Laje maciça circular L1

• Propriedades geométricas:

D =	4,6	m	(Diâmetro da laje)
h =	25	cm	(Altura da laje)
c =	3	cm	(Cobrimento da armadura)

Condições de apoio: Laje simplesmente apoiada

• Propriedade dos materiais:

fck =	25	MPa	(Resistência característica do concreto à compressão)
fyk =	500	MPa	(Tensão de escoamento do aço com valor característico)
γ_{conc} =	25	kN/m³	(Peso específico do concreto armado)

• Coeficientes de ponderação:

γ_f =	1,4	(Coeficiente para majorar os esforços e também para minorar a resistência do concreto)
γ_s =	1,15	(Coeficiente de minoração para o aço)
Ψ_2 =	0,3	(Coeficiente redutor das cargas variáveis - Tabela 11.2 da NBR 6118:2014)

OBS.: O coeficiente Ψ_2 será utilizado na combinação quase permanente de serviço para calcular a flecha da laje. Ele pode ser obtido da Tabela 11.2 presente no item 11.7 da NBR 6118:2014

OBS.: γ_f e γ_s podem ser obtidos nos itens 11.7 e 12.4.1 da NBR 6118:2014. No item 12.4.1, γ_f é igual a γ_c para combinações últimas normais de ações

• Cargas:

Carga permanente total (G) =	26,25	kN/m²
Carga variável total (Q) =	0,00	kN/m²
Carga total =	26,25	kN/m²

$$PP = \gamma_{conc} \cdot h$$ PP = 6,25 kN/m² (Peso próprio da laje)

OBS.: Na carga permanente total informada acima já está incluso o peso próprio da laje

• Cálculo da armadura positiva:

A armadura positiva fica posicionada na parte inferior da laje e pode ser disposta radialmente e circunferencialmente ou em duas direções normais formando uma malha ortogonal. Devido a maior facilidade de execução, será adotada a armadura disposta na forma de malha

Em lajes maciças circulares com cargas uniformemente distribuídas, as tensões principais ocorrem nas direções radial e tangencial, sendo que as tensões máximas devido aos momentos fletores positivos ocorrem no centro da laje

$$M_r = \frac{q}{16}(3+\nu) \cdot (a^2 - r^2)$$ (Momento fletor radial por metro em um ponto a uma distância r do centro de uma laje simplesmente apoiada na borda)

$$M_t = \frac{q}{16}[a^2 \cdot (3+\nu) - r^2 \cdot (1+3\nu)]$$ (Momento fletor tangencial por metro em um ponto a uma distância r do centro de uma laje simplesmente apoiada na borda)

ν = Coeficiente de Poisson do concreto
a = Raio da laje (a = D/2)
r = Distância de um ponto qualquer da laje até o seu centro

$$M_r = \frac{q}{16}[a^2 \cdot (1+\nu) - r^2 \cdot (3+\nu)]$$ (Momento fletor radial por metro em um ponto a uma distância r do centro de uma laje perfeitamente engastada na borda)

$$M_r = \frac{q}{16}[a^2 \cdot (1+\nu) - r^2 \cdot (1+3\nu)]$$ (Momento fletor tangencial por metro em um ponto a uma distância r do centro de uma laje perfeitamente engastada na borda)

Nos cálculos que serão desenvolvidos a seguir foi utilizado o coeficiente de Poisson igual a 0,20 para o concreto. De acordo com o item 14.7.3 da NBR 6118 de 2014, "aplicam-se às estruturas de placas os métodos baseados na teoria da elasticidade, com coeficiente de Poisson igual a 0,20"

Momentos fletores no centro:

Substituindo v = 0,20 e r = 0 nas fórmulas de Mr e Mt apresentadas anteriormente, obtém-se os momentos fletores radial e tangencial no centro da laje

$$M_r = M_t = \frac{q \,.\, D^2}{20}$$ (Momento fletor radial e tangencial positivo por metro no centro de uma laje simplesmente apoiada na borda)

$$M_r = M_t = 0{,}01875 \,.\, q \,.\, D^2$$ (Momento fletor radial e tangencial positivo por metro no centro de uma laje perfeitamente engastada na borda)

$$M_d = \gamma_f . M_r = \gamma_f . M_t$$ (Momento fletor positivo máximo de cálculo por metro no centro da laje)

Como a laje está simplesmente apoiada, tem-se: Mr = Mt = 27,77 kNm/m

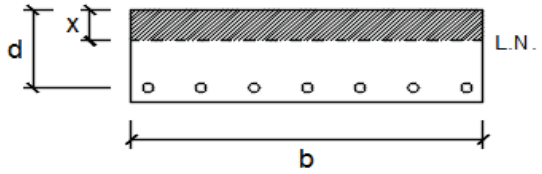
Md = 38,88 kNm/m

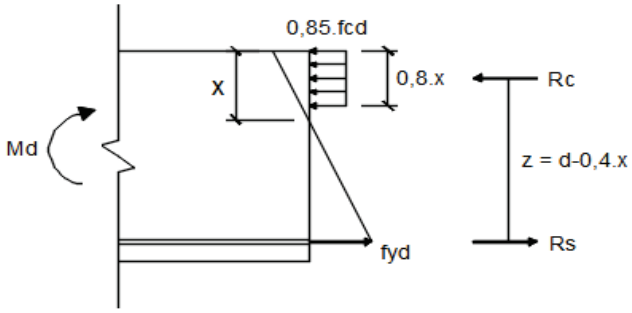
$$d = h - c - 1{,}5\phi$$ (Altura útil da armadura positiva para a direção mais desfavorável da malha)

ϕ = 10 mm (Bitola das barras de aço da armadura positiva)

d = 20,50 cm

OBS.: A altura útil corresponde a distância da fibra mais comprimida de concreto até o centro de gravidade da armadura. Ela será utilizada a seguir para calcular a área de aço necessária para cada faixa de 1 metro da laje





$$Rc = Rs$$

$$Rc = 0{,}85 . f_{cd} . b . 0{,}8x$$

$$M_d = Rc . z = 0{,}85 . f_{cd} . b . 0{,}8x . (d - 0{,}4x)$$

$$Rs = f_{yd} \,.\, As$$

$$Md = Rs . z = Rs . (d - 0{,}4x) = f_{yd} \,.\, As . (d - 0{,}4x)$$

$$-0{,}272 . f_{cd} . b . x^2 + 0{,}68 . f_{cd} . b . d . x - M_d = 0$$ (Eq. do 2º grau)

$$x = \frac{0{,}68 . d \pm \sqrt{(0{,}68 . d)^2 - 1{,}088 . \left(\frac{M_d}{b . f_{cd}}\right)}}{0{,}544}$$ (Solução)

$$As = \frac{M_d}{f_{yd} \,.\, (d - 0{,}4x)}$$

x = 1,613 cm (Altura da linha neutra)

As = 4,50 cm²/m (Área de aço por metro da armadura positiva para cada direção da malha - b = 100cm)

As,mín = 3,75 cm²/m (Área de aço mínima por metro da armadura positiva para cada direção da malha)

OBS.: Para o cálculo da área de aço mínima foram adotadas as taxas mínimas de armadura da Tabela 10 do item 17.3.5.2.1 da NBR 6118:2014

Nº de barras por metro = 6 (Quantidade de barras de aço por metro da armadura positiva para cada direção da malha)

Espaçamento = 16,67 cm (Espaçamento entre as barras de aço da armadura positiva)

OBS.: De acordo com o item 20.1 da NBR 6118:2014, "as barras da armadura principal de flexão devem apresentar espaçamento no máximo igual a 2h ou 20cm, prevalecendo o menor desses dois valores na região dos maiores momentos fletores" (Ver verificação no final desse memorial)

• Cálculo da armadura negativa:

A armadura negativa fica posicionada na parte superior da laje e deve ser disposta radialmente e circunferencialmente. Em lajes maciças circulares com carregamento uniformemente distribuído as tensões principais ocorrem nas direções radial e tangencial, sendo que as tensões máximas devido aos momentos fletores negativos ocorrem no contorno (borda) da laje

Nas lajes simplesmente apoiadas, o momento fletor radial no contorno é igual a zero e o momento fletor tangencial é positivo e com intensidade igual a metade do momento fletor no centro da laje. Embora a armadura de malha deva ser capaz de resistir aos esforços de tração gerados por esse momento fletor positivo, alguns autores recomendam adicionar uma armadura circunferencial positiva no contorno. Segundo Leonhardt e Mönnig (1978), "lajes ao ar livre devem ter urna armadura circunferencial no bordo externo com pequeno espaçamento, constituída de várias barras de pequeno diâmetro, para a limitação das fissuras provocadas por retração e temperatura".

$$M_r = M_t = 0$$ (Momento fletor negativo no contorno de uma laje simplesmente apoiada)

OBS.: Para evitar fissuração no contorno da laje deve ser prevista armadura negativa até mesmo nas lajes simplesmente apoiadas devido ao engastamento parcial que possa existir entre a laje e a viga de apoio. Nessa situação, pode ser adotada uma área de aço mínima para a armadura negativa

Substituindo v = 0,20 e r = a nas fórmulas de Mr e Mt para lajes perfeitamente engastadas apresentadas anteriormente, obtém-se os momentos fletores negativo radial e tangencial no contorno (borda) da laje

$$M_r = -\frac{q \cdot D^2}{32}$$ (Momento fletor radial negativo por metro no contorno de uma laje perfeitamente engastada)

$$M_t = -\frac{q \cdot D^2}{160}$$ (Momento fletor tangencial negativo por metro no contorno de uma laje perfeitamente engastada)

OBS.: Para facilitar o cálculo da área de aço os momentos fletores negativos serão representados em módulo

Como a laje está simplesmente apoiada, tem-se: Mr = 0,00 kNm/m Mt = 0,00 kNm/m

Armadura negativa radial:

$$M_d = \gamma_f . M_r$$ (Momento fletor radial de cálculo por metro no contorno da laje)

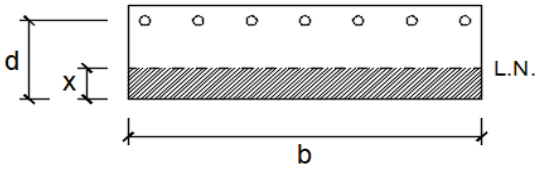
Md = 0,00 kNm/m

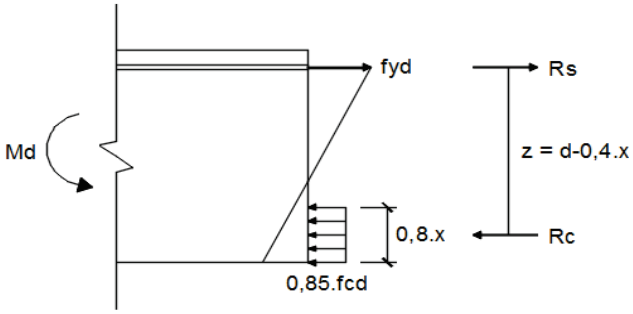
$$d = h - c - 0{,}5\phi$$ (Altura útil da armadura radial)

ϕ = 10 mm (Bitola das barras de aço da armadura radial)

d = 21,50 cm

OBS.: A altura útil corresponde a distância da fibra mais comprimida de concreto até o centro de gravidade da armadura. Ela será utilizada a seguir para calcular a área de aço necessária para cada faixa de 1 metro da laje





$$Rc = Rs$$

$$Rc = 0{,}85.f_{cd}.b.0{,}8x$$

$$M_d = Rc.z = 0{,}85.f_{cd}.b.0{,}8x.(d - 0{,}4x)$$

$$-0{,}272.f_{cd}.b.x^2 + 0{,}68.f_{cd}.b.d.x - M_d = 0 \quad \text{(Eq. do 2º grau)}$$

$$x = \frac{0{,}68.d \pm \sqrt{(0{,}68.d)^2 - 1{,}088.\left(\frac{M_d}{b.f_{cd}}\right)}}{0{,}544} \quad \text{(Solução)}$$

$$Rs = f_{yd}.As$$

$$Md = Rs.z = Rs.(d - 0{,}4x) = f_{yd}.As.(d - 0{,}4x)$$

$$As = \frac{M_d}{f_{yd}.(d - 0{,}4x)}$$

x = 0,000 cm (Altura da linha neutra)

As = 0,00 cm²/m (Área de aço por metro da armadura negativa radial - b = 100cm)

As,mín = 3,75 cm²/m (Área de aço mínima por metro da armadura negativa radial)

OBS.: Para o cálculo da área de aço mínima foram adotadas as taxas mínimas de armadura da Tabela 10 do item 17.3.5.2.1 da NBR 6118:2014

Nº de barras por metro = 5 (Quantidade de barras de aço por metro da armadura negativa radial)

Espaçamento = 20,00 cm (Espaçamento entre as barras de aço da armadura negativa radial)

OBS.: De acordo com o item 20.1 da NBR 6118:2014, "as barras da armadura principal de flexão devem apresentar espaçamento no máximo igual a 2h ou 20cm, prevalecendo o menor desses dois valores na região dos maiores momentos fletores" (Ver verificação no final desse memorial)

OBS.: O espaçamento entre as barras de aço da armadura negativa radial é medido a partir da extremidade mais próxima do contorno da laje

Armadura negativa tangencial:

$$M_d = \gamma_f.M_t$$ (Momento fletor tangencial de cálculo por metro no contorno da laje)

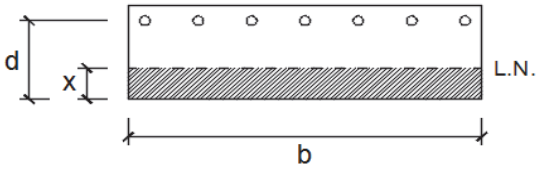
Md = 0,00 kNm/m

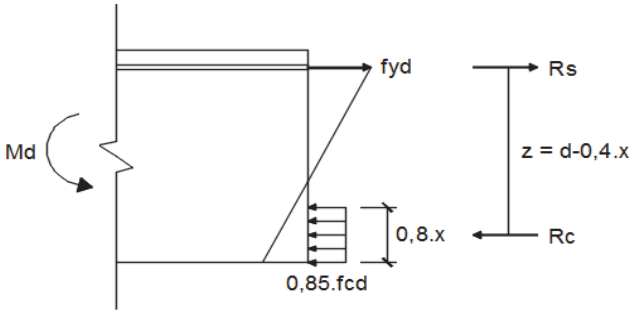
$$d = h - c - 1{,}5\phi$$ (Altura útil da armadura tangencial)

ϕ = 10 mm (Bitola das barras de aço da armadura tangencial)

d = 20,50 cm

OBS.: A altura útil corresponde a distância da fibra mais comprimida de concreto até o centro de gravidade da armadura. Ela será utilizada a seguir para calcular a área de aço necessária para cada faixa de 1 metro da laje





$$Rc = Rs$$

$$Rc = 0{,}85 . f_{cd} . b . 0{,}8x$$

$$M_d = Rc . z = 0{,}85 . f_{cd} . b . 0{,}8x . (d - 0{,}4x)$$

$$-0{,}272 . f_{cd} . b . x^2 + 0{,}68 . f_{cd} . b . d . x - M_d = 0 \quad \text{(Eq. do 2º grau)}$$

$$x = \frac{0{,}68 . d \pm \sqrt{(0{,}68 . d)^2 - 1{,}088 . \left(\frac{M_d}{b . f_{cd}}\right)}}{0{,}544} \quad \text{(Solução)}$$

$$Rs = f_{yd} . As$$

$$Md = Rs . z = Rs . (d - 0{,}4x) = f_{yd} . As . (d - 0{,}4x)$$

$$As = \frac{M_d}{f_{yd} . (d - 0{,}4x)}$$

x = 0,000 cm (Altura da linha neutra)

As = 0,00 cm²/m (Área de aço por metro da armadura negativa tangencial - b = 100cm)

As,mín = 3,75 cm²/m (Área de aço mínima por metro da armadura negativa tangencial)

OBS.: Para o cálculo da área de aço mínima foram adotadas as taxas mínimas de armadura da Tabela 10 do item 17.3.5.2.1 da NBR 6118:2014

Nº de barras por metro = 5 (Quantidade de barras de aço por metro da armadura negativa tangencial)

Espaçamento = 20,00 cm (Espaçamento entre as barras de aço da armadura negativa tangencial)

OBS.: De acordo com o item 20.1 da NBR 6118:2014, "as barras da armadura principal de flexão devem apresentar espaçamento no máximo igual a 2h ou 20cm, prevalecendo o menor desses dois valores na região dos maiores momentos fletores" (Ver verificação no final desse memorial)

• Cálculo da flecha (Análise Linear):

$$\delta_{to} = \frac{(5 + \nu) . q . a^4}{64 . (1 + \nu) . k} - CF \quad ; \quad k = \frac{E . d^3}{12 . (1 - \nu^2)}$$

(Flecha máxima imediata para uma laje maciça circular simplesmente apoiada em seu contorno)

$$\delta_{to} = \frac{q . a^4}{64 . k} - CF \quad ; \quad k = \frac{E . d^3}{12 . (1 - \nu^2)}$$

(Flecha máxima imediata para uma laje maciça circular perfeitamente engastada em seu contorno)

OBS.: Flecha imediata é aquela sofrida pela laje logo após a remoção do escoramento

OBS.: O "k" nas fórmulas acima correspodem a rigidez à flexão da laje

Substituindo ν = 0,20 e a = D/2 nas fórmulas acima, obtém-se a flecha máxima imediata na laje em função da carga (q), do diâmetro (D), do módulo de elasticidade do concreto (E) e da altura útil da laje (d)

$$\delta_{to} = \frac{0{,}049 . q . D^4}{E . d^3} - CF$$

(Flecha máxima imediata para uma laje maciça circular simplesmente apoiada em seu contorno)

$$\delta_{to} = \frac{0{,}01125 . q . D^4}{E . d^3} - CF$$

(Flecha máxima imediata para uma laje maciça circular perfeitamente engastada em seu contorno)

CF = 1,7 cm (Contra-flecha no centro da laje)

Módulo de elasticidade do concreto:

$$E_{ci} = \alpha_E . 5600 . \sqrt{f_{ck}}$$ (Módulo de elasticidade inicial para concretos de 20MPa a 50MPa - Item 8.2.8 da NBR 6118:2014)

OBS.: α_E é um parâmetro que depende do tipo de agregado graúdo utilizado no concreto

α_E = 0,9 Eci = 25200,00 MPa

$$E_{cs} = \alpha_i . E_{ci} \quad ; \quad \alpha_i = 0,8 + 0,2\frac{f_{ck}}{80} \leq 1,0$$ (Módulo de elasticidade secante do concreto - Item 8.2.8 da NBR 6118:2014)

αi = 0,86 Ecs = 21735,00 MPa

OBS.: No cálculo da flecha máxima imediata será utilizado o módulo de elasticidade secante do concreto e a combinação quase permanente de serviço (Item 11.8.3.2 da NBR 6118:2014)

$$q = G + \Psi_2 . Q$$

q = 26,25 kN/m² (Carregamento obtido da combinação quase permanente de serviço)

Como a laje está simplesmente apoiada, tem-se: δt0 = -1,39 cm (Flecha imediata - Análise Linear)

OBS.: Além da flecha imediata é preciso calcular também a flecha sofrida pela laje com o decorrer do tempo, proveniente de um fenômeno conhecido como fluência. Para isso serão adotadas as prescrições do item 17.3.2.1.2 da NBR 6118:2014

Segundo o item 17.3.2.1.2 da NBR 6118:2014, a flecha adicional diferida, decorrente das cargas de longa duração em função da fluência, pode ser calculada de maneira aproximada pela multiplicação da flecha imediata pelo fator α_f

$$\alpha_f = \frac{\Delta\xi}{1 + 50\rho'} \qquad \rho' = \frac{As'}{b . d} \qquad \Delta\xi = \xi(t) - \xi(t0)$$

As' = 0 cm² (Área de aço da armadura comprimida) ρ' = 0

ξ é um coeficiente função do tempo, que pode ser obtido diretamente na Tabela 17.1 da NBR 6118:2014 ou ser calculado pelas expressões seguintes:

$$\xi(t) = 0,68 . (0,996^t) . t^{0,32} \quad \text{para } t \leq 70 \text{meses}$$

$$\xi(t) = 2 \quad \text{para } t > 70 \text{meses}$$

OBS.: Para o cálculo da flecha devido à fluência foi utilizada a flecha imediata sem contra-flecha

αf = Δξ = 1,456363 δt,f = 0,45 cm (Flecha devido à fluência)

$$\delta_{total} = \delta_{t0} + \delta_{t,f}$$ δtotal = -0,94 cm (Flecha máxima total - Análise Linear)

• Cálculo da flecha (Análise Não Linear):

Para calcular a flecha considerando a perda de rigidez devido a uma eventual fissuração do concreto (Análise Não Linear), as fórmulas apresentadas anteriormente serão reescritas da seguinte maneira:

$$\delta_{to} = \frac{0,049 . q . D^4}{\beta . E . d^3} - CF$$ (Flecha máxima imediata para uma laje maciça circular simplesmente apoiada em seu contorno)

$$\delta_{to} = \frac{0,01125 . q . D^4}{\beta . E . d^3} - CF$$ (Flecha máxima imediata para uma laje maciça circular perfeitamente engastada em seu contorno)

Tal que, β é o fator de redução da rigidez β = 0,3

CF = 1,7 cm (Contra-flecha no centro da laje)

Como a laje está simplesmente apoiada, tem-se: δt0 = -0,67 cm (Flecha imediata - Análise Não Linear)

OBS.: Além da flecha imediata é preciso calcular também a flecha sofrida pela laje com o decorrer do tempo, proveniente de um fenômeno conhecido como fluência. Para isso serão adotadas as prescrições do item 17.3.2.1.2 da NBR 6118:2014

Segundo o item 17.3.2.1.2 da NBR 6118:2014, a flecha adicional diferida, decorrente das cargas de longa duração em função da fluência, pode ser calculada de maneira aproximada pela multiplicação da flecha imediata pelo fator αf

$$\alpha_f = \frac{\Delta\xi}{1 + 50\rho'} \qquad \rho' = \frac{As'}{b.d} \qquad \Delta\xi = \xi(t) - \xi(t0)$$

As' = 0 cm² (Área de aço da armadura comprimida) ρ' = 0

ξ é um coeficiente função do tempo, que pode ser obtido diretamente na Tabela 17.1 da NBR 6118:2014 ou ser calculado pelas expressões seguintes:

$$\xi(t) = 0{,}68 \,.\, (0{,}996^t) \,.\, t^{0{,}32} \quad \text{para } t \leq 70 \text{meses}$$

$$\xi(t) = 2 \quad \text{para } t > 70 \text{meses}$$

OBS.: Para o cálculo da flecha devido à fluência foi utilizada a flecha imediata sem contra-flecha

αf = Δξ = 1,456363 δt,f = 1,49 cm (Flecha devido à fluência)

$$\delta_{total} = \delta_{t0} + \delta_{t,f}$$ δtotal = 0,82 cm (Flecha máxima total - Análise Não Linear)

• Verificação quanto ao cisalhamento:

De acordo com o item 19.4.1 da NBR 6118:2014, as lajes maciças podem prescindir de armadura transversal para resistir as forças de tração oriundas da força cortante, quando a força cortante de cálculo (VSd), for menor ou igual a VRd1

$$V_{Rd1} = [\tau_{Rd} . k . (1{,}2 + 40\rho_1)] . b_w . d$$ (Força cortante resistente de cálculo, relativa a elementos sem armadura para força cortante)

$$\tau_{Rd} = 0{,}25 f_{ctd}$$ (Tensão resistente de cálculo do concreto ao cisalhamento)

$$f_{ctd} = \frac{0{,}21 . f_{ck}^{2/3}}{\gamma_c} \quad ; \quad \text{fck até 50 MPa}$$

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b . d} \leq 0{,}02 \qquad k = |1{,}6 - d| \geq 1 \quad ; \quad d \text{ em metros}$$

OBS.: Será verificada uma faixa de 1 metro da laje, portanto, b = 100cm

As1 = Área da armadura de tração que se extende até não menos que d + lb,nec além da seção considerada, sendo lb,nec o comprimento de ancoragem necessário

VRd1 = 118,09 kN/m

Derivando Mr e Mt em relação a r, obtém-se as fórmulas que permitem calcular a força cortante radial e tangencial, respectivamente

$$V_r = \frac{dM_r}{dr} = -\frac{q}{8}(3 + \nu) . r = -0{,}4 . q . r$$ (Força cortante radial por metro em um ponto a uma distância r do centro)

$$V_t = \frac{dM_t}{dr} = -\frac{q}{8}(1 + 3\nu) . r = -0{,}2 . q . r$$ (Força cortante tangencial por metro em um ponto a uma distância r do centro)

OBS.: É possivel notar que a força cortante radial é maior que a tangencial e seu valor máximo ocorre para r = a, entretanto, na verificação quanto ao cisalhamento será utilizada a fórmula Vr = 0,5.q.a encontrada em alguns livros

Vr = 30,19 kN/m (Força cortante radial máxima por metro)

$V_{Sd} = \gamma_f . V_r$ (Força cortante máxima de cálculo)

V_{Sd} = 42,26 kN/m $V_{Sd} \leq V_{Rd1}$ OK

• Verificação da flecha máxima:

Para que a laje passe na verificação do Estado Limite de Deformações Excessivas (ELS-DEF), é necessário que a flecha máxima total seja menor ou igual a flecha admissível

δ_{adm} =	1,84 cm	(Flecha admissível - Ver Tabela 13.3 da NBR 6118:2014)		
δ_{total} =	-0,94 cm	(Flecha total - Análise Linear)	$\delta_{total} \leq \delta_{adm}$	OK
δ_{total} =	0,82 cm	(Flecha total - Análise Não Linear)	$\delta_{total} \leq \delta_{adm}$	OK

• Verificação dos domínios de deformação:

Para garantir um adequado comportamento dútil em lajes de concreto armado, a posição da linha neutra no ELU deve obedecer a condição x/d≤0,45 para concretos com até 50MPa (Item 14.6.4.3 da NBR 6118:2014)

x/d =	0,08	OK	(Razão x/d no ponto com momento positivo máximo)
x/d =	0,00	OK	(Razão x/d no ponto com momento radial negativo máximo)
x/d =	0,00	OK	(Razão x/d no ponto com momento tangencial negativo máximo)

• Verificação da bitola máxima das armaduras:

De acordo com o item 20.1 da NBR 6118:2014, "qualquer barra da armadura de flexão deve ter diâmetro no máximo igual a h/8"

$\phi \leq h/8$ OK

• Verificação do espaçamento máximo entre as barras de aço:

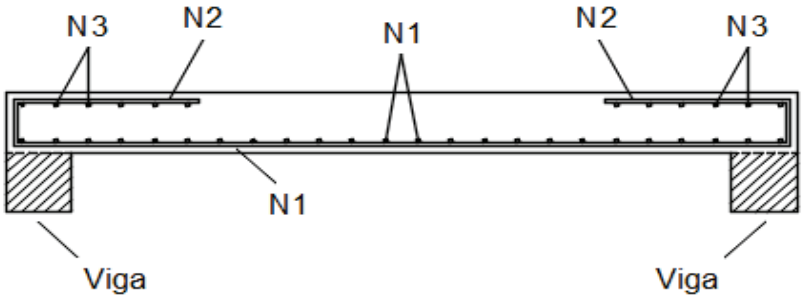
De acordo com o item 20.1 da NBR 6118:2014, "as barras da armadura principal de flexão devem apresentar espaçamento no máximo igual a 2h ou 20cm, prevalecendo o menor desses dois valores na região dos maiores momentos fletores"

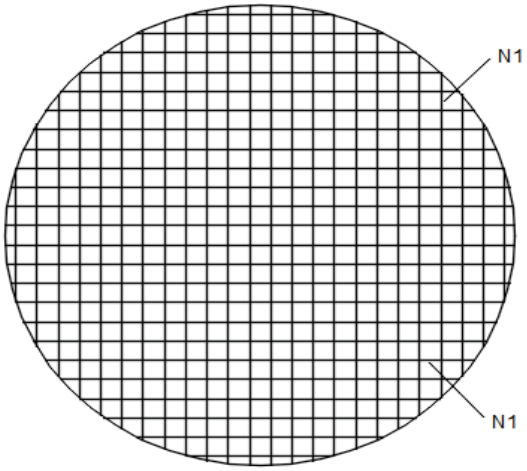
Espaçamento máximo = 20 cm

Esp. N1 =	16,67 cm	OK
Esp. N2 =	20,00 cm	OK
Esp. N3 =	20,00 cm	OK

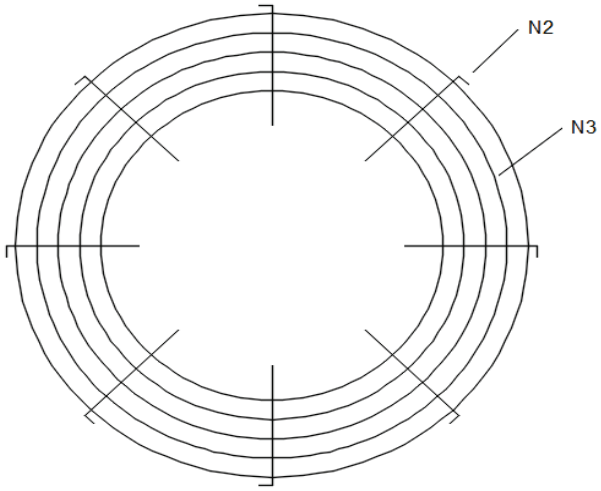
• Detalhamento das armaduras:

N1 = 6 (Quantidade de barras de aço por metro da armadura positiva para cada direção da malha)
N2 = 5 (Quantidade de barras de aço por metro da armadura negativa radial)
N3 = 5 (Quantidade de barras de aço por metro da armadura negativa tangencial)





Armadura positiva



Armadura negativa

Espaçamento N1 = 16,67 cm (Espaçamento entre as barras de aço da armadura positiva)
Espaçamento N2 = 20,00 cm (Espaçamento entre as barras de aço da armadura negativa radial)
Espaçamento N3 = 20,00 cm (Espaçamento entre as barras de aço da armadura negativa tangencial)