

# UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PARA ANÁLISE DA AÇÃO DO VENTO E INSTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES EM CONCRETO ARMADO, NUM CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Prof. M.Sc. Antonio de Faria<sup>1</sup>  
Prof. Dr. Roberto Chust Carvalho<sup>2</sup>

## RESUMO

Acompanhando o desenvolvimento do país, é imperioso que o ensino da disciplina Estruturas de Concreto Armado nos cursos graduação em engenharia civil contemple o estudo da ação do vento e a análise da instabilidade global no projeto de estruturas de edificações. Cumpre frisar que, de acordo com a NBR 6118:2003, no desenvolvimento do projeto estrutural de uma edificação, há a obrigatoriedade de se considerar a ação de vento e verificar a instabilidade global da mesma. Este trabalho mostra como, de forma didática, por meio da utilização de programas gratuitos e de algumas considerações de funcionamento dos elementos estruturais do pavimento, pode-se realizar o estudo da deformabilidade lateral e da instabilidade da estrutura. Apresentam-se resumidamente os principais conceitos utilizados no procedimento e um exemplo, utilizando a ferramenta computacional gratuita FTOOL (Two-Dimensional Frame Analysis Tool), que permite ao aluno ou mesmo ao projetista analisar o grau de deslocabilidade da estrutura e, ainda, determinar as ações laterais de vento. A análise da instabilidade é realizada por meio do parâmetro  $\mu$  e do coeficiente  $\gamma$ , previsto pela NBR 6118:2003. Finalmente, são feitos alguns comentários de como pode ser conduzido o assunto de forma didática, de maneira que mesmo um aluno de graduação consiga facilmente compreender o comportamento estrutural de uma edificação de múltiplos andares moldada no local, quando solicitada simultaneamente por ações verticais e laterais.

**Palavras chave:** Ensino. Instabilidade. Vento.

## 1 INTRODUÇÃO

O ensino de determinados conteúdos da disciplina *Estruturas em Concreto Armado* vem passando por um processo de reformulação nos últimos anos. Dentre eles, a análise da instabilidade e dos efeitos de segunda ordem se faz necessária. Porém, não há como fazê-lo sem o auxílio de ferramentas computacionais.

Além disso, outras circunstâncias configuram esse novo contexto: a expansão dos cursos de graduação em engenharia civil no país; a necessidade de adequação dos cursos aos novos paradigmas tecnológicos; as novas exigências do mercado como, por exemplo, no que se refere à qualidade e durabilidade das estruturas de con-

creto e a expansão na utilização de estruturas Pré-Fabricadas, Estruturas em Concreto Protendido e a Alvenaria Estrutural.

No caso particular da Área de Estruturas, não se observa a organização de disciplinas que contemplem especificamente o uso de ferramentas computacionais como requisito de orientação ou formação profissional. A prática da engenharia de projeto tem mostrado, contudo, que hoje não existe profissional ou escritório que trabalhe sem tais ferramentas. Portanto, os projetos de curso deveriam utilizar ferramentas computacionais como recurso metodológico para o ensino dos diversos conteúdos da área de estruturas em geral e de Concreto Armado em particular.

Cabe destacar que as exigências da

<sup>1</sup>Centro Universitário de Varginha – UNIS-MG Av. Cel. José Alves, 256 – Vila Pinto, 37010-540 – Varginha – MG. E-mail: faria@unis.edu.br

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de São Carlos Rodovia Washington Luís, km 235 - SP-310 13565-905 - São Carlos – SP. E-mail: chust@power.ufscar.br

utilização de ferramentas computacionais na área de Estruturas são evidentes e, a partir do ano 2003, vem se intensificando, pois neste ano, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT apresentou a reformulação da NBR 6118/03 (Projetos de Estruturas em Concreto), passando a mesma a vigorar no meio técnico a partir de abril de 2004. Dentre inúmeras outras questões, cabe aqui destacar a necessidade de “Análise Global das Estruturas” e a consideração da “Não Linearidade Física dos Materiais” para ilustrar a necessidade imediata de inserção de ferramentas computacionais nas disciplinas de Estruturas de Concreto.

As especificidades da atuação profissional do engenheiro e as exigências atuais em relação à atuação desse profissional podem ser observadas também nas indicações expressas nas Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Engenharia, conforme Parecer CNE/CES 1362/2001. Dentre elas, poderíamos destacar: “VI – desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas”.

Atualmente, há uma razoável quantidade de ferramentas de informática disponíveis na área de estruturas de concreto armado, tanto aquelas produzidas por profissionais e empresas que atuam diretamente no mercado de trabalho, assim como aquelas produzidas por instituições de ensino e pesquisa. O curso de graduação deve aprofundar em temas complexos da área de estruturas, viabilizando a ampliação das possibilidades de atuação profissional dos engenheiros.

A proposição de estratégias de utilização de ferramentas computacionais no desenvolvimento de determinados conteúdos dessa disciplina visa criar condições para que o aluno tenha uma formação que desde o início do curso lhe assegure uma atuação similar à de um profissional do mercado do século XXI, ou seja, de acordo com as normas técnicas em vigor e a rotina dos escritórios e de profissionais autônomos de projeto, rompendo com a utilização de procedimentos ultrapassados que caíram em desuso e que se aplicam às poucas situações ou tornam os projetos de estruturas inviáveis economicamente.

Assim, no que se refere ao ensino de determinados conteúdos da disciplina Estrutu-

ras de Concreto Armado e em particular no que se refere à área de projetos e estruturas e, em particular às de concreto, é preciso discutir “o quê” e “em qual intensidade” deve ser apresentado ao futuro profissional uma vez que, durante a graduação, a formação deve ser abrangente.

## 2 DEFINIÇÕES PRELIMINARES

Para mostrar aos alunos a questão da instabilidade, é necessário considerar alguns conceitos e fazer algumas definições descritas a seguir.

### 2.1 Não Linearidade Física

Materiais compostos como o Concreto Armado podem apresentar um comportamento conjunto semelhante. No caso de vigas, lajes e pilares, esse comportamento conjunto pode ser visualizado com diagramas momento fletor x curvatura. Como o mostrado na figura 2.1 (caso de um pilar) em que se percebe a não linearidade entre a variação do momento com a curvatura.

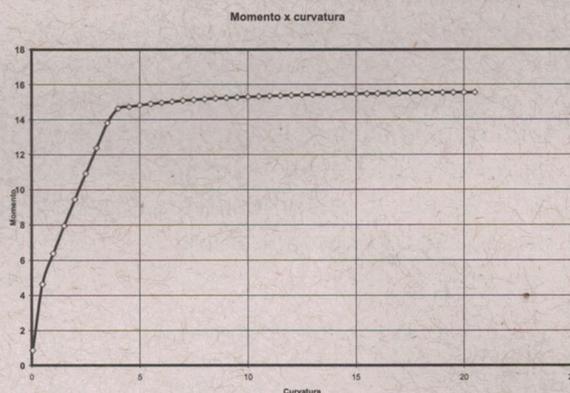


Figura 2.1: Diagrama momento-curvatura de pilar de seção retangular com esforço normal constante

### 2.1 Não Linearidade Geométrica.

Uma das hipóteses fundamentais da análise linear é que os deslocamentos da estrutura são pequenos, ou seja, as equações de equilíbrio podem ser escritas na posição indeformada, sem causar erros significativos no resultado, conforme mostra a figura 2.2-A. Quando os deslocamentos alteram mais do que 10% dos esforços de 1ª ordem, eles devem ser levados em consideração, conforme mostra a figura 2.2-B. O efeito da deformação da estrutura é chamado de não-linearidade geométrica.

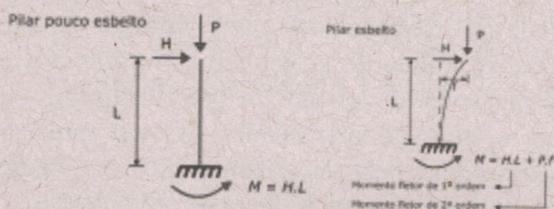


Figura 2.2: Ações de primeira ordem (pilar indeformado figura a) e com segunda ordem (pilar deformado figura b)

## 2.3 Instabilidade

De acordo com a NBR 6118:2003 – item 15.2, existe nas estruturas três tipos de instabilidade:

- Nas estruturas sem imperfeições geométricas iniciais, pode haver (para casos especiais de carregamento) perda de instabilidade por flambagem;
- Em situações particulares (estruturas abatidas), pode haver perda de estabilidade sem bifurcação do equilíbrio por passagem brusca de uma configuração para outra reversa da anterior (ponto limite com reversão);
- Em estruturas de material de comportamento não linear, com imperfeições geométricas iniciais, não há perda de equilíbrio por bifurcação do equilíbrio, podendo, no entanto, haver perda de estabilidade quando cresce a intensidade do carregamento.

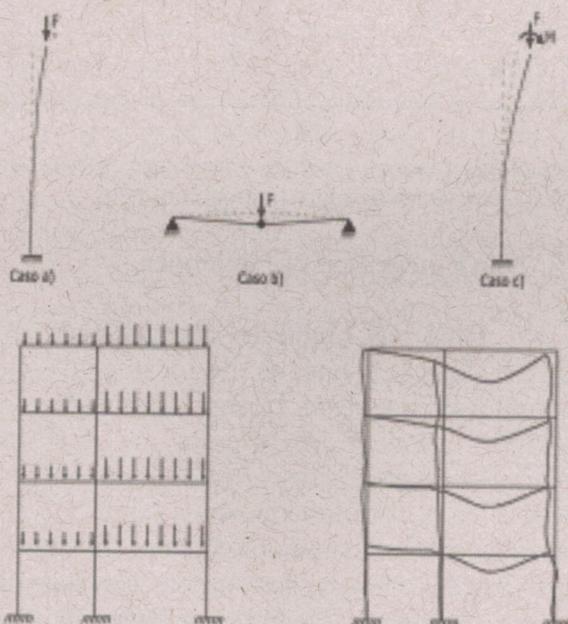


Figura 2.3: Efeitos globais Comportamento da estrutura sob a ação de forças horizontais e verticais

Quando a análise do equilíbrio passa a ser efetuada considerando a configuração deformada, surgem os efeitos de 2ª ordem, que se somam aos obtidos numa análise de 1ª ordem, em que a estrutura é calculada na configuração geométrica inicial indeformada.

Segundo a NBR 6118:2003, sob a ação das cargas verticais e horizontais, os nós da estrutura deslocam-se horizontalmente. Os esforços de 2ª ordem decorrentes desses deslocamentos são chamados de efeitos globais de 2ª ordem.

## 2.4 Parâmetro de Instabilidade ( $\alpha$ )

De acordo com a NBR 6118:2003, o parâmetro de instabilidade  $\alpha$  pode ser definido como sendo uma grandeza capaz de avaliar a sensibilidade da estrutura em relação aos efeitos de 2ª ordem, ou por outro lado, indicar a suscetibilidade da estrutura ao acréscimo de momentos fletores decorrentes de sua posição deslocada.

A NBR 6118:2003 define que uma estrutura reticulada simétrica pode ser considerada como sendo de nós fixos se seu parâmetro de instabilidade  $\alpha$  for menor que o valor  $\alpha_1$ , conforme expressão abaixo:

$\alpha = H_{tot} \sqrt{\frac{N_k}{E_{ci} I_c}} \leq \alpha_1$	$\alpha_1 = 0,2 + 0,1 \cdot n \rightarrow$ se $n = 3$
	$\alpha_1 = 0,6 \rightarrow$ se $n \geq 4$ (estruturas usuais de edifícios; associações de pilares -parede e para pórticos associados a pilares-parede);
	$\alpha_1 = 0,7 \rightarrow$ se $n \geq 4$ (contraventamento constituído exclusivamente por pilares -parede);
	$\alpha_1 = 0,5 \rightarrow$ se $n \geq 4$ (quando só houver pórticos);

Sendo:

$n$  – o número total de níveis de barras horizontais (andares) acima da fundação ou de um nível pouco deslocável do subsolo;

$H_{tot}$  – é a altura total da estrutura, medida a partir do topo da fundação ou de um nível pouco deslocável do subsolo;

$N_k$  – é a somatória de todas as cargas verticais atuantes na estrutura (a partir do nível considerado para o cálculo de  $H_{tot}$ ), com seu valor característico;

$E_{ci} I_c$  – é a somatória das rigidezes de todos os pilares na direção considerada. No caso de estruturas de pórticos, de treliças ou mistas, ou com pilares de rigidez variável ao longo

da altura, pode ser considerado o valor da expressão  $E_c I_c$  de um pilar equivalente de seção constante.

### 2.5 Coeficiente $\gamma_z$

O coeficiente  $\gamma_z$  é o coeficiente majorador dos esforços de 1ª ordem, para obtenção dos esforços finais que incluem os de 2ª ordem, sendo ainda um classificador quanto a deslocabilidade dos nós;

Segundo a NBR 6118:2003, o coeficiente  $\gamma_z$  de avaliação da importância dos esforços de segunda ordem global é válido para estruturas reticuladas de no mínimo quatro andares. Ele pode ser determinado a partir dos resultados de uma análise linear de primeira ordem, para cada caso de carregamento, adotando-se os valores de rigidez.

$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot,d}}{M_{1,tot,d}}}$	<p><math>M_{1,tot,d}</math> – momento de tombamento, ou seja, a soma dos momentos de todas as forças horizontais da combinação considerada, com seus respectivos valores de cálculo, em relação à base da estrutura;</p> <p><math>\Delta M_{tot,d}</math> – soma dos produtos de todas as forças verticais atuantes na estrutura, na combinação considerada, com seus valores de cálculo, pelos deslocamentos horizontais de seus respectivos pontos de aplicação, obtidos da análise de 1ª ordem;</p>
---	--

Como o coeficiente  $\gamma_z$  dá idéia da majoração necessária dos esforços de 1ª ordem, considera-se que a estrutura será de nós fixos quando  $\gamma_z \leq 1,1$ .

## 3 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE INSTABILIDADE

Uma vez colocados os princípios, os coeficientes e os parâmetros, é possível, por meio de um exemplo prático, com auxílio de ferramenta computacional (no caso o software FTOOL - Two-Dimensional Frame Analysis Tool), fazer as análises de instabilidade previstas pela NBR 6118:2003. No item que se segue, mostra-se como isto pode ser feito.

## 4 EXEMPLO NÚMÉRICO DE DETERMINAÇÃO DA AÇÃO DO VENTO E INSTABILIDADE GLOBAL POR MEIO DO PARÂMETRO ALFA E DO COEFICIENTE GAMAZ

Seja a edificação abaixo esquematiza-

da, constituída pela planta e corte de uma edificação comercial, situada na cidade média em uma região em que o terreno é plano e o bairro densamente habitado.

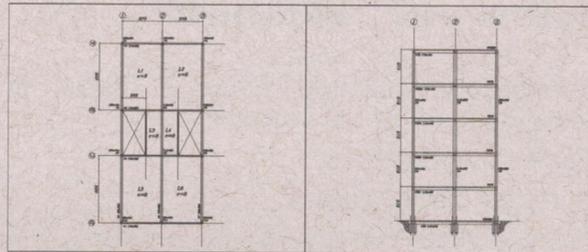


Figura 4.1: Planta e Corte Esquemático da edificação

### Etapa 1 - Determinação da dimensão do Pilar Equivalente

#### Características Geométricas:

Vigas - (12x40 cm) Area = 480 cm <sup>2</sup> Inércia = 64.000 cm <sup>4</sup>	Pilares - (20x60 cm) Area = 1200 cm <sup>2</sup> Inércia = 360000 cm <sup>4</sup>	Concreto E <sub>c</sub> = 5600x√f <sub>ck</sub> = 5600x√30 = 30.672 MPa G <sub>c</sub> = 0,4x E <sub>c</sub> = 0,4x30.672 = 12.269 MPa
--	---	--

Considerando que a força F = 100 kN atuando horizontalmente no nó superior do pórtico e utilizando o software FTOOL para resolução da estrutura, chega-se a:

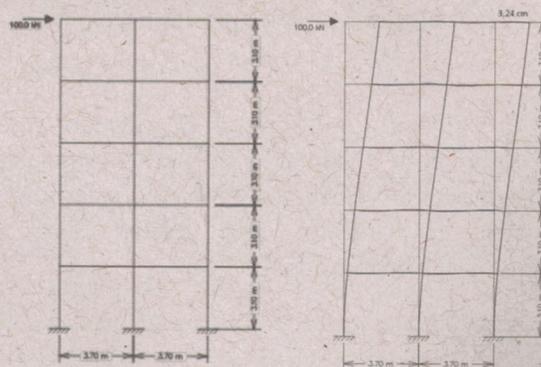


Figura 4.2: Modelo Estrutural com Carregamento Externo e Modelo Estrutural com 05 Pavimentos deformado

$\delta_{pórtico} = 3,24 \text{ cm}$

$$E.I = \frac{Eh^3}{3\delta_{pórtico}} \Rightarrow I = \frac{100.1550^3}{3.30672 \cdot 3,24} = 12.490.699 \text{ cm}^4 \quad h = \sqrt{\frac{12.12490699}{20}} = 195,7 \text{ cm}$$

Assim, um pilar de 20x196 cm é equivalente em rigidez à do pórtico com a configuração definida acima.

**Etapa 2 - Determinação dos esforços devido à ação do vento – NBR 6123:1988**

Velocidade básica do vento: – região de Ribeirão Preto-SP -  $V_0 = 40 \text{ m/s}$   
 Fator Topográfico -  $S_1$   
 $S_1 = 1,0 \Rightarrow$  terreno plano  
 Rugosidade do Terreno -  $S_2$   
 Maior dimensão da edificação < 20,0 m – CLASSE A – Categoria IV

$S_2 = b \times F_r \times \left(\frac{z}{10}\right)^p$	Sendo:
	$z$ – é a altura acima do terreno $F_r$ – Fator de rajada correspondente à classe B, categoria II $b$ – parâmetro de correção da classe de edificação (tabela 3.1 – NBR 6123) $p$ – parâmetro meteorológico (tabela 3.1 – NBR 6123)

Adotando:  $F_r = 1,0 - b = 0,86 - p = 0,12$   
 O parâmetro  $S_3$  será igual a 1,0, pois se trata de residência (grupo 2);

Assim, pode-se calcular a velocidade característica do vento:  $V_K = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3$   
 A pressão de obstrução é dada por:

$$q_{vento} = 0,613 \cdot V_k^2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

A força de arrasto por andar é dada por:

$$F_a = C_a \cdot q \cdot A$$

O valor do coeficiente de arrasto será calculado para a situação de vento com alta turbulência, pois trata-se de bairro densamente habitado e, portanto, com muitas casas e sobrados nas proximidades.

Coeficientes de entrada  $L/L_2 = 16,80/7,60 = 2,21$ $h/L_1 = 15,50/16,80 = 0,92$  Com esses valores, obtém-se $C_a = 1$	para $z = 0,00 \text{ m} \rightarrow F_a = 0 \text{ kN}$
	para $z = 3,10 \text{ m} \rightarrow F_a = 1,0 \cdot 548,16,8 \cdot (3,1/2) + 1,0 \cdot 647,16,8 \cdot (3,1/2) = 31,12 \text{ kN}$
	para $z = 6,20 \text{ m} \rightarrow F_a = 1,0 \cdot 647,16,8 \cdot (3,1/2) + 1,0 \cdot 713,16,8 \cdot (3,1/2) = 35,41 \text{ kN}$
	para $z = 9,30 \text{ m} \rightarrow F_a = 1,0 \cdot 713,16,8 \cdot (3,1/2) + 1,0 \cdot 764,16,8 \cdot (3,1/2) = 38,46 \text{ kN}$
	para $z = 12,40 \text{ m} \rightarrow F_a = 1,0 \cdot 764,16,8 \cdot (3,1/2) + 1,0 \cdot 806,16,8 \cdot (3,1/2) = 40,88 \text{ kN}$
	para $z = 15,50 \text{ m} \rightarrow F_a = 1,0 \cdot 806,16,8 \cdot (3,1/2) = 20,99 \text{ kN}$

**Determinação dos esforços na estrutura:**

Considerando:

- as características geométricas da estrutura as utilizadas na etapa 1;
- que existe na direção horizontal (direção da

ação do vento) quatro pórticos, os valores obtidos no item anterior serão divididos por quatro (efeito de septo);

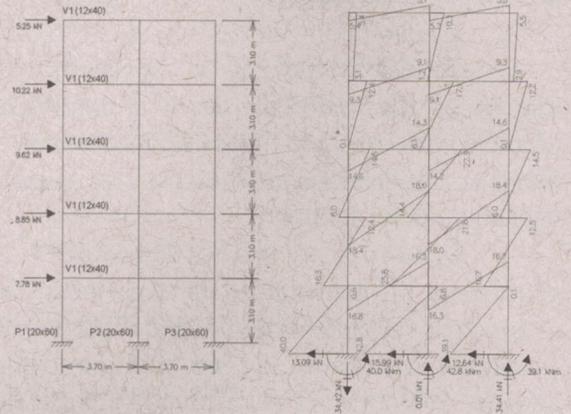


Figura 4.3: Ações na Estrutura devido ao Vento e Diagrama de Momento Fletor

**Etapa 3 - Determinação do Parâmetro alfa ( $\alpha$ )**

- Laje de Forro: - Peso Próprio ( $e = 8,0 \text{ cm}$ ) -  $2,0 \text{ kN/m}^2$ ;  
 - Revestimento ( $e = 2,0 \text{ cm}$ ) -  $0,36 \text{ kN/m}^2$ ;  
 - Carga Acidental -  $0,5 \text{ kN/m}^2$ ;
- Laje de Piso: - Peso Próprio ( $e = 8,0 \text{ cm}$ ) -  $2,0 \text{ kN/m}^2$ ;  
 - Revestimento ( $e = 5,0 \text{ cm}$ ) -  $0,9 \text{ kN/m}^2$ ;  
 - Carga Acidental -  $1,5 \text{ kN/m}^2$ ;
- Paredes: - Paredes externas:  $e = 20,0 \text{ cm}$ ;  
 - Paredes internas:  $e = 15,0 \text{ cm}$ ;  
 - Pé Direito:  $3,00 \text{ m}$   
 - Peso específico da alvenaria e revestimento:  $= 18 \text{ kN/m}^3$ ;
- Pilares: 05 Pavimentos: Pilares  $20 \times 60 \text{ cm}$ ;
- Concreto:  $F_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$ ;

Cargas verticais atuantes na edificação - 05 pavimentos (forro + 4 pav. tipo):

Carregamento Total da Edificação				
Carga	Tipo	num. repetições	Total Parcial (kN)	Total Geral (kN)
Forro	Carga Acidental	1	63,84	63,84
	Permanente	1	517,67	517,67
	<b>Acidental + Permanente</b>		<b>581,51</b>	<b>581,51</b>
Pav. Tipo 1	Carga Acidental	4	191,52	766,08
	Permanente	4	1349,83	5.399,32
	<b>Acidental + Permanente</b>		<b>1541,35</b>	<b>6.165,40</b>
<b>TOTAL GERAL</b>	Carga Acidental			829,92
	Permanente			5.916,99
	<b>Acidental + Permanente</b>			<b>6.746,91</b>

$E_s = 5600 \cdot \sqrt{f_{ck}} = 5600 \cdot \sqrt{30,0} = 30.672 \text{ MPa}$ $H = 15,50 \text{ m}$ $N_k = 6746,91 \text{ kN}$  Inércia Equivalente : $I_{eq} = 12.490.699 \text{ cm}^4$	$\alpha = H_{tot} \cdot \sqrt{\frac{N_k}{E_s \cdot I_s}} = 1550 \cdot \sqrt{\frac{6746,91}{3067,2 \cdot 4 \cdot 12490699}} = 0,33$ $\alpha = 0,33 < \alpha_1 = 0,6$
---	--

Como  $\alpha = 0,33$  é menor que  $\alpha_1 = 0,6$ , trata-se portanto de uma estrutura de nós rígidos.

#### Etapa 4 - Determinação do Coeficiente $\gamma_z$

Considerando:

- as características geométricas da estrutura as utilizadas na etapa 1;
- o Momento de Segunda Ordem é dado por:

$$\Delta M_{tot, d} = \sum_{i=1}^n (\gamma_f \times P_{gi} + \gamma_f \times P_{q1i} + \psi_0 \times \gamma_f \times P_{q2i}) \times \delta_{hi}$$

Com  $i$  – número do andar considerado;  
 $n$  – número do total de andares da edificação (no caso 4);

$P_{gi}$  - Resultante vertical da carga permanente no andar  $i$ ;

$\gamma_f$  – coeficiente de majoração das cargas no estado limite último;

$\psi_0$  – coeficiente redutor para consideração de carga acidental secundária principal igual a 1;

$P_{q1i}$  - Resultante vertical da carga acidental considerada principal no andar  $i$ ;

$P_{q2i}$  - Resultante vertical da carga acidental considerada secundária no andar  $i$ ;

$\delta_{hi}$  – deslocamento horizontal na direção considerada do andar  $i$ ;

Os valores de  $P$  para os andares do pavimento e do forro para carga acidental e permanente, são os da tabela anterior e os valores de  $\delta_{hi}$  são os calculados utilizando o FTOOL – figura 4.4;

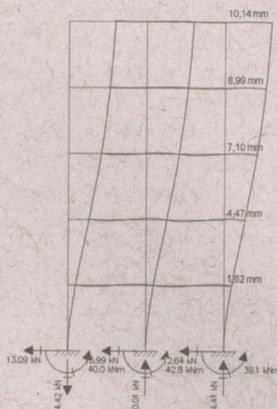


Figura 4.4: Estrutura deformada devido à Ação do Vento

Assim, considerando como situação mais desfavorável a que tem a carga vertical como principal, os coeficientes de ponderação das cargas verticais são (tanto permanente como acidental) 1,4 e, para ações do vento, o valor de 0,84. A expressão fica:

Andar	P(g+q) (kN)	Coefficiente	$\delta_{hi}$ (mm)	$\Delta M_{tot, d}$ (kN.m)
Forro	581,51	1,4	10,14	6,93
4	1541,35	1,4	8,99	16,30
3	1541,35	1,4	7,10	12,87
2	1541,35	1,4	4,47	8,10
1	1541,35	1,4	1,62	2,94
TOTAL				47,14

O momento de tombamento do vento pode ser obtido a partir da expressão dada a seguir, lembrando que é necessário considerar toda a ação do vento, pois as cargas verticais foram supostas como as resultantes de todo o pavimento e assim os valores da resultante são multiplicados por 4:

$$M_{1, av} = \sum H_{vi} \times h_i$$

$$M_{1, av} = 0,84 \cdot 4 \cdot (7,78 \cdot 3,10 + 8,85 \cdot 6,20 + 9,62 \cdot 9,30 + 10,22 \cdot 12,40 + 5,25 \cdot 15,50) = 1265,23 \text{ kN.m}$$

$$\text{Assim, } \gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot, d}}{M_{1, av}}} = \frac{1}{1 - \frac{47,14}{1265,23}} = 1,039 < 1,10$$

Como  $\gamma_z = 1,039 < 1,10 \rightarrow$  a estrutura pode ser considerada de nós fixos.

### CONCLUSÕES

Acredita-se que o exemplo apresentado que se refere a estruturas de porte relativamente pequeno mostra o quanto a ferramenta aqui utilizada (FTOOL) pode colaborar na compreensão do comportamento da estrutura. Com os métodos tradicionais de ensino, tais análises se tornam inviáveis num período normal de aulas, além de desmotivadoras para o estudante.

No presente trabalho, foi apresentado exemplo com a utilização de figuras e gráficos, cujo objetivo é mostrar que, com a utilização de ferramentas computacionais, gera-se uma grande quantidade de informações que, se devidamente utilizadas, enriquece o procedimento de projeto e detalhamento das estruturas de concreto.

Toda atividade de projeto, detalhamento e execução de estruturas de concreto estão

arraigados ao uso das prescrições das normas específicas. Neste início de século, fica claro que, para se acompanhar as prescrições das normas brasileiras, a utilização de ferramentas computacionais se tornou imprescindível. Não

há como estudar a ação de vento e a estabilidade global de forma manual. Fica muito difícil resolver, por exemplo, pórticos com 15 ou mais incógnitas sem a utilização de uma ferramenta computacional.

## THE USE OF COMPUTATER TOOLS FOR THE ACTION OF THE WIND AND GLOBAL INSTABILITY IN CONCRETE BUILDINGS ANALYSIS, IN A CIVIL ENGINEERING GRADUATION COURSE

### ABSTRACT

In line with the development of the country it is imperative that the teaching of the discipline “*Estruturas de Concreto Armado*” in civil engineering graduation courses considers studies about the action of the wind and the global instability in a building structure project. It is important to emphasize that, according to the NBR 6118:2003, in the development of the structural design of the building, the action of the wind must be considered and also the global instability must be checked. This paper shows how, in a didactic way, using free programs and some considerations for the operation of the structural elements of the floor, it is possible to carry out the lateral deformability and structure instability studies. The main concepts used in the procedure and an example using a free computer tool called FTOOL (Two-Dimensional Frame Analysis Tool) are presented briefly, which allows to the student or even to the designer analyze the degree of structure displacement, and yet, determine the lateral actions of the wind. The analysis of the instability is carried out by the parameter  $\alpha$  and the coefficient  $\gamma_z$ , provided by NBR 6118:2003. Finally, some comments are made on how the subject can be didactically conducted, in a way that even a graduation student can easily understand the structural proceeding of a multiple floors building molded in the place, when requested by both vertical and lateral actions.

**Keywords:** Education. instability. wind.

### REFERÊNCIAS

CARVALHO, R. C. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. São Paulo: Pini, 2009. p. 180-249.

PINTO, R. S. **Análise não-linear das estruturas de contraventamento de edifícios em concreto armado**. Dissertação (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo. São Carlos, 189 p., 2002.

KAEFER, L.F.; MARTHA L. F.; BITTENCOURT, T.N. **Ftool: Ensino de Comportamento de Estruturas com Múltiplos Casos e Combinações de Carregamento**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto**. Rio de Janeiro, 2003.