

MEMÓRIA DE CÁLCULO

CONTENÇÃO PARA AUMENTO DA CALHA DO RIO
BENGALAS

NOVA FRIBURGO - RIO DE JANEIRO

SETEMBRO DE 2014

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	3
2. PERFIL GEOLÓGICO	4
3. CONTENÇÃO TIPO I	6
3.1. Geometria.....	6
3.2. Estaca-Prancha Metálica	7
3.2.1. Modelo Estrutural e Carregamentos	7
3.2.2. Solicitações	8
3.2.3. Dimensionamento	9
3.3. Longarina Metálica	10
3.3.1. Carregamentos.....	10
3.3.2. Solicitações	10
3.3.3. Dimensionamento	11
4. CONTENÇÃO TIPO II	12
4.1. Geometria.....	12
4.2. Estaca-Prancha e Estaca-Raiz	13
4.2.1. Modelo Estrutural e Carregamentos	13
4.2.2. Solicitações	14
4.2.3. Dimensionamento	16
4.3. Longarina de concreto.....	17
4.3.1. Carregamentos.....	17
4.3.2. Solicitações	18
4.3.3. Dimensionamento	18

5. CONTENÇÃO TIPO III	20
5.1. Geometria.....	20
5.2. Estaca-Prancha e Estaca-Raiz	21
5.2.1. Modelo Estrutural e Carregamentos	21
5.2.2. Solicitações	22
5.2.3. Dimensionamento	24
5.3. Longarina de concreto.....	25
5.3.1. Carregamentos.....	25
5.3.2. Solicitações	25
5.3.3. Dimensionamento	26
6. TIRANTE	27
7. VIGA ENTRE CONTENÇÕES	28

1. INTRODUÇÃO

O presente documento tem como objetivo apresentar as rotinas de cálculos utilizadas no dimensionamento das estruturas de contenções para o aumento da calha do rio Bengalas, localizado em Nova Friburgo – Rio de Janeiro.

A análise dos perfis de sondagens realizados nas margens esquerda e direita acarretou em 3 tipos de contenções:

- tipo I (somente estacas-prancha): possibilidade de cravação de estaca-prancha até a profundidade da ficha necessária;
- tipo II (estacas-prancha + estacas-raiz): possibilidade de cravação da estaca-prancha entre a profundidade de 1,5m do fundo do novo calado até o comprimento de ficha necessário para o tipo I;
- tipo III (somente estacas-raiz): terreno impenetrável para a cravação de estacas-prancha na profundidade menor que 1,5m do fundo do novo calado.

Adotou-se, como solo impenetrável para a cravação de estacas-prancha metálicas, a profundidade que apresenta número de golpes nas sondagens SPT maior que 30.

2. PERFIL GEOLÓGICO

O perfil geológico típico é composto pelas camadas mostradas na sondagem SP-31:

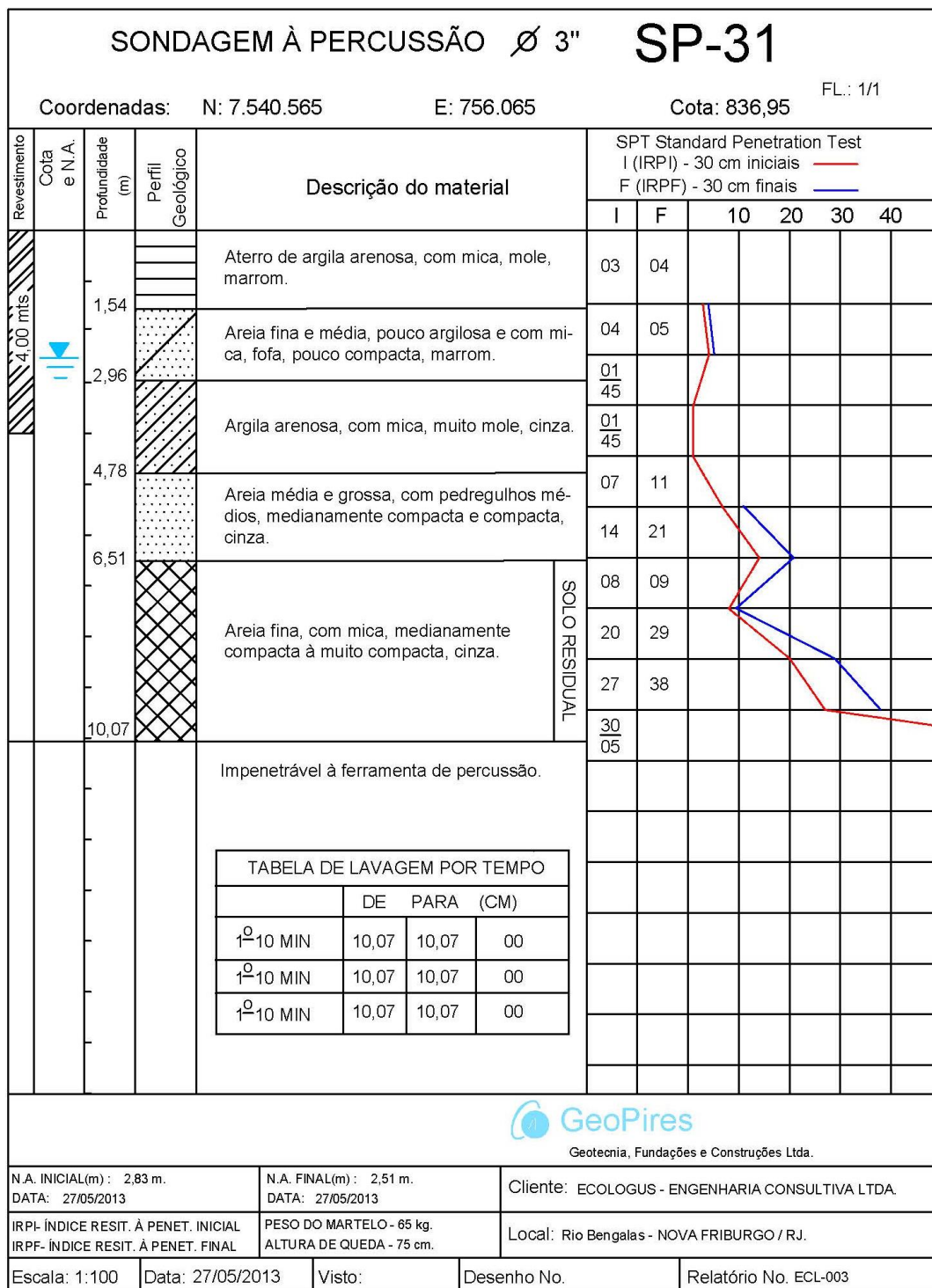


Figura 1: Perfil de sondagem à percussão – SP 31.

Do perfil mostrado anteriormente, adotou-se os seguintes parâmetros e espessuras para as camadas:

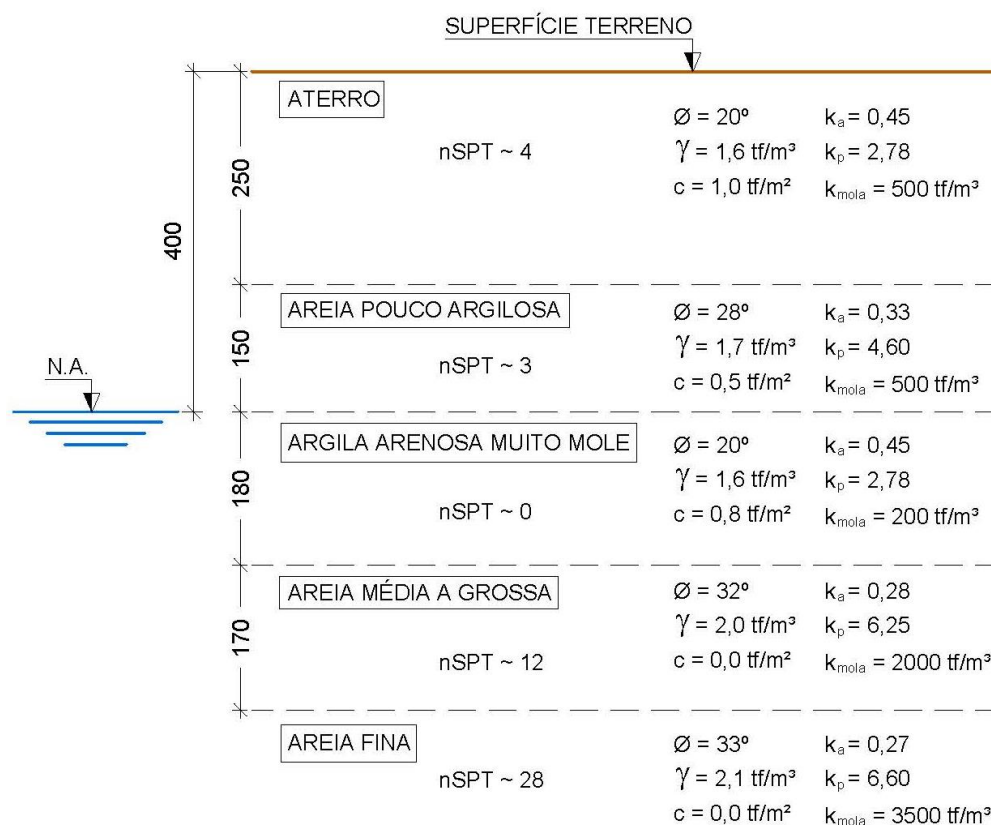


Figura 2: Perfil geológico resumido e com as propriedades geotécnicas das camadas.

O nível d'água mínimo do novo canal, segundo informações fornecidas, se localizará a 30 centímetros do fundo do mesmo, ou seja, 2,70 metros abaixo do N.A. detectado pela sondagem (mostrado na figura anterior).

Nos estudos dos tipos de contenções, a espessura da camada de areia média a grossa varia de acordo com o comprimento de penetrabilidade adotado como máximo para as estacas-prancha: 1,20m acrescido do comprimento total da ficha mínima para os tipos I e II, e 2,70m para o tipo III.

3. CONTENÇÃO TIPO I

A contenção tipo I é constituída somente por estacas-prancha metálicas com um nível de apoio superior (espaçado em 3,0m) e ficha em solo e longarina metálica.

3.1. Geometria

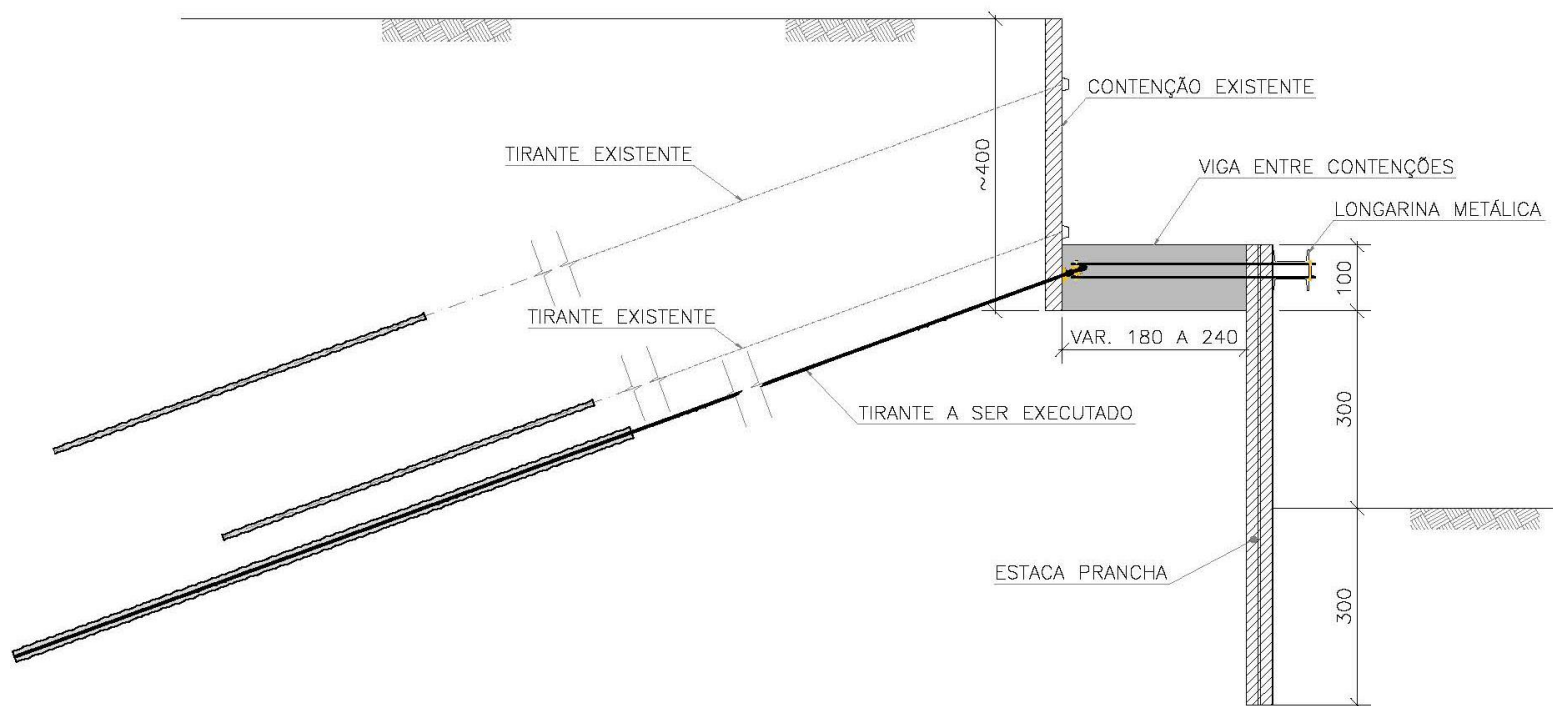


Figura 3: Croqui da seção transversal da contenção tipo I (medidas em centímetros).

3.2. Estaca-Prancha Metálica

3.2.1. Modelo Estrutural e Carregamentos

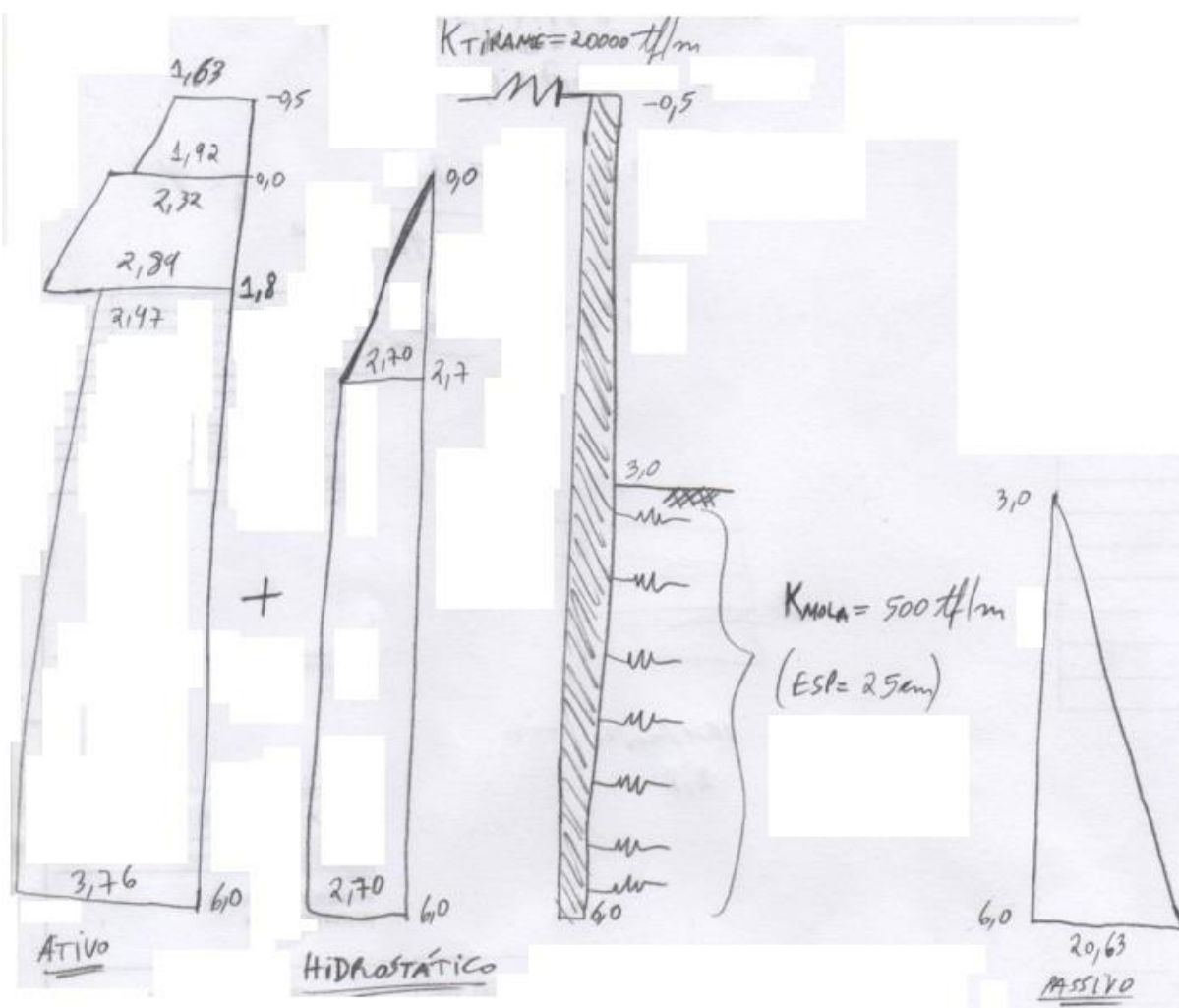


Figura 4: Croqui do modelo estrutural e dos carregamentos (tensões em tf/m² e medidas em metros).

3.2.2. Solicitações

- Diagrama de momentos fletores:

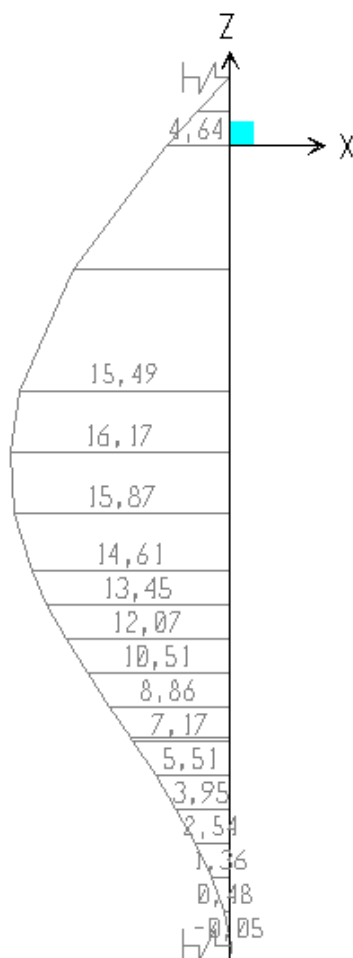


Figura 5: Diagrama de momentos fletores (em tfm/m).

- Diagrama de forças cortantes:

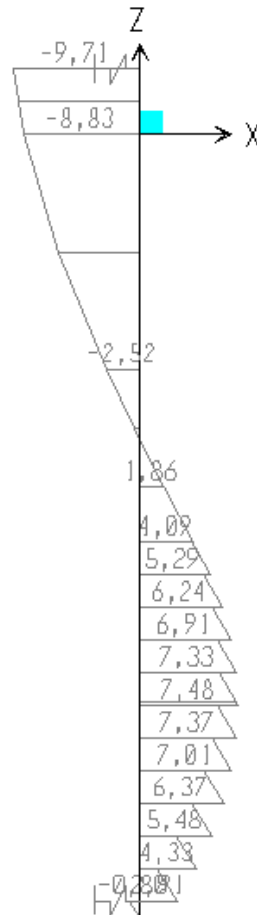


Figura 6: Diagrama de forças cortantes (em tf/m).

3.2.3. Dimensionamento

- aço com $f_y = 3,45 \text{ tf/cm}^2$

- flexão:

$$W_{nec} > 1620 \text{ tfcm/m} \times 1,4 / (3,45 \text{ tf/cm}^2 / 1,1) = 724 \text{ cm}^3/\text{m}$$

- força cortante:

$$A_{sw} > 9,8 \text{ tf/m} \times 1,4 / (0,6 \times 3,45 \text{ tf/cm}^2 / 1,1) = 7,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

- Perfil adotado:

AU-14 ($W = 1180 \text{ cm}^3/\text{m}$ $A_{sw} = 38,7 \text{ cm}^2/\text{m}$ – valores considerando perda de 1,0mm de espessura por corrosão, conforme recomenda a norma Eurocode 3)

3.3. Longarina Metálica

Força adotada nos tirantes = 45 tf/tirante (15 tf/m atuando na longarina)

3.3.1. Carregamentos

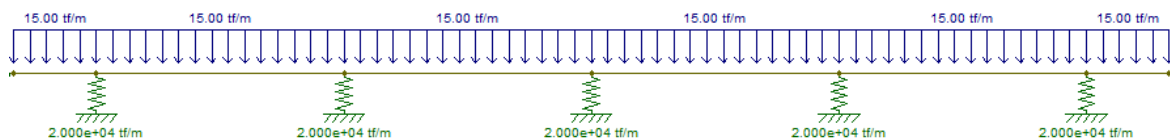


Figura 7: Modelo estrutural da longarina.

3.3.2. Solicitações

- Diagrama de momentos fletores:

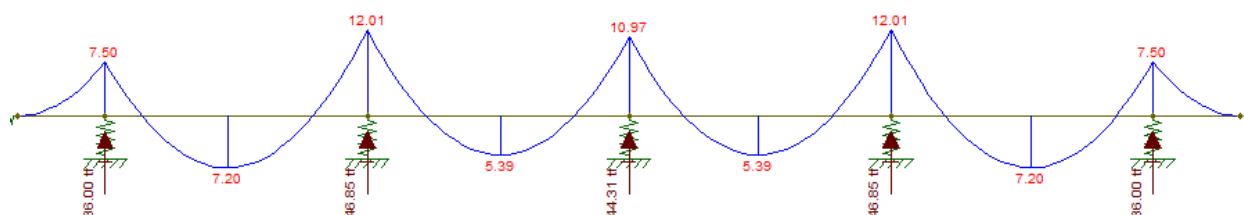


Figura 8: Diagrama de momentos fletores (em tfm/m).

- Diagrama de forças cortantes:

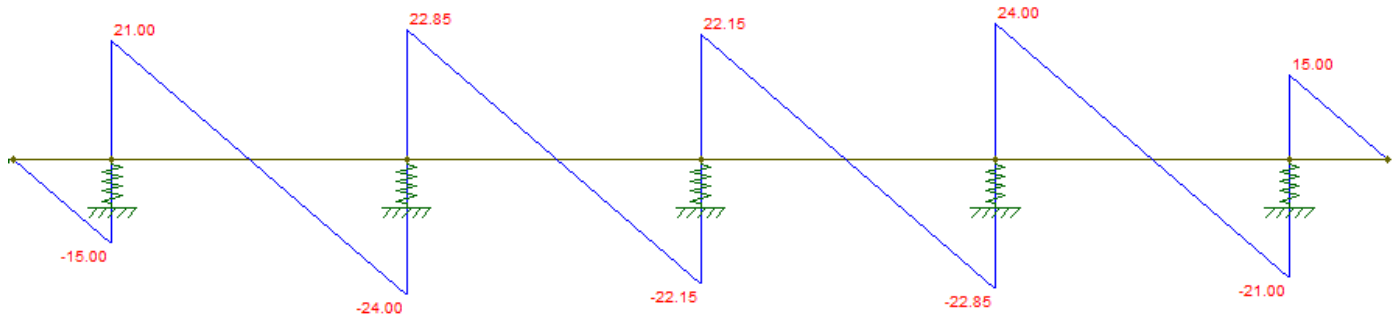


Figura 9: Diagrama de forças cortantes (em tf/m).

3.3.3. Dimensionamento

- aço com $f_y = 3,45 \text{ tf/cm}^2$

- flexão:

$$W_{\text{nec}} > 1210 \text{ tfcm} \times 1,4 / (3,45 \text{ tf/cm}^2 / 1,1) = 541 \text{ cm}^3$$

- força cortante:

$$A_{\text{sw}} > 24,0 \text{ tf} \times 1,4 / (0,6 \times 3,45 \text{ tf/cm}^2 / 1,1) = 17,9 \text{ cm}^2$$

- Perfil adotado:

Duplo perfil “U” 305mm x 30,7 kg/m

($W = 632,4 \text{ cm}^3$ $A_{\text{sw}} = 37,2 \text{ cm}^2$ – valores considerando perda de 1,0mm de espessura por corrosão, conforme recomenda a norma Eurocode 3)

4. CONTENÇÃO TIPO II

A contenção tipo II é constituída por estacas-prancha metálica, estacas-raiz (espaçadas em, média, 75cm) e um nível de apoio superior (espaçado em 3,0m) e longarina de concreto armado. As estacas-prancha trabalham como “pranchões” apoiados nas estacas-raiz, que por sua vez, resistem às solicitações com apoio superior e com a filha em solo.

4.1. Geometria

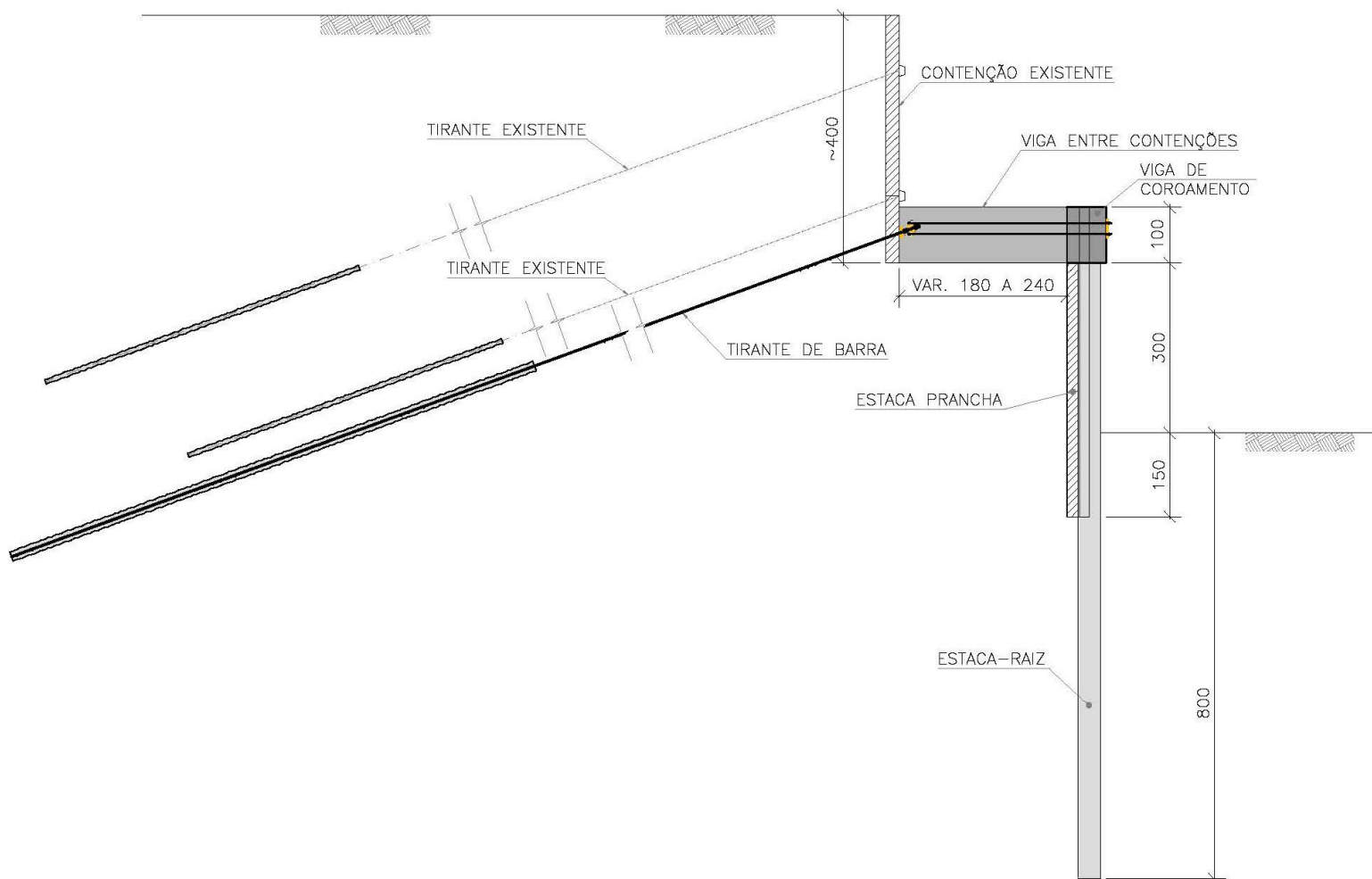


Figura 10: Croqui da seção transversal da contenção tipo II (medidas em centímetros).

4.2. Estaca-Prancha e Estaca-Raiz

4.2.1. Modelo Estrutural e Carregamentos

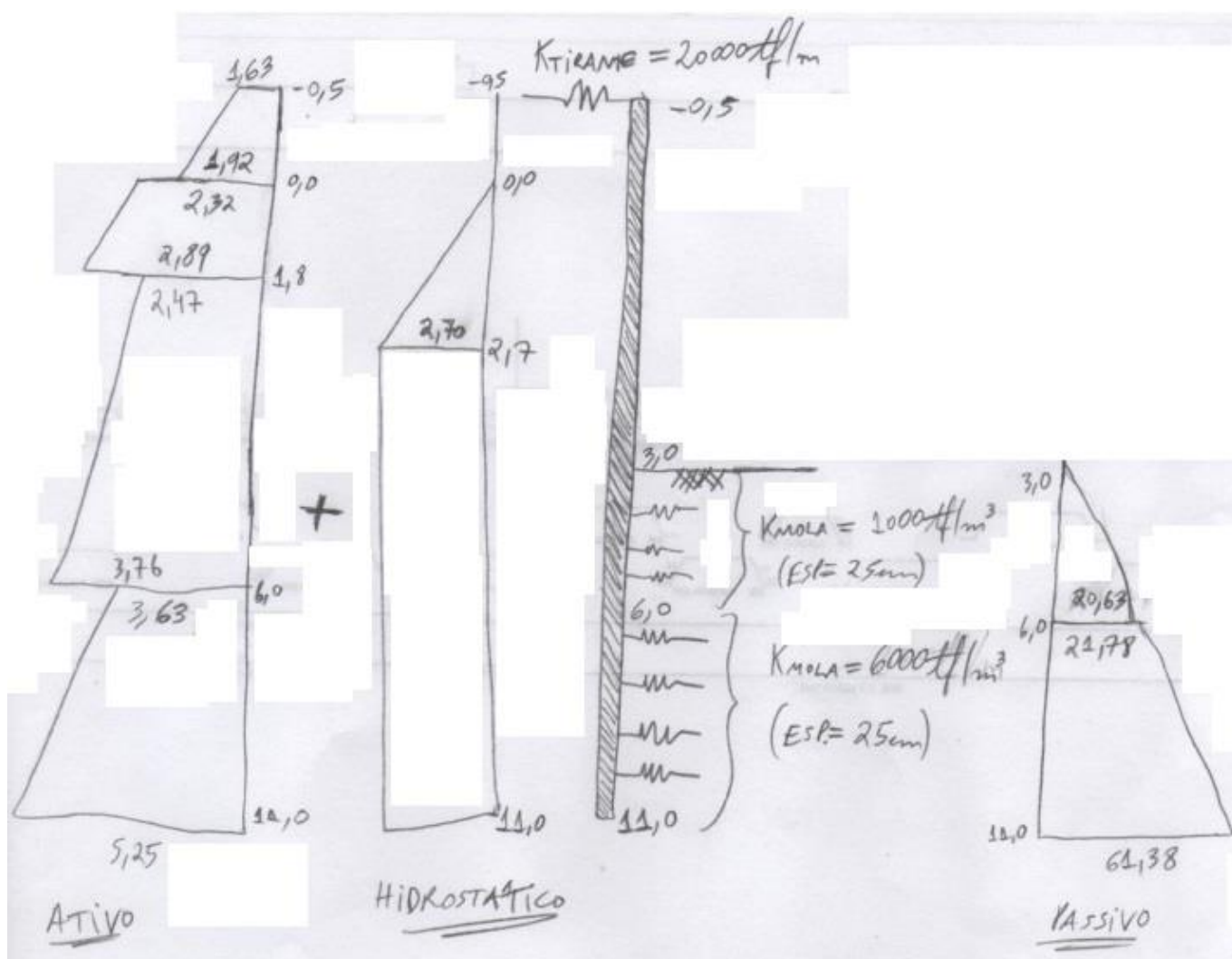


Figura 11: Croqui do modelo estrutural e dos carregamentos (tensões em tf/m^2 e medidas em metros).

Os apoios elásticos aqui empregados diferem dos antes apresentados pelo motivo de se pretender simular a diferenciação de rigidez e deformabilidade do solo penetrável para o impenetrável.

4.2.2. Solicitações

- Diagrama de momentos fletores:

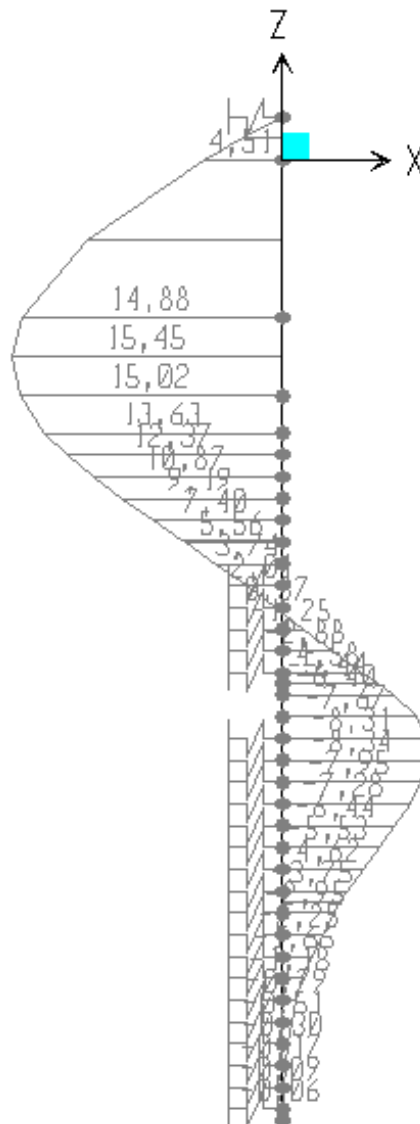


Figura 12: Diagrama de momentos fletores (em tfm/m).

- Diagrama de forças cortantes:

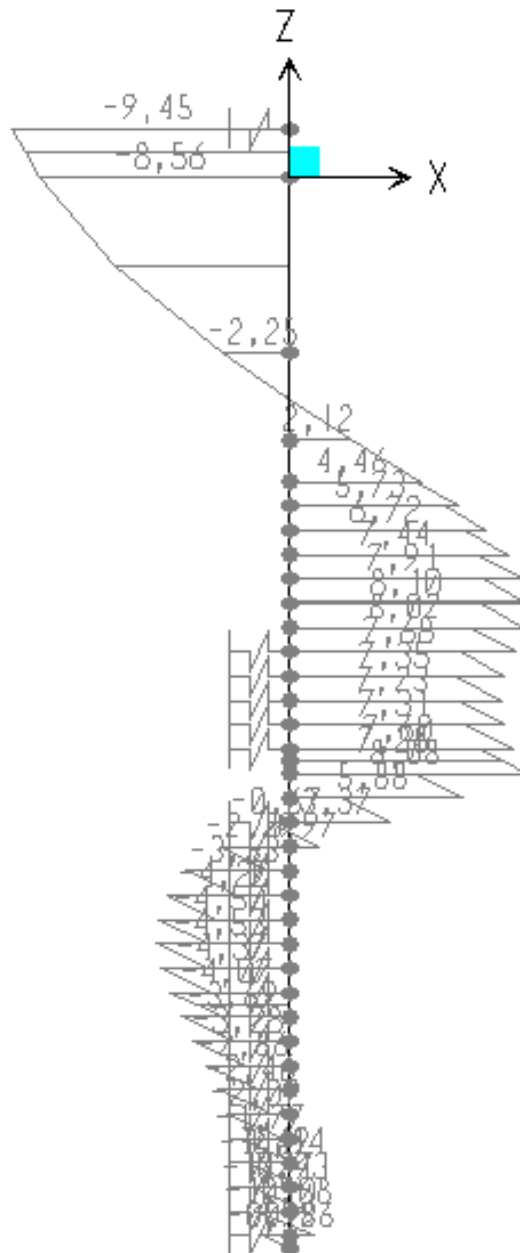


Figura 13: Diagrama de forças cortantes (em tf/m).

As estacas-prancha trabalharão como bi- apoiada nas estacas-raiz, dessa maneira, as solicitações nestas são:

$$M_{k,m\acute{a}x} = (0,27 + 2,70) \times 0,75^2 / 8 = 0,3 \text{ tfm/m}$$

$$V_{k,m\acute{a}x} = (0,27 + 2,70) \times 0,75 / 2 = 1,2 \text{ tf/m}$$

4.2.3. Dimensionamento

- Estaca-prancha:

- aço com $f_y = 3,45 \text{ tf/cm}^2$

- flexão:

$$W_{nec} > 30 \text{ tfcm/m} \times 1,4 / (3,45 \text{ tf/cm}^2 / 1,1) = 13,4 \text{ cm}^3/\text{m}$$

- força cortante:

$$A_{sw} > 1,2 \text{ tf/m} \times 1,4 / (0,6 \times 3,45 \text{ tf/cm}^2 / 1,1) = 0,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

- Perfil adotado:

AU-14 ($W = 13,9 \text{ cm}^3/\text{m}$ $A_{sw} = 29,0 \text{ cm}^2/\text{m}$ – valores considerando perda de 1,0mm de espessura por corrosão, conforme recomenda a norma Eurocode 3)

- Estaca-raiz:

- concreto com $f_{ck} = 2000 \text{ tf/m}^2$

- aço com $f_{yk} = 5,0 \text{ tf/cm}^2$

- diâmetro: 41cm

- armação longitudinal: 9 ϕ 25mm

- armação transversal: ϕ 8mm c/15cm helicoidal

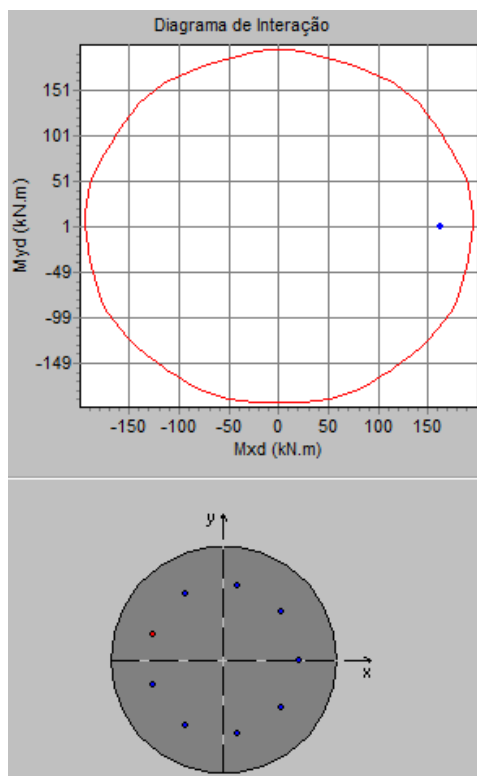


Figura 14: Diagrama de interação com a envoltória do momento fletor resistente.

4.3. Longarina de concreto

Força adotada nos tirantes = 45 tf/tirante (11,3 tf/estaca-raiz)

4.3.1. Carregamentos

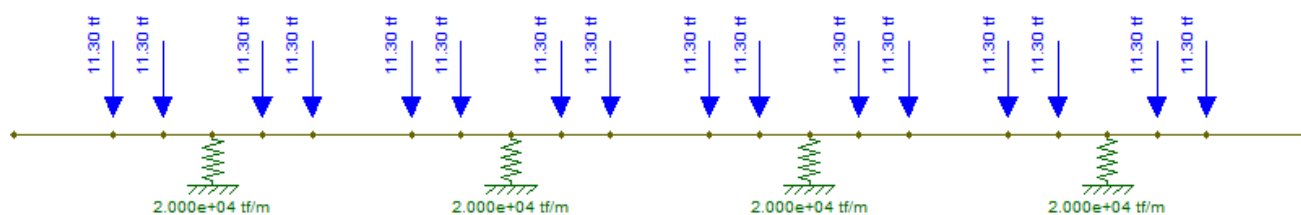


Figura 15: Modelo estrutural da longarina.

4.3.2. Solicitações

- Diagrama de momentos fletores:

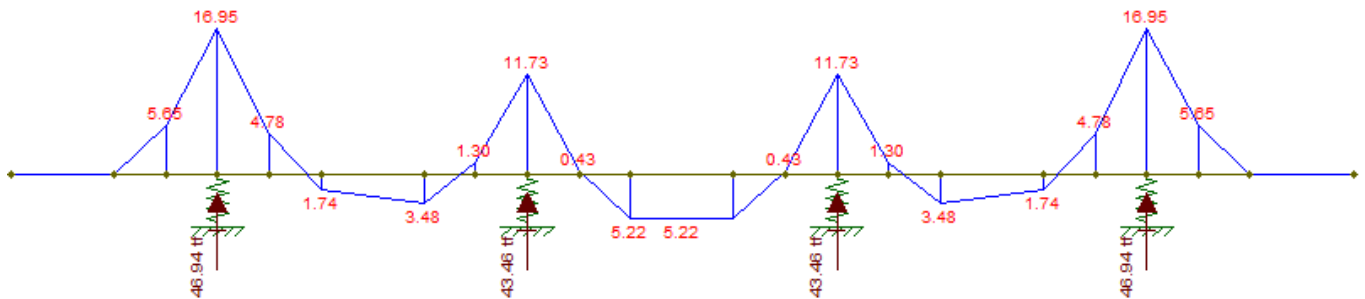


Figura 16: Diagrama de momentos fletores (em tfm/m).

- Diagrama de forças cortantes:

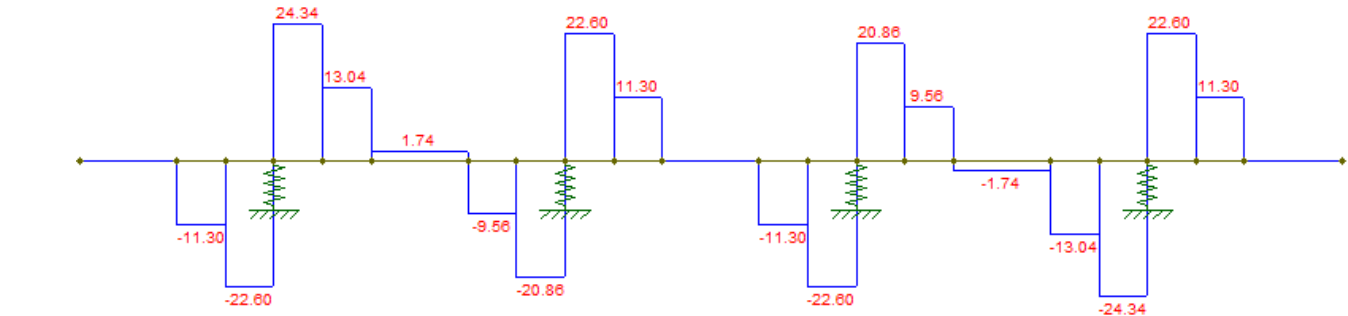


Figura 17: Diagrama de forças cortantes (em tf/m).

4.3.3. Dimensionamento

- concreto: $f_{ck} = 4500 \text{ tf/m}^2$

- aço com $f_{yk} = 5,0 \text{ tf/cm}^2$

- seção (altura = 100cm):

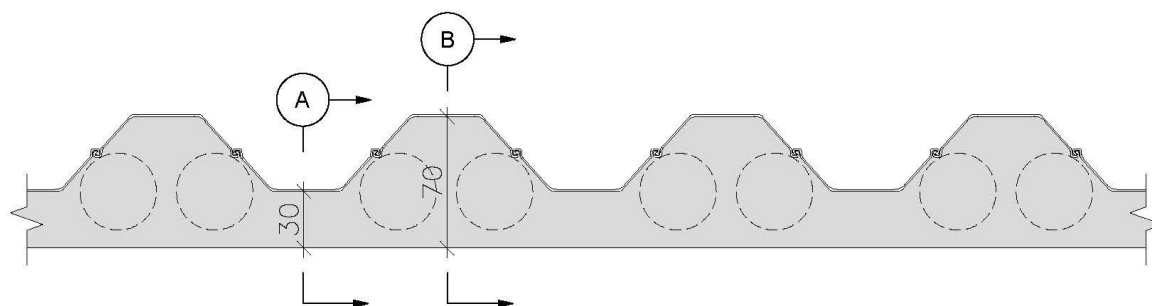


Figura 18: Croqui da planta da longarina do tipo II (medidas em centímetros).

- flexão:

- corte A: $A_s^{\text{solo}} = 15,6 \text{ cm}^2$ (8 ϕ 16mm)

$A_s^{\text{escavação}} = 7,8 \text{ cm}^2$ (8 ϕ 12,5mm)

- corte B: $A_s^{\text{solo}} = 15,6 \text{ cm}^2$ (8 ϕ 16mm)

$A_s^{\text{escavação}} = 15,6 \text{ cm}^2$ (8 ϕ 16mm)

- força cortante:

- corte A: $A_{sw}/s = 14,0 \text{ cm}^2/\text{m}$ (ϕ 8 c/20 4 ramos)

- corte B: $A_{sw}/s = 14,0 \text{ cm}^2/\text{m}$ (ϕ 8 c/20 4 ramos)

5. CONTENÇÃO TIPO III

A contenção tipo III é constituída somente por estacas-raiz justapostas (espaçadas em, média, 35cm) e um nível de apoio superior (espaçado em 3,0m) e longarina de concreto armado.

5.1. Geometria

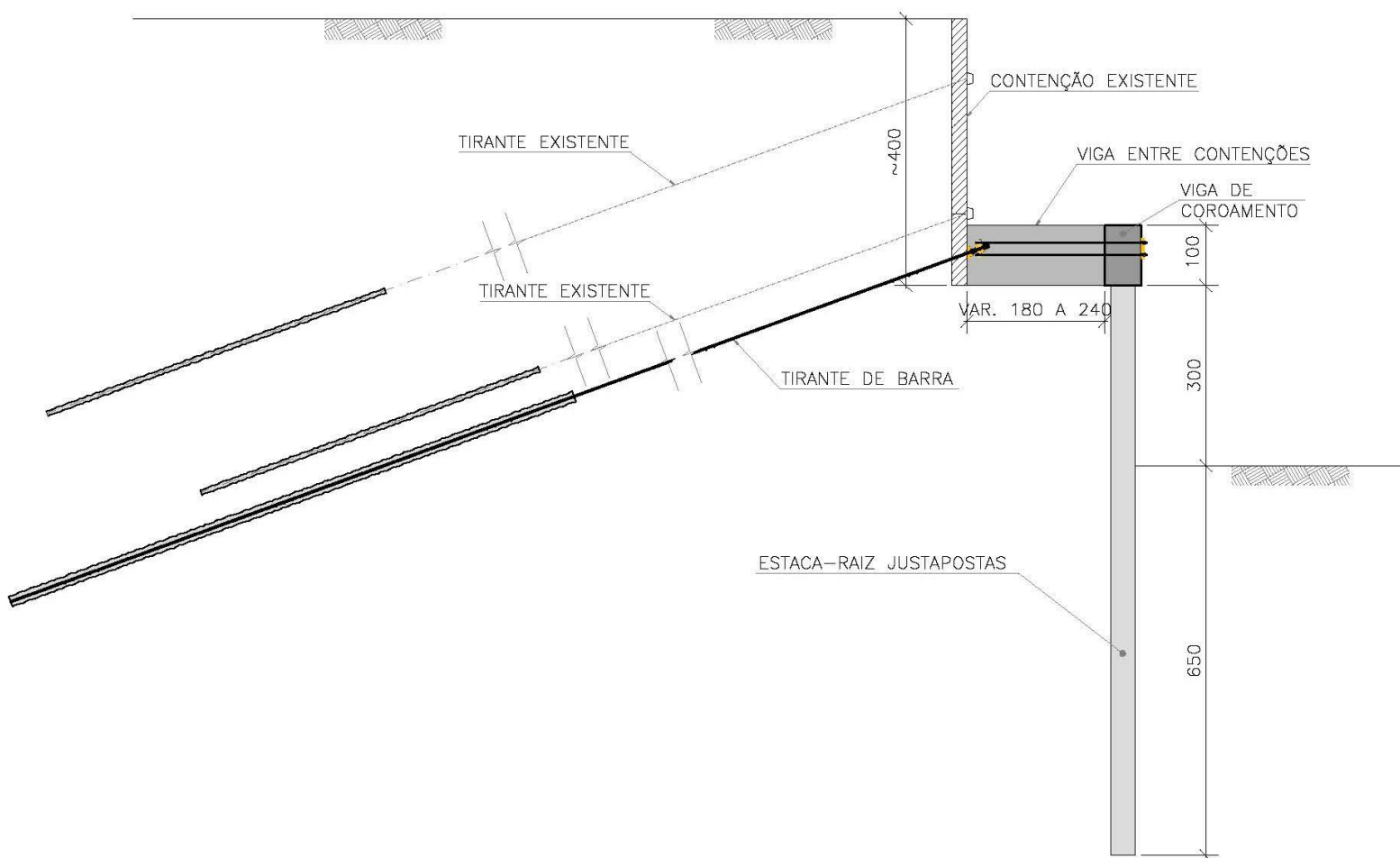


Figura 19: Croqui da seção transversal da contenção tipo II (medidas em centímetros).

5.2. Estaca-Prancha e Estaca-Raiz

5.2.1. Modelo Estrutural e Carregamentos

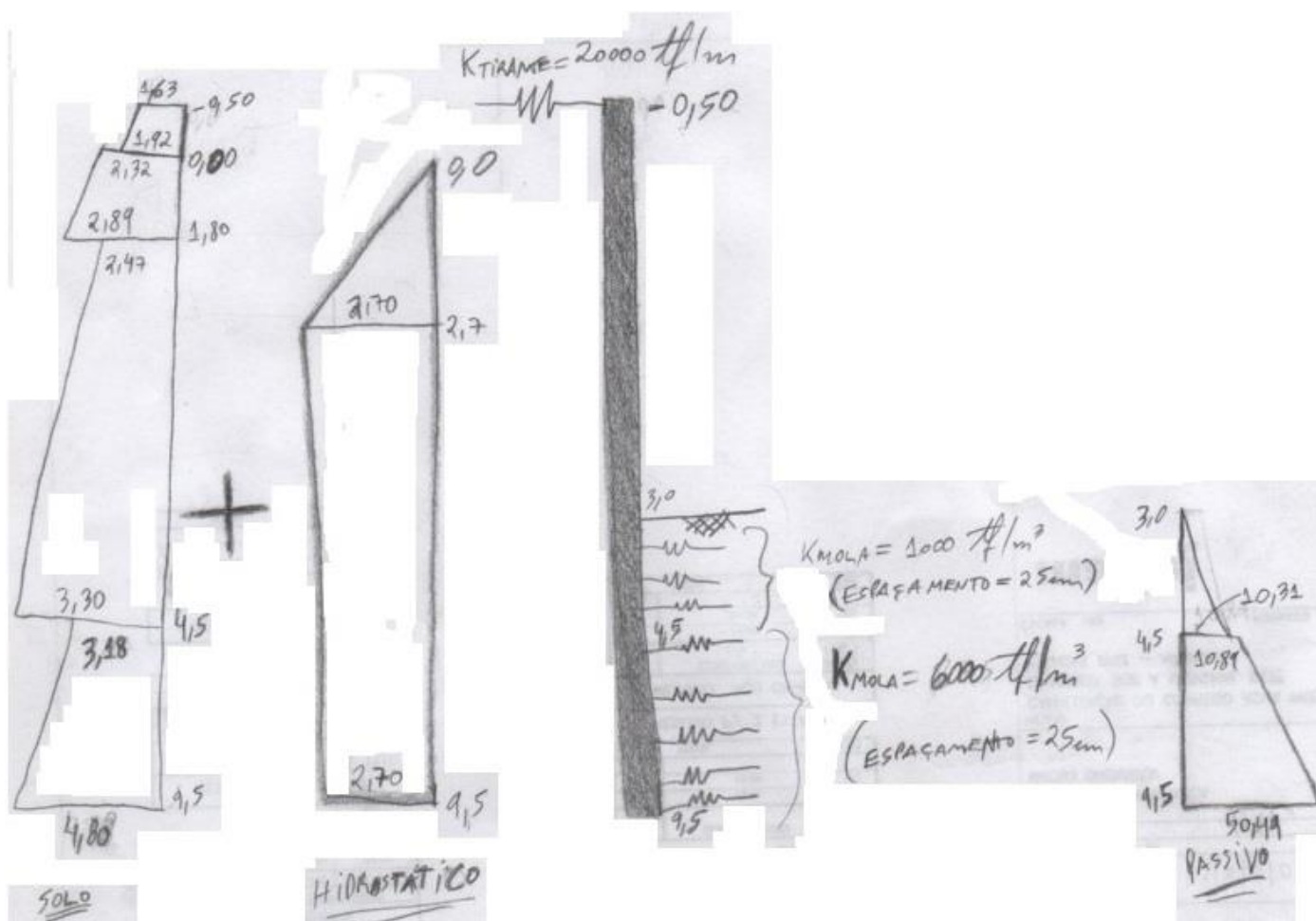


Figura 20: Croqui do modelo estrutural e dos carregamentos (tensões em tf/m^2 e medidas em metros).

Os apoios elásticos aqui empregados diferem dos antes apresentados pelo motivo de se pretender simular a diferenciação de rigidez e deformabilidade do solo penetrável para o impenetrável.

5.2.2. Solicitações

- Diagrama de momentos fletores:

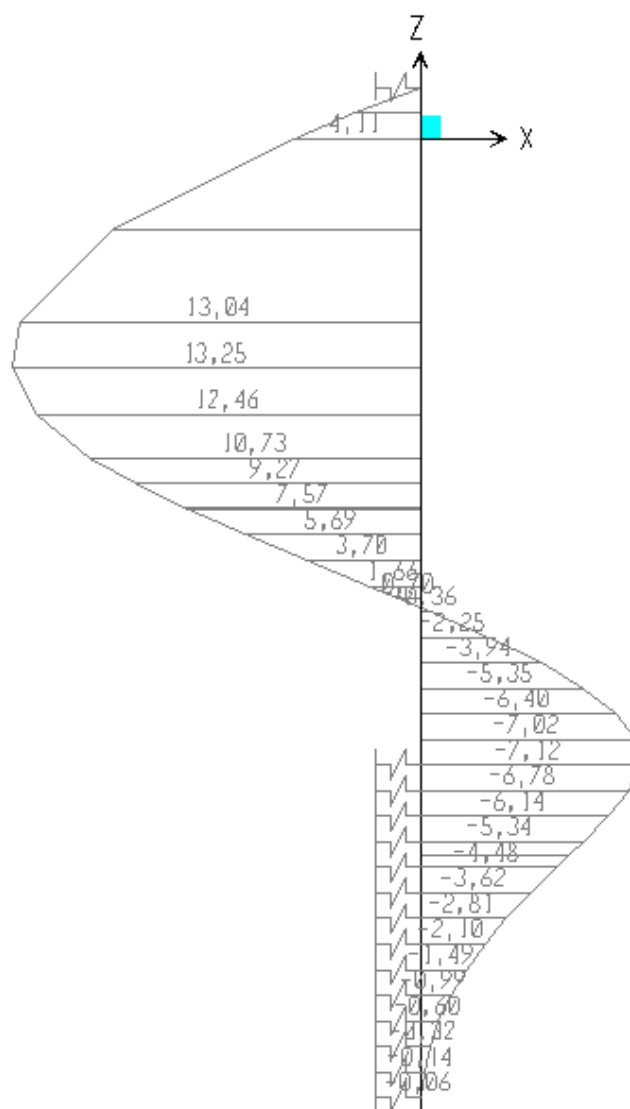


Figura 21: Diagrama de momentos fletores (em tfm/m).

- Diagrama de forças cortantes:

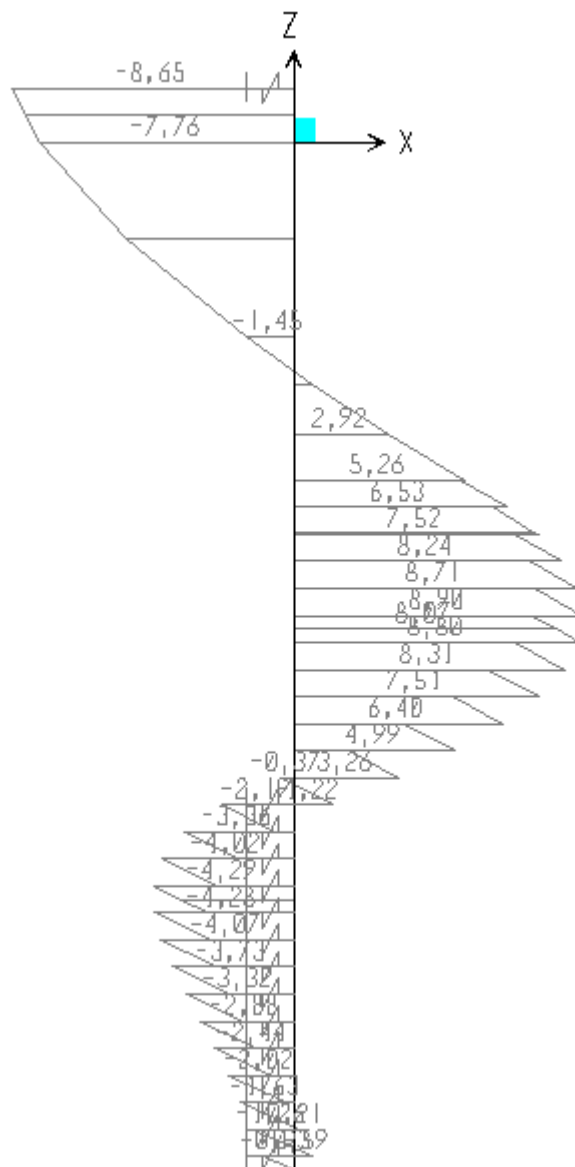


Figura 22: Diagrama de forças cortantes (em tf/m).

5.2.3. Dimensionamento

- concreto com $f_{ck} = 2000 \text{ tf/m}^2$
- aço com $f_{yk} = 5,0 \text{ tf/cm}^2$
- diâmetro: 41cm
- armação longitudinal: 9 ϕ 25mm
- armação transversal: ϕ 8mm c/15cm helicoidal

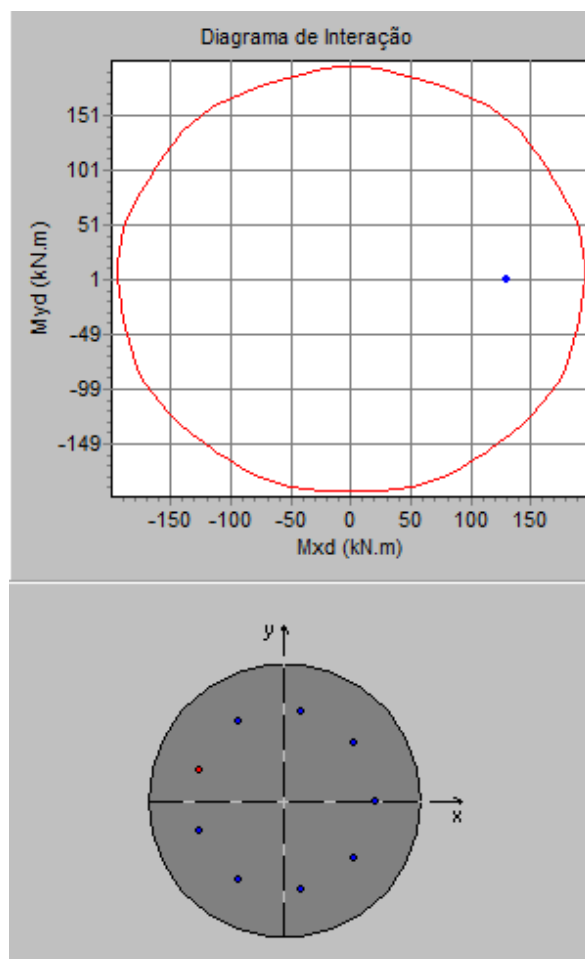


Figura 23: Diagrama de interação com a envoltória do momento fletor resistente.

5.3. Longarina de concreto

Força adotada nos tirantes = 45 tf/tirante (15,0 tf/m de longarina)

5.3.1. Carregamentos

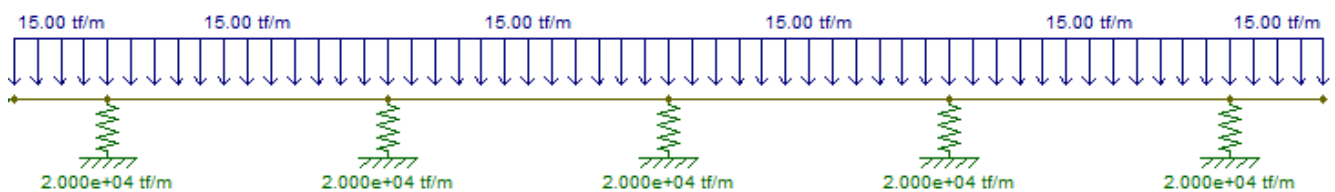


Figura 24: Modelo estrutural da longarina.

5.3.2. Solicitações

- Diagrama de momentos fletores:

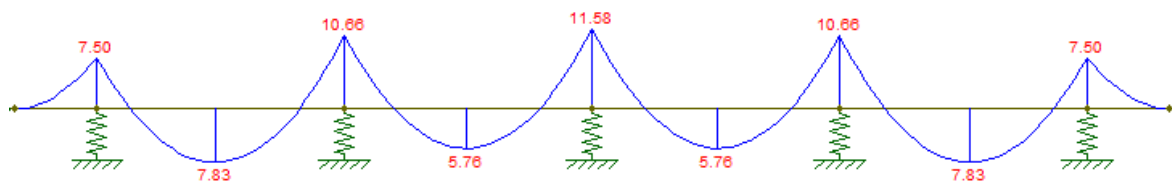


Figura 25: Diagrama de momentos fletores (em tfm/m).

- Diagrama de forças cortantes:

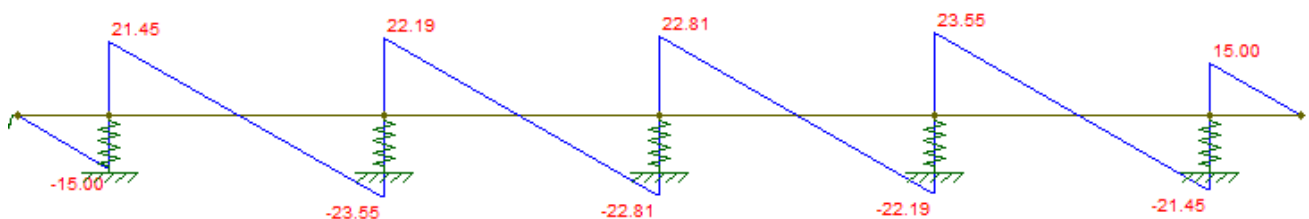


Figura 26: Diagrama de forças cortantes (em tf/m).

5.3.3. Dimensionamento

- concreto: $f_{ck} = 4500 \text{ tf/m}^2$
- aço com $f_{yk} = 5,0 \text{ tf/cm}^2$
- seção transversal: retangular 60 x 100cm
- flexão:

$$A_s^{\text{solo}} = 7,0 \text{ cm}^2 (4 \phi 16\text{mm})$$

$$A_s^{\text{escavação}} = 6,3 \text{ cm}^2 (4 \phi 16\text{mm})$$

- força cortante:

$$A_{sw}/s = 5,6 \text{ cm}^2/\text{m} (\phi 6,3 \text{ c}/20 \text{ 4 ramos})$$

6. TIRANTE

Conforme mencionado anteriormente, os tirantes serão espaçados em 3,0 metros. Dos casos analisados, o tipo I resultou na maior força no tirante (9,8 tf/m de contenção). No entanto, adotou-se 45 tf de protensão no tirante com o intuito do mesmo ajudar os níveis existentes a resistirem aos empuxos. Dessa maneira, os comprimentos livre e de ancoragem são calculados a seguir:

- comprimento livre = 10m

- comprimento do bulbo:

$$\gamma_f \times T_L = \pi \times \alpha \times D_d \times q_s \times L_s \quad (\text{método de Bustamante})$$

Adotado:

$$q_s = 22 \text{ tf/m}^2$$

$$\alpha = 1,2$$

$$D_d = 10\text{cm}$$

$$\gamma_f = 1,75$$

Com isso, obtêm-se:

$$L_s \sim 10,0\text{m}$$

7. VIGA ENTRE CONTENÇÕES

A viga entre contenções tem como função resistir aos esforços de força cortante devido a diferença de inclinação (20°) entre o tirante e as barras que interligam a contenção existente, além de servir como fundação e proteger as barras contra as intempéries.

- dimensões transversais: 1,20 x 0,70m

- análise da força cortante:

Força no tirante = 45,0 tf/tirante

Componente vertical da força do tirante = 15,4 tf/tirante

Armação necessária: $A_{sw} = 1,4 \times 15,4 / (5,0/1,15) = 5,0 \text{ cm}^2$ distribuídos em 20 cm (distância entre as chapas do tirante)

$A_{s,transversal} = 1,4 \times 15,4 / (2 \times 5,0/1,15) = 2,5 \text{ cm}^2$
distribuídos em 20 cm (distância entre as chapas do tirante)

$A_{s,longitudinal} = 1,4 \times 15,4 / (5,0/1,15) = 5,0 \text{ cm}^2$

Armação adotada (contemplando o peso próprio):

estribos = ϕ 10mm c/10 com 4 ramos

flexão = ϕ 12,5mm c/10 na transversal

8 ϕ 12,5mm na longitudinal

Armação de pele: $0,1\% \times 120 \times 70 = 8,4 \text{ cm/m}^2$ (7 ϕ 12,5)

- análise como fundação:

Capacidade admissível de carga do solo de apoio = $20,0 \text{ tf/m}^2$

Base adotada para o espriamento: $1,20 \times 0,70 \text{ m}$

Tensão resultante no solo = $15,4 / (1,20 \times 0,70) = 18,3 \text{ tf/m}^2$