

Development of a teaching tool for the study of skew bending for general concrete cross-sections

Desenvolvimento de uma ferramenta didática para o estudo da flexão composta oblíqua em seções quaisquer de concreto armado



P. H. C. DE LYRA ^a
moravia@civil.cefetmg.br

T. N. BITTENCOURT ^b
tulio.bittencourt@poli.usp.br

W. S. DE ASSIS ^c
nwayne.assis@ctec.ufal.br

Abstract

Bearing in mind the experience of teachers and researchers from Brazil as well in foreign countries searching for new and better teaching methods for engineering education, it appears that the use of interactive multimedia is a promising approach, with a lot of opportunities for application in subjects for graduation. In that context, this work deals with the development of a multimedia tool to support the teaching of skew bending in reinforced concrete, presenting its features, the structure of the code and examples of application. For the construction of the multimedia tool, the applet "Verificação de seções quaisquer de concreto armado sob flexão composta oblíqua", was used as a programming language called Java™ and the development environment, NetBeans 5.5.1. The applet treated in this article is available on the Internet at <http://www.lmc.ep.usp.br/pesquisas/TecEdu/>.

Keywords: Applets, Engineering education, Skew Bending

Resumo

Tendo em vista a experiência de professores e pesquisadores do Brasil e do exterior no contexto da busca de novos e melhores métodos didáticos para ensino de Engenharia, constata-se que o uso de recursos multimídia interativa constitui uma abordagem promissora, com amplas possibilidades de aplicação em disciplinas de graduação. Nesse contexto, o presente trabalho trata do desenvolvimento de uma ferramenta multimídia de apoio ao ensino da flexão composta oblíqua no concreto armado, apresentando as suas funcionalidades, a estrutura do código e exemplos de aplicação. Para a construção da ferramenta, o applet "Verificação de seções quaisquer de concreto armado sob flexão composta oblíqua", foi utilizada a linguagem de programação Java™ e o ambiente de desenvolvimento NetBeans 5.5.1. O applet tratado neste artigo está disponível na Internet no endereço <http://www.lmc.ep.usp.br/pesquisas/TecEdu/>.

Palavras-chave: Applets, Ensino de engenharia, Flexão composta oblíqua.

^a Civil Engineering of Polytechnical School at the University of São Paulo – e-mail: pedro.lyra@poli.usp.br

^b Associate Professor of Polytechnical School at the University of São Paulo. He graduated from the University of Brasilia in 1984 and obtained his Master of Infrastructure Civil Engineer from the Catholic University of Rio de Janeiro in 1988. He obtained his PhD in Civil Engineering from Cornell University, USA, in 1993 – e-mail: tulio.bittencourt@poli.usp.br

^c Professor Federal University of Alagoas. He graduated from the Federal University of Sergipe in 2000 and obtained his Master's degree in Civil Engineering from the Polytechnical School at the University of São Paulo in 2002. He obtained his PhD in Civil Engineering from the Polytechnical School of the University of Sao Paulo in 2007 – e-mail: wayne.assis@ctec.ufal.br

1. Introdução

A evolução das tecnologias de informação e comunicação, bem como o aparecimento de novas metodologias e técnicas de ensino orientadas para o aluno promoveram uma mudança paradigmática no contexto pedagógico, levando ao surgimento do “e-learning” e das ferramentas multimídia a serviço da educação.

Surge assim, a partir dessa nova realidade, a motivação para o acompanhamento dos atuais progressos e colocar a serviço do ensino os mais recentes recursos tecnológicos disponíveis, os quais, desde que utilizados corretamente, em quantidade e qualidade, comprovadamente proporcionam significativos resultados em termos de motivação e aprendizagem dos alunos.

Desse modo, é essencial que o educador saiba utilizar essas novas ferramentas, assim como é imprescindível que o programador tenha condições de planejar e construir os recursos de forma que valorize a atividade do docente e potencie o processo de ensino e aprendizagem. Entre as ferramentas multimídia mais utilizadas por profissionais da educação, figuram os *applets*.

Os *applets* são programas escritos em *Java™* que são enviados por um computador-servidor através da *Internet* e são instalados no computador-cliente a partir de trechos de uma página da *World Wide Web*. O *applet* de que trata o presente artigo está disponível na *Internet* no endereço <http://www.lmc.ep.usp.br/pesquisas/TecEdu/>.

As ferramentas de desenvolvimento necessárias para a construção do *applet* tratado neste trabalho foram a linguagem de programação *Java™* e o ambiente de desenvolvimento *Net-Beans®*. Nos próximos itens, será apresentado o *applet* “Verificação de seções quaisquer de concreto armado sob flexão composta oblíqua”, abordando aspectos como a metodologia

empregada quando do seu desenvolvimento e detalhes de programação, além de exemplos da aplicação do referido *applet*.

2. Linguagem Java

Linguagem de programação de alto nível desenvolvida pela *Sun Microsystems*, *Java™* foi inicialmente chamado de *Oak*, e foi concebido para dispositivos portáteis. *Oak* não foi bem sucedida, então a *Sun*, em 1995, mudou o nome para *Java™* e modificou um pouco a linguagem para se adaptar com o crescimento da *World Wide Web*.

Java™ é uma linguagem orientada a objeto semelhante a C + +, mas simplificado para eliminar funcionalidades da linguagem que causam erros de programação comuns.

Os arquivos da linguagem são compilados em um formato chamado *bytecode*, que pode ser executado por um interpretador *Java™*, conhecido como *Java Virtual Machine (JVM)*.

O código compilado pode ser executado na maioria dos computadores, visto que *Java™* pode ser interpretado e executado em diversos sistemas operacionais, incluindo UNIX, o Macintosh OS e Windows. *Java™* é uma linguagem para fins gerais de programação com uma série de características que tornam a linguagem bem adaptada para uso na *World Wide Web*.

Com a linguagem *Java™* é possível a criação de um *applet*, que é um software executado no contexto de outro programa. Pode ser descarregado a partir de um servidor *Web* e ser executado em um computador por meio de um navegador compatível com *Java™*, como o *Mozilla Firefox* ou o *Microsoft Internet Explorer*.

Resumindo, a linguagem *Java* foi projetada tendo em vista atender aos seguintes requisitos:

- Orientação a objeto;
- Portabilidade - Independência de plataforma;
- Recursos de Rede - Possui extensa biblioteca de rotinas que facilitam a cooperação com protocolos TCP/IP;
- Segurança;

Figura 1 – Interface gráfica do programa

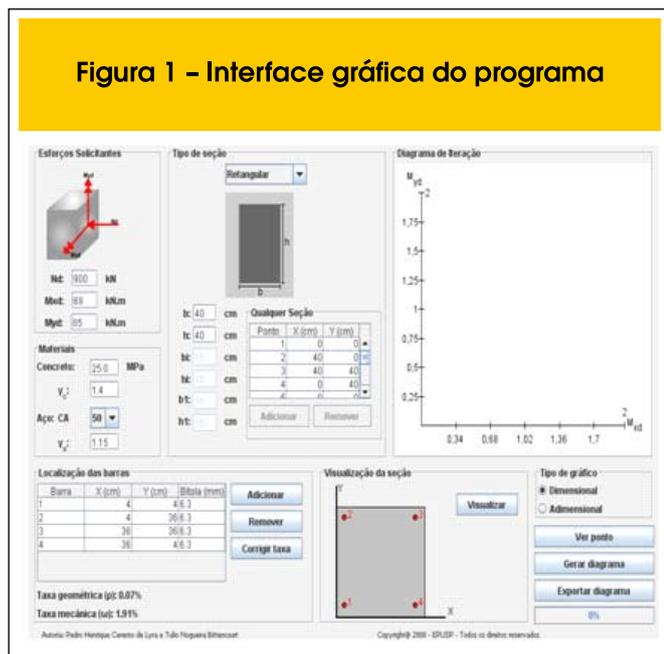


Figura 2 – Mensagem informando que o valor digitado está fora do permitido



Figura 3 – Ambiente para seleção e posicionamento das armaduras

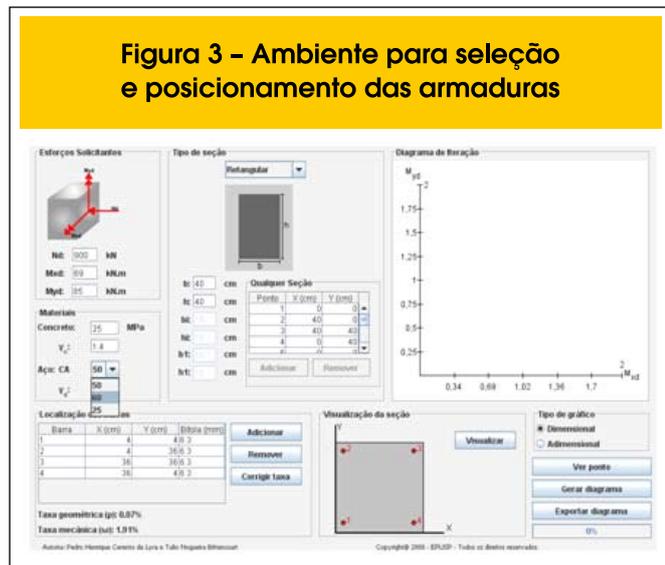
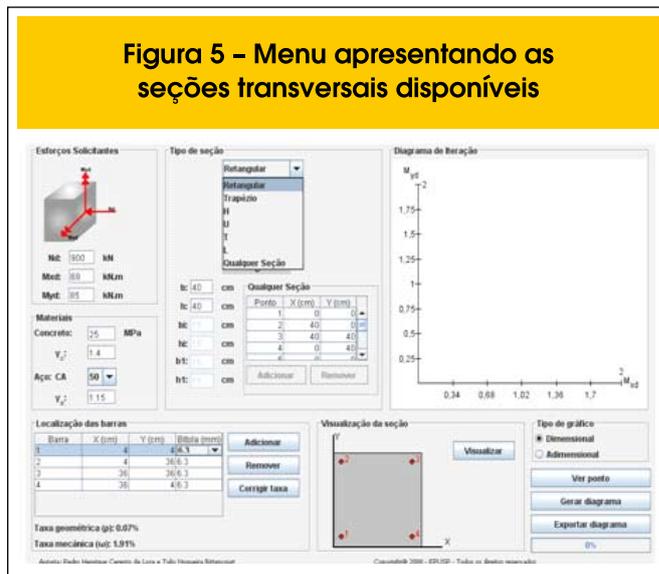


Figura 5 – Menu apresentando as seções transversais disponíveis



3. O applet “Verificação de seções quaisquer de concreto armado sob flexão composta oblíqua”

3.1 Interface gráfica

A interface gráfica foi criada de um modo simples para que o usuário não encontre dificuldades ao utilizar o programa (figura 1). No painel dos esforços solicitantes o usuário insere os valores do esforço normal e dos momentos de cálculo que atuam em uma seção qualquer, sendo que existe uma figura para orientar o usuário quanto à convenção dos esforços adotada pelo programa.

O usuário pode optar por um tipo de concreto digitando o valor no *TextField* referente ao concreto, lembrando que esse valor deve

estar entre 15 MPa e 50 MPa. Caso o valor digitado esteja fora desses limites, o programa fornecerá uma mensagem de advertência e o diagrama não será traçado (figura 2).

No caso da escolha do tipo do aço, esta é feita através de um componente *JComboBox* mostrado na figura 3.

No painel da localização das barras, o usuário deve inserir o número de barras que deseja na seção, definindo também as bitolas de cada barra (figura 4). O usuário tem a opção de trabalhar com seções transversais pré-definidas, necessitando somente definir as dimensões, ou criar diversas geometrias. Estas escolhas estão disponibilizadas no painel *tipo de seção* (figura 5).

Depois que o usuário insere todos os dados no programa, resta somente clicar no botão *gerar diagrama*, sendo fornecido o diagrama de iteração apresentado na figura 6. O usuário tem a escolha pelo diagrama de iteração dimensional ou adimensional, disponibilizado no painel *tipo de gráfico*.

Como pode ser visto, o *applet* fornece as taxas mecânica e geo-

Figura 4 – Menu para a definição da bitola de uma barra selecionada

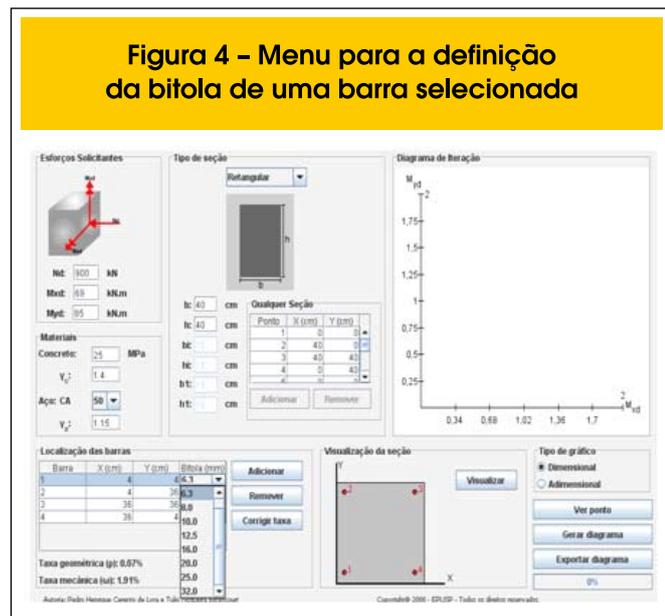


Figura 6 – Diagrama de iteração gerado para a seção, apresentando também os esforços solicitantes

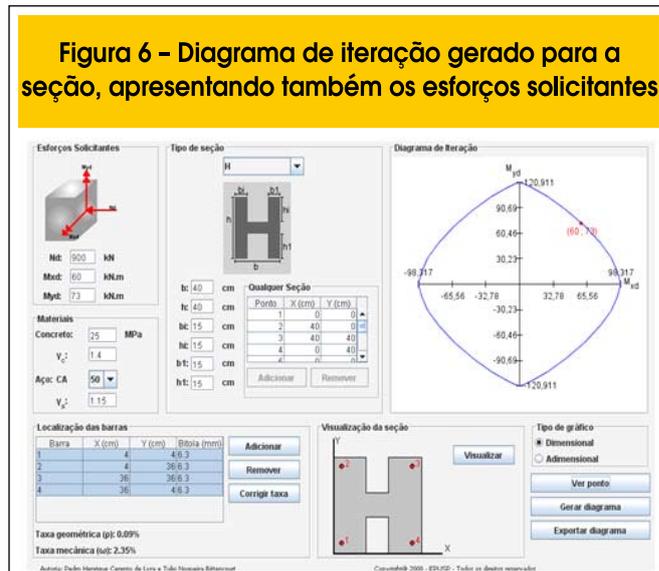
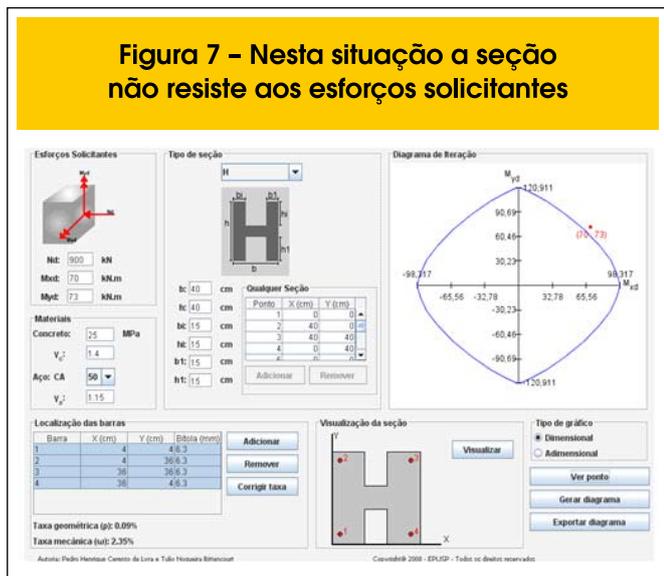


Tabela 1 – Estrutura de programação do *applet* desenvolvido

Pacote	Classe	O que faz?
Aço	Aço	Classe abstrata que contém todos os métodos que devem ser implementados por suas Classes filhas (área da bitola, tensão, deformação e módulo de elasticidade). Desta forma pode-se gerar diversas curvas tensão-deformação para o aço.
	AcoNBR6118	Área do aço adotado pela NBR6118:2003, também fornece a curva tensão-deformação específica da norma.
	Barra	Esta classe define os parâmetros geométricos das barras.
Domínios	Domínios	Interface que determina quais funções devem ser implementadas por uma classe que a implementa (Domínios NBR 6118).
	Domínios NBR 6118	Implementação das regiões para a NBR 6118:2003.
Shape	H	Classe que representa geometricamente uma seção H de concreto.
	L	Classe que representa geometricamente uma seção L de concreto.
	Qualquer	Classe que representa geometricamente uma seção qualquer de concreto.
	Retângulo	Classe que representa geometricamente uma seção retangular de concreto.
	Seção	Classe que representa uma seção de concreto com as barras de aço. Também efetua alguns cálculos necessários para a validação da seção.
	Shape	Classe que representa geometricamente uma seção de concreto.
	T	Classe que representa geometricamente uma seção T de concreto.
	Trapézio	Classe que representa geometricamente uma seção trapezoidal de concreto.
Concreto	Concreto	Classe abstrata que representa o concreto. Esta Classe possui um método que retorna a tensão dada uma deformação que precisa ser implementada pelas Classes filhas, permitindo assim o uso de diversas curvas tensão-deformação pelo programa. Esta Classe também contém um método que, dado o polígono de compressão de uma seção qualquer, realiza a integração numérica dos esforços resistentes.
	ConcretoNBR6118	Implementação da curva parábola-retângulo da NBR6118:2003 da Classe Concreto.
Diagrama	DiagramaFCO	Esta Classe Thread gera o diagrama de iteração para a FCO.
	Gráfico	Plota o gráfico do diagrama de iteração dimensional e adimensional no JPanel.
	Ponto	Ponto é uma classe que armazena as coordenadas de um ponto. Essa classe também possui métodos que fazem transformadas destas coordenadas, de maneira que se pode transladar e girar os sistemas de coordenadas.
	findBx	Esta Classe percorre todas as regiões de deformação buscando uma profundidade de linha neutra que equilibre os esforços normais resistentes com os solicitantes.
Ide	FCO	Classe responsável por criar o <i>applet</i> .
	NovoJDialog	Classe que cria a caixa de diálogo para exportar os dados do diagrama de iteração.
	NovoJPanel	Classe que gera a interface gráfica do programa.
	Secao_transversal	Classe responsável por mostrar a seção transversal escolhida pelo usuário na interface gráfica.

Figura 7 – Nesta situação a seção não resiste aos esforços solicitantes



métrica de armadura de acordo com a seção transversal já definida pelo usuário.

No painel do diagrama gerado para uma seção é definido um ponto de particular importância, de cor vermelha, o qual representa no diagrama a posição correspondente aos momentos atuantes na seção. Se o ponto vermelho estiver no interior ou na fronteira do diagrama, conforme indicado nas figuras 6 e 8, a seção resiste aos esforços atuantes, mas se o ponto estiver no exterior da linha fechada que define o diagrama, conforme mostrado na figura 7, a seção não resiste aos esforços atuantes.

3.2 Estrutura de programação do applet

Na tabela 1 são apresentados os pacotes e classes usadas no applet e um resumo da funcionalidade de cada classe. Para obter mais informações a respeito do código, deve-se visitar a página <http://www.lem.ep.usp.br/membros/pedro/index.htm>, que contém

Figura 8 – Diagrama de iteração gerado para seção L

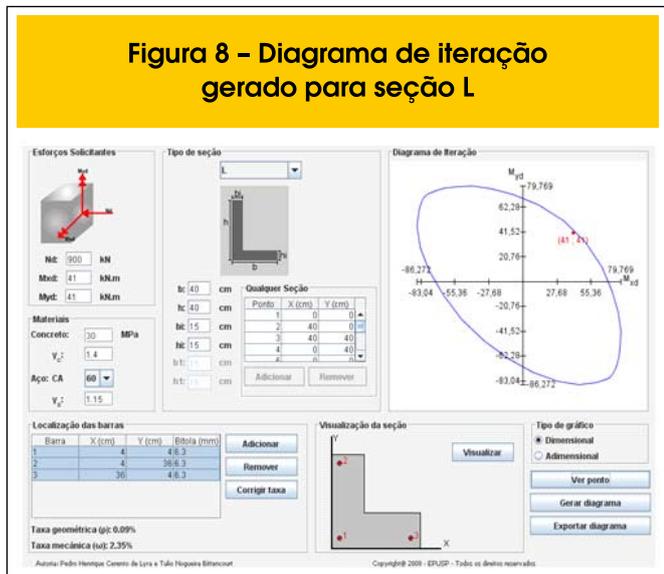
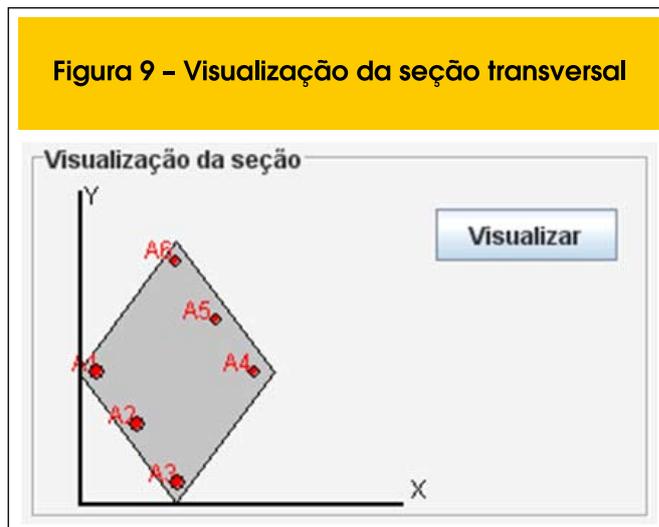


Figura 9 – Visualização da seção transversal



tudo o código documentado a partir dos programas *Doxygen* e pelo *Javadoc*.

4. Aplicação do applet

Os resultados obtidos pelo programa foram confrontados com os exemplos resolvidos em Langendonck (1977) para a seção com forma de losango e cruz, apresentando ótimos resultados.

Nota-se que na tabela da localização das barras consta o valor da bitola, mas o valor da área de aço obtida nos cálculos. Essa mudança se fez necessária por causa das áreas de aço incomuns usada nos exemplos, o usuário não tem essa opção.

Exemplo 1:

Seja a seção com forma de losango da figura abaixo com a área de 2400 cm² e com diagonais de 80 cm e 60 cm, sob ação da força normal $N_d = 66$ tf ou 660 kN aplicada com excentricidade gerando os momentos $M_{xd} = 211,2$ kN.m e $M_{yd} = 198$ kN.m. Usa-se CA-25 e concreto de $f_{cd} = 125$ kgf/cm² ($f_{ck} = 17,5$ MPa).

Exemplo 2:

Seja a seção em forma de cruz bissimétrica da figura abaixo submetida à flexão simples oblíqua, isto é, $N_d = 0$, com os momentos $M_{xd} = 249$ kN.m e $M_{yd} = 144$ kN.m. Usa-se concreto de $f_{cd} = 120$ kgf/cm² ($f_{ck} = 16,8$ MPa) e aço CA-25.

Figura 10 – Localização das barras na seção transversal

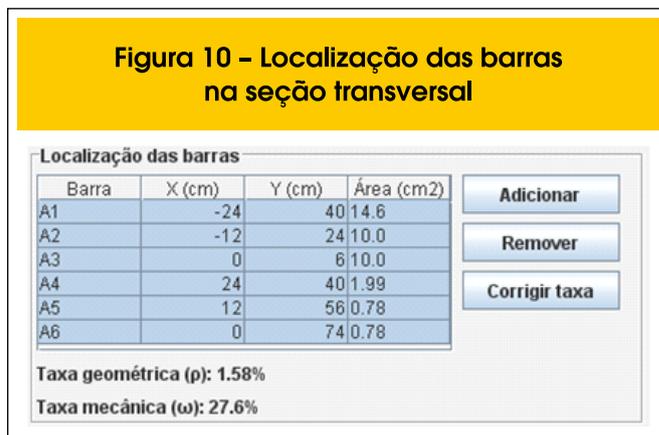


Figura 11 - Esforços solicitantes e tipos de materiais



Figura 12 - Diagrama de iteração para a seção rômbrica

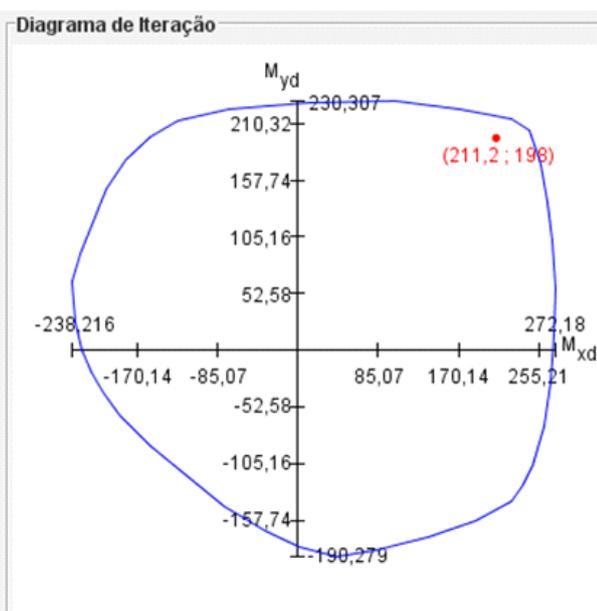


Figura 13 - Seção transversal cruciforme



5. Conclusões

Foi desenvolvida uma ferramenta robusta e de utilização simples voltada ao ensino da flexão composta oblíqua, lembrando que pode ser usada para qualquer seção. Ao longo do texto, são apresentadas as funcionalidades do *applet*, bem como a estrutura de programação empregada.

Experiências em sala de aula demonstraram, a utilização dessa importante ferramenta, os *applets*, pelo professor e pelo aluno, tem o potencial de estimular o discente a recorrer a material de estudo complementar para aprofundamento da compreensão de fenômenos físicos e conceitos teóricos referentes ao assunto tratado.

É nesse sentido que se espera que este *applet*, o qual vem sendo utilizado com sucesso em disciplinas do curso de graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, contribua para o aprimoramento da prática docente, em sala de aula, e para o estudo e aperfeiçoamento dos discentes, seja nos assentos escolares, seja fora da universidade, a partir da *Internet*.

6. Referências bibliográficas

- [01] ASSIS, W. S., BITTENCOURT, T. N., Desenvolvimento de uma ferramenta didática para o estudo de diagramas de interação normal-momento em colunas de

Figura 14 - Localização das barras na seção transversal

Localização das barras

Barra	X (cm)	Y (cm)	Área (cm ²)
A1	-16	24	9.56
A2	4	4	17.08
A3	16	4	7.52

Adicionar
 Remover
 Corrigir taxa

Taxa geométrica (p): 1.70%
 Taxa mecânica (w): 30.9%

- concreto, Revista Engenharia Civil – Universidade do Minho, Vol. 22, pp.49-58, Janeiro 2005.
- [02] ASSIS, W. S. BITTENCOURT, T. N., NORONHA, M.A.M. Desenvolvimento de Recursos Multimídia para o Ensino de Estruturas de Concreto. Revista IBRACON, vol. 32, pp.41-51, 2003.
- [03] Braga, W. Uso de applets Java no ensino de engenharia: In: 28º Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, XXVIII COBENGE. Ouro Preto, 2000.
- [04] LANGENDONCK, Telemaco Van. Flexão composta oblíqua no concreto armado. São Paulo: EESC – USP, 1977.
- [05] MEDEIROS, Gustavo Assis. Programa para Análise e Dimensionamento da Área de Armadura de Seções de Concreto Armado Submetidas a Flexão Oblíqua Composta, Relatório Final de Trabalho de Graduação, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2004.
- [06] SANTOS, LAURO MODESTO. Sub-rotinas Básicas do Dimensionamento de Concreto Armado, São Paulo, Thot, 1994.
- [07] SANTOS, LAURO MODESTO. Cálculo de concreto armado Volume 2. 2ª Edição, São Paulo, Lms, 1983.
- [08] SHEPHERDSON, E. Teaching concepts utilizing active learning computer environments. Tese de doutorado, 159p – Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, 2001.
- [09] SMANIOTTO, ALBERTO. Dimensionamento e Detalhamento Automático de Pilares Retangulares Submetidos à Flexão Composta Oblíqua. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

Figura 15 – Esforços solicitantes e tipos de materiais usados



Figura 16 – Diagrama de iteração da seção cruciforme

