

ESTUDO COMPARATIVO DE MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA LONGITUDINAL DE VIGAS PAREDE

LUCAS NOGUEIRA DE ANDRADE¹; AUGUSTO CÉSAR CHAVES CAVALCANTE^{2*};

¹Graduado em Engenharia Civil, UFERSA, Pau dos Ferros-RN, eng.lucas.nogueira@outlook.com;

²Graduado em Engenharia Civil, UFERSA, Pau dos Ferros-RN, augusto.cesar.pdf@gmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Este trabalho trata do estudo do dimensionamento da armadura longitudinal de vigas parede. O objetivo deste trabalho foi comparar o dimensionamento da armadura longitudinal através de métodos analíticos e através do método dos elementos finitos. O modelo foi baseado em um estudo experimental. As análises foram feitas a partir de gráficos gerados pelo software em que dimensionou-se a armadura longitudinal da viga parede analisada e através de equacionamentos analíticos dispostos na literatura. Diante dos resultados obtidos verificou-se que as equações analíticas analisadas para obtenção da armadura longitudinal se mostraram de forma satisfatória quando comparadas com a análise do modelo apresentando uma diferença de valor de 1,65% com relação ao modelo analisado através do método dos elementos finitos.

PALAVRAS-CHAVE: Vigas parede, método dos elementos finitos, análise estrutural, dimensionamento.

COMPARATIVE STUDY OF METHODS OF DIMENSIONING OF LONGITUDINAL ARMOR OF BEAMS WALL

ABSTRACT: This work deals with the study of the dimensioning of the longitudinal armor scaling wall beam. The objective of this work was to compare the dimensioning of the longitudinal reinforcement through analytical methods and finite element method. The model was based on an experimental study. The analyses were made from software-generated graphicsthat scaled-if the longitudinal girder analysed wall armor and through of analytical equations arranged in the literature. In view of the obtained results, it was verified that the analyzed analytical equations for obtaining the longitudinal reinforcement were satisfactory when compared with the analysis of the model presenting a value difference of 1.65% in relation to the model analyzed through the finite element method.

KEYWORDS: Beams wall, finite element method, structural analysis, dimensioning.

INTRODUÇÃO

As vigas parede são estruturas planas cujas dimensões da altura e comprimento são maiores que a dimensão de sua largura e são solicitadas paralelas ao seu plano principal. Segundo a ABNT NBR 6118:2014, são classificadas como elementos especiais. Tal Norma considera como elementos especiais aqueles que possuem descontinuidades geométricas ou de cargas que afetam o comportamento do elemento estrutural como um todo. Basicamente, as vigas paredes, assim como os consolos curtos e dentes Gerber não seguem a hipótese de Navier-Bernoulli, ou seja, não se aplica a hipótese das seções planas. Logo, devem-se utilizar métodos de dimensionamento mais criteriosos.

As vigas parede possuem diversas aplicações estruturais. Conforme Santos (1999), geralmente são aplicadas em reservatórios como caixas d'água e silos, em fachadas de edifícios, em estruturas offshore, como blocos de coroamento de estacas, em vigas de transição (suportando carga de pilares), como elementos de contenção em subsolos e, ainda, em estruturas de centrais nucleares.

Nesse contexto, esse trabalho tem o intuito de apresentar abordagens de dimensionamento de vigas parede.

METODOLOGIA

Neste trabalho comparou-se o resultado da armadura longitudinal obtida por um método de dimensionamento analítico e através do método dos elementos finitos. O método analítico analisado foi o proposto por Araújo (2014) em que também se baseia em algumas normas de cálculo estrutural internacionais. A armadura longitudinal obtida a partir da análise pelo método dos elementos finitos se deu através da resultante das tensões horizontais, onde, após obter o valor da força horizontal de tração, obteve-se a área de aço necessária.

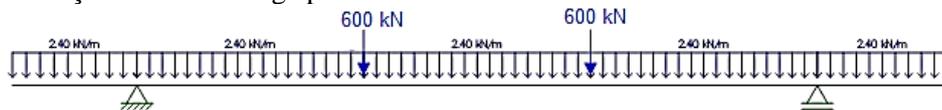
O modelo (viga parede) analisado no presente trabalho foi tomado como base em uma das vigas parede ensaiada por Jardim (1998). A viga possui as seguintes dimensões: altura de 800 mm, espessura de 120 mm, comprimento total de 1650 mm e vão efetivo de 1200 mm. A viga é solicitada por duas cargas concentradas de igual valor e equidistantes dos apoios, aplicadas no bordo superior.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

DIMENSIONAMENTO SEGUNDO O MÉTODO ANÁLITICO PROPOSTO POR ARAÚJO (2014)

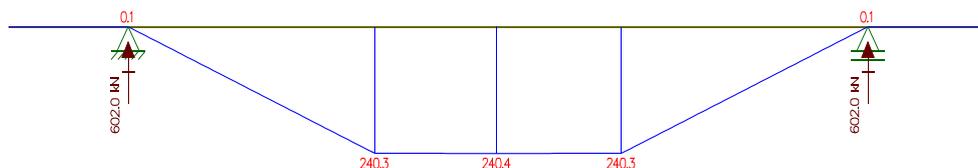
A Figura 1 ilustra as cargas a qual a viga parede analisada foi submetida, onde o valor da carga distribuída é equivalente ao peso próprio da viga e está disposto na Tabela 1. As cargas concentradas foram determinadas de acordo com as cargas utilizadas nos ensaios do modelo experimental de Jardim (1998).

Figura 1. Solicitação externa da viga parede analisada



O esforço interno gerado utilizado para o dimensionamento da armadura longitudinal é do tipo momento e pode ser observado na Figura 2.

Figura 2. Momento fletor



A determinação da área de aço necessária para a armadura principal é obtida conforme a Equação 2 onde, primeiramente, obtém-se o braço de alavanca Z conforme a Equação 1.

$$Z = 0,15h \left(3 + \frac{l}{h} \right) \quad (1)$$

A tensão de escoamento do aço adotada para a determinação da armadura principal está presente na Tabela 1. Esse valor foi obtido experimentalmente por Jardim (1998). Logo, a área de aço necessária para a armadura longitudinal é dada pela Equação 2.

$$A_s = \frac{M_d}{Z f_{yd}} \quad (2)$$

É necessário verificar se a área de aço determinada através do momento fletor gerado é superior à área de aço mínima necessária, sendo a área de aço mínima necessária obtida na Equação 3. Inicialmente, determina-se a armadura mínima para uma viga esbelta e a partir desse valor e o coeficiente λ , que depende da relação l/h , determina-se a área de aço mínima para vigas parede. Essas equações podem ser encontradas em Araújo (2014).

$$A_{min,VP} = \lambda x A_{min,VE} \quad (3)$$

Para a área de aço necessária determinada, pode-se utilizar 6 (seis) barras de aço de 12,5 mm distribuídas em 3 (três) camadas com 2 (duas) barras por camada. A área de aço obtida pelo equacionamento proposto por Araújo (2014) corresponde a um valor maior do que o utilizado no modelo experimental de Jardim (1998) o qual utilizou 8 (oito) barras de 10 mm distribuídas em 4 (quatro) camadas. O número de barras utilizadas e o valor da área de aço efetiva estão dispostos na Tabela 1.

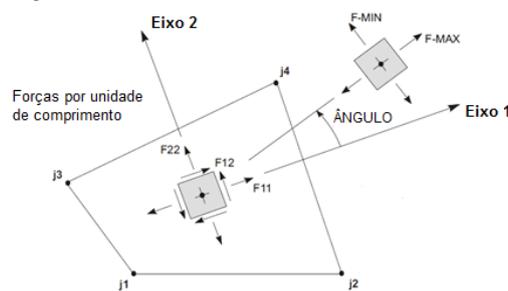
Tabela 1. Parâmetros para o dimensionamento e resultados

$P.P (kN/m)$	$P (kN)$	$f_{yd}(kN/cm^2)$	$Z (m)$	$A_s (cm^2)$	$A_{min,VP}(cm^2)$	$A_\phi (cm^2)$	N_b	$A_T (cm^2)$
2,4	1200	61,25	0,54	7,27	1,3	1,227	6	7,36

3.2 DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA LONGITUDINAL SEGUNDO ANÁLISE PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

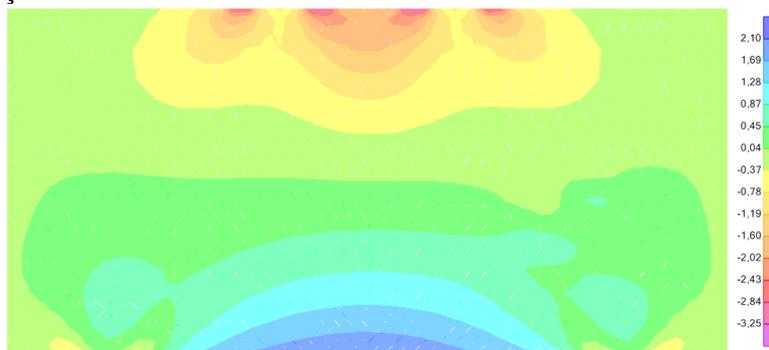
O software utilizado permite que se façam análises dos esforços internos gerados no modelo idealizado pelo usuário. As forças internas que o software apresenta estão representadas na Figura 3.

Figura 3. Representação das forças



Para realizar o dimensionamento da armadura longitudinal, foi verificado o comportamento das tensões horizontais no concreto (S_{11}). A Figura 4 ilustra o comportamento das tensões horizontais no concreto dadas em kN/cm^2 .

Figura 4: Distribuição das tensões horizontais

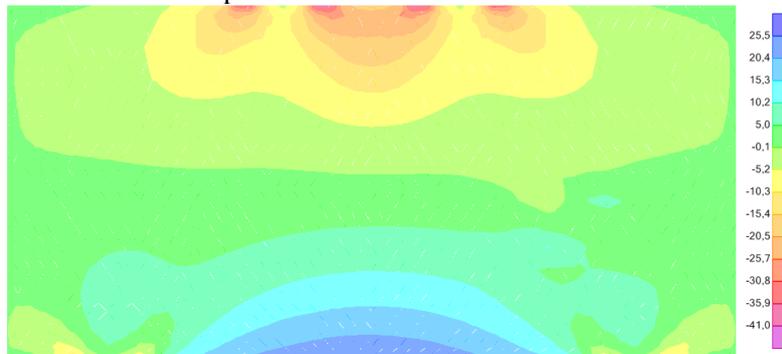


A tensão horizontal máxima de compressão foi de aproximadamente $3,25 kN/cm^2$ e localizou-se próximo aos pontos de aplicação das cargas, mais precisamente, entre as chapas de aplicação das

cargas. Já a tensão máxima de tração foi de aproximadamente 2,1 kN/cm² e localiza-se no bordo inferior da viga parede, mais precisamente no meio do vão.

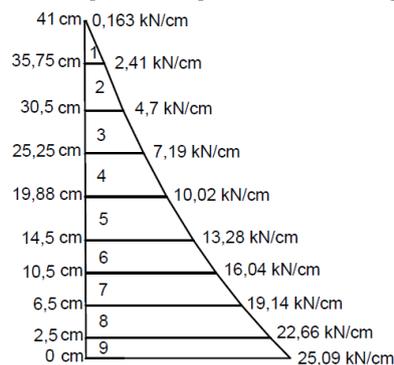
Entretanto, devido o dimensionamento das armaduras através da distribuição das tensões horizontais apresentar uma maior complexidade e devido o software fornecer as forças por unidade de comprimento (F_{11}) utilizou-se as forças por unidade de comprimento no meio do vão da viga para o dimensionamento das armaduras, a qual é ilustrada na Figura 5.

Figura 5. Forças por unidade de comprimento



A distribuição da resultante de tração na seção central da viga parede se deu conforme a Figura 6.

Figura 6. Distribuição da resultante de tração na seção central da viga parede



Para determinar a resultante de tração calculou-se a área da Figura 6, a qual foi calculada por meio de uma planilha desenvolvida no Excel 2010 (Tabela 2) que se caracteriza pelo cálculo dos diversos trapézios gerados na região tracionada da peça (abaixo da linha neutra).

Tabela 2. Cálculo da resultante de tração no concreto

Resultante de esforço			
	Altura	Base	Área
	41	0,163	
1	35,75	2,41	6,75
2	30,5	4,7	18,66
3	25,25	7,19	31,21
4	19,88	10,02	46,21
5	14,5	13,28	62,68
6	10,5	16,04	58,64
7	6,5	19,14	70,36
8	2,5	22,66	83,6
9	0	25,09	59,69
Resultante			437,80 kN

Para o dimensionamento das armaduras utilizou-se a tensão de escoamento do aço obtida por Jardim (1998) a qual foi equivalente a 612,5 MPa. A determinação da área de aço necessária se deu de acordo com a Equação 4.

$$A_s = \frac{\text{Resultante}}{f_y} \quad (4)$$

Utilizando-se barras de 12,5 mm são necessárias 6 (seis) barras de aço conforme apresentado na Tabela 3 que serão distribuídas em 3 (três) camadas contendo 2 (duas) barras em cada camada. Nesse sentido, a Tabela 3 apresenta os resultados equivalentes à área de aço necessária obtida pela análise através do métodos dos elementos finitos.

Tabela 3: Resultados do dimensionamento segundo análise linear

<i>Resultante (kN)</i>	<i>f_y (kN/cm²)</i>	<i>A_s (cm²)</i>	<i>A_φ (cm²)</i>	<i>N_b</i>	<i>A_T (cm²)</i>
437,80	61,25	7,15	1,227	6	7,36

Pôde-se observar que os resultados obtidos de área de aço requerida para armadura longitudinal através do equacionamento proposto por Araújo (2014) e análise linear da viga parede convergiram para um valor aproximado. O equacionamento proposto por Araújo (2014) apresentou uma área de aço necessária 1,68% maior do que a obtida pela análise no software. Entretanto, ao utilizar 6 (seis) barras de 12,5 mm para as duas situações fez com que ambas tivessem a mesma área de aço efetiva.

É importante ressaltar que as áreas de aço determinadas pelos dois métodos descritos anteriormente são superiores a área de aço utilizada na viga ensaiada por Jardim (1998). É válido destacar ainda que a carga última de sollicitação externa aplicada no modelo de Jardim (1998) é superior à carga aplicada no modelo analisado deste trabalho, cerca de 24,58%. Isso deixa a entender que a armadura dimensionada neste trabalho está a favor da segurança quando comparado com os resultados do modelo estudado experimentalmente, já que ela apresenta-se 17,2% maior que a do modelo ensaiado e para uma sollicitação inferior a do modelo experimental.

CONCLUSÃO

Pôde-se observar que o equacionamento proposto por Araújo (2014) apresenta-se de forma satisfatória para o caso estudado, comparando-se com uma modelagem de elementos finitos e analisando de forma linear uma viga parede. Os valores de área de aço necessária, comparados entre os dois métodos analisados, apresentou uma diferença percentual em relação ao menor valor deles de 1,68%, comprovando que o equacionamento analítico apresenta resultados satisfatórios para o caso estudado quando comparado com os resultados de um modelo analisado pelo método dos elementos finitos.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, José Milton de. **Curso de concreto armado**. 4. ed. Rio Grande do Sul: Dunas, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6.118**: projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- JARDIM, Liana de Lucca. **Análise experimental de vigas parede com concreto de alta resistência reforçadas ao cisalhamento**. 1998. 220 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 1998.
- SANTOS, Gláucia Gleice Maciel. **ANÁLISE SISTEMÁTICA DE VIGAS PAREDE BIAPOIADAS DE CONCRETO ARMADO**. 1999. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.