

DESENVOLVIMENTO DE MATERIAL MULTIMÍDIA PARA DIMENSIONAMENTO DE PILARES DE CONCRETO ARMADO

Fabrcio Gustavo Tardivo – fabriciotardivo@gmail.com

USP, Escola Politcnica

Rua Professor Almeida Prado, tv.2,83, Cidade Universitria.

05508-900 – So Paulo - SP

Paulo Srgio dos Santos Bastos – pssbastos@yahoo.com.br

UNESP, Departamento de Engenharia Civil

Av. Luiz Edmundo Coube, 14-01

17033-360 – Bauru - SP

Resumo: *O ensino com auxlio de aplicativos computacionais de multimdia interativa, como material complementar no aprendizado da Engenharia de Estruturas, vem sendo empregado com xito, tornando o aprendizado mais fcil, rpido e eficiente, com melhor visualizao e compreenso de vrias situaes tericas importantes. Neste trabalho apresenta-se um aplicativo (programa) computacional de multimdia interativa, disponibilizado via internet, para o dimensionamento de pilares retangulares de Concreto Armado com ndice de esbeltez mximo de 90, segundo o mtodo aproximado do pilar padro permitido pela NBR 6118/03. O aplicativo mostra e demonstra cada etapa do processo de dimensionamento de um pilar, permitindo que o usurio possa perceber facilmente a ntida influncia que cada varivel exerce nos problemas de dimensionamento de pilares. Com a sua utilizao, espera-se facilitar a aprendizagem dos alunos nas disciplinas de Concreto Armado, levando-os a uma melhor visualizao e compreenso dos problemas.*

Palavras-chave: *pilar, programa Flash, multimdia interativa, concreto, flexo composta.*

1 INTRODUO

Com a evoluo do ensino novas tecnologias utilizando recursos de multimdia vm cada vez mais sendo usadas no ensino da Engenharia, e tm alcanado resultados bastante positivos, tanto no Brasil como em outros pas (FERNANDES & BITTENCOURT, 2001). Segundo ASSIS & BITTENCOURT (2002), os programas educacionais multimdia vm ajudando alunos e professores a tornarem o aprendizado mais fcil, rpido e eficiente.

A multimdia pode ser definida como qualquer combinao de textos, grficos, sons, animaes e vdeos por meio de computador ou outro meio eletrnico.

Em funo da forte presena da internet e das novas tecnologias computacionais, o ensino de Engenharia no pode prescindir dessas novas ferramentas. E o avano da informtica abre grande leque de possibilidades para a Educao, tornando necessrio o desenvolvimento de pesquisas. Diversos estudos demonstram que a utilizao das novas tecnologias de informao e comunicao traz uma significativa contribuio para as prticas escolares.

Segundo FERNANDES & BITTENCOURT (2001), os recursos multimídia possibilitam melhor visualização e compreensão dos conceitos e processos de cálculo aprendidos em sala de aula. Por terem a interatividade como uma de suas principais características, possibilitam ao usuário compreender a influência das variáveis envolvidas no problema.

Ainda hoje no Brasil existem poucos aplicativos computacionais desenvolvidos para o ensino de Estruturas, principalmente no que se diz respeito aos Pilares. Podem ser citados CALIXTO et al. (2004) e MENEZES & LONGO (2001), que desenvolveram recursos para cálculo de seções de vigas à flexão simples e ao esforço cortante, CARBONE et al. (2001) com programa para cálculo de pórtico plano, FERREIRA et al. (s/d) com dimensionamento de estruturas metálicas, KAEFER (2000) com cálculo de pórticos planos, NISKIER (2004) com projeto de vigas de Concreto Armado, FERNANDES & BITTENCOURT (2001) com flexão composta normal e oblíqua, ASSIS & BITTENCOURT (2002) com ensino de estruturas em Concreto Armado e Protendido.

Na área de Engenharia Elétrica há aplicativos desenvolvidos por GONÇALVES et al. (2002), CARDOSO (2000) na medicina, AMARAL et al. (s/d) em geometria dinâmica. No mundo inteiro há vários materiais multimídias em diversas áreas, como o laboratório virtual para o reforço no aprendizado em concreto para pós-graduação e graduação de JIANG et al. (2002), de WYATT et al. (2001) o laboratório virtual em 3D para ensaios de solos.

O aplicativo multimídia que será apresentado foi desenvolvido com a finalidade de complementar o ensino das disciplinas de Concreto Armado no curso de Engenharia Civil da UNESP, em Bauru/SP, de modo a torná-las atualizadas e mais atraentes aos alunos. Pode ser encontrado no endereço www.feb.unesp.br/pbastos.

O dimensionamento de pilares envolve grande quantidade de variáveis, e qualquer mudança em uma delas influencia a quantidade de armadura final. Geralmente o Professor não dispõe de tempo suficiente para, em sala de aula, mostrar as mudanças ocorridas, isto é, a influência de cada variável no problema. Neste sentido, o aplicativo computacional pode facilitar ao aluno a exploração e visualização imediata das mudanças ocorridas.

2 INTRODUÇÃO AOS PILARES

Pilares são “*elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes*” (NBR 6118/03, item 14.4.1.2).

A norma NBR 6118/03 fez modificações em algumas das metodologias de cálculo das estruturas de Concreto Armado, onde especial atenção é dada à questão da durabilidade. Particularmente no caso dos pilares, a nova norma introduziu várias modificações, como nos valores das excentricidades acidental e de 2ª ordem, um maior cobrimento de concreto, uma nova metodologia para o cálculo da esbeltez limite relativa à consideração ou não dos momentos fletores de 2ª ordem e, principalmente, com a consideração de um momento fletor mínimo, que pode substituir o momento fletor de 1ª ordem (BASTOS, 2005).

2.1 Excentricidades

A NBR 6118/03 define três diferentes excentricidades a serem consideradas no projeto dos pilares: as excentricidades de 1ª e de 2ª ordem, a excentricidade acidental e a excentricidade devida à fluência.

A excentricidade de 1ª ordem (e_1) surge devido à existência de momentos fletores externos solicitantes que podem ocorrer ao longo do comprimento do pilar, ou devido ao ponto teórico de aplicação da força normal estar localizado fora do CG da seção transversal.

A excentricidade acidental (e_a - item 11.3.3.4.2), pode ser substituída pela consideração de um momento fletor mínimo, segundo as direções principais do pilar, como descrito no item 11.3.3.4.3 da NBR 6118/03. Quanto à excentricidade de segunda ordem, a NBR 6118/03

(item 15.4.1) apresenta: “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 efeitos globais de 2ª ordem. Nas barras da estrutura, como um lance de pilar, os respectivos eixos não se mantêm retilíneos, surgindo aí efeitos locais de 2ª ordem que, em princípio, afetam principalmente os esforços solicitantes ao longo delas... A análise global de 2ª ordem fornece apenas os esforços nas extremidades das barras, devendo ser realizada uma análise dos efeitos locais de 2ª ordem ao longo dos eixos das barras comprimidas.”

“Os efeitos locais de 2ª ordem em elementos isolados podem ser desprezados quando o índice de esbeltez for menor que o valor limite λ_1 ” (item 15.8.2), calculado pela expressão:

$$\lambda_1 = \frac{25 + 12,5 \frac{e_1}{h}}{\alpha_b} \quad (1)$$

com os limites $35 \leq \lambda_1 \leq 90$, onde e_1 = excentricidade de 1ª ordem (não inclui a excentricidade acidental e_a) e e_1/h = excentricidade relativa de 1ª ordem. Diferentes valores são prescritos para α_b , em função dos vínculos e do carregamento no pilar.

2.2 Determinação dos Efeitos Locais de 2ª Ordem – Método do Pilar-Padrão com Curvatura Aproximada

De acordo com a NBR 6118/03 o cálculo dos efeitos locais de 2ª ordem pode ser feito pelo método geral ou por métodos aproximados. O método geral é obrigatório para $\lambda > 140$ (item 15.8.3). A norma apresenta quatro diferentes métodos aproximados, sendo o método do pilar-padrão com curvatura aproximada um deles. Neste método a não-linearidade geométrica é considerada de forma aproximada, supondo-se que a deformação da barra seja senoidal. A não-linearidade física é considerada através de uma expressão aproximada da curvatura na seção crítica. O momento fletor total máximo no pilar deve ser calculado pela expressão:

$$M_{d,tot} = \alpha_b M_{1d,A} + N_d \frac{\ell_e^2}{10 r} \geq \begin{cases} M_{1d,A} \\ M_{1d,min} \end{cases} \quad (2)$$

onde: N_d = força normal solicitante de cálculo; ℓ_e = comprimento de flambagem; $1/r$ = curvatura na seção crítica, avaliada pela seguinte expressão aproximada:

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{h(v+0,5)} \leq \frac{0,005}{h} \quad (3)$$

O momento solicitante de 1ª ordem deve ser $M_{1d,A} \geq M_{1d,min}$. A força normal adimensional (v) é:

$$v = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}} \quad (4)$$

com: $M_{1d,A}$ = valor de cálculo de 1ª ordem do momento M_A ; $M_{1d,min}$ = momento fletor mínimo como definido na seqüência; A_c = área da seção transversal do pilar; f_{cd} = resistência de cálculo à compressão do concreto ($f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c$); h = dimensão da seção transversal na direção considerada.

Na NBR 6118/2003 consta que “o efeito das imperfeições locais nos pilares pode ser substituído em estruturas reticuladas pela consideração do momento mínimo de 1ª ordem dado a seguir” (item 11.3.3.4.3):

$$M_{Id,min} = N_d (0,015 + 0,03 h) \quad (5)$$

com **h** sendo a altura total da seção transversal na direção considerada, em metro.

A NBR 6118/03 ainda informa que “A este momento devem ser acrescidos os momentos de 2ª ordem”.

A rigor, o momento fletor total máximo deve ser calculado para cada direção principal do pilar. Ele leva em conta que, numa seção intermediária onde ocorre a excentricidade máxima de 2ª ordem, o momento fletor máximo de 1ª ordem seja corrigido pelo fator α_b . Isto é semelhante ao que se encontra no item 7.5.4 de FUSCO (1981), com a diferença de que novos parâmetros foram estabelecidos para α_b . Se o momento de 1ª ordem for nulo ou menor que o mínimo, então o momento mínimo, constante na altura do pilar, deve ser somado ao momento fletor de 2ª ordem.

3 APLICATIVO COMPUTACIONAL DESENVOLVIDO

O aplicativo (programa) computacional desenvolvido utilizou o programa Macromedia Flash 8, e encontra-se disponível para uso no endereço www.feb.unesp.br/pbastos.

O aplicativo tem três “telas” principais, como mostradas nas Figuras 1, 2 e 3. A primeira tela é onde os dados de entrada do problema devem ser introduzidos. A segunda tela apresenta os resultados preliminares calculados, e na terceira tela é apresentada a armadura final, com um desenho indicativo da sua posição no pilar.

Figura 1 – Primeira tela do aplicativo para entrada dos dados iniciais do pilar.



Figura 2 – Segunda tela do aplicativo que mostra os resultados preliminares do pilar.

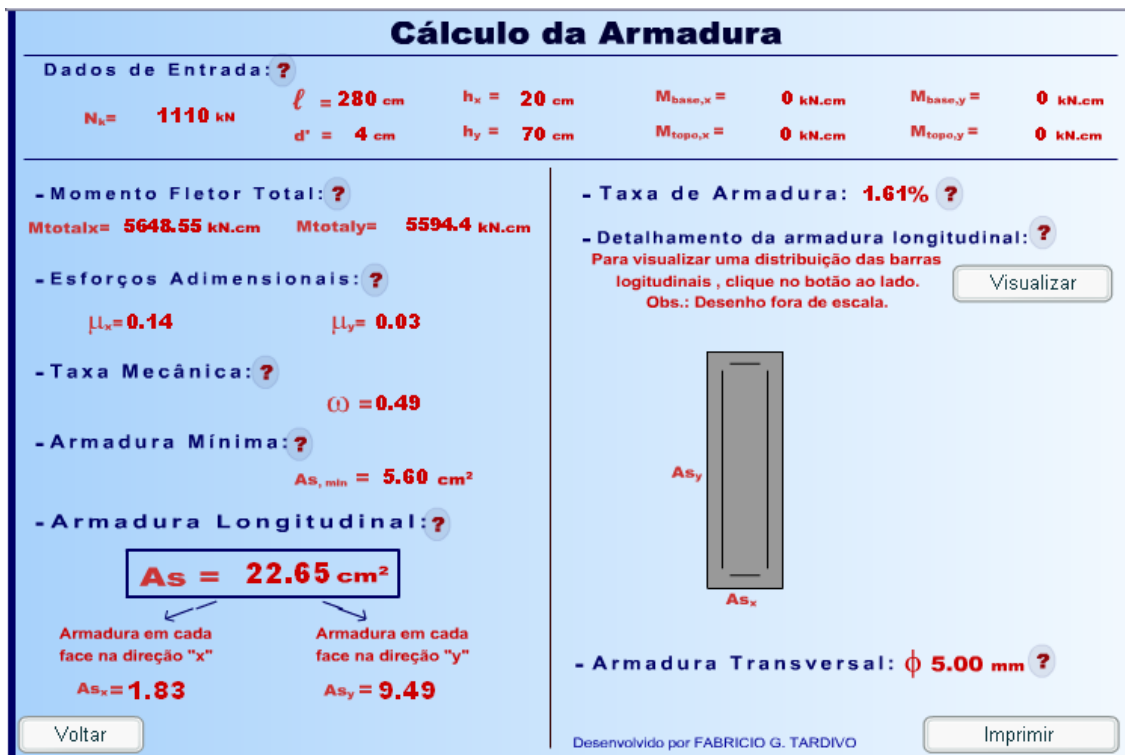


Figura 3 – Tela com os resultados finais do pilar – apresentação da armadura final e disposições construtivas.

As três telas do aplicativo contêm pontos de interrogação que, quando acionados, mostram caixas de texto com explicações relativas àquele item, como mostrado nas Figuras 4, 5 e 6.

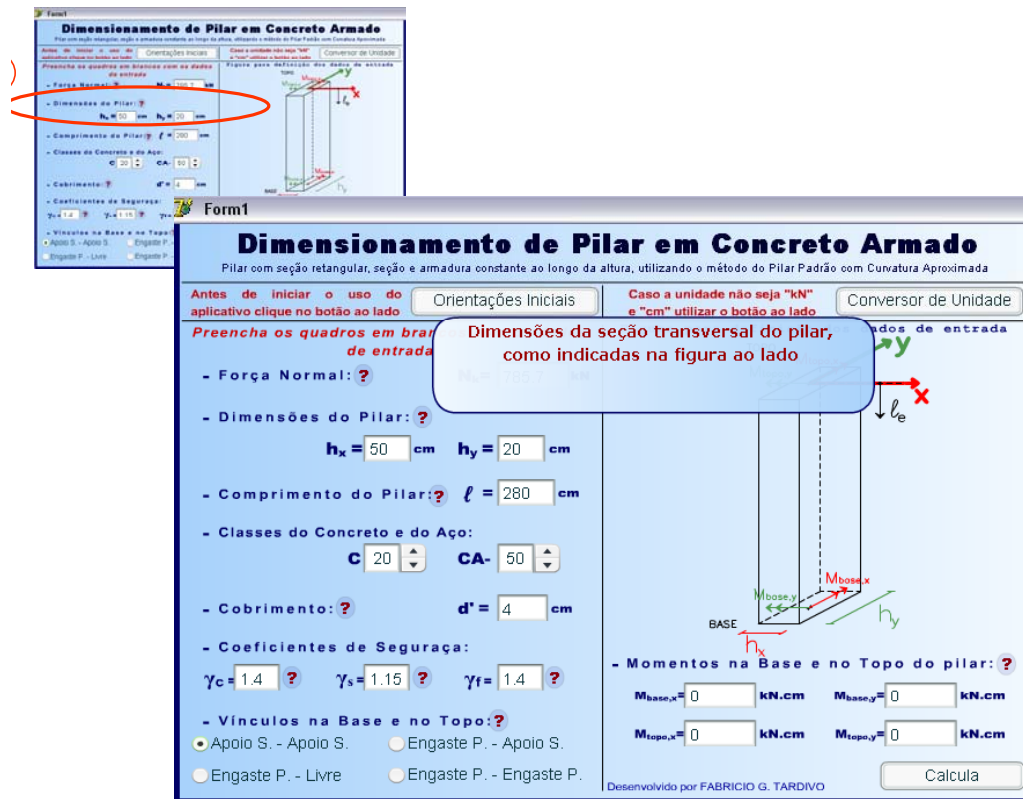


Figura 4 – Caixa de texto explicativa sobre dimensões da seção transversal do pilar.

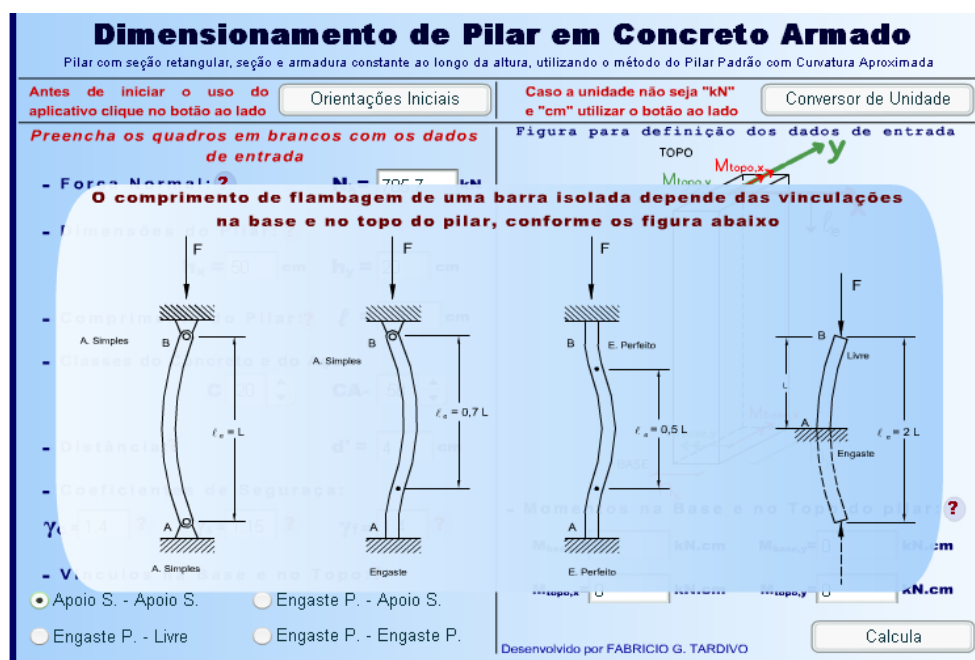


Figura 5 – Caixa de texto com os tipos de vinculação na base e no topo do pilar.

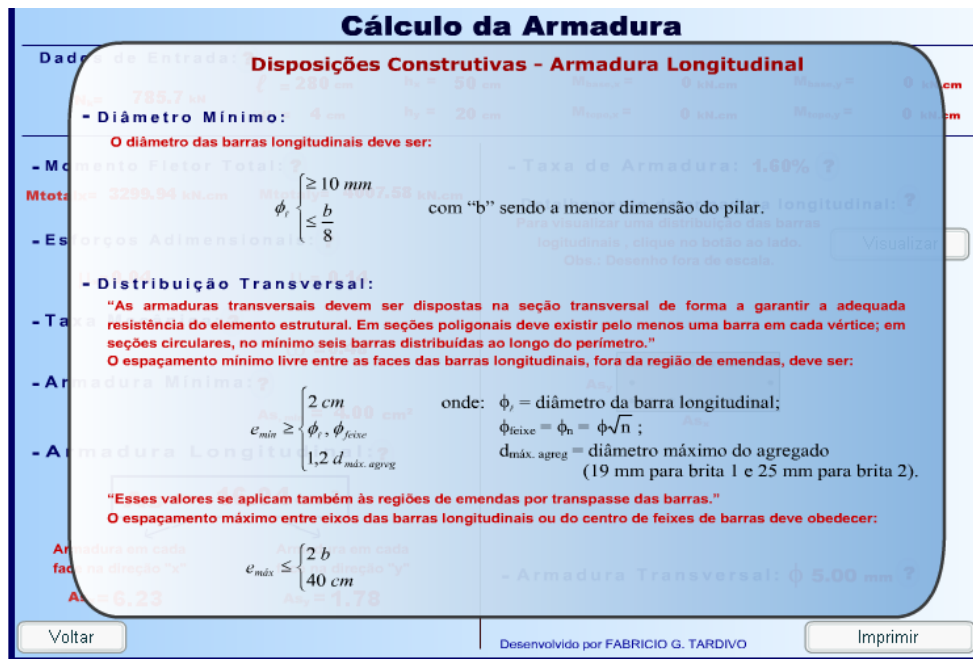


Figura 6 – Caixa de texto com disposições para o detalhamento da armadura longitudinal.

No aplicativo desenvolvido, para cálculo da armadura longitudinal dos pilares considera-se a flexão composta oblíqua, com os momentos fletores totais calculados segundo o método do pilar padrão com curvatura aproximada, como apresentado no item 2.2.

A armadura para a flexão composta oblíqua é calculada tomando-se como base o programa PILAR4, desenvolvido por BORTOLIN (1991), que dimensiona a armadura com uma distribuição padronizada na seção, com as barras distribuídas de maneira uniforme ao longo do perímetro da seção, onde A_{sx} indica a área de aço correspondente a uma das faces h_x , ou seja, segundo a largura da seção transversal, e A_{sy} segundo a face h_y relativa à altura da seção, como mostrado na Figura 7. O dimensionamento resulta numa armadura distribuída nas quatro faces do pilar, na proporção aproximada de 12 % nas faces sujeitas ao maior momento fletor e 48 % nas outras duas faces.

Como o aplicativo aqui descrito calcula a armadura com este programa, ao inserir os dados de um pilar calculado manualmente considerando-se a flexão composta normal, como por exemplo pilares intermediários e de extremidade, a armadura calculada pelo aplicativo será um pouco maior que a calculada com auxílio de ábacos para flexão composta normal, em função principalmente do arranjo diferente das barras da armadura na seção transversal.

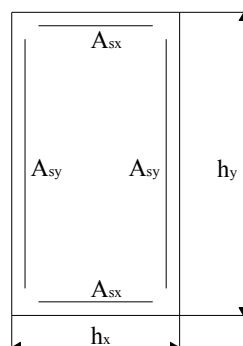


Figura 7 – Distribuição das barras da armadura longitudinal nas faces do pilar conforme assumida pelo aplicativo.

4 EXEMPLO DE APLICAÇÃO

O pilar é do tipo de canto e é semelhante àquele encontrado em FUSCO (1981, p. 313), com a diferença das alterações do concreto de C15 para C20 e da largura do pilar, de 25 cm para 20 cm (Figura 8). São conhecidos os seguintes dados:

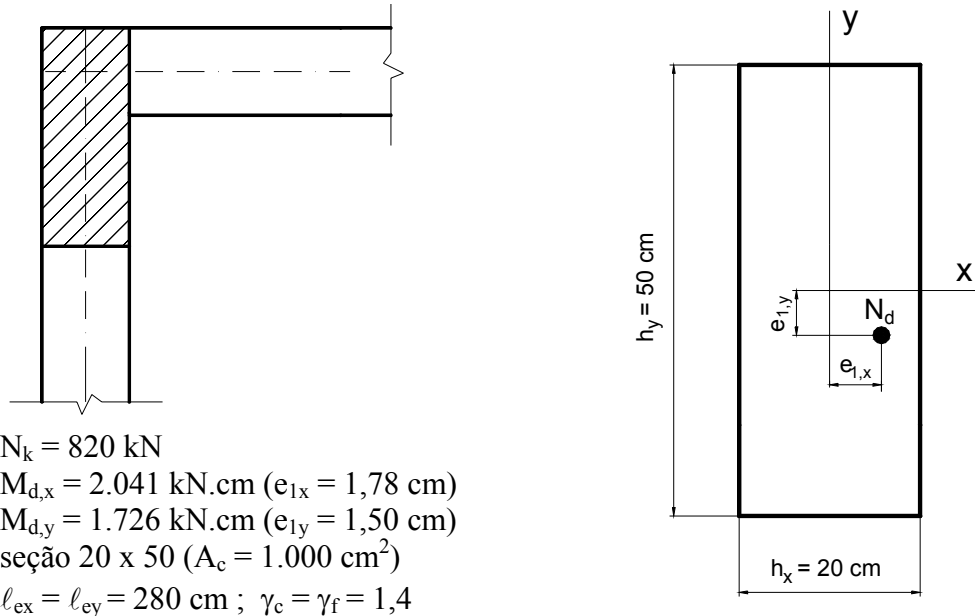


Figura 8 – Arranjo estrutural do pilar na planta de fôrma e dimensões da seção.

Inicialmente o exemplo será calculado de maneira manual, com auxílio de ábacos para determinação da armadura longitudinal, e em seguida o pilar será dimensionado por meio do aplicativo computacional.

4.1 Resolução Manual

a) Esforços solicitantes

A força normal de cálculo é: $N_d = \gamma_n \cdot \gamma_f \cdot N_k = 1,0 \cdot 1,4 \cdot 820 = 1.148 \text{ kN}$.

Além da força normal de compressão ocorrem também momentos fletores nos extremos do pilar, cujos valores de cálculo são: $M_{1d,A,x} = -M_{1d,B,x} = 2.041 \text{ kN.cm}$ na direção x, e $M_{1d,A,y} = -M_{1d,B,y} = 1.726 \text{ kN.cm}$ na direção y (Figura 9), em função de existirem duas vigas não contínuas sobre o pilar nas direções x e y. A notação aqui utilizada para os momentos fletores é denotar o momento na direção que seu diagrama é desenhado, como mostrado na Figura 9.

b) Índice de esbeltez

$$\lambda_x = \frac{3,46 \ell_{ex}}{h_x} = \frac{3,46 \cdot 280}{20} = 48,4$$

$$\lambda_y = \frac{3,46 \ell_{ey}}{h_y} = \frac{3,46 \cdot 280}{50} = 19,4$$

c) Momento fletor mínimo

$$M_{1d,\min} = N_d (1,5 + 0,03 h), \text{ com } h \text{ em cm.}$$

O momento fletor mínimo, em cada direção é:

Dir. x: $M_{1d,min,x} = 1148 (1,5 + 0,03 \cdot 20) = 2.410,8 \text{ kN.cm}$; $e_{1x,min} = 2,10 \text{ cm}$

Dir. y: $M_{1d,min,y} = 1148 (1,5 + 0,03 \cdot 50) = 3.444,0 \text{ kN.cm}$; $e_{1y,min} = 3,00 \text{ cm}$

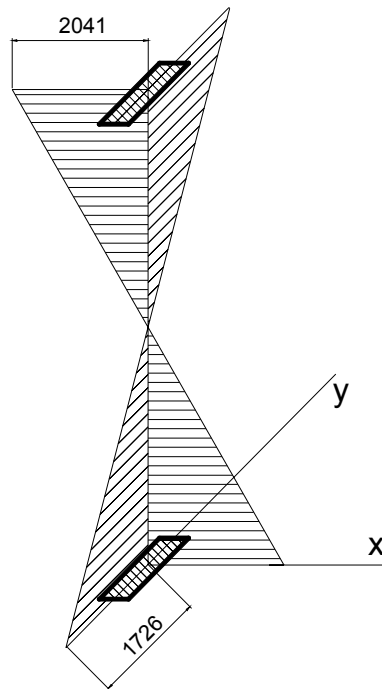


Figura 9 – Momentos fletores de 1ª ordem de cálculo (kN.cm) nas direções x e y.

d) *Esbeltez limite*

$$\lambda_1 = \frac{25 + 12,5 \frac{e_1}{h}}{\alpha_b} \quad \text{com} \quad 35 \leq \lambda_1 \leq 90$$

Dir. x: A excentricidade de 1ª ordem e_1 na direção x é 1,78 cm (2041/1148). Os momentos fletores de 1ª ordem nesta direção são $M_{1d,A,x} = - M_{1d,B,x} = 2.041 \text{ kN.cm}$, menores que o momento fletor mínimo nesta direção (2410,8 kN.cm), o que leva a $\alpha_b = 1,0$. Assim:

$$\lambda_{1,x} = \frac{25 + 12,5 \frac{1,78}{20}}{1,0} = 26,1 \Rightarrow \therefore \lambda_{1,x} = 35$$

Dir. y: A excentricidade de 1ª ordem e_1 na direção y é 1,50 cm (1726/1148). Os momentos fletores de 1ª ordem nesta direção são $M_{1d,A,y} = - M_{1d,B,y} = 1.726 \text{ kN.cm}$, menores que o momento fletor mínimo nesta direção (3444,0 kN.cm), o que leva também a $\alpha_b = 1,0$. Assim:

$$\lambda_{1,y} = \frac{25 + 12,5 \frac{1,50}{50}}{1,0} = 25,4 \Rightarrow \therefore \lambda_{1,y} = 35$$

Desse modo: $\lambda_x = 48,4 > \lambda_{1,x} \therefore$ são considerados os efeitos de 2ª ordem na direção x;
 $\lambda_y = 19,4 < \lambda_{1,y} \therefore$ não são considerados os efeitos de 2ª ordem na direção y.

e) Momento fletor de 2ª ordem pelo método do pilar-padrão com curvatura aproximada

$$M_{d,tot} = \alpha_b \cdot M_{1d,A} + N_d \frac{\ell_e^2}{10 r} \geq \begin{cases} M_{1d,A} \\ M_{1d,min} \end{cases}$$

Força normal adimensional:
$$v = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{1148}{1000 \frac{2,0}{1,4}} = 0,80$$

Curvatura segundo a direção x sujeita a momentos de 2ª ordem:

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{h(v + 0,50)} = \frac{0,005}{20(0,80 + 0,5)} = 1,923 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^{-1} \leq \frac{0,005}{20} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$$

Fazendo $M_{1d,A} \geq M_{1d,min}$, tem-se o momento fletor total máximo em cada direção:

Dir. x:

$$M_{d,tot,x} = 1,0 \cdot 2410,8 + 1148 \frac{280^2}{10} 0,0001923 = 4.141,6 \text{ kN.cm} \geq M_{1d,min,x} = 2.410,8$$

$$\therefore M_{d,tot,x} = 4.141,6 \text{ kN.cm}$$

Dir. y:

$$M_{d,tot,y} = 1.726,0 \text{ kN.cm} \geq M_{1d,min,y} = 3.444,0 \text{ kN.cm} \Rightarrow \therefore M_{d,tot,y} = 3.444,0 \text{ kN.cm}$$

Os coeficientes adimensionais para uso dos ábacos contidos em PINHEIRO (1994) são:

$$\mu_x = \frac{M_{d,tot,x}}{h_x \cdot A_c \cdot f_{cd}} = \frac{4141,6}{20 \cdot 1000 \cdot \frac{2,0}{1,4}} = 0,14$$

$$\mu_y = \frac{M_{d,tot,y}}{h_y \cdot A_c \cdot f_{cd}} = \frac{3444,0}{50 \cdot 1000 \cdot \frac{2,0}{1,4}} = 0,05$$

Com $v = 0,80$ e utilizando o ábaco A-50 de PINHEIRO (1994) para flexão composta oblíqua, a taxa de armadura resulta $\omega = 0,53$. A armadura longitudinal do pilar será:

$$A_s = \frac{\omega A_c f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,53 \cdot 1000 \frac{2,0}{1,4}}{\frac{50}{1,15}} = 17,41 \text{ cm}^2$$

4.2 Resolução pelo Aplicativo

A Figura 10 mostra a primeira tela do aplicativo, onde os dados de entrada devem ser introduzidos para o dimensionamento do pilar. A Figura 11 mostra a segunda tela do aplicativo, que apresenta os resultados preliminares, obtidos após ser acionada a caixa

“Calcula” no canto inferior da primeira tela. Na Figura 12, após se acionar a caixa “Calcular” da segunda tela, é calculada a armadura total, assim como as armaduras em cada face e alguns critérios de detalhamento.

Dimensionamento de Pilar em Concreto Armado

Pilar com seção retangular, seção e armadura constante ao longo da altura, utilizando o método do Pilar Padrão com Curvatura Aproximada

Antes de iniciar o uso do aplicativo clique no botão ao lado Orientações Iniciais

Caso a unidade não seja "kN" e "cm" utilizar o botão ao lado Conversor de Unidade

Preencha os quadros em branco com os dados de entrada

- Força Normal: ? $N_k = 820$ kN
- Dimensões do Pilar: ? $h_x = 20$ cm $h_y = 50$ cm
- Comprimento do Pilar: ? $l = 280$ cm
- Classes do Concreto e do Aço: C 20 CA- 50
- Distância: ? $d' = 4$ cm
- Coeficientes de Segurança: $\gamma_c = 1.4$? $\gamma_s = 1.15$? $\gamma_f = 1.4$?
- Vínculos na Base e no Topo: ?
 - Apoio S. - Apoio S. Engaste P. - Apoio S.
 - Engaste P. - Livre Engaste P. - Engaste P.

Figura para definição dos dados de entrada

- Momentos na Base e no Topo do pilar: ?

$M_{base,x} = 2041$ kN.cm $M_{base,y} = 1726$ kN.cm

$M_{topo,x} = -2041$ kN.cm $M_{topo,y} = 1726$ kN.cm

Calcula

Desenvolvido por FABRÍCIO G. TARDIVO

Figura 10 – Primeira tela do aplicativo com os dados iniciais do pilar.

Resultados Preliminares

- Casos de Solicitação:
Como existem Momentos Fletores de 1ª ordem nas duas direções - considera-se FLEXÃO COMPOSTA OBLÍQUA - PILAR DE EXTREMIDADE

- Força Normal de Cálculo: ? $N_d = 1148.00$ kN
- Comprimento de Flambagem: ? $l_{e,x} = 280$ cm $l_{e,y} = 280$ cm
- Índice de Esbeltez: ? $\lambda_x = 48.43$ $\lambda_y = 19.37$
- Excentricidades Mínimas de 1ª Ordem: ? $e_{1,x,min} = 2.10$ cm $e_{1,y,min} = 3.00$ cm
- Momentos Fletores Mínimos: ? $M_{1d,x,min} = 2410.80$ kN.cm $M_{1d,y,min} = 3444.00$ kN.cm
- α_b : ? $x = 1.00$ $y = 1.00$
- Esbeltez Limite: ? $\lambda_{1x} = 35.00$ $\lambda_{1y} = 35.00$

- Efeitos de 2ª Ordem:

Direção x - SÃO considerados os efeitos de 2ª ordem

Direção y - Não são considerados os efeitos de 2ª ordem

- Força Normal Adimensional: ? $V = 0.80$

- Curvatura Sujeita a Efeitos de 2ª Ordem: ? $1/r_x = 0.00019$ cm⁻¹ $1/r_y = 0.00$ cm⁻¹

- Excentricidades de 2ª Ordem: ? $e_{2,x} = 1.50$ cm $e_{2,y} = 0.00$ cm

- MOMENTO TOTAL MÁXIMO: ?

$M_{d,total,x} = 4136.85$ kN.cm

$M_{d,total,y} = 3444.00$ kN.cm

Calcula

Desenvolvido por FABRÍCIO G. TARDIVO

Figura 11 – Segunda tela do aplicativo com os resultados preliminares do pilar.

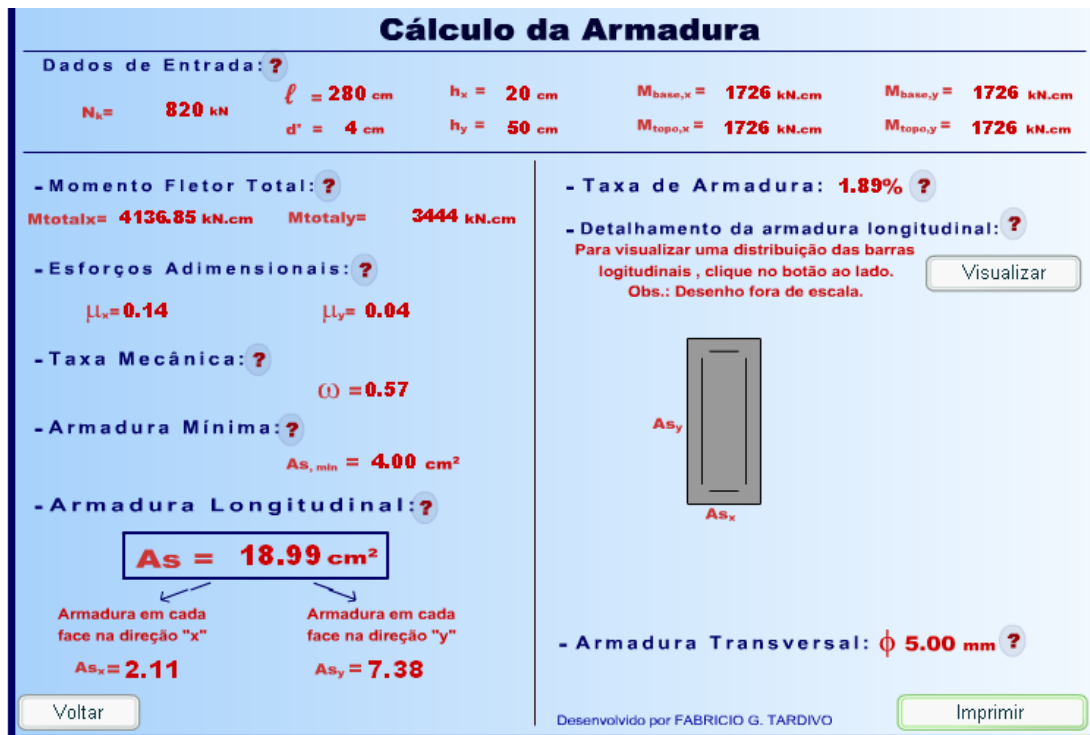


Figura 12 – Tela com os resultados finais do pilar – apresentação da armadura final e disposições construtivas.

O ábaco de flexão composta oblíqua utilizado no cálculo manual, encontrado em PINHEIRO (1994), não têm o arranjo de barras exatamente igual ao arranjo considerado pelo aplicativo, daí a pequena diferença nas áreas de armadura calculadas, 9 % maior no aplicativo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os aplicativos computacionais podem se configurar num recurso adicional no aprendizado do projeto de elementos de Concreto Armado, nas disciplinas dos cursos de Engenharia Civil, possibilitando um ambiente onde os alunos podem aprofundar o que aprenderam em sala de aula, despertando motivação e maior interesse.

Além da visualização, criação e manipulação dos problemas, o aprendizado é facilitado na medida em que o usuário pode experimentar diversas alternativas de projeto de uma maneira simples e com resultados imediatos. Isto permite o melhor entendimento do comportamento da armadura em um pilar de Concreto Armado, pois o usuário pode, por exemplo, verificar a influência dos diversos parâmetros relativos à seção geométrica e à resistência dos materiais utilizados, além de poder escolher uma melhor seção transversal.

O desenvolvimento do aplicativo no programa Flash foi muito satisfatório, pois o Flash tem muitos recursos, para diversas áreas de programação e sua interface é simples e de fácil entendimento.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP (FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO) pela bolsa de Iniciação Científica concedida.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, E.S.; MENESES, M.I.A.; SANTANA, J.R.; BORGES, H.N. **TeleJava/Geometria: O desenvolvimento de aplicações em geometria dinâmica**. Disponível em <www.multimeios.ufc.br/arquivos/pc/congressos/congressos-telejava-geometria-o-desenvolvimento-de-aplicacoes.pdf>, 7p. Acesso em janeiro 2006.

ASSIS, W.S.; BITTENCOURT, T.N. **Utilização de Recursos Multimídia no ensino de concreto armado e protendido**. São Paulo, Boletim Técnico, Escola Politécnica - USP, 2002, 19p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**, NBR 6118. Rio de Janeiro, ABNT, mar/2003, 221p.

BASTOS, P.S.S. **Pilares de Concreto Armado**. Disciplina 1309 – Estruturas de Concreto II. Bauru/SP, Departamento Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia - Universidade Estadual Paulista - UNESP, jun/2005, 92p. Disponível em <wwwp.feb.unesp.br/pbastos>, Acesso em 02/04/07.

BORTOLIN, A.A; **Sobre a racionalização e a automação do cálculo de edifícios de concreto armado**. São Carlos, Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos - USP, 1991.

CALIXTO, J.M.F.; ALMEIDA, G.N.; MAIA, E.V.; RODRIGUES, F. **Concepção e implementação de um ambiente virtual de ensino – Aprendizagem para as disciplinas de concreto armado**. IN: COBENGE 2004, Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, set./2004.

CARBONE, N.; DUARTE, L.A. F.; KISCHLAT, R.F. **Emprego da programação orientada a objetos na análise de pórticos planos**. Universidade Federal do Vale de Itajaí. 2005, 5p.

CARDOSO, S.H. **TeleJava/Geometria: O desenvolvimento de aplicações em geometria dinâmica**. Disponível em <www.edumed.net/teleneurociencias/simulacao91d.rtf>, 22p. Acesso em janeiro 2006.

FERNANDES, K.S.; BITTENCOURT, T.N. **Desenvolvimento de material multimídia para o ensino da flexão composta normal e oblíqua nas estruturas de concreto**. Projeto de Iniciação Científica. São Paulo, Escola Politécnica - USP, Laboratório de Mecânica Computacional, 2001, 9p.

FERREIRA, W.G.; MENEZES, C.S.; FREITAS, M.S. ; VESCOVI, H.N. **Ambiente didático na Internet de desenvolvimento de estruturas metálicas**. Universidade Federal do Espírito Santo. s/d, 11p.

FUSCO, P.B. **Estruturas de concreto - Solicitações normais**. Rio de Janeiro, ed. Guanabara Dois, 1981, 464p.

GONÇALVES, F.A.S.; CANESIN, C.A. **Java applets para um software educacional distribuído em eletrônica de potência**. Disponível em <www.edumed.net/teleneurociencias/simulacao91d.rtf>, Acesso em janeiro 2006.

KAEFER, L.F. **Desenvolvimento de uma ferramenta gráfica para análise de pórticos de concreto armado**. São Paulo, Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica – USP, 2000, 158p.

JIANG, H.; KURAMA, Y.C.; FANELLA, D.A. **WWW – Based virtual laboratories for reinforced concrete education**. Civil Engineering and Geological Sciences, University of Notre Dame, Notre Dame, Indiana, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, 2002. 15p.

MENEZES, J.L.S.; LONGO, H.I. **Curso virtual para o ensino de engenharia**. IN: COBENGE 2001, Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, set./2001, 7p.

PINHEIRO, L.M. ; BARALDI, L.T. ; POREM, M.E. **Concreto Armado: Ábacos para flexão oblíqua**. São Carlos, Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 1994.

WYATT, T.R.; MACARI, E.J.; FROST, J.D. **A geomechanics-based educational software environment**. The 10th Internacional Conference of IACMAG, 2001. 8p.

APPLETS FOR DESIGN OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS

Abstract: *This paper presents an applet development in Flash for design of short reinforced concrete columns, with rectangular section, subject to axial load and bending, according to Brazilian code NBR 6118/03. The applet is interactive, with access way Internet in www.feb.unesp.br/pbastos. Numerical examples are presented to illustrate the functioning and the results obtained. They facilitate to the learning and improve understanding of the problems.*

Key-words: *reinforced concrete columns, program Flash, interactive multimedia, axial load and bending.*