

Distâncias entre espaçadores para armaduras de estruturas de concreto

JOSÉ S. CARVALHO – DIR. I CPP CONSTRUÇÕES, PATOLOGIA E PERÍCIAS

1. INTRODUÇÃO

A fase de execução das obras de engenharia tem importante papel na qualidade e durabilidade final das estruturas de concreto, havendo uma incessante busca por procedimentos práticos que possam ser aplicados racionalmente em canteiro de obras. Nos sistemas estruturais de concreto armado, um dos principais fatores para sua durabilidade é a correta espessura do cobrimento, garantida pelo posicionamento dos espaçadores nas armaduras. Para preencher essa lacuna no conhecimento de como determinar a distância entre espaçadores, foi desenvolvida uma metodologia que permitirá calcular a distância entre espaçadores e, conseqüentemente, o projeto de distribuição desses espaçadores nas armaduras.

2. METODOLOGIA

Simplificadamente, pode-se dizer que o sistema armaduras/ espaçadores funciona como uma peça bi apoiada, com aplicação da resultante de cargas inseridas no centro da distância dos apoios e, que, nessa distância, a barra seja suficientemente forte para supor-

tar essa carga sem deflexões excessivas. A distância entre espaçadores depende de diversos fatores, sendo os principais as cargas atuantes sobre as barras das armaduras e o diâmetro dessas barras. As cargas atuantes são de duas naturezas: cargas permanentes e cargas transitórias durante a execução do concreto. As cargas transitórias são oriundas do peso dos operários, equipamentos utilizados, concreto descarregado e armazenado temporariamente etc. As cargas permanentes são, principalmente, o peso próprio dos elementos concretados e dependem, basicamente, do tipo dos elementos e de sua geometria e dimensões.

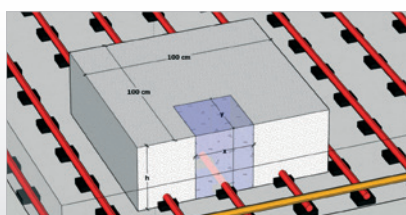
No nosso estudo, o cálculo das cargas permanentes entre os espaçadores consiste no peso de um elemento unitário com a densidade do concreto (24 kN/m^3). Para as lajes, seus lados são iguais à distância entre espaçadores e a altura e a espessura da laje (Figura 1a). Para o fundo das vigas, o peso de um segmento unitário é dividido em tantas fatias quantas sejam a quantidade de barras na face inferior, sendo o peso dessa fatia, com tamanho igual à distância entre espaçadores, a carga considerada (Figura 1b). Para a lateral

dos pilares, lateral das vigas e faces de paredes de concreto, usa-se a metodologia utilizada para cálculo das pressões horizontais no dimensionamento das formas desses respectivos elementos (Figura 1c). Foi estabelecido como tensão máxima o valor calculado da pressão hidrostática para densidade do concreto de 24 kN/m^3 , recomendado na NBR 6118/14. Seu item 8.2.2 recomenda ainda que, para concreto armado, deve-se adotar o valor de 25 kN/m^3 , quando se estuda peças com densidade de armaduras muito elevada e barras de grande diâmetros.

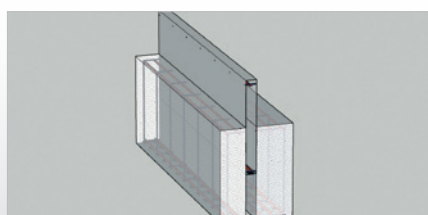
3. PREMISSAS UTILIZADAS

Para realização desse estudo, se fez necessário lançar mão de algumas premissas por falta de estudos de referência sobre o assunto em normas nacionais ou internacionais, que são:

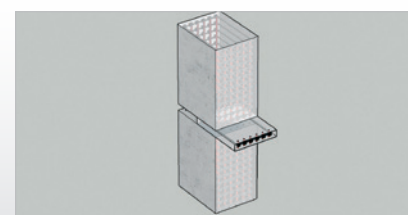
- **Limite de cargas nos espaçadores:** Foi estabelecido o valor de 3 kN conforme recomendam normas europeias, como a BS 7973-2/2001;
- **Carga transitória:** foi estabelecido para carga na área de um espaçador o valor de 80 kg que representa um operário quando dá uma passada e todo o seu peso



(a) Detalhe das fatias nas Lajes



(b) Detalhe das fatias nas Vigas



(c) Detalhes das fatias nos Pilares

► Figura 1

Esquematisações de fatiamento de lajes, vigas e pilares

está na ponta de apenas um dos pés, situação mais desfavorável, ou também, acúmulo de concreto aguardando ser espalhado ou ainda, equipamentos, mangueira de bombeamento de concreto etc.

4. ELABORAÇÃO DAS PLANILHAS DE CÁLCULO DAS CARGAS ATUANTES

A partir dessas premissas e metodologia, foram lançadas as planilhas

de cálculo das cargas atuantes nos elementos estruturais, com os seguintes parâmetros:

- **Lajes:** tendo por dados de entrada a altura da laje e a distância escolhida entre espaçadores, e por dados constantes a densidade do concreto e a carga transitória, calcula-se a resultante da carga total aplicada no centro da barra entre os espaçadores (Tabela 1);
- **Vigas (parte do fundo):** com os dados de entrada – largura e altura da viga, número de barras das armaduras inferiores, distância escolhida entre os espaçadores – e tendo a densidade do concreto de 24 kN/m³, calcula-se a resultante da carga aplicada (Tabela 2);
- **Pilares, laterais de vigas e paredes verticais:** com os dados de entrada: altura e largura da face em estudo, profundidade e número de estribos quando o espaçador for colocado nos estribos ou número de barras verticais quando os espaçadores forem colocados nessas barras, calcula-se a resultante da carga aplicada (Tabela 3).

► Tabela 1

Planilha para cálculo de cargas no centro das armaduras de lajes entre espaçadores

DADOS		ALTURA DAS LAJES (cm)									
DADOS	Detalhes	5	7	10	12	15	16	20	25	30	35
Peso próprio / m ²	Pp/m ²	120	168	240	288	360	384	480	600	720	840
Peso próprio/m ² /espaç	Pp/m ² /espaç	2,7	3,78	3,75	2,88	8,1	15,36	10,8	13,5	16,2	18,9
Carga transitória	Ct	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Formula carg/espaçad	(fctot*Pp)/Ct										
Carga / ESPAÇ (dist=10)	CG10(esp10)	81,20	81,68	82,40	82,88	83,60	83,84	84,80	86,00	87,20	88,40
Carga / ESPAÇ (dist=12)	CG12(esp12,5)	81,88	82,63	83,75	84,50	85,63	86,00	87,50	89,38	91,25	93,13
Carga / ESPAÇ (dist=16)	CG16(esp15)	82,70	83,78	85,40	86,48	88,10	88,64	90,80	93,50	96,20	98,90
Carga / ESPAÇ (dist=18)	CG18(esp18)	83,89	85,44	87,78	89,33	91,66	92,44	95,55	99,44	103,33	107,22
Carga / ESPAÇ (dist=20)	CG20(esp20)	84,80	86,72	89,60	91,52	94,40	95,36	99,20	104,00	108,80	113,60
Carga / ESPAÇ (dist=25)	CG25(esp25)	87,50	90,50	95,00	98,00	102,50	104,00	110,00	117,50	125,00	132,50
Carga / ESPAÇ (dist=30)	CG30(esp30)	90,80	95,12	101,60	105,92	112,40	114,56	123,20	134,00	144,80	155,60
Carga / ESPAÇ (dist=35)	CG35(esp35)	94,70	100,58	109,40	115,28	124,10	127,04	138,80	153,50	168,20	182,90
Carga / ESPAÇ (dist=40)	CG40(esp40)	99,20	106,88	118,40	126,08	137,60	141,44	156,80	176,00	195,20	214,40
Carga / ESPAÇ (dist=45)	CG45(esp45)	104,30	114,02	128,60	138,32	152,90	157,76	177,20	201,50	225,80	250,10
Carga / ESPAÇ (dist=50)	CG50(esp50)	110,00	122,00	140,00	152,00	170,00	176,00	200,00	230,00	260,00	290,00

Distancia entre espaçadores	50 cm	45 cm	40 cm	35	30 cm	25 cm	23 cm	20 cm	18 cm	15 cm
Fração da carga total (fctot)	0,2500	0,2025	0,1600	0,1225	0,0900	0,0625	0,0529	0,0400	0,0324	0,0225

► Tabela 2

Planilha para cálculo de cargas no centro das armaduras de vigas entre espaçadores

DADOS		Formulas	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
Base	B	Entr dados	0	0	0	0,14	0,15					
Altura	H	Entr dados	0	0	0	0,4						
N° de barras	Nb	Entr dados	0	0	3	3						
Peso próprio / m	Pp	8*H*2400	0	0	0	134,4	0	0	0	0	0	0
Peso prop/ espac	Pp/m*dst					26,88						
Carga transit / m (1)	CT1 (B<30)	Entr dados	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Carga / ESPAÇAD (1)	Cspc1(B<30)	Cb1*fctot	28	28	40	106,88	14,4	12	10	8	0	0
Distancia ESPAÇAD	DISTR(B<30)	ver tab def				20						

OBS.: Carg/barr = (Pp/Ct)/Nb
OBS.: Carg/espac = (carg/barr) * fração de carg do espaçador
OBS.: Dist espac const tab def

Distancia entre espaçadores	50 cm	45 cm	40 cm	35 cm	30 cm	25 cm	20 cm	18 cm	15 cm	12,5 cm	10 cm
Fração da carga total (fctot)	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,18	0,15	0,125	0,1

► Tabela 3

Planilha para cálculo de cargas no centro das armaduras de pilares entre espaçadores

DADOS		Formulas	P1	P2	P3	P12	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Densidade concrt	drcrt	(Kg/m ³)	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Carga transitória	CT1 ((L<C)<80)	Entr dados	80	80		80	80	80	80	80		80
Largura	L	(m)	Entr dados	1	0	1,00	1,00			0,6	0,6	1,8
Altura	H	(m)	Entr dados	3,1	0	3,1	3,10			2,8	2,8	3,1
Profundidade	P	(m)	Entr dados	0,19	0	0,19	0,19			0,2	0,2	0,3
Volume do pilar	V	(m ³)	H*L*P	0,589	0	0,589	0,589	0	0	0,336	0,336	1,674
Area lateral Pilar	A	(m ²)	L*H	3,1	0	3,1	3,10	0,00	0,00	1,68	1,68	5,58
Densid carg transit	Dcarg trans (kg/m ³)	CT/V kg/m ³	135,82	#DIV/0!	0	135,82	135,82	#DIV/0!	#DIV/0!	238,0952	0	47,7897
Dens equiv total	dtotal (kg/m ³)	drcrt+dtrans/m ³	2.535,82	#DIV/0!	2400	2.535,82	2.535,82	#DIV/0!	#DIV/0!	2.638,10	2.400,00	2.447,79
Empux face pilar	Efac pil (kg/m ²)	dtotal*H	7.861,05	#DIV/0!	7.440,00	7.861,05	7.861,05	#DIV/0!	#DIV/0!	7.386,67	6.720,00	7.588,15
N° de barras	N etr	Entr dados	7	0	7	7	7	0	0	6	6	20
Largura da faixa	Lfx -Larg barra (m)	A*/N*br	0,143	#DIV/0!	0,143	0,143	0,143	#DIV/0!	#DIV/0!	0,100	0,100	0,090
Carga / ESPAÇAD 1	Lfb*Lfx*dist espac		393,05	#DIV/0!	318,86	308,83	336,90	#DIV/0!	#DIV/0!	184,67	168,00	273,12
Distancia ESPAÇAD	DISTR 1	ver tab 4	35		30	27,5	30			25	25	40

Distancia entre espaçadores	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,18	0,15	0,13	0,10
-----------------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Δc = tolerância de execução
 $C_{nom} = C_{min} + \Delta c$

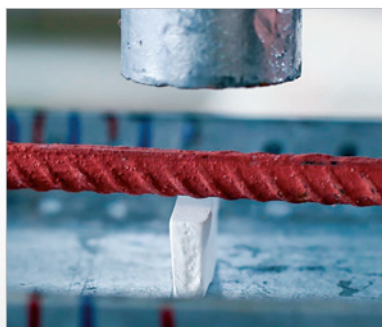
A referida norma ainda apresenta na tabela 7.2 as classes de agressividade ambiental e os respectivos cobrimentos nominais, especificando o $\Delta c = 10\text{mm}$. Isso porque estavam cientes da impossibilidade de perfeição de quem executa, esse limite de 2 mm assegura que a deformação fique dentro dessa margem do Δc .

6. PROCEDIMENTO DO ENSAIO

Foi posicionada uma barra em dois apoios com distância determinada en-



► **Figura 2**
 Detalhe da prensa com extensômetro



► **Figura 3**
 Detalhe do posicionamento da peça de gesso em relação à armadura

tre eles e com altura de 25 mm, simulando a barra apoiada em espaçadores (Figura 2). Abaixo da barra, colocou-se uma peça de gesso com altura de 23 mm (Figura 3), portanto 2 mm abaixo da barra. Aplicou-se uma carga no centro da barra (Figura 4) e foi medida a deformação ocorrida (o rompimento da peça de gesso), que poderia ser no máximo de 2 mm. Assim, essa era carga máxima suportada para aquele diâmetro de barra e para aquela distância de apoios.

Esse procedimento foi realizado para os diversos diâmetros de barras mais usuais. Foram ensaiadas barras de 5,0 mm até 32 mm, variando diversas distâncias mais usuais para espaçadores, que foram 10 cm, 12,5 cm, 15 cm, 18 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm, 45 cm, 50 cm e 60 cm. Com esse resultado, confeccionou-se um ábaco que, com a informação do diâmetro da barra especificada em projeto e, escolhida uma determinada distância entre espaçadores, que permite verificar a carga que a mesma suporta. Caso a barra não suporte a carga aplicada, pode-se alterar a distância entre espaçadores, que deve ser ajustada para mais ou menos (Tabela 4).

7. CONCLUSÃO

Atualmente não existe método ou critério técnico para distribuição dos espaçadores nas armaduras do con-



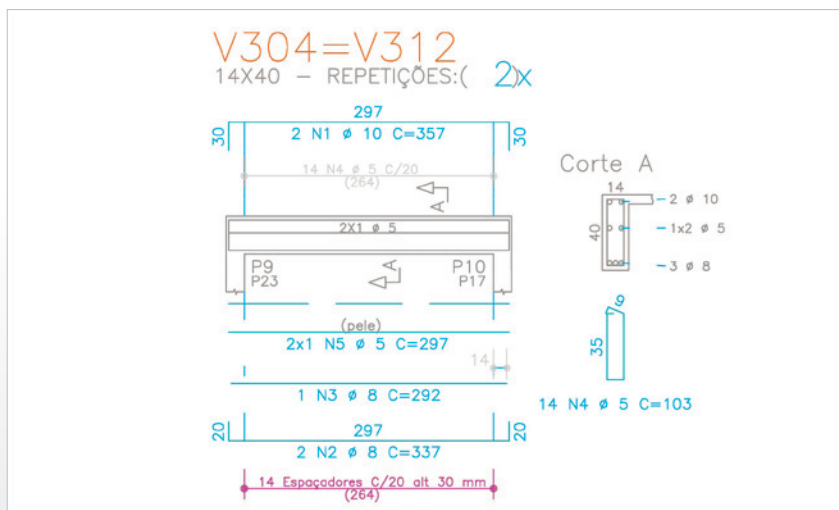
► **Figura 4**
 Detalhe da medição da deformação uso do bloco de gesso

creto armado, mas através de estimativas com quantidade de peças/m² de área de forma, portanto, com esse trabalho é possível, agora, elaborar projetos de distribuição de espaçadores para todas as peças da estrutura de concreto constantes do projeto, de acordo com metodologia e técnica. A sugestão é colocar a indicação dos espaçadores no projeto das armaduras com sua distribuição semelhante à

► **Tabela 4**

Ábaco para verificação de cargas suportadas nas barras /distância escolhida

DISTÂNCIA DOS ESPAÇADORES (cm)	CARGAS APLICADAS (kg) X DIÂMETRO DAS ARMADURAS (φ cm)								
	φ5.0 mm	φ6.3 mm	φ8.0 mm	φ10 mm	φ12.5 mm	φ16 mm	φ20 mm	φ25 mm	φ32 mm
10 x 10	101,2	136,0	319,3	-	-	-	-	-	-
12,5 x 12,5	86,8	108,6	249,6	319,2	-	-	-	-	-
15 x 15	73,2	84,2	204,4	197,4	-	-	-	-	-
18 x 18	63,4	75,2	142,4	163,0	304,0	-	-	-	-
20 x 20	51,8	66,2	121,8	125,6	246,8	-	-	-	-
22,5 x 22,5	43,0	58,4	104,4	112,2	219,4	-	-	-	-
25 x 25	32,4	48,8	93,4	99,2	195,0	-	-	-	-
27,5 x 27,5	21,0	40,8	79,2	86,8	160,2	368,6	-	-	-
30 x 30	17,0	33,0	59,4	72,8	125,4	316,4	396,4	-	-
35 x 35	14,0	25,4	41,8	58,8	101,0	240,2	337,2	-	-
40 x 40	8,8	20,0	31,0	48,8	83,6	187,2	285,0	-	-
45 x 45	5,8	12,8	24,0	44,4	66,2	101,0	240,2	-	-
50 x 50	2,8	5,8	14,0	27,0	48,8	91,2	153,2	-	-
60 x 60	-	2,8	8,8	17,8	27,0	58,8	135,8	396,4	-
CARGA CALCULADA			93,4						
Distância Máxima			25						



Obs: detalhe em margenta com a representação dos de espaçadores no projeto de armaduras

Figura 5

Projeto de armadura de viga

indicação de distribuição dos estribos.

8. UTILIZAÇÃO PRÁTICA DA METODOLOGIA DE CÁLCULO DA DISTÂNCIA DOS ESPAÇADORES

As planilhas elaboradas são autoexplicativas, de fácil compreensão para sua utilização. A seguir, apresenta-se um exemplo prático em caso real, demonstrando o passo a passo, em três elementos, viga, laje e pilar, a maneira de se calcular a distribuição dos espaçadores nessas peças.

8.1 Viga (armaduras do fundo)

8.1.1 DADOS DO PROJETO

Peça a ser estudada calculada: V304 e V312 (Figura 5);

Comprimento = 2,97 m;
Largura da base = 0,14 m;
Altura = 0,40 m;
Nº de barras no fundo da viga que serão estudadas = 3 unidades;
Diâmetro das barras = 8 mm;
Diâmetro dos estribos = 5 mm;
Cobrimento indicado no projeto = 25 mm (Quadro 1).

Para o caso das VIGAS, utiliza-se a Tabela 2 para realizar os cálculos das cargas incidentes nas barras de fundo entre os espaçadores.

8.1.2 PASSO A PASSO

Segue o passo a passo:

a) **Passo 1:** Escolhe-se uma distância qualquer entre os espaçadores, por exemplo 25 cm;

COBRIMENTOS NOMINAIS DAS ARMADURAS:

■ FUNDAÇÕES — 4.0cm	■ LAJES — 2.0cm
■ ESTACAS — N.E	■ ESCADAS — 2.0cm
■ PILARES — 2.5cm	■ PISCINAS — 3.0cm
■ VIGAS — 2.5cm	■ CX.D'ÁGUAS — 3.5cm

Quadro 1

Especificação de cobrimento de armaduro no projeto

b) **Passo 2:** Escolhe-se uma coluna qualquer para registrar os valores trabalhados, por exemplo, coluna V4;

c) **Passo 3:** Vai-se preenchendo as diversas linhas com os dados do projeto:

Base, altura, Nº de barras no fundo da viga;

A planilha calcula o peso próprio /m (a densidade do concreto já está inserida 2.400 kg/m³);

Valor do peso próprio/m para o presente caso = 134,40 kg;

Em seguida temos na linha "peso próprio por metro de viga", aqui a planilha calcula o valor do peso próprio entre os espaçadores = 33,60 kg;

Na linha "carga transitória" se acha inserido o valor estipulado para a carga transitória (uma das premissas já explicadas na parte teórica, item 3 Premissas utilizadas) = 80,00 kg;

Na linha "carga/espçador" é calculado a carga total incidente entre os espaçadores = 113,6 kg/m;

d) **Passo 4:** Deve-se consultar a TABELA 4 e verificar qual a carga máxima que a barra especificada em projeto (8 mm) suporta para a distância escolhida de 25 mm, que é = 93,4 kg;

Portanto, a carga que suporta a barra é menor que a carga incidente; então, devemos escolher outra distância menor, entre os espaçadores, que agora foi de 20 cm;

Volta-se para a TABELA 2 e faz-se novamente o cálculo da carga incidente e o valor encontrado, agora, foi = 106,88 kg;

Consultando a Tabela 4, verifica-se que, para essa distância de 20 cm, a barra de 8 mm suporta até 121,8 kg; então, a distância de 20 cm fica aprovada.

e) **Total de espaçadores:** V304 = V312 - comprimento = 297 cm - c/ 20 cm = 14 espaçadores/viga (fundo);

f) A altura dos espaçadores deve ser o valor especificado em projeto acrescido do diâmetro do estribo = 25 mm + 5 mm = 30 mm.

8.2 Lajes (armaduras positivas, as mais externas e, diâmetro de 6.3 mm, só uma direção)

8.2.1 DADOS DO PROJETO

Dimensões da peça a ser estudada (Figura 6) (barras N26, N29, N36, N39 e N40);

Altura da laje = 16,0 cm;

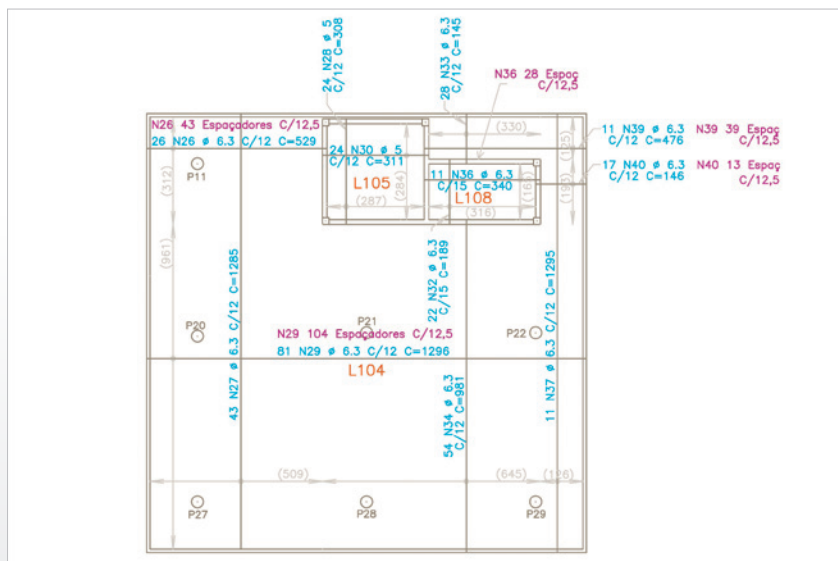
Diâmetro da barra em estudo = 6.3 mm;

Distância escolhida entre os espaçadores = 20 cm

8.2.2 PASSO A PASSO

Para o caso das LAJES, utiliza-se a TABELA 1 para realizar os cálculos das cargas incidentes nas barras entre os espaçadores. Segue o passo a passo:

- Passo 1:** Na Tabela 1, escolhe-se a coluna referente à altura da laje especificada;
- Passo 2:** Encontra-se a linha com indicação da distância escolhida, neste caso 20 cm;
- Passo 3:** No encontro dessa linha com a coluna da altura da laje, encontra-se o valor da carga incidente no meio da distância escolhida entre espaçadores, no caso 20 cm = a carga encontrada é de 95,36 kg;
- Passo 4:** Em seguida, deve-se consultar a Tabela 4 e verificar qual a carga máxima que a barra especificada em projeto (6.3 mm) suporta para a distância escolhida - para 20 cm e a carga indicada é de 66,20 kg;
 - No presente caso, a carga suporte máxima da barra é menor que a carga incidente, então, deve-se escolher outra distância menor entre os espaçadores;
 - Volta-se à TABELA 2 para encontrar que a nova carga para distância agora escolhida de 12,5 cm e a carga é = 86,00 kg;
- Passo 5:** Consulta-se novamente a TABELA 4 e verifica-se que a nova carga suportada pela barra de 6.3 mm para a nova distância é de 108,60 kg;
 - Nesse caso, verifica-se que, para essa distância de 12,5 cm, a barra de 6.3 mm suporta a carga incidente, então a distância de 12,5 cm está aprovada.



Obs: detalhe em margenta com a representação dos de espaçadores no projeto de armaduras

► Figura 6

Projeto de armadura de laje

f) Total de espaçadores nas armaduras positivas diâmetro de 6.3 mm:

- N26 – comp. 5,29 m = 43 espaçadores;
- N29 – comp. 12,96 m = 104 espaçadores;
- N36 – comp. 3,40 m = 28 espaçadores;
- N39 – comp. 4,76 m = 39 espaçadores;
- N40 – comp. 1,46 m = 12 espaçadores;
- Total de espaçadores para as barras de 6.3 mm dessa laje = 227 unid.

8.2.3 ELIMINAÇÃO DAS CARGAS TRANSITÓRIAS

Para as lajes, a carga transitória contribui muito mais para a carga total do que a carga permanente e o que se recomenda é a eliminação das cargas transitórias, com uso de plataformas e passarelas para trânsito dos operários e colocação de equipamentos e concreto aguardando lançamento.

Exemplo de cálculo dos espaçadores, para essa mesma laje com eliminação das cargas transitórias:

- Percentual da carga total (só a permanente) incidindo na barra entre espaçadores = 32,29 kg para distância entre espaçadores de 29 cm;
- A carga máxima suportada pela

barra de 6.3 para a distância de 29 cm = 34 kg

- Então, a distância entre espaçadores para suportar só a carga permanente seria quase duas vezes e meia quando se exclui as cargas transitórias - a quantidade de espaçadores seria reduzida na mesma proporção.

8.3 Pilares (armaduras principais verticais) Face maior = 1,00 m – P12 e P25 (Figura 7)

8.3.1 DADOS DO PROJETO

Dimensões retiradas do projeto da peça a ser estudada:

Largura do Pilar (para atender a face a ser estudada, depois deve se refazer o estudo para todas) = 1,00 m;

Altura do pilar = 3,10 m;

Profundidade do pilar = 0,19 m;

Diâmetro das barras verticais onde se pretende colocar os espaçadores = 16,0 mm;

Diâmetro dos estribos = 5 mm;

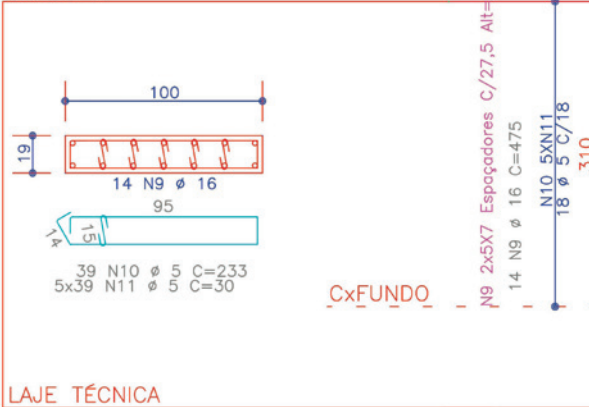
Cobrimento indicado no projeto = 25 mm (Quadro 1).

Observação: podia ter sido escolhido colocar os espaçadores nos

P12=P25

REPETIÇÕES: (2) x

CxTAMPA



Obs: detalhe em margenta com a representação dos de espaçadores no projeto de armaduras

Figura 7

Projeto de armadura de pilares

estribos, que são as armaduras mais externas, mas são as de menor diâmetro e as mais próximas, então, seria usada maior número de espaçadores.

Quando se usa as barras longitudinais, e como essas estão atrás dos estribos, deve-se compensar, aumentando a altura do espaçador em valor igual ao diâmetro do estribo.

8.3.2 PASSO A PASSO

- Passo 1:** Consulta-se a Tabela 3 e escolhe-se uma coluna qualquer para registro dos dados e valores calculados, nesse caso a coluna P12;
- Passo 2:** Preenche-se linha a linha. Na primeira linha já se encontra inserida a densidade do concreto = 2.400 kg/m³. As outras linhas serão preenchidas com os dados de altura, largura e profundidade dos pilares em estudo P12 = P25 (1,00 m e 3,10 m, 0,19 m respectivamente);
- Então, na linha "volume do pilar" a planilha calcula e apresenta o volume do pilar que é de 0,589 m³;
- Em seguida na linha "área lateral do pilar" a planilha calcula e apresenta o valor da área lateral que é de 3,10 m²;
- Nesse ponto lançaremos mão de um artifício dentro da hidrostática que é transformar a carga transitória (uma força) em uma unidade de valor equivalente à densidade desta carga (kg/m³), isto se faz dividindo

o valor da força (kg) pelo valor do volume (m³) do elemento em estudo (Pilar) e, obtem – se o que nominamos de "densidade equivalente da carga transitória = 135,82 kg/m³;

- Posteriormente, na linha "densidade total equivalente", a planilha calcula e apresenta a densidade total = densidade do concreto + densidade equivalente da carga transitória = 2.400 + 135,82 = 2.535,82 kg/m³ que é a densidade a ser usada nos cálculos seguintes;
- Por fim, na linha "Empuxo na face do Pilar", temos a pressão horizontal na área lateral do pilar = 7.861,05 kg/m²;
- Então, na linha "Nº de barras" lança-se a quantidade de barras especificadas em projeto onde serão colocados os espaçadores = 7 unidades;
- Na linha "Largura da Faixa" a planilha calcula e apresenta a largura de faixa para cada barra (largura total divididos pelo número de barras que é = 0,143 m;
- Escolhe-se uma distância entre espaçadores, que foi de 35 cm;
- Na linha "Carga /Espaçador" a planilha calcula a resultante de carga devido à pressão horizontal aplicada em uma superfície retangular de lados iguais a distância escolhida entre espaçadores e a largura da faixa = 0,143 m, sendo a resultante de carga nessa área = 336,90 kg;
- Passo 3:** Recorre-se à TABELA 4 para encontrar a carga máxima suportada

da pela barra especificada em projeto (16 mm) para a distância escolhida de 35cm = 316,40 kg;

- Constata-se que a carga máxima suportada pela barra de projeto de (16 mm) é menor que carga de trabalho calculada; portanto, deve-se escolher outra distância menor;
- Passo 4:** Escolhe-se nova distância entre espaçadores = 27,5 cm;
- Passo 5:** Volta-se a recorrer à TABELA 3 e calcula-se a nova carga de trabalho, preenchendo toda a planilha como no caso anterior, alterando-se apenas a linha em que calcula a resultante do empuxo sobre a faixa das barras, pois modifica-se a superfície quadrada de lado igual à distância escolhida, agora, 27,5 cm, a resultante é 308,83 kg;
- Recorre-se novamente a Tabela 4 pra verificar qual a carga máxima suportada pela barra de 16 mm para essa nova distância de 27,5 cm e constata-se que a carga que a barra suporta é de 368,60 kg;
- A carga suportada pela barra é maior que a carga de total calculada e, para a distância de 27,5 cm, está aprovada;
- Total dos espaçadores para a face escolhida e armadura vertical:
- P12 = P25 = 5 espaçadores/pilar a cada 27,5 cm;
- Altura dos espaçadores deve ser 25mm + 5 mm = 30 mm.

9. CONCLUSÃO DA UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA

Finalmente de posse das distâncias encontradas, devem ser colocadas nos correspondentes projetos com indicação semelhante à distribuição dos estribos.

9.1 Observações importantes

- Referência do espaçador: Quantidade x Capacidade de Carga (Qualidade);
- É importante que o espaçador a ser utilizado seja testado quanto à sua capacidade de carga e, essa tem que ser maior que a resultante a ser aplicada e, também, a sua estabilidade durante a execução do concreto, para que o espaçador não venha a tombar. ☑