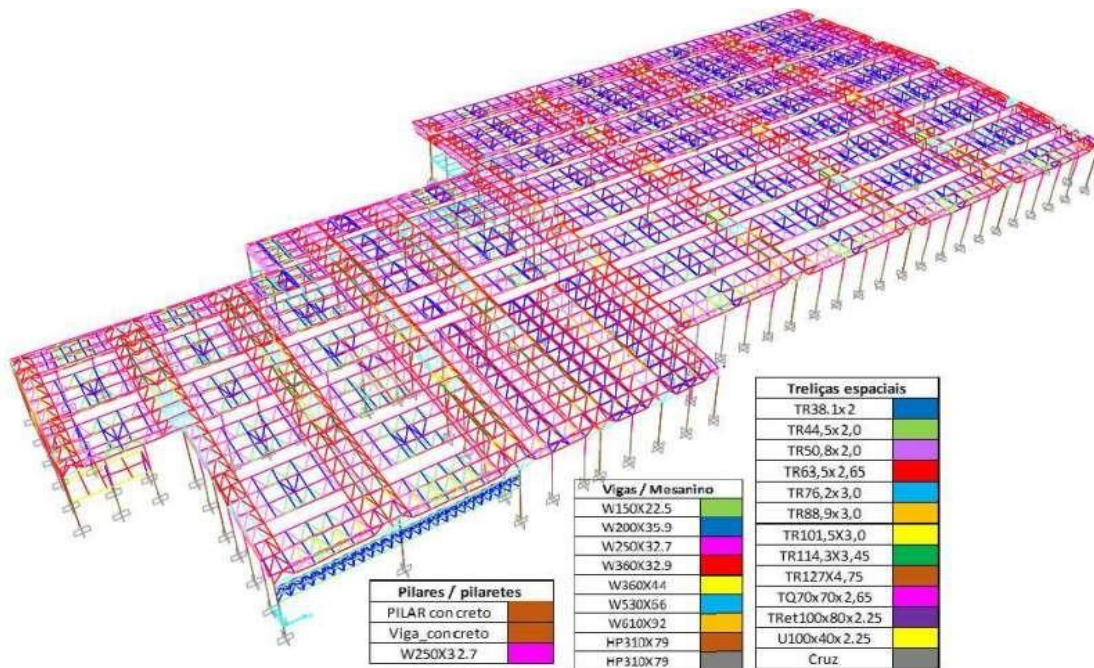
A solução estrutural do projeto B seguiu dois tipos de estruturas espaciais, sendo as estruturas espaciais principais que fazem a função de pórticos e as treliças espaciais secundárias que fazem a função de terças de cobertura e atuam no contraventamento da estrutura de forma estratégica, impedindo a sua movimentação, gerando, dessa maneira, uma maior estabilidade contra a ação do vento, e em outros casos o travamento da cobertura.

A análise das treliças espaciais de cobertura é feita como pórticos espaciais, considerando os banzos superiores das treliças secundárias como elementos contínuos, sendo que são inseridas as articulações nos extremos de todos os outros elementos da estrutura espacial. Adotou-se velocidade básica do vento de 30 m/s, conforme a norma ABNT NBR 6123:1988 (ABNT, 1988). Os pilares são em concreto armado com pilaretes metálicos no topo. O contraventamento vertical é realizado com placas de pré-moldado.

Apresentando predominantemente as treliças em estrutura espacial tubular, em função de sua geometria e dos baixos níveis de tensões residuais, os tubos laminados a quente apresentaram ótimo comportamento na cobertura em relação aos esforços de compressão axial. Porém, para esforços de flexão, os tubos de seção transversal circular não apresentam a mesma performance que na compressão e, por esse motivo, como elementos isolados, não são a melhor opção. Na Figura 12, é possível observar a estrutura e os materiais aplicados.

O modelo de contraventamento adotado no projeto B foi em V invertido formado por treliças, sendo um modelo mais econômico com peças mais leves, estrutura formada em banzos superiores e inferiores, diagonais e nós ligados com o uso de parafuso estrutural. Além disso, possui pilaretes nos topos dos pilares para auxílio, absorvendo as reações, minimizando, assim, os esforços normais nas diagonais que convergem para o nó de apoio.

Figura 12 – Perspectiva Estrutural Geral



Fonte: Projeto B.

Verificou-se que os dois modelos de projetos utilizaram contraventamento duplo atendendo à solução para combater a ação do vento nas estruturas de forma eficiente.

5 CONCLUSÕES

Foram analisadas as deformações de cada galpão, adotando uma carga de vento calculada a partir da NBR 6123/1988. Após a análise das informações de cada projeto, ficou clara a importância do uso de contraventamentos nos sentidos horizontal e vertical em estruturas metálicas submetidas a cargas de vento.

Nos projetos analisados, foram verificados que os contraventamentos do tipo diagonal dupla, nos modelos X e V, são exemplos eficientes de soluções adotadas para galpões industriais com grandes dimensões, ocasionando, assim, a estabilidade da estrutura. Além disso, foi visto um outro projeto de estrutura, não contraventada, que ficou suscetível a deformações devido à ausência dos mecanismos de combate às ações do vento.

Sendo assim, observou-se que os elementos mais expostos e que mais sofrem com ações dos ventos são aqueles mais esbeltos, com poucos pontos de apoio, em que os elementos estruturais mais solicitados poderão variar dependendo do sentido do vento, sendo fator decisivo para o tipo de contraventamento utilizado.

Por fim, o trabalho apresenta como ponto limitante apenas o estudo da ação do vento nas estruturas, tendo como solução a utilização de contraventamentos. Dessa maneira, surge como sugestão, para trabalhos futuros, o estudo das demais intempéries sob as estruturas metálicas, como o sol, chuva, maresia, dentre outros, e a solução para o combate destas.

REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800: Projeto e Execução de Estruturas de Aço de Edifícios**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

AGUILERA, Jean R. F. **Estruturas treliçadas esbeltas sob ação do vento**. 2007. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pontifca Universidade Católica do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da PUC – Rio. Rio de Janeiro, 2007.

BELLEI, Ildony. **Edifícios de múltiplos andares em aço**. São Paulo: Pini Ltda, 2008.

CARVALHO, L. N. M. **Análise de galpão em estrutura metálica: avaliação das ações do vento típicas para as diversas regiões brasileiras**. Brasília: UNB, 2017.

CHAVES, José Roberto Ferreira. **Análise dinâmica de pórticos metálicos contraventados**. Brasília: UNB, 2009.

LEITE, D. F. **Análise dos esforços atuantes em um galpão metálico devido à ação do vento**. 2016. 36f. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal da Paraíba, Joao Pessoa, 2016.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2007.

MOLITERNO, A. **Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira**. Revisão de Reyolando Manoel L. R. da Fonseca Brasil. 4. ed. rev. São Paulo: Blücher, 2010.

PEREIRA, A.A; RIBEIRO, C.B.; BARBOZAL, M.D.S. Análise comparativa de sistemas de contraventamentos em galpão metálico através do SAP2000. **Revista Interdisciplinar de pesquisa em Engenharia**, v. 5, p. 1–17, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/ripe/article/view/28617/25236>. Acesso em: 11 set. 2022.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de Aço: Dimensionamento Prático de Acordo com a NBR 8800:2008**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

PRAVIA, Z. M. C.; DREHMER, G. A.; JÚNIOR, E. M. **Manual de Construção em Aço –**

Galpões para Usos Gerais, Rio de Janeiro: IABr/CBCA, 2010.

REBELLO, Yopanan C. P. **Bases para projeto estrutural na arquitetura**. 2. ed. São Paulo: Ziguarte, 2007.

SANTOS, Thiago Dias dos; SIQUEIRA, Gustavo Henrique; VIEIRA JUNIOR, Luiz Carlos Marcos. A stochastic approach for the wind load effect on steel structures. **Rem: Rev. Esc. Minas**, Ouro Preto, v. 69, n. 2, p. 137-145, 2016 .Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S03704672016000200137&lng=e&nrn=iso. Acesso em: 12 set. 2022.