



ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
PREFEITURA MUNICIPAL DE COTIPORÃ
SECRETARIA DE PLANEJAMENTO

**PROJETO EXECUTIVO DE OBRA DE ARTE
ESPECIAL**
PONTE SOBRE O RIO CARREIRO

PROJETO EXECUTIVO – MEMORIAL DESCRITIVO

PROJETISTA: LIMINE CONSULTORIA E ENGENHARIA

JULHO/2025

Sumário

1	Memória descritiva e justificativa da obra	5
2	Literatura de referência	7
2.1	Normas	7
2.2	Manuais e especificações	7
2.3	Literatura complementar	7
2.4	Software	8
2.5	Requisitos	10
3	Critérios de projeto	11
3.1	Classe de agressividade	11
3.2	Qualidade do concreto	11
3.3	Cobrimento	12
3.4	Materiais	13
3.5	Armaduras máximas e mínimas	15
3.6	Emendas por transpasse	17
4	TERMO DE ENCERRAMENTO	20

Índice de Tabelas:

Tabela 1 – Definição dos eixos globais	9
Tabela 2 – Definição dos eixos de resultados	9
Tabela 3– Material das vigas pré-moldadas.....	13
Tabela 4 - Material capa da laje, laje elástica e transversinas	14
Tabela 5 - Materiais pilares, travessas e laje de transição	14
Tabela 6 - Materiais blocos de fundação e vigas de rigidez	14
Tabela 7 - Materiais das estacas.....	15
Tabela 8 - Materiais lajotas pré-moldadas e guarda rodas	15
Tabela 9 - Comprimento de ancoragem básico (lb), em cm.....	19
Tabela 10 - Comprimento de emenda por transpasse de barras tracionadas com mais de metade das barras emendadas na mesma seção, em cm	19

Índice de Figuras:

Figura 1 - Vista longitudinal da estrutura	5
Figura 2 - Cortes transversais da estrutura.....	6
Figura 3 – Convenção de sinais adotada pelo software STRAP	9
Figura 4 - Tabela 6.1 NBR6118/2023 - Classe de agressividade ambiental	11
Figura 5 - Tabela 7.1 NBR6118/2023 - Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto	12
Figura 6 - Tabela 7.2 NBR6118/2023 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm	12
Figura 7 - Tabela 17.3 — Taxas mínimas de armadura de flexão para vigas com seção retangular	15

1 MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA DA OBRA

O seguinte relatório apresenta os critérios de cálculo e as armaduras dos elementos que compõe a estrutura da ponte sobre o Rio Carreiro, entre os municípios de Cotiporã e Dois Lajeados.

A ponte possui cinco vãos de 26 metros de comprimento, totalizando aproximadamente 130 metros de estrutura. A largura da pista é de 8,40 metros, composta de duas faixas de rodagem, sem passeio e com acostamento. A estrutura é dividida em superestrutura, mesoestrutura, infraestrutura e elementos de encontro.

A superestrutura é composta pela laje de 25 cm (10 cm de lajota pré-moldada e 15 cm de capa moldada in loco), pelas transversinas retangulares e por três longarinas. A longarina possui seção variável, sendo de seção cheia sobre os apoios (2 metros para cada lado) e do tipo "I" nos demais trechos.

A mesoestrutura é composta pelas travessas de apoio, pelos aparelhos de apoio e por dois pilares circulares de 100 cm de diâmetro em cada um dos apoios.

A infraestrutura é composta por blocos quadrados, cada um disposto sob um pilar, conectados por uma viga de rigidez no sentido da largura da ponte. No encontro, cada bloco é assentado sobre 4 estacas e nos vãos correntes, sobre 8. A fundação será de estaca raiz com diâmetro de 355mm em solo (camisa metálica) e 310mm embutidas em rocha sã.

Os elementos de encontro são compostos por uma cortina de 30 cm de espessura, ala e laje de encontro.

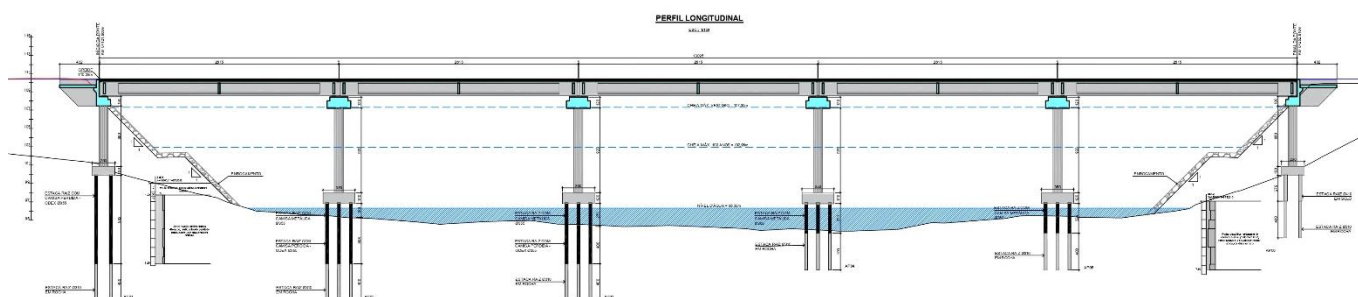


Figura 1 - Vista longitudinal da estrutura

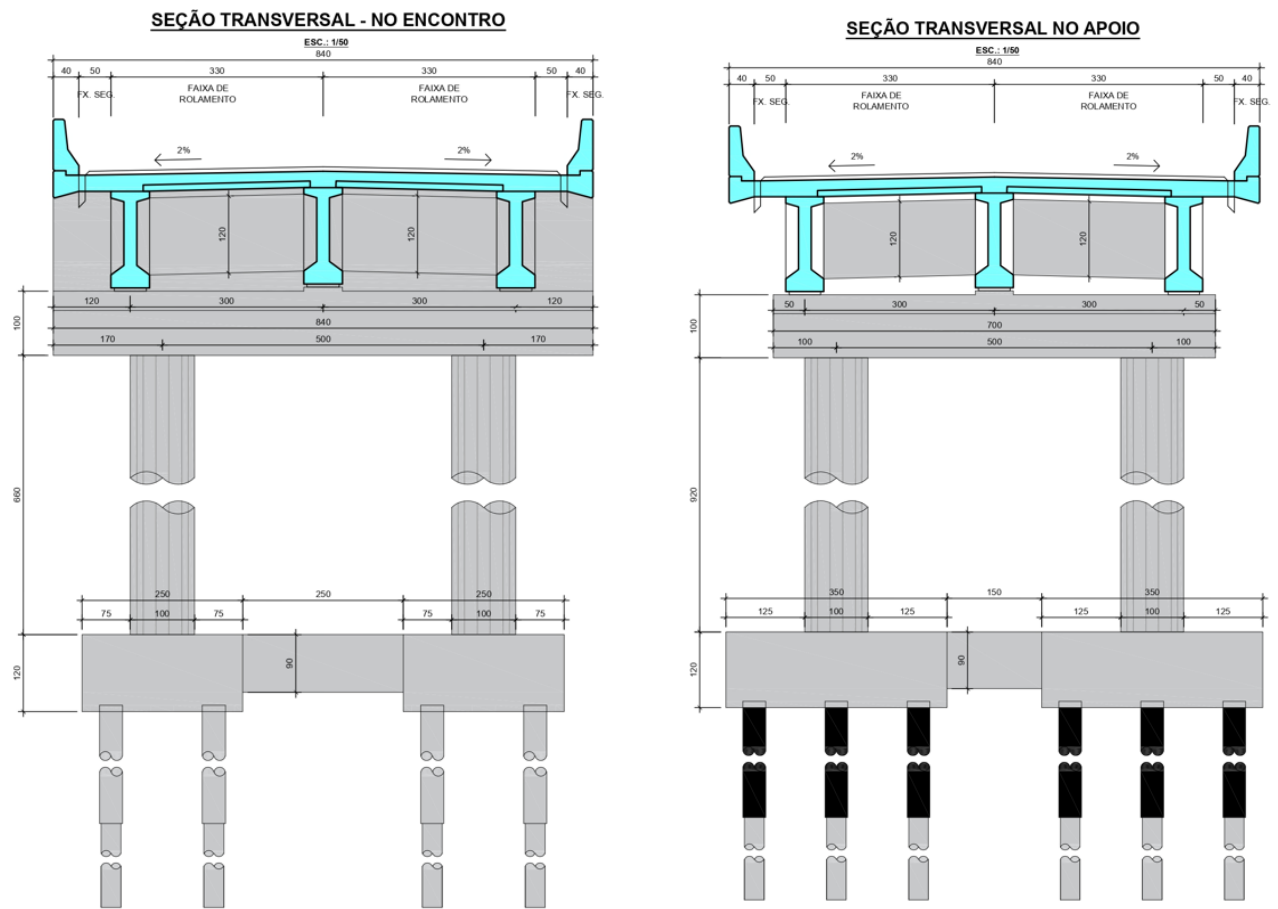


Figura 2 - Cortes transversais da estrutura

2 LITERATURA DE REFERÊNCIA

O projeto referente à obra de arte especial será executado de acordo com as normas e especificações vigentes citadas neste item.

2.1 NORMAS

NBR 7187/2021 - Projeto de pontes, viadutos e passarelas de concreto - ABNT;

NBR 7188/2024 - Ações devido ao tráfego de veículos rodoviários e de pedestres em pontes, viadutos e passarelas – ABNT;

NBR 6120/2019 - Ações para o cálculo de estruturas de edificações – ABNT;

NBR 6123/2023 - Forças devidas ao vento em edificações – ABNT;

NBR 8681/2003 - Ações e segurança nas estruturas – Procedimento – ABNT;

NBR 6118/2023 - Projeto de estruturas de concreto – ABNT;

NBR 6122/2022 - Projeto e execução de fundações – ABNT;

NBR 8800/2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios – ABNT;

NBR 9062/2017 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado – ABNT;

AASHTO LRFD – Bridge Design Specifications, 7th Edition, 2014.

2.2 MANUAIS E ESPECIFICAÇÕES

Manual de Projeto de Obras de Arte Especiais – DNER

Instrução de serviço para projeto de obras de arte especiais – DNIT

Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias - DNIT

Norma de Inspeções de Pontes - DNIT,

2.3 LITERATURA COMPLEMENTAR

Bridge Bearings and Expansion Joints - D. Lee.

Concreto Armado - M. Moraes.

Concreto armado - Volume 1 - W. Pfeil.

Concreto armado - Volume 2 - W. Pfeil.

Concreto Armado - Volume I - A. Moreira. da Rocha.

Concreto Armado - Volume II - A. Moreira da Rocha.

Concreto Armado e Protendido - H. Rüsch.

Concreto armado e protendido - J. Masson

Construções de concreto armado - F. Leonhardt.

Curso de Concreto Armado - Volume I - J.C. Sússekind.

Curso de Concreto Armado - Volume II - J.C. Sússekind.

Dimensionamento do concreto armado - W. Pfeil.

Hormigón Armado - J. Montoya.

Pontes em concreto armado - W. Pfeil

Pontes metálicas e mistas em viga reta: projeto e cálculo - J. Masson.

Pontes superestrutura - C. O'Connor.

Técnica de armar as estruturas de concreto - P. Fusco.

2.4 SOFTWARE

Para a determinação das solicitações será utilizado o programa computacional STRAP (Structural Analysis Program), versão PRO ADVANCED 2024. Este programa será utilizado para a definição da geometria do modelo e das cargas sobre a estrutura, assim como para o cálculo e extração de resultados.

Para facilitar a construção e o processamento do modelo estrutural foi realizado o lançamento de uma parte representativa da estrutura, sem prejuízos à análise estrutural, visando otimizar o processo de cálculo. De maneira geral, o procedimento adotado no programa está dividido nas seguintes etapas:

- Geração da geometria: determinação das propriedades mecânicas e geométricas das barras (elementos lineares), dos elementos (elementos de superfície) e sólidos (elementos de volume);
- Definição das condições de contorno (rótulas, apoios simples, engastes etc.);
- Definição dos carregamentos considerados (peso próprio, sobrecargas, cargas moveis, vento etc.);
- Cálculo e processamento do modelo;
- Verificação e extração dos resultados.

2.4.1 Convenções adotadas

- Eixos locais e eixos globais

Os eixos locais (x_1 , x_2 e x_3) são escritos com letra minúscula e dependem da orientação de cada peça. Os eixos globais são definidos da seguinte forma: o eixo X deve ser paralelo à direção longitudinal da pista (comprimento), o eixo Y à direção transversal (largura) e o eixo Z à elevação (altura). No STRAP, esses eixos têm as seguintes correspondências e são escritos com letra maiúscula:

	Usual	STRAP
Comprimento	X	X1
Largura	Y	X2
Altura	Z	X3

Tabela 1 – Definição dos eixos globais

- Sinais

A convenção de sinais utilizada pelo software difere da convenção usualmente adotada no Brasil, na qual valores positivos representam tração na face inferior do elemento, enquanto os valores negativos representam tração na face superior. Nas figuras dos diagramas de solicitações apresentados neste relatório, os valores positivos representam tração na face superior do elemento, enquanto os valores negativos representam tração na face inferior, conforme mostrado na Figura 3.

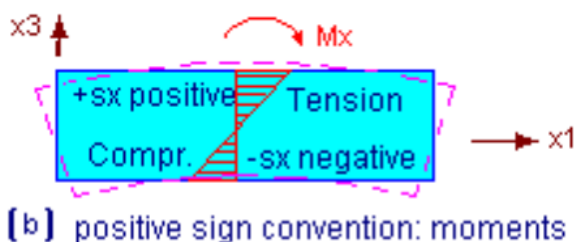


Figura 3 – Convenção de sinais adotada pelo software STRAP

- Eixos de resultados para elementos contínuos

Nos diagramas de elementos contínuos como lajes, cortina e ala, os momentos são apresentados em dois eixos de resultado, X e Y. Para cada um destes elementos, X e Y correspondem a um sentido.

Elemento contínuo	Eixo X	Eixo Y
Laje do tabuleiro	Sentido X1 global	Sentido X2 global
Laje elástica	Sentido X2 global	Sentido X1 global
Laje de transição	Sentido X2 global	Sentido X1 global
Cortina	Sentido X2 global	Sentido X3 global
Ala	Sentido X2 global	Sentido X3 global

Tabela 2 – Definição dos eixos de resultados

2.5 REQUISITOS

Em conformidade com a Norma NBR 6118, da qual são transcritos os termos específicos e definições, a estrutura de concreto deve atender aos requisitos mínimos de qualidade durante sua construção e serviço, e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto entre o autor do projeto estrutural e o contratante. Os requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto são classificados em três grupos distintos a seguir relacionados:

- Estabilidade e segurança à ruína: Consiste no atendimento aos estados-limite últimos definidos e na segurança à ruptura;
- Comportamento em serviço: Consiste no atendimento aos estados-limite de serviço definidos e na capacidade da estrutura de manter-se em condições plenas de utilização, não devendo apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente o uso para o qual foi projetada;
- Durabilidade: Consiste na capacidade da estrutura de resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e pelo contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.

3 CRITÉRIOS DE PROJETO

A estrutura de concreto deve ser construída de modo que sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto conserve sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil.

3.1 CLASSE DE AGRESSIVIDADE

A agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas de concreto. No projeto da estrutura corrente, foi considerada a Classe de Agressividade Ambiental II de acordo com a *Figura 4 - Tabela 6.1 NBR6118/2023 - Classe de agressividade ambiental*.

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Frac	Rural	Insignificante
		Submerso	
II	Moderada	Urbano ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinho ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas, elementos em contato com solo contaminado ou água subterrânea contaminada.

Figura 4 - Tabela 6.1 NBR6118/2023 - Classe de agressividade ambiental

3.2 QUALIDADE DO CONCRETO

A durabilidade das estruturas é altamente dependente das características do concreto e da espessura e qualidade do concreto do cobrimento da armadura, a *Figura 5 - Tabela 7.1 NBR6118/2023 - Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto* apresenta os requisitos mínimos a serem adotados.

Tabela 7.1 – Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

Concreto ^a	Tipo ^{b, c}	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

^a O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.
^b CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.
^c CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Figura 5 - Tabela 7.1 NBR6118/2023 - Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

3.3 COBRIMENTO

De acordo com a norma os cobrimentos nominais e mínimos para as peças de concreto ficam assim definidos, conforme *Figura 6 - Tabela 7.2 NBR6118/2023 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm*. De maneira geral, é adotado 40 mm de cobrimento em elementos enterrados ou em contato com o solo, e 30 mm para todas as demais peças, inclusive para a armadura frouxa de elementos protendidos.

Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga ^b /pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.
^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.
^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.
^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Figura 6 - Tabela 7.2 NBR6118/2023 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

3.4 MATERIAIS

O módulo de elasticidade secante (E_{cs}), apresentado nas tabelas abaixo, é calculado de acordo com a formulação apresentada no item 8.2.8 da NBR 6118, conforme segue:

$$E_{cs} = \alpha_i \times E_{ci}$$

$$\alpha_i = 0,8 + 0,2 \frac{f_{ck}}{80} \leq 1,0$$

Para concretos com $f_{ck} \leq 50$ MPa:

$$E_{ci} = \alpha_E \times 5600 \times \sqrt{f_{ck}}$$

O coeficiente α_E é função do agregado graúdo utilizado; aqui é adotado o valor:

$$\alpha_E = 1,0 \text{ para granito e gnaiss}$$

3.4.1 Superestrutura: Vigas pré-moldadas protendidas

De acordo com a Tabela 3— Material das vigas pré-moldadas

Concreto	$f_{ck}=35$ Mpa	Módulo de elasticidade secante = 29403 MPa
Aço armadura passiva	CA 50 A	Resistência característica ao escoamento = 500 Mpa
Aço armadura ativa	CP 190 RB	Resistência característica ao escoamento = 1900 Mpa

Tabela 3— Material das vigas pré-moldadas

3.4.2 Superestrutura: Capa da laje, laje elástica e transversinas

De acordo com a Tabela 4 - Material capa da laje, laje elástica e transversinas.

Concreto	$f_{ck}=35$ Mpa	Módulo de elasticidade secante = 29403 MPa
Aço armadura passiva	CA 50 A	Resistência característica ao escoamento = 500 Mpa

Tabela 4 - Material capa da laje, laje elástica e transversinas

3.4.3 Mesoestrutura: pilares e travessas de apoio, e lajes de transição e vigas de travamento (quando houver)

De acordo com a *Tabela 5 - Materiais pilares, travessas e laje de transição*

Concreto	$f_{ck}=30$ Mpa	Módulo de elasticidade secante = 26838 MPa
Aço armadura passiva	CA 50 A	Resistência característica ao escoamento = 500 Mpa

Tabela 5 - Materiais pilares, travessas e laje de transição

3.4.4 Infraestrutura: blocos de fundação e vigas de rigidez

De acordo com a *Tabela 6 - Materiais blocos de fundação e vigas de rigidez*.

Concreto	$f_{ck}=30$ Mpa	Módulo de elasticidade secante = 26838 MPa
Aço armadura passiva	CA 50 A	Resistência característica ao escoamento = 500 Mpa

Tabela 6 - Materiais blocos de fundação e vigas de rigidez

3.4.5 Fundação: estacas raiz encamisadas

De acordo com a *Tabela 7 - Materiais das estacas*.

Concreto	$f_{ck}=30$ Mpa	Módulo de elasticidade secante = 26838 MPa
Aço armadura passiva	CA 50 A	Resistência característica ao escoamento = 500 Mpa

Tabela 7 - Materiais das estacas

3.4.6 Serviços complementares: lajotas pré-moldadas, guarda rodas e encontro (cortina, alas e laje de transição)

De acordo com a Tabela 8 - Materiais lajotas pré-moldadas e guarda rodas.

Concreto	$f_{ck}=30$ Mpa	Módulo de elasticidade secante = 26838 MPa
Aço armadura passiva	CA 50 A	Resistência característica ao escoamento = 500 Mpa

Tabela 8 - Materiais lajotas pré-moldadas e guarda rodas

3.5 ARMADURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS

3.5.1 Vigas

As taxas mínimas de armaduras longitudinais de vigas são determinadas em função do f_{ck} do concreto, de acordo com a Tabela 17.3 da NBR 6118, apresentada na Figura 7.

Tabela 17.3 – Taxas mínimas de armadura de flexão para vigas com seção transversal retangular

f_{ck} MPa	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
$\rho_{min} = A_{s,min}/A_c^a$ %	0,150	0,150	0,150	0,164	0,179	0,194	0,208	0,211	0,219	0,226	0,233	0,239	0,245	0,251	0,256
^a Os valores de ρ_{min} estabelecidos nesta Tabela pressupõem o uso de aço CA-50, $d/h = 0,8$ e $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$. Caso esses fatores sejam diferentes, ρ_{min} deve ser recalculado.															

Figura 7 - Tabela 17.3 — Taxas mínimas de armadura de flexão para vigas com seção retangular

A taxa máxima adotada segue o prescrito no item 17.3.5.2.4 da NBR 6118, o qual limita a soma das armaduras de tração (A_s) e compressão (A_s') a 4% A_c , onde A_c é a área da seção bruta de concreto; este limite não se aplica às zonas de emendas.

A taxa mínima de estribo, de acordo com o item 17.4.1.1.1 da NBR6118, para concretos de $f_{ck} \leq 50$ MPa, deve ser maior ou igual a:

$$\rho_{sw} \geq 0,2 \frac{f_{ct,m} \left(= 0,3 \times f_{ck}^{\frac{2}{3}} \right)}{f_{ywk}}$$

$$- \text{ Para concretos C30: } \rho_{sw} \geq 0,2 \frac{0,3 \times 30^{\frac{2}{3}}}{500 \text{ MPa}} = 0,12\%$$

$$- \text{ Para concretos C35: } \rho_{sw} \geq 0,2 \frac{0,3 \times 35^{\frac{2}{3}}}{500 \text{ MPa}} = 0,13\%$$

A área de armadura de pele necessária, apresentada no item 17.3.5.2.3 da NBR 6118, é calculada como 0,10% $A_{c,alma}$ por face, sendo $A_{c,alma}$ a área da alma da seção bruta, e deve ser composta por barras dispostas ao longo das faces da alma com espaçamento menor ou igual a 20 cm. Porém, a norma pontua que não é necessário dispor uma área de armadura superior a 5 cm²/m por face. Ademais, é informado que essa armadura pode ser dispensada em vigas de altura menor que 60 cm.

3.5.2 Lajes

Para determinação das taxas mínimas e máximas das armaduras longitudinais de lajes são adotados os mesmos critérios das vigas.

3.5.3 Pilares

Para pilares, o item 17.3.5.3.1 da NBR 6118 estabelece uma área mínima de armadura igual a 0,40% A_c , sendo A_c a área da seção bruta, e uma área de armadura máxima de 8% da seção, porém este limite deve englobar as regiões de transpasse de barras. Além disso, o item 18.4.2 apresenta alguns critérios para a armação de pilares:

- O diâmetro das barras longitudinais não pode ser inferior a 10 mm nem superior a 1/8 da menor dimensão transversal;
- O espaçamento máximo entre eixos das barras, ou de centros de feixes de barras, deve ser menor ou igual a duas vezes a menor dimensão da seção no trecho considerado, sem exceder 400 mm.

Segundo o item 18.4.3, “o diâmetro dos estribos em pilares não pode ser inferior a 5 mm nem a 1/4 do diâmetro da barra isolada ou do diâmetro equivalente do feixe que constitui a armadura longitudinal.” Ademais, o espaçamento longitudinal de estribos deve ser limitado ao menor dos seguintes

valores: 200 mm, menor dimensão da seção e 12 vezes o diâmetro da armadura longitudinal de aço CA-50.

3.5.4 Blocos

Segundo o item 22.7.4.1.2 da NBR 6118: “deve ser prevista armadura positiva adicional, independentemente da armadura principal de flexão, em malha uniformemente distribuída em duas direções ortogonais correspondente a 20 % do total das forças de tração em cada uma delas.” Esta malha é adotada em ambas as direções, tanto na face inferior (positiva), conforme estipulado em norma, quanto na face superior (negativa), por questões construtivas e para limitar a fissuração do concreto.

3.5.5 Estacas

Para determinação das taxas mínimas e máximas das armaduras longitudinais, bem como da armadura transversal de estacas são adotados os mesmos critérios dos pilares.

3.6 EMENDAS POR TRASPASSE

Para o detalhamento das armaduras com emendas deverão ser utilizados os comprimentos dos traspasses calculados na sequência.

- Comprimento de ancoragem reta: $l_b = \frac{\phi f_{yd}}{4 f_{bd}}$

Sendo:

$$f_{bd} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 f_{ctd}$$

$$\eta_1 = 2,25 \text{ (Aço CA-50 barra alta aderência)}$$

$$\eta_2 = 1,0 \text{ (para situação de boa aderência) ou } 0,7 \text{ (para situação de má aderência)}$$

$$\eta_3 = 1,0 \text{ (para barra com } \phi < 32\text{mm)}$$

- Resistência de aderência à tração: $f_{ctd} = \frac{0,21}{1,4} \sqrt[3]{f_{ck}^2}$
- Resistência ao escoamento característica: $f_{yd} = \frac{f_{ck}}{1,15}$

Para o concreto com **$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$** , tem-se:

$$f_{ctd} = \frac{0,21}{1,4} \sqrt[3]{35^2} = 1,605 \text{ MPa}$$

Tensão de aderência:

$$f_{bd} = 2,25 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,605 = 3,611 \text{ MPa (boa aderência)}$$

$$f_{bd} = 2,25 \times 0,7 \times 1,0 \times 1,605 = 2,528 \text{ MPa (má aderência)}$$

Comprimento de ancoragem para o aço CA-50:

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa} \rightarrow f_{yd} = \frac{500}{1,15} \cong 435 \text{ MPa}$$

$$l_b = \frac{\emptyset f_{yd}}{4 f_{bd}} = \frac{\emptyset}{4} \times \frac{435}{3,611} \cong 30\emptyset \text{ (posição de boa aderência)}$$

$$l_b = \frac{\emptyset f_{yd}}{4 f_{bd}} = \frac{\emptyset}{4} \times \frac{435}{2,528} \cong 43\emptyset \text{ (posição de má aderência)}$$

Para o concreto com **$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$** , tem-se:

$$f_{ctd} = \frac{0,21}{1,4} \sqrt[3]{30^2} = 1,448 \text{ MPa}$$

Tensão de aderência:

$$f_{bd} = 2,25 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,448 = 3,258 \text{ MPa (boa aderência)}$$

$$f_{bd} = 2,25 \times 0,7 \times 1,0 \times 1,448 = 2,281 \text{ MPa (má aderência)}$$

Comprimento de ancoragem para o aço CA-50 com

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa} \rightarrow f_{yd} = \frac{500}{1,15} \cong 435 \text{ MPa}$$

$$l_b = \frac{\emptyset f_{yd}}{4 f_{bd}} = \frac{\emptyset}{4} \times \frac{435}{3,258} \cong 34\emptyset \text{ (posição de boa aderência)}$$

$$l_b = \frac{\emptyset f_{yd}}{4 f_{bd}} = \frac{\emptyset}{4} \times \frac{435}{2,281} \cong 48\emptyset \text{ (posição de má aderência)}$$

Os valores acima calculados são resumidos na *Tabela 9 - Comprimento de ancoragem básico (l_b), em cm*, e na *Tabela 10 - Comprimento de emenda por transpasse de barras tracionadas com mais de metade das barras emendadas na mesma seção, em cm*, a seguir.

Comprimento de ancoragem básica – lb (cm)						
Ø	Região de boa aderência			Região de má aderência		
	C30	C35	C40	C30	C35	C40
6,3	22	20	18	31	28	26
8,0	28	25	23	39	36	33
10,0	34	31	28	48	44	40
12,5	43	39	35	60	55	50
16,0	55	50	45	77	71	65
20,0	68	62	56	96	88	80
25,0	85	78	70	120	110	100

Tabela 9 - Comprimento de ancoragem básico (lb), em cm

Comprimento de emenda por transpasse de barras tracionadas ($lb \times \alpha_{ot}$) com mais da metade das barras emendadas na mesma seção ($\alpha_{ot} = 2,0$) (cm)						
Ø	Região de boa aderência			Região de má aderência		
	C30	C35	C40	C30	C35	C40
6,3	44	40	36	62	56	52
8,0	56	50	46	78	72	66
10,0	68	62	56	96	88	80
12,5	86	78	70	120	110	100
16,0	110	100	90	154	142	130
20,0	136	124	112	192	176	160
25,0	170	156	140	240	220	200

Tabela 10 - Comprimento de emenda por transpasse de barras tracionadas com mais de metade das barras emendadas na mesma seção, em cm

4 TERMO DE ENCERRAMENTO

O presente volume, denominado Memorial descritivo de Obra de Arte Especial – Ponte sobre o Rio Carreiro, contém 23 páginas.

Porto Alegre, 31 de julho de 2025.

Eng. Giovanna Bonesso Peixoto
CREA/RS 180.530
Coordenador Geral