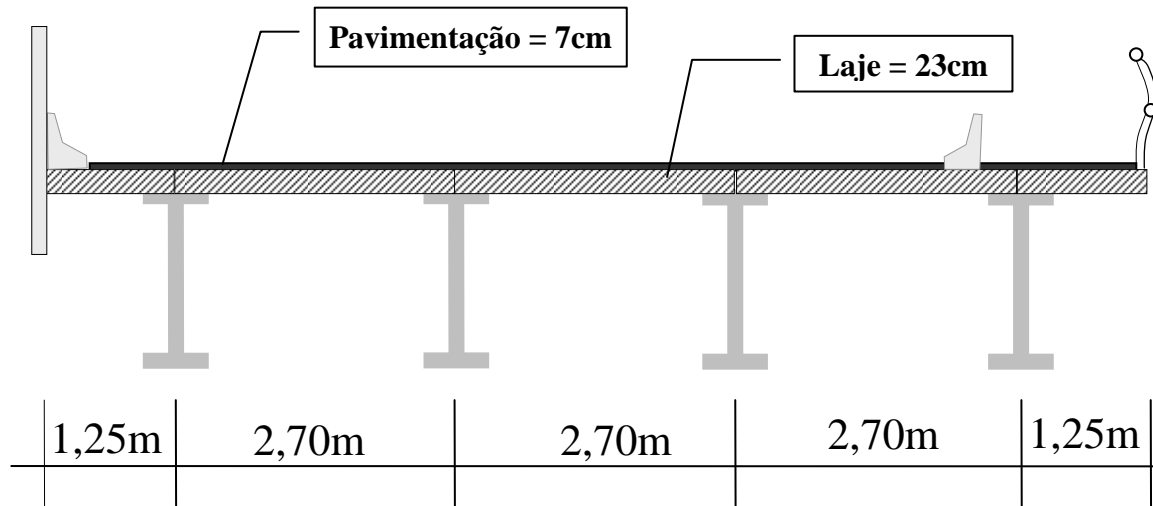




## Lajes do tabuleiro - Método de Rüsçh



Peso próprio :

$$\text{laje} : 0,23\text{m} \times 25\text{kN/m}^3 = 5,75 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{pavimentação} = 0,07\text{m} \times 25\text{kN/m}^3 = 1,75 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{recapeamento} = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{total} = 9,5 \text{ kN/m}^2$$

Laje central :

Carga permanente

$$X^- = -\frac{9,5\text{kN/m}^2 \times (2,70\text{m})^2}{12} = -4,7 \left( \frac{\text{kN.m}}{\text{m}} \right)$$

$$M^+ = +\frac{9,5\text{kN/m}^2 \times (2,70\text{m})^2}{24} = +2,35 \left( \frac{\text{kN.m}}{\text{m}} \right)$$

Carga móvel :

Vão da laje  $l_x = 2,70\text{m}$  ;  $a = \text{distancia transversal entre rodas} = 2,0\text{m}$  ;

$$l_x/a = 2,7\text{m} / 2,0\text{m} = 1,35$$



Tamanho do contato roda  $\times$  pavimento =  $0,2\text{m} \times 0,5\text{m} = 0,10\text{m}^2 =$   
 $= 0,32\text{m} \times 0,32\text{m}$

Tamanho do espraçamento da roda até o meio da laje de 23cm:  
 $t = 0,32\text{m} + 2 \times ( 7\text{cm} + 23\text{cm}/2 ) = 0,69 \text{ m}$

Coefficiente de impacto  $\phi = 1,4 - 0,007 \times lx = 1,4 - 0,007 \times 2,7 = 1,38$

Momentos fletores segundo as Tabelas de RÜSCH

Relações para entrada na tabela :

$$lx/a = 2,70\text{m} / 2,0\text{m} = 1,35$$

$$t/a = 0,69\text{m} / 2,0\text{m} = 0,345$$

Tabela Nr. 27

Laje bi-engastada com comprimento na direção do tráfego muito maior que o vão transversal.

( ver tabela na próxima página )



Com :

$$l_x/a = 2,70\text{m} / 2,0\text{m} = 1,35$$

$$t/a = 0,69\text{m} / 2,0\text{m} = 0,345$$

Direção do tráfego

Nr. 27		$I_y/I_x = \infty$	Fahrtrichtung	<p>Gleichlast über die ganze Platte <math>M = k \cdot g \cdot l_x^2</math></p> <p>Für <math>M_{xm}</math> <math>k = 0,0417</math>          Für <math>M_{ym}</math> <math>k = 0,0069</math>          Für <math>M_{xe}</math> <math>k = -0,0833</math></p> <p><math>g</math> oder <math>p</math> in <math>t/m^2</math>; <math>l_x</math> in <math>m</math></p>
-----------	--	--------------------	---------------	--

Brückenklasse 30t bis 60t

Raddruck des SLW von 1,0t

Gleichlast um SLW von 1 t/m<sup>2</sup>

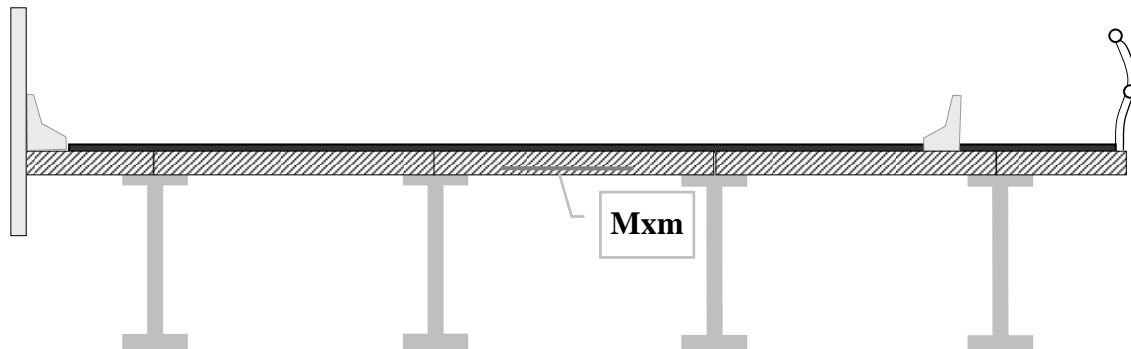
$l_x/a$	$M_{xm}$ in Plattenmitte				$M_{ym}$ in Plattenmitte				$-M_{xe}$ in Randmitte				für alle Werte $t/a$					
	$t/a$				$t/a$				$t/a$				$M_{xm}$		$M_{ym}$		$-M_{xe}$	
	0,125	0,250	0,50	1,0	0,125	0,250	0,50	1,0	0,125	0,250	0,50	1,0	p	p'	p	p'	p	p'
0,50	0,118	0,083	0,041	0,020	0,097	0,051	0,031	0,008	0,250	0,190	0,120	0,050	—	—	—	0,01	—	0,10
1,00	171	129	078	061	149	091	051	023	320	260	180	090	—	—	—	01	—	28
1,50	266	216	175	120	187	134	080	038	420	400	340	250	—	0,05	—	03	—	35
2,00	332	290	250	195	215	168	096	064	58	56	51	400	—	10	—	05	0,03	35
2,50	399	357	318	264	248	198	137	096	72	70	66	55	—	27	—	13	08	37
3,00	452	415	370	330	287	239	179	141	85	84	80	78	0,30	53	0,05	24	20	80
4,00	0,56	0,52	0,485	0,440	0,361	0,315	0,262	0,222	1,06	1,06	1,01	0,98	0,80	1,11	0,13	0,57	0,55	2,20
5,00	65	62	58	53	430	389	338	295	1,21	1,21	1,18	1,14	1,25	1,79	21	83	1,00	4,25
6,00	74	71	67	63	498	457	412	370	1,32	1,32	1,30	1,26	1,65	2,90	28	1,33	1,40	7,60
7,00	82	79	75	70	56	52	479	433	1,41	1,41	1,40	1,36	2,00	4,50	33	2,03	2,00	11,80
8,00	87	85	81	76	61	58	54	490	1,47	1,47	1,47	1,44	2,40	6,30	42	2,89	2,40	16,20
9,00	91	89	85	80	66	63	59	54	1,52	1,52	1,52	1,50	2,75	8,40	48	3,82	3,00	21,60
10,00	0,94	0,91	0,87	0,82	0,71	0,67	0,63	0,58	1,54	1,54	1,54	1,53	3,12	10,55	0,56	4,85	3,50	26,30

Obtemos

$$M_L = 0,16 ; M_P = 0 ; M_{P'} = 0,04 ; K = 0,00417 = 1/24$$



**Para  $M_{xm}$  = momento transversal à ponte no meio da laje**



Para  $M_{xm}$  :

$$M_L = 0,16$$

$$M_P = 0$$

$$M_{P'} = 0,04$$

$$K = 0,00417 = 1/24 \text{ já calculado}$$

$$M_{xm} = \varphi \times P \times M_L + \varphi \times p \times M_P + p' \times M_{P'} =$$

$$= 1,38 \times 7,5 \text{ ton} \times 0,16 + 1,38 \times 0,5 \left( \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \right) \times \text{zero} + 0,5 \left( \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \right) \times 0,04 =$$

$$= 1,656 \text{ tm/m} + 0 + 0,02 \text{ tm/m} = 1,676 \text{ tm/m}$$

$$M_g = 2,35 \text{ kN.m/m}$$

$$\varphi \times M_p = 16,76 \text{ kN.m / m}$$

$$M_d = 1,35 \times M_g + 1,5 \times \varphi \times M_p = 1,35 \times 2,35 + 1,5 \times 16,76 =$$

$$= 3,172 + 25,14 = 28,31 \text{ kN.m/m}$$

Armadura necessária :



$$kM_d = \frac{M_d}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{28,31 \text{ kN.m}}{1 \text{ m} \times (0,23 \text{ m} - 0,03 \text{ m})^2 \times \frac{30000 \text{ (kN/m}^2)}{1,40}} = 0,033$$

$$k_x = 0,09 ; \quad x = 0,09 \times 0,20 \text{ m} = 0,018 \text{ m}$$

$$k_z = 0,97 ; \quad A_{aço} = \frac{M_d}{k_z \times d \times f_{yd}} = \frac{28,31 \text{ kN.m}}{0,97 \times 0,20 \text{ m} \times \frac{50 \text{ kN/cm}^2}{1,15}} = 3,36 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Verificação da resistência à fadiga :

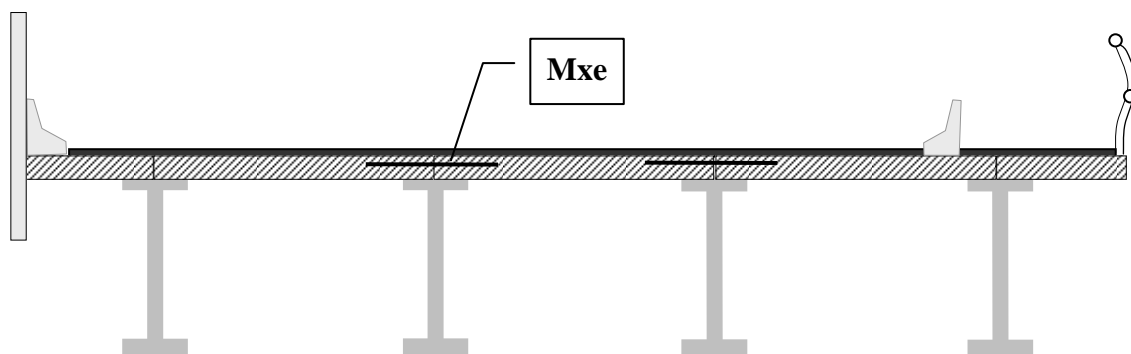
$$\Delta\sigma = \frac{M \text{ carga móvel}}{z \times A_{aço}} = \frac{16,76 \text{ kN.m}}{(0,97 \times 0,20 \text{ m}) \times A_{aço} \text{ cm}^2} = 19 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{aço} = 4,54 \text{ cm}^2$$

Para o limite  $\Delta\sigma \leq 19 \text{ kN/cm}^2$  a área necessária é :  $4,54 \text{ cm}^2/\text{m}$

$$\Phi 10 \text{ mm a cada } 15 \text{ cm} = 5,33 \text{ cm}^2/\text{m}$$

**Momento  $M_{xe}$  = Momento transversal à ponte sobre as vigas**



Para  $M_{xe}$  :

$$M_L = - 0,32$$

$$M_P = 0$$

$$M_{P'} = - 0,34$$

$$K = - 0,0833 = 1/12 \text{ já calculado}$$



$$\begin{aligned} M_{xm} &= \varphi \times P \times M_L + \varphi \times p \times M_p + p' \times M_{p'} = \\ &= -1,38 \times 7,5 \text{ ton} \times 0,32 + 1,38 \times 0,5 \left( \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \right) \times \text{zero} - 0,5 \left( \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \right) \times 0,34 = \\ &= -3,312 \text{ tm/m} + 0 - 0,17 \text{ tm/m} = -3,482 \text{ tm/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_g &= -4,70 \text{ kN.m/m} \\ \varphi \times M_p &= -34,82 \text{ kN.m/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_d &= 1,35 \times M_g + 1,5 \times \varphi \times M_p = 1,35 \times (-4,70) + 1,5 \times (-34,82) = \\ &= -6,345 - 52,23 = -58,575 \text{ kN.m/m} \end{aligned}$$

Armadura necessária :

$$k_{Md} = \frac{M_d}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{58,575 \text{ kN.m}}{1 \text{ m} \times (0,23 \text{ m} - 0,03 \text{ m})^2 \times \frac{30000 \text{ (kN/m}^2)}{1,40}} = 0,068$$

$$k_x = 0,14 ; \quad x = 0,14 \times 0,20 \text{ m} = 0,028 \text{ m}$$

$$k_z = 0,948 ; \quad A_{\text{aço}} = \frac{M_d}{k_z \times d \times f_{yd}} = \frac{58,571 \text{ kN.m}}{0,948 \times 0,20 \text{ m} \times \frac{50 \text{ kN/cm}^2}{1,15}} = 7,1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Verificação da resistência à fadiga :

$$\Delta \sigma = \frac{M \text{ carga móvel}}{z \times A_{\text{aço}}} = \frac{34,82 \text{ kN.m}}{(0,97 \times 0,20 \text{ m}) \times A_{\text{aço}} \text{ cm}^2} = 19 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{\text{aço}} = 9,44 \text{ cm}^2$$

Para o limite  $\Delta \sigma \leq 19 \text{ kN/cm}^2$  a área necessária é :  $9,44 \text{ cm}^2/\text{m}$

$\Phi 12,5 \text{ mm}$  a cada  $12,5 \text{ cm} = 9,84 \text{ cm}^2/\text{m}$

Momento fletor na laje em balanço



### Carga permanente :

$$\text{Laje : } (0,23\text{m} \times 1,18\text{m} \times 25\text{kN/m}^3) \times 1,18\text{m}/2 = 4,00 \text{ kN.m/m}$$

$$\text{Pavimentação : } (0,07\text{m} \times 0,85\text{m} \times 25\text{kN/m}^3) \times 0,85\text{m}/2 = 0,63 \text{ kN.m/m}$$

$$\text{Recapeamento : } 2\text{kN/m}^2 \times 0,85\text{m} \times 0,85\text{m}/2 = 0,72 \text{ kN.m/m}$$

$$\text{Placa pr moldada : } 0,07\text{m} \times 1,30\text{m} = 0,091\text{m}^2 (\times 25\text{kN/m}^3) = 2,275 \text{ kN/m}$$

$$\text{Momento em rela o ao eixo da viga de bordo } = 2,275 \text{ kN} \times 1,215\text{m} = 2,764\text{kN.m}$$

$$\text{Guarda roda : } 3,92 \text{ kN/m Momento em rela o ao eixo da viga de bordo } = 4,18 \text{ kN.m /m}$$

$$\text{Total : } 4,00 + 0,63 + 0,72 + 2,764 + 4,18 = \mathbf{12,29 \text{ kN.m/m}}$$

### Carga móvel :

$$\text{Uma roda junto ao guarda roda: } 75\text{kN} \times (1,25\text{m} - 0,40\text{m} - 0,25\text{m}) = 75\text{kN} \times 0,60\text{m} = 45\text{kN.m}$$

$$\text{Largura : } 0,20\text{m} + 2 \times 0,60\text{m} = 1,40\text{m} (< 1,50\text{m} \text{ o efeito das rodas não se superpõem})$$

$$\text{Momento fletor por metro } = 45\text{kN.m}/1,4\text{m} = 32,14 \text{ kN.m/m}$$

$$\text{Impacto : } \phi = 1,40 - 0,007 \times (2 \times 1,18\text{m}) = 1,38$$

$$\phi \times M \text{ carga móvel } = 1,383 \times 32,14 = \mathbf{44,45 \text{ kN.m/m}}$$

### Total :

$$M_d = 1,35 \times 12,29 + 1,50 \times 44,45 = 16,59 + 66,68 = \mathbf{83,25 \text{ kN.m/m}}$$

### Armadura necessária :

$$kM_d = \frac{M_d}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{83,25\text{kN.m}}{1\text{m} \times (0,23\text{m} - 0,04\text{m})^2 \times \frac{30000(\text{kN/m}^2)}{1,40}} = 0,11$$

$$k_x = 0,194 ; x = 0,194 \times 0,19\text{m} = 0,037\text{m}$$

$$k_z = 0,925 ; A_{a\sigma} = \frac{M_d}{k_z \times d \times f_{yd}} = \frac{83,25 \text{ kN.m}}{0,925 \times 0,19\text{m} \times \frac{50\text{kN/cm}^2}{1,15}} = 20,45 \text{ cm}^2/\text{m}$$



Verificação da resistência à fadiga :

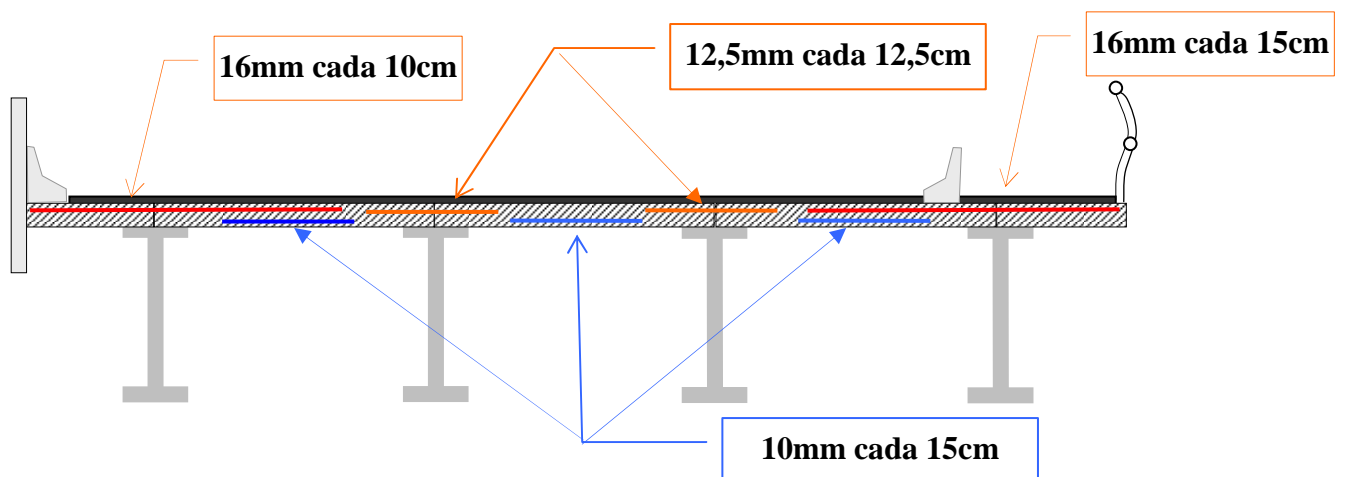
$$\Delta\sigma = \frac{M \text{ carga móvel}}{z \times A_{\text{aço}}} = \frac{44,45 \text{ kN.m}}{(0,925 \times 0,19\text{m}) \times A_{\text{aço}} \text{cm}^2} = 19 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{\text{aço}} = 13,3 \text{ cm}^2$$

Para o limite  $\Delta\sigma \leq 19 \text{ kN/cm}^2$  a área necessária é :  $13,3 \text{ cm}^2/\text{m}$

$\Phi 16\text{mm}$  a cada  $10\text{cm} = 20,0 \text{ cm}^2/\text{m}$

### Resumo



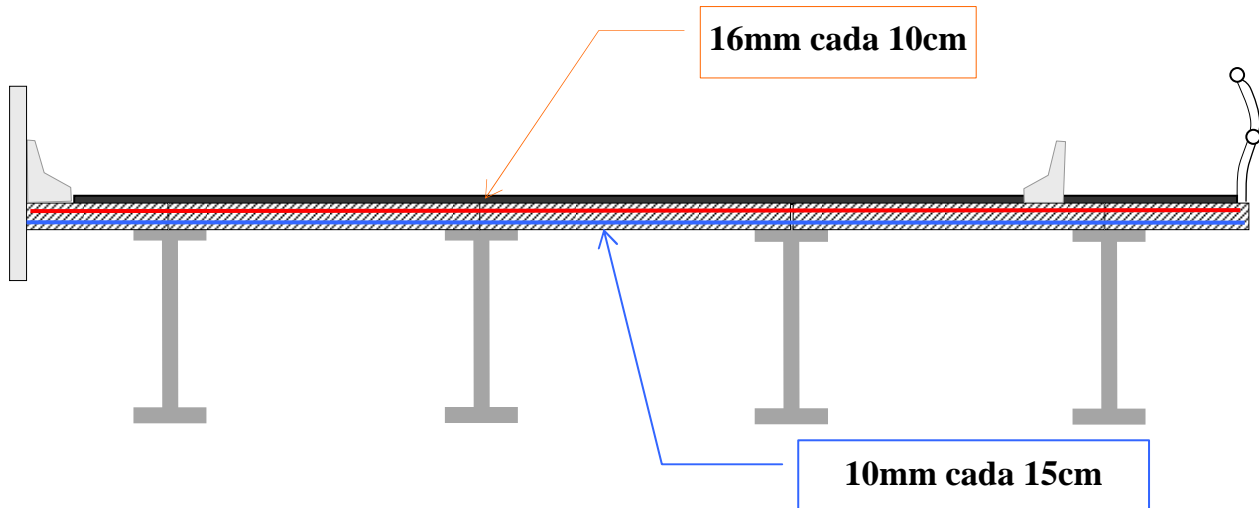
Padronização das armaduras na página seguinte







## Padronizando as armaduras

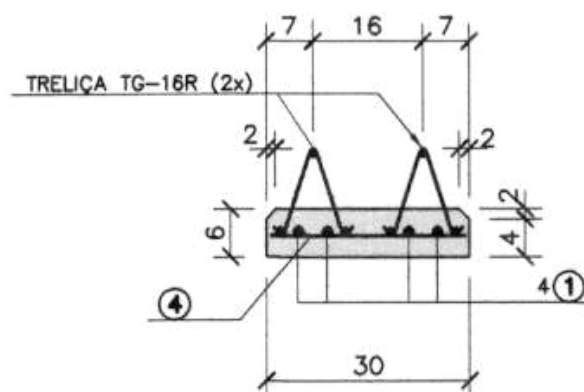


## Armadura usada

LISTA DE FERROS				
N°	Ø (mm)	QUANT.	COMPRIMENTO	
			UNIT. (cm)	TOTAL (m)
1	12,5	524	416	2180
2	12,5	524	316	1656
3	12,5	524	409	2143
4	5	11790	24	2830
5	8	524	60	314
6	8	262	24	63

### SEÇÃO 2-2 (PM1)

ESC.1:10



Armadura inferior usada =  $4\Phi 12,5\text{mm}$  cada 30cm = 16,4 cm<sup>2</sup>/m



## Treliça Gerdau

Aplicação de mercado

Selecione

Selecione

OK

O produto

Especificações técnicas

Catálogos e manuais

Informações úteis

Contato

Designação Gerdau	Designação	Peso (kg/m)	Altura (cm)	Banzo superior (mm)	Diagonal (mm)	Banzo inferior (mm)
TG 12 M	TR 12645	0,886	12	6,0	4,2	5,0
TG 12 R	TR 12646	1,016	12	6,0	4,2	6,0
TG 16 L	TR 16745	1,032	16	7,0	4,2	5,0
TG 16 R	TR 16746	1,168	16	7,0	4,2	6,0
TG 20 L	TR 20745	1,111	20	7,0	4,2	5,0
TG 20 R	TR 20756	1,446	20	7,0	4,2	6,0
TG 25 L	TR 25856	1,686	25	8,0	5,0	6,0
TG 25 R	TR 25857	1,855	25	8,0	5,0	7,0
TG 8 L	TR 08644	0,735	8	6,0	4,2	4,2
TG 8 M	TR 08645	0,821	8	6,0	4,2	5,0

### Armadura longitudinal inferior

Para  $M_{ym}$  :

$$M_L = 0,095$$

$$M_P = 0$$

$$M_P' = 0,025$$

$$K = 0,0069$$

Carga permanente :

Peso próprio :

$$\text{laje} : 0,23\text{m} \times 25\text{kN/m}^3 = 5,75 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{pavimentação} = 0,07\text{m} \times 25\text{kN/m}^3 = 1,75 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{recapeamento} = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{total} = 9,5 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{ym} = K \times g \times l_x^2 = 0,0069 \times 9,5\text{kN/m}^2 \times (2,7\text{m})^2 = 0,48\text{kN.m/m}$$



Carga móvel :

$$\begin{aligned} M_{xm} &= \varphi \times P \times M_L + \varphi \times p \times M_p + p' \times M_p' = \\ &= +1,38 \times 7,5 \text{ ton} \times 0,095 + 1,38 \times 0,5 \left( \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \right) \times \text{zero} + 0,5 \left( \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \right) \times 0,025 = \\ &= 0,98 \text{ tm/m} + 0 + 0,0125 \text{ tm/m} = 0,995 \text{ tm/m} = 9,95 \text{ kN.m/m} \end{aligned}$$

$$M_g = 0,48 \text{ kN.m/m}$$

$$\varphi \times M_p = 9,95 \text{ kN.m /m}$$

$$M_d = 1,35 \times 0,48 + 1,50 \times 9,95 = 0,648 + 14,925 = \mathbf{15,573 \text{ kN.m/m}}$$

Armadura necessária :

$$kM_d = \frac{M_d}{b \times d^2 \times f_{cd}} = \frac{15,573 \text{ kN.m}}{1 \text{ m} \times (0,23 \text{ m} - 0,07 \text{ m} - 0,01)^2 \times \frac{30000 \text{ (kN/m}^2)}{1,40}} = 0,032$$

$$kx = 0,089 ; \quad x = 0,089 \times 0,15 \text{ m} = 0,013 \text{ m}$$

$$kz = 0,969 ; \quad A_{aço} = \frac{M_d}{kz \times d \times f_{yd}} = \frac{15,573 \text{ kN.m}}{0,969 \times 0,15 \text{ m} \times \frac{50 \text{ kN/cm}^2}{1,15}} = 2,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Verificação da resistência à fadiga :

$$\Delta\sigma = \frac{M \text{ carga móvel}}{z \times A_{aço}} = \frac{9,95 \text{ kN.m}}{(0,969 \times 0,15 \text{ m}) \times A_{aço} \text{ cm}^2} = 19 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{aço} = 3,6 \text{ cm}^2$$

Para o limite  $\Delta\sigma \leq 19 \text{ kN/cm}^2$  a área necessária é :  $3,6 \text{ cm}^2/\text{m}$

**Φ 10mm a cada 15cm = 5,3 cm<sup>2</sup>/m** Usar também na face superior da laje.



A armadura será colocada longitudinalmente sobre as pré-lajes.

