



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



Contribuições para estabelecer a espessura inicial em projetos de lajes maciças retangulares de concreto armado

Renata Aparecida de Souza Monteiro¹, Paulo Fernando Salvador², Tamara Francisca Baggio³

¹ Centro Universitário Metodista do IPA / monrenata@gmail.com

² Universidade de Caxias do Sul / paulosalvador@terra.com.br

³ Centro Universitário Metodista do IPA / tamara.baggio@metodistadosul.edu.br

Resumo

Este artigo tem como objetivo propor o uso de tabelas para facilitar a definição da espessura inicial de lajes maciças retangulares de concreto armado, atendendo a NBR 6118:2007 - Projeto de Estruturas de Concreto: procedimento. As melhorias que ocorreram nas versões de 2003 e 2007 desta Norma sugerem cálculos mais trabalhosos devido à exigência de verificação do estado limite de serviço de deformação excessiva (flechas), o que torna as espessuras das lajes mais econômicas, se comparadas com as situações de dispensa de verificação de flecha previstas na versão de 1978. A partir do estudo de algumas metodologias propostas pela bibliografia pesquisada, adotou-se uma delas e programou-se uma planilha eletrônica para que se obtivesse a espessura mínima que atendesse às atuais exigências normativas. Concluiu-se que as tabelas facilitaram o cálculo para uso acadêmico e profissional.

Palavras-chave

Concreto armado; lajes maciças; espessura; dimensionamento.

Abstract

This article aims to propose the use of tables to easily set the initial thickness of reinforced concrete solid rectangular slabs, observing the NBR 6118:2007 - Design of structural concrete: procedure. The improvements that occurred in 2003 and 2007 versions of this Code, suggest more intensive calculation, due to the requirement of check the serviceability limit state of excessive deformation (deflections), which makes the slabs thickness more economical when compared to situations of deflection verification waiver set in the 1978 version. Based on some methodology proposed by the literature researched, one in special was adopted and a spreadsheet was developed so that a minimum thickness was obtained to meet the current regulatory requirements. It was concluded that the tables have facilitated the calculation for academic and professional use

Keywords

Reinforced concrete; solid slabs; thickness; sizing.



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



Introdução

A NBR 6118/1978 sugeria uma metodologia para estabelecer a espessura das lajes que dispensava a verificação de flecha, o que conduzia a espessuras exageradas e antieconômicas. As melhorias que ocorreram nesta Norma, em 2003 e 2007, eliminaram a referida situação de dispensa, obrigando a verificação do estado limite de deformação excessiva das lajes, conduzindo a espessuras mais econômicas e cálculos mais trabalhosos.

Embora a prática projetual seja baseada na utilização de sistemas computacionais que executam todo o processo de cálculo dos elementos estruturais, entende-se que há necessidade de se estabelecer um procedimento simplificado para aplicação da NBR 6118/2007, especialmente para o meio acadêmico. O presente trabalho apresenta tabelas com o intuito de auxiliar na determinação da espessura inicial de lajes tanto para o aprendizado acadêmico, como para o uso profissional.

Referencial teórico

Para a elaboração deste artigo, foram analisadas quatro metodologias a fim de estabelecer a espessura inicial no projeto de lajes maciças retangulares de concreto armado:

- O método simplificado sugerido pela NBR 6118:1978 considerava um coeficiente para o aço, a relação entre os lados da laje e a vinculação. Através de uma expressão simplificada, obtinha-se a espessura da laje com dispensa de verificação de flechas;
- As tabelas de Czerny apresentadas por Botelho e Marchetti (2010) para lajes retangulares, por sua vez, utilizavam como base de cálculo a menor dimensão da laje dividida por 40;
- Araújo (2010) apresenta tabelas para alguns casos específicos, sendo uma das restrições, a carga acidental atribuída de $1,5\text{kN/m}^2$;
- Campos Filho (2010) propõe o estabelecimento de uma espessura mínima, exclusivamente para cargas uniformemente distribuídas, a partir da verificação do estado limite serviço de deformação excessiva, estimando o momento de inércia da seção (I_{eq}), da seguinte forma:

se $Ma \leq Mr$, $I_{eq} = I_c$: seção não fissurada;

se $Ma > Mr$, $I_{eq} = 0,3.I_c$: seção fissurada.

onde Ma é o momento fletor na seção crítica para uma combinação quase permanente (placas em regime elástico); Mr é o momento de fissuração da laje, dado por

$$Mr = 0,0075 \cdot f_{ck}^{2/3} \cdot h^2 \quad (1)$$

I_c é o momento de inércia da seção bruta de concreto, obtido por

$$I_c = 8,33 \cdot h^3 \quad (2)$$

Para programação dos cálculos em planilha eletrônica, optou-se pela metodologia de Campos Filho (2010), a qual conduz a menores espessuras.



Procedimento metodológico

Em razão do elevado número de variáveis que influenciam no cálculo da espessura das lajes maciças retangulares em concreto armado (metodologia de Campos Filho, 2010), algumas situações foram estabelecidas para a publicação de tabelas neste artigo:

- lajes armadas em duas direções;
- espessura mínima (lajes de piso) de 8cm ;
- edificações residenciais ($\varphi_2 = 0,3$);
- módulo de elasticidade secante do concreto, calculado por

$$E_{cs} = 4760 \cdot f_{ck}^{1/2}; \quad (3)$$

- flecha de longa duração, dada por

$$f_{(t=\infty)} = (1 + \alpha_f) \cdot f_{(t=0)} \quad (4)$$

onde $\alpha_f = \Delta \xi = \xi_{(t=70\text{meses})} - \xi_{(t=1\text{mês})} = 1,32$;

- flecha admissível, para situação de aceitabilidade visual (deslocamentos visíveis em elementos estruturais), obtida por

$$f_{adm} = l/250 \quad (5)$$

As combinações de f_{ck} (resistência característica do concreto à compressão), carregamento (permanente e variável) e vinculação nos bordos, propostas para este artigo, são as seguintes:

- combinação 1:

- $f_{ck} = 25MPa$
- carregamento permanente: $g = pp + 0,9kN/m^2$ (corresponde a revestimento com tacos de madeira e reboco de 1cm)
- carregamento variável: $q = 1,5kN/m^2$ (corresponde a dormitório, sala, copa, cozinha ou banheiro)
- vinculação rotulada nos quatro bordos;

- combinação 2:

- $f_{ck} = 30MPa$
- carregamento permanente: $g = pp + 1,05kN/m^2$ (corresponde a revestimento cerâmico e reboco de 1cm)
- carregamento variável: $q = 2kN/m^2$ (corresponde despensa, área de serviço, lavanderia ou corredores)
- vinculação engastada nos quatro bordos;

- combinação 3:

- $f_{ck} = 35MPa$
- carregamento permanente: $g = pp + 1,2kN/m^2$ (corresponde a revestimento com tacos e forro falso)
- carregamento variável: $q = 1,5kN/m^2$ (corresponde a dormitório, sala, copa, cozinha ou banheiro)
- vinculação engastada em um dos bordos a e b e rotulata nos demais.



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



A partir da metodologia proposta por Campos Filho (2010), bem como das limitações e combinações descritas anteriormente, a planilha foi programada calculando-se a flecha de longa duração para lajes com espessuras entre 8cm e 24cm . Dentre as espessuras que resultaram numa flecha de longa duração ($f_{(t=\infty)}$) inferior à flecha máxima admissível (f_{adm}), adotou-se a de menor valor. O cálculo foi realizado para cada medida a (bordo menor da laje), com incrementos de 10cm , e relação a/b (bordo menor / bordo maior), com incrementos de $0,02$ (entre $0,5$ e 1), sendo que a menor medida a adotada foi aquela no limite da menor espessura (8cm) e a seguinte (9cm), para uma relação $a/b = 0,5$. A planilha ainda apresenta o resultado da flecha de longa duração para a espessura adotada.

A título de exemplo do cálculo realizado, mostra-se a seguir o procedimento de cálculo para uma laje com revestimento de tacos de madeira e reboco de 1cm ($g = pp + 0,9\text{kN/m}^2$), ambiente residencial correspondente a dormitório, sala, copa, cozinha ou banheiro ($q = 1,5\text{kN/m}^2$), $f_{ck} = 25\text{MPa}$, vinculação rotulada nos quatro bordos e dimensões $a = 4\text{m}$ e $b = 6,7\text{m}$ (relação $a/b = 0,597$).

Adotando-se, inicialmente, uma espessura mínima, $h = 8\text{cm}$, obtém-se um carregamento permanente $g = 0,08.25 + 0,9 = 2,9\text{kN/m}^2$. O carregamento de serviço, para uma combinação quase permanente, é obtido por

$$P_{d, serv} = g + \varphi_2 \cdot q \quad (6)$$

resultando $P_{d, serv} = 3,35\text{kN/m}^2$.

O momento fletor na seção crítica, no regime elástico, é dado por

$$Ma = \alpha \cdot P_{d, serv} \cdot l^2 \quad (7)$$

com $\alpha = 0,0864$, obtido através de interpolação linear, a partir de Montoya, *et al.* (1973), resultando $Ma = 4,63\text{kN.m/m}$.

Com o momento de fissuração $Mr = 4,1\text{kN.m/m}$, calculado a partir da equação (1), conclui-se que a seção está fissurada, logo, $I_{eq} = 0,3 \cdot I_c$. Com a equação (2) obtém-se $I_{eq} = 0,3.4267 = 1280\text{cm}^4$.

O cálculo da flecha imediata é determinado por

$$f_{(t=0)} = k \cdot \frac{P_{d, serv} \cdot l^4}{E_{cs} \cdot I_{eq}} \quad (8)$$

com $k = 0,854$, obtido através de interpolação linear, adaptado de Montoya, *et al.* (1973).

Com a equação (3) obtém-se $E_{cs} = 2380\text{kN/cm}^2$, resultando $f_{(t=0)} = 2,4\text{cm}$.

A flecha de longa duração, obtida com a equação (4), resulta $f_{(t=\infty)} = 5,6\text{cm}$.

A flecha máxima admissível, obtida com a equação (5), resulta $f_{adm} = 400/250 = 1,6\text{cm}$.

Como a flecha provável de longa duração ($f_{(t=\infty)}$) é superior à flecha admissível (f_{adm}), para



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



situação de aceitabilidade visual (deslocamentos visíveis em elementos estruturais), não se pode adotar a espessura de 8cm para a laje.

Repetindo-se o mesmo procedimento para uma espessura $h = 9\text{cm}$, obtém-se os seguintes resultados: $g = 3,15\text{kN}/\text{m}^2$, $P_{d,\text{serv}} = 3,6\text{kN}/\text{m}^2$, $Ma = 4,98\text{kN.m}/\text{m}$. Com o momento de fissuração $Mr = 5,19\text{kN.m}/\text{m}$, conclui-se que a seção não está fissurada, logo, $I_{eq} = I_c = 6075\text{cm}^4$. Desta forma, $f_{(t=0)} = 0,544\text{cm}$ e $f_{(t=\infty)} = 1,26\text{cm}$. Como a flecha provável de longa duração é inferior à flecha máxima admissível, pode-se adotar a espessura de 9cm para a laje.

Repetindo-se o mesmo procedimento para outras espessuras maiores (até 24cm testados neste trabalho), a flecha provável de longa duração também é inferior à flecha máxima admissível, sendo possível adotar tais espessuras. Adotou-se como critério de escolha, a menor espessura que atendesse à verificação do estado limite de serviço de deformação excessiva. Com efeito, para o exemplo proposto, $h = 9\text{cm}$ e $f_{(t=\infty)} = 1,26\text{cm}$.

Resultados e discussão

Com a metodologia proposta, gerou-se várias tabelas com diferentes combinações de f_{ck} , carregamento (permanente e variável) e vinculação. Neste artigo, apresentam-se as três combinações descritas anteriormente, podendo-se visualizá-las na tabela 1 (combinação 1), tabela 2 (combinação 2) e tabela 3 (combinação 3).

Para o exemplo proposto anteriormente, $a = 4\text{m}$, $b = 6,7\text{m}$, $a/b = 0,597$, $f_{ck} = 25\text{MPa}$, o carregamento permanente, correspondente aos revestimentos, equivale a $0,9\text{kN}/\text{m}^2$ e a vinculação é rotulada nos quatro bordos. Para esta situação, toma-se a tabela 1, localiza-se a medida a mais próxima (4m) nas colunas e a relação a/b mais próxima ($0,6$) nas linhas. Observa-se que o resultado sugerido é $h = 9\text{cm}$ e $f_{(t=\infty)} = 1,26\text{cm}$, o que corresponde ao cálculo demonstrado anteriormente.



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



Tabela 1 – combinação 1

Concreto:	$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$	Vinculação:	b
Carga permanente:	$g = p.p. + 0,9 \text{ kN/m}^2$		a
Carga variável:	$q = 1,5 \text{ kN/m}^2$		
$\varphi_2 = 0,3 ; t_0 = 1 \text{ mês} ; t_{\infty} = 70 \text{ meses}$			

a(m)	3,50	3,60	3,70	3,80	3,90	4,00	4,10	4,20	4,30	4,40	4,50	4,60	4,70	4,80	4,90	5,00	5,10	5,20	5,30	5,40	5,50	
fadm	1,40	1,44	1,48	1,52	1,56	1,60	1,64	1,68	1,72	1,76	1,80	1,84	1,88	1,92	1,96	2,00	2,04	2,08	2,12	2,16	2,20	
a/b	0,50	8 1,14	9 0,96	9 1,07	9 1,19	10 1,03	10 1,14	10 1,26	11 1,11	11 1,22	12 1,09	12 1,20	13 1,31	13 1,18	14 1,29	14 1,18	14 1,28	15 1,39	15 1,28	16 1,38	16 1,29	16 1,39
	0,52	8 1,11	9 0,93	9 1,04	9 1,16	10 1,00	10 1,11	10 1,23	11 1,08	11 1,19	11 1,30	12 1,16	12 1,27	13 1,15	13 1,25	13 1,36	14 1,24	14 1,35	15 1,24	15 1,34	15 1,45	16 1,35
	0,54	8 1,07	8 1,20	9 1,01	9 1,13	9 1,25	10 1,08	10 1,19	10 1,31	11 1,15	11 1,26	12 1,13	12 1,23	13 1,34	13 1,22	13 1,32	14 1,43	14 1,31	14 1,41	15 1,30	15 1,41	16 1,31
	0,56	8 1,04	8 1,17	9 0,98	9 1,09	9 1,21	10 1,05	10 1,15	10 1,27	11 1,12	11 1,23	11 1,34	12 1,20	12 1,30	12 1,42	13 1,28	13 1,39	14 1,27	14 1,37	14 1,48	15 1,36	15 1,47
	0,58	8 1,01	8 1,13	8 1,26	9 1,06	9 1,17	9 1,30	10 1,12	10 1,23	10 1,35	11 1,19	11 1,30	12 1,42	12 1,26	13 1,37	13 1,24	13 1,35	14 1,46	14 1,33	14 1,43	15 1,55	15 1,42
	0,60	8 0,98	8 1,09	8 1,22	9 1,03	9 1,14	9 1,26	10 1,08	10 1,19	10 1,31	11 1,44	11 1,26	12 1,37	12 1,22	13 1,33	13 1,44	13 1,30	14 1,41	14 1,52	14 1,39	15 1,50	15 1,38
	0,62	8 0,95	8 1,06	8 1,18	8 1,31	9 1,10	9 1,22	9 1,34	10 1,15	10 1,27	10 1,39	11 1,22	11 1,33	11 1,45	12 1,29	12 1,40	12 1,51	13 1,36	13 1,47	13 1,59	14 1,45	14 1,56
	0,64	8 0,91	8 1,02	8 1,14	8 1,27	9 1,06	9 1,18	9 1,30	9 1,43	10 1,22	10 1,34	10 1,47	11 1,28	11 1,40	11 1,52	12 1,35	12 1,46	13 1,58	13 1,42	13 1,54	14 1,40	14 1,50
	0,66	8 0,88	8 0,99	8 1,10	8 1,22	8 1,36	9 1,13	9 1,25	9 1,38	10 1,18	10 1,29	10 1,42	11 1,55	11 1,35	11 1,47	12 1,59	12 1,41	13 1,53	13 1,65	14 1,48	14 1,60	15 1,45
	0,68	8 0,85	8 0,95	8 1,06	8 1,18	8 1,31	8 1,45	9 1,21	9 1,33	9 1,46	10 1,25	10 1,36	10 1,49	11 1,30	11 1,41	11 1,53	12 1,66	12 1,47	13 1,59	13 1,43	14 1,54	14 1,66
	0,70	8 0,82	8 0,91	8 1,02	8 1,13	8 1,26	8 1,39	9 1,16	9 1,28	9 1,40	9 1,54	10 1,31	10 1,43	10 1,56	11 1,36	11 1,48	11 1,60	12 1,42	12 1,53	12 1,65	13 1,48	13 1,59
	0,72	8 0,79	8 0,88	8 0,99	8 1,10	8 1,22	8 1,35	8 1,49	9 1,23	9 1,36	9 1,49	9 1,63	10 1,39	10 1,51	10 1,64	11 1,43	11 1,55	11 1,67	12 1,48	12 1,60	12 1,72	13 1,54
	0,74	8 0,76	8 0,85	8 0,95	8 1,06	8 1,17	8 1,30	8 1,43	8 1,58	9 1,31	9 1,44	9 1,57	10 1,34	10 1,46	10 1,58	11 1,72	11 1,49	11 1,62	12 1,75	12 1,54	12 1,66	13 1,79
	0,76	8 0,73	8 0,82	8 0,92	8 1,02	8 1,13	8 1,25	8 1,38	8 1,52	8 1,67	9 1,38	9 1,51	9 1,65	10 1,40	10 1,53	10 1,66	10 1,80	11 1,56	11 1,68	11 1,82	12 1,60	12 1,72
	0,78	8 0,71	8 0,79	8 0,88	8 0,98	8 1,09	8 1,20	8 1,33	8 1,46	8 1,61	8 1,33	8 1,46	8 1,59	9 1,73	9 1,47	9 1,60	9 1,73	10 1,87	10 1,62	10 1,75	11 1,88	11 1,66
	0,80	8 0,68	8 0,76	8 0,85	8 0,94	8 1,05	8 1,16	8 1,28	8 1,41	8 1,55	8 1,69	9 1,40	9 1,53	9 1,67	9 1,81	9 1,53	9 1,66	10 1,80	10 1,95	10 1,68	11 1,81	11 1,95
	0,82	8 0,65	8 0,73	8 0,82	8 0,91	8 1,01	8 1,11	8 1,23	8 1,35	8 1,49	8 1,63	8 1,78	9 1,47	9 1,60	9 1,74	9 1,89	9 1,60	10 1,73	10 1,87	10 2,02	11 1,74	11 1,88
	0,84	8 0,63	8 0,70	8 0,78	8 0,87	8 0,97	8 1,07	8 1,18	8 1,30	8 1,43	8 1,57	8 1,72	8 1,41	8 1,54	8 1,68	9 1,82	9 1,97	9 1,67	10 1,80	10 1,94	10 2,09	11 1,80
	0,86	8 0,60	8 0,67	8 0,75	8 0,84	8 0,93	8 1,03	8 1,13	8 1,25	8 1,37	8 1,51	8 1,65	8 1,80	8 1,48	8 1,61	8 1,75	8 1,89	9 1,60	9 1,73	9 1,86	10 2,01	10 2,16
	0,88	8 0,58	8 0,65	8 0,72	8 0,80	8 0,89	8 0,98	8 1,09	8 1,20	8 1,32	8 1,44	8 1,58	8 1,72	8 1,88	8 1,54	8 1,67	8 1,81	9 1,96	9 1,66	9 1,79	10 1,92	10 2,07
	0,90	8 0,55	8 0,62	8 0,69	8 0,77	8 0,85	8 0,94	8 1,04	8 1,14	8 1,26	8 1,38	8 1,51	8 1,65	8 1,79	8 1,47	8 1,60	8 1,74	9 1,88	9 2,03	9 1,71	10 1,84	10 1,98
0,92	8 0,53	8 0,60	8 0,67	8 0,74	8 0,82	8 0,91	8 1,00	8 1,11	8 1,22	8 1,33	8 1,46	8 1,59	8 1,74	8 1,89	8 1,55	8 1,68	9 1,82	9 1,96	9 2,12	10 1,78	10 1,91	
0,94	8 0,52	8 0,58	8 0,64	8 0,72	8 0,79	8 0,88	8 0,97	8 1,07	8 1,17	8 1,29	8 1,41	8 1,54	8 1,68	8 1,82	8 1,49	8 1,62	9 1,75	9 1,89	9 2,04	10 1,72	10 1,85	
0,96	8 0,50	8 0,56	8 0,62	8 0,69	8 0,77	8 0,85	8 0,94	8 1,03	8 1,13	8 1,24	8 1,36	8 1,48	8 1,62	8 1,76	8 1,91	8 1,56	9 1,69	9 1,83	9 1,97	10 2,12	10 1,78	
0,98	8 0,48	8 0,54	8 0,60	8 0,66	8 0,74	8 0,82	8 0,90	8 0,99	8 1,09	8 1,19	8 1,31	8 1,43	8 1,56	8 1,69	8 1,84	8 1,99	9 1,63	9 1,76	9 1,90	10 2,05	10 1,72	
1,00	8 0,46	8 0,51	8 0,57	8 0,64	8 0,71	8 0,78	8 0,87	8 0,95	8 1,05	8 1,15	8 1,26	8 1,37	8 1,50	8 1,63	8 1,77	8 1,92	9 1,57	9 1,69	9 1,83	10 1,97	10 2,12	



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

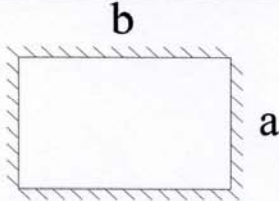
21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



Tabela 2 – combinação 2

Concreto: $f_{ck} = 30$ Mpa
 Vinculação: 

Carga permanente: $g = p.p. + 1,05$ kN/m²
 Carga variável: $q = 2,0$ kN/m²

$\varphi_2 = 0,3$; $t_0 = 1$ mês ; $t_{\infty} = 70$ meses

a(m)	5,50	5,60	5,70	5,80	5,90	6,00	6,10	6,20	6,30	6,40	6,50	6,60	6,70	6,80	6,90	7,00	7,10	7,20	7,30	7,40	7,50		
f _{adm}	2,20	2,24	2,28	2,32	2,36	2,40	2,44	2,48	2,52	2,56	2,60	2,64	2,68	2,72	2,76	2,80	2,84	2,88	2,92	2,96	3,00		
a/b	0,50	8 1,74	9 1,41	9 1,51	9 1,62	9 1,73	9 1,85	10 1,54	10 1,64	10 1,75	10 1,86	10 1,98	11 1,68	11 1,78	11 1,89	11 2,00	12 1,73	12 1,83	12 1,93	12 2,04	13 1,79	13 1,89	
	0,52	8 1,72	8 1,84	9 1,49	9 1,59	9 1,71	9 1,82	9 1,95	10 1,61	10 1,72	10 1,83	10 1,95	10 2,06	11 1,75	11 1,86	11 1,97	11 2,09	12 1,80	12 1,90	12 2,01	12 2,12	13 1,86	
	0,54	8 1,69	8 1,81	9 1,46	9 1,57	9 1,68	9 1,79	9 1,92	10 1,59	10 1,69	10 1,80	10 1,92	10 2,04	10 2,16	11 1,72	11 1,83	11 1,94	11 2,05	12 1,77	12 1,87	12 1,98	12 2,09	12 2,20
	0,56	8 1,66	8 1,78	9 1,44	9 1,54	9 1,65	9 1,76	9 1,88	10 1,56	10 1,66	10 1,77	10 1,89	10 2,00	10 2,11	11 1,70	11 1,80	11 1,91	11 2,02	11 2,14	12 1,84	12 1,94	12 2,05	12 2,17
	0,58	8 1,63	8 1,75	8 1,88	9 1,51	9 1,62	9 1,73	9 1,85	9 1,98	10 1,64	10 1,74	10 1,85	10 1,97	10 2,09	11 1,77	11 1,87	11 1,99	11 2,10	11 2,21	12 1,81	12 1,91	12 2,02	12 2,13
	0,60	8 1,60	8 1,72	8 1,85	9 1,49	9 1,59	9 1,71	9 1,82	9 1,94	10 1,61	10 1,71	10 1,82	10 1,94	10 2,06	11 1,74	11 1,84	11 1,95	11 2,07	11 2,18	12 1,88	12 1,98	12 2,09	12 2,20
	0,62	8 1,58	8 1,69	8 1,82	8 1,95	9 1,57	9 1,68	9 1,79	9 1,91	9 2,04	10 1,68	10 1,79	10 1,90	10 2,02	10 2,14	11 1,81	11 1,92	11 2,03	11 2,15	12 1,87	12 1,97	12 2,08	12 2,19
	0,64	8 1,55	8 1,66	8 1,79	8 1,91	8 2,05	9 1,65	9 1,76	9 1,88	9 2,00	9 2,13	10 1,76	10 1,87	10 1,99	10 2,11	10 2,23	11 1,88	11 1,99	11 2,11	11 2,23	12 1,92	12 2,03	12 2,14
	0,66	8 1,52	8 1,63	8 1,75	8 1,88	8 2,01	9 1,62	9 1,73	9 1,84	9 1,96	9 2,09	10 1,73	10 1,84	10 1,95	10 2,07	10 2,19	11 2,32	11 1,96	11 2,07	11 2,19	12 2,31	12 2,42	12 2,53
	0,68	8 1,49	8 1,60	8 1,72	8 1,85	8 1,98	8 2,11	8 1,69	8 1,81	9 1,93	9 2,05	9 2,19	9 2,31	10 1,80	10 1,91	10 2,03	10 2,15	10 2,28	11 1,92	11 2,03	11 2,15	11 2,27	12 2,39
	0,70	8 1,46	8 1,57	8 1,69	8 1,81	8 1,94	8 2,07	8 2,22	9 1,77	9 1,89	9 2,02	9 2,14	9 2,28	10 1,88	10 1,99	10 2,11	10 2,24	10 2,37	11 1,99	11 2,11	11 2,23	11 2,35	12 2,47
	0,72	8 1,42	8 1,53	8 1,64	8 1,76	8 1,88	8 2,02	8 2,15	8 2,30	9 1,84	9 1,96	9 2,08	9 2,21	9 2,35	10 1,94	10 2,05	10 2,17	10 2,30	10 2,43	11 2,05	11 2,16	11 2,28	12 2,40
	0,74	8 1,38	8 1,48	8 1,59	8 1,71	8 1,83	8 1,96	8 2,09	8 2,23	9 1,78	9 1,90	9 2,02	9 2,15	9 2,28	9 2,42	10 1,99	10 2,11	10 2,23	10 2,36	11 2,49	11 2,10	11 2,21	12 2,33
	0,76	8 1,34	8 1,44	8 1,54	8 1,66	8 1,77	8 1,90	8 2,03	8 2,16	8 2,31	9 1,84	9 1,96	9 2,08	9 2,21	9 2,35	9 2,49	10 2,05	10 2,16	10 2,29	10 2,42	11 2,55	11 2,70	12 2,85
	0,78	8 1,30	8 1,39	8 1,50	8 1,60	8 1,72	8 1,84	8 1,96	8 2,09	8 2,23	8 2,38	8 2,53	8 2,67	9 2,02	9 2,14	9 2,27	9 2,41	9 2,55	10 2,10	10 2,22	10 2,34	11 2,47	11 2,61
	0,80	8 1,26	8 1,35	8 1,45	8 1,55	8 1,66	8 1,78	8 1,90	8 2,03	8 2,16	8 2,30	8 2,45	8 2,60	8 2,75	9 2,07	9 2,20	9 2,33	9 2,47	9 2,62	10 2,77	10 2,91	11 3,06	11 3,21
	0,82	8 1,21	8 1,30	8 1,40	8 1,50	8 1,61	8 1,72	8 1,84	8 1,96	8 2,09	8 2,23	8 2,37	8 2,52	8 2,67	9 2,13	9 2,26	9 2,39	9 2,53	9 2,67	10 2,83	10 2,97	11 3,12	11 3,27
	0,84	8 1,17	8 1,26	8 1,35	8 1,45	8 1,55	8 1,66	8 1,77	8 1,89	8 2,02	8 2,15	8 2,29	8 2,43	8 2,58	9 2,05	9 2,18	9 2,31	9 2,44	9 2,58	10 2,73	10 2,88	11 3,03	11 3,18
	0,86	8 1,13	8 1,21	8 1,30	8 1,40	8 1,50	8 1,60	8 1,71	8 1,82	8 1,95	8 2,07	8 2,20	8 2,34	8 2,49	9 2,06	9 2,19	9 2,32	9 2,45	9 2,59	10 2,74	10 2,89	11 3,04	11 3,19
	0,88	8 1,09	8 1,17	8 1,26	8 1,35	8 1,44	8 1,54	8 1,65	8 1,76	8 1,87	8 1,99	8 2,12	8 2,26	8 2,40	9 2,07	9 2,20	9 2,33	9 2,47	9 2,61	10 2,76	10 2,91	11 3,06	11 3,21
0,90	8 1,05	8 1,12	8 1,21	8 1,29	8 1,39	8 1,48	8 1,58	8 1,69	8 1,80	8 1,92	8 2,04	8 2,17	8 2,30	9 2,08	9 2,21	9 2,34	9 2,48	9 2,62	10 2,77	10 2,92	11 3,07	11 3,22	
0,92	8 1,02	8 1,09	8 1,17	8 1,26	8 1,35	8 1,44	8 1,54	8 1,64	8 1,75	8 1,87	8 1,99	8 2,11	8 2,24	9 2,09	9 2,22	9 2,35	9 2,49	9 2,63	10 2,78	10 2,93	11 3,08	11 3,23	
0,94	8 0,99	8 1,06	8 1,14	8 1,22	8 1,31	8 1,40	8 1,50	8 1,60	8 1,71	8 1,82	8 1,93	8 2,05	8 2,18	9 2,10	9 2,23	9 2,36	9 2,50	9 2,64	10 2,79	10 2,94	11 3,09	11 3,24	
0,96	8 0,96	8 1,03	8 1,11	8 1,19	8 1,27	8 1,36	8 1,46	8 1,55	8 1,66	8 1,76	8 1,88	8 2,00	8 2,12	9 2,14	9 2,27	9 2,40	9 2,54	9 2,68	10 2,83	10 2,98	11 3,10	11 3,25	
0,98	8 0,93	8 1,00	8 1,08	8 1,16	8 1,24	8 1,32	8 1,41	8 1,51	8 1,61	8 1,71	8 1,82	8 1,94	8 2,06	9 2,18	9 2,31	9 2,44	9 2,58	9 2,72	10 2,87	10 3,02	11 3,11	11 3,26	
1,00	8 0,91	8 0,97	8 1,05	8 1,12	8 1,20	8 1,28	8 1,37	8 1,46	8 1,56	8 1,66	8 1,77	8 1,88	8 2,00	9 2,12	9 2,25	9 2,38	9 2,52	9 2,66	10 2,81	10 2,96	11 3,12	11 3,27	



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



Tabela 3 – combinação 3

Concreto:	$f_{ck} = 35 \text{ Mpa}$	Vinculação:	
Carga permanente:	$g = \text{p.p.} + 1,2 \text{ kN/m}^2$		
Carga variável:	$q = 1,5 \text{ kN/m}^2$		
$\varphi_2 = 0,3 ; t_0 = 1 \text{ mês} ; t_{\infty} = 70 \text{ meses}$			

a(m)	4,90	5,00	5,10	5,20	5,30	5,40	5,50	5,60	5,70	5,80	5,90	6,00	6,10	6,20	6,30	6,40	6,50	6,60	6,70	6,80	6,90
f _{adm}	1,96	2,00	2,04	2,08	2,12	2,16	2,20	2,24	2,28	2,32	2,36	2,40	2,44	2,48	2,52	2,56	2,60	2,64	2,68	2,72	2,76
0,50	8	9	9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	13	13	13
0,52	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	13	13	13
0,54	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	13	13	13
0,56	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	13	13	13
0,58	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	13
0,60	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	12	12	12	12
0,62	8	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	12	12	12
0,64	8	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12
0,66	8	8	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12
0,68	8	8	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	12
0,70	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11
0,72	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	11	11	11	11
0,74	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	11	11	11
0,76	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	11	11	11
0,78	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	11	11
0,80	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	11
0,82	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10
0,84	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10
0,86	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10
0,88	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	10	10	10
0,90	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	10	10
0,92	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	10
0,94	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	10
0,96	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9
0,98	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9
1,00	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de
maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITEROI

Realização:



Conclusões

Com base nos resultados obtidos das tabelas que foram geradas a partir de uma programação em planilha eletrônica, utilizando a metodologia sugerida por Campos filho (2010), e no exemplo proposto, pôde-se concluir que o processo de determinação da espessura inicial em projetos de lajes maciças retangulares de concreto armado, submetidas a carregamentos uniformemente distribuídos, ficou bastante facilitado, tanto para uso acadêmico quanto para o uso profissional.

Referências

- ARAÚJO, J.M. Curso de Concreto Armado, 3ª ed., Dunas. Rio Grande, v.1, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 6118: Projeto e execução de obras de concreto armado. Rio de Janeiro, 1978.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.
- BOTELHO, M. H. C., MARCHETTI, O. Concreto armado eu te amo, 6ª ed., Blucher. São Paulo, v.1, 2010
- CAMPOS FILHO, A. Projeto de lajes maciças de concreto armado, DECIV/UFRGS. Porto Alegre, 2010.
- MONTOYA, J.; MESEGUER, A. G.; CABRE, F. M. Hormigon armado, 7ª ed., Gustavo Gili. Barcelona, v.1, 1973.