

Paulo Henrique Lubas Silva

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Estruturas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
paulolubas@yahoo.com.br

Valdir Pignatta e Silva

Professor Doutor do Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
valpigss@usp.br

## Dimensionamento de pilares mistos de aço e concreto

### INTRODUÇÃO

Os pilares mistos de aço e concreto consistem em um ou mais perfis de aço ligados entre si trabalhando em conjunto com o concreto, simples ou armado, solicitados à compressão ou à flexocompressão. Os pilares mistos são, basicamente, de dois tipos: revestidos ou preenchidos. A norma brasileira referente a pilares mistos, ABNT NBR 8800:2008, trata especificamente de quatro tipos de pilares, todos com seções simétricas, as seções retangulares de concreto revestindo total (1a) ou parcialmente (1b) um perfil I ou H obrigatoriamente com barras de aço e tubos retangulares (1c) ou circulares (1d) de aço preenchidos com concreto com ou sem barras de aço.

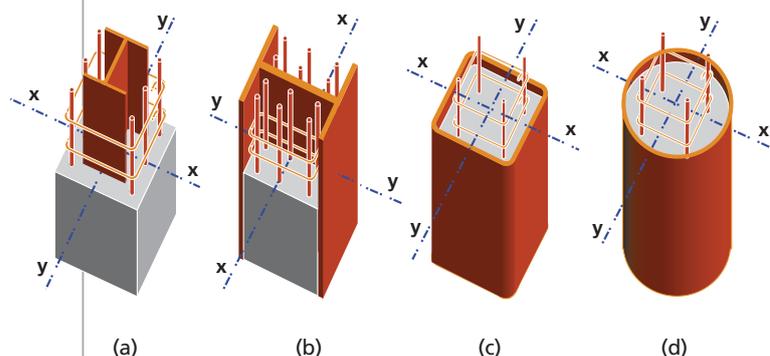


FIGURA 1: Seções transversais típicas de pilares mistos

O sistema misto apresenta grandes vantagens estruturais, uma vez que herda a capacidade resistente dos pilares de aço e a robustez dos pilares de concreto. A ABNT NBR 8800:2008, apresenta dois modelos de cálculo simplificados para o dimensionamento de pilares mistos com seções transversais simétricas, com base em duas normas internacionais. O primeiro, o Modelo I, com base no AISC 360 (2005) e o segundo, o Modelo II, no Eurocode 4 (2004). Fica a critério do engenheiro estruturista a escolha do método a ser utilizado.

O maior desafio de se calcular pilares mistos está em considerar no dimensionamento todos os critérios e formulações apresentados por qualquer uma das normas, brasileiras ou internacionais, que abordam esse assunto. A quantidade de equações e verificações é grande, o que torna trabalhosa sua utilização. Para minimizar esse problema, elaborou-se o código computacional CalcPM que inclui todas as formulações normativas do AISC 360 (2005), do novo AISC 360 (2010), do Eurocode 4 (2004) e da ABNT NBR 8800:2008, com intuito de contribuir para o conhecimento desse sistema. O objetivo deste trabalho é descrever o código CalcPM.

O código CalcPM foi desenvolvido em linguagem de programação C#, que é o principal esforço da Microsoft em lin-

guagem de programação, sendo criado no Visual Studio 2010, que também é da Microsoft e possui cerca de 60.000 linhas de código, necessárias para o cálculo dos pilares mistos, geração de gráficos, geração de memória de cálculo, verificações, desenhos, entradas e saídas de informações e tratamentos de erro.

## CÓDIGO CALCPM

O código CalcPM calcula todos os tipos de seções transversais abordadas pela ABNT NBR 8800:2008, pilares mistos totalmente ou parcialmente revestidos (figuras 2 e 3, respectivamente) e seções retangulares ou circulares preenchidas por concreto (figuras 4 e 5, respectivamente).

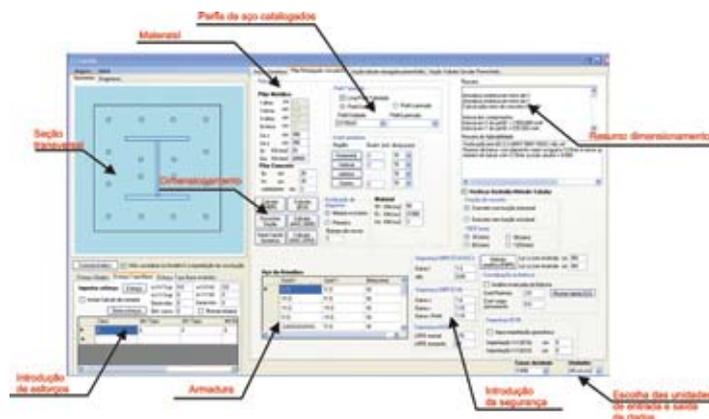


FIGURA 2:  
Perfil I totalmente revestido por concreto.  
Interface com o usuário do CalcPM

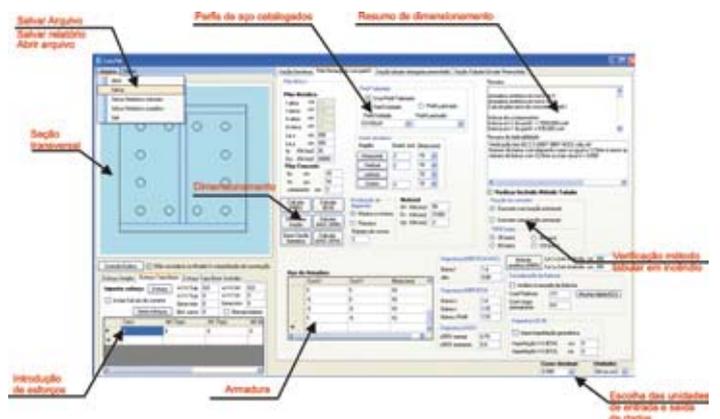


FIGURA 3:  
Perfil I parcialmente revestido por concreto.  
Interface com o usuário do CalcPM

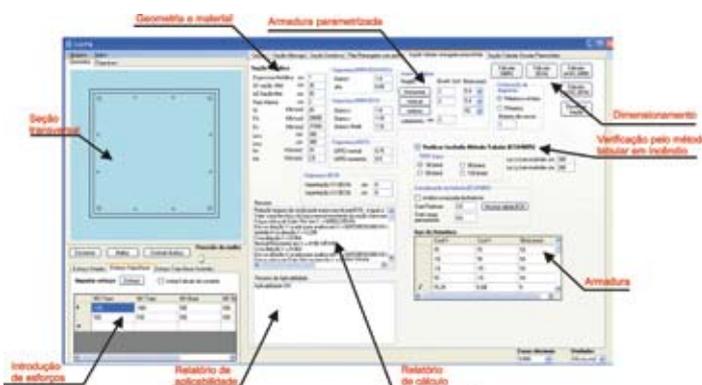


FIGURA 4:  
Perfil retangular preenchido por concreto.  
Interface com o usuário do CalcPM

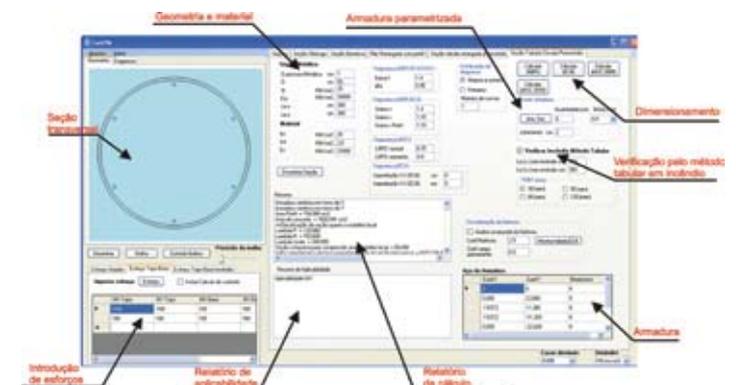


FIGURA 5:  
Perfil circular preenchido por concreto.  
Interface com o usuário do CalcPM

Pode-se decompor a aplicabilidade do código CalcPM em cinco pacotes descritos a seguir nos subitens A até E.

#### a) Introdução de esforços

Para todos os tipos de seções dimensionadas pelo código CalcPM, a introdução de esforços é realizada por meio de uma tabela na qual devem ser informados os momentos fletores  $M_{kx}$  e  $M_{ky}$  aplicados no topo e na base do pilar e a força normal  $N_k$ . É possível importar todos esses dados do Excel por meio de planilhas salvas com qualquer nome em extensão “\*.csv”.

#### b) Introdução da geometria

A introdução da geometria é realizada de forma dinâmica e simplificada, uma vez que as seções estão todas parametrizadas, de forma a serem geradas automaticamente com base nos dados iniciais informado pelo usuário. As entradas de dados geométricos foram anteriormente apresentadas nas figuras 2 a 5.

#### c) Introdução da segurança

Como o código CalcPM aborda normas distintas, AISC 360 (2005 e 2010), Eurocode 4 Part 1-1 e Part 1-2 (2004), e a ABNT NBR 8800:2008, a introdução da segurança é realizada separadamente como ilustrado pela figura 6.

#### d) Controle gráfico

Para facilitar a visualização dos esforços e da capacidade resistente das seções o código CalcPM v 1.0, apresenta um controle gráfico onde são plotados os momentos máximos para uma determinada força normal solicitante com os esforços solicitantes de cálculo majorados, figura 7, e o diagrama de interação “força normal x momentos fletores” máximos para uma determinada seção transversal, figura 8.

#### e) Relatório de cálculo

O relatório de cálculo é apresentado em duas caixas de texto, como apresentado na figura 9: a primeira detalhando o resumo

do cálculo e outra relatando a ocorrência de problemas no dimensionamento. Ambas as caixas de textos podem ser exportadas e salvas em um formato de texto aceito pelo Microsoft Word, com a extensão “\*.rtf”.

Norma	Parâmetro	Valor
Segurança (NBR/EC4/AISC)	Gama f	1.4
	alfa	0.85
Segurança (NBR/EC4)	Gama c	1.4
	Gama s	1.15
	Gama s Perfil	1.10
Segurança (AISC)	LRFD normal	0.75
	LRFD momento	0.9
Segurança (EC4)	Imperfeição X-X (EC4)	0
	Imperfeição Y-Y (EC4)	0

FIGURA 6: Introdução da segurança no CalcPM para diversas normas

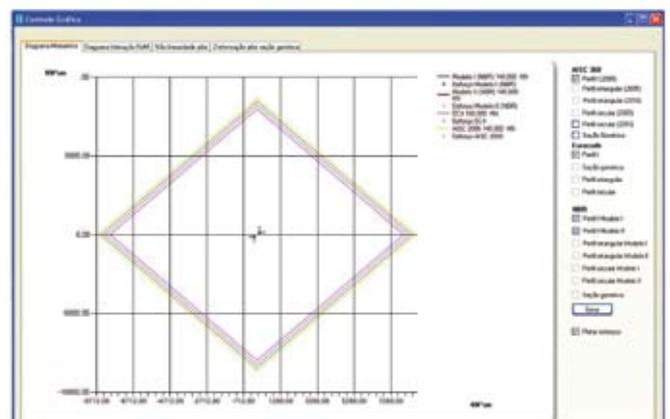


FIGURA 7: Controle gráfico. Gráfico dos momentos máximos para uma determinada normal, e os esforços solicitantes



FIGURA 8:  
Controle gráfico.  
Diagrama de interação normal x momentos máximos

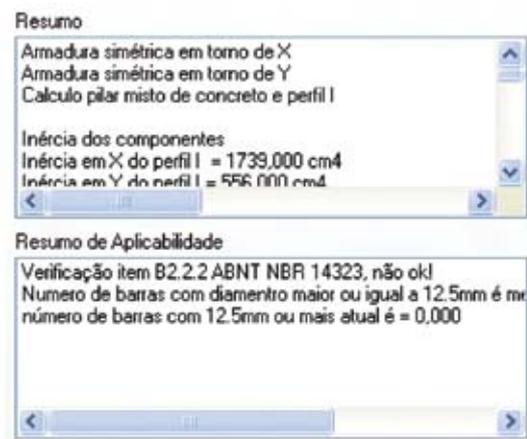


FIGURA 9:  
Caixas de texto dos relatórios de cálculo

Em Lubas et al. (2012) pode se encontrar uma aplicação do CalcPM comparando resultados dos dois modelos de dimensionamento de pilares mistos descritos na ABNT NBR 8800:2008.

## CONCLUSÕES

O código CalcPM possibilita a análise e comparação dos métodos de dimensionamento de pilares mistos de aço e concreto recomendados pelas normas brasileira, norte-americana e europeia. É possível analisar também o recém-publicado AISC 360 (2010).

O código CalcPM mostrou-se bastante eficiente no processamento dos dados, sendo criado no Visual Studio 2010, que além de ser um poderosa ferramenta computacional facilitou a implementação da interface gráfica. Na bibliografia pesquisada não foi encontrado nenhum outro código para o cálculo de pilares mistos com tantos recursos, atendendo às necessidades acadêmicas de estudo e com a funcionalidade necessária para utilização em projeto. ■

## REFERÊNCIAS

- **American Institute of Steel Construction.**  
ANSI/AISC 360. "Specification for Structural Steel Buildings". Chicago. 2005.
- **American Institute of Steel Construction.**  
ANSI/AISC 360. "Specification for Structural Steel Buildings". Chicago. 2010.
- **Associação Brasileira de Normas Técnicas.**  
NBR 8800. Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios. Rio de Janeiro. 2008.
- **European Committee for Standardization.**  
EN 1994-1-1. Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures, Part 1-1 : General rules and rules for building. Brussels. 2004.
- **Lubas, P. H.; Silva, V. Pignatta; Munaiar Neto, J.;**  
Dimensionamento de pilares mistos de aço e concreto conforme ABNT NBR 8800 : 2008. Revista da Estrutura de Aço, CBCA, Rio de Janeiro. 2012 (no prelo).