

MEMORIAL DE CÁLCULO

1. APRESENTAÇÃO:

Proprietário: Município de Canudos do Vale/RS

Endereço: Rua João José Briesch, 457, Bairro Centro, Canudos do Vale/RS

Local da Obra: Alta Forquetinha, Canudos do Vale/RS.

Geolocalização: Latitude -29.289866, Longitude -52.284150°

Tipo de Obra: Construção de Ponte em concreto pré-fabricado

Comprimento: 70m

Largura: 5m

Área: 350 m².

2. GENERALIDADES:

O presente memorial tem por objetivo orientar a elaboração do projeto estrutural da ponte com estrutura em concreto armado 5m de largura e 70,00m de comprimento, TB450, para estradas vicinais, que estará localizada sobre o rio Forquetinha na localidade de Alta Forquetinha, no Município de Canudos do Vale/RS.

A seção transversal desta obra comporta pista de rolamento, protegida lateralmente, em toda a extensão da obra, por guarda-corpo e guarda-rodas. O projeto básico foi também concebido de acordo com o preconizado nas Normas Brasileiras, em particular a NBR 7187/2003 e NBR 6118 /2014.

A superestrutura da ponte é constituída por três vãos, sendo o central com comprimento de 22,70m e os dois vãos nas extremidades com 21,30m de comprimento. Todos os vãos são constituídos por vigas longarinas apoiadas sobre as travessas.

A mesoestrutura dos encontros será composta por uma travessa para sustentação da OAE, garantindo a estabilidade e resistência da estrutura. Na extremidade da ponte, haverá uma cortina com alas para contenção do aterro, proporcionando suporte adicional e prevenindo a erosão.

A infraestrutura será formada por estacas raiz e blocos de concreto armado, sendo os blocos travados através de vigas, assegurando a integridade e durabilidade da fundação.

A estrutura deverá ser dimensionada para absorver as cargas resultantes da transferência dos esforços verticais e horizontais da superestrutura. Esforços adicionais devem ser considerados de acordo com as Normas Brasileiras em especial a NBR 6118/2014.

Os serviços executados e os materiais utilizados deverão observar rigorosamente os projetos, memoriais e especificações técnicas.

3. NORMAS TÉCNICAS

Para execução do projeto executivo e de projeto da OAE foram utilizadas as seguintes instruções normativas e instruções de projetos:

- Deve-se seguir as seguintes normas NBR:
- DNER-EM 034/97 - Água para concreto.
- DNER-EM 036/95 - Recebimento e aceitação de cimento Portland comum e Portland de alto forno.
- DNER-EM 037/97 - Agregado graúdo para concreto de cimento.
- DNER-EM 038/97 - Agregado miúdo para concreto de cimento.
- ABNT NBR - 5738/2015 - Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de Concreto.
- ABNT NBR - 5746/1977 - Análise química de cimento Portland - determinação do enxofre na forma de sulfeto.
- ABNT NBR - 5739/2007 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.
- ABNT NBR - 6120/1980 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.
- ABNT NBR - 5750/1992 - Amostragem de concreto fresco.
- ABNT NBR - 6118/2014 - Projeto e execução de obras de concreto armado.
- ABNT NBR - 6122/2010 - Projeto e execução de fundações.
- ABNT NBR - 6123/1988 - Forças devidas ao vento em edificações.
- ABNT NBR - 7187/2003 - Projeto e execução de pontes de concreto armado e protendido.
- ABNT NBR - 7188/2013 - Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas.
- ABNT NBR - 7212/2012 - Execução de concreto dosado em central.
- ABNT NBR - 7223/1992 - Concreto - determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.
- ABNT NBR - 7480/2007 - Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação.
- ABNT NBR - 7681/2013 - Calda de cimento para injeção.
- ABNT NBR - 7682/1983 - Calda de cimento - determinação do índice de fluidez.
- ABNT NBR - 7683/1983 - Calda de cimento - determinação dos índices de exsudação e expansão.

- ABNT NBR - 7684/1983 - Calda de cimento - determinação da resistência à compressão.
- ABNT NBR - 7685/1983 - Calda de cimento - determinação de vida útil.
- ABNT NBR - 8681/2003 - Ações e segurança nas estruturas – Procedimento.
- ABNT NBR - 8953/2015 - Concreto para fins estruturais - classificação por grupos de resistência.
- ABNT NBR - 9062/2006 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.
- ABNT NBR - 9606/1992 - Determinação da consistência pelo espalhamento do tronco de cone.
- ABNT NBR - 10839/1989 - Execução de obras de arte especiais em concreto armado e protendido.
- ABNT NBR - 12655/2015 - Preparo, controle e recebimento do concreto.
- Manual de Construção de Obras de Arte Especiais - DNER, 1996.

4. PARÂMETROS DE PROJETO

4.1 MATERIAIS

A estrutura é composta por concreto armado na infraestrutura na Mesoestrutura e na superestrutura. As tabelas a seguir apresentam as propriedades dos materiais estruturais utilizados nas análises.

Tabela 1 – Classe de resistência dos elementos estruturais em concreto.

Elemento	Classe de Resistência	Fator água cimento A/C	Consumo mínimo de cimento	α_E	E_{ci} (GPa)	E_{cs} (GPa)	$f_{ctk,inf}$ (MPa)	ν - Coef de Poisson
Superestrutura	C50	≤0,55	≥ 350 kg/m ³	1,0	30,7	26,1	2,03	0,20
Mesoestrutura (Travessa e Pilares)	C30			1,0	30,7	26,1	2,03	0,20
Infraestrutura	C30 (bloco de coroamento)			1,0	30,7	26,1	2,03	0,20
	C40 (estaca raiz)			1,0	30,7	26,1	2,03	0,20

Tabela 2 – Aço Estrutural – Armadura Passiva.

Tipo de Aço	E_s (GPa)	f_{yk} (MPa)
CA-50	210	500

Foram adotadas as seguintes propriedades físicas dos materiais:

- Massa específica do concreto armado: $\gamma_{\text{concreto}}=25 \text{ kN/m}^3$;
- Massa específica do aço: $\gamma_{\text{aço}}=78,5 \text{ kN/m}^3$;
- Coeficiente de dilatação térmica do concreto e do aço: $\alpha = 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$;
- Coeficiente de minoração do concreto: $\gamma_c=1,4$;
- Coeficiente de minoração do aço: $\gamma_s=1,15$.

4.2 CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL

Segundo a ABNT NBR 6118 (2014) nos projetos de estruturas correntes, a agressividade ambiental deve ser classificada de acordo com as condições de exposição da estrutura ou de suas partes. O local de implantação a OAE em cena detém as seguintes características:

- Classe de agressividade ambiental II – CAA II;
- Agressividade: Moderada;
- Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto: rural;
- Risco de deterioração da estrutura: Pequeno;
- Umidade relativa do ar: 70%;
- Temperatura ambiente considerada: 20°C.

Assim sendo, foi adotado em atendimento às exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura da OAE em cena os seguintes parâmetros:

- Cobrimento das armaduras $\geq 30\text{mm}$;
- Abertura de fissura $\leq 0,3\text{mm}$ (ELS-W – combinação frequente).

4.3 AÇÕES

Segundo a ABNT NBR 8681 (2003) as ações impostas nas estruturas são as ações permanentes, acidentais (variáveis) e as excepcionais. Para a OAE em cena as ações adotadas foram:

- Permanentes: peso próprio das peças estruturais, empuxo de terra;
- Acidentais (variáveis): TB-450 (ABNT NBR 7188:2013), frenagem e aceleração (ABNT NBR 7188:2013), variação térmica e retração, vento (ABNT NBR 6123:1988);
- Excepcionais: Ação horizontal na barreira rígida e manutenção (macaqueamento) dos aparelhos de apoio.

4.4 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DAS PEÇAS ESTRUTURAIS

Para atender as condições de dimensionamento em ELU e ELS foram adotados os seguintes critérios: Coeficiente de majoração das ações permanentes: 1,35 (desfavorável);

- Coeficiente de minoração das ações permanentes: 0,90 (favorável);
- Coeficiente de majoração das ações variáveis: 1,5 (desfavorável);
- Coeficiente de minoração das ações variáveis: 0,0 (favorável);
- Máxima variação das tensões nas armaduras: $\Delta_{fsd, fad, min} = 175$ MPa;
- Parâmetro de resistência de aderência entre armadura e concreto:
 - $\eta_1 = 2,25$;
 - $\eta_2 = 1,0$ para boa aderência e $\eta_2 = 0,7$ para má aderência;
 - $\eta_3 = 1,0$;
- Emendas das barras por traspasse.

4.5 COEFICIENTE DE IMPACTO

Os coeficientes de impacto, conforme NBR 7188:2013, são apresentados a seguir:

$$\begin{aligned} N &:= 1 & \text{Duas faixas} & & \text{Concreto armado} \\ L &:= 22.7 \text{ m} & B &:= 5 \text{ m} & l_1 := 2.5 \quad l_2 := 15 \quad l_3 := 2.5 \text{ m} & l_{iv} := \frac{(l_1 + l_2 + l_3)}{3} = 6.7 \text{ m} \\ & & & & & + \\ CIA &:= 1.25 & CNF &:= 1 - 0.05 \cdot (N - 2) = 1.05 & CIV &:= \text{if}(l_{iv} \leq 10, 1.25, \left(1 + 1.06 \cdot \left(\frac{20}{l_{iv} + 50}\right)\right)) = 1.25 \\ \varphi &:= CIV \cdot CNF \cdot CIA & & & & \varphi = 1.64 \end{aligned}$$

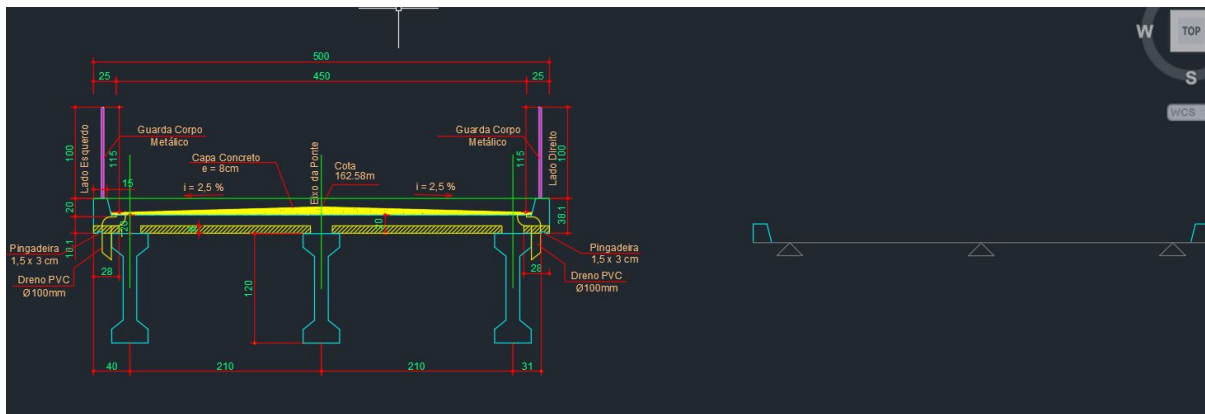
5. ANÁLISE ESTRUTURAL

Os esforços internos e reações de apoio da estrutura foram obtidos a partir de modelo analítico de vigas independentes.

5.1 SISTEMA ESTRUTURAL

A geometria do modelo seguiu o projeto de formas. As superfícies dos elementos foram locadas na seção média dos elementos estruturais. O sistema estrutural na transversal é representado o tabuleiro apoiado em três apoios.

Figura 4 – Sistema estrutural na transversal.



Na longitudinal, para o cálculo da estrutura deve ser usado o maior vão, a estrutura da OAE é isostática, com dimensões total de 22,7 metros.

5.2 CARREGAMENTOS

5.3 Permanente

5.3.1 Peso Próprio

O peso próprio foi calculado conforme a geometria apresentada na planta de forma da OAE. Logo, para os elementos foram considerados:

- A região de influência das ações das vigas, considerando a distância entre eixo de faixas de influência;
- As barreiras New Jersey foram consideradas como carregamento distribuído em área no tabuleiro;
- Foi considerado um carregamento adicional de recapeamento de $2,0 \text{ kN/m}^2$;
- As transversinas foram consideradas como ações pontuais no meio do vão e nos apoios;
- Nas extremidades foram consideradas como ações pontuais as ações das cortinas e das alas.

Abaixo são apresentadas de forma detalhada as memórias de cálculo das ações permanentes.

$$\begin{aligned}
 \gamma_c &:= 25 \quad \text{kN/m}^3 & \gamma_{c\text{buq}} &:= 24 \quad \text{kN/m}^3 & A_{\text{viga}} &:= 0.28 \quad \text{m}^2 & h_{\text{viga}} &:= 1.2 \quad \text{m} \\
 pp_{\text{viga}} &:= \frac{(A_{\text{viga}} \cdot h_{\text{viga}})}{L} \cdot \gamma_c & pp_{\text{viga}} &= 0.4 \quad \text{kN/m} \\
 A_{\text{LajeeNewJersey}} &:= 0.53 \quad \text{m}^2 & pp_{\text{LajeeNewJersey}} &:= (A_{\text{LajeeNewJersey}} \cdot \gamma_c) & pp_{\text{LajeeNewJersey}} &= 13.3 \quad \text{kN/m} \\
 A_{\text{C\text{BUQ}}} &:= 0.13 \quad \text{m}^2 & pp_{\text{C\text{BUQ}}} &:= \gamma_{c\text{buq}} \cdot A_{\text{C\text{BUQ}}} & pp_{\text{C\text{BUQ}}} &= 3.1 \quad \text{kN/m} \\
 \sigma_{\text{recapeamento}} &:= 2 \quad \text{kN/m}^2 & pp_{\text{recapeamento}} &:= \sigma_{\text{recapeamento}} \cdot \frac{B}{2} = 5 \quad \text{kN/m}
 \end{aligned}$$

Ações pontuais de origem das transversinas:

$$\begin{aligned}
 b_{\text{apolo}} &:= 0.6 \quad \text{m} & h_{\text{apolo}} &:= 1.7 \quad \text{m} & c_{\text{apolo}} &:= 4 \quad \text{m} \\
 b_{\text{vao}} &:= 0.2 \quad \text{m} & h_{\text{vao}} &:= 1.7 \quad \text{m} & c_{\text{vao}} &:= 4.4 \quad \text{m} \\
 G_{\text{T\text{apolo}}} &:= b_{\text{apolo}} \cdot h_{\text{apolo}} \cdot c_{\text{apolo}} \cdot \frac{\gamma_c}{2} = 51 \quad \text{kN} & & & & x=2,5\text{m}; 10,23\text{m}; 17,76\text{m} \\
 G_{\text{T\text{vao}}} &:= b_{\text{vao}} \cdot h_{\text{vao}} \cdot c_{\text{vao}} \cdot \frac{\gamma_c}{2} = 18.7 \quad \text{kN} & & & & x=10\text{m}
 \end{aligned}$$

Abaixo, são apresentadas resumidamente os as ações permanentes consideradas na análise estrutural:

$$\begin{aligned}
 g_k &:= pp_{\text{viga}} + pp_{\text{LajeeNewJersey}} + pp_{\text{recapeamento}} + pp_{\text{C\text{BUQ}}} = 22 \quad \text{kN/m} \\
 G_{\text{T\text{apolo}}} &= 51 \quad \text{kN} \quad x=2,5\text{m}; 17,5\text{m} & G_{\text{T\text{vao}}} &= 19 \quad \text{kN} \quad x=10\text{m}
 \end{aligned}$$

5.4 Ações acidentais (sobrecargas de utilização)

5.4.1 Trem-tipo TB-450 – ABNT NBR 7188:2013

Definida por um veículo tipo de 450 kN, seis rodas, $P = 75 \text{ kN}$, Três eixos de cargas afastados entre si em 1,5m, com área de ocupação de 18,0 m², circundada por uma carga uniforme distribuída constante $p = 5 \text{ kN/m}^2$.

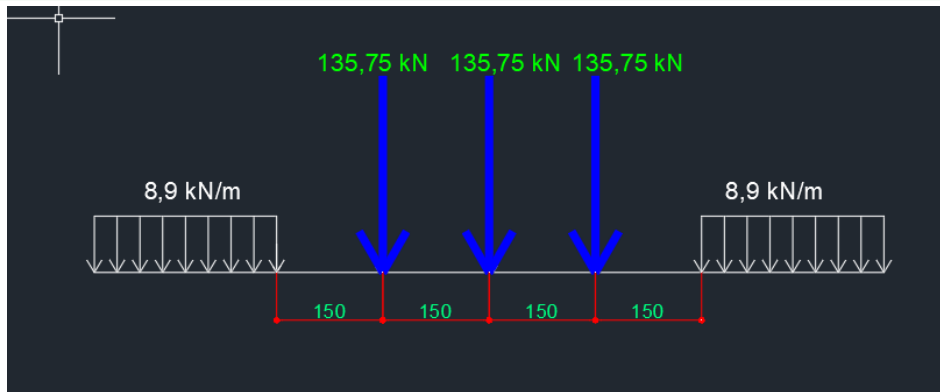
5.4.2 Ações longitudinais na OAE

i) Seção I:

$p := 5 \text{ kN/m}^2$	$P := 75 \text{ kN}$	$A_{projLI} := 1.78 \text{ m}$	
$p_{I,qk} := p \cdot A_{projLI}$	$p_{I,qk} = 8.9 \text{ kN/m}$		Carregamento de multidão externo ao veículo.

ii) Seção II:

$p := 5 \text{ kN/m}^2$	$P := 75 \text{ kN}$	$A_{projLI} := 0$	$\eta_1 := 1.11 \quad \eta_2 := 0.7$
$p_{IIa,qk} := (P \cdot (\eta_1 + \eta_2))$	$p_{IIa,qk} = 135.75 \text{ kN}$		Carregamento de multidão externo ao veículo.
$p_{IIb,qk} := p \cdot A_{projLI}$	$p_{IIb,qk} = 0 \text{ kN/m}$		



5.4.3 Frenagem e aceleração

As forças horizontais devido à frenagem e/ou aceleração aplicadas no nível do pavimento são:

$$B = 5 \text{ m} \quad L = 22.7 \text{ m} \quad H_f := \text{if}(0.25 \cdot B \cdot L \cdot CNF \leq 135, 135, 0.25 \cdot B \cdot L \cdot CNF) = 135 \text{ kN}$$

$H_f \geq 135 \text{ kN}$, logo: $H_f = 135 \text{ kN}$

Canudos do Vale, 3 de dezembro de 2025.

Carlos Alberto Persch
Engenheiro Civil
CREA: RS124398

Maico Juarez Berghahn
Prefeito Municipal