

ALGORITMO PARA O CÁLCULO DO MOMENTO FLETOR MÁXIMO DE ESCADAS DE CONCRETO ARMADAS LONGITUDINALMENTE

MARCO ANTÔNIO MACHADO DE ARAÚJO^{1*}, ITALO LINHARES SALOMÃO²

¹ Engenheiro Civil, UNIFOR, Fortaleza-CE, marcoaraujo86@gmail.com

² M.Sc. Professor Engenharia Civil, UNIFOR, Fortaleza-CE. Fone: (85) 3477-3000, italosalomao@unifor.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC' 2015
15 a 18 de setembro de 2015 - Fortaleza-CE, Brasil

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo abordar a análise estrutural, bem como a definição do algoritmo para o cálculo do momento fletor máximo que foi elaborado em um programa, escrito na linguagem *Visual Basic for Applications (VBA)*, para dimensionar e detalhar lances de escadas retangulares de concreto armadas longitudinalmente. Para a elaboração do programa, foram abordados tópicos referentes à concepção arquitetônica de escadas, carregamentos atuantes, geometria e análise estrutural da escada, além do detalhamento e dimensionamento de escadas de concreto armado. Para a validação das equações desenvolvidas para o cálculo do momento fletor, foi utilizado o programa computacional FTOOL, em que se obteve êxito quanto à análise estrutural do modelo utilizado, pois os valores dos esforços atuantes determinados pelo programa se aproximaram satisfatoriamente com os resultados apresentados pelo FTOOL.

PALAVRAS-CHAVE: Escadas, concreto armado, *Visual Basic for Applications*.

ALGORITHM FOR THE MAXIMUM BENDING MOMENT CALCULATION OF CONCRETE STAIRS REINFORCED LONGITUDINALLY

ABSTRACT: This study aimed to address the structural analysis, as well as the algorithm definition for calculating the maximum bending moment, which was developed in a program written in the Visual Basic for Application language (VBA), to design and detail concrete rectangular flights of stairs reinforced longitudinally. For designing program, a few topics were addressed regarding the architectural design of stair, active loads, geometry and structural analysis of the stairs, as well as the detailing and design of the reinforced concrete stairs. To validate the developed equations for the bending moment calculation, it was used the computer program FTool, in which the results were successful regarding the structural analysis of the model that was used, since the values of the acting efforts determined by the program satisfactorily approached the results presented by Ftool.

KEYWORDS: Stairs, Reinforced Concretes, Visual Basic for Applications.

INTRODUÇÃO

As escadas são estruturas imprescindíveis e indispensáveis em qualquer edificação que necessite de deslocamento vertical entre os diferentes níveis, sem que haja a utilização de nenhum equipamento mecânico. Elas não são parte essencial para o equilíbrio global do prédio, sendo elementos aos quais apenas transmitem o seu peso próprio, as cargas devido ao peso das pessoas que por elas transitam, além de outras cargas provenientes do seu revestimento, paredes e outros elementos que possam existir nela.

Devido à necessidade de agilizar o processo produtivo em escritórios de cálculo estrutural, em função do mercado está cada vez mais competitivo, deve-se procurar sempre a otimização de todas as etapas que fazem parte do projeto. Com isso, surgiram ao longo dos anos vários programas computacionais que aceleraram o processo produtivo, auxiliando o engenheiro na elaboração dos mais diversos tipos de projetos.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo abordar a análise estrutural, a fim de dimensionar a área de aço necessária para resistir aos esforços atuantes em escadas retangulares de concreto armadas longitudinalmente.

MATERIAL E MÉTODOS

Segundo QUEVEDO, F.P.M., 2011, após criar o modelo matemático do lance da escada, para implementação no programa, deve-se tomar alguns cuidados, podemos citar: a consideração da presença ou ausência dos patamares superior e inferior para determinação do vão, a posição dos apoios, e a disposição dos lances na escada.

Os lances podem estar dispostos entre si paralelamente ou perpendicularmente. No segundo caso é conveniente introduzir uma definição que diferencia os lances principais dos lances secundários. De acordo com CAMPOS FILHO, 2008, p. 7 apud QUEVEDO, F.P.M., 2011, “Os lances principais são aqueles lances cujos dois apoios de suas extremidades são externos à escada (por exemplo, apoio sobre viga ou parede) e os lances secundários são aqueles que apresentam pelo menos um apoio sobre o outro lance”. A figura 1, apresenta quatro exemplos de possíveis disposições dos lances.

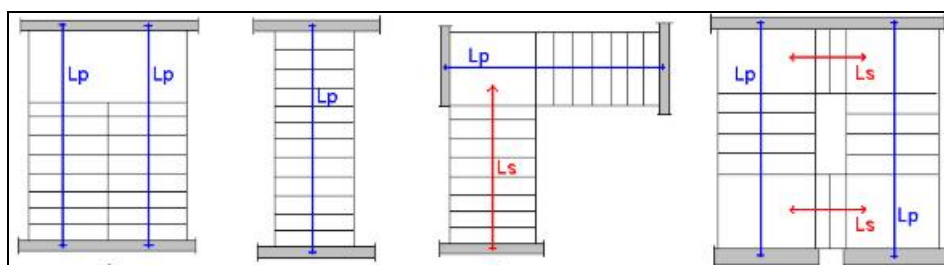


Figura 1: Exemplos de lances principais e lances secundários (Fonte: QUEVEDO, F.P.M., 2011 p. 42)

Na disposição perpendicular, deve-se definir a localização do ponto de apoio do lance secundário sobre o lance principal. ARAÚJO, 2003, p. 81, indica-o no meio da largura do lance do patamar do lance principal. O autor recomenda distribuir a reação do lance secundário uniformemente sobre a largura do patamar do lance principal.

No caso da determinação dos esforços atuantes em escadas de concreto armadas longitudinalmente, foi considerada que a mesma sofre apenas flexão normal, com isso, o cálculo do momento fletor máximo possibilita o dimensionamento da área de aço necessária para combater tais esforços.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 ilustra de forma simples e objetiva os dados de entrada que são necessários para o equacionamento das cargas e dos esforços existentes na escada. Como resultado, são apresentados os valores de P_1 , P_2 e P_3 (cargas na escada), R_a e R_b (reações nos apoios), M_k (momento característico) e L (vão teórico da escada).

Nessa janela do programa, será realizado o cálculo das cargas existentes na escada, além dos esforços provenientes das cargas supracitadas através do modelo de barra bi-apoiada.

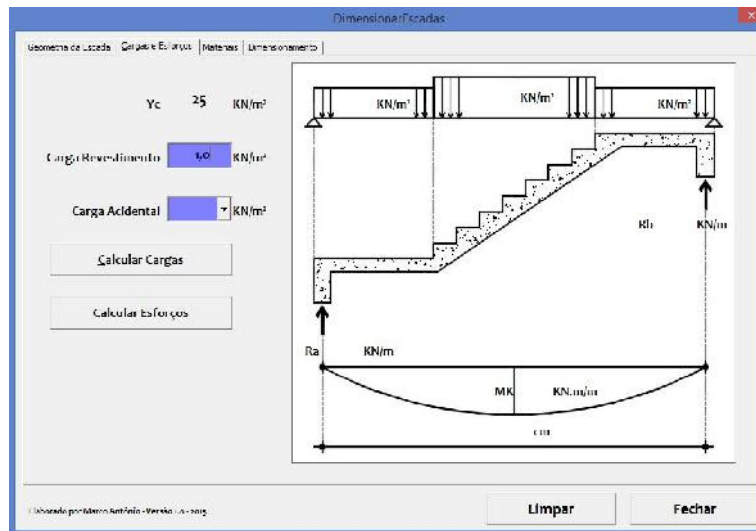


Figura 2: Janela do Programa: Cargas e Esforços

Para o cálculo dos esforços, o programa executará uma rotina de cálculo do momento máximo e das reações de apoios. Quando é acionado o botão que calcula os esforços, o programa resolve o modelo apresentado na figura 3.

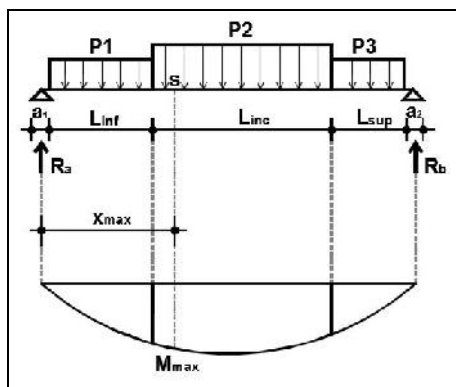


Figura 3: Modelo usado para o cálculo do momento máximo e das reações nos apoios.

Primeiramente, é executado o cálculo das reações. Para isso, faz-se necessário a identificação da presença ou não dos patamares inferior (L_{inf}) e superior (L_{sup}) da escada. Para facilitar a execução do algoritmo, foram criadas três variáveis, $Dist_1$, $Dist_2$ e $Dist_3$, que são os comprimentos equivalentes do patamar inferior, trecho inclinado e patamar superior, respectivamente, além da criação de algumas condicionantes para que o cálculo fosse executado de maneira correta.

Após o cálculo das variáveis supracitadas, a rotina de cálculo segue para a determinação das reações nos apoios (R_a e R_b). Elas são apresentadas nas equações 1 e 2 a seguir:

$$R_b = \frac{\left[\left(P_1 \times \frac{Dist_1^2}{2} \right) + \left(P_2 \times Dist_2 \right) \times \left(\frac{Dist_2}{2} + Dist_1 \right) + \left(P_3 \times Dist_3 \right) \times \left(\frac{Dist_3}{2} + Dist_2 + Dist_1 \right) \right]}{(L/100)} \quad (1)$$

$$R_a = P_1 \times Dist_1 + P_2 \times Dist_2 + P_3 \times Dist_3 - R_b \quad (2)$$

Calculadas as reações nos apoios, o programa executa a rotina para o cálculo do momento máximo característico (M_k) na estrutura, para isso é preciso determinar a variável x_{max} , que refere-se a distância na seção em que encontra-se o valor de M_k .

Para a execução correta desses cálculos, foram definidas condicionantes parecidas com o cálculo das reações, sendo determinadas 4 possibilidades de equações tanto para o M_k , quanto para x_{max} . As mesmas serão apresentadas a seguir:

- Caso, $P_1 = 0$ e $P_3 = 0$, tem-se as equações 3 e 4:

$$x_{max} = \frac{Dist2}{2} \quad (3)$$

$$M_K = \frac{P2 \times Dist2^2}{8} \quad (4)$$

- Caso, $P_1 = 0$ e $P_3 > 0$, tem-se as equações 5 e 6:

$$x_{max} = \frac{Ra}{P2} \quad (5)$$

$$M_K = Ra \times x_{max} - \frac{P2 \times x_{max}^2}{2} \quad (6)$$

- Caso, $P_1 > 0$ e $P_3 = 0$, tem-se as equações 7 e 8:

$$x_{max} = L - \frac{Rb}{P2} \quad (7)$$

$$M_K = Rb \times (L - x_{max}) - \frac{P2 \times (L - x_{max})^2}{2} \quad (8)$$

- Caso $P_1 > 0$ e $P_3 > 0$, tem-se as equações 9 e 10:

$$x_{max} = \frac{Ra - P1 \times Dist1}{P2} + Dist1 \quad (9)$$

$$M_K = Ra \times x_{max} - P1 \times Dist1 \times \left(x_{max} - \frac{Dist1}{2} \right) - \frac{P2 \times (x_{max} - Dist1)^2}{2} \quad (10)$$

Como é notório, não foi estabelecida nenhuma condicionante referente a P_2 , pois a mesma refere-se ao trecho inclinado da escada.

CONCLUSÕES

No presente trabalho, foi abordado somente a parte da análise estrutural que foi realizada na elaboração de uma ferramenta computacional em *Visual Basic for Application (VBA)*, com o intuito de dimensionar e detalhar os lances de escada de concreto armado longitudinalmente. Neste programa foi implementado algoritmos baseados em conceitos clássicos da resistência dos materiais, das estruturas de concreto armado e da análise de estruturas.

Como toda ferramenta computacional, esse *software* vem para auxiliar no processo produtivo, minimizando o tempo gasto e aumentando a eficiência dos projetos.

Para validação dessa ferramenta computacional, foram utilizados programas conhecidos no mercado, como o *FTOOL*, validando a utilização das equações para a implementação em programas com a finalidade de dimensionar escadas de concreto armadas longitudinalmente.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. M. Curso de concreto armado. 2. Ed. Rio Grande: Dunas, 2003a. V.4.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2014). NBR 6118:2014. Projeto de Estruturas de Concreto. Procedimento.
- CAMPOS FILHO, A. Projeto de Escadas de Concreto Armado. Porto Alegre: DECIV/UFRGS, 2008b. Apostila.
- QUEVEDO, F.P.M. (2011). Programa computacional para automatizar o dimensionamento e detalhamento de escadas de concreto armado em edifícios. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.