

SOFTWARE PARA CÁLCULO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS À FLEXÃO SIMPLES

LARISSA C. SILVEIRA¹, DOMICIO M. SILVA JR²

¹ Graduando em Engenharia Civil, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus Votuporanga, larissavotu@hotmail.com

² Professor Orientador, IFSP, Câmpus Votuporanga, domicioifsp@gmail.com

Área de conhecimento (Tabela CNPq): Estruturas de Concreto – 3.01.02.01-4

Apresentado no
7º Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica do IFSP
29 de novembro a 02 de dezembro de 2016 - Matão-SP, Brasil

RESUMO: Devido à constante modernização de técnicas construtivas na engenharia civil, ao avanço da tecnologia nessa área e no mundo, bem como a velocidade de execução exigida pelo mercado, dificilmente se encontra alguma empresa ou indústria que não faça uso de sistemas informatizados que facilitem o trabalho do profissional. Na engenharia não é diferente, por isso, é importante que os engenheiros estejam em constante atualização para atuar com responsabilidade e também para promover o avanço tecnológico, desenvolvendo novas ferramentas para auxiliar na rápida solução de problemas, na otimização do tempo de trabalho e no rendimento organizacional. Uma destas ferramentas são os *softwares*, que processam as informações fornecidas pelos engenheiros, realizando o trabalho braçal em poucos minutos. Assim, este trabalho visa desenvolver um *software*, utilizando a linguagem *Java Script*, que seja capaz de proceder o dimensionamento das armaduras a serem inseridas em vigas de concreto armado submetidas à flexão simples.

PALAVRAS-CHAVE: programação; *software*; concreto armado.

SOFTWARE FOR CALCULATION OF LONGITUDINAL REINFORCEMENT IN CONCRETE BEAMS SUBMITTED TO SIMPLE BENDING

ABSTRACT: Because of the constant modernization of construction techniques in civil engineering, the advancement of technology in this area and in the world as well as the speed of execution required by the market, there's hardly any company or industry that doesn't make use of computerized systems to facilitate the work. In engineering isn't so different, for this, it's important that engineers are constantly updated to act responsibly and to promote technological progress, developing new tools to assist in the rapid solution of problems, in working time optimization and yield organizational. One such tool is the software that processes the information provided by engineers, doing the hard work in a few minutes. This work aims to develop software using the Java Script language that's able to proceed the calculation of the reinforcement to be inserted in reinforced concrete beams submitted to simple bending.

KEYWORDS: programming; software; reinforced concrete.

INTRODUÇÃO

Conforme afirma PINHEIRO, MUZARDO E SANTOS (2007), o concreto é constituído por cimento, areia, brita e água, e em seu estado endurecido, gera um material com elevada resistência à compressão e baixa resistência à tração. Para suprir esta deficiência do concreto, são inseridas armaduras, normalmente constituídas por barras de aço, formando assim o concreto armado.

Como a determinação destas armaduras segue um processo diferente para cada elemento a ser dimensionado, este trabalho tem por objetivo desenvolver um *software* capaz de calcular a área de aço a ser inserida em vigas de concreto armado sujeitas a flexão simples, bem como fazer as verificações normativas relacionadas às armaduras mínimas e disposições construtivas.

Este trabalho faz parte do grupo de pesquisa intitulado NEVE – Núcleo de Engenharia Virtual e Experimental, cujos trabalhos desenvolvidos estão hospedados no endereço <http://vtp.ifsp.edu.br/nev/>.

MATERIAL E MÉTODOS

O diagrama representado pela Figura 1, apresenta todas as distribuições possíveis de deformações específicas da seção transversal de uma viga de concreto armado, no instante em que ela atinge um estado limite último. Conforme BASTOS (2015), as deformações nos materiais componentes das vigas de concreto armado submetidas a flexão simples encontram-se nos domínios 2, 3 ou 4.

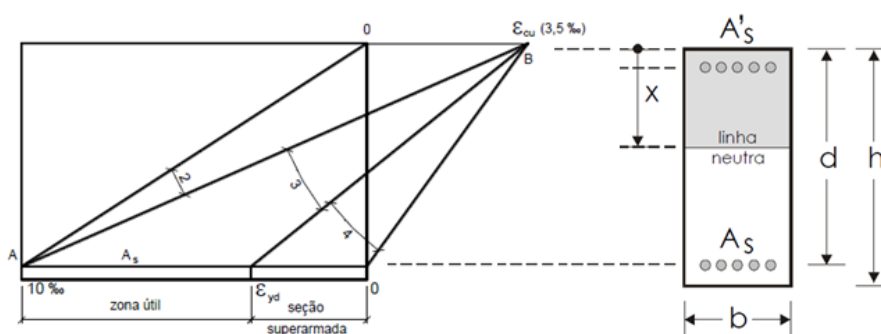


FIGURA 1. Diagrama de deformações dos domínios 2,3 e 4, para concretos do Grupo I de resistência ($f_{ck} \leq 50$ MPa), onde $\epsilon_{cu} = 3,5$ ‰. Adaptado de BASTOS (2015)

BASTOS (2015) afirma que o alongamento na armadura tracionada (ϵ_{sd}) no domínio 2 é igual a 10‰ e o encurtamento na fibra mais comprimida de concreto (ϵ_{cd}) varia entre 0 e 3,5‰. Portanto, em caso de ruptura existirá um “aviso prévio”, pois a fissuração na região tracionada ocorrerá antes da ruptura por esmagamento do concreto na região comprimida.

No domínio 3, ainda segundo o autor, o alongamento na armadura tracionada varia entre o início de escoamento do aço (ϵ_{yd}) e 10‰ e o encurtamento na fibra mais comprimida de concreto é de 3,5‰, valor máximo. Havendo ruptura, existirá também um “aviso prévio”. Este é o domínio mais econômico para o cálculo, pois aproveita ao máximo as resistências do concreto e do aço.

Já no domínio 4 a o alongamento na armadura tracionada é menor que ϵ_{yd} , fazendo com que o aço não escoe, provocando uma ruptura brusca dada pelo esmagamento do concreto na região comprimida. As vigas dimensionadas nesse domínio são chamadas de superarmadas e a armadura é antieconômica, pois não aproveita a máxima tensão do aço. (BASTOS, 2015)

Desta forma, conforme BASTOS (2015), é importante manter o dimensionado das armaduras nos domínios 2 e 3. Caso a viga se encontre no domínio 4, é necessário alterar a seção transversal da mesma ou fazer uso de um reforço adicional na região comprimida, a chamada armadura dupla.

Como foi apresentado, antes de ser proceder o dimensionamento propriamente dito, são necessárias algumas verificações, sendo assim, espera-se com este trabalho desenvolver um *software* que faça estas análises, bem como o cálculo das armaduras e as verificações normativas, referentes às vigas submetidas à flexão simples. As etapas de processamento do *software* serão as seguintes:

1. DADOS INICIAIS

O usuário deverá fornecer: base (b) e altura (h) da seção transversal, resistência característica do concreto à compressão (f_{ck}), tensão de escoamento característica do aço (f_{yk}), momento característico atuante (M_k), centro de gravidade da armadura de tração (d'), centro de gravidade da armadura de compressão (d''), coeficiente de majoração das forças (γ_f), coeficiente de minoração da resistência do concreto (γ_c) e coeficiente de minoração da resistência do aço (γ_s).

2. DETERMINAÇÃO DOS VALORES EFETIVAMENTE UTILIZADOS NOS CÁLCULOS

$$\text{Altura útil: } d = h - d' \quad (1)$$

$$\text{Momento de cálculo: } M_d = M_k * \gamma_f \quad (2)$$

$$\text{Resistência de cálculo do concreto à compressão: } f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c \quad (3)$$

$$\text{Tensão de escoamento de cálculo do aço: } f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s \quad (4)$$

3. DETERMINAÇÃO DA POSIÇÃO DA LINHA NEUTRA (x)

$$x = 1,25d * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{M_d}{0,425 * f_{cd} * b * d^2}}\right) \quad (5)$$

4. VERIFICAÇÃO DOS DOMÍNIOS DE DIMENSIONAMENTO

$$x_{23lim} = 0,259d, \quad \text{se } x < x_{23} \quad \rightarrow \quad \text{domínio 2} \quad \rightarrow \quad \text{armadura simples}$$

$$x_{34lim} = 0,628d, \quad \text{se } x_{23} < x < x_{34} \quad \rightarrow \quad \text{domínio 3} \quad \rightarrow \quad \text{armadura simples}$$

$$\text{se } x > x_{34} \quad \rightarrow \quad \text{domínio 4} \quad \rightarrow \quad \text{armadura dupla}$$

5. VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE DUCTILIDADE DA VIGA

A NBR 6118:2014, página 91, indica que, para manter as condições adequadas de ductilidade das vigas, a relação x/d não deve exceder os seguintes limites:

$$\text{Para concretos com } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad x/d_{lim} = 0,45d$$

$$\text{Para concretos com } 50 < f_{ck} < 90 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad x/d_{lim} = 0,35d$$

Desta maneira, mesmo estando no domínio 3, caso a relação x/d seja superior aos limites estabelecidos acima, a viga deve ser dimensionada utilizando armadura dupla.

6. DIMENSIONAMENTO DAS ARMADURAS

a) Armadura simples:

$$A_s = \frac{M_d}{\sigma_{sd}(d - 0,4x)} \quad (6)$$

em que,

A_s - Área de aço, cm^2 ;

M_d - Momento de cálculo, kN.cm ;

σ_{sd} - Tensão de cálculo na armadura tracionada, kN/cm^2 ;

d - Altura útil da viga, cm ;

x - Posição da linha neutra, cm .

b) Armadura dupla:

$$A_{s'} = \frac{M_2 d}{\sigma'_{sd}(d - d'')} \quad (7)$$

$$A_s = \frac{M_1 d}{\sigma_{sd}(d - 0,4x)} + \frac{M_2 d}{\sigma'_{sd}(d - d')} \quad (8)$$

em que,

$A_{s'}$ - Área de aço da armadura de compressão, cm^2 ;

M_{1d} - Parcela do momento que traciona o concreto, kN/cm^2 ;

M_{2d} - Parcela do momento de cálculo que comprime o concreto, kN/cm^2 ;

σ'_{sd} - Tensão de cálculo na armadura comprimida, kN/cm^2 ;

d' - Centro de gravidade da armadura tracionada, cm ;

d'' - Centro de gravidade da armadura comprimida, cm ;

7. VERIFICAÇÕES NORMATIVAS

- a) **Armadura mínima:** A armadura mínima de tração, deve ser determinada pelo dimensionamento da seção a um momento fletor mínimo dado pela expressão a seguir, respeitada a taxa mínima absoluta 0,15%. (NBR 6118:2014, item 17.3.5.2.1).

$$M_{d, \min} = 0,8W_0 \times 0,39\sqrt{f_{ck}}^2 \quad (9)$$

em que,

$M_{d, \min}$ - Momento fletor mínimo;

W_0 - Módulo de resistência da seção transversal bruta de concreto, fibra mais tracionada;

- b) **Armadura de pele:** O item 17.3.5.2.3 da NBR 6118:2014, prevê que nas vigas com $h > 60$ cm deve ser posicionada uma armadura lateral, chamada armadura de pele, com espaçamento não maior que 20 cm e devidamente ancorada nos apoios. A área de aço mínima, em cada face da viga, igual a:

$$A_{s_{p, face}} = 0,0010 \times b \times h \quad (12)$$

- c) **Espaçamento entre as armaduras:** A NBR6118:2014 em seu item 18.3.2.2 recomenda que o espaçamento mínimo entre as armaduras seja:

- Na horizontal

- Na vertical

$$a_{h, \min} \geq \begin{cases} 2,0\text{cm} \\ \phi l \\ 1,2d_{\max, \text{agr}} \end{cases}$$

$$a_{v, \min} \geq \begin{cases} 2,0\text{cm} \\ \phi l \\ 0,5d_{\max, \text{agr}} \end{cases}$$

em que,

$a_{h, \min}$ - espaçamento livre horizontal entre as faces de duas barras da mesma camada;

$a_{v, \min}$ - espaçamento livre vertical entre as faces de duas barras de camadas adjacentes;

$d_{\max, \text{agr}}$ - dimensão máxima característica do agregado graúdo utilizado no concreto;

ϕl - diâmetro da barra, do feixe ou da luva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Espera-se com este trabalho comprovar a importância, praticidade e viabilidade da utilização do *software* para o dimensionamento de armaduras nas vigas de concreto armado.

CONCLUSÕES

Ao final da pesquisa, espera-se criar um *software* apto a realizar o dimensionamento das armaduras em vigas de concreto armado, disponibilizando assim uma ferramenta capaz de auxiliar pequenas empresas, estudantes e pesquisadores, automatizando os processos e minimizando as falhas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IFSP pela bolsa concedida para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro. Abnt. 2003. 259 p.

BASTOS, P. S. S., Flexão Normal Simples. Notas de Aula, Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Departamento de Engenharia Civil, Bauru, 2015.

PINHEIRO, L. M., MUZARDO, C. D., SANTOS, S. P., Estruturas de Concreto. São Carlos, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Estruturas, 2007.