

08 a 11 de Outubro de 2018
Instituto Federal Fluminense
Búzios - RJ

INFLUÊNCIA DA RIGIDEZ NO DESLOCAMENTO DE PÓRTICO ESPACIAL METÁLICO CONSIDERANDO A AÇÃO DO VENTO

Matheus Pereira da Silva¹ – matheuslv2012@gmail.com

Arlindo Pires Lopes¹ – alopes@uea.edu.br

Aarão Ferreira Neto² – aaraof@cca.ufpa.br

Adriana Alencar Santos¹ – drica.eng@gmail.com

¹ Universidade do Estado do Amazonas, Escola Superior de Tecnologia – Manaus, AM, Brasil

² Universidade Federal do Pará, Campus de Tucuruí – Tucuruí, PA, Brasil

Resumo. *Objetivando analisar as ligações em estruturas metálicas, através do uso das equações propostas pela NBR 8800:2008 e de técnicas de modelagem computacional aplicadas, realizou-se uma verificação nos deslocamentos aferidos em um pórtico espacial em estrutura metálica, considerando como carregamento a força de arrasto do vento para a cidade de Manaus, sem considerar efeitos de turbulência. Foi realizada a aplicação do cálculo do valor de rigidez para nós rígidos, aplicada da redução para nós semi-rígidos, em termos de redução da rigidez em 75%, 50% e 25%, aplicando esta redução de rigidez nas ligações da edificação e analisando os deslocamentos obtidos após análise linear. Para a aplicação de 75% da rigidez, há uma variação de 21% no deslocamento no último nível da edificação em relação ao deslocamento da estrutura com nós rígidos, enquanto que para a aplicação de 50% da rigidez, há um acréscimo de 63% no deslocamento no topo da edificação, para aplicação de 25% da rigidez, há um acréscimo de 189% no deslocamento no topo da edificação. Os resultados demonstram que reduções elevadas na rigidez, com comportamento se aproximando de nós flexíveis, há um acréscimo inviável nos deslocamentos, enquanto reduções em até 50% da rigidez, permitem uma trabalhabilidade viável a estrutura, com menores variações no deslocamentos.*

Palavras-Chave: Pórtico Espacial, Vento, Deslocamentos.

1. INTRODUÇÃO

A grande variedade de modelos de ligações metálicas presentes no mercado demanda um conhecimento técnico mais aprofundado a respeito de suas diferentes classificações. As altas exigências por uma eficiência absoluta na relação entre capacidade estrutural e custo demanda que os profissionais da área de engenharia conheçam os limites normativos e técnicas adequadas que permitam reduzir custos e otimizar o desempenho da estrutura.

Uma adequada análise referente à área de estruturas pode ser melhorado quando feito o uso de softwares livres para a obtenção de uma resposta mais rápida e visível quanto às influências dos elementos de contorno, seções dos elementos estruturais e tipos de carregamento, por exemplo. A relação da informática com o aprendizado de engenharia de estruturas pode ser encontrada em PRAVIA et al. (2001), PECK (2004), PRIKLADNICKI et al. (2008) e RAMIRO et al. (2014). Um programa que vem ganhando espaço na análise de estruturas é o SAP2000, tal programa faz o uso do Método dos Elementos Finitos, nesta seara, este trabalho visa divulgar a eficácia da aplicação de modelagens para obtenção de resultados rápidos e precisos.

A ABNT NBR 8800:2008 permite classificar as ligações em três categorias: rígida, semi-rígida e flexível. Sendo considerada rígida uma ligação que garanta a continuidade da estrutura e restrinja ao máximo a rotação relativa dos elementos. A ligação semi-rígida, no entanto, permite que hajam pequenas rotações, desde que haja uma restrição entre 20 % a 90% da rotação dos membros. No caso da ligação flexível, há 100% de liberdade de rotação. (CABRAL, 2011).

Neste artigo, foram elaborados modelos considerando ligação engastada, rígida, três ligações semi-rígidas de diferentes rigidez, ligação flexível e ligação considerando rótulas de cisalhamento nos apoios e de momento no eixo das barras. A análise se deu através de modelagem computacional e análise linear com uso do software SAP 2000.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa inicia com a definição da estrutura, para efeito de análise numérica, adotou-se um pórtico espacial, com vãos entre apoios de 5 metros, e 3 metros de altura entre cada nível. O Perfil adotado para as colunas e vigas foi o perfil W 30X235.

2.1 Definição dos Carregamentos

Para a definição dos carregamentos referentes à força de arrasto do vento para a cidade de Manaus, com velocidade básica de 33 metros por segundo conforme mapa de isopletas preposto pela NBR 6123 – Ação do Vento nas Edificações.

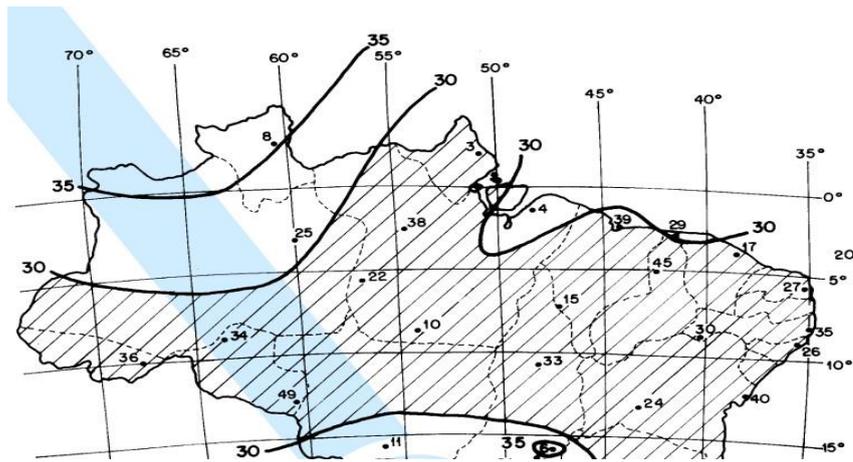


Figura 1- Mapa de Isopletas (NBR 6123).

Inicialmente são obtidas as forças de arrasto em Kn/m^2 nas direções longitudinal e transversal das edificações, utilizando a fórmula da força do arrasto (1), prescrita pela ABNT NBR 6123:1988.

$$F_a = C_a \cdot q \cdot A_e \quad (1)$$

Onde F_a - força externa à edificação agindo na superfície plana de área A_e , C_a - coeficiente de arrasto; q - carga dinâmica de vento e A_e - área da projeção ortogonal da edificação sobre um plano perpendicular à direção do vento, inicialmente com valor unitário. O parâmetro q , dado em Kn , é função da velocidade característica, a qual depende da velocidade básica (V_0) e dos fatores S_1 , S_2 e S_3 ($V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$).

Na cidade de Manaus, a ABNT NBR 6123:1988 prescreve o valor de 33 m/s para a velocidade básica. As características do local da edificação, de topografia do terreno e geometria do edifício, e o tipo de construção conduzem aos seguintes valores, nas duas direções: $S_1 = 1,0$; $S_2 = 0,956$ e $S_3 = 1,0$.

As forças de arrasto por m^2 nas direções longitudinal (horizontal) e transversal, ficam, assim, definidas conforme a aplicação da equação da força de arrasto, que atuará em Kn/m^2 , sendo calculada na ordem de grandeza de $0,845 \text{ Kn/m}^2$, atuando na face de maior dimensão da edificação. Na figura abaixo, a face rosada indica o sentido da ação do vento na edificação.

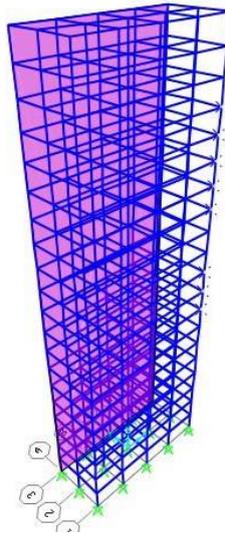


Figura 2- Face de Ação da Força de Arrasto.

2.2 Definição da Semirrigidez nos apoios

A NBR 8800 – Projeto de Estrutura de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios, permite definir a rotação limite em Kn/Rad.m nos nós da estrutura para que a mesma possa ser considerada rígida, conforme a equação (2) abaixo:

$$K_{jr} \geq 25 \cdot E \cdot (I_B / L_B) \quad (2)$$

Onde K_{jr} representa a Rigidez da ligação metálica, E representa a Módulo de elasticidade do perfil metálico, I_B Representa a inércia de uma peça unitária e L_B representa o comprimento da barra.

Conforme metodologia preconizada por Hanser & Nardino (2015), pode-se estimar percentuais de semirrigidez, referentes à parcela de transmissão de momento dos nós para a barra, neste trabalho em específico, adotou-se parcelas referentes a 100% (nós rígidos), 75%, 50% e 25%.

Os valores obtidos através da aplicação destes percentuais na equação (2) encontram-se dispostos na tabela abaixo:

Tabela 1- Parâmetros de Semirrigidez

Ligação Semirrígida	Kn/m.rad
100%	49.364
75%	37.023
50%	24.682
25%	12.341

A inserção e consideração destas informações no software comercial SAP 2000 se deu através do seguinte comando: Assign > Frame > Release > Partial Fixity/Release, tendo os valores informados na tela de inserção observada abaixo:

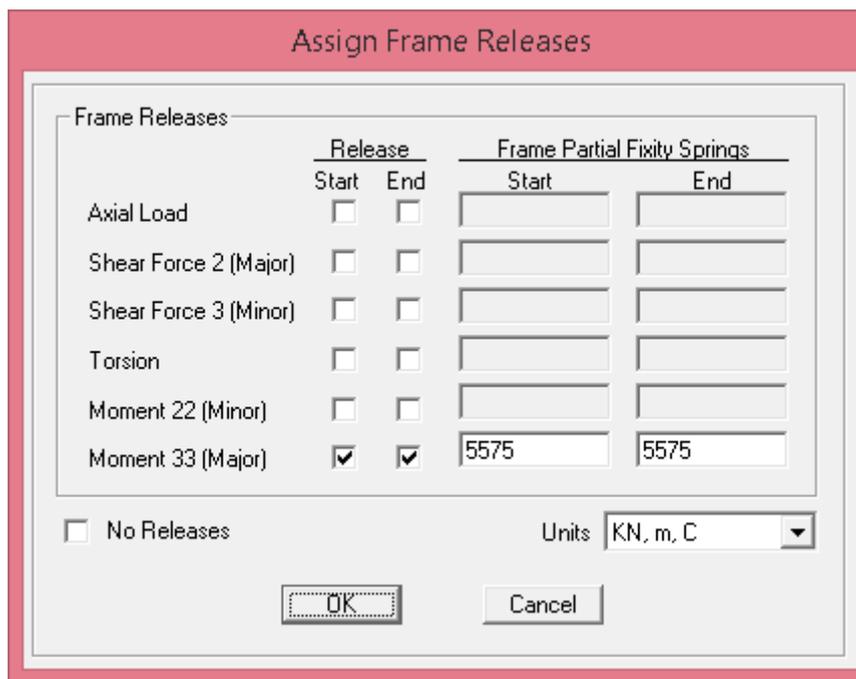


Figura 3- Interface do Software SAP 2000.

Após isto, será configurada uma análise linear para avaliar os deslocamentos da estrutura, permitindo-se aferir os deslocamentos em cada nível da edificação.

2.3 O Processo P-Delta

Moncayo (2011) define o processo P-Delta como um método multi iterativo de alta precisão para aferir os esforços de segunda ordem, ocorrendo diversos métodos para seu cálculo, variando de acordo com as necessidades e limitações do calculista.

No método da carga lateral fictícia, um dos recursos utilizados pelo processo P-Delta, a configuração deformada na geometria produz momentos na base dos pilares, que são analisados utilizando cargas laterais necessárias para produzi-los. Nesse procedimento, são consideradas deformações sucessivas em iteração, conforme observado na Figura 4.

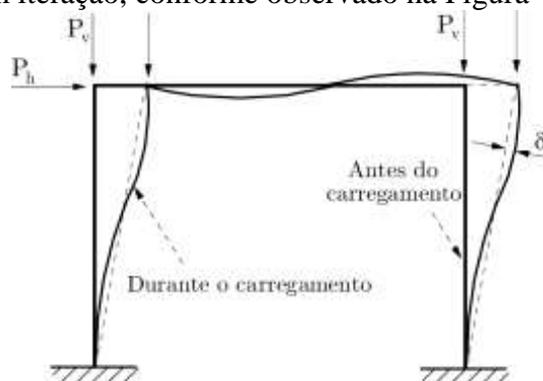


Figura 4 - Processo P-Delta (Moncayo, 2011).

Segundo Konapure e Danshetti (2015), o processo P-Delta é baseado em uma lógica simples de corrigir os deslocamentos de primeira ordem através da adição das parcelas de deslocamentos decorrentes. Desde que o efeito P-delta são acumulativos por natureza, essa

correção e subsequente reanálise da estrutura deve ser realizada até uma convergência ser alcançada, conforme a equação 3.

$$\sum Vi = \sum V1 + \sum Ph \quad (3)$$

Sendo $\sum Vi$ - carga vertical após o fim da iteração i ; $\sum V1$ - carregamento vertical de primeira ordem; $\sum P$ - somatória de todas as forças verticais atuantes na estruturas e h - altura da edificação.

Geralmente para estruturas de rigidez adequada, a convergência é encontrada após duas iterações.

A análise de cada edifício será efetuada através do método da carga lateral fictícia, utilizando o software SAP 2000.

No processo P-Delta, utilizando o software SAP 2000 para análise da estrutura, foram observados os seguintes procedimentos:

- Entrada dos dados no programa com pilares e vigas com uma dimensão de perfis com valores pré-fixados
- Inserção das forças resultantes máximas provenientes da ação do vento atuantes nos diversos níveis das edificações, sem considerar efeitos de turbulência nesta análise;
- Execução de análise não-linear pelo processo P-Delta.

2.4 Metodologia da Análise

Uma vez obtidos os valores dos deslocamentos relativos aos diferentes valores de rigidez das ligações, é possível comparar através de um gráfico de deslocamentos, qual redução parcial de rigidez acarretou em variações não desejáveis nos deslocamentos obtidos através do processo P-Delta.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O gráfico elaborado a partir dos deslocamentos obtidos nos níveis da edificação, considerando reduções parciais de rigidez em 75%, 50% e 25% demonstram que variação de rigidez acarreta em acréscimos de deslocamentos.



Figura 5- Deslocamentos do Pórtico Espacial

Dentre os valores notáveis, pode-se aferir que para 75% do valor da rigidez, a diferença entre os deslocamentos em relação à estrutura de nós rígidos é de 21% no deslocamento no último nível da edificação, enquanto que para a aplicação de 50% da rigidez, há um acréscimo de 63% no deslocamento no topo da edificação, para aplicação de 25% da rigidez, há um acréscimo de 189% no deslocamento no topo da edificação.

4. CONCLUSÕES

Após a obtenção dos dados do deslocamento obtido a partir da modelagem computacional considerando a redução parcial da rigidez das ligações das barras, pôde-se aferir que estruturas com reduções para 75% da rigidez, permitem uma relação de acréscimo de deslocamento inferior, enquanto que para 50% da rigidez, o nó semirrígido causa um acréscimo já considerável nos deslocamentos. Para 25% da rigidez, o modelo mostrou-se inviável, uma vez que majora demasiado os deslocamentos e torna a estrutura mais suscetível a ações decorrentes do seu deslocamento excessivo.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações (1980). Rio de Janeiro
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6123: Forças devido ao vento em edificações (1980). Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios (2008). Rio de Janeiro.
- BAIÃO FILHO, O. T. B.; SILVA, A. C. V. (2010). *Ligações para estruturas de aço: guia prático para estruturas com perfis laminados*. 6.ed.. 313 p.
- HIGAKI, B. E (2014). *Contribuição à análise estrutural de edifícios de aço com ênfase nas ligações semirrígidas..* 278p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- KARTAL, M. E., BASAGA, H. B.; BAYRAKTAR, A.; MUVAFIK (2010), M. *Effects of semi rigid connection on structural responses*. *electronic journal of structural engineering*.
- MAGGI, Y. I. *Análise numérica, via M.E.F (2000), do comportamento de ligações parafusadas viga-coluna com chapa de topo*. 235p. Dissertação (Mestrado em Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

INFLUENCE OF SEMIRRIGIDITY IN THE SHIFTING OF METALLIC FRAMES

Abstract. *With the objective of analyzing the resistive capacity and the efficiency of the connections in metallic structures, through the use of the equations proposed by NBR 8800: 2008 and of applied computational modeling techniques, a verification was carried out on the displacements measured in a space frame in metallic structure, considering as loading the drag force of the wind to the basic speed of the city of Manaus, Amazonas. The calculation of the stiffness value for rigid nodes was applied, applying the reduction to semi-rigid nodes in terms of reduction of stiffness by 75%, 50% and 25%, applying this reduction of stiffness in the connections of the building and analyzing the displacement values obtained after linear analysis. It can be verified that for the application of 75% of stiffness, there is a 21% variation in the displacement in the last level of the building in relation to the displacement of the structure with rigid nodes, whereas for the application of 50% of rigidity, there is a increase of 63% in the displacement at the top of the building, for application of 25% of*

rigidity, there is an increase of 189% in the displacement at the top of the building. The obtained results allow to verify that high reductions in stiffness, with behavior of nodes approaching flexible nodes, there is an infeasible increase in the displacements, while reductions in up to 50% of stiffness, allow a feasible workability to the structure, with smaller variations in the displacements.

Key-Words: *Spacial Structures, Computer Modelling, Displacements.*