

### Instruções

- A avaliação deve ser respondida a caneta azul ou preta
- Folhas de resposta devem estar assinadas
- Questões de cálculo obrigatoriamente devem conter a resolução completa da questão
- Considerar 3 casas decimais após a vírgula
- Vedado o uso de celular

### Avaliação 3ª unidade – valor 10,00

1. (valor: 0,50) As patologias em estruturas são decorrentes de defeitos que podem ser causados por falha de dimensionamento, falha na execução, entre outros. Esses defeitos devem ser observados e tratados de maneira correta para evitar a sua proliferação ou aparecimento de defeitos secundários que podem colocar em risco os usuários dessa construção. Em relação às patologias em edificações, julgue, como VERDADEIRO ou FALSO, os itens a seguir

( ) Em uma viga, observam-se fissuras de flexão. Uma das causas prováveis é a insuficiência de armadura transversal (estribos).

( ) Os estribos em vigas não têm função estrutural, mas apenas a função de manter as armaduras longitudinais na posição correta.

( ) O estribo é classificado como armadura negativa.

( ) Em uma viga de concreto armado que tenha apresentado, no dimensionamento ao cisalhamento, uma área de aço equivalente a  $2,14 \text{ cm}^2/\text{m}$ , podem ser admitidos estribos simples com diâmetro de 5,0 mm, espaçados a cada 17,5 cm.

( ) Na construção de vigas, a utilização de estribos tem como principal finalidade manter o posicionamento da armadura durante as operações de montagem, lançamento e adensamento do concreto, a fim de se garantir o cobrimento mínimo preconizado no projeto.

2. (valor: 0,50) No que diz respeito ao dimensionamento ao cisalhamento de vigas de concreto armado, considere as afirmativas a seguir.

I. A NBR 6118 permite dois modelos de cálculo a partir da analogia de treliça que se diferem pela inclinação dos estribos em relação ao eixo longitudinal do elemento estrutural;

II. A componente  $V_c$ , associada aos mecanismos resistentes complementares desenvolvidos no interior do elemento estrutural independente do modelo de cálculo adotado;

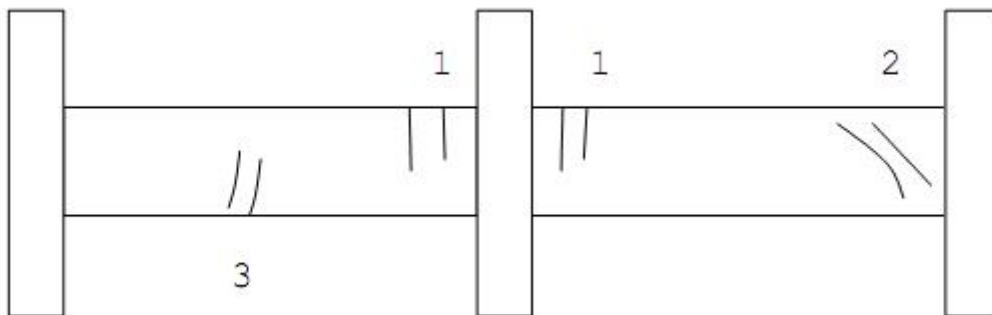
III. Quanto maior a área de aço dos estribos, menor a probabilidade de ruína referente às diagonais comprimidas de concreto;

IV. Nas regiões onde o cortante de cálculo é nulo, não é necessário a utilização de armaduras transversais.

- Estão corretas somente III e IV
- Estão corretas somente II e IV
- Estão corretas somente I e III
- Estão corretas somente II e III
- Nenhuma das alternativas está correta

3. (valor: 0,50) O desenho esquemático mostra fissuras numa viga de concreto armado apoiada em três colunas. As fissuras mostradas são originadas por insuficiência de três armaduras:

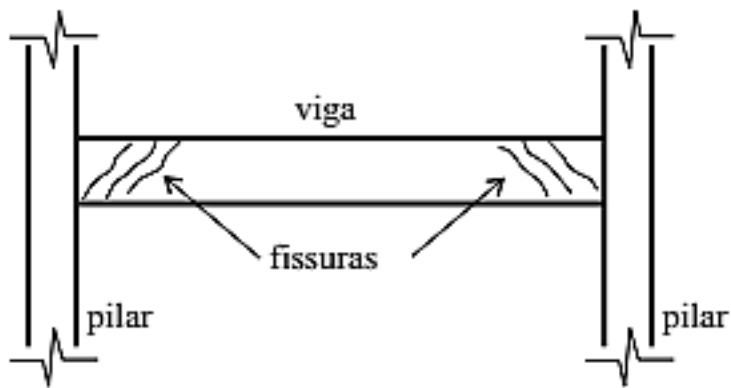
- A – a transversal (estribos)  
B – a longitudinal positiva  
C – a longitudinal negativa.



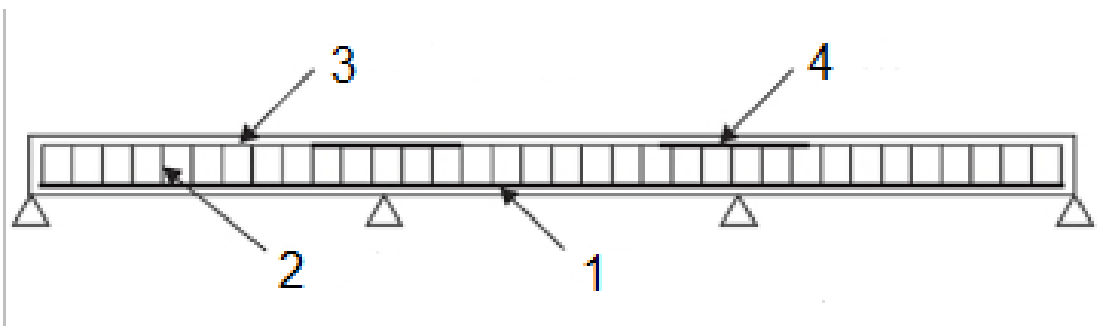
A associação das fissuras às armaduras insuficientes está indicada na seguinte opção:

- A – 3; B – 1; C – 2.
- A - 2; B – 3; C – 1.

- c. A – 1; B – 2; C – 3.
  - d. A – 2; B – 1; C – 3.
  - e. A – 1; B – 3; C – 2.
4. (valor: 0,50) Após a execução de uma viga de concreto armado observaram-se fissuras inclinadas próximas ao apoio. Se o projeto estrutural não apresentou problemas nem inconsistência relacionados ao carregamento submetido, conclui-se que houve insuficiência de armadura durante a construção. Essa armadura é a



- a. de porta-estribo.
  - b. transversal.
  - c. de pele.
  - d. longitudinal inferior.
  - e. longitudinal superior.
5. (valor: 0,50) O posicionamento das barras de aço (armadura) é em função dos diagramas de esforços solicitantes, principalmente os de flexão e tração. Genericamente podemos ilustrar, para as principais peças estruturais, estes posicionamentos”



- a. A armadura 2 é dimensionada, principalmente, para os esforços cortantes.
- b. A armadura 3 é dimensionada, principalmente, em função dos momentos fletores “negativos”.

- c. A armadura 1 é dimensionada, principalmente, em função dos momentos fletores “negativos”.
  - d. A armadura 4 é dimensionada, principalmente, em função dos momentos fletores “positivos”.
  - e. A armadura 2 é dimensionada, principalmente, para o posicionamento da ferragem.
6. A figura 1 apresenta uma viga contínua de seção transversal constante nos dois vãos e sob a ação de uma carga de projeto de 40kN/m . A Figura 2 apresenta o Diagrama de momento fletor de projeto gerado na viga devido a ação da carga de projeto de 40kN/m. (Dados: classe de agressividade ambiental II;  $b_w = 15 \text{ cm}$  ;  $h=80 \text{ cm}$ ;  $\Phi_t = 5 \text{ mm}$ ;  $\Phi_{long}=10 \text{ mm}$ ). **Observação:** usar os valores mínimos de cobrimento e resistência característica do concreto conforme a classe de agressividade ambiental indicada na questão.

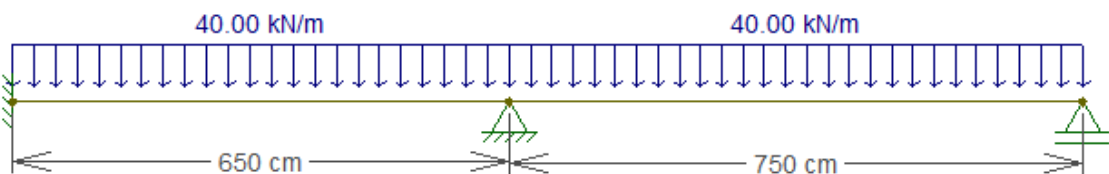


Figura 1. Esquema isostático da viga contínua

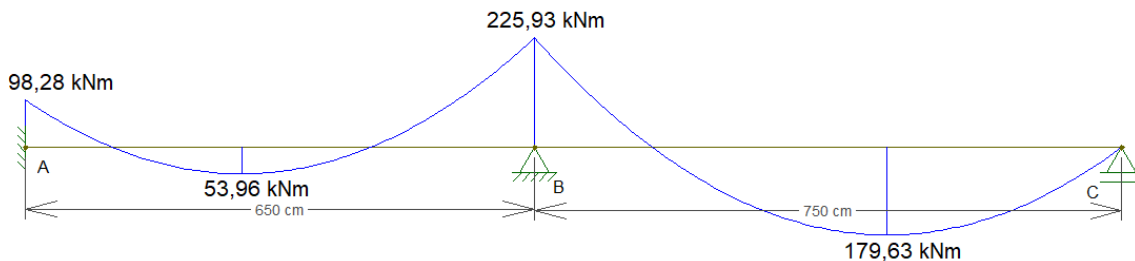


Figura 2. Diagrama de momento fletor de projeto

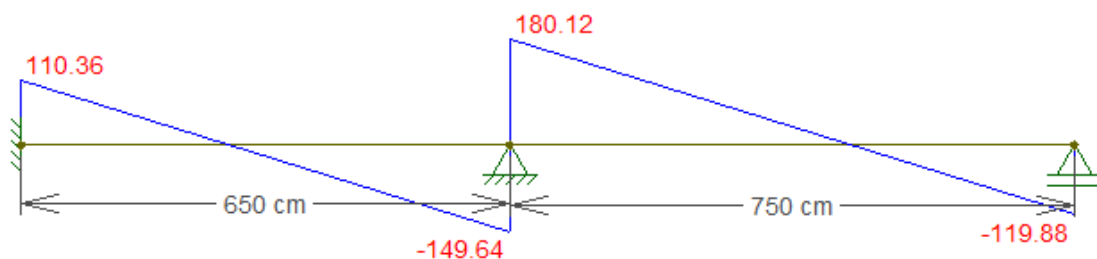


Figura 3. Diagrama de esforço cortante de projeto (unidades em kN)

Determine:

- A. (valor: 5,00) As áreas de aço e as respectivas armaduras longitudinais para todos os momentos fletores de projeto atuantes na viga contínua.

B. (valor: 2,50) A área de aço e a respectiva armadura transversal para o maior esforço cortante de projeto atuante na viga contínua. (usar modelo de cálculo I)

### Fórmulas e tabelas

Área de aço da seção conforme espaçamento – $A_s$ [ $\text{cm}^2/\text{m}$ ]						
Espaçamento (cm)	$\phi$ diâmetro (mm)					
	5	6,3	8	10	12,5	16
7,5	2,67	4,20	6,67	10,67	16,67	26,67
10,0	2,00	3,15	5,00	8,00	12,50	20,00
12,5	1,60	2,52	4,00	6,40	10,00	16,00
15,0	1,33	2,10	3,33	5,33	8,33	13,33
17,5	1,14	1,80	2,86	4,57	7,14	11,43
20,0	1,00	1,58	2,50	4,00	6,25	10,00
22,5	0,89	1,40	2,22	3,56	5,56	8,89
25,0	0,80	1,26	2,00	3,20	5,00	8,00
27,5	0,73	1,15	1,82	2,91	4,55	7,27
30,0	0,67	1,05	1,67	2,67	4,17	6,67

**Tabela 7.1** – Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

Concreto <sup>a</sup>	Tipo <sup>b, c</sup>	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq \text{C20}$	$\geq \text{C25}$	$\geq \text{C30}$	$\geq \text{C40}$
	CP	$\geq \text{C25}$	$\geq \text{C30}$	$\geq \text{C35}$	$\geq \text{C40}$

<sup>a</sup> O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.  
<sup>b</sup> CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.  
<sup>c</sup> CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

**Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para  $\Delta c = 10$  mm**

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV <sup>c</sup>
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje <sup>b</sup>	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo <sup>d</sup>	30		40	50
Concreto protendido <sup>a</sup>	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

<sup>a</sup> Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

<sup>b</sup> Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal  $\geq 15$  mm.

<sup>c</sup> Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

<sup>d</sup> No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal  $\geq 45$  mm.

$K_c = \frac{b_w * d^2}{M_{sd}}$	$x_{23} = 0,259 * d$ $x_{duc} = 0,45 * d$
$A_s = K_s * \frac{M_{sd}}{d}$	$\beta = x/d$
$V_{Rd2} = 0,27 * \alpha_{v2} * f_{cd} * b_w * d$	$\alpha_{v2} = 1 - \frac{f_{ck}}{250}$
$V_c = 0,6 * f_{ctd} * b_w * d$	$f_{ctd} = 0,15 * f_{ck}^{2/3}$
$A_{sw} = \frac{111 * V_{sw}}{d * f_{ywd}}$	$V_{sw} = V_{sd} - V_c$

**Tabela A-2 – Valores de  $K_c$  e  $K_s$  para os aços CA-25, CA-50 e CA-60 (para concretos do Grupo I de resistência –  $f_{ck} \leq 50$  MPa,  $\gamma_c = 1,4$ ,  $\gamma_s = 1,15$ ).**

$\beta_x = \frac{x}{d}$	FLEXÃO SIMPLES EM SEÇÃO RETANGULAR - ARMADURA SIMPLES											Dom.
	$K_c$ (cm <sup>2</sup> /kN)								$K_s$ (cm <sup>2</sup> /kN)			
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	CA-25	CA-50	CA-60	
0,01	137,8	103,4	82,7	68,9	59,1	51,7	45,9	41,3	0,046	0,023	0,019	2
0,02	69,2	51,9	41,5	34,6	29,6	25,9	23,1	20,8	0,046	0,023	0,019	
0,03	46,3	34,7	27,8	23,2	19,8	17,4	15,4	13,9	0,047	0,023	0,019	
0,04	34,9	26,2	20,9	17,4	14,9	13,1	11,6	10,5	0,047	0,023	0,019	
0,05	28,0	21,0	16,8	14,0	12,0	10,5	9,3	8,4	0,047	0,023	0,020	
0,06	23,4	17,6	14,1	11,7	10,0	8,8	7,8	7,0	0,047	0,024	0,020	
0,07	20,2	15,1	12,1	10,1	8,6	7,6	6,7	6,1	0,047	0,024	0,020	
0,08	17,7	13,3	10,6	8,9	7,6	6,6	5,9	5,3	0,048	0,024	0,020	
0,09	15,8	11,9	9,5	7,9	6,8	5,9	5,3	4,7	0,048	0,024	0,020	
0,10	14,3	10,7	8,6	7,1	6,1	5,4	4,8	4,3	0,048	0,024	0,020	
0,12	12,0	9,0	7,2	6,0	5,1	4,5	4,0	3,6	0,048	0,024	0,020	
0,13	11,1	8,4	6,7	5,6	4,8	4,2	3,7	3,3	0,049	0,024	0,020	
0,14	10,4	7,8	6,2	5,2	4,5	3,9	3,5	3,1	0,049	0,024	0,020	
0,15	9,7	7,3	5,8	4,9	4,2	3,7	3,2	2,9	0,049	0,024	0,020	
0,16	9,2	6,9	5,5	4,6	3,9	3,4	3,1	2,7	0,049	0,025	0,020	
0,17	8,7	6,5	5,2	4,3	3,7	3,2	2,9	2,6	0,049	0,025	0,021	
0,18	8,2	6,2	4,9	4,1	3,5	3,1	2,7	2,5	0,050	0,025	0,021	
0,19	7,8	5,9	4,7	3,9	3,4	2,9	2,6	2,3	0,050	0,025	0,021	
0,20	7,5	5,6	4,5	3,7	3,2	2,8	2,5	2,2	0,050	0,025	0,021	
0,21	7,1	5,4	4,3	3,6	3,1	2,7	2,4	2,1	0,050	0,025	0,021	
0,22	6,8	5,1	4,1	3,4	2,9	2,6	2,3	2,1	0,050	0,025	0,021	
0,23	6,6	4,9	3,9	3,3	2,8	2,5	2,2	2,0	0,051	0,025	0,021	
0,24	6,3	4,7	3,8	3,2	2,7	2,4	2,1	1,9	0,051	0,025	0,021	
0,25	6,1	4,6	3,7	3,1	2,6	2,3	2,0	1,8	0,051	0,026	0,021	
0,26	5,9	4,4	3,5	2,9	2,5	2,2	2,0	1,8	0,051	0,026	0,021	
0,27	5,7	4,3	3,4	2,8	2,4	2,1	1,9	1,7	0,052	0,026	0,021	
0,28	5,5	4,1	3,3	2,8	2,4	2,1	1,8	1,7	0,052	0,026	0,022	
0,29	5,4	4,0	3,2	2,7	2,3	2,0	1,8	1,6	0,052	0,026	0,022	
0,30	5,2	3,9	3,1	2,6	2,2	1,9	1,7	1,6	0,052	0,026	0,022	
0,31	5,1	3,8	3,0	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	0,053	0,026	0,022	
0,32	4,9	3,7	3,0	2,5	2,1	1,8	1,6	1,5	0,053	0,026	0,022	
0,33	4,8	3,6	2,9	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	0,053	0,026	0,022	
0,34	4,7	3,5	2,8	2,3	2,0	1,8	1,6	1,4	0,053	0,027	0,022	
0,35	4,6	3,4	2,7	2,3	2,0	1,7	1,5	1,4	0,053	0,027	0,022	
0,36	4,5	3,3	2,7	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3	0,054	0,027	0,022	
0,37	4,4	3,3	2,6	2,2	1,9	1,6	1,5	1,3	0,054	0,027	0,022	
0,38	4,3	3,2	2,6	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	0,054	0,027	0,023	
0,40	4,1	3,1	2,5	2,0	1,8	1,5	1,4	1,2	0,055	0,027	0,023	
0,42	3,9	2,9	2,4	2,0	1,7	1,5	1,3	1,2	0,055	0,028	0,023	
0,44	3,8	2,8	2,3	1,9	1,6	1,4	1,3	1,1	0,056	0,028	0,023	
0,45	3,7	2,8	2,2	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1	0,056	0,028	0,023	
0,46	3,7	2,7	2,2	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	0,056	0,028	0,023	
0,48	3,5	2,7	2,1	1,8	1,5	1,3	1,2	1,1	0,057	0,028	0,024	
0,50	3,4	2,6	2,1	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	0,058	0,029	0,024	
0,52	3,3	2,5	2,0	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0	0,058	0,029	0,024	
0,54	3,2	2,4	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	0,059	0,029	0,024	
0,56	3,2	2,4	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1	0,9	0,059	0,030	0,025	
0,58	3,1	2,3	1,8	1,5	1,3	1,2	1,0	0,9	0,060	0,030	0,025	
0,59	3,0	2,3	1,8	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,060	0,030	0,025	
0,60	3,0	2,3	1,8	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,061	0,030	0,025	
0,62	2,9	2,2	1,8	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,061	0,031	0,025	
0,63	2,9	2,2	1,7	1,5	1,2	1,1	1,0	0,9	0,061	0,031	0,026	
0,64	2,9	2,2	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9	0,062	0,031	0,026	
0,66	2,8	2,1	1,7	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,063	0,031	0,026	
0,70	2,7	2,0	1,6	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,064	0,032	0,027	
0,74	2,6	2,0	1,6	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,065	0,033	0,027	
0,77	2,6	1,9	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,066	0,033	0,028	

Tabela A-4 – Área de aço e largura  $b_w$  mínima.

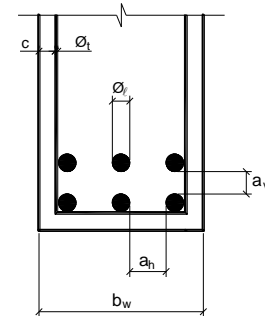
Diâm. (mm)	$A_s$ (cm <sup>2</sup> ) $b_w$ (cm)	Número de barras										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4,2	As	0,14	0,28	0,42	0,56	0,70	0,84	0,98	1,12	1,26	1,40	
	$b_w$	Br. 1	-	8	11	14	16	19	22	25	27	30
		Br. 2	-	9	13	16	19	23	26	30	33	36
5	As	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	
	$b_w$	Br. 1	-	9	11	14	17	20	22	25	28	31
		Br. 2	-	9	13	16	20	23	27	30	34	37
6,3	As	0,31	0,62	0,93	1,24	1,55	1,86	2,17	2,48	2,79	3,10	
	$b_w$	Br. 1	-	9	12	15	18	20	23	26	29	32
		Br. 2	-	10	13	17	20	24	28	31	35	39
8	As	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	
	$b_w$	Br. 1	-	9	12	15	18	21	25	28	31	34
		Br. 2	-	10	14	17	21	25	29	33	36	40
10	As	0,80	1,60	2,40	3,20	4,00	4,80	5,60	6,40	7,20	8,00	
	$b_w$	Br. 1	-	10	13	16	19	23	26	29	33	36
		Br. 2	-	10	14	18	22	26	30	34	38	42
12,5	As	1,25	2,50	3,75	5,00	6,25	7,50	8,75	10,00	11,25	12,50	
	$b_w$	Br. 1	-	10	14	17	21	24	28	31	35	38
		Br. 2	-	11	15	19	24	28	32	36	41	45
16	As	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	
	$b_w$	Br. 1	-	11	15	19	22	26	30	34	38	42
		Br. 2	-	11	16	21	25	30	34	39	44	48
20	As	3,15	6,30	9,45	12,60	15,75	18,90	22,05	25,20	28,35	31,50	
	$b_w$	Br. 1	-	12	16	20	24	29	33	37	42	46
		Br. 2	-	12	17	22	27	32	37	42	47	52
22	As	3,80	7,60	11,40	15,20	19,00	22,80	26,60	30,40	34,20	38,00	
	$b_w$	Br. 1	-	12	16	21	25	30	34	39	43	48
		Br. 2	-	13	18	23	28	33	39	44	49	54
25	As	4,90	9,80	14,70	19,60	24,50	29,40	34,30	39,20	44,10	49,00	
	$b_w$	Br. 1	-	13	18	23	28	33	38	43	48	53
		Br. 2	-	13	19	24	30	35	41	46	52	57
32	As	8,05	16,10	24,15	32,20	40,25	48,30	56,35	64,40	72,45	80,50	
	$b_w$	Br. 1	-	15	21	28	34	40	47	53	60	66
		Br. 2	-	15	21	28	34	40	47	53	60	66
40	As	12,60	25,20	37,80	50,40	63,00	75,60	88,20	100,80	113,40	126,00	
	$b_w$	Br. 1	-	17	25	33	41	49	57	65	73	81
		Br. 2	-	17	25	33	41	49	57	65	73	81

largura  $b_w$  mínima:

$$b_{w,\min} = 2(c + \phi_t) + n^\circ \text{ barras} \cdot \phi_\ell + a_{h,\min} (n^\circ \text{ barras} - 1)$$

Br. 1 = brita 1 ( $d_{\max} = 19$  mm) ; Br. 2 = brita 2 ( $d_{\max} = 25$  mm)Valores adotados:  $\phi_t = 6,3$  mm ;  $c_{\text{nom}} = 2,0$  cmPara  $c_{\text{nom}} \neq 2,0$  cm, aumentar  $b_{w,\min}$  conforme: $c_{\text{nom}} = 2,5$  cm → + 1,0 cm $c_{\text{nom}} = 3,0$  cm → + 2,0 cm $c_{\text{nom}} = 3,5$  cm → + 3,0 cm $c_{\text{nom}} = 4,0$  cm → + 4,0 cm

$$a_{h,\min} \geq \begin{cases} 2 \text{ cm} \\ \phi_\ell \\ 1,2d_{\max,agr} \end{cases}$$



Momento fletor negativo no apoio B.

(1)  
 $M_{sd} = 225,93 \text{ kNm}$   
 ~~$M_{sd} = 316,3 \text{ kNm}$~~   $\rightarrow 0,25$

$$K_c = \frac{b w_s d^2}{M_{sd}}$$

$$h = d + c + \phi_c + \frac{\phi_{long}}{2}$$

$$d = h - c - \phi_c - \frac{\phi_{long}}{2}$$

$$d = 80 - 3 - 0,5 - \frac{1}{2}$$

$$d = 80 - 4$$

$$d = 76 \text{ cm}$$

$$K_c = \frac{15 \times 76^2}{22593}$$

$K_c = 2,83 \Rightarrow \beta = 0,24 < 0,45 \rightarrow 0,4$   
 Domínio 2 e atende a ductibilidade!

$$\Rightarrow K_s = 0,025$$

$$A_s = K_s \cdot \frac{M_{sd}}{d} = 0,025 \cdot \frac{22593}{76}$$

$$A_s \approx 7,43 \text{ cm}^2 \rightarrow 0,4$$

$\phi_c = 5 \text{ mm} = 0,5 \text{ cm}$   
 $\phi_{long} = 10 \text{ mm} = 1 \text{ cm}$   
 $c = 3 \text{ cm}$  (Cl. II)  
 $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

(0,2)

$\phi$ (mm)	$A_{ui}$ (cm <sup>2</sup> )	N <sup>o</sup> de barras
8	0,50	= 15
10	0,78	= 10
12,5	1,23	= 6
16	2,01	= 4
20	3,14	= 2



② Momento negativo no apoio A

$$M_{sd} = 98,28 \text{ KN.m}$$

$$M_{sd} = 9828 \text{ KNcm} \quad 0,25$$

$$K_c = \frac{b_w d^2}{M_{sd}}$$

$$K_c = \frac{15.76^2}{9828} = 8,81 \Rightarrow \beta = 0,1 < 0,45 \quad (0,4)$$

Domínio 2ª

$$\Rightarrow K_s = 0,024$$

$$A_s = K_s \cdot \frac{M_{sd}}{f_y} = 0,024 \times \frac{9828}{76} = 3,10 \text{ cm}^2 \quad (0,4)$$

$\phi$ (cm)	$A_{uni}$	Nº barras
8	0,50	≈ 7
10	0,78	≈ 4
12,5	1,23	≈ 3
16,0	2,01	2
20,0	3,14	≈ <del>2</del> 2

(0,2)



⇒ Momento positivo ~~no~~ A-B

$$M_{sd} = 53,96 \text{ KN.m}$$

$$M_{sd} = 5396 \text{ KNcm} \quad (0,25)$$

$$K_c = \frac{15.76^2}{5396} = 16,05$$

$$\Rightarrow \beta = 0,05 < 0,45 \quad (0,4)$$

Domínio 2ª

$$\Rightarrow K_s = 0,023$$

B)  $V_{sd} = 180,12 \text{ kN}$  ~~0,25~~ (0,1)

$$V_{Rd2} = 0,27 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd2} = 0,27 \cdot \left(1 - \frac{25}{250}\right) \cdot \left(\frac{2,5}{1,4}\right) \cdot 15 \cdot 76$$

$$V_{Rd2} = 494,68 \text{ kN} > V_{sd} = 180,12 \text{ kN}$$

OK

~~0,25~~ (0,5)

~~0,15~~  $f_{ctd} = 0,15 \cdot f_{ck}^{2/3}$

$$f_{ctd} = 0,15 \cdot 25^{2/3}$$

$$f_{ctd} = 1,28 \text{ MPa}$$

(0,3)

$$V_c = 0,6 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = 0,6 \cdot \left(\frac{1,28}{10}\right) \cdot 15 \cdot 76$$

$$V_c = 87,72 \text{ kN}$$

(0,5)

$$V_{sw} = V_{sd} - V_c$$

$$V_{sw} = 180,12 - 87,72 = 92,4 \text{ kN} \quad (0,3)$$

$$A_{sw} = \frac{111 \cdot V_{sw}}{d \cdot f_{ywd}} = \frac{111 \cdot 92,4}{76 \cdot \frac{50}{1,15}}$$

$$A_{sw} = 3,1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{sw} = 3,1 / 2 = 1,55 \text{ cm}^2/\text{m}$$

~~0,25~~ (0,5)

Para Tabela:

1ª op. 112  $\phi$  5 a c/12,5

2ª op. 70  $\phi$  6,3 a c/20

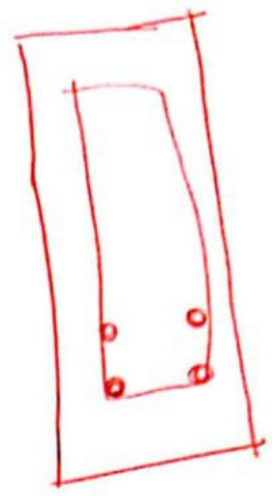
3ª op. 47  $\phi$  8mm a c/30

(0,3)

$A_s = 0,023 \cdot \frac{5396}{76}$

$A_s \approx 1,64 \text{ cm}^2 \rightarrow 0,4$

$\phi$ (mm)	$A_{uni}$ ( $\text{cm}^2$ )	Nº de barras
8	0,5	$\approx 4$ (0,2)
10	0,78	$\approx 3$
<del>12,5</del>	1,23	$\approx 2$



Momento positivo trucho B-C

$M_{sd} = 179,63 \text{ KNm}$   
 $M_{sd} = 17963 \text{ KNcm}$

0,25

$k_c = \frac{15 \cdot 76^2}{17963} = 4,82$   
Dominio 2.º

$\rightarrow \beta = 0,19 < 0,45$   
Atende a ductilidade

0,14

$k_s = 0,025$

$A_s = 0,025 \cdot \frac{17963}{76} = 5,91 \text{ cm}^2$  (0,4)

$\phi$ (mm)	$A_{uni}$ ( $\text{cm}^2$ )	Nº de barras
8	0,5	$\approx 12$ (0,2)
10	0,78	$\approx 8$
12,5	1,23	$\approx 5$
16	2,01	$\approx 3$
20	3,14	$\approx 2$

