

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

PROJETO DE ESCADAS DE CONCRETO ARMADO

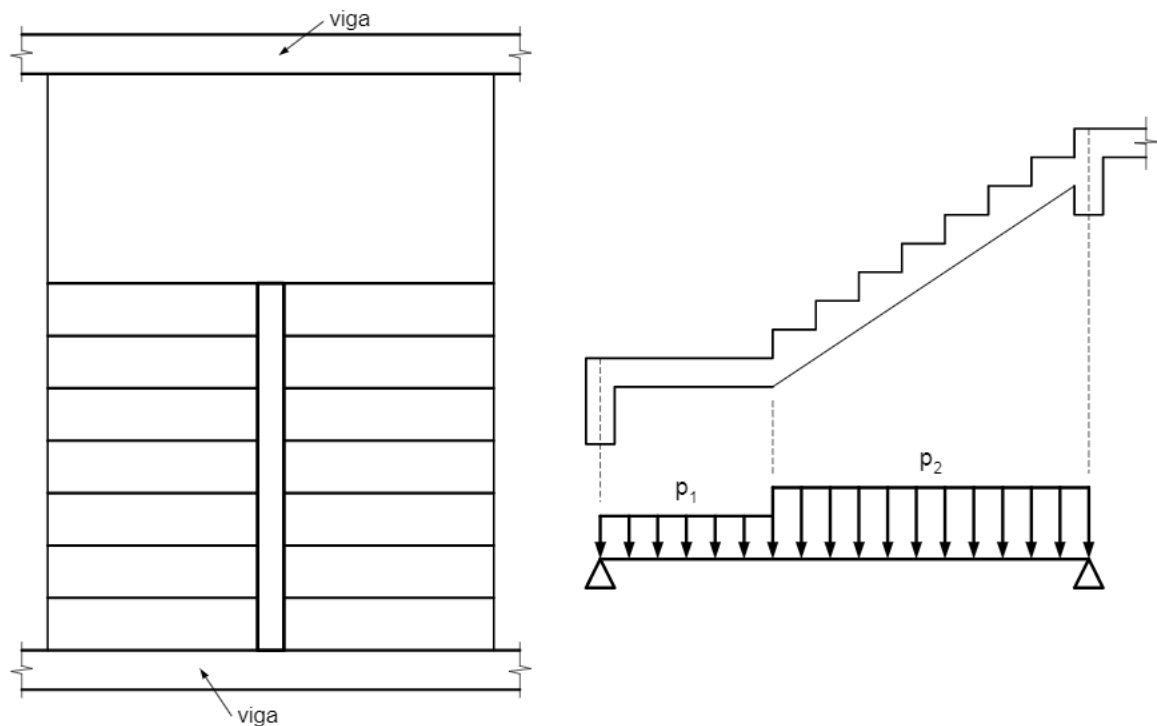
AMÉRICO CAMPOS FILHO

2011

SUMÁRIO

1 – Introdução.....	1
2 – Escadas com vãos paralelos	4
3 – Escadas com vãos perpendiculares entre si	7

1 - Introdução



O tipo mais usual de escada em concreto armado tem como elemento resistente uma laje armada em uma só direção. Os degraus não têm função estrutural.

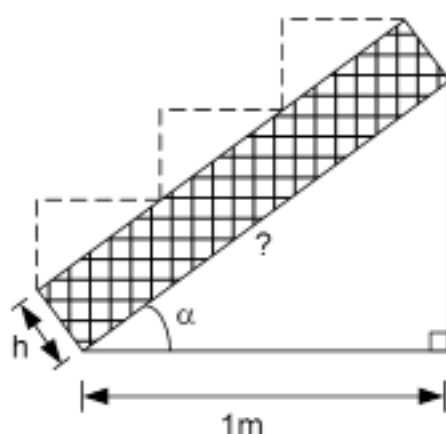
O modelo estrutural corresponde a uma laje armada em uma só direção, simplesmente apoiada, solicitada por cargas verticais. Como este modelo estrutural corresponde a uma viga isostática, podem-se calcular reações e solicitações utilizando o vão projetado.

A espessura da laje pode ser fixada, em função do comprimento do vão, pela seguinte tabela

Vão	Espessura
$\ell \leq 3\text{m}$	10 cm
$3\text{m} < \ell \leq 4\text{m}$	12 cm
$4\text{m} < \ell \leq 5\text{m}$	14 cm

Ao se escolher a espessura para a laje da escada, deve-se ter o cuidado de não levar a situações de armadura dupla (espessura insuficiente) ou de armadura mínima (espessura exagerada).

O patamar é um trecho do vão total, onde a carga atuante é menor, pois não existem degraus e a espessura da laje é h . No trecho inclinado a espessura a ser considerada na composição de cargas é $h/\cos\alpha$.



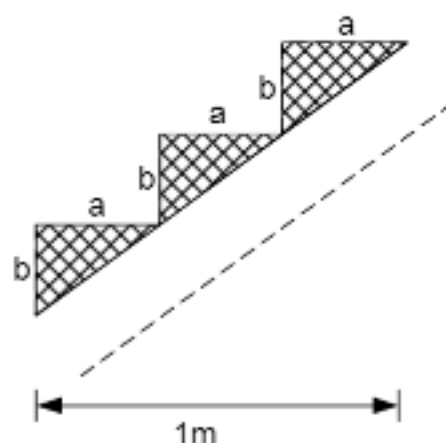
$$\cos\alpha = \frac{1\text{m}}{?} \rightarrow ? = \frac{1\text{m}}{\cos\alpha}$$

$$\text{área} = \frac{1\text{m}}{\cos\alpha} \cdot h$$

$$\frac{\text{área}}{\text{unidade de comprimento}} = \frac{h}{\cos\alpha}$$

$$\text{carga superficial} = \frac{h}{\cos\alpha} \times 25 \text{ kN/m}^3$$

Para considerar a carga correspondente ao peso dos degraus, deve-se tomar uma espessura média igual a metade da altura de cada degrau. O peso específico do concreto simples deve ser tomado como sendo 24 kN/m^3 .



$$\text{área dos degraus} = \text{soma dos triângulos}$$

$$= \sum \frac{a \cdot b}{2} = \frac{b}{2} \sum a$$

$$\frac{\text{área dos degraus}}{\text{unidade de comprimento}} = \frac{\frac{b}{2} \sum a}{\sum a} = \frac{b}{2}$$

$$\text{carga superficial} = \frac{b}{2} \times 24 \text{ kN/m}^3$$

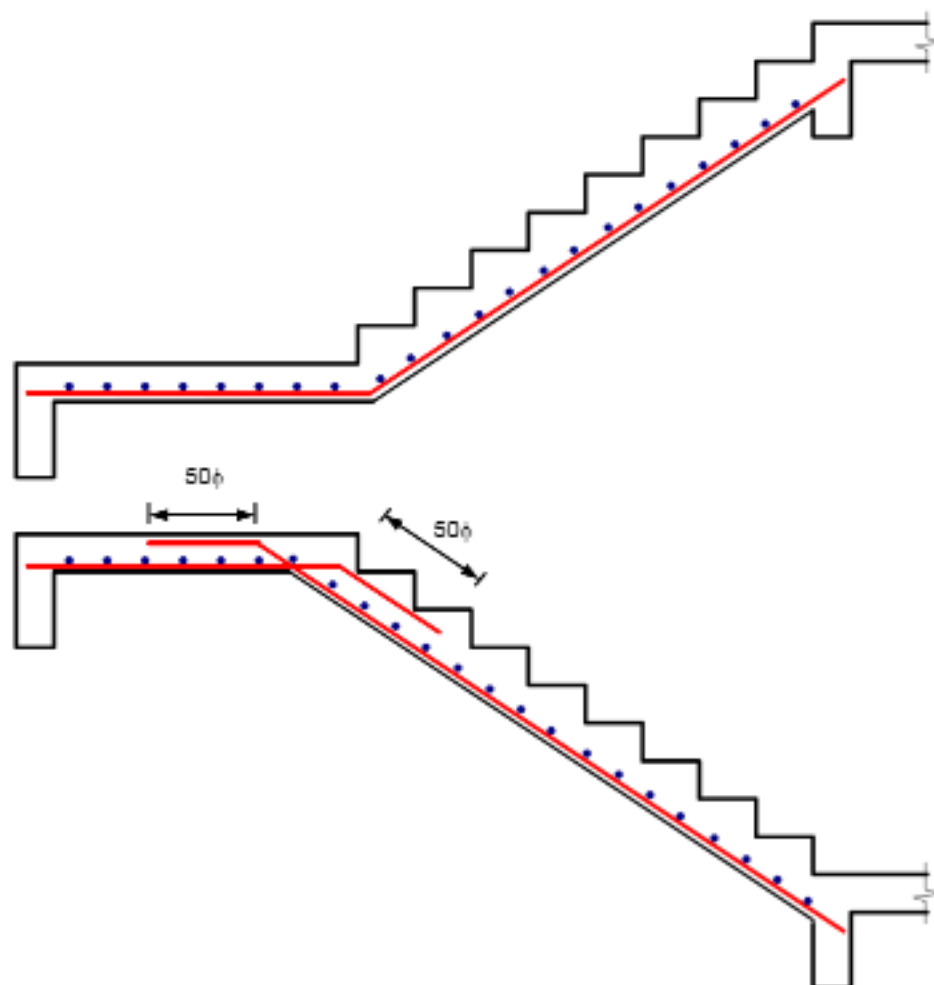
Se houver um peitoril de alvenaria, deve-se considerar o seu peso distribuído ao longo da largura da escada ($\leq 1,5 \text{ m}$).

O valor da carga variável a ser considerado no projeto de escadas é de $2,5 \text{ kN/m}^2$ em edifícios residenciais e de $3,0 \text{ kN/m}^2$ em edifícios não residenciais.

Nas escadas (lajes armadas em uma só direção), deve-se ter uma armadura de distribuição, na direção transversal à armadura principal, atendendo a seguinte condição:

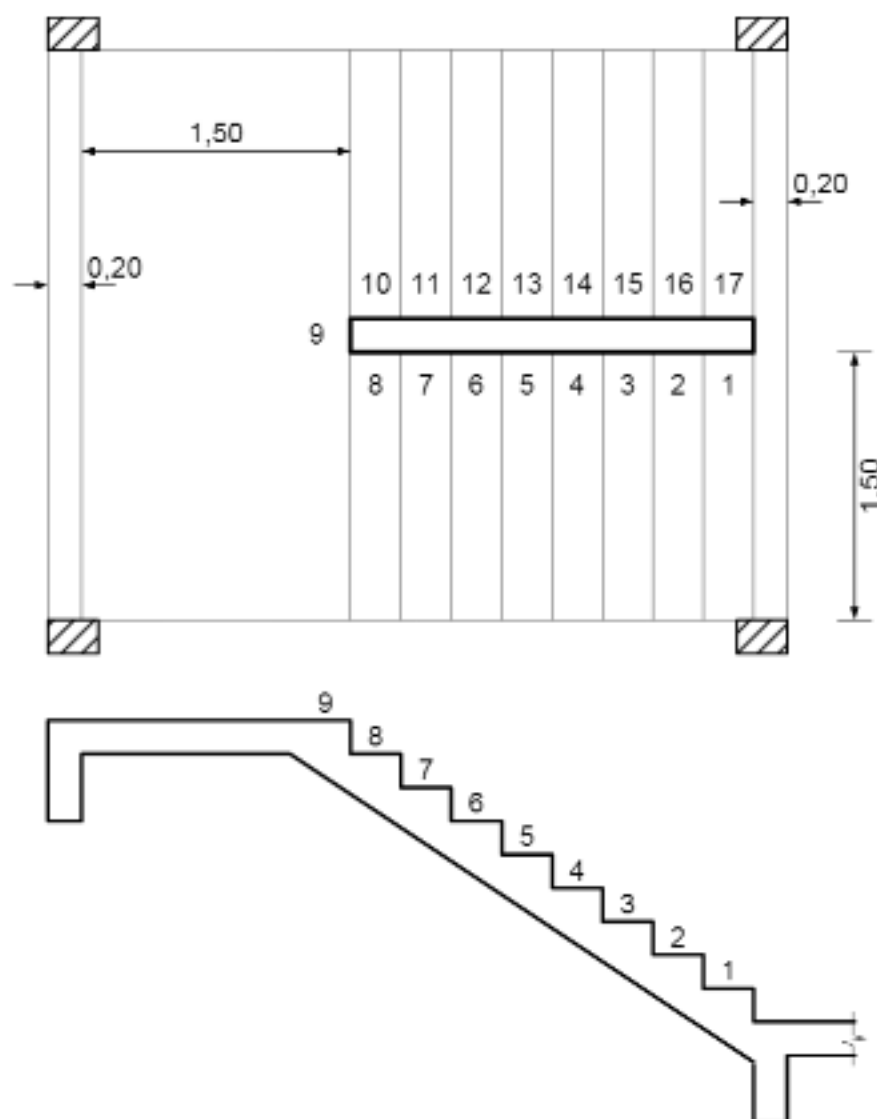
$$A_{s\text{distr}} > \begin{cases} \frac{A_{s\text{princ}}}{5} \\ \frac{A_{s\text{min}}}{2} \\ 0,90 \text{ cm}^2 / \text{m} \end{cases}$$

Na seção de inflexão do trecho com degraus para o patamar, deve-se ter um cuidado especial com o detalhamento da armadura. Sempre que houver tendência à retificação de barra tracionada, em regiões em que a resistência a esses deslocamentos seja proporcionada por cobrimento insuficiente de concreto, a permanência da barra em sua posição deve ser garantida por detalhamento especial. No caso das escadas, deve-se substituir cada barra da armadura principal por outras duas prolongadas além do seu cruzamento e devidamente ancoradas.



2 - Escadas com vãos paralelos

Neste exemplo, será dimensionada uma escada de um prédio residencial, que apresenta dois vãos paralelos, conforme a figura abaixo. Os degraus têm uma altura de 16,7 cm e uma largura de 28 cm. No lado interno dos degraus, existe um peitoril com carga correspondente a 1,5 kN/m. Será considerado o concreto C20 e o aço CA-50.



- inclinação da escada:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\text{altura do degrau}}{\text{largura do degrau}} = \frac{16,7}{28} = 0,596$$

$$\alpha = 30,79^\circ \rightarrow \cos \alpha = 0,859$$

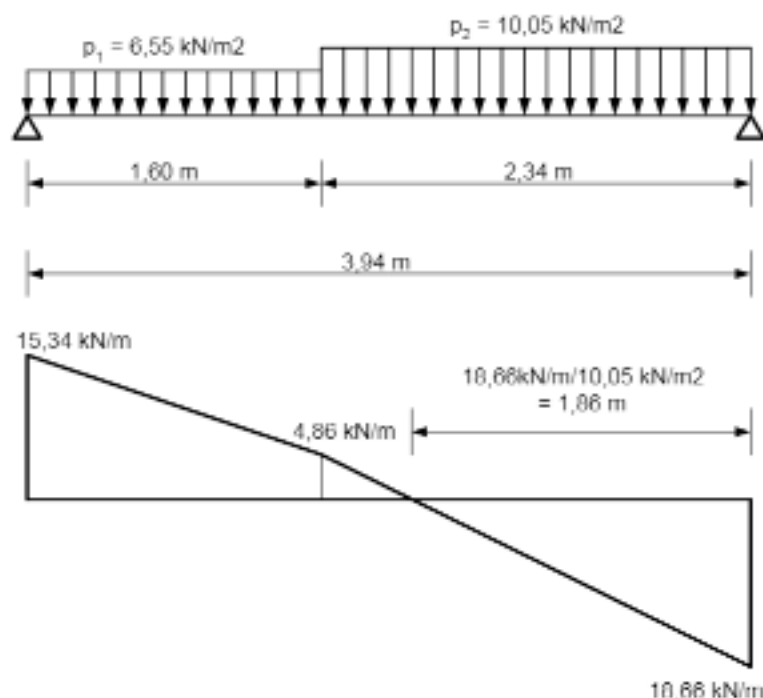
- vão da escada:

$$\ell = \frac{0,20}{2} + 1,50 + 8 \times 0,28 + \frac{0,20}{2} = 3,94 \text{ m} \rightarrow 3 \text{ m} < \ell \leq 4 \text{ m} \rightarrow h = 12 \text{ cm}$$

- composição de cargas:

p_1 :	peso próprio – $0,12 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3$	$= 3,0 \text{ kN/m}^2$
	revestimento cerâmico	$= 0,85 \text{ kN/m}^2$
	reboco	$= 0,2 \text{ kN/m}^2$
	q	$= 2,5 \text{ kN/m}^2$
		$6,55 \text{ kN/m}^2$
p_2 :	peso próprio – $0,12 \text{ m/cos}\alpha \times 25 \text{ kN/m}^3$	$3,5 \text{ kN/m}^2$
	degraus $0,167 \text{ m/2} \times 24 \text{ kN/m}^3$	$= 2,0 \text{ kN/m}^2$
	revestimento cerâmico	$= 0,85 \text{ kN/m}^2$
	reboco	$= 0,2 \text{ kN/m}^2$
	peitoril – $1,5 \text{ kN/m} / 1,5 \text{ m}$	$= 1,0 \text{ kN/m}^2$
	q	$= 2,5 \text{ kN/m}^2$
		$10,05 \text{ kN/m}^2$

- reações vinculares e solicitações:



$$r_A = \frac{1}{3,94} \left[6,55 \times 1,60 \left(\frac{1,60}{2} + 2,34 \right) + 10,05 \times 2,34 \left(\frac{2,34}{2} \right) \right] = 15,34 \text{ kN/m}$$

$$r_B = \frac{1}{3,94} \left[6,55 \times 1,60 \left(\frac{1,60}{2} \right) + 10,05 \times 2,34 \left(\frac{2,34}{2} + 1,60 \right) \right] = 18,66 \text{ kN/m}$$

$$m_{\max} = 18,66 \times 1,86 - \frac{10,05 \times 1,86^2}{2} = 17,32 \text{ kN.m/m}$$

- armadura principal:

$$d = h - c - 0,5 \text{ cm} = 12 - 2,0 - 0,5 = 9,5 \text{ cm}$$

$$x = 1,25 d \left(1 - \sqrt{1 - \frac{m_d}{0,425 f_{cd} b d^2}} \right) = 1,25 \times 9,5 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1,4 \times 1732}{0,425 \times 2/1,4 \times 100 \times 9,5^2}} \right) = 3,01 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{0,68 f_{cd} b x}{f_{yd}} = \frac{0,68 \times 2/1,4 \times 100 \times 3,01}{50/1,15} = 6,73 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{smin} = 0,15\% bh = 0,15 \times 12 = 1,80 \text{ cm}^2/\text{m} < A_s$$

adotado: $\phi 10 \text{ c}/11 \text{ cm}$

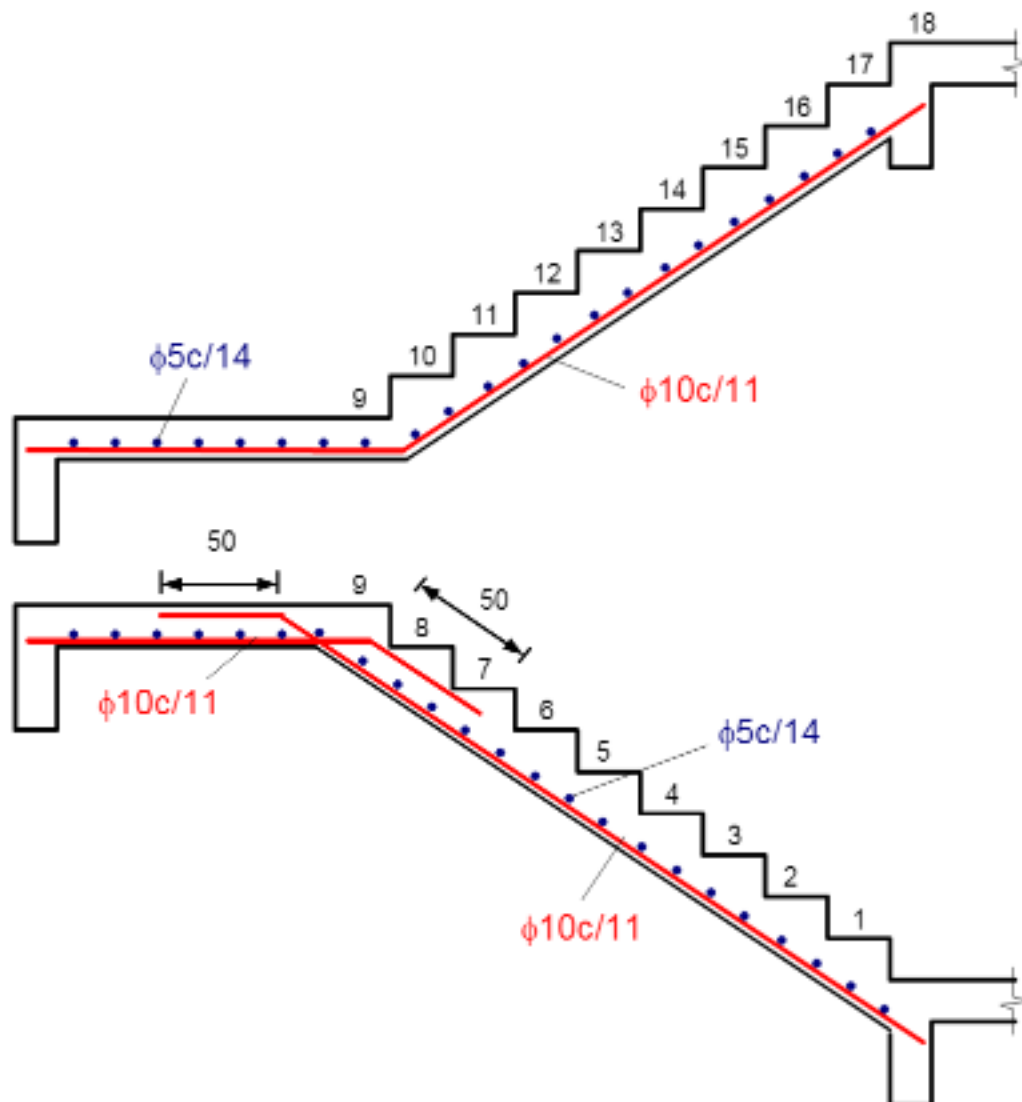


Figura – Detalhamento da escada com vãos paralelos

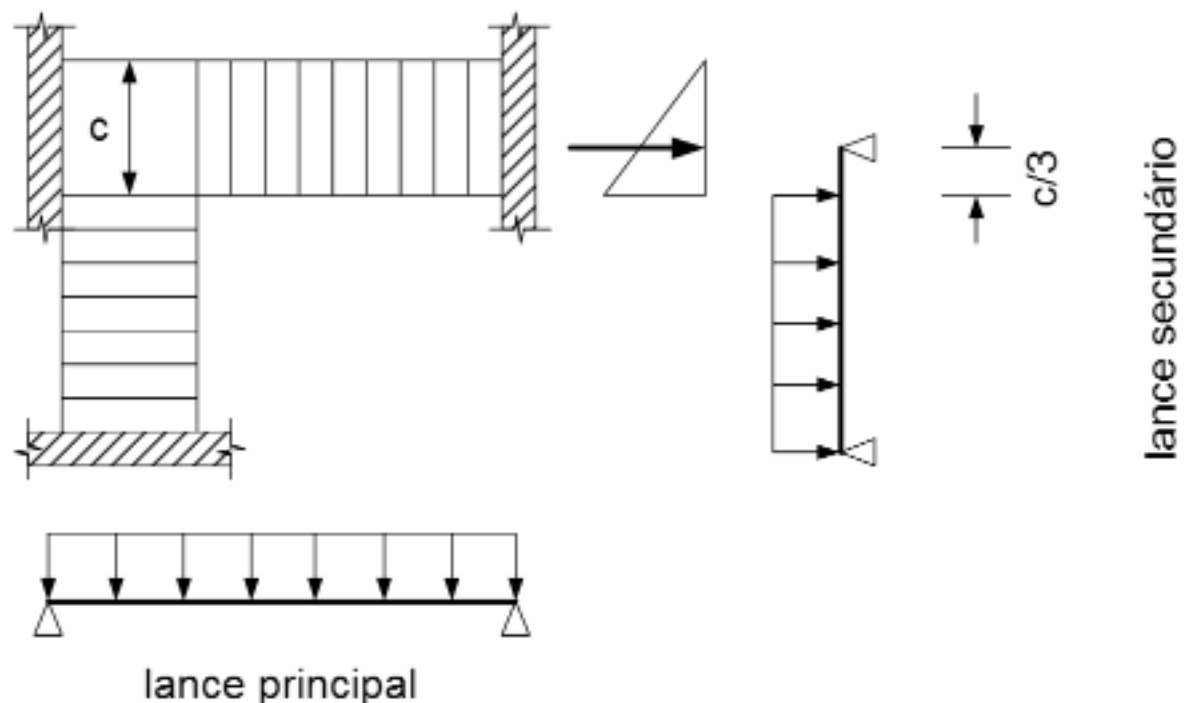
- armadura de distribuição:

$$A_{sdistr} \geq \begin{cases} \frac{A_{spnac}}{5} = \frac{6,73}{5} = 1,35 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \frac{A_{smin}}{2} = \frac{1,80}{2} = 0,90 \text{ cm}^2/\text{m} \\ 0,90 \text{ cm}^2/\text{m} \end{cases}$$

adotado: $1,35 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \phi 5 \text{ c}/14$

3 - Escadas com vãos perpendiculares entre si

Às vezes, ocorre que os lances das escadas são perpendiculares entre si e os apoios estão definidos em determinadas direções. Neste caso, considera-se como “lance principal” aquele que tem os dois apoios externos (viga ou parede) nas suas extremidades. O “lance secundário” será aquele que tem apoio externo (viga ou parede) somente em uma das extremidades. Na outra extremidade, o lance secundário fica apoiado no lance principal.

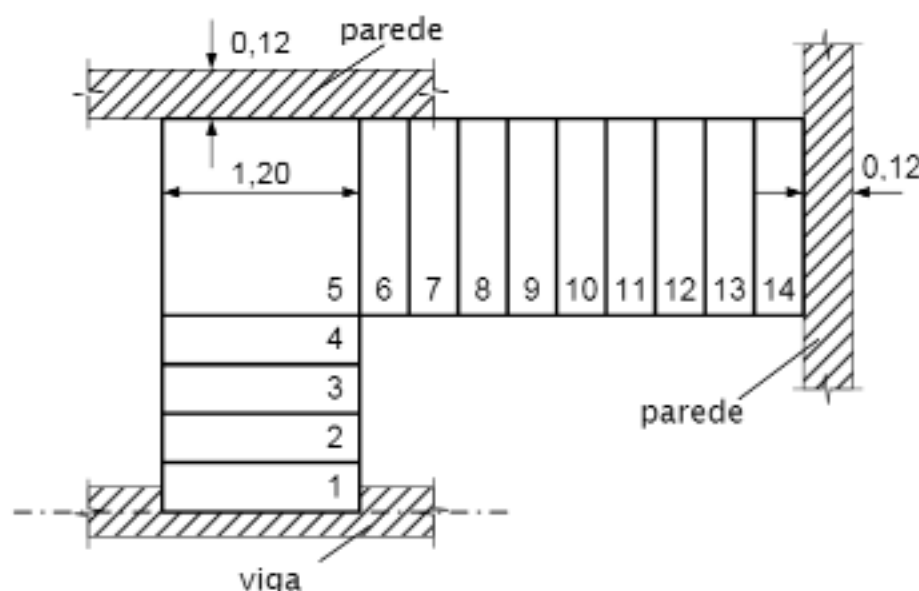


Admite-se que a reação do lance secundário sobre o principal se distribui ao longo da largura “c” do lance principal, segundo uma variação triangular. Ou seja, supõe-se que a reação esteja aplicada a $c/3$. A carga do trecho comum aos dois lances é considerada apenas no lance principal.

Com relação ao detalhamento, no trecho em que as armaduras se cruzam, sempre se deve colocar por baixo a armadura do lance principal.

Exemplo de escada com vãos perpendiculares entre si:

Neste exemplo, será dimensionada uma escada de um prédio residencial, que apresenta dois vãos perpendiculares entre si, conforme a figura abaixo. Os degraus têm uma altura de 17 cm e uma largura de 25 cm. Será considerado o concreto C20 e o aço CA-50.



- inclinação da escada:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\text{altura do degrau}}{\text{largura do degrau}} = \frac{17}{25} = 0,680$$

$$\alpha = 34,22^\circ \rightarrow \cos \alpha = 0,827$$

- vãos da escada:

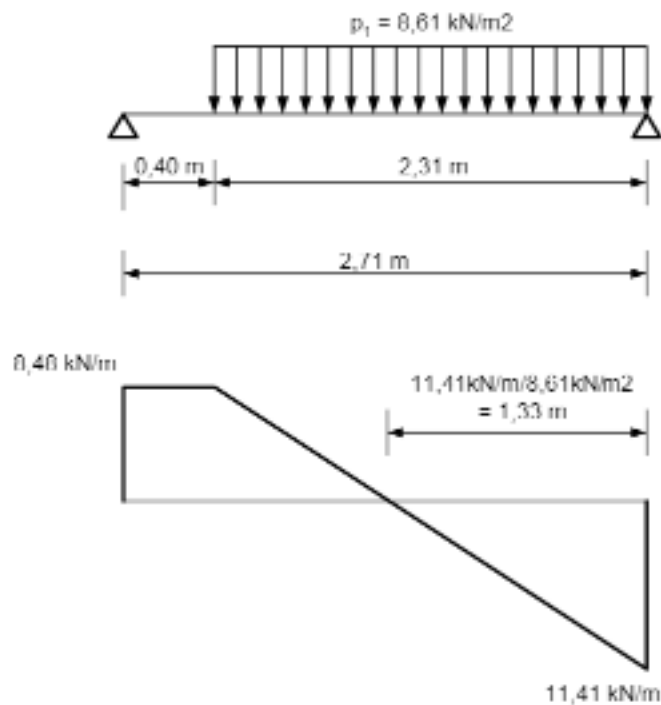
$$\text{vão principal: } \ell = 4 \times 0,25 + 1,20 + \frac{0,12}{2} = 2,26 \text{ m}$$

$$\text{vão secundário: } \ell = \frac{1,20}{3} + 9 \times 0,25 + \frac{0,12}{2} = 2,71 \text{ m}$$

como $\ell < 3 \text{ m}$, adota-se $h = 10 \text{ cm}$

- lance secundário:

p_1 :	peso próprio	$= 0,10 \text{ m} / \cos \alpha \times 25 \text{ kN/m}^3$	$= 3,02 \text{ kN/m}^2$
	degraus	$= 0,17 \text{ m} / 2 \times 24 \text{ kN/m}^3$	$= 2,04 \text{ kN/m}^2$
	revestimento cerâmico		$= 0,85 \text{ kN/m}^2$
	reboco		$= 0,2 \text{ kN/m}^2$
	q		$= 2,5 \text{ kN/m}^2$
			$8,61 \text{ kN/m}^2$



$$r_A = \frac{1}{2,71} \left[8,61 \times 2,31 \frac{2,31}{2} \right] = 8,48 \text{ kN/m}$$

$$r_B = \frac{1}{2,71} \left[8,61 \times 2,31 \left(\frac{2,31}{2} + 0,40 \right) \right] = 11,41 \text{ kN/m}$$

$$m_{\max} = 11,41 \times 1,33 - \frac{8,61 \times 1,33^2}{2} = 7,56 \text{ kN.m/m}$$

$$d = h - c - 1,5 \text{ cm} = 10 - 2,0 - 1,5 = 6,5 \text{ cm}$$

$$x = 1,25 d \left(1 - \sqrt{1 - \frac{M_d}{0,425 f_{cd} b d^2}} \right) = 1,25 \times 6,5 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1,4 \times 756}{0,425 \times 2/1,4 \times 100 \times 6,5^2}} \right) = 2,04 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{0,68 f_{cd} b x}{f_{yd}} = \frac{0,68 \times 2/1,4 \times 100 \times 2,04}{50/1,15} = 4,56 \text{ cm}^2/\text{m}$$

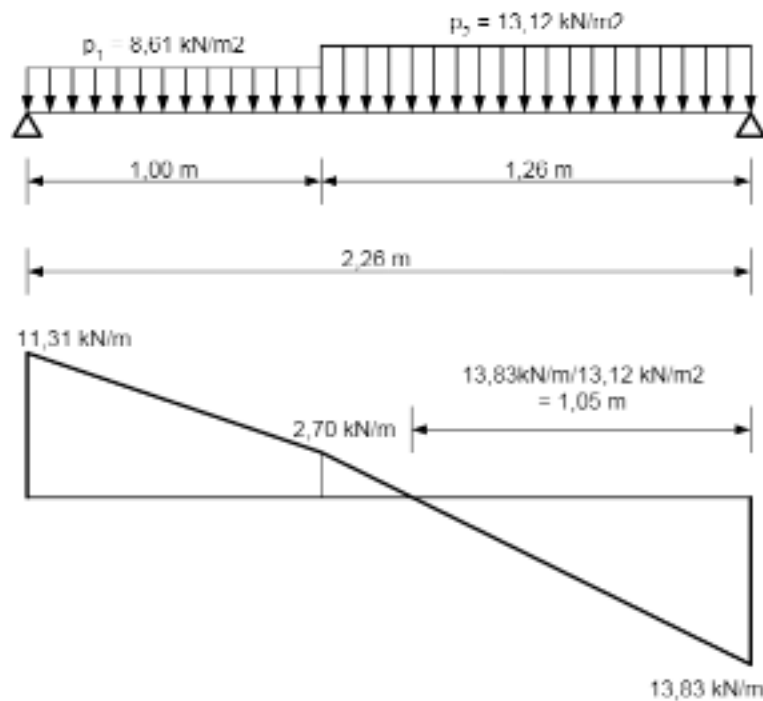
$$A_{s\min} = 0,15\% bh = 0,15 \times 10 = 1,50 \text{ cm}^2/\text{m} < A_s \rightarrow \text{adotado: } \phi 8 \text{ c/11 cm}$$

$$A_{s\text{distr}} \geq \begin{cases} \frac{A_{s\text{princ}}}{5} = \frac{4,56}{5} = 0,91 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \frac{A_{s\min}}{2} = \frac{1,50}{2} = 0,75 \text{ cm}^2/\text{m} \\ 0,90 \text{ cm}^2/\text{m} \end{cases}$$

$$\text{adotado: } 0,91 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \phi 5 \text{ c/21}$$

- lance principal:

p ₂ :	peso próprio – 0,10 m x 25 kN/m ³	= 2,50 kN/m ²
	revestimento cerâmico	= 0,85 kN/m ²
	reboco	= 0,2 kN/m ²
	reação lance secundário: 8,48kN/m/1,20m	= 7,07 kN/m ²
q		= 2,5 kN/m ²
		13,12 kN/m ²



$$r_A = \frac{1}{2,26} \left[8,61 \times 1,00 \left(\frac{1,00}{2} + 1,26 \right) + 13,12 \times 1,26 \frac{1,26}{2} \right] = 11,31 \text{ kN/m}$$

$$r_B = \frac{1}{2,26} \left[8,61 \times 1,00 \frac{1,00}{2} + 13,12 \times 1,26 \left(\frac{1,26}{2} + 1,00 \right) \right] = 13,83 \text{ kN/m}$$

$$m_{\text{mis}} = -13,83 \times 1,05 - \frac{13,12 \times 1,05^2}{2} = -7,29 \text{ kN.m/m}$$

$$d = h - c - 0,5 \text{ cm} = 10 - 2,0 - 0,5 = 7,5 \text{ cm}$$

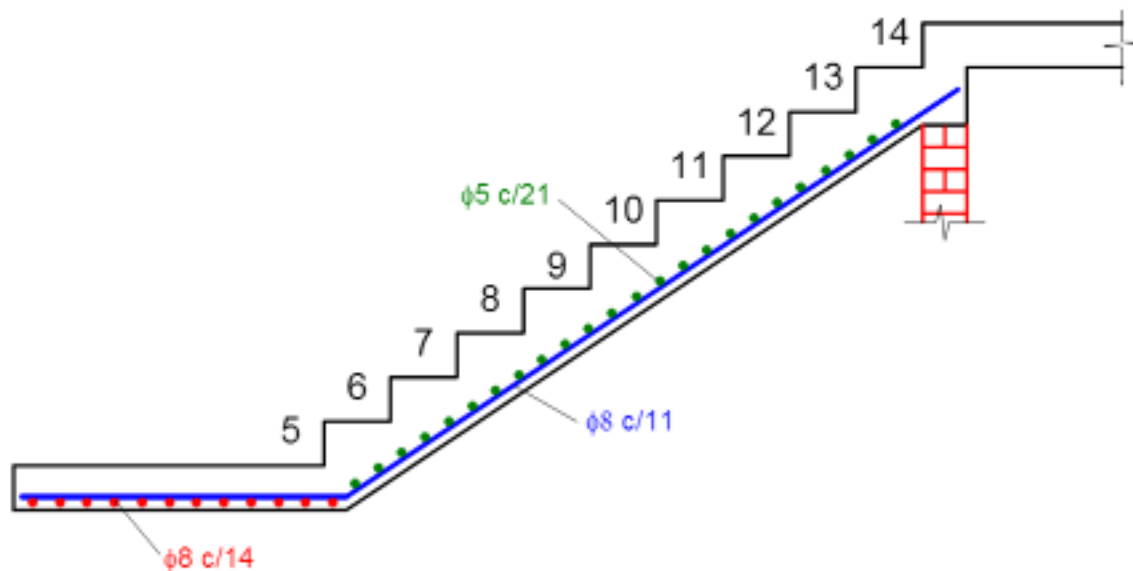
$$x = 1,25 d \left(1 - \sqrt{1 - \frac{m_d}{0,425 f_{cd} b d^2}} \right) = 1,25 \times 7,5 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1,4 \times 729}{0,425 \times 2 / 1,4 \times 100 \times 7,5^2}} \right) = 1,52 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{0,68 f_{cd} b x}{f_{yd}} = \frac{0,68 \times 2 / 1,4 \times 100 \times 1,52}{50 / 1,15} = 3,40 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

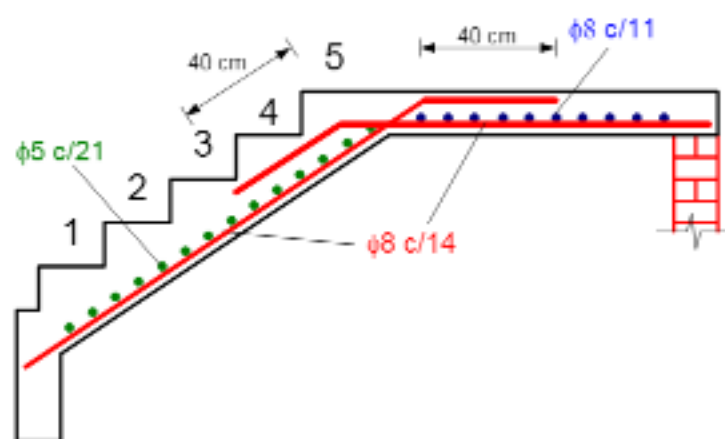
$$A_{smin} = 0,15\% bh = 0,15 \times 10 = 1,50 \text{ cm}^2/\text{m} < A_s \rightarrow \text{adotado: } \phi 8 \text{ c}/14 \text{ cm}$$

$$A_{sdist} \geq \begin{cases} \frac{A_{spretac}}{5} = \frac{3,40}{5} = 0,68 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \frac{A_{smin}}{2} = \frac{1,50}{2} = 0,75 \text{ cm}^2/\text{m} \\ 0,90 \text{ cm}^2/\text{m} \end{cases}$$

adotado: $0,90 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \phi 5 \text{ c}/21$



vão secundário



vão principal