

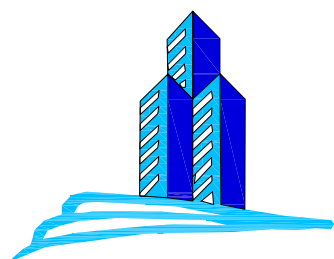
| | | | |
|----|--|--|--|
| 05 | | | |
| 04 | | | |
| 03 | | | |
| 02 | | | |
| 01 | | | |

| | | | |
|---------|------------|------|-------|
| REVISÃO | ALTERAÇÕES | DATA | VISTO |
|---------|------------|------|-------|

PROPRIETÁRIO

PROJETO

RESPONSÁVEL PELA OBRA



GEOSTAB

SOLUÇÕES EM ENGENHARIA E GEOTECNIA

& Projemat

OBRA

RODOVIA SP – 310 WASHINGTON LUÍS

KM 234+200 – SENTIDO ARARAQUARA RIO CLARO

ADJACENTE AO TERRENO DA BR-AVES (SÃO CARLOS-SP)

CLIENTE

PREFEITURA
MUNICIPAL DE
SÃO CARLOS

ESPÉCIE:

MEMÓRIA DE CÁLCULO
CONSTRUÇÃO DE CANAL DE DRENAGEM E
DISSIPADOR DE ÁGUAS PLUVIAIS

CÁLCULO
ENG. CIVIL

PAULO GINES
CREA: 1709249293
MARCELL SANTOS
CREA: 020964287-3

DATA

27/11/2017

ESCALA

DESENHO

VISTO

CÓDIGO

CÓD. EMPREEND.

ESPECIALIDADE

FASE

NUM. RELATÓRIO

QUANT RELATÓRIOS

REVISÃO

P S C – M E C – P E – 2 0 1 / 0 0 1 – 0 0

| | | |
|-----|--|---|
| 1 | INTRODUÇÃO | 2 |
| 2 | CRITÉRIOS HIDRÁULICOS UTILIZADOS | 3 |
| 2.1 | Vazão de Dimensionamento | 3 |
| 2.2 | Critérios de dimensionamento | 3 |
| 3 | DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL | 5 |
| 3.1 | Situação 1 | 5 |
| 3.2 | Situação 2 | 6 |
| 3.3 | Situação 3 | 7 |
| 3.4 | Armadura mínima | 7 |
| 3.5 | Comprimento de ancoragem | 8 |
| 4 | CONCLUSÕES | 9 |

1 INTRODUÇÃO

Este documento tem por objetivo apresentar o dimensionamento geométrico e estrutural da obra do canal de drenagem localizado rodovia (SP - 310) Washington Luis, mais precisamente no km 234 +200, na cidade de São Carlos - SP. O projeto tem como principal finalidade resolver o atual problema de erosão e estabilidade de solo que ocorre na região.

A Figura 01 apresenta a situação atual da região e suas respectivas curvas de nível.

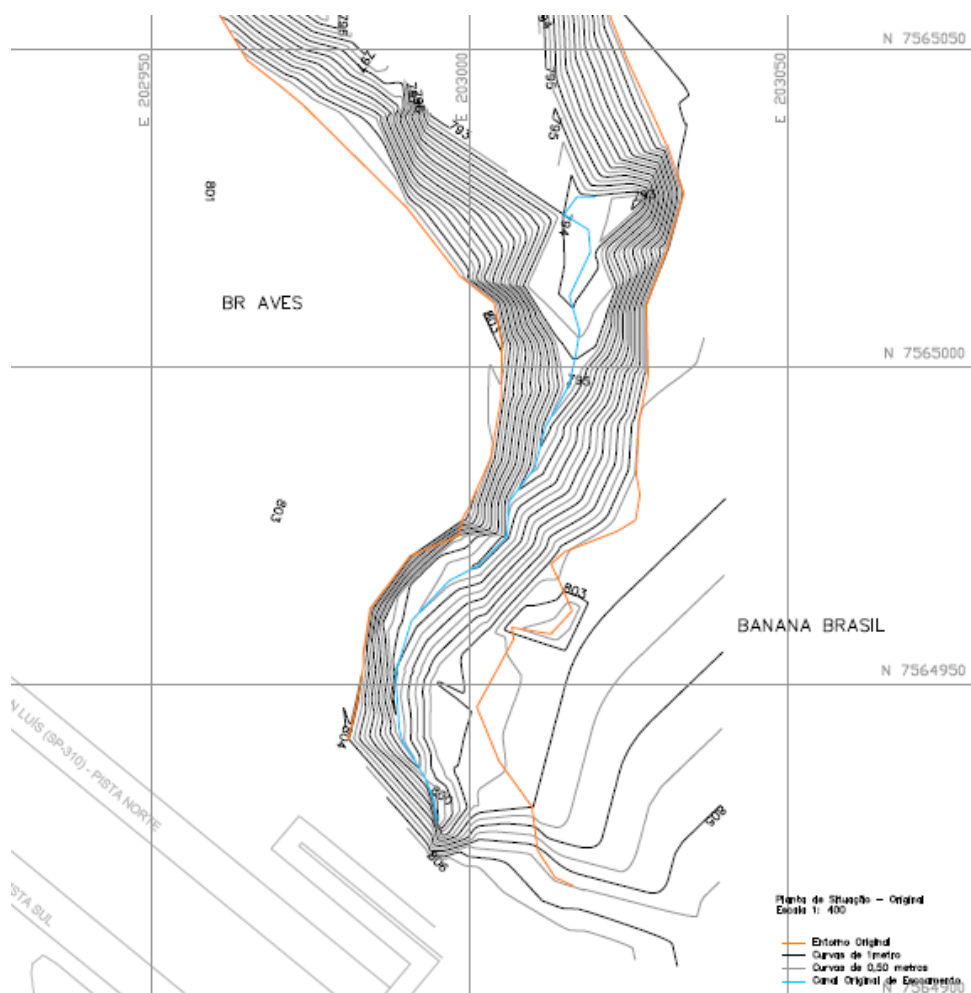


Figura 01 – Situação atual e curvas de nível.

Tais projetos foram executados de acordo com as boas práticas de engenharia e estão pautados em normas vigentes. Também foram adotados como premissas os documentos elaborados pela Concessionária Triângulo do Sol, que atualmente administra a via. Abaixo apresentam-se os documentos de referência.

MC-SPD 234310 - 234.235 - 009 - H.04/001

DE-SPD 234310 - 234.235 - 009 - H.01/001

DE-SPD 234310 - 234.235 - 009 - H.04/001

DE-SPD 234310 - 234.235 - 009 - H.06/001

DE-SPD 234310 - 234.235 - 009 - H.07/001

2 CRITÉRIOS HIDRÁULICOS UTILIZADOS

Conforme documentos de referência, o ponto de interesse deste projeto apresentasse como talvegue de parte do bairro Jardim Real com uma área de 2,0km².

2.1 Vazão de Dimensionamento

De acordo com os critérios de escoamentos superficiais utilizados nos documentos referenciados, a vazão máxima descarregada no talvegue da erosão é de $Q = 16,10m^3/s$. Também foi constatado que no local não existem nascentes de água, ou seja, de forma geral este local tem seu funcionamento exclusivo para escoamento de águas pluviais.

2.2 Critérios de dimensionamento

Para dimensionamento da seção transversal do canal foram considerados os critérios hidráulicos (área necessária de escoamento, borda livre, velocidade de escoamento, rugosidade e etc.) e os critérios construtivos, tais como: acesso ao local, tempo de execução e facilidade de manutenção.

Os parâmetros utilizados para o dimensionamento geométrico do canal estão baseados em bibliografias consagradas da área.

Adotaram-se como coeficiente de rugosidade os seguintes valores:

n (Canais e galerias revestidos com concreto).....0,015

n(Canais de terra, com vegetação rasteira no fundo e taludes.....0,025

n(Canais com leito pedregoso (colchão reno e talude com vegetação).....0,035

Devido à elevada vazão recebida pelo talvegue, torna-se necessário adotar medidas para reduzir a velocidade da água. Adoto-se inclinação máxima do canal de 0,5%, escadas dissipadoras de energia e ao final do canal de concreto uma bacia de dissipação.

Fixada a vazão de contribuição, procede-se o dimensionamento hidráulico do canal utilizando da formula de Manning e a equação da continuidade:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$
$$Q = AV$$

onde:

V = velocidade de escoamento, em m/s;

I = declividade longitudinal da sarjeta, em m/m;

n = coeficiente de rugosidade de Manning, adimensional. Função do tipo de revestimento adotado;

R = raio hidráulico, em m;

Q = vazão admissível na sarjeta, em m³/s;

P = perímetro molhado, em m;

A = área molhada, em m²;

Aplicando as equações supracitadas, obtemos os seguintes resultados:

| | |
|--|-----------------|
| <i>Largura do canal.....</i> | <i>4,0m</i> |
| <i>Altura da lâmina d'água.....</i> | <i>0,95m*</i> |
| <i>Velocidade no canal de concreto.....</i> | <i>4,90 m/s</i> |
| <i>Velocidade no canal natural após bacia de dissipação.....</i> | <i>1,90m/s</i> |

* Devido às condições de execução, utilizou-se pré-moldado de 2,0m de altura. Na ocasião considerou-se os custos com terraplanagem e desempenho da estrutura na absorção dos empuxos passivos de solo.

A Figura 02 apresenta a geometria do canal.

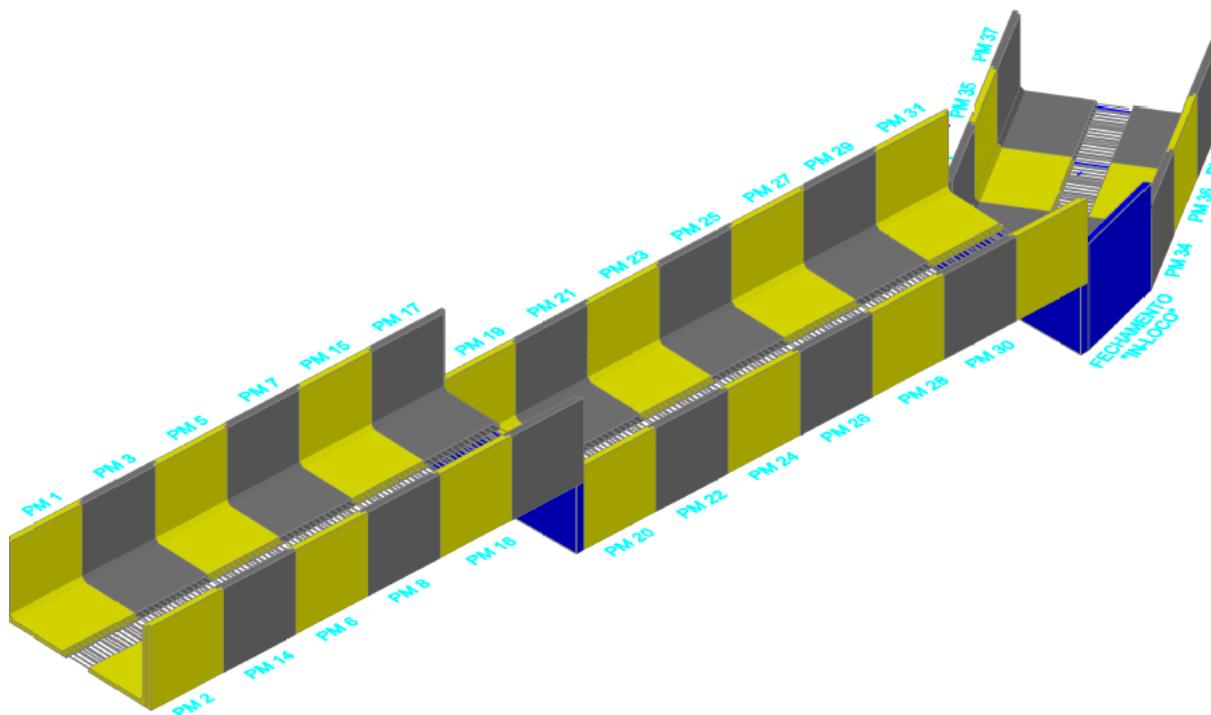


Figura 02 - Geometria do canal.

3 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

Foram consideradas basicamente três situações de carregamento para análise dos esforços estruturais. A primeira situação considera o canal cheio de água (avaliando se a tensão do solo resiste à aplicada), na segunda avaliam-se os maiores esforços de empuxo atuando nas paredes e fundo (canal vazio) e na terceira situação considera-se o içamento do pré-moldado. Para o dimensionamento estrutural do canal consideram-se os maiores esforços de cada situação.

3.1 Situação 1

Verifica-se se a equação abaixo é satisfeita.

$$\sigma_{\max} = \frac{\sum Q_i}{a.b} \leq \sigma_{adm}$$

onde:

Q = cargas verticais;

a e b = dimensões da base (considera-se 1m linear).

Abaixo são apresentados os carregamentos atuantes e a respectiva tensão máxima aplicada no solo:

| | |
|-------------------------------|------------------------------|
| <i>Pressão de água</i> | <i>20 kN/m²</i> |
| <i>Peso das paredes</i> | <i>3,8 kN/m²</i> |
| <i>Peso do fundo</i> | <i>5,0 kN/m²</i> |
| <i>Tensão máxima</i> | <i>28,8 kN/m²</i> |

Convertendo o valor de tensão máxima obtêm-se aproximadamente 0,3 kgf/cm², que se encontra abaixo da tensão admissível do solo para o nível de compactação solicitado em projeto.

3.2 Situação 2

Consideram-se as paredes e o fundo do canal trabalhando como placas submetidas a carregamento normal ao plano. As paredes são consideradas engastadas na base e livre no topo, e a laje de fundo considera-se engastada na união com as paredes.

Para a determinação dos esforços nas paredes foi considerado peso específico do solo de $\gamma_{solo} = 18 \text{ kN/m}^3$, coeficiente de empuxo ativo do solo de $K_a = 0,333$ e sobrecarga devido a compactação do solo de $q_{sc} = 25 \text{ kN/m}^2$. A Tabela 01 detalha a determinação da área de aço das paredes.

Tabela 01 – Dimensionamento da parede do canal.

| M_d^- | A_s | $\phi_{adotado}$ | $A_{s_{adotado}}$ |
|-----------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 43,0 kN/m | 10,2 cm ² /m | $\phi 12,5 \text{ c}/12$ | 10,23 cm ² /m |

Para determinação dos esforços na laje de fundo considera-se uma sub-pressão de água com altura equivalente a do canal. A tabela 02 apresenta-se o dimensionamento da laje de fundo.

Tabela 02 – Dimensionamento do fundo do canal.

| <i>Esforço</i> | A_s | $\phi_{adotado}$ | $A_{s_{adotado}}$ |
|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------|
| $M_d^- = 47,5 \text{ kN/m}$ | $10,3 \text{ cm/m}^2$ | $\phi 12,5 \text{ c/12}$ | $10,23 \text{ cm}^2/\text{m}$ |
| $M_d^+ = 23,7 \text{ kN/m}$ | $5,1 \text{ cm/m}^2$ | $\phi 10 \text{ c/15}$ | $5,23 \text{ cm}^2/\text{m}$ |

3.3 Situação 3

Na situação de içamento da peça pré-moldada considera-se um fator de segurança de $\gamma_f = 4$. Também se considera que o desmolde da peça ocorre em uma idade inferior aos 28 dias, ou seja, sua resistência e módulo de elasticidade são inferiores aos especificados em projeto. Apesar das considerações a favor da segurança, as ferragens determinadas para a situação 1 e 2 são suficientes para resistir o içamento do pré-moldado.

Para os dispositivos de içamento considerou-se barra de aço de categoria CA-25. O dimensionamento das alças consiste na verificação da resistência da barra e da ancoragem da mesma no concreto. A verificação da resistência da barra é feita conforme indicado na equação abaixo.

$$\phi_{alça} = \frac{4,5\sqrt{F_k}}{\sqrt{\alpha}}$$

onde:

F_k = força na perna mais solicitada;

α = coeficiente de redução da resistência devido ao dobramento da barra.

Considerando $F_k = 10,1 \text{ kN}$ e $\alpha = 0,95$ verifica-se a necessidade de adotar $\phi_{alça} = 16\text{mm}$.

O comprimento necessário de ancoragem será determinado no item 3.5.

3.4 Armadura mínima

Para $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ adota-se área de aço mínima de $\rho_{min} = 0,15\%$. A armadura mínima é dada pela equação abaixo.

$$A_{smin} = \rho_{min} . b . h$$

A Tabela 03 apresenta a área de aço mínima.

Tabela 03 – Dimensionamento do fundo do canal.

| Elemento | h (cm) | A_{smin} (cm ² /m) |
|----------|--------|---------------------------------|
| Parede | 15 | 3,0 |
| Fundo | 20 | 2,3 |

Adotou-se como armadura mínima e secundária $\emptyset 8,0 \text{ c}/15$ resultando em $A_{smin} = 3,35 \text{ cm}^2/\text{m}$.

3.5 Comprimento de ancoragem

A resistência de aderência é dada pela equação abaixo.

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

onde:

$$f_{ctd} = \frac{0,21 . f_{ck}^{2/3}}{1,4};$$

$\eta_1 = 2,25$ para CA 50 e 1,0 para CA 25;

$\eta_2 = 0,7$ (adotou-se toda região como má aderência);

$\eta_3 = 1,0$ para $\phi \leq 32\text{mm}$.

O comprimento de ancoragem é dado pela equação abaixo.

$$l_b = \frac{\phi}{4} . \frac{f_{yd}}{f_{bd}}$$

Se a barra de aço for dobrada pode-se adotar uma redução do comprimento de ancoragem multiplicando por $\alpha_1 = 0,7$.

A Tabela 04 apresenta um resumo dos comprimentos de ancoragem calculados.

Tabela 04 – Comprimento de ancoragem.

| Aço | ϕ (mm) | f_{bd} (Mp) | l_b (mm) |
|-------|-------------|---------------|------------|
| CA 50 | 10,0 | 2,3 | 473 |
| CA 50 | 12,5 | 2,3 | 590 |
| CA 25 | 16,0 | 1,0 | 600 |

Para todas as situações adota-se $l_b = 60cm$.

4 CONCLUSÕES

O dimensionamento geométrico do canal foi realizado adotando como premissas os dados fornecidos pela Triângulo do Sol, atual concessionária que administra o trecho de rodovia em questão. O dimensionamento resultou em um canal com 4m de largura e 2,0m de altura, tendo como altura de lamina d'água 0,95m. Adotou-se no projeto inclinação de 0,5% e 6 escadas dissipadoras de energia com 1,5m de altura. Além disso, foi necessário prevê uma barreira dissipadora de energia no final do canal, com intuito de reduzir a velocidade da água no canal natural à montante.

Com o intuito de facilitar a execução da obra optou-se por um canal utilizando elementos pré-moldados em forma de “L” e dimensões internas de 2,0m de altura, 1,6m de base e 2,0m de comprimento. Adotou-se espessura de 0,15m para as paredes e 0,20m para a laje de fundo. Resultando em um elemento pré-moldado de 3.275kg. A região central do canal, com 0,80m de comprimento, será realizada com concretagem “*in loco*”.

Por se tratar de um elemento de concreto que se mantém em contato com o solo, considerou-se classe de agressividade III, com cobrimento nominal de 30mm e $f_{ck} = 30Mpa$.

O dimensionamento da armação foi realizados conforme NBR 6118/14 e foram adotadas 3 premissas básicas para determinação dos esforços: canal cheio, canal vazio e içamento do elemento pré-moldado.