Jota Barros Projetos e Assessoria Técnica LTDA - EPP.
CNPJ: 07.279.410/0001-62 – Insc. Estadual: 06.179.720-0
Rua João Barbosa, 281 – Bairro Centro – Maranguape – Ceará
contato@jbarrosprojetos.com.br/adm@jbarrosprojetos.com.br – 85 2138.7366
www.jbarrosprojetos.com.br

COMPANHIA URBANIZADORA DA NOVA CAPITAL
DIVISÃO DE PROJETOS

PROJETO EXECUTIVO - EXECUÇÃO DE CALÇAMENTO NO SETOR SUL DO GAMA

MEMORIAL DE CÁLCULO DO PISO DE CONCRETO PARA CALÇAMENTO

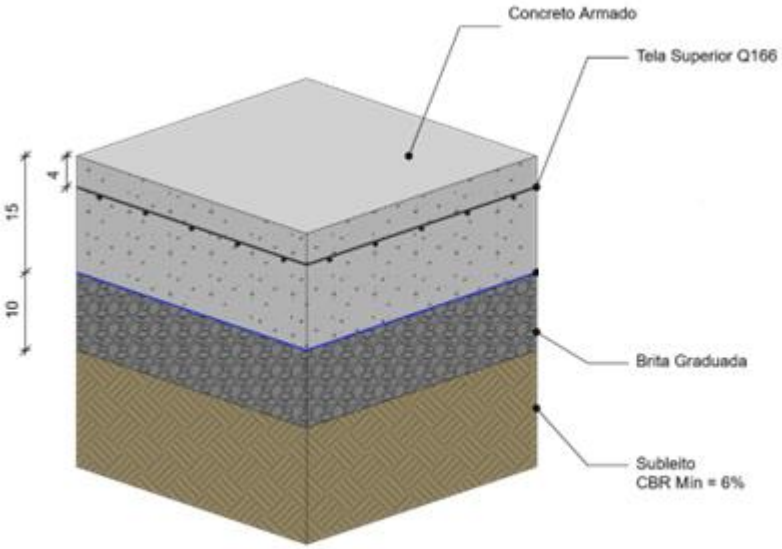
GAMA – DISTRITO FEDERAL

OUTUBRO/2025

JOTA BARROS PROJETOS
Cláudio José Queiroz Barros
Engº Civil - CREA 13419D-CE

1. OBJETIVO

Esta memória de cálculo tem como objetivo descrever o processo e os critérios adotados no cálculo estrutural do piso de concreto armado.



2. JUSTIFICATIVA

A elaboração do projeto das novas vias de calçamento e becos de acesso na região do Gama deve incorporar critérios de engenharia de infraestrutura robusta, com ênfase na capacidade de suporte de carga para veículos pesados. Esta exigência fundamenta-se em dois aspectos essenciais: assegurar o acesso contínuo a serviços públicos de emergência e essenciais, e garantir a durabilidade da pavimentação, considerando o histórico de degradação rápida das vias existentes.

Parâmetro Técnico e a Realidade dos Acessos Críticos

JOTA BARROS PROJETOS
Cláudio José Queiroz Barros
Engº Civil - CREA 13419D-CE

Jota Barros Projetos e Assessoria Técnica LTDA - EPP.
CNPJ: 07.279.410/0001-62 – Insc. Estadual: 06.179.720-0
Rua João Barbosa, 281 – Bairro Centro – Maranguape – Ceará
contato@jbarrosprojetos.com.br/adm@jbarrosprojetos.com.br – 85 2138.7366
www.jbarrosprojetos.com.br

O projeto está sendo balizado pelo peso do caminhão **Volkswagen Constellation 17.330**, um veículo robusto e representativo do tráfego pesado que poderá acessar as vias, notadamente em situações críticas.

- **Dados Considerados:**
  - **Peso por Eixo (Parâmetro de Projeto): 42 kN** (equivalente a aproximadamente 4,28 toneladas-força) por eixo.
  - **Peso Total (Tara):** a kN.
  - **Carga Máxima por Eixo (Constellation 17.330 - Especif. Técnicas de Mercado):** Eixo dianteiro: kg (61 kN); Eixo traseiro: kg (110 kN) - *embora o usuário tenha solicitado 42 kN como parâmetro de projeto, o valor de kN para o eixo traseiro técnico do 17.330 demonstra a criticidade de projetar para cargas elevadas.*

A escolha desse veículo como **parâmetro de projeto** é fundamental. Não se pode projetar uma infraestrutura urbana, especialmente em áreas de difícil acesso como os **becos do Gama**, para que ela seja **destruída** pela passagem de um veículo de serviço.

A realidade local impõe que **diversos imóveis** só terão acesso a serviços públicos (coleta de lixo, caminhões desobstrutores de esgoto, caminhões-pipa) e, crucialmente, **veículos de emergência (Bombeiros)** apenas através destas novas vias de calçamento. Um projeto que não suporte o peso, por exemplo, de um **Caminhão Auto Bomba Tanque (ABT)** dos Bombeiros (muitas vezes baseado em chassis como o 17.330 ou superiores) implica que, em caso de incêndio ou emergência, os veículos **não poderão acessar o local**, resultando em risco iminente à vida e ao patrimônio. Uma estrutura subdimensionada compromete o acesso de veículos a serviços públicos essenciais. No contexto da região do Gama, onde os becos possuem apenas calçamento, essas vias constituem o único meio de circulação para veículos essenciais, tornando

JOTA BARROS PROJETOS
Cláudio José Queiroz Barros
Engº Civil - CREA 13419D-CE

fundamental que o dimensionamento atenda plenamente às exigências de carga e durabilidade.

Ênfase na Estrutura Resiliente

O histórico de degradação das calçadas e pavimentos na região evidencia a necessidade de reforço estrutural superior aos padrões convencionais, garantindo maior durabilidade e capacidade de suporte às cargas previstas.





JOTA BARROS PROJETOS
Cláudio José Queiroz Barros
Engº Civil - CREA 13419D-CE

A necessidade de executar uma estrutura resiliente é imperativa e inegociável por se tratar da única forma de garantir a **perenidade** do investimento público e a **funcionalidade** da via a longo prazo:

1. **Proteção contra o Tráfego Pesado Inesperado:** Mesmo que a via seja classificada para tráfego leve, a possibilidade de acesso eventual e inevitável de veículos pesados (caminhões-tanque, caminhões de entrega de materiais de construção, veículos de manutenção) exige uma **reserva de capacidade de suporte**. O projeto deve contemplar camadas de base e sub-base **devidamente compactadas e estabilizadas**, capazes de distribuir a carga de **42 kN por eixo** (conforme o parâmetro estabelecido) sem sofrer recalques diferenciais ou rompimento da camada superficial.
2. **Minimização da Manutenção:** A recorrência de danos e a necessidade constante de reparos não apenas desperdiça recursos públicos, mas também interrompe o acesso e causa transtornos à população. A **resiliência** da estrutura, obtida por meio de reforço e especificação de materiais de alta qualidade para a base, garante um **ciclo de vida útil prolongado** e reduz a necessidade de intervenções onerosas e frequentes.
3. **Segurança e Acessibilidade Plena:** Uma calçada ou beco destruído é um risco de acidente e uma **barreira à acessibilidade**. A estrutura resiliente assegura que a via mantenha sua geometria e integridade, garantindo o tráfego seguro de pessoas, veículos leves e, crucialmente, o **acesso desimpedido** aos veículos de emergência.

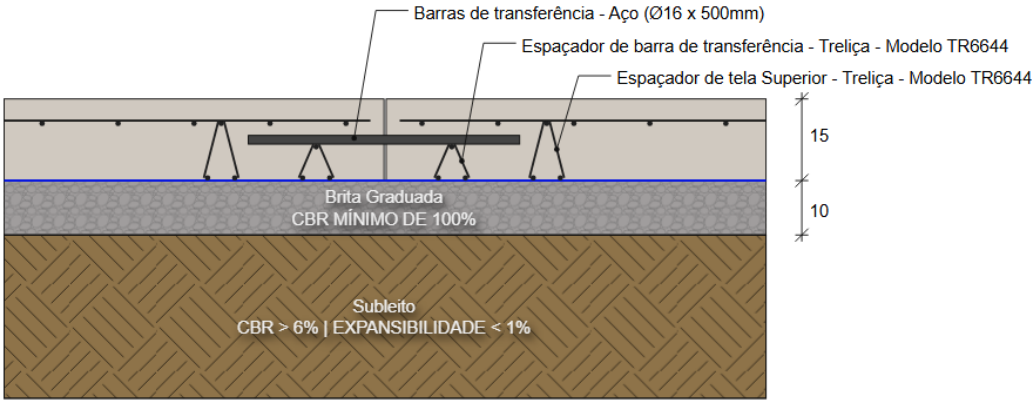
O dimensionamento da pavimentação e da base, utilizando o **42 kN por eixo** (do Constellation 17.330) como **carga máxima de projeto**, transforma o beco de uma simples passagem em uma **via de serviço crítica**. **A execução de uma estrutura resiliente** – com reforço na base, lastro e sistema de drenagem

JOTA BARROS PROJETOS
Cláudio José Queiroz Barros
Engº Civil - CREA 13419D-CE

eficiente – é o que irá converter o investimento em **durabilidade** e em **segurança pública**, garantindo que, quando a emergência bater à porta nos becos do Gama, os serviços de socorro **não ficarão barrados** pela falha estrutural do pavimento.

3. DADOS DO PISO

- Espessura do piso: 15 cm;
- Largura máxima da placa: 300 cm;
- Comprimento máximo da placa: 300 cm;



4. MATERIAIS

AÇO

- Tensão de escoamento das telas soldadas (f_y): 600 MPa;

CONCRETO

- Módulo de elasticidade: 23800 MPa;
- Resistência característica a Compressão (f_{ck}): 25 MPa;

JOTA BARROS PROJETOS
Cláudio José Queiroz Barros
Engº Civil - CREA 13419D-CE

- Resistência média a tração na flexão (f_{ctm}): 2.56 MPa;
- Coeficiente de Poisson(μ): 0,2;
- Coeficiente de não-linearidade física: 1.

COBRIMENTOS

- Cobrimento Superior: 4 cm;
- Cobrimento Inferior: 2.5 cm;

5. SOLO

Considerou-se os seguintes dados para o solo:

- CBR do subleito: 6%;
- Espessura da Base: 10 cm;
- Coeficiente de recalque adotado(k): 47600.6 kN/m³;

A base deverá ser constituída de brita graduada compactada a 100% do Proctor Modificado. O CBR deverá ser de 100%.

6. CARGAS

Foram consideradas as seguintes cargas:

- Carga de Caminhão: 42 kN/eixo;
- Carga Distribuída: 2 kN/m²;
- Carga Pontual: 0 kN;

Informações importantes:

- O Fator de Segurança de número de passagens de veículos considerado foi de 1, posto que o usual é que não ocorra passagem de veículos pesados;

7. CÁLCULO DOS ESFORÇOS

Abaixo são apresentados os cálculos para a obtenção dos esforços no piso.

JOTA BARROS PROJETOS
Cláudio José Queiroz Barros
Engº Civil - CREA 13419D-CE

Os cálculos dos esforços provenientes dos caminhões, empilhadeiras e pontuais foram realizados de acordo com as fórmulas de Meyerhof (1962).

Os cálculos das cargas distribuídas e lineares foram elaborados conforme formulações de Hetenyi, também apresentado por Concrete Society Technical Report: TR – 34.

Esta abordagem técnica detalhada é a única justificativa aceitável para assegurar que a nova infraestrutura, além de resolver o problema de acesso, terá uma vida útil superior a 20 anos, pondo fim ao histórico de calçadas destruídas e garantindo o pleno acesso de veículos de emergência.

CARGA DE CAMINHÃO

Carga por roda	Pr=	21	kN/roda
Pressão dos pneus	q=	0.7	MPa
Altura do Piso	h=	15	cm
Área de contato: $A = \frac{\Pr(N)}{q(MPa)}(m^2)$	A=	300	cm²
Raio da área de contato: $a = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$	a=	9.77	cm
Raio de rigidez: $l = \sqrt[4]{\frac{E(Pa)\cdot h^3(m)}{12\cdot(1-\mu^2)\cdot k(\frac{Pa}{m})}}(m)$	l=	61.87	cm
Momento fletor máximo inferior: $M^+ = \frac{Pr}{6\cdot\left(1+\frac{2a}{l}\right)}$	M⁺=	2.66	kN.m/m
Momento fletor máximo superior: $M^- = 0{,}60\cdot M^+$ *Obs.: Fórmula baseada em testes realizados por método dos elementos finitos*	M⁻=	1.6	kN.m/m

JOTA BARROS PROJETOS
Cláudio José Queiroz Barros
Engº Civil - CREA 13419D-CE

CARGA DISTRIBUÍDA

Característica conjunta do sistema: $\lambda = \sqrt[4]{\frac{3 \cdot k}{E \cdot h^3}}$	λ=	1.15	
Momento fletor máximo superior (Hetenyi): $M^- = \left(\frac{(0{,}168 \cdot Q)}{\lambda^2} \Big/ 1{,}5 \right) \cdot \gamma_c$ *O divisor de 1,5 se deve ao método de Hetenyi já tem um coeficiente de segurança de 1,5.*	M⁻=	0.24	kN.m/m
Momento fletor máximo inferior: $M^+ = 0{,}80 \cdot M^-$ *Obs.: Fórmula baseada em testes realizados por método dos elementos finitos*	M⁺=	0.19	kN.m/m

PONTUAL

Carga	Pp=	0	kN
Distância entre apoios	D_{ap}=	120	cm
Carga equivalente pela proximidade das cargas $C_2 = Carga \cdot \left(\frac{2 \cdot RaioRigidez - Dap/2}{2 \cdot RaioRigidez} \right) \cdot 2$	C_2=	0	kN
Largura X da placa de apoio	Lx=	10	cm
Largura Y da placa de apoio	Ly=	10	cm
Altura do Piso	h=	15	cm
Área de contato: $A = Lx \cdot Ly$	A=	0	cm²
Raio da área de contato: $a = \sqrt{A/\pi}$	a=	0	cm
Raio de rigidez: $l = \sqrt[4]{\frac{E(Pa) \cdot h^3(m)}{12 \cdot (1-\mu^2) \cdot k(\frac{Pa}{m})}}(m)$	l=	61.87	cm
Momento fletor máximo inferior:	M⁺=	0	kN.m/m

JOTA BARROS PROJETOS
Cláudio José Queiroz Barros
Engº Civil - CREA 13419D-CE

$M^+ = \frac{Pp}{6 \cdot \left(1 + \frac{2a}{l}\right)}$			
Momento fletor máximo superior: $M^- = 0{,}45 \cdot M^+$ *Obs.: Fórmula baseada em testes realizados por método dos elementos finitos*	M-=	0	kN.m/m

LINEAR

Carga	Pl=	0	kN /m
Altura do Piso	h=	15	cm
Característica conjunta do sistema: $\lambda = \sqrt[4]{\frac{3 \cdot k}{E \cdot h^3}}$	λ=	0	
Momento fletor máximo inferior: $M^+ = \left(\left(\frac{Pl}{4 \cdot \lambda}\right)/_{1{,}5}\right) \cdot \gamma_c$ *O divisor de 1,5 se deve ao método de Hetenyi já tem um coeficiente de segurança de 1,5.*	M+=	0	kN.m/m
Momento fletor máximo superior: $M^- = 0{,}58 \cdot M^+$ *Obs.: Fórmula baseada em testes realizados por método dos elementos finitos*	M-=	0	kN.m/m

8. DIMENSIONAMENTO

CÁLCULO DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO À TRAÇÃO

Resistência à tração média do concreto: $f_{ct,m} = 0{,}3 \cdot {f_{ck}}^{2/3}$	$f_{ct,m}$ =	2.56	MPa
Resistência à tração inferior característica do concreto: $f_{ctk,inf} = 0{,}7 \cdot f_{ct,m}$	$f_{ctk,inf}$ =	1.8	MPa
Resistência à tração na flexão do concreto: $f_{ct,d} = \frac{f_{ctk,inf}}{\gamma_c}$	$f_{ct,d}$ =	1.07	MPa

JOTA BARROS PROJETOS
Cláudio José Queiroz Barros
Engº Civil - CREA 13419D-CE

Coeficiente de Segurança para concreto simples NBR 6118 – 24.5.2.1: $\gamma_c = 1{,}4 \cdot 1{,}2$	$\gamma_c =$	1.68	
$\sigma_{ct,Rd} = 0.85 \cdot f_{ctd}$	$\sigma_{ct,Rd}$	0.91	MPa

RETRAÇÃO

Cálculo da armadura de retração:			
Peso específico do concreto	γ=	25	kN/m³
Comprimento	L=	300	cm
Largura	W=	100	cm
Altura do Piso	h=	15	cm
Coeficiente de atrito	f=	0.5	
Tensão de escoamento do aço	$fyk =$	600	MPa
$A_{s,ret} = \frac{f \cdot \gamma(\frac{kN}{m^3}) \cdot L(m) \cdot W(m) \cdot h(m)}{2 \cdot 0{,}75 \cdot {fyk(\frac{kN}{cm^2})}/{1{,}15}}$	$As,ret =$	0.07	cm²/m
Cálculo da tensão de retração:			
Força de retração: $Fr = f \cdot \gamma\left(\frac{kN}{m^3}\right) \cdot \frac{L(m)}{2} \cdot h(m) = (\frac{kN}{m})$	Fr=	2.81	kN/m
Tensão de retração: $\sigma r = \frac{Fr\ (\frac{kN}{m})}{h(cm) \cdot 100} = (\frac{kN}{cm^2})$	$\sigma r =$	0.02	MPa

DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO

Momento fletor máximo inferior:	M^+=	2.66	kN.m/m
Momento fletor máximo superior:	M^-=	1.6	kN.m/m
Tensão máxima Inferior: $\sigma_{max,inf} = \frac{M_{inf}}{W}$	$\sigma_{max,inf} =$	0.71	MPa
Módulo elástico do piso:	$W =$	3750	cm³

JOTA BARROS PROJETOS
Cláudio José Queiroz Barros
Engº Civil - CREA 13419D-CE

$W = {I}/{\frac{h}{2}}$			
Largura considerada	$b =$	100	cm
Inércia do piso: $I = \frac{b \cdot h^3}{12}$	$I =$	28125	cm4
Verificação da necessidade de armadura inferior: $\alpha_{max,inf} \leq \sigma_{ct,Rd}$		Não é necessária armadura inferior	
Cálculo da armadura superior			
Altura útil	$d =$	10.5	cm
Altura da linha neutra: $y = d\left(1 - \sqrt{1 - \frac{M_d}{0{,}425 f_{cd} \cdot b_w \cdot d^2}}\right)$	$y =$	0.1	cm
Cálculo da área de aço: $A_{s,Sup} = \frac{0{,}85 f_{cd} \cdot b_w}{f_{yd}} \cdot y$	$A_{s,Sup} =$	0.29	cm²/m
Armadura Final: $A_{s,Tot}^{-} = A_{s,Sup} + A_{s,ret}$	$A_{s,Tot}^{-} =$	1.51	cm²/m
Cálculo da armadura Inferior			
Altura útil	$d =$	12	cm
Altura da linha neutra: $y = d\left(1 - \sqrt{1 - \frac{M_d}{0{,}425 f_{cd} \cdot b_w \cdot d^2}}\right)$	$y =$	0.15	cm
Cálculo da área de aço: $A_{s,InfCalc} = \frac{0{,}85 f_{cd} \cdot b_w}{f_{yd}} \cdot y$	$A_{s,InfCalc} =$	0.43	cm²/m
Área de aço adotada:	$A_{s,Inf} =$	1.51	cm²/m
Cálculo da armadura Mínima NBR 6118 tabela 19.1 (considerado a armadura mínima para lajes armadas em duas direções):			
Armadura Mínima: $A_{s,min} = 0{,}001 \cdot AreaSeçãoTransversal$	$A_{s,min} =$	1.51	cm²/m

DIMENSIONAMENTO À PUNÇÃO

Tensão resistente na superfície crítica localizada no contorno do pilar (C): $\tau_{Rd2} = 0{,}27 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd}$	$\tau_{Rd2} =$	4.34	MPa

JOTA BARROS PROJETOS
Cláudio José Queiroz Barros
Engº Civil - CREA 13419D-CE

$\alpha_{v2} = \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$	$\alpha_{v2} =$	0.9	
Tensão resistente na superfície crítica localizada a 2d da face do pilar (C'): $\tau_{Rd1} = 0{,}13 \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{20}{d}}\right) \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3}$	$\tau_{Rd1} =$	0.49	MPa
$\rho = \frac{As_{inf}}{b \cdot h} < 0{,}02$	$\rho =$	0	%
Tensões solicitantes na superfície C: $\tau_{Sd}(C) = \frac{F_{Sd}}{u(C) \cdot d}$	$\tau_{Sd}(C) =$	0.29	MPa
Perímetro da superfície C:	$u(C) =$	61.4	cm
Altura útil:	$d =$	12	cm
Tensões solicitantes na superfície C': $\tau_{Sd}(C') = \frac{F_{Sd}}{u(C') \cdot d}$	$\tau_{Sd}(C') =$	0.08	MPa
Perímetro da superfície C':	$u(C') =$	212.2	cm
Verificação da superfície C: $\tau_{Sd}(C) \leq \tau_{Rd2}$		Aprovado	
Verificação da superfície C': $\tau_{Sd}(C') \leq \tau_{Rd1}$		Aprovado	

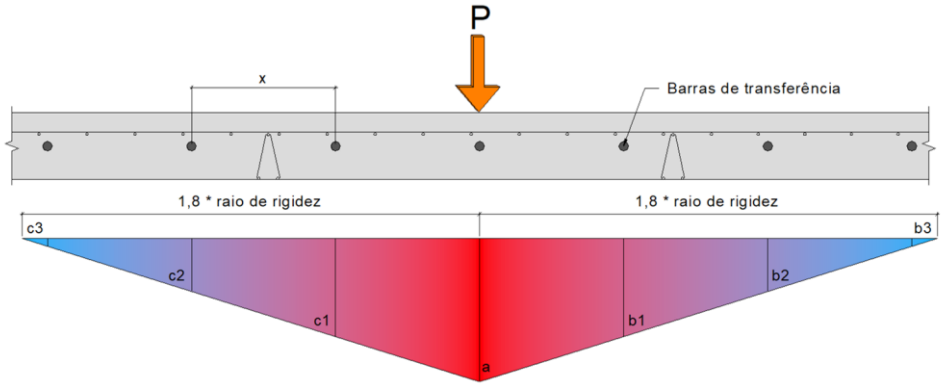
1.1. BARRAS DE TRANSFERÊNCIA

As barras de transferência são calculadas para resistir ao esforço cortante transmitido pelo concreto. O diâmetro mínimo das barras adotado segue a tabela abaixo:

Espessura do pavimento	Diâmetro da barra
10 cm ≤ 15 cm	12 mm
15cm ≤ 20 cm	16 mm
20 cm ≤ 25 cm	20 mm
25 cm ≤ 30 cm	25 mm
> 30 cm	32 mm

JOTA BARROS PROJETOS
Cláudio José Queiroz Barros
Engº Civil - CREA 13419D-CE

Cálculo da força cortante na barra de transferência:			

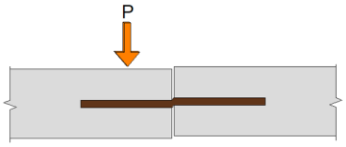
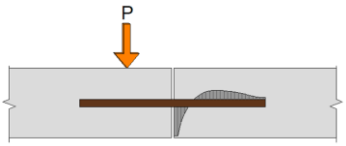


O **cálculo dos esforços** assume uma distribuição de tensões de **forma triangular**, sendo máxima no ponto (a) e reduzindo-se a zero na distância D.

Distância de contribuição $D = 1{,}8 \cdot l\,(\text{raio de rigidez})$	D=	111.36	cm
Distância entre as barras	x=	30	cm
Quantidade de barras $Q = \text{arredondarParaBaixo}\left(\frac{D}{x}\right)$	Q=	3	
Percentual de contribuição das barras $a = 1$ $b_i = c_i = 1 - \frac{n_i \cdot x}{D}$ $S = (b_1 + b_2 + \cdots + b_n)$	S=	1.38	
P = maior carga	P =	21	kN
Barra mais solicitada $Vd = \frac{P}{1 + 2 \cdot (S)}$	Vd =	5.57	kN

Dimensionamento das Barras de transferência:			
Altura do Pavimento	h=	15	cm
Coeficiente de segurança do concreto	γc=	1.4	
Coeficiente de segurança do aço/fibra	γc=	1.15 / 1.85	
Resistência à compressão de cálculo do concreto $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma c}$	f_{cd} =	17.86	MPa
Resistência característica da barra	f_{yk} =	250	MPa

JOTA BARROS PROJETOS
Cláudio José Queiroz Barros
Engº Civil - CREA 13419D-CE

Resistência de cálculo da barra $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma s}$	$f_{yd} =$	217.39	MPa
Diâmetro da barra de transferência	d=	16	mm
Capacidade de Cisalhamento			
			
$P_{sh,\ dowel} = 0{,}6 \cdot f_{yd} \cdot A_v$	$P_{sh,\ dowel}$	23.6	kN
$A_v =$ área de cisalhamento, considerada como 0.9 × a área da seção			
Capacidade de Esmagamento/Flexão			
			
$\alpha = 3 \cdot \frac{e}{2} \cdot \left[\left(f_{cd}/f_{yd}\right)^{0,5}\right] / d_d$	$\alpha =$	0.027	
$e =$ abertura da junta	$e =$	0.99	mm
$P_{max,\ dowel} = d^2 \cdot \left(f_{cd} \cdot f_{yd}\right)^{0,5} \cdot [(1+\alpha^2)^{0,5} - \alpha]$	$P_{max,\ dowe}$	15.53	kN
Capacidade máxima da barra			
$V_{Rd} = Min(P_{sh,\ dowel}, P_{max,\ dowel})$	$V_{Rd} =$	15.53	kN

9. RESPONSABILIDADES

Fornecidos pelos projetistas, o projeto e suas especificações são de sua responsabilidade. Entretanto, as responsabilidades de execução, independentes das especificações contidas em projeto, são da empresa contratada para execução dos serviços.

JOTA BARROS PROJETOS
Cláudio José Queiroz Barros
Engº Civil - CREA 13419D-CE