

## DIMENSIONAMENTO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS À FLEXÃO E AO ESFORÇO CORTANTE

**Thais Cristina Bastos de Araújo** ([thaiscristinabastosdearaujo@outlook.com](mailto:thaiscristinabastosdearaujo@outlook.com))

Aluna de graduação do curso de Engenharia Civil.

**Débora Florêncio de Souza Sampaio** ([deborasouza.sampaio@hotmail.com](mailto:deborasouza.sampaio@hotmail.com))

Aluna de graduação do curso de Engenharia Civil.

**Felipe Coelho de Freitas** ([felipecf@ymail.com](mailto:felipecf@ymail.com))

Eng. Civil, Mestre em Estruturas, professor e pesquisador FAACZ

### RESUMO

As disciplinas de estruturas de concreto armado e análise estrutural presentes na formação acadêmica do engenheiro civil são consideradas difíceis e complexas entre os graduandos, devido à sua extensão conceitual e complexidade de fenômenos. Entender corretamente o funcionamento das estruturas de concreto representa uma necessidade no âmbito profissional do Engenheiro Civil, pois o mesmo se correlaciona com a maioria das obras e serviços de engenharia e representa ganho considerável na segurança durante a elaboração de projetos e execução de obras. Dentro deste contexto, este artigo visa possibilitar ao aluno aprimorar seus conhecimentos em estruturas de concreto, focando em estudos manuais do dimensionamento de vigas em concreto armado submetidas aos esforços de flexão e cortante.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estruturas de Concreto, Dimensionamento de Viga, Flexão e cortante.

### 1 – INTRODUÇÃO

O concreto armado é um dos materiais que possui ampla utilização nos elementos estruturais de diversos tipos de construção, como edifícios residenciais e comerciais, pontes e viadutos, entre outros. É de extrema importância realizar as verificações necessárias para o seu uso com segurança e eficiência. A NBR 6118 define no item 3.2.1, o *Estado-Limite Último* como sendo o estado-limite relacionado ao colapso, sendo necessário verificar os elementos lineares (vigas) para as solicitações normais e tangenciais (esforço de flexão e cortante, respectivamente). Finalmente, o objetivo principal é possibilitar ao aluno conhecer e descrever os procedimentos de dimensionamento de vigas de concreto armado submetidas à solicitações normais e tangenciais, realizar todas as verificações, de modo manual, do cálculo em vigas e comparar os resultados com valores obtidos em software de cálculo estrutural.

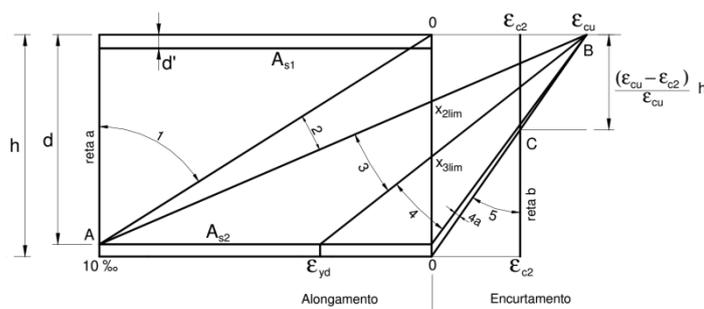
### 2 – REFERENCIAL TEÓRICO

#### DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO

O dimensionamento à flexão é realizado utilizando-se as diretrizes da NBR 6118:2014, item 17.2.2, em que as hipóteses básicas de dimensionamento devem ser atendidas. Algumas condições devem ser apontadas:

- A determinação dos esforços resistentes das seções das vigas deve conduzir a valores resistentes de flexão  $M_{Rd}$  maiores que os esforços solicitantes  $M_{Sd}$  determinados na análise linear;
- O equilíbrio da seção interna crítica deve seguir a distribuição das deformações na seção transversal em função dos domínios do estado-limite último, conforme apresentado pela figura 17.1, do item 17.2.2 da NBR 6118.
- O domínio de deformação ideal que as vigas sujeitas à flexão simples devem ser equilibradas é o 2 ou 3. Para isso, faz-se com que a altura da linha neutra da seção equilibrada  $x$  esteja dentro dos valores limites do domínio 3  $x_{2lim}$  e  $x_{3lim}$  (**Figura 1:** Limites dos domínios de deformação (Fonte: BASTOS, 2017) Figura 1). No domínio 3, tanto o concreto comprimido quanto o aço tracionado são aproveitados ao máximo (BASTOS, 2017).

Figura 1: Limites dos domínios de deformação (Fonte: BASTOS, 2017)



### DIMENSIONAMENTO AO CISALHAMENTO

O dimensionamento de uma viga submetida aos esforços de cisalhamento (esforço cortante) pode ser realizado por dois métodos diferentes: modelo de cálculo I e II (BASTOS, 2017). O modelo de cálculo I, também chamado como “Trelíça clássica”, considera o ângulo de inclinação das diagonais comprimidas fixo em 45°. O modelo de cálculo II, também conhecido por “Trelíça generalizada”, considera que o ângulo de inclinação das diagonais comprimidas pode variar entre 30° e 45°. De igual modo ao dimensionamento à flexão, a condição de segurança do elemento estrutural é condicionada a verificação do Estado Limite Último – ELU. As verificações serão realizadas conforme item 17 da NBR 6118 e admitindo-se o modelo de cálculo I (item 17.4.2.2). A determinação do esforço solicitante  $V_k$  foi obtida por meio de análise estrutural realizado por software de cálculo estrutural Cad/TQS.

### 3 – DESENVOLVIMENTO - MODELAGEM

A metodologia empregada aborda pesquisa bibliográfica exploratória descritiva dos conteúdos relacionados ao dimensionamento de vigas de concreto armado submetidas à flexão e esforço cortante com a finalidade de permitir ao aluno o correto entendimento sobre as definições necessárias. As cargas solicitantes externas utilizadas são as usuais de edifícios de múltiplos pavimentos e a descrição dos valores é apresentada abaixo. O diagrama de esforços internos adotado será fornecido pelo software de cálculo estrutural TQS.

As cargas consideradas foram obtidas pela norma **NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Por meio das tabelas 1 e 2 foram definidas a carga permanente e sobrecarga accidental. Além disso, foi considerado sobre a viga V2 alvenaria de vedação com altura ( $h$ ) de 3 metros, largura ( $e_{alv}$ ) de 15 cm e peso específico ( $\gamma_{esp}$ ) de  $1300 \text{ kgf/m}^3$ . Com isso, tem-se que a carga de alvenaria sobre a viga ( $g_{alv}$ ) é de  $g_{alv} = h \cdot e_{alv} \cdot \gamma_{esp} = 0,15 \cdot 3 \cdot 1300 = 585 \text{ kgf/m}$  (perm. característica).

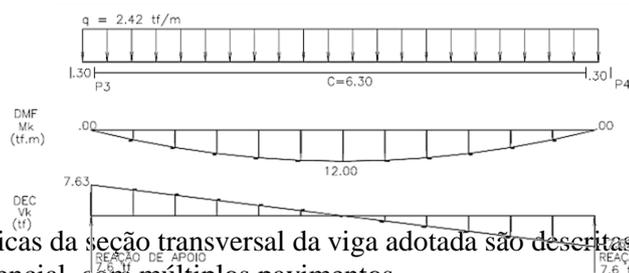
$$g_k = 100 \text{ kgf/m}^2 \text{ (permanente característica)}$$

$$q_k = 200 \text{ kgf/m}^2 \text{ (sobrecarga característica)}$$

$$g_{alv} = h \cdot e_{alv} \cdot \gamma_{esp} = 0,15 \cdot 3 \cdot 1300 = 585 \text{ kgf/m} \text{ (permanente característica)}$$

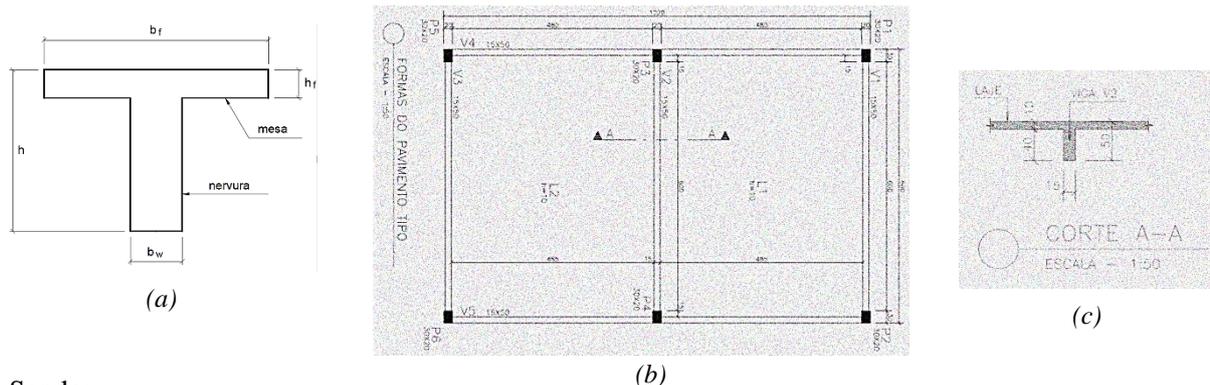
Os esforços na viga foram obtidos após o lançamento da estrutura indicada na planta-baixa, conforme Figura 2. O software de cálculo estrutural adotado foi o CAD/TQS e os diagramas obtidos seguem abaixo:

Figura 2: Diagrama de esforços Solicitantes (Fonte: Elaborada pelo autor)



As características geométricas da seção transversal da viga adotada são descritas na Figura 3. A edificação considerada é de uso residencial, com múltiplos pavimentos.

**Figura 3:** (a) Notação da viga seção T (Fonte: BASTOS, 2017), (b) Formas do pavimento e (c) Dados da Viga V2



Sendo:

$b_f$ : largura colaborante da mesa de uma viga

$h$ : Altura da viga

$h_f$ : Altura da mesa

$b_w$ : largura da alma de uma viga

Para a viga simplesmente apoiada V2, tem-se:

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa (C25)}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

Classe de agressividade ambiental CAA II  $\rightarrow c_n = 30 \text{ mm}$

$$\phi_{m\acute{a}x,agr} = 19 \text{ mm}$$

$$b_w = 15 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

## 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

O dimensionamento ao esforço fletor conduziu aos seguintes resultados:

$$M_{Sd} = \gamma_f \cdot M_k = 1,4 \cdot 12000 = 16800 \text{ kNcm}$$

$$x = 2,189 \text{ cm} \leq x_{2lim} = 0,26 \cdot d = 0,26 \cdot 45,7 = 11,88 \text{ cm}$$

$$x \leq x_{lim} = 0,45 \cdot d = 0,45 \cdot 45,7 = 20,565 \text{ cm}$$

A armadura tracionada é dada por:

$$A_s = K_s \cdot \frac{M_{Sd}}{d} = 0,02353 \cdot \frac{16800}{42,8} = 9,236 \text{ cm}^2$$

$$n = \frac{A_{s,total}}{A_{s,12.5}} = \frac{9,236}{2,01} = 4,59 \text{ barras}$$

A armadura necessária será composta por 5 barras de 16 mm.

O dimensionamento ao esforço cortante conduziu aos seguintes resultados:

$$V_k = 7,623 \text{ tf} = 76,23 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = V_{red,k} \cdot \gamma_f = 66,55 \cdot 1,4 = 93,17 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 93,24 \leq V_{Rd2} = 296,16 \rightarrow \text{OK!}$$

$$A_{Sw,90} = \frac{100 \cdot V_{Sw}}{39,2 \cdot d} = \frac{100 \cdot 40,65}{39,2 \cdot 45,5} = 2,279 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Foi adotado que a armadura para o esforço cortante seria de 5mm, o espaçamento necessário para atender à área de aço deverá ser:

$$s = \frac{100.2.A_{s1}}{A_{sw,90}} = \frac{100.2.0,19}{2,279} = 16,66 \text{ cm}$$

$$s_{adot} = 15 \text{ cm}$$

A armação necessária para atender aos critérios de dimensionamento ao esforço cortante será de **Ø5 mm a cada 15 cm.**

Os valores obtidos manualmente foram sintetizados na Tabela 1, quando foram comparados com os valores obtidos pelo software.

**Tabela 1:** Comparativo de resultados entre cálculo manual e pelo software (Fonte: Elaborado pelo autor)

DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO		
Grandeza	Manual	Software
$b_f$ (cm)	141	141
$A_s$ (cm <sup>2</sup> )	9,24	9,29
$x$ (cm)	2,36	2,359
DIMENSIONAMENTO AO CORTANTE		
Grandeza	Manual	Software
$V_k$ (kN)	76,23	76,3
$V_{k,red}$ (kN)	66,55	66,6
$V_{Rd2}$ (kN)	296,16	299
$A_{sw}$ (cm <sup>2</sup> /m)	2,279	2,2
Armadura adotada	Ø5 c/ 15 cm	Ø5 c/ 15 cm

## 5 – CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a definição de todos os dados necessários para o dimensionamento, inclusive o referencial teórico sobre o dimensionamento, realizou-se análise estrutural da viga para obtenção dos esforços internos: momento fletor e cortante máximo. A análise foi realizada em software de cálculo estrutural e os valores obtidos foram adotados para o dimensionamento. Os valores obtidos manualmente sintetizados na Tabela 1, quando foram comparados com os valores obtidos pelo software. As verificações realizadas manualmente para os dois tipos de esforços indicam que os valores encontrados são próximos aos encontrados pelo software, o que sugere que a formulação aplicada está correta. Finalmente, este trabalho permite aprimorar os conhecimentos em estruturas de concreto, no que diz respeito ao dimensionamento de vigas submetidas aos esforços de flexão e cortante, compreender os principais conceitos relacionados à segurança, dimensionamento das vigas, bem como obter experiência prática de dimensionamento de vigas.

## 6 – AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FSJB e a FAPES pelo apoio financeiro na forma de bolsa de IC.

## 7 – REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1980). Cargas para o Cálculo de estruturas de edificações, NBR 6120, Rio de Janeiro, RJ.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2014). Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento, NBR 6118, Rio de Janeiro, RJ.
- BASTOS, P. S. S. Notas de Aula: Flexão Normal Simples, Bauru – SP. 2017.
- BASTOS, P. S. S. Notas de Aula: Dimensionamento vigas - Força cortante, Bauru – SP. 2017.