

ANÁLISE DE SEGUNDA ORDEM EM EDIFÍCIOS DE CONCRETO ARMADO.

Matheus Pereira da Silva¹

¹ Estudante de graduação em Engenharia Civil, Universidade do Estado do Amazonas,
matheuslv2012@gmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

RESUMO: A demanda por estruturas de edifícios de concreto armado que consigam aliar esbeltez e economia exige que as análises dos efeitos de segunda ordem sejam realizadas de maneira rápida e precisa. O método prescrito pela NBR 6118:2014 permite avaliar os efeitos de segunda ordem através da majoração dos esforços horizontais por $0,95\gamma_z$. Neste contexto, esta pesquisa objetivou avaliar os efeitos de segunda ordem em três edificações possuindo a mesma planta de fôrma, porém com 10, 20 e 30 pavimentos, respectivamente. Foi avaliada através da NBR 6123:1988 a velocidade básica de vento para a cidade de Manaus, sendo calculada a partir desta as forças de vento que atuam sobre as estruturas avaliadas. Os valores de γ_z obtidos para as três edificações, na direção x, foram respectivamente 1, 1,103, e 1,25. Pode-se concluir que os efeitos de segunda ordem devem ser avaliados até mesmo para edificações simples acima de 4 pavimentos, pois os efeitos de segunda ordem atuantes nas estruturas são consideravelmente superiores quando o coeficiente γ_z é mais alto. A edificação 3, de 30 pavimentos, foi a que sofreu maior influência das ações de segunda ordem, enquanto a edificação 1, de 10 pavimentos, foi considerada de nós fixos devido a seu coeficiente γ_z inferior a 1,1.

PALAVRAS-CHAVE: *Deslocamentos, Segunda Ordem, Estabilidade.*

Second Order Analysis in armed concrete structures

ABSTRACT: The current demand for armed concrete structures that are able to combine slenderness and economy obligate the second order effect analysis to be made in a quick and precise manner. The method prescribed by the NBR 6118:2014 allows to evaluate the second order effects by increasing the horizontal loads for $0,95\gamma_z$. In this context, this paper aims to evaluate the second order effects in three buildings, possessing the same form plant, but with 10, 20 and 30 stories. It was evaluated through the NBR 6123:1988 the base wind speed in Manaus, being calculated through this, the wind forces acting in the structures. The γ_z values obtained for the three building in the x axys were respectively 1, 1,103 and 1,25. Thus, it is possible to conclude that the second order effects must be evaluated even in simple buildings above 4 stories, for the second order effects acting on structures are considerable when the γ_z coefficient is higher. The third building, with 30 stories, were the one who suffered most from second order effects, while the first building, with 10 stories, were considered of rigid joint due to its below 1,1 γ_z coefficient.

KEYWORDS: *Displacements, Second Order, Stability.*

INTRODUÇÃO

A análise da estabilidade global em estruturas está se tornando de extrema importância, posto que grandes avanços tecnológicos se fazem presente na engenharia civil. Grandes empreendimentos foram lançados visando suprir a demanda de edificações, residencial, comercial e industrial. É o caso, por exemplo, do cálculo estrutural, com versões mais atualizadas de softwares, simulando com maior precisão as ações atuantes na estrutura.

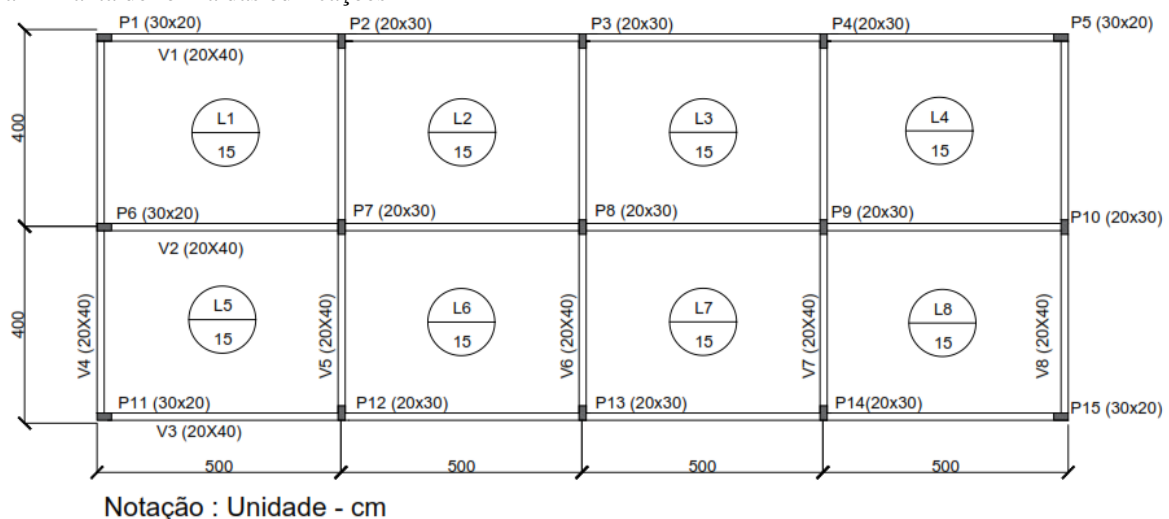
No passado, os efeitos de segunda ordem eram avaliados apenas em obras de arte ou de maior complexidade, não sendo usual esta modalidade de análise em estruturas de edifícios em concreto armado. É difícil realizar uma adequada análise de segunda ordem manualmente, sendo necessário recorrer a modelos computacionais.

Atualmente, o comportamento de segunda ordem da estrutura é avaliado através de programas computacionais ou, de uma maneira mais simples, através do coeficiente γ_z , definido pela ABNT NBR 6118:2014. O presente trabalho tem como objetivo avaliar os esforços globais de segunda ordem em três edificações de 10, 20 e 30 pavimentos através do coeficiente γ_z .

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa iniciou-se com a definição da planta de fôrma, conforme observada na figura abaixo, das edificações de múltiplos pavimentos que serão adotadas. Serão avaliadas edificações de 10, 20 e 30 pavimentos. Após definida a geometria dos elementos estruturais, se consultou na ABNT NBR 6123:1988 a velocidade média para a região de Manaus e os coeficientes de ponderação, sendo obtida a velocidade de projeto para avaliar os carregamentos horizontais.

Figura 1 Planta de forma das edificações



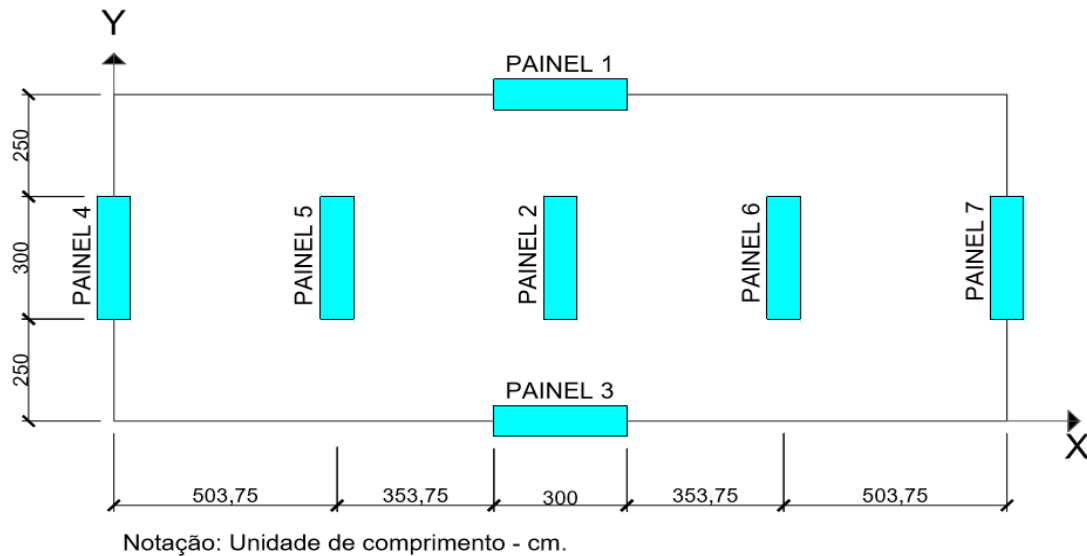
Será obtida a força de arrasto atuante em cada nível dos três edifícios avaliados. Após definidos os painéis de contraventamento atuantes na estrutura, será calculada a repartição da força de vento para os painéis com auxílio do software Microsoft Excel, conforme a tabela abaixo, definindo para cada edifício, as cargas horizontais atuantes nos painéis a cada nível.

Tabela 1 Forças atuantes nos painéis das edificações

PAINÉIS NA DIREÇÃO Y							
Situação	1	2	3	4	5	6	7
1	0	0,166944607	0	0,083203095	0,124762158	0,166944607	0,249439347
2	0	0,66777082	0	0,332808591	0,499042948	0,66777082	0,997746019
3	0	1,496029756	0	0,745363554	1,117902612	1,496029756	2,235519786
PAINÉIS NA DIREÇÃO X							
Situação	1	2	3	4	5	6	7
1	0,530693162	0	11,22613668	0	0	0	0
2	0,785748289	0	44,90455623	0	0	0	0
3	-0,944033095	0	101,0414651	0	0	0	0

Os painéis de contraventamento são composto pela somatória da rigidez dos pilares no plano onde são solicitados, sua posição global pode ser observada na figura abaixo :

Figura 2 Painéis de contraventamento das estruturas



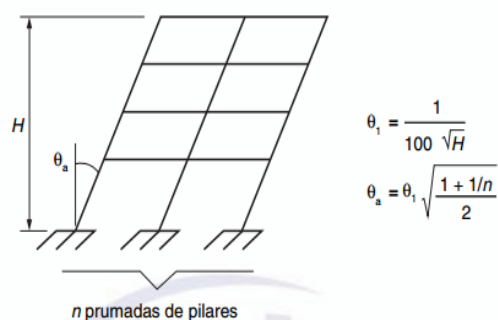
O somatório de todas as cargas verticais (N_K) atuantes em cada edifício é mostrado na tabela abaixo. Foram consideradas as seguintes ações : permanentes (g_k) e variável (q_k). Os valores de projeto (N_D) foram obtidos através da expressão $N_D = 1,4.g_k + 1,4.q_k$.

Tabela 2 Ações verticais na estrutura

Andares	N_K (kN)	N_D (kN)
10	9451,17	13231,63
20	18902,34	26463,27
30	28353,51	39694,91

Para definir os parâmetros de estabilidade, deve-se avaliar a imperfeição geométrica da estrutura, conforme observado na figura . A ABNT NBR 6118:2014 prescreve que os esforços obtidos pela imperfeição geométrica, deverão ser considerados no cálculo dos deslocamentos apenas se forem superiores aos esforços obtidos considerando a ação do vento.

Figura 3 Imperfeições geométricas



Foi adotado o valor mínimo de θ_1 , prescrito pela ABNT NBR 6118:2014, por serem os θ_1 calculados menores que o mínimo. Na tabela abaixo, constam os desaprumos das edificações.

Tabela 3 Imperfeições da estrutura

Imperfeição em X			Imperfeição em Y		
Edifício	θ_1	θ_a	Edifício	θ_1	θ_a
1	1/300	0,0026	1	1/300	0,0026
2	1/300	0,0026	2	1/300	0,0026
3	1/300	0,0026	3	1/300	0,0026

O cálculo do coeficiente γ_z se dá pela aplicação da seguinte equação:

Equação 1 Cálculo do coeficiente γ_z

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \left(\frac{\Delta M_{totd}}{M_{1,totd}} \right)}$$

Onde:

$\Delta M_{tot,d}$ é a soma dos produtos das forças verticais de cálculo atuantes pelos respectivos deslocamentos de primeira ordem;

$M_{1,totd}$ é o momento de tombamento de cálculo.

Os valores obtidos para o coeficiente encontram-se na tabela abaixo:

Tabela 4 Valores do coeficiente γ_z

Situação	M1totD (kN.m)	ΔM_{totd} (kN.m)	γ_z	Status
1	18064,403	477,661	1,027	Nós fixos
2	80422,976	7557,038	1,103	Nós móveis
3	195740,307	39943,853	1,25	Nós móveis

Situação	M1totD (kN.m)	ΔM_{1totd} (kN.m)	γ_z	Status
1	4890,899618	1,90535472	1,00	Nós fixos
2	21774,35372	37,445145	1,00	Nós fixos
3	52996,28166	179,31149	1,003	Nós fixos

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar os efeitos de segunda ordem, as edificações foram submetidas às cargas horizontais e verticais calculadas e avaliadas. Foram realizadas análises de segunda ordem, para estimar a relação entre o coeficiente γ_z e os deslocamentos aferidos. A análise de segunda ordem foi realizada pelo método simplificado prescrito na ABNT NBR 6118:2014, que permite considerar os efeitos de segunda ordem através da majoração dos esforços horizontais por $0,95 \gamma_z$. Como o valor do coeficiente γ_z foi inferior a 1,1, a edificação 1 não possibilita uma análise de segunda ordem pelo método simplificado, sendo avaliada nesta, apenas uma análise linear.

Figura 4 Deslocamentos do Edifício 1

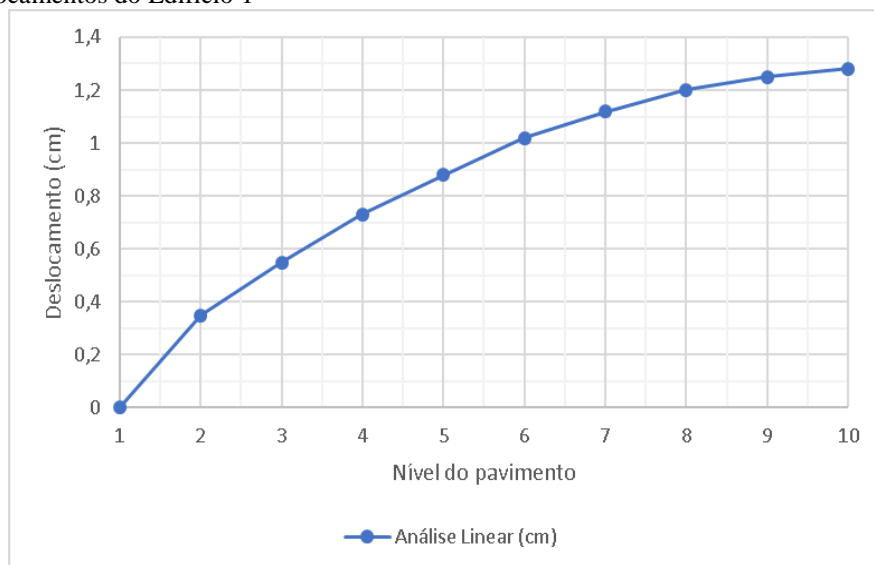


Figura 5 Deslocamentos da edificação 2

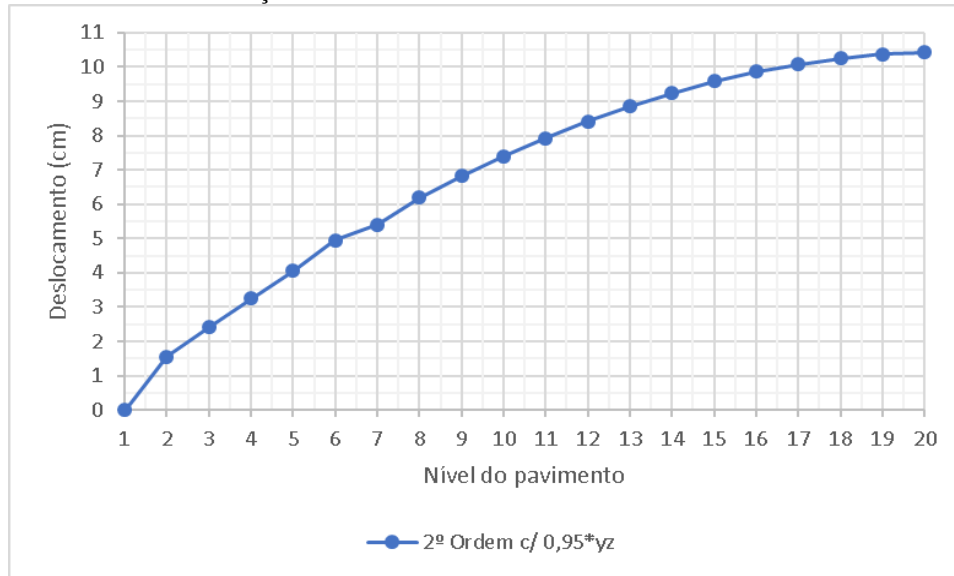
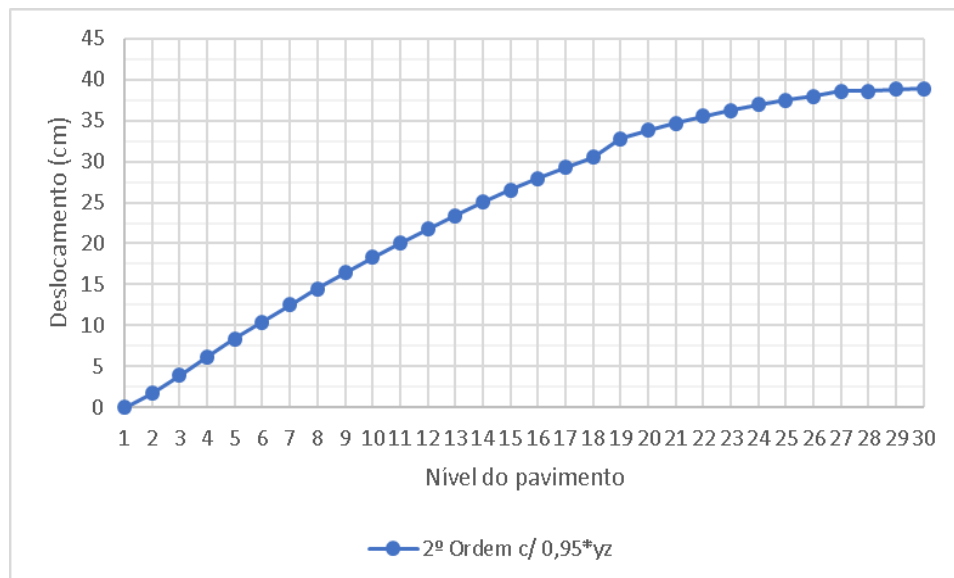


Figura 6 Deslocamentos da edificação 3



CONCLUSÕES

Os efeitos de segunda ordem devem ser avaliados até mesmo para edificações simples acima de 4 pavimentos, pois os efeitos de segunda ordem atuantes nas estruturas são consideravelmente superiores quando o coeficiente γ_z é mais alto. A edificação 3, de 30 pavimentos, foi a que sofreu maior influência das ações de segunda ordem, enquanto a edificação 1, de 10 pavimentos, foi considerada de nós fixos devido a seu coeficiente γ_z inferior a 1,1.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J.M. Curso de concreto armado. 4 ed. Rio Grande: Ed. Dunas, 2014.
- BECK, H. and KÖNIG, G. **Haltekräfte im Skelettbau**. In: Beton- und Stahlbetonbau, n. 62, tome 1 (pp. 7-15) and tome 2 (pp. 37-42), Berlin, 1967.
- MONCAYO, W.J.Z. Análise de segunda ordem global em edifícios com estrutura de concreto armado. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.