

Estabilidade de edifícios de múltiplos andares em aço: uma comparação entre metodologias de análise

Stability of multi-storey steel buildings: a comparison between analysis methodologies

Rafael Eclache Moreira de Camargo¹, José Jairo de Sáles²

¹*Departamento de Computação e Engenharia Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
Av. dos Imigrantes, 1000, CEP 37.022-560, Varginha-MG, Brasil
eclachecamargo@yahoo.com.br*

²*Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo
Av. Trabalhador São-carlense, 400, CEP 13566-590, São Carlos-SP, Brasil
jjsales@sc.usp.br*

Resumo. Este trabalho apresenta uma análise comparativa dos efeitos de segunda ordem em um edifício de 20 pavimentos. O modelo apresentado foi dimensionado pelos princípios do método da análise direta, presente na ABNT NBR 8800:2008. O método da amplificação dos esforços solicitantes (MAES) foi usado para se obter os esforços atuantes nos elementos do edifício considerando os efeitos locais e globais de segunda ordem. A incidência do vento foi simulada sem e com excentricidade devida aos efeitos de vizinhança, de acordo com a ABNT NBR 6123:1988. Todas as análises numéricas foram repetidas usando o método simplificado de segunda ordem conhecido como P-Delta. Por meio dos resultados obtidos, foi observado que os esforços solicitantes determinados pelo método P-Delta ficaram bastante semelhantes àqueles calculados pelo MAES, com desvios desprezíveis. O MAES, por sua vez, mostrou-se bastante trabalhoso, pois exige a modelagem de diferentes tipos de estruturas para a determinação dos esforços. No que diz respeito aos efeitos de vizinhança, observou-se que sua maior influência está no aumento dos momentos fletores e dos deslocamentos da estrutura.

Palavras-chave: edifícios em aço, estabilidade estrutural, análise de segunda ordem, análise estrutural.

Abstract. This work presents a comparative analysis of second-order effects in a 20-storey building. The model presented has been designed using the principles of the direct analysis method (DAM), present in the ABNT NBR 8800:2008. The first-order amplification method (FOAM) was used to obtain the forces acting on the building elements, including the local and global second-order effects. The incidence of the wind was simulated without and with an eccentricity due to the vicinity effects, according to ABNT NBR 6123:1988. All numerical analyses were repeated using the second-order simplified method known as P-Delta. From the results obtained it was found that the internal forces determined by the P-Delta method were very similar to those calculated by the first-order amplification method. The FOAM was, in turn, very laborious, because it requires the modeling of different types of structures for the determination of the forces. Regarding the vicinity effects, it was observed that its major influence is on the increase of bending moments and displacements of the structure.

Keywords: steel buildings, structural stability, second-order analysis, structural analysis.

1 Introdução

Como relatado em Sáles [1], o concreto armado foi o material estrutural de maior aceitação no Brasil, principalmente por questões culturais. Entretanto, o uso de sistemas estruturais mistos em aço e concreto cresceu nos últimos anos, principalmente por causa de algumas vantagens em relação aos sistemas tradicionais. Dentre elas, a solução mista possibilita, por exemplo, uma diminuição das seções transversais, o que ocasiona um aumento da área útil da edificação e uma diminuição das cargas nas fundações. Além disso, os custos com fôrmas e escoramentos são reduzidos, os canteiros de obra tornam-se mais organizados devido à diminuição de depósitos de materiais e os prazos de execução são encurtados, pois existe a possibilidade de se fabricar a estrutura paralelamente com a execução das fundações.

O comportamento dessas estruturas não é simples e por essa razão algumas simplificações são necessárias para viabilizar o seu estudo e tornar sua marcha de cálculo mais expedita. Um tipo de simplificação bastante comum nas análises estruturais diz respeito à consideração da ação do vento nos edifícios. Geralmente, os carregamentos devidos ao vento são considerados uniformes (sem excentricidades), o que muitas vezes não ocorre devido à presença de outras construções próximas, responsáveis pelos efeitos de vizinhança.

A representatividade do modelo matemático é garantida quando conseguimos simular as ações atuantes na estrutura e as particularidades dos elementos que a formam (vigas, pilares, lajes, ligações, entre outros). Porém, também é de fundamental importância a consideração do seu comportamento global para que os esforços sejam adequadamente mensurados. Esse fato explica a necessidade das não linearidades física e geométrica serem contempladas pela análise estrutural.

Assim, o presente artigo tem como objetivo principal realizar a análise numérica de um edifício de andares múltiplos em aço para estudar a influência dos efeitos de vizinhança na sua estabilidade lateral, avaliar a aplicabilidade do método da amplificação dos esforços solicitantes (MAES) proposto pela ABNT NBR 8800:2008 e comparar os valores obtidos por essa metodologia com os resultados fornecidos por software comercial empregando o método P-Delta.

2 Metodologia

Para o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas análises numéricas de um edifício por meio do software SAP2000. Os resultados obtidos pelo MAES foram comparados com os valores fornecidos por análise utilizando o método P-Delta. Um estudo sobre a influência dos efeitos de vizinhança na estabilidade dos edifícios foi realizado em seguida, confrontando os resultados da análise que apresenta esses efeitos com os valores obtidos em modelagem que os desconsideram, aqui chamadas de “vento uniforme”.

2.1 Descrição da estrutura

A estrutura utilizada como base para o modelo foi retirada de Sáles [1] e consiste num edifício comercial de 20 pavimentos, com pé-direito único, igual a 3,5 m. Suas dimensões em planta são 45 x 20 m, totalizando 18.000 m², ou 900 m² por andar. Foram utilizados pilares metálicos, vigas mistas em aço e concreto, e lajes do tipo *steel deck*. A construção foi considerada não escorada.

As filas e os eixos da edificação são mostrados na Figura 1. Na direção de maior comprimento foram utilizados 5 vãos de 9 m, enquanto que na outra direção foram empregados nas extremidades dois vãos de 8 m e um vão central de 4 m. Considerou-se que entre as filas B e C existam duas regiões destinadas a escadas e elevadores.

O modelo analisado é composto por pórticos contraventados em X nos eixos 1, 2, 5 e 6, entre filas B e C; em K nas filas A e D, entre eixos 1 e 2, 5 e 6. Nos eixos 3 e 4, e nas filas B e C, foram adotados pórticos sem contraventamentos. As vigas V2, V5 e V7 das regiões contraventadas e os contraventamentos foram rotulados nas extremidades. Os pilares foram dimensionados com redução da sobrecarga de utilização.

As características das seções de vigas e pilares utilizadas no modelo estão mostradas nas tabelas a seguir. As vigas V2, V3A, V3B, V4 e V6 foram dimensionadas com interação completa, enquanto as vigas V1 foram dimensionadas com interação parcial. As vigas V5 foram dimensionadas como vigas de aço, sem considerar a atuação mista. Para as diagonais de contraventamento, foram utilizados os perfis W 250 x 52 e HP 250 x 62.

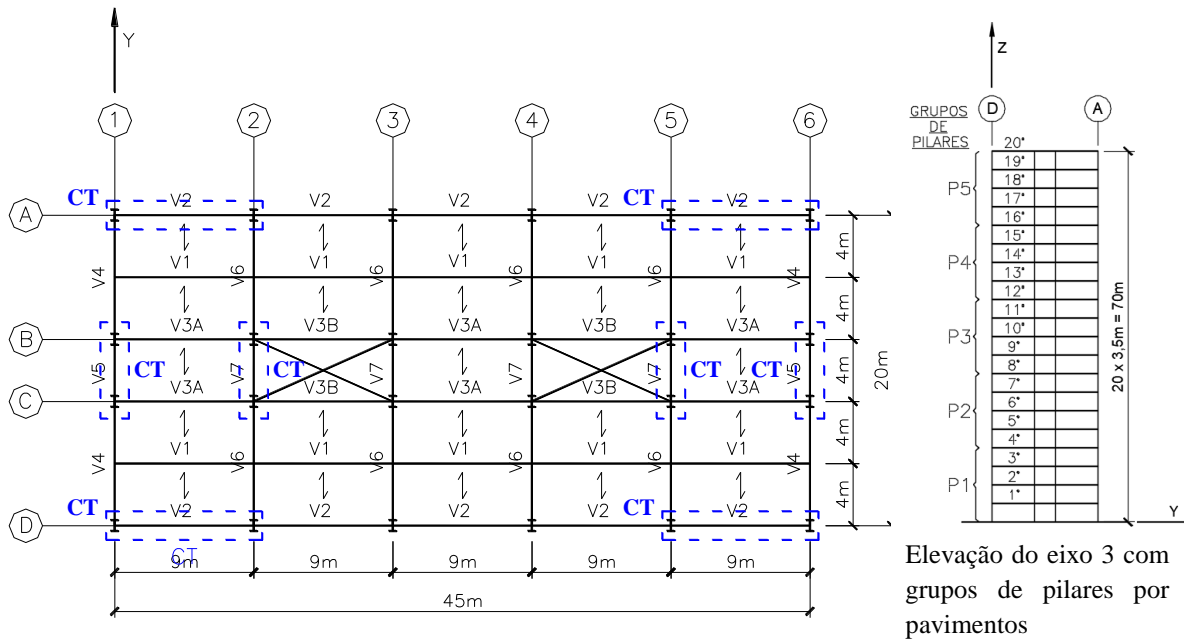


Figura 1. Pavimento tipo do edifício modelo e grupos de pilares. (Fonte: Baseado em Sáles [1])

Tabela 1. Características das vigas mistas. (Fonte: Camargo [2])

Viga	Seção	Perfil de aço			
		d (mm)	b _f (mm)	t _f (mm)	t _w (mm)
V1	VS 500 x 61	500	250	9,5	6,3
V2	VS 500 x 61	500	250	9,5	6,3
V3A	VS 500 x 61	500	250	9,5	6,3
V3B	VS 500 x 61	500	250	9,5	6,3
V4	VS 700 x 105	700	320	12,5	8,0
V5	VS 700 x 105	700	320	12,5	8,0
V6	VS 700 x 105	700	320	12,5	8,0
V7	VS 700 x 105	700	320	12,5	8,0

Tabela 2. Características dos pilares de aço. (Fonte: Camargo [2])

Pilar	Andares	Seção	Perfil de aço			
			d (mm)	b _f (mm)	t _f (mm)	t _w (mm)
P1	1° – 4°	CVS 600 x 278	600	400	31,5	19
P2	5° – 8°	CVS 600 x 226	600	400	25	16
P3	9° – 12°	CVS 600 x 190	600	400	19	16
P4	13° – 16°	CVS 600 x 156	600	400	16	12,5
P5	17° – 20°	PS 400 x 116	600	350	12,5	9,5

2.2 Características dos materiais

Para as vigas mistas e pilares metálicos foram utilizados aços USI CIVIL 350. Os contraventamentos foram dimensionados com aço A572 Gr.50. Nas vigas e lajes mistas foi considerado concreto com f_{ck} igual a 20 MPa. O *steel deck* utilizado foi o MF-75, de aço galvanizado ASTM A653 Grau 40 (ZAR-280), com 1,25 mm de espessura. A altura total da laje adotada foi de 150 mm. As armaduras longitudinais utilizadas foram do tipo CA-50.

2.3 Levantamento das ações

As ações permanentes consideradas nos pisos foram: peso próprio da laje (2,79 kN/m²); divisórias (1,0 kN/m²); forro e serviços (0,5 kN/m²); revestimento (0,65 kN/m²) e pele de vidro (1,25 kN/m). No último pavimento (cobertura), as ações permanentes adotadas foram: peso próprio da laje (2,79 kN/m²); forro e serviços (0,5 kN/m²); impermeabilização (0,75 kN/m²) e pele de vidro (1,25 kN/m). Os pesos próprios das vigas e pilares foram aplicados diretamente nas barras do modelo de acordo com seus valores lineares (kN/m). Outra alternativa possível consistiria em incluir automaticamente esses valores de acordo com as áreas das seções empregadas. Todavia, o primeiro procedimento foi adotado com o objetivo de diferenciar o peso próprio das lajes e dos perfis nos casos em que foram utilizadas seções mistas homogeneizadas, visto que as mesmas são compostas pelo perfil de aço e uma laje equivalente em aço.

Também foi considerada no topo do edifício a existência de cargas permanentes devidas a dois reservatórios de água. Esse carregamento foi aplicado diretamente nos pilares posicionados nos painéis onde os reservatórios foram locados, entre os eixos 3 e 4, totalizando 245 kN em cada pilar.

As sobrecargas de utilização e de construção assumidas no modelo foram de 2,0 kN/m² e 1,0 kN/m², respectivamente, conforme ABNT NBR 6120:1980 [3] e o anexo B da ABNT NBR 8800:2008 [4].

O carregamento lateral devido ao vento foi estabelecido conforme a ABNT NBR 6123:1988 [5], e aplicado diretamente nos pilares por meio de carregamentos distribuídos, considerando suas respectivas áreas de influência. Por simplificação, considerou-se a atuação do vento apenas na direção de menor inércia do edifício (Y) para o dimensionamento dos elementos aos estados limites últimos. Nos estados limites de serviço, a ação do vento foi analisada nas duas direções. Em ambos os casos, os coeficientes adotados foram $V_0 = 40$ m/s; $S_1 = S_3 = 1,0$; S_2 – categoria IV, classe C, variando a cada 3,5 m; $C_a = 1,10$ (face maior) e 0,85 (face menor).

As forças nocionais foram aplicadas nos nós superiores dos pilares, também no sentido de menor inércia do edifício (Y).

Para a análise dos efeitos de vizinhança foi utilizada uma excentricidade igual a 15% do comprimento das faces dos edifícios estudados. Tendo conhecimento do momento de torção atuante em cada pavimento, no topo dos pilares foram aplicadas forças concentradas formando binários entre os eixos 1 e 6, 2 e 5, 3 e 4, para o vento na direção Y; e filas A e D, B e C, para o vento na direção X. As forças de cada binário foram obtidas dividindo a força resultante devida ao vento no nível de cada pavimento pelo número de pórticos resistentes a esse carregamento em cada direção (6 na direção Y e 4 na direção X) e considerando que seus valores fossem diretamente proporcionais às suas distâncias em relação ao centro de gravidade dos pisos. Assim, as forças de arrasto foram sobrepostas com as forças desses binários para que a resultante de cada pavimento não se alterasse.

Uma outra alternativa para considerar esses efeitos seria a aplicação direta do momento de torção, das forças resultantes do vento e das forças nocionais no nó mestre de cada piso. Essa segunda opção, embora não tenha sido utilizada nesse trabalho, é menos trabalhosa e facilita a modelagem das edificações.

2.4 Combinações de ações

As combinações últimas normais foram consideradas para quatro situações diferentes, listadas abaixo com os coeficientes de ponderação e fatores de combinação adotados:

- Sobrecarga como ação variável principal:

$$1,25PP_1 + 1,40PP_2 + 1,50PP_3 + 1,40PP_4 + 1,50SC + (1,40 \times 0,6)V \quad (1)$$

- Vento como ação variável principal:

$$1,25PP_1 + 1,40PP_2 + 1,50PP_3 + 1,40PP_4 + 1,40V + (1,50 \times 0,7)SC \quad (2)$$

- Sobrecarga como ação variável principal, sem atuação do vento:

$$1,25PP_1 + 1,40PP_2 + 1,50PP_3 + 1,40PP_4 + 1,50SC + FN \quad (3)$$

- Vento como ação variável principal, sem atuação de sobrecarga:

$$1,25PP_1 + 1,40PP_2 + 1,50PP_3 + 1,40PP_4 + 1,40V \quad (4)$$

onde PP_1 é o peso próprio dos perfis de aço; PP_2 é o peso próprio da laje; PP_3 é o peso próprio das divisórias, forros e serviços, pele de vidro, revestimento e impermeabilização; PP_4 é o peso próprio da caixa d'água; SC é a sobrecarga de utilização; V é a ação do vento e FN são as forças nocionais.

No que diz respeito aos estados limites de serviço, foram empregadas combinações quase permanentes [eq. (5)] e raras [eq. (6)] para verificar as flechas das vigas mistas, e apenas combinações raras [eq. (7)] para a avaliação dos deslocamentos laterais e dos deslocamentos interpavimentos. Estas combinações estão apresentadas a seguir.

- Análise das flechas das vigas mistas:

$$PP_1 + PP_2 + PP_3 + 0,4SC \quad (5)$$

$$PP_3 + SC \quad (6)$$

- Avaliação dos deslocamentos laterais e interpavimentos:

$$PP_1 + PP_2 + PP_3 + PP_4 + V + 0,6SC \quad (7)$$

Para o cálculo das flechas, os efeitos de longa duração (fluência e retração do concreto) foram considerados na homogeneização das seções multiplicando por 3 a razão modular entre o módulo de elasticidade do aço e do concreto.

2.5 Recursos utilizados

O programa utilizado nas simulações numéricas foi o SAP2000, que é baseado no método dos elementos finitos. Para a importação de dados para esse programa e o tratamento dos resultados obtidos foram desenvolvidas planilhas eletrônicas utilizando o software Excel e linguagem de programação VBA. Para o dimensionamento dos elementos, foram desenvolvidas planilhas no programa Mathcad, de acordo com as recomendações presentes na ABNT NBR 8800:2008 [4]. As planilhas desenvolvidas, bem como a rotina utilizada na geração de arquivos de importação do SAP2000 contendo as propriedades geométricas de seções genéricas (vigas mistas) e perfis I estão disponíveis em Camargo [2].

2.6 Modelagem dos elementos

As vigas e os pilares dos modelos analisados foram modelados por meio de elementos de barra (*frame elements*). As lajes foram modeladas como diafragmas rígidos, sendo, portanto, desconsiderada a flexão no seu plano. Esse comportamento pôde ser simulado pelo recurso do SAP2000 chamado *constraint*. Nesses casos, o *constraint* empregado em cada pavimento foi o *rigid diaphragm*, no qual os nós são ligados uns aos outros por links rígidos em um determinado plano, de modo que eles se movam juntos, como um diafragma. Esta hipótese simplificadora reduz o número de graus de liberdade a ser solucionado, o que torna mais rápida a análise estrutural dos modelos.

3 Resultados e discussão

Para a classificação da estrutura, considerou-se os deslocamentos dos nós superiores dos pilares, fator R_s , igual a 1,00 para os pórticos com contraventamentos e igual a 0,85 para os sem contraventamentos. Os maiores valores do coeficiente B_2 ficaram iguais a 1,09 (com redução da sobrecarga) e 1,11 (sem redução da sobrecarga). Realizando a classificação da estrutura por meio da relação entre os deslocamentos de segunda (u_2) e de primeira ordem (u_1), o maior valor encontrado foi 1,07. Em ambos os casos, como esperado, os maiores resultados foram obtidos nas combinações com o maior valor das ações gravitacionais.

Como a estrutura apresentou uma deslocabilidade média devido ao maior valor encontrado para o B_2 , os módulos de elasticidade dos materiais foram reduzidos e os coeficientes B_2 foram recalculados para o dimensionamento dos elementos. Os maiores valores foram encontrados no pórtico do eixo 3, para a combinação em que a atuação do vento é desprezada. Quando a redução da sobrecarga é tomada como uma hipótese de cálculo, esse valor ficou igual a 1,11. Porém, quando essa premissa não é adotada, esse fator foi igual a 1,14 (Figura 2).

Ao comparar os esforços dos pilares encontrados para o vento com efeitos de vizinhança com aqueles obtidos para o vento uniforme, observou-se novamente uma grande semelhança entre eles, especialmente para os esforços axiais de compressão. Percebeu-se também que a situação onde o vento atua uniformemente gera momentos fletores com magnitudes um pouco menores. Além disso, as expressões de interação obtidas para o vento com efeitos de vizinhança ficaram, na média, 2,0% maiores do que os valores obtidos pelo vento uniforme.

Comparando os esforços solicitantes dos pilares fornecidos pelo método P-Delta com aqueles fornecidos pelo MAES (Tabela 3 e Tabela 4), percebeu-se que, no geral, as variações foram pequenas. Para os esforços de compressão e de flexão em X (eixo de maior inércia), o método P-Delta forneceu valores menores do que o MAES. Porém, para os esforços de flexão em Y e para forças cortantes em X e Y, os resultados ficaram um pouco maiores.

Nos contraventamentos (Tabela 5), os esforços solicitantes máximos de compressão obtidos pelo método P-Delta ficaram 10% maiores para as diagonais dos eixos 1 e 6, e 3,2% menores para as diagonais dos eixos 2 e 5. No caso dos esforços de tração, os valores máximos apresentaram variações significativas contra a segurança. No entanto, esse tipo de esforço não foi determinante para o dimensionamento das barras, visto que as forças de compressão ficaram entre 3 e 6 vezes maiores do que as de tração.

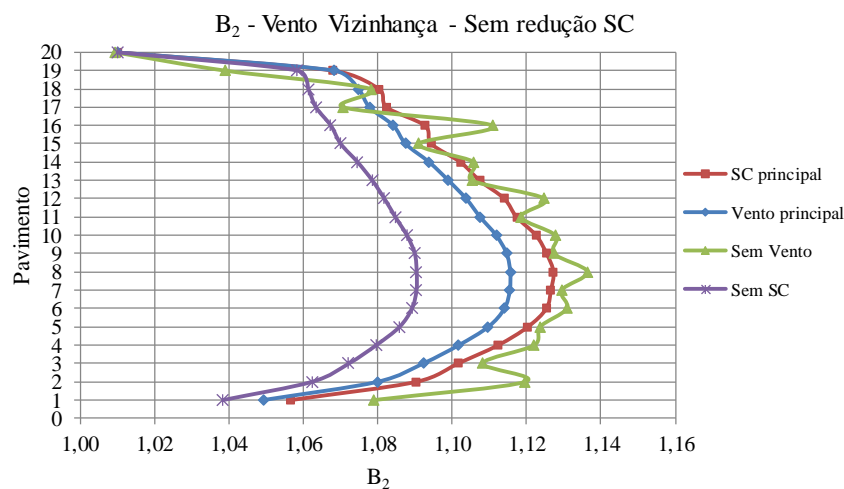


Figura 2. Variação do coeficiente B_2 , por pavimento, considerando o vento com efeitos de vizinhança em Y, quando aplicável, e sem redução da sobrecarga – Eixo 3. (Fonte: Camargo [2])

Tabela 3. Comparação entre os esforços solicitantes obtidos pelo MAES e método P-Delta, considerando o vento com efeitos de vizinhança. (Fonte: Camargo [2])

Pilar	Compressão (kN)			Flexão em X (kNcm)			Flexão em Y (kNcm)		
	P-Delta	B_1-B_2	Variação	P-Delta	B_1-B_2	Variação	P-Delta	B_1-B_2	Variação
P1	8.042	8.098	-0,7%	32.431	34.654	-6,4%	-1.243	-1.175	5,8%
P2	5.696	5.992	-4,9%	35.256	37.338	-5,6%	-4.984	-4.963	0,4%
P3	4.424	4.562	-3,0%	-32.397	-34.450	-6,0%	-5.024	-4.944	1,6%
P4	3.117	3.157	-1,3%	-25.837	-27.129	-4,8%	-5.004	-4.839	3,4%
P5	1.762	1.772	-0,5%	-18.470	-18.949	-2,5%	-3.688	-3.528	4,5%
Média			-2,1%	-	-	-5,0%	-	-	3,2%
Desvio padrão			1,9%	-	-	1,5%	-	-	2,2%

Tabela 4. Comparação entre os esforços solicitantes obtidos pelo MAES e método P-Delta, considerando o vento com efeitos de vizinhança. (Fonte: Camargo [2])

Pilar	Cortante em X (kN)			Cortante em Y (kN)		
	P-Delta	B_1-B_2	Variação	P-Delta	B_1-B_2	Variação
P1	57	56	1,8%	212	210	1,0%
P2	61	60	1,7%	211	210	0,5%
P3	60	59	1,7%	198	200	-1,0%
P4	63	62	1,6%	175	175	0,0%
P5	50	49	2,0%	169	169	0,0%
Média			1,8%	-	-	0,1%
Desvio padrão			0,2%	-	-	0,7%

Tabela 5. Solicitações de cálculo máximas dos contraventamento, obtidas pelo método P-Delta e pelo MAES.
(Fonte: Camargo [2])

Perfil	Compressão (kN)			Tração (kN)		
	P-Delta	B ₁ -B ₂	Variação	P-Delta	B ₁ -B ₂	Variação
W 200 x 52	933	848	10,0%	84	262	-67,9%
HP 250 x 62	1.061	1.096	-3,2%	148	188	-21,3%

No que se refere aos deslocamentos laterais, o máximo valor encontrado foi 10,4 cm, quando o vento é aplicado com excentricidade na direção Y. Para o caso em que o mesmo atua na direção X, o maior valor encontrado foi de apenas 3,1 cm. Em relação aos deslocamentos interpavimentos, os maiores valores obtidos nas direções Y e X foram 6,9 e 6,6 mm, respectivamente. Em todos os casos, os limites H/400 (17,5 cm) e h/500 (7 mm) foram atendidos com folga.

4 Conclusões

Do ponto de vista de projeto, constatou-se que a redução da sobrecarga para o dimensionamento de pilares proporciona uma economia de material, mas gera um aumento de trabalho, pois exige a utilização de diferentes combinações de cálculo para o dimensionamento de vigas e pilares. Percebeu-se também que o critério apresentado na ABNT NBR 6120:1980 [3] abre espaço para diferentes interpretações, principalmente na forma de se avaliar o número de andares acima de um determinado pavimento e seu respectivo coeficiente.

No que diz respeito aos efeitos de vizinhança, observou-se que sua maior influência está no aumento dos momentos fletores e dos deslocamentos da estrutura.

Em relação à avaliação dos efeitos de segunda ordem pelo método da amplificação dos esforços solicitantes (MAES), constatou-se que, para efeitos de classificação, a combinação de cálculo crítica é aquela que possui o maior carregamento gravitacional. Entretanto, para o dimensionamento dos elementos, é necessário estudar outras hipóteses de cálculo, principalmente aquelas em que o vento é a ação variável principal, visto que essas situações são determinantes no cálculo de pilares e de vigas que fazem parte de pórticos.

Os resultados obtidos pelo método P-Delta mostraram-se bastante semelhantes àqueles calculados pelo MAES. Na maior parte dos casos, eles ficaram um pouco menores, com desvios desprezíveis. Por outro lado, as relações entre os deslocamentos de segunda ordem (u_2) e primeira ordem (u_1) tiveram um comportamento diferente dos coeficientes B_2 , com valores menores do que esses coeficientes.

Por fim, observou-se que o MAES é um método mais trabalhoso devido à necessidade de se modelar diferentes tipos de estruturas (contida e não contida lateralmente) para a determinação dos esforços finais. Nesse aspecto, o emprego do método P-Delta presente no pacote comercial utilizado foi mais atrativo, pois não apresenta essa duplicidade de análises.

Agradecimentos. Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico, CNPq, pelo apoio financeiro e ao Departamento de Engenharia de Estruturas da EESC-USP.

Declaração de autoria. Os autores confirmam que são as únicas pessoas responsáveis pela autoria deste trabalho, e que todo o material aqui incluído como parte deste artigo é de propriedade (e autoria) dos autores ou tem a permissão dos proprietários a serem incluídos aqui.

Referências

- [1] SÁLES, J.J. *Estudo do projeto e da construção de edifícios de andares múltiplos com estruturas de aço*. 1995. 257 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.
- [2] CAMARGO, R.E.M. *Contribuição ao estudo da estabilidade de edifícios de andares múltiplos em aço*. 2012. 312 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6120*: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8800*: Projeto de estruturas de aço e estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6123*: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.