

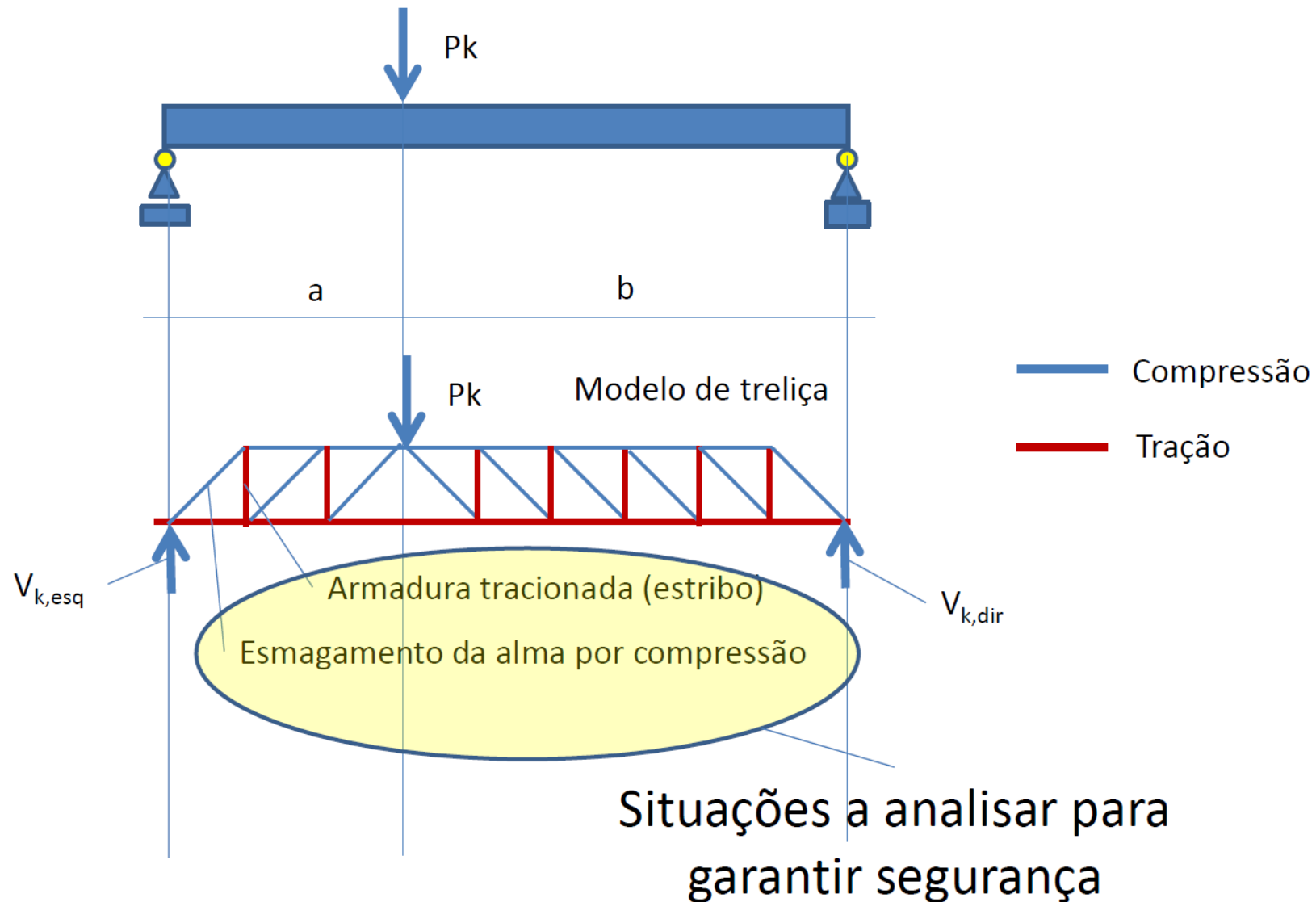
Solicitações tangenciais na flexão simples: vigas de concreto armado

Simplificação segundo ABNT NBR 6118

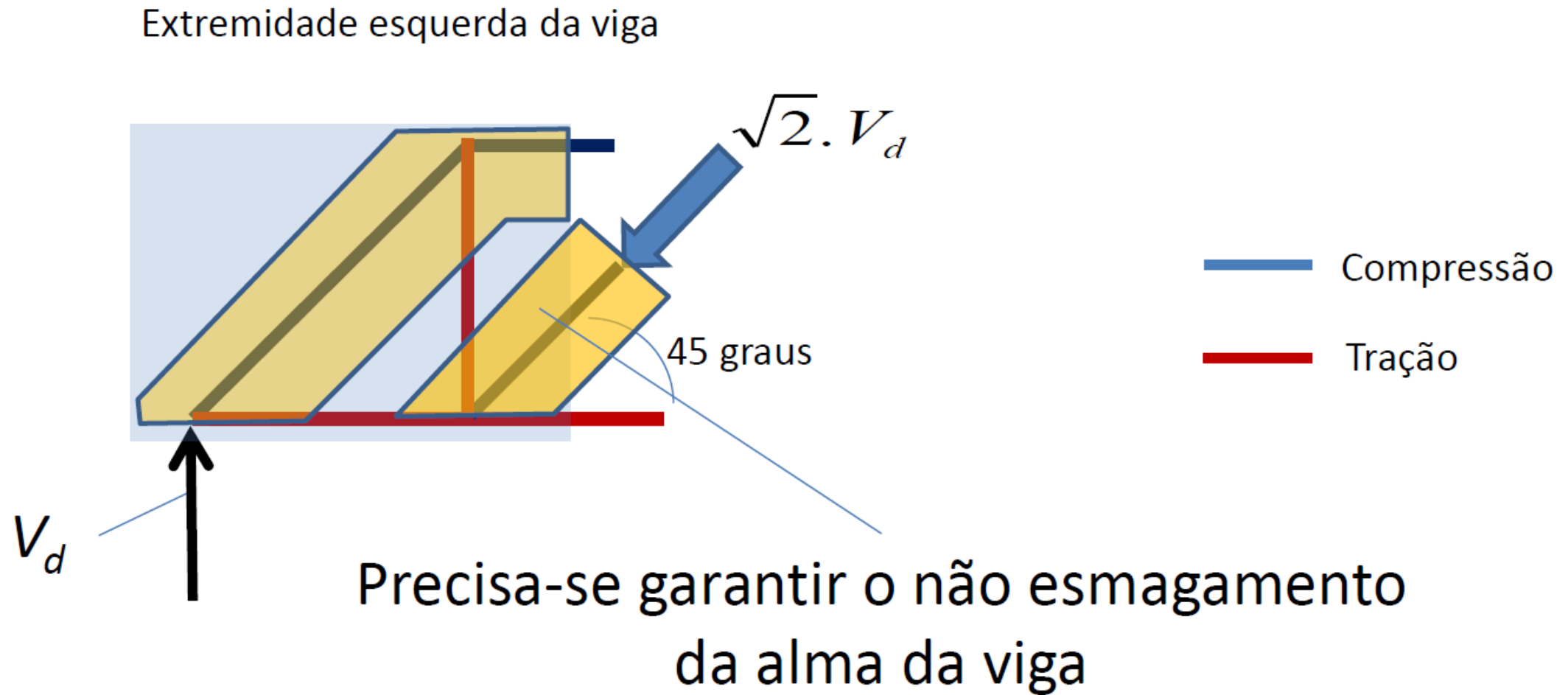


Francisco Paulo Graziano e José Antonio Lerosa Siqueira

Dimensionamento à força cortante V



Compressão da alma de concreto



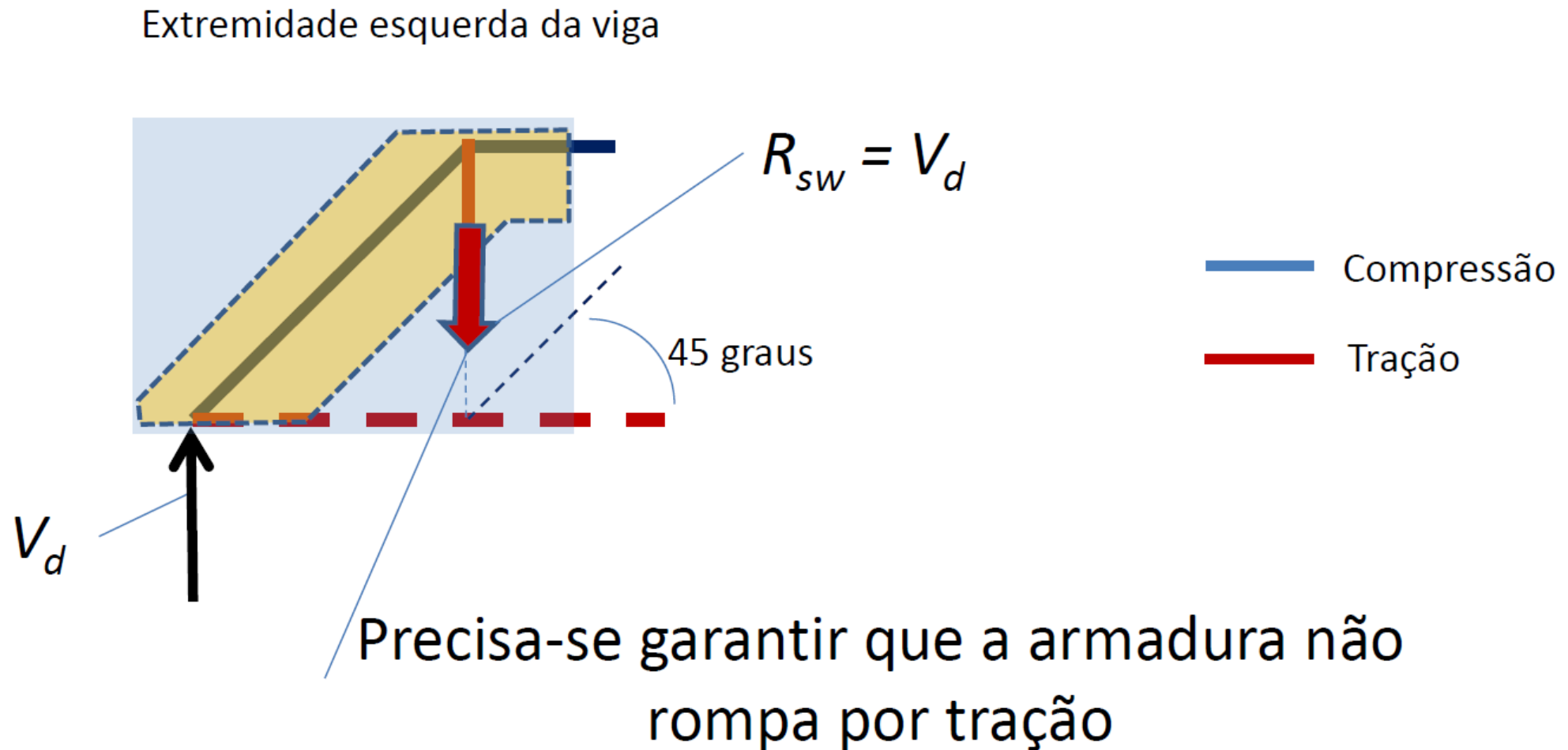
Verificação do esmagamento do concreto

- V_k – Solicitação característica de Força Cortante
- $V_d = \gamma_f \cdot V_k = 1,4 \cdot V_k$ Solic. de Cálculo ...
- **$V_{Rd2} = 0,27 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d$** Força Cortante Resistente na alma de concreto (acima deste valor a alma da viga é rompida por esmagamento)
- Portanto: $V_d \leq V_{Rd2}$ é necessário

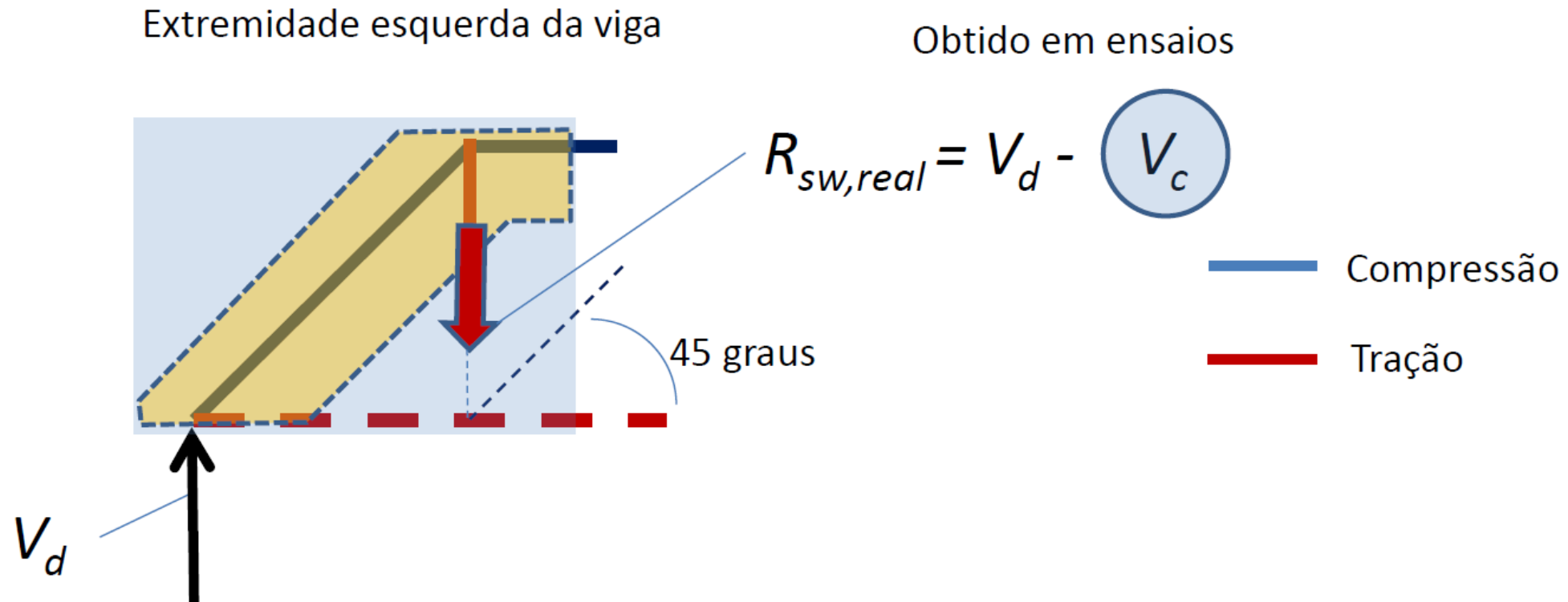
$$\alpha_{v2} = 1 - f_{ck}/250$$

fck (MPa)	20	25	30	35	40	45	50
α_{v2}	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80

Tração na armadura do estribo

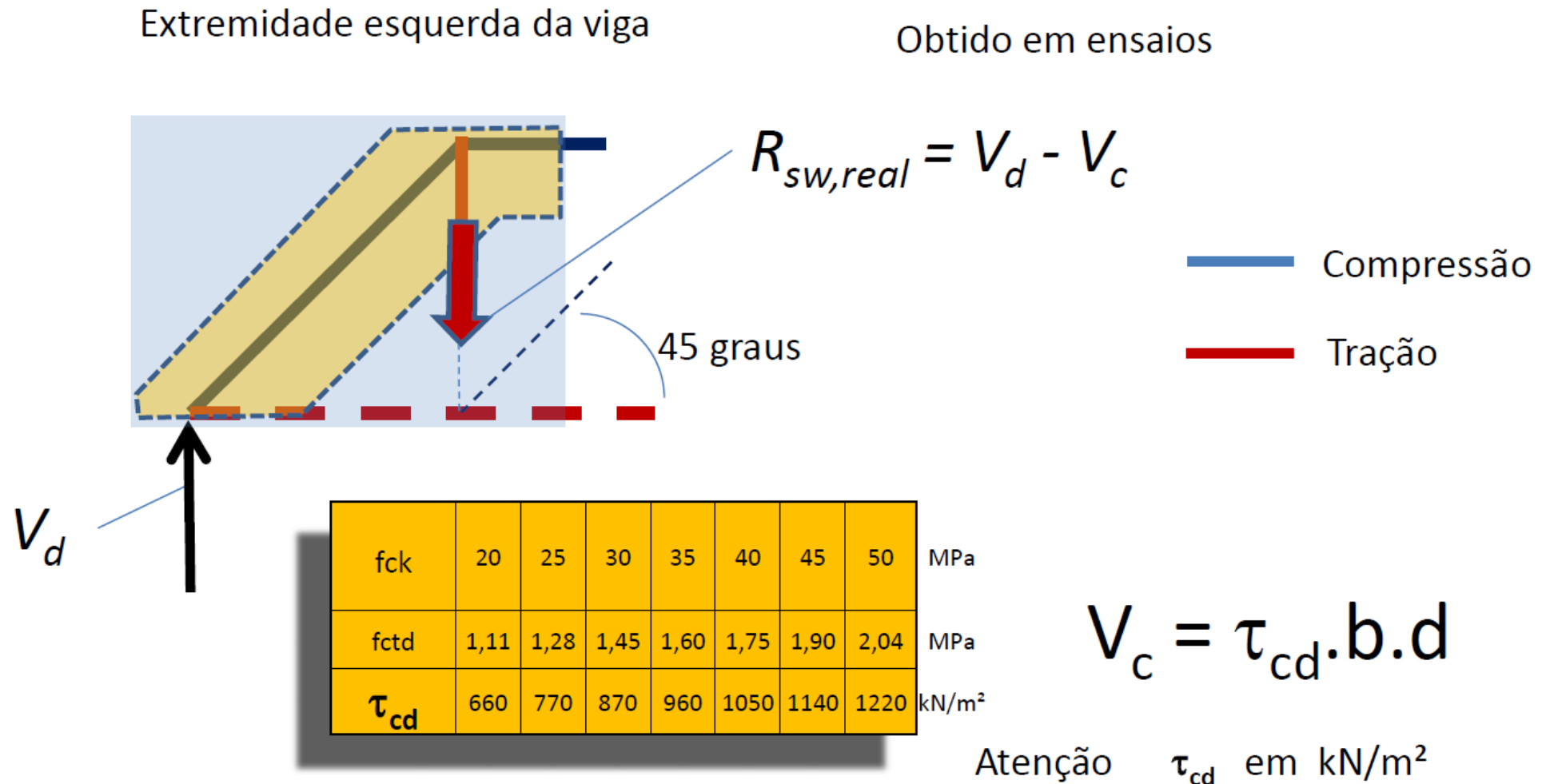


Tração na armadura do estribo

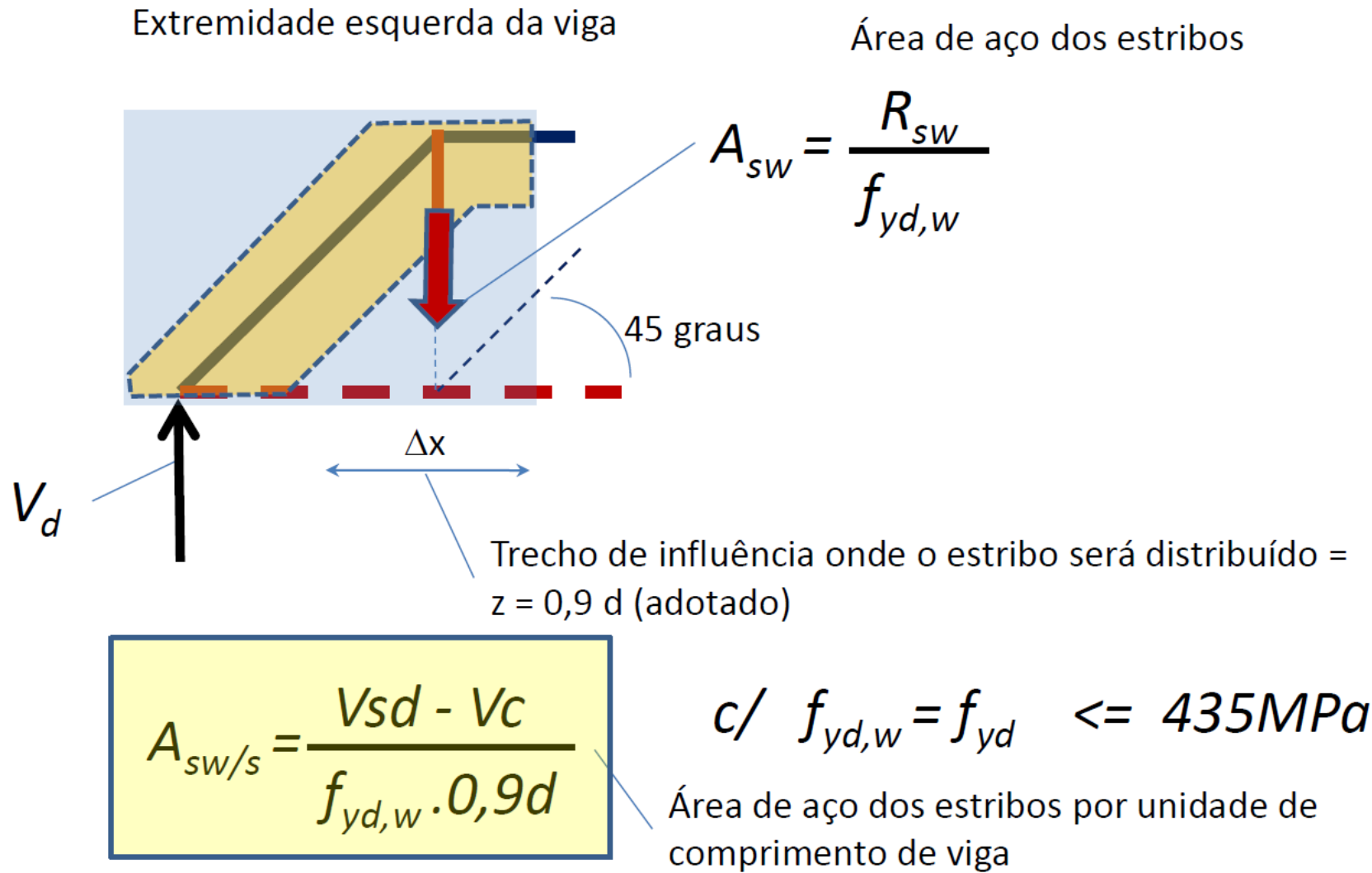


A força real no estribo é menor do que a determinada pelo modelo matemático

Força cortante resistida pelo concreto sem armadura



Área de aço necessária para os estribos



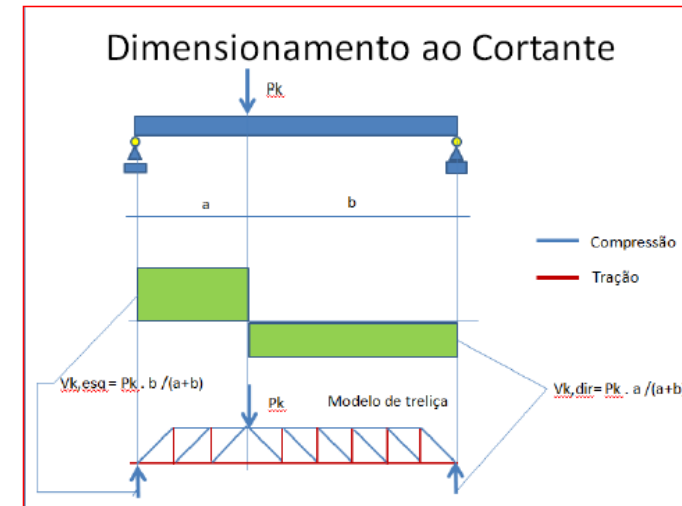
Exemplo de dimensionamento ao cortante

Exemplo 1

Dados

- $b=0,20\text{m}$
- $h=0,60\text{m}$
- concreto C25 e aço CA-50
- $d'=0,1 h= 0,06\text{m}$ (valor assumido inicial)
- $V_k=300 \text{ kN}$

Seção transversal Retangular



Verificar a segurança da alma de concreto

EX3

Exemplo de dimensionamento ao
cortante Seção transversal Retangular

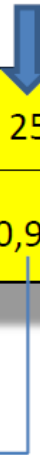
Dados

- $b=0,20\text{m}$
- $h=0,60\text{m}$
- concreto C25 e aço CA-50
- $d'=0,1 h= 0,06\text{m}$ (valor assumido inicial)
- $V_k=300\text{ kN}$

Verificar a segurança da alma de concreto

Resolução

Exemplo 1



f_{ck} (MPa)	20	25	30	35	40	45	50
α_{v2}	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80

- $\alpha_{v2} = 0,9$
- $V_{Rd2} = 0,27 \times 0,9 \times 25000 / 1,4 \times 0,2 \times 0,54$
 $= 468,64\text{ kN}$
- $V_{Sd} = 300 \times 1,4 = 420\text{ kN}$
- $V_{Sd} < V_{Rd2}$
- **Ok ! Segurança da alma de concreto verificada**

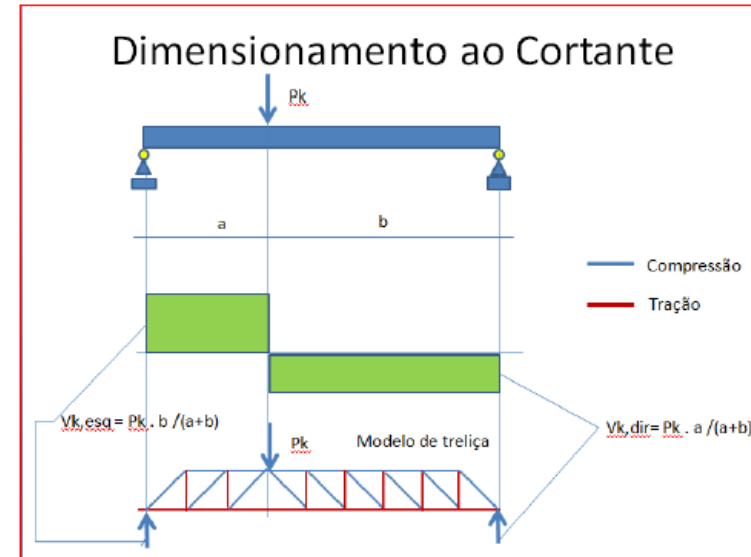
Exemplo de dimensionamento ao cortante

Exemplo 1

Dados

- $b=0,20\text{m}$
- $h=0,60\text{m}$
- concreto C25 e aço CA-50
- $d'=0,1 h= 0,06\text{m}$ (valor assumido inicial)
- $V_k=300\text{ kN}$

Seção transversal Retangular



Determinar a armadura dos estribos

Exemplo de dimensionamento ao cortante

Seção transversal Retangular

Dados

- $b=0,20\text{m}$
- $h=0,60\text{m}$
- concreto C25 e aço CA-50
- $d'=0,1$ $h=0,06\text{m}$ (valor assumido inicial)
- $V_k=300\text{ kN}$

Determinar a armadura dos estribos

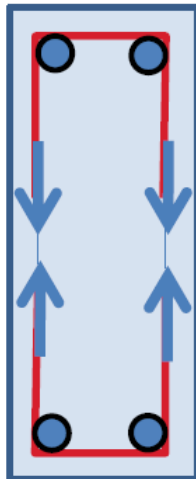
Resolução

Exemplo 1

f_{ck}	20	25	30	35	40	45	50	MPa
f_{ctd}	1,11	1,28	1,45	1,60	1,75	1,90	2,04	MPa
τ_{cd}	660	770	870	960	1050	1140	1220	kN/m ²

- $V_c = \tau_{cd} \cdot b \cdot d = 770 \times 0,2 \times 0,54 = 83,16\text{ kN}$
- $A_{sw}/s = (300 \times 1,4 - 83,16) / (43,5 \times 0,9 \times 0,54) = 15,94\text{ cm}^2/\text{m}$

f_{ywd} em kN/cm²



1 estribo tem duas pernas, pelo menos, assim, deve-se dividir a área de aço pelo número de pernas.

No nosso caso adotaremos 1 estribo de 2 pernas, portanto:

$$A_{sw}/s, 1 \text{ perna} = 7,97\text{ cm}^2/\text{m}$$

Exemplo de dimensionamento ao cortante

Seção transversal Retangular

Dados

- $b=0,20\text{m}$
- $h=0,60\text{m}$
- concreto C25 e aço CA-50
- $d'=0,1h=0,06\text{m}$ (valor assumido inicial)
- $V_k=300\text{ kN}$

Determinar a armadura dos estribos

Resolução

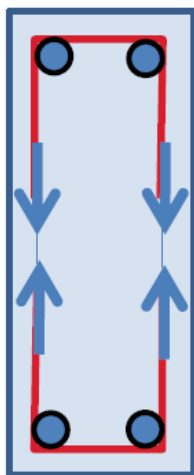
Exemplo 1

CONTINUAÇÃO

$$A_{sw/s, 1 \text{ perna}} = 7,97 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Vamos determinar o número de barras por comprimento longitudinal de viga (o esforço cortante se desenvolve ao longo do comprimento da viga).

Para isto se faz necessário conhecer o que os fornecedores de aço oferecem ao mercado. Vejamos a tabela abaixo, onde relacionamos o diâmetro da barra em mm e a área correspondente em cm^2 .



Diam	As(cm^2)
5.0	0,2
6.3	0,315
8.0	0,5
10.0	0,8
12.5	1,25
16	2,0
20	3,15
25	5,0

O espaçamento entre estribos mínimo deve ser 10 cm e de no máximo uma distância igual à metade altura da viga .

No nosso caso, $10 \text{ cm} \leq s \leq 30 \text{ cm}$

Vamos admitir inicialmente $s=20\text{cm}$ e teremos que o $A_{s,nec}$ para 1 perna a cada 20 cm será de $0,2 \cdot 7,97 = 1,54 \text{ cm}^2$ daria ferro de 16mm muito alto!

Vamos impor ferro de 12.5mm $\rightarrow A_s = 1,25 \text{ cm}^2$ e determinar o espaçamento: $s = 1,25 / 7,97 = 0,156 \text{ m}$ assim adotamos $s=15\text{cm}$...

Exemplo de dimensionamento ao cortante

Seção transversal Retangular

Dados

- $b=0,20\text{m}$
- $h=0,60\text{m}$
- concreto C25 e aço CA-50
- $d'=0,1h=0,06\text{m}$ (valor assumido inicial)
- $V_k=300\text{ kN}$

Determinar a armadura dos estribos

Resolução

Exemplo 1

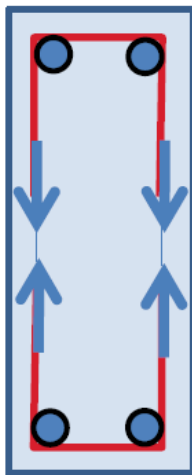
CONTINUAÇÃO

$$A_{sw}/s, 1 \text{ perna} = 7,97 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$\phi 12.5 \text{ c/ } 15\text{cm}$ (como obtido)

Vejamos que estes estribos são suficiente, refazendo o cálculo ao contrário:

$$A_{s,\text{escolhido}} = 2 \times 1,25 / 0,15 = 16,66 \text{ cm}^2/\text{m} \text{ superior ao necessário calculado de } 15,94 \text{ cm}^2/\text{m}$$



Diam	$A_s(\text{cm}^2)$
5.0	0,2
6.3	0,315
8.0	0,5
10.0	0,8
12.5	1,25
16	2,0
20	3,15
25	5,0

Se agora quiséssemos impor um $\phi 10\text{mm}$ na tabela obteríamos a área correspondente de $0,8\text{cm}^2$ e verificaríamos que o espaçamento necessário seria:

$$s = 0,8 / 7,97 = 0,10\text{m ou seja } 10 \text{ cm}$$

Também possível de ser utilizado!

$$A_{s,\text{escolhido}} = 2 \times 0,8 / 0,10 = 16,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

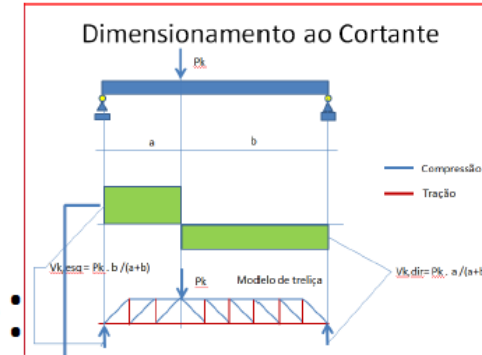
superior ao necessário calculado de $15,94 \text{ cm}^2/\text{m}$

Mas mais econômico que a escolha anterior

Resumindo

- Quando se faz o dimensionamento ao cortante a sequência é a seguinte:

- Escolhe o cortante da seção mais solicitada
- Verificar o esmagamento da diagonal comprimida ($V_{sd} \leq V_{Rd2}$)
- Determinar a área de aço necessária ao estribo
- Escolher a bitola (ϕ) e o espaçamento (s) dos estribos



$$V_{Rd2} = 0,27 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d$$

$$A_{sw/s} = \frac{V_{sd} - V_c}{f_{yd,w} \cdot 0,9d}$$

f_{ck}	20	25	30	35	40	45	50	MPa
f_{ctd}	1,11	1,28	1,45	1,60	1,75	1,90	2,04	MPa
τ_{cd}	660	770	870	960	1050	1140	1220	kN/m ²

$$V_c = \tau_{cd} \cdot b \cdot d$$

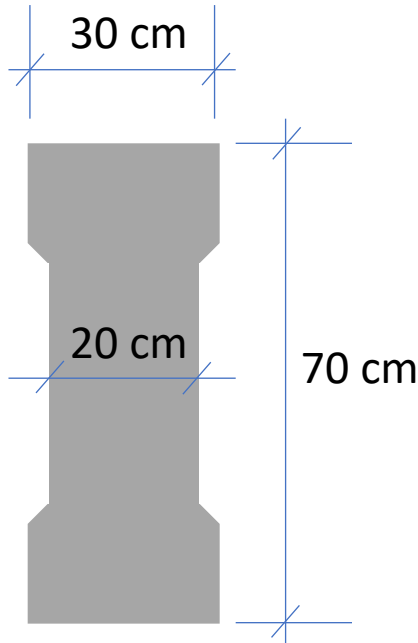
Atenção τ_{cd} em kN/m²

Armadura mínima de estribo

- Para fins desta disciplina adotaremos a armadura mínima como:
- $(A_{sw}/s)_{MIN} = 0,14 \times b_w$
- Com A_{sw}/s em cm^2/m
- b_w em cm
- Por exemplo, para $b_w = 20\text{cm}$,
 $(A_{sw}/s)_{MIN} = 2,8\text{cm}^2/\text{m}$

Exemplo 2

Dimensione os estribos para a viga da figura, considerando concreto C30, aço CA-50, $V_k = 230$ kN



Resolução

$b = 0,20$ m, $d' = 0,07$ m (adotado), $d = 0,63$ m,
 $f_{cd} = 21.430$ kPa, $f_{yd} = 434.800$ kPa, $V_d = 322$ kN

$$\alpha_{v2} = 1 - f_{ck}/250 = 0,88$$

$$V_{Rd2} = 0,27 * \alpha_{v2} * 21.430 * 0,2 * 0,63 = 641,5 \text{ kN ok}$$

f_{ck}	20	25	30	35	40	45	50	MPa
f_{ctd}	1,11	1,28	1,45	1,60	1,75	1,90	2,04	MPa
τ_{cd}	660	770	870	960	1050	1140	1220	kN/m ²

$$V_c = \tau_{cd} \cdot b \cdot d$$

Atenção τ_{cd} em kN/m²

$$V_c = 870 * 0,2 * 0,63 = 109,6 \text{ kN}$$

Exemplo 2

Resolução (continuação)

$$A_{sw/s} = (V_d - V_c) / f_{ywd} / (0,9 * d) = (322 - 109,6) / 434.800 / (0,9 * 0,63)$$

$$A_{sw/s} = 0,000861 \text{ m}^2/\text{m} = 8,61 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Estribos de 2 pernas

Cada lado $8,61/2 = 4,3 \text{ cm}^2/\text{m}$

9 estribos ϕ 8 mm por metro

e ϕ 8 c/ 11 cm

(verif: $0,5/0,11 = 4,54 \text{ cm}^2/\text{m}$ ok)

(ou pouco menos que 6 estribos
10 mm por metro

e ϕ 10 c/ 18 cm)

(verif: $0,8/0,18 = 4,44 \text{ cm}^2/\text{m}$ ok)

TABELA PADRONIZADA PELA NBR 7480 DE 1996														
BITOLA		VALOR NOMINAL			NÚMERO DE FIOS OU BARRAS									
FIOS	BARRAS	ϕ (pol)	PESO (kg/m)	PERÍM (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3,2	-	1/8	0,063	1	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48	0,56	0,64	0,72	0,80
4	-	5/32	0,1	1,25	0,13	0,25	0,39	0,52	0,65	0,78	0,91	1,04	1,17	1,30
5	5	3/16	0,16	1,6	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
6,3	6,3	1/4	0,25	2	0,32	0,64	0,96	1,28	1,60	1,92	2,24	2,56	2,88	3,20
8	8	5/16	0,4	2,5	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
10	10	3/8	0,63	3,15	0,80	1,60	2,40	3,20	4,00	4,80	5,60	6,40	7,20	8,00
12,5	12,5	1/2	1	4	1,25	2,50	3,75	5,00	6,25	7,50	8,75	10,00	11,25	12,50
-	16	5/8	1,6	5	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00
-	20	3/4	2,5	6,3	3,15	6,30	9,45	12,60	15,75	18,90	22,05	25,20	28,35	31,50
-	22,5	7/8	3,05	6,97	3,88	7,76	11,64	15,52	19,40	23,28	27,16	31,04	34,92	38,80
-	25	1	4	8	5,00	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	35,00	40,00	45,00	50,00
-	32	1 1/4	6,3	10	8,00	16,00	24,00	32,00	40,00	48,00	56,00	64,00	72,00	80,00
-	40	1 1/2	10	12,5	12,50	25,00	37,50	50,00	62,50	75,00	87,50	100,00	112,50	125,00