

# **CONSTRUÇÃO DO RESERVATÓRIO NOVO MARAPICU, TRONCO, EXTRAVASOR E ADUTORA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ÁGUA NOVO GUANDU**

## **CANAL EXTRAVASOR**

## **MEMÓRIA DE CÁLCULO CANAL EXTRAVASOR**

**A-7800-RMT.3500.S017-PB-EXT.000.01-S00-MC-003**

**FEVEREIRO/2024**



Documento assinado digitalmente

**RODRIGO DE MELLO FENIZOLA**

Data: 04/11/2025 16:24:56-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

## SUMÁRIO

|                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. APRESENTAÇÃO .....</b>                                                      | <b>6</b>  |
| <b>2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA .....</b>                                          | <b>6</b>  |
| 2.1. Documentos Técnicos .....                                                    | 6         |
| 2.2. Normas Técnicas e Procedimentos Aplicáveis .....                             | 6         |
| <b>3. MACROLOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE PROJETO .....</b>                               | <b>6</b>  |
| <b>4. MATERIAIS E COBRIMENTOS .....</b>                                           | <b>9</b>  |
| <b>5. MODELO ESTRUTURAL .....</b>                                                 | <b>12</b> |
| 5.1. Canal aberto .....                                                           | 12        |
| 5.2. Canal fechado .....                                                          | 13        |
| <b>6. AÇÕES .....</b>                                                             | <b>14</b> |
| 6.1. Ações Permanentes .....                                                      | 14        |
| 6.2. Ações Variáveis .....                                                        | 26        |
| <b>7. COMBINAÇÕES .....</b>                                                       | <b>32</b> |
| <b>8. ESFORÇOS ATUANTES .....</b>                                                 | <b>34</b> |
| 8.1. Canal aberto (trecho com 20cm de espessura) .....                            | 34        |
| 8.2. Canal aberto (trecho com 35cm de espessura) .....                            | 35        |
| 8.3. Canal fechado .....                                                          | 37        |
| <b>9. DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL .....</b>                                        | <b>39</b> |
| 9.1. Verificação quanto ao momento fletor, ao esforço cortante e fissuração ..... | 39        |
| 9.1.1 Canal aberto .....                                                          | 40        |
| 9.1.2 Canal fechado .....                                                         | 48        |
| 9.2. Verificação ao tombamento .....                                              | 54        |
| 9.2.1 Canal com 20 cm de espessura .....                                          | 54        |
| 9.2.2 Canal com 35 cm de espessura .....                                          | 56        |
| 9.3. Verificação quanto ao içamento .....                                         | 58        |
| <b>10. Conclusão .....</b>                                                        | <b>61</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Macrolocalização – Canal Extravador .....                                                                           | 7  |
| Figura 2 - Localização - Canal - Reservatório --Tubulações .....                                                               | 8  |
| Figura 3 - Forma do canal na região aberta .....                                                                               | 11 |
| Figura 4 - Forma do canal na região aberta (trecho com 35cm de espessura) .....                                                | 11 |
| Figura 5 – Forma do canal na região fechada (com célula dupla) .....                                                           | 12 |
| Figura 6 - Modelo Estrutural 3D - Canal aberto .....                                                                           | 13 |
| Figura 7 - Modelo Estrutural 3D - Canal fechado .....                                                                          | 14 |
| Figura 8 – Representação do carregamento de peso próprio no modelo de canal aberto .....                                       | 15 |
| Figura 9 – Representação do carregamento de peso próprio no modelo de canal fechado .....                                      | 16 |
| Figura 10 – Representação do carregamento de empuxo lateral no modelo de canal aberto .....                                    | 17 |
| Figura 11 – Representação do carregamento de empuxo lateral no modelo de canal fechado .....                                   | 18 |
| Figura 12 – Representação do carregamento de empuxo d'água no modelo de canal aberto .....                                     | 19 |
| Figura 13 – Representação do carregamento de empuxo d'água no modelo de canal fechado .....                                    | 19 |
| Figura 14 – Representação do carregamento de empuxo da água externa ao canal aberto (esp. 20cm) .....                          | 21 |
| Figura 15 – Representação do carregamento de empuxo da água externa ao canal aberto (esp. 35cm) .....                          | 22 |
| Figura 16 – Representação do carregamento de empuxo da água externa ao canal fechado .....                                     | 22 |
| Figura 17 – Representação do carregamento de sobrecarga no aterro no modelo de canal aberto .....                              | 23 |
| Figura 18 – Representação do carregamento de sobrecarga no aterro no modelo de canal fechado .....                             | 24 |
| Figura 19 – Representação do carregamento de içamento no modelo de canal aberto (trecho com 20cm de espessura. Majorado) ..... | 25 |
| Figura 20 – Representação do carregamento de içamento no modelo de canal aberto (trecho com 35cm de espessura. Majorado) ..... | 25 |
| Figura 21 – Representação do carregamento de içamento no modelo de canal fechado (majorado) .....                              | 26 |
| Figura 22 - Veículo-tipo das Classes 45 e 30 (NBR 7188) .....                                                                  | 26 |

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 23 – Representação do carregamento de trem-tipo sobre a laje de topo no modelo de canal fechado .....    | 28 |
| Figura 24 – Gráfico da tensão horizontal ao longo da profundidade para carga distante .....                     | 29 |
| Figura 25 – Gráfico da tensão horizontal ao longo da profundidade para carga distante .....                     | 30 |
| Figura 26 – Representação do carregamento lateral devido ao trem-tipo no modelo de canal aberto (2 rodas) ..... | 31 |
| Figura 27 - Representação do esquema de carregamento da roda sobre o aterro lateral .....                       | 31 |
| Figura 28 - Representação do carregamento lateral devido ao trem-tipo no modelo de canal fechado .....          | 32 |
| Figura 29 - Representação das combinações utilizadas no modelo de canal aberto .....                            | 33 |
| Figura 30 - Representação das combinações utilizadas no modelo de canal fechado .....                           | 33 |
| Figura 31 – Envoltória de Esforço Normal – Canal Aberto .....                                                   | 34 |
| Figura 32 – Envoltória de Esforço Cortante – Canal Aberto .....                                                 | 35 |
| Figura 33 – Envoltória de Momento Fletor – Canal Aberto .....                                                   | 35 |
| Figura 34 – Resumo dos Esforços Máximos – Canal Aberto (kN e KNm) .....                                         | 35 |
| Figura 35 – Envoltória de Esforço Normal – Canal Aberto .....                                                   | 36 |
| Figura 36 – Envoltória de Esforço Cortante – Canal Aberto .....                                                 | 36 |
| Figura 37 – Envoltória de Momento Fletor – Canal Aberto .....                                                   | 37 |
| Figura 38 – Resumo dos Esforços Máximos – Canal Aberto (kN e KNm) .....                                         | 37 |
| Figura 39 – Envoltória de Esforço Normal – Canal Fechado .....                                                  | 38 |
| Figura 40 – Envoltória de Esforço Cortante – Canal Fechado .....                                                | 38 |
| Figura 41 – Envoltória de Momento Fletor – Canal Fechado .....                                                  | 38 |
| Figura 42 – Resumo dos Esforços Máximos – Canal Fechado (kN e KNm) .....                                        | 39 |
| Figura 43 – Dimensionamento do Canal aberto (trecho com 20cm de espessura) – externo parede .....               | 40 |
| Figura 44 – Dimensionamento do Canal aberto (trecho com 20cm de espessura) – externo fundo .....                | 41 |
| Figura 45 – Dimensionamento do Canal aberto (trecho com 20cm de espessura) – interno parede .....               | 42 |
| Figura 46 – Dimensionamento do Canal aberto (trecho com 20cm de espessura) – interno fundo .....                | 43 |
| Figura 47 – Dimensionamento do Canal aberto (trecho com 35cm de espessura) – externo parede .....               | 44 |
| Figura 48 – Dimensionamento do Canal aberto (trecho com 35cm de espessura) – externo fundo .....                | 45 |

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 49 – Dimensionamento do Canal aberto (trecho com 35cm de espessura) – interno parede ..... | 46 |
| Figura 50 – Dimensionamento do Canal aberto (trecho com 35cm de espessura) – interno fundo .....  | 47 |
| Figura 51 – Dimensionamento da laje de fundo do Canal fechado – fundo externo .....               | 48 |
| Figura 52 – Dimensionamento da laje de fundo do Canal fechado – fundo interno .....               | 49 |
| Figura 53 - Dimensionamento da laje de tampa do Canal fechado – tampa interno.....                | 50 |
| Figura 54 - Dimensionamento da laje de tampa do Canal fechado – tampa externo .....               | 51 |
| Figura 55 - Dimensionamento das paredes do Canal fechado – parede externo.....                    | 52 |
| Figura 56 - Dimensionamento das paredes do Canal fechado – parede interno.....                    | 53 |
| Figura 57 - Seção típica .....                                                                    | 54 |
| Figura 58 - Carregamento usual da Calha .....                                                     | 54 |
| Figura 59 - Resumo dos esforços.....                                                              | 55 |
| Figura 60 – Tensões na fundação.....                                                              | 55 |
| Figura 61 – Seção Típica.....                                                                     | 56 |
| Figura 62 - Carregamento usual da Calha .....                                                     | 56 |
| Figura 63 - Resumo dos esforços.....                                                              | 57 |
| Figura 64 – Tensões na fundação.....                                                              | 57 |
| Figura 65 - Diagrama de esforço normal - Canal aberto .....                                       | 58 |
| Figura 66 - Diagrama de esforço cortante – Canal aberto .....                                     | 58 |
| Figura 67 - Diagrama de momento fletor - Canal aberto .....                                       | 59 |
| Figura 68 - Diagrama de esforço normal - Canal fechado.....                                       | 59 |
| Figura 69 - Diagrama de esforço cortante - Canal fechado .....                                    | 60 |
| Figura 70 - Diagrama de momento fletor - Canal fechado .....                                      | 60 |

## LISTA DE TABELAS

|                                          |   |
|------------------------------------------|---|
| Tabela 1 – Classe de agressividade ..... | 9 |
| Tabela 2 – Cobrimento nominal .....      | 9 |

## LISTA DE QUADROS

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 – Pesos específicos de diversos materiais ..... | 14 |
|----------------------------------------------------------|----|

## 1. APRESENTAÇÃO

O presente documento apresenta a memória de cálculo estrutural do projeto do Canal Extravador do Reservatório Novo Marapicu, situado no município de Nova Iguaçu, no estado do Rio de Janeiro.

O Canal Extravador é um projeto sobre uma vala existente – vala da Rua Ingá. O projeto do canal extravasor será feito sobre essa vala para que ela consiga suportar as cheias de projeto.

## 2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

### 2.1. Documentos Técnicos

- DN1500-PLANTA DE LOCAÇÃO – CAIXA DE QUEDA DE ENERGIA
- A-7800-RMT.3500.S017-PB-EXT.000.01-I30-RL-020 - RELATÓRIO GEOTÉCNICO - CANAL EXTRAVASOR

### 2.2. Normas Técnicas e Procedimentos Aplicáveis

- NBR 6118:2023 – Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento;
- NBR 6120:2019 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;
- NBR 9062:2017 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado;
- NBR 7188:2024 – Carga Móvel Rodoviária e de Pedestres em Pontes, Viadutos, Passarelas e Outras Estruturas;
- NBR 8681:2003 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;
- NBR 7480:2022 – Aço destinado a Armaduras para Concreto Armado – Especificação.

## 3. MACROLOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE PROJETO

A Figura 1 mostra a localização do Canal Extravador em relação à hidrografia adjacente e às divisões territoriais. Verifica-se que o Canal Extravador se situa no município de Nova Iguaçu, no bairro “km 32”, sendo o canal um afluente do Rio Capenga, que por sua vez descarrega no Rio Guandu-Mirim.

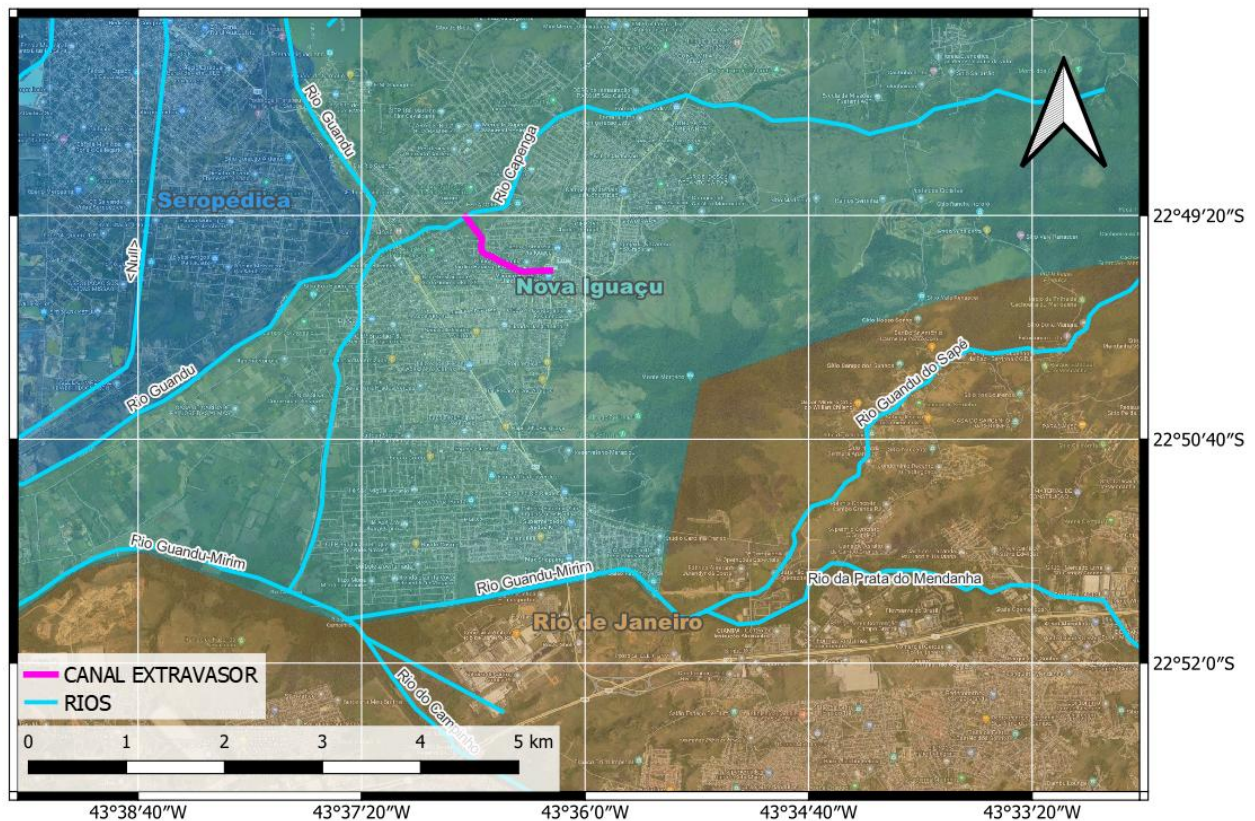


Figura 1 – Macrolocalização – Canal Extravador

A Figura 2 mostra o Canal em maior detalhe, mostrando a serra do Marapicu a montante da bacia do mesmo, e o bairro do km 32 no qual ele é inserido. O Canal Extravador projetado é uma melhoria de uma vala já existente. O objetivo do projeto é aumentar a capacidade hidráulica do canal, definindo seções revestidas com capacidade hidráulica adequada, com contenção de margens e dissipação de energia ao final.

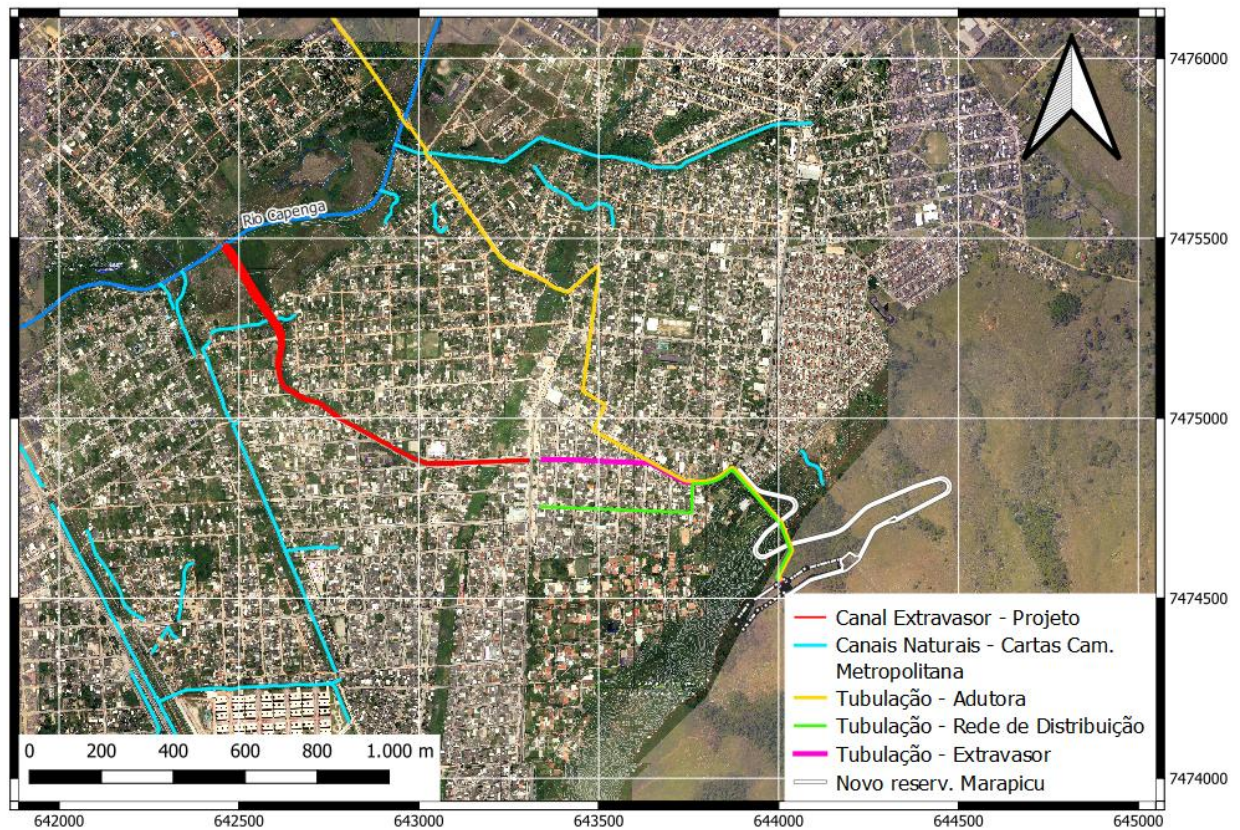


Figura 2 - Localização - Canal - Reservatório --Tubulações

#### 4. MATERIAIS E COBRIMENTOS

Os materiais a utilizar na execução das obras de arte foram ditados pela necessidade de garantir não só a resistência, mas também a durabilidade da obra.

As estruturas foram classificadas como sendo, em geral, da classe de agressividade ambiental III - Ambiente "Industrial" de acordo com a NBR 6118.

Tabela 1 – Classe de agressividade

| Classe de agressividade ambiental | Agressividade | Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto | Risco de deterioração da estrutura |
|-----------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| I                                 | Frac          | Rural                                                          | Insignificante                     |
|                                   |               | Submersa                                                       |                                    |
| II                                | Moderada      | Urbana <sup>a, b</sup>                                         | Pequeno                            |
| III                               | Forte         | Marinha <sup>a</sup>                                           | Grande                             |
|                                   |               | Industrial <sup>a, b</sup>                                     |                                    |
| IV                                | Muito forte   | Industrial <sup>a, c</sup>                                     | Elevado                            |
|                                   |               | Respingos de maré                                              |                                    |

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

<sup>b</sup> 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.

<sup>c</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Tabela 2 – Cobrimento nominal

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

<sup>a</sup> Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

<sup>b</sup> 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  $\geq 15$  mm.

<sup>c</sup> 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.

<sup>d</sup> No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal  $\geq 45$  mm.

Os parâmetros e características resistentes dos materiais adotados são descritos a seguir:

- Aço CA-50.....  $f_{yk} = 500$  MPa
- Cobrimentos para armaduras.....  $cob = 4,0$  cm
- Concreto estrutural.....  $f_{ck} = 35$  MPa
- Peso específico da água.....  $\gamma_{\text{água}} = 10$  kN/m<sup>3</sup>
- Coeficiente de mola do solo.....  $k_z = 50.000$  kN/m<sup>2</sup>
- Peso específico do concreto estrutural .....  $\gamma_{\text{conc}} = 25$  kN/m<sup>3</sup>
- Peso específico do material dos aterros .....  $\gamma_{\text{aterro}} = 18$  kN/m<sup>3</sup>
- Ângulo de atrito do material dos aterros .....  $\phi = 20^\circ$
- Sobrecarga a considerar sobre os aterros .....  $q_{\text{aterro}} = 20$  kN/m<sup>2</sup>
- Veículo-tipo TB-450 (NBR 7188) .....  $P = 450$  kN

Os casos mais críticos (com maiores vãos) do Canal extravasor nos trechos aberto e fechado estão apresentados nas figuras seguintes. O dimensionamento também servirá para as transições pois tem dimensões semelhantes.

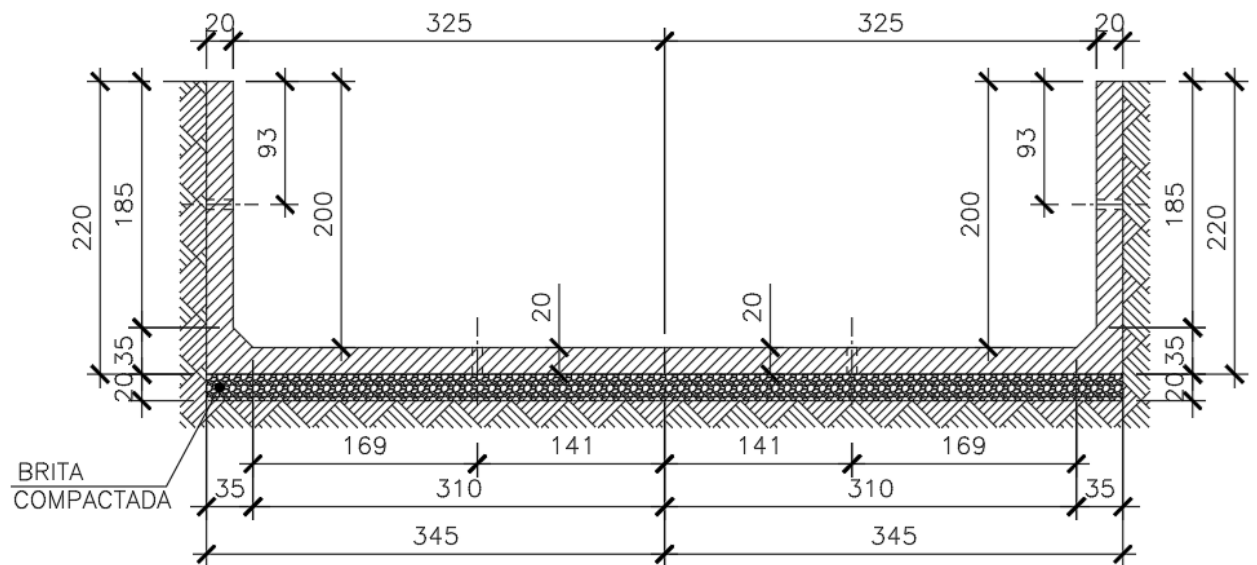


Figura 3 - Forma do canal na região aberta

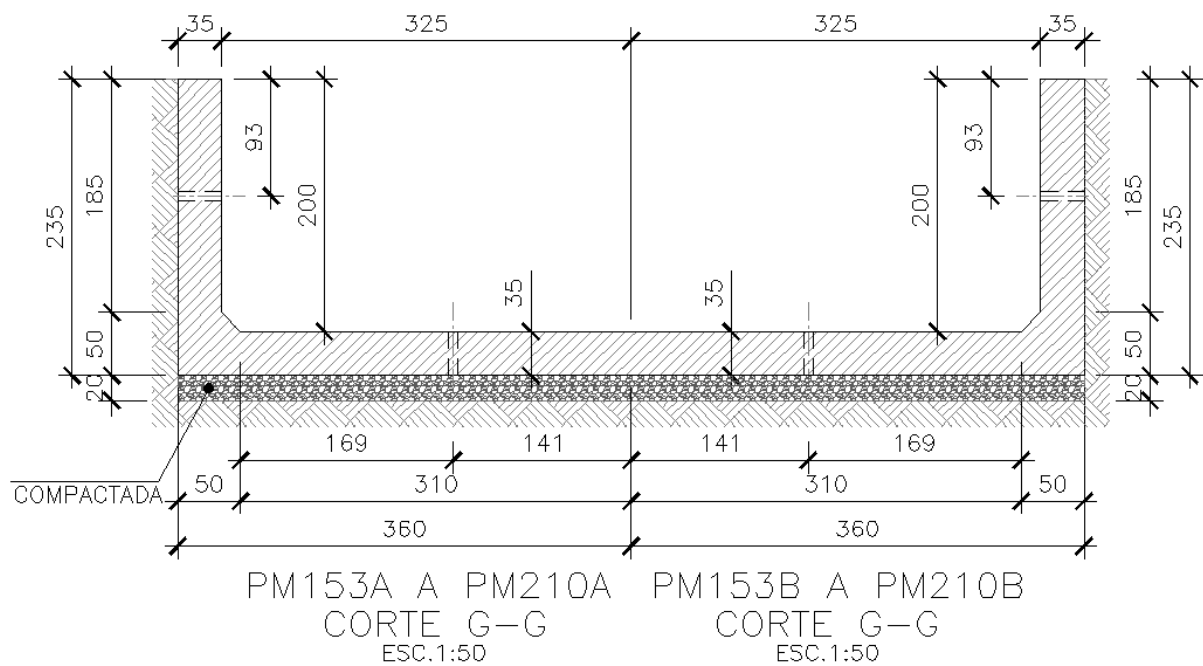


Figura 4 - Forma do canal na região aberta (trecho com 35cm de espessura)

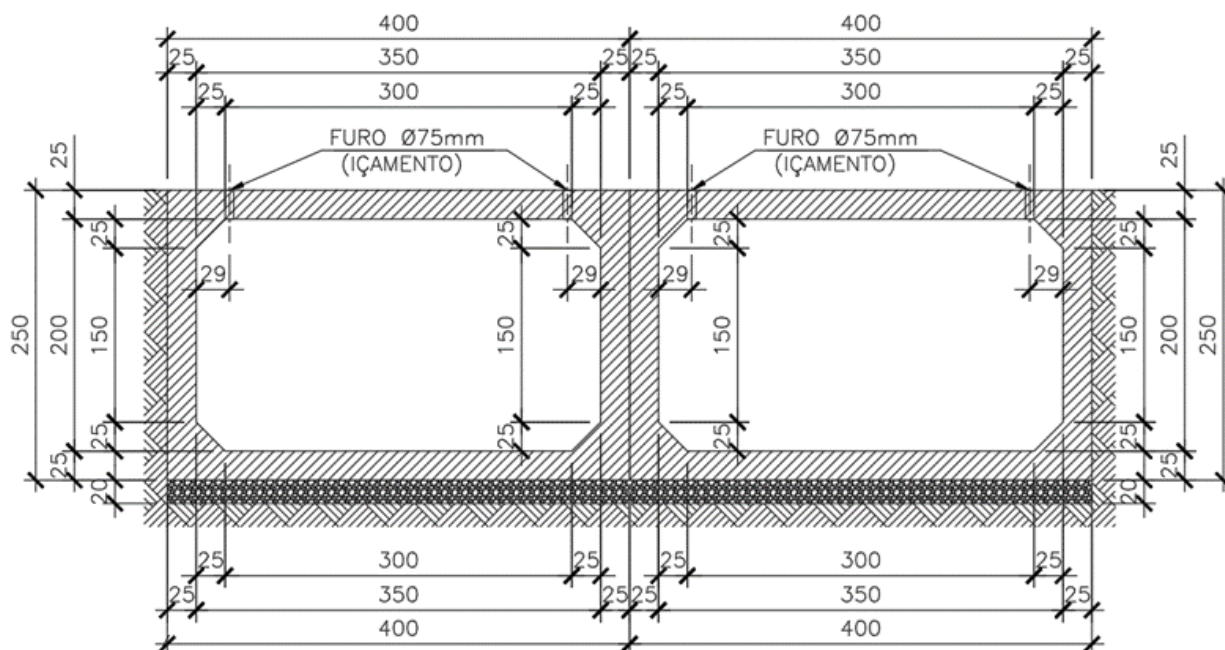


Figura 5 – Forma do canal na região fechada (com célula dupla)

## 5. MODELO ESTRUTURAL

Para o pré-dimensionamento e análise estrutural, foi desenvolvido um modelo de cálculo no software ROBOT, onde a estrutura foi modelada por metro, com elementos de barra com 1,0 metro de largura. Considerou-se como condição de apoio, a estrutura apoiada sobre piso elástico, com coeficiente de mola do solo  $k_z = 50.000 \text{ kN/m}^2$ .

A seguir, são apresentados os modelos de cálculo utilizados no dimensionamento e verificação quanto à segurança das estruturas, objetos de análise dessa memória de cálculo.

Os modelos foram concebidos a fim de simular as situações mais críticas. Foram modelados o pré-moldado em L para o canal aberto e uma célula do canal fechado, que corresponde ao pré-moldado.

### 5.1. Canal aberto

Para a modelagem dos canais, foi utilizado o software ROBOT, conforme ilustrado na figura a seguir.

O canal aberto foi modelado como elemento de barra, e o pior caso possui um vão livre de 6,5 metros.

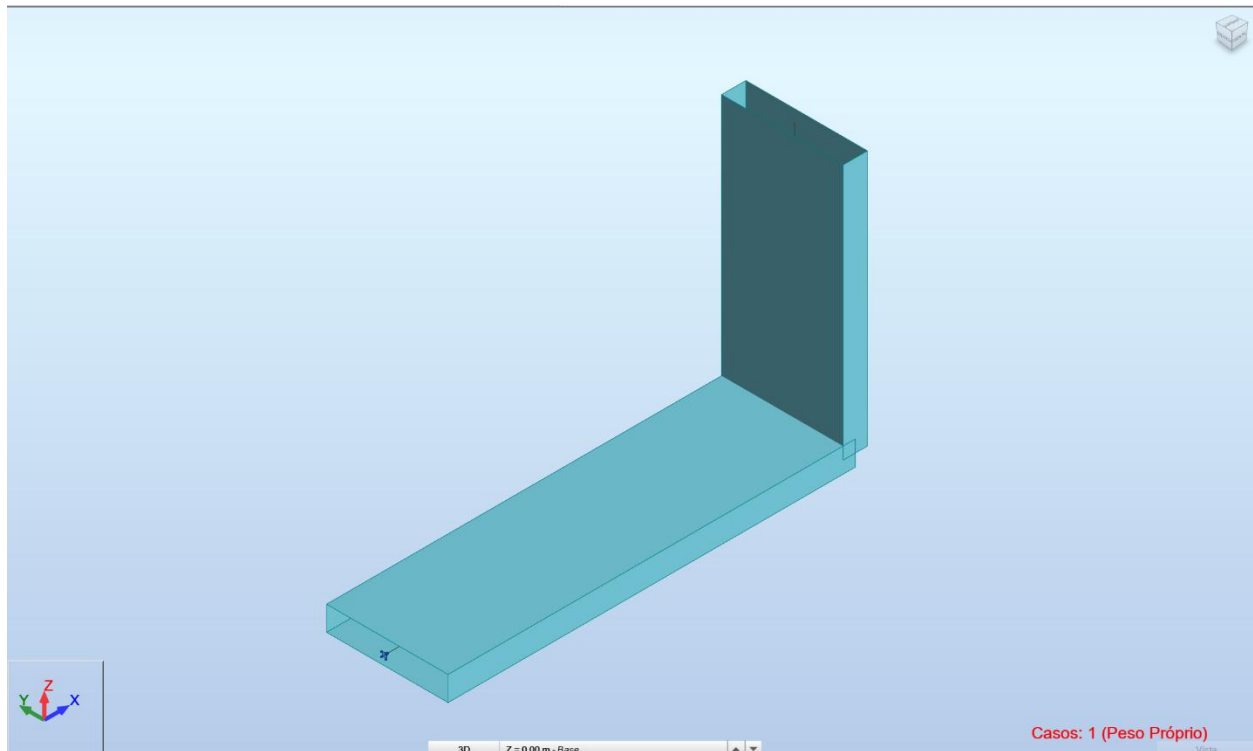


Figura 6 - Modelo Estrutural 3D - Canal aberto

## 5.2. Canal fechado

Para a modelagem dos canais, foi utilizado o software ROBOT, conforme ilustrado na figura a seguir.

O canal fechado foi modelado como elemento de barra, e o pior caso possui um vão livre de 3,5 metros.

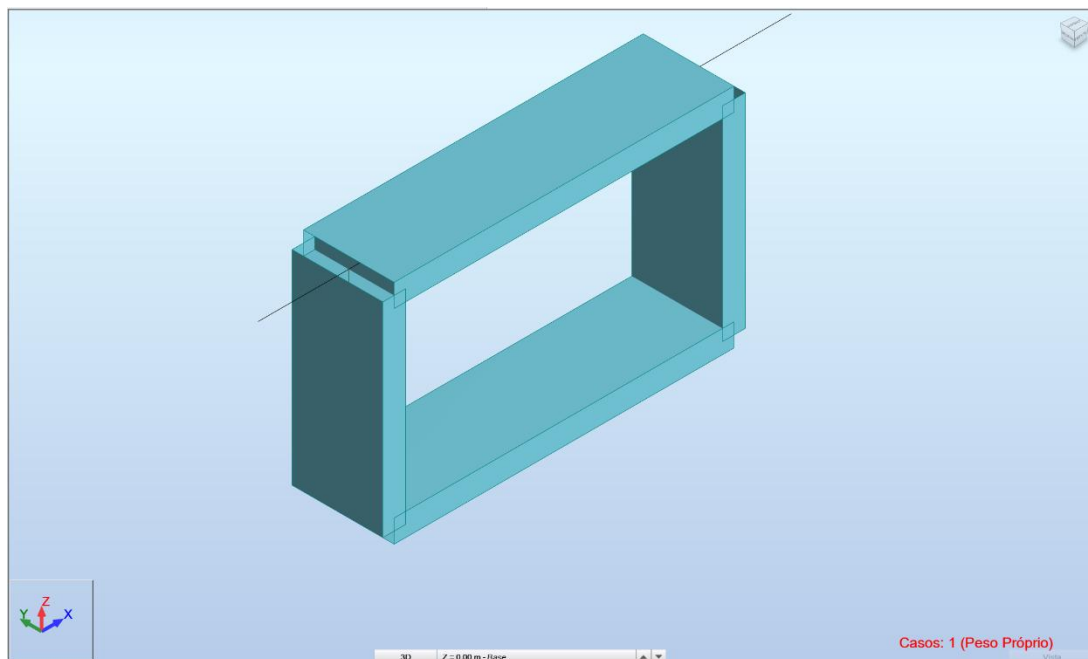


Figura 7 - Modelo Estrutural 3D - Canal fechado

## 6. AÇÕES

### 6.1. Ações Permanentes

- **Peso próprio**

O peso próprio é calculado considerando que em cada seção o seu valor é dado pela área da seção multiplicada pelo peso específico do material que a compõe.

Os pesos específicos dos materiais são considerados de acordo com a norma NBR 6120 ou mediante valores fornecidos propositadamente para a elaboração do projeto. Em seguida apresentam-se os valores considerados.

#### Quadro 1 – Pesos específicos de diversos materiais

| Material         | Peso específico [kN/m³] |
|------------------|-------------------------|
| Concreto Simples | 24.0                    |
| Concreto Armado  | 25.0                    |
| Aço              | 78.5                    |
| Solo Seco        | 18.0                    |
| Solo Úmido       | 22.0                    |



Figura 8 – Representação do carregamento de peso próprio no modelo de canal aberto

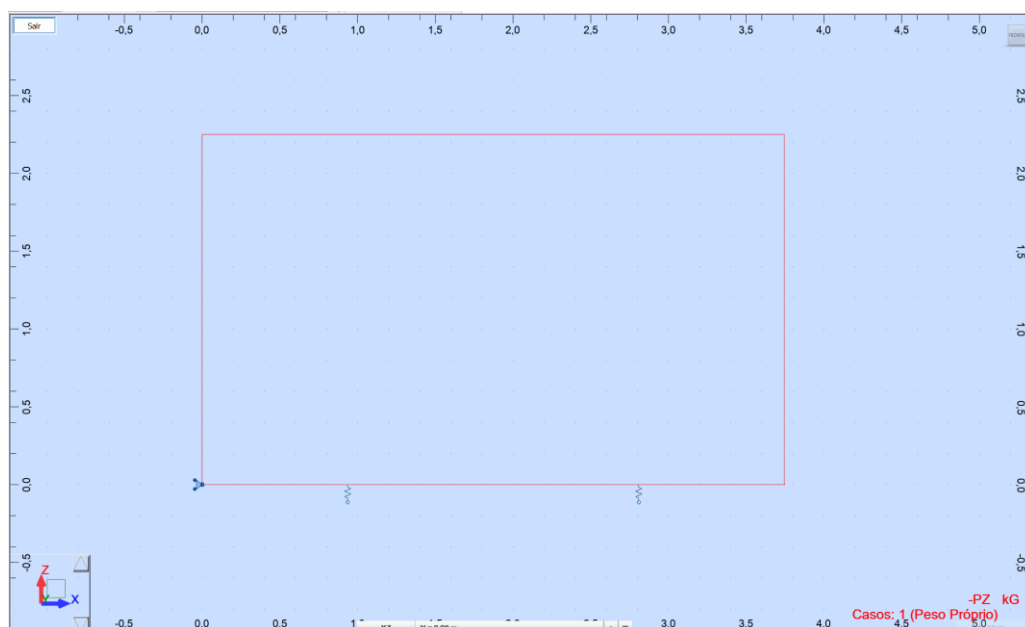


Figura 9 – Representação do carregamento de peso próprio no modelo de canal fechado

- **Empuxo lateral nas paredes**

Foi considerado o esforço atuante na estrutura devido ao empuxo gerado nas paredes decorrente do material do aterro.

- Peso específico do solo:  $\gamma_{\text{solo}} = 18 \text{ kN/m}^3$
- Coeficiente de empuxo

O coeficiente de empuxo ativo pode ser determinado com a seguinte expressão:

Teoria de Rankine:

$$k_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

Onde  $\phi$  é o ângulo de atrito interno do solo.

Considerando solo sem coesão e ângulo de atrito interno de  $20^\circ$ , tem-se o seguinte valor para o coeficiente de empuxo:

Coeficiente de empuxo ativo:

$$k_a = \tan^2\left(45 - \frac{20}{2}\right) = 0,49$$

A pressão horizontal do solo, que corresponde ao empuxo do solo nas paredes, pode ser calculada com a expressão:

$$P_h = k_a \cdot P_v = k_a \cdot \gamma_s \cdot y_s$$

Temos dois casos de modelos que serão considerados, o canal aberto e fechado.

Para o canal aberto:

$$P_h = k_a \cdot y_s \cdot \gamma_s = 0,49 \cdot 2,1 \cdot 18 = 18,52 \text{ kN/m}^2$$

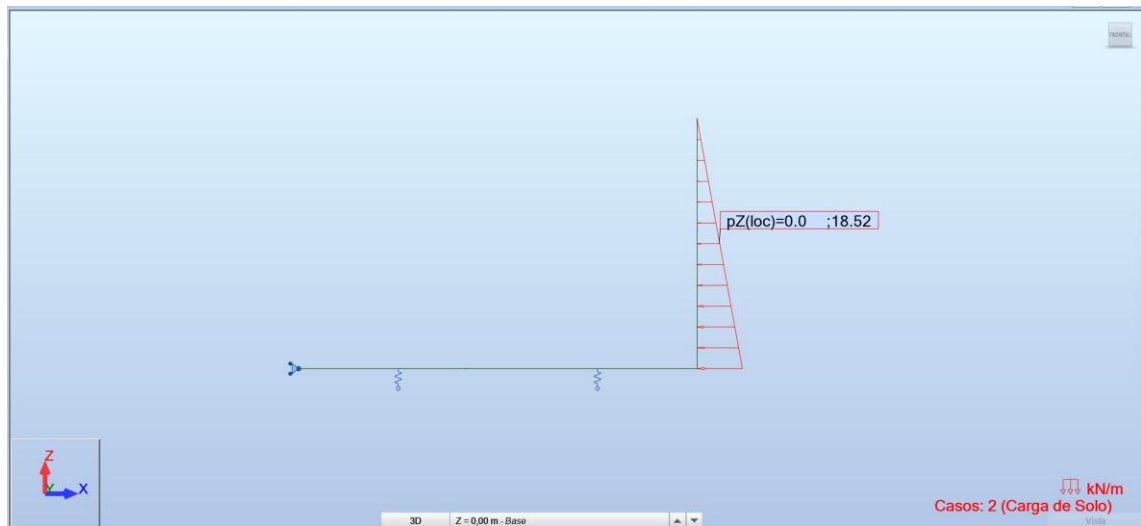


Figura 10 – Representação do carregamento de empuxo lateral no modelo de canal aberto

Para o canal fechado:

$$P_h = k_a \cdot y_s \cdot \gamma_s = 0,49 \cdot 2,25 \cdot 18 = 19,84 \text{ kN/m}^2$$

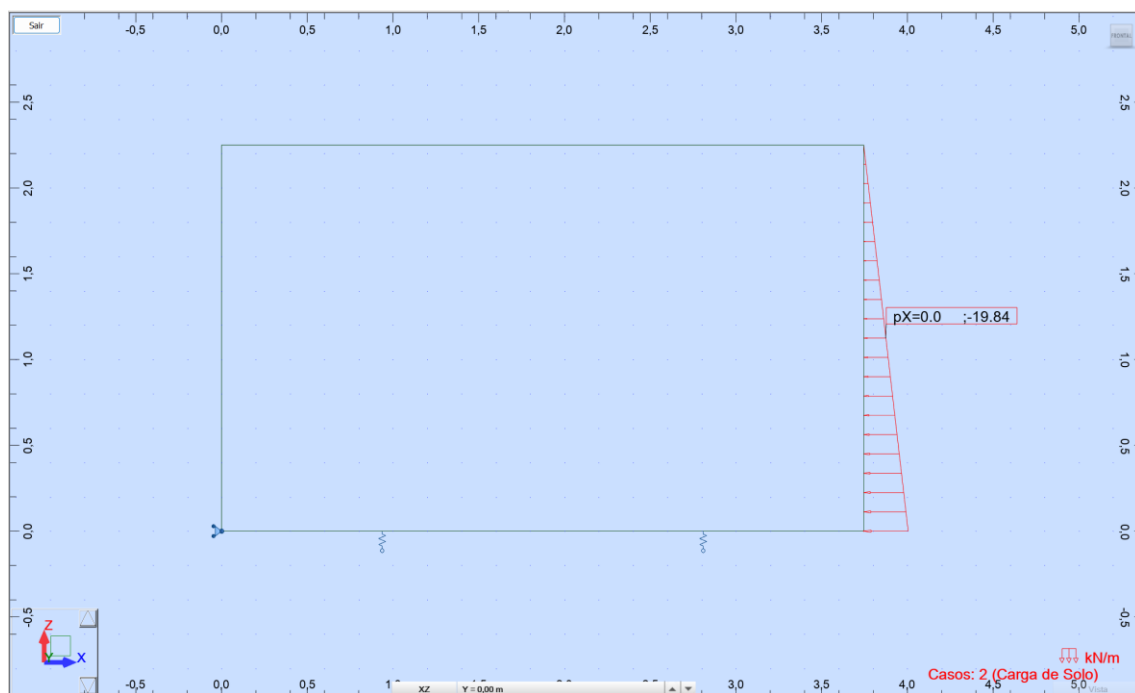


Figura 11 – Representação do carregamento de empuxo lateral no modelo de canal fechado

- **Empuxo d'água**

Deve-se considerar uma pressão interna nas paredes, como uma carga triangular, indo de zero no topo até o seu valor máximo na base.

$$P_{ha} = \gamma_a \cdot y_a$$

Sendo  $\gamma_a$  o peso específico da água (10 kN/m³).

Logo, a pressão da água na base do canal aberto:

$$P_{ha} = \gamma_a \cdot y_a = 10 \cdot 2,1 = 21 \text{ kN/m}^2$$

Pressão da água na base do canal fechado:

$$P_{ha} = \gamma_a \cdot y_a = 10 \cdot 2,25 = 22,5 \text{ kN/m}^2$$

- **Pressão da água na laje de fundo**

A pressão da água funciona como um carregamento uniformemente distribuído sobre a laje de fundo, com o mesmo valor que encontramos para o valor da base da parede lateral.

No canal aberto:

$$P_{ha} = \gamma_a \cdot y_a = 10 \cdot 2,1 = 21 \text{ kN/m}^2$$

No canal fechado:

$$P_{ha} = \gamma_a \cdot y_a = 10 \cdot 2,25 = 22,5 \text{ kN/m}^2$$

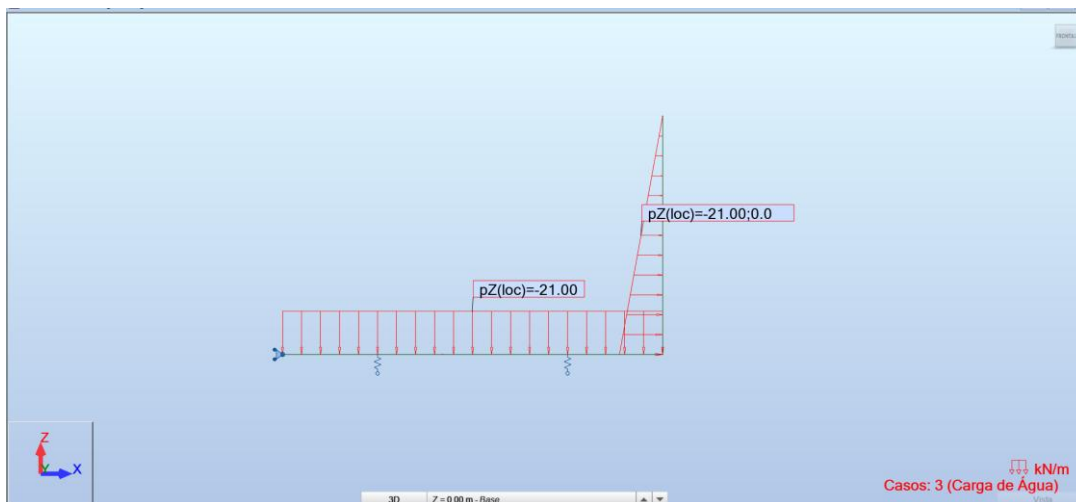


Figura 12 – Representação do carregamento de empuxo d'água no modelo de canal aberto

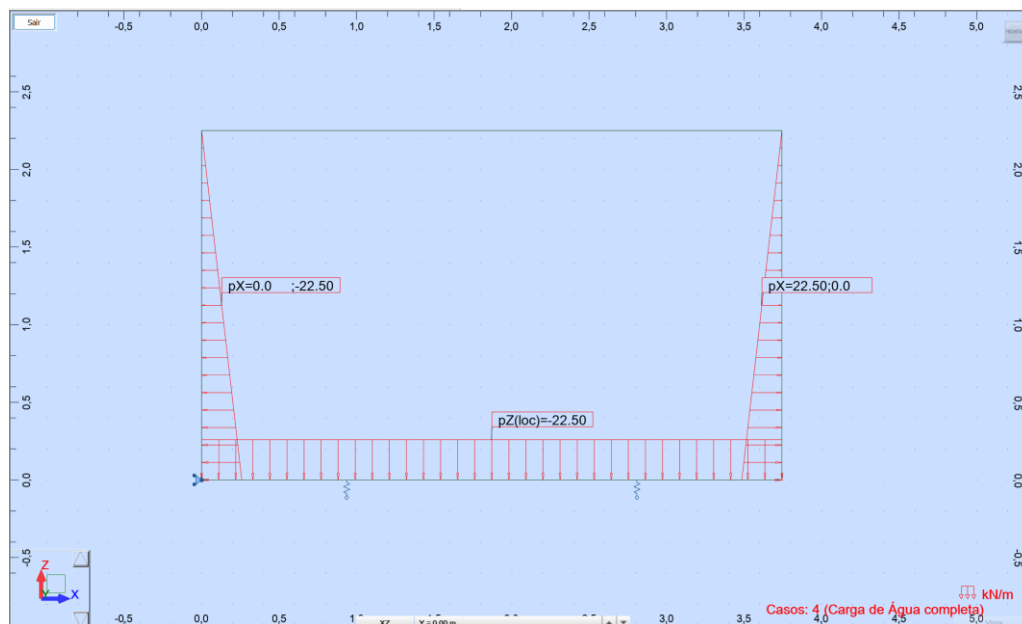


Figura 13 – Representação do carregamento de empuxo d'água no modelo de canal fechado

- **Pressão da água externa ao canal**

Deve-se considerar uma pressão externa nas paredes, como uma carga triangular, indo de zero no topo da cota de nível máximo de água até o seu valor máximo na base.

No trecho com 20cm de espessura do canal aberto:

O valor da cota de água foi adotado (segundo sondagens próximas ao local), começando a uma profundidade de 1,335 metros abaixo do nível de solo da lateral do canal.

Sendo assim, podemos calcular a altura de água na lateral inferior das paredes.

$$y_a = 2,10 - 1,335 = 0,765 \text{ m}$$

$$P_{ha} = \gamma_a \cdot y_a$$

Sendo  $\gamma_a$  o peso específico da água (10 kN/m³).

A pressão da água na base do canal:

$$P_{ha} = \gamma_a \cdot y_a = 10 \cdot 0,765 = 7,65 \text{ kN/m}^2$$

No trecho com 35cm de espessura do canal aberto:

O valor da cota de água foi adotado (segundo sondagens próximas ao local), começando a uma profundidade de 0,985 metros abaixo do nível de solo da lateral do canal.

Sendo assim, podemos calcular a altura de água na lateral inferior das paredes.

$$y_a = 2,10 - 0,985 = 1,115 \text{ m}$$

$$P_{ha} = \gamma_a \cdot y_a$$

Sendo  $\gamma_a$  o peso específico da água (10 kN/m³).

A pressão da água na base do canal:

$$P_{ha} = \gamma_a \cdot y_a = 10 \cdot 1,115 = 11,15 \text{ kN/m}^2$$

No canal fechado:

O valor da cota de água foi adotado (segundo sondagens próximas ao local), começando a uma profundidade de 1,205 metros abaixo do nível de solo da lateral do canal.

Sendo assim, podemos calcular a altura de água na lateral inferior das paredes.

$$y_a = 2,25 - 1,205 = 1,045 \text{ m}$$

$$P_{ha} = \gamma_a \cdot y_a$$

Sendo  $\gamma_a$  o peso específico da água (10 kN/m³).

E a pressão da água na base do canal fechado:

$$P_{ha} = \gamma_a \cdot y_a = 10 \cdot 1,045 = 10,45 \text{ kN/m}^2$$

Essa pressão de água também ocorre de baixo para cima, na laje de fundo, como uma carga uniformemente distribuída.



Figura 14 – Representação do carregamento de empuxo da água externa ao canal aberto (esp. 20cm)

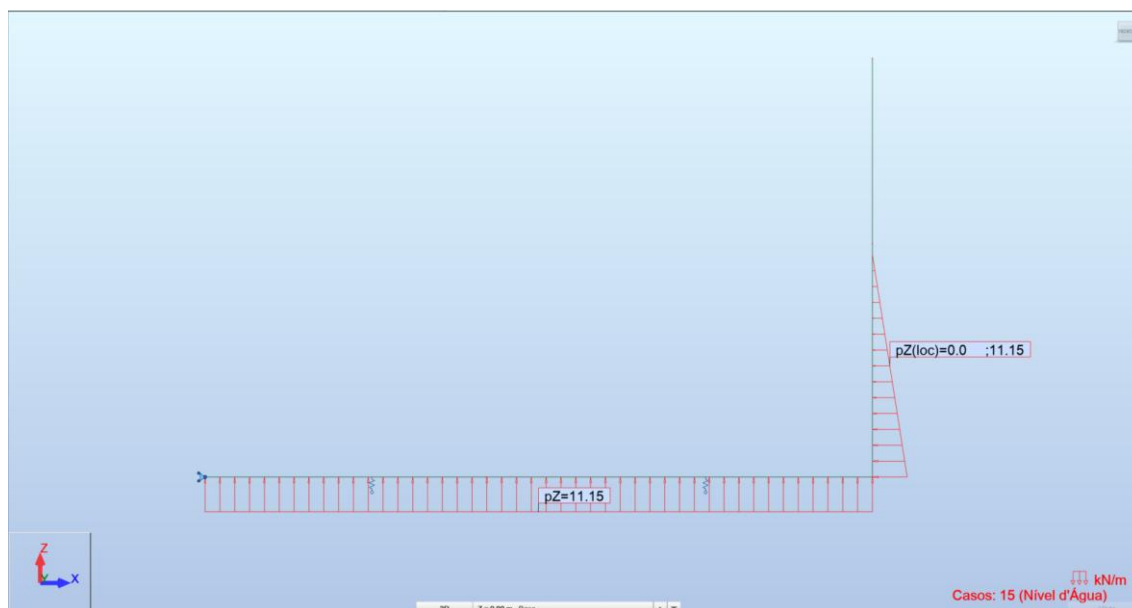


Figura 15 – Representação do carregamento de empuxo da água externa ao canal aberto (esp. 35cm)

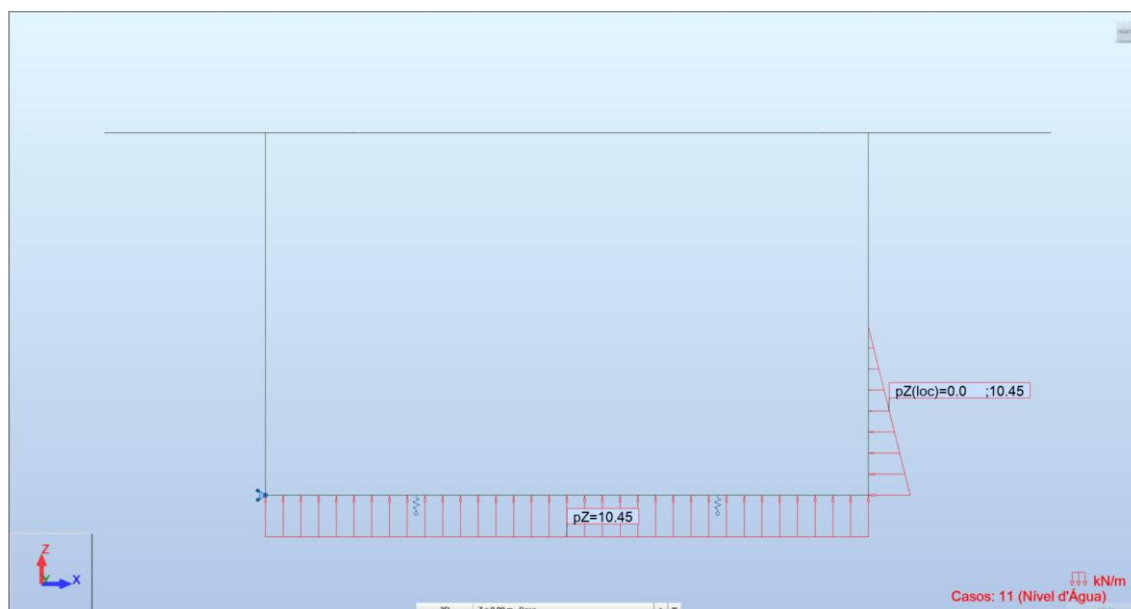


Figura 16 – Representação do carregamento de empuxo da água externa ao canal fechado

- **Sobrecarga no aterro**

A ação devido à sobrecarga no aterro é calculada através do valor da sobrecarga multiplicada pelo coeficiente de empuxo  $k$  do solo. Como resultado temos uma carga distribuída ao longo da altura da parede, com o mesmo valor, tanto para o canal fechado quanto para o canal aberto.

$$q_{sc} = 20 \text{ kN/m}^2 \times 0,49 = 9,8 \text{ kN/m}$$

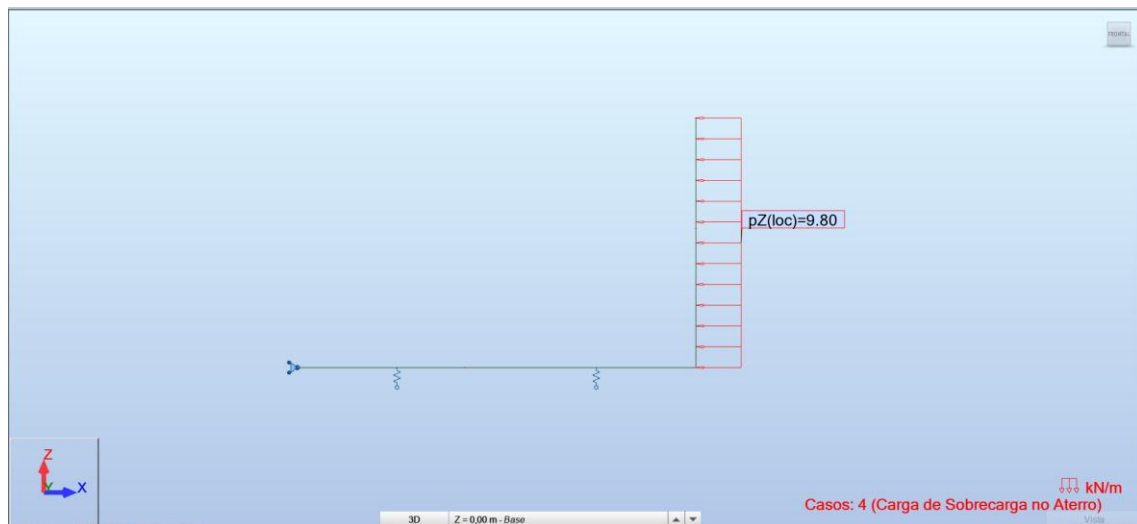


Figura 17 – Representação do carregamento de sobrecarga no aterro no modelo de canal aberto

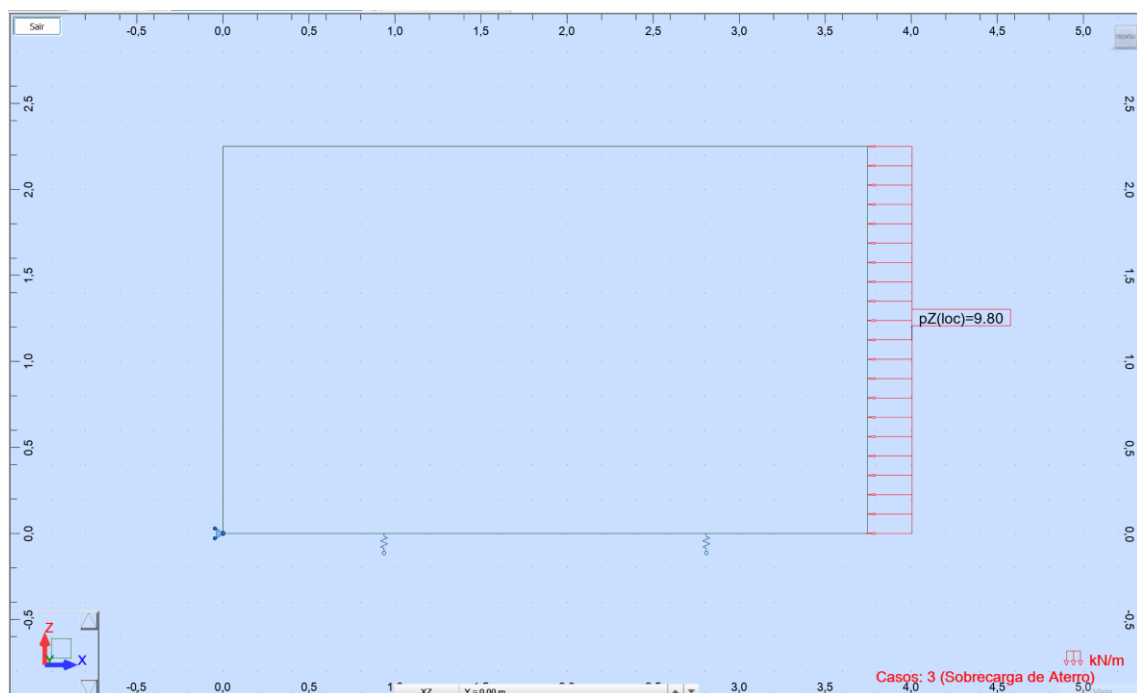


Figura 18 – Representação do carregamento de sobrecarga no aterro no modelo de canal fechado

- **Carga devido ao içamento**

Para obtermos a carga devido ao içamento, deixamos somente o carregamento devido ao peso próprio e colocamos apoios onde foram locados os furos de içamento, para encontrarmos as reações de apoio, que são as cargas desejadas. Foi feito isto para o canal aberto e fechado. Estas cargas já se encontram majoradas por 1,35.

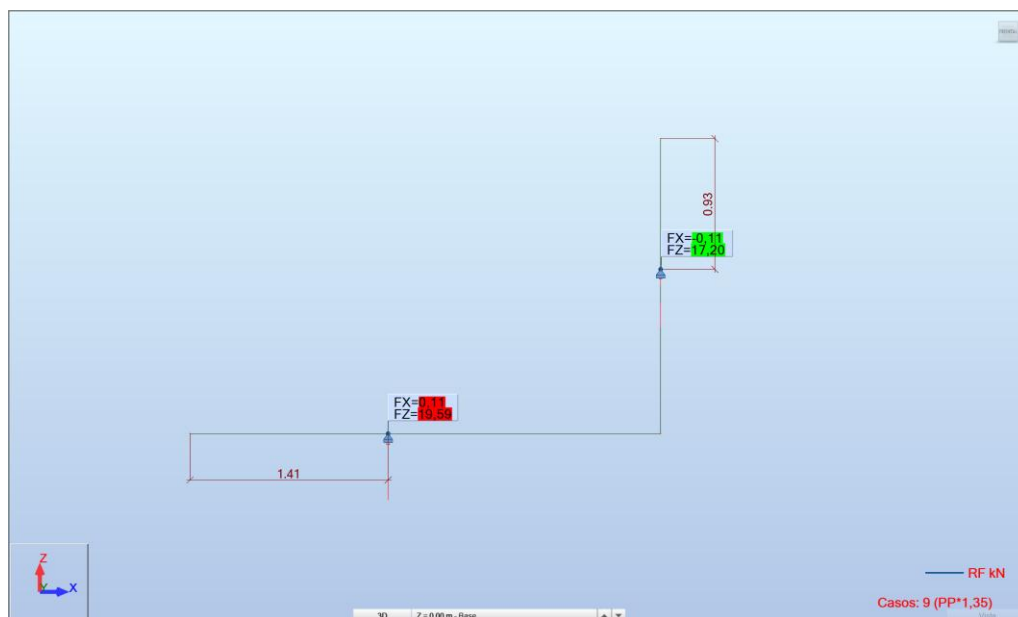


Figura 19 – Representação do carregamento de içamento no modelo de canal aberto (trecho com 20cm de espessura. Majorado)



Figura 20 – Representação do carregamento de içamento no modelo de canal aberto (trecho com 35cm de espessura. Majorado)

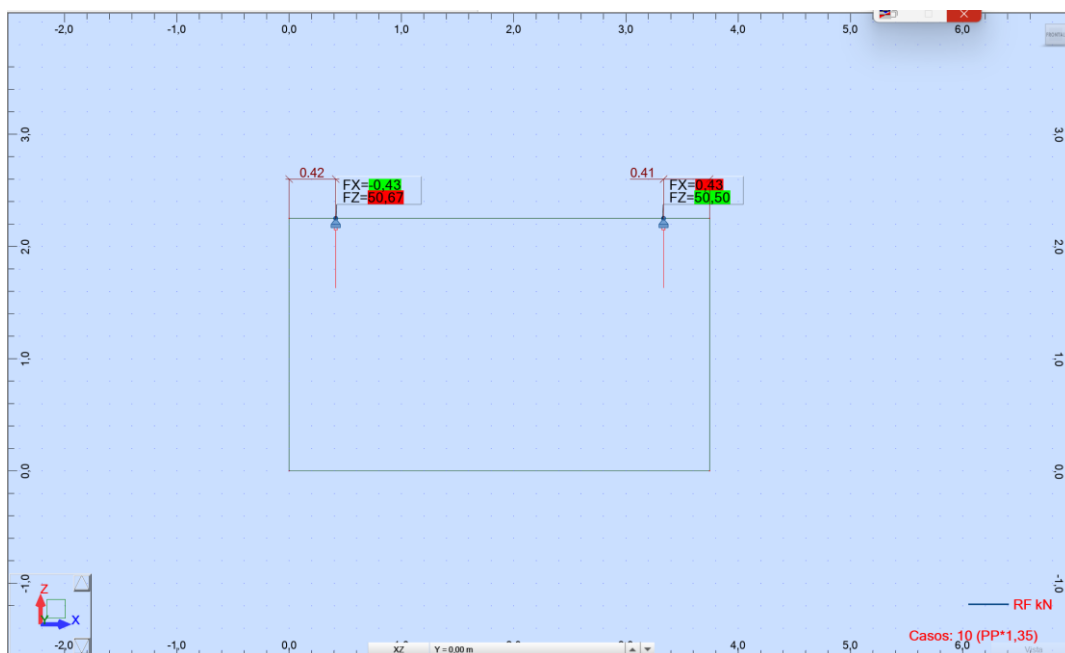


Figura 21 – Representação do carregamento de içamento no modelo de canal fechado (majorado)

## 6.2. Ações Variáveis

- **Sobrecarga rodoviária**

### Cargas verticais

Considerou-se que a carga rodoviária acima do canal extravasor é da Classe 45, pelo que, por aplicação da NBR 7188, o trem-tipo tem um peso total de  $P = 450$  kN, constituído por 3 eixos afastados 1,5 m na direção longitudinal. Cada eixo é constituído por duas rodas afastadas 2,0 m na direção transversal. Todas as rodas transmitem o mesmo peso de 75 kN.

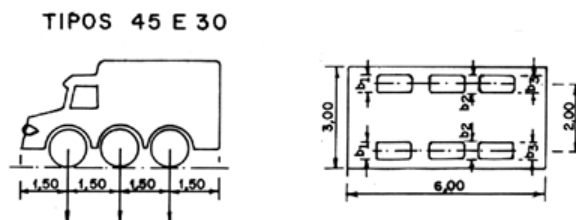


Figura 22 - Veículo-tipo das Classes 45 e 30 (NBR 7188)

O veículo ocupa uma área com 6,0 m na direção longitudinal e 3,0 m na direção transversal. Simultaneamente é aplicada uma carga uniformemente distribuída de  $p = 5 \text{ kN/m}^2$  em toda a pista ao redor do veículo.

O coeficiente de impacto vertical é definido, por aplicação da NBR 7188, como:

$CIV = 1,35$ , para estruturas com vão menor do que 10,0 m;

O efeito do n° de faixas (CNF) não se aplica a este caso.

Conforme Item 5.1.2.3 da NBR 7188/2013 (coeficiente de impacto adicional):

O coeficiente de impacto adicional, que deve ser aplicado a uma distância normal de 5 metros para cada lado das juntas de dilatação e encontros, é definido por:

$CIA = 1,25$  para obras em concreto ou mistas.

Sendo assim, o coeficiente de impacto será:

$$\varphi = CIV \times CNF \times CIA = 1,35 \times 1,25 = 1,6875$$

e as cargas concentradas aplicadas ao trem-tipo ficam:

$$P = 75 \times 1,6875 = 126,56 \text{ kN}$$

Ficamos, portanto, com 3 cargas de 126,56 kN, distando 1,5 metros entre elas. Como estamos fazendo módulo de 1 metro de comprimento, só conseguimos encaixar uma roda por eixo.

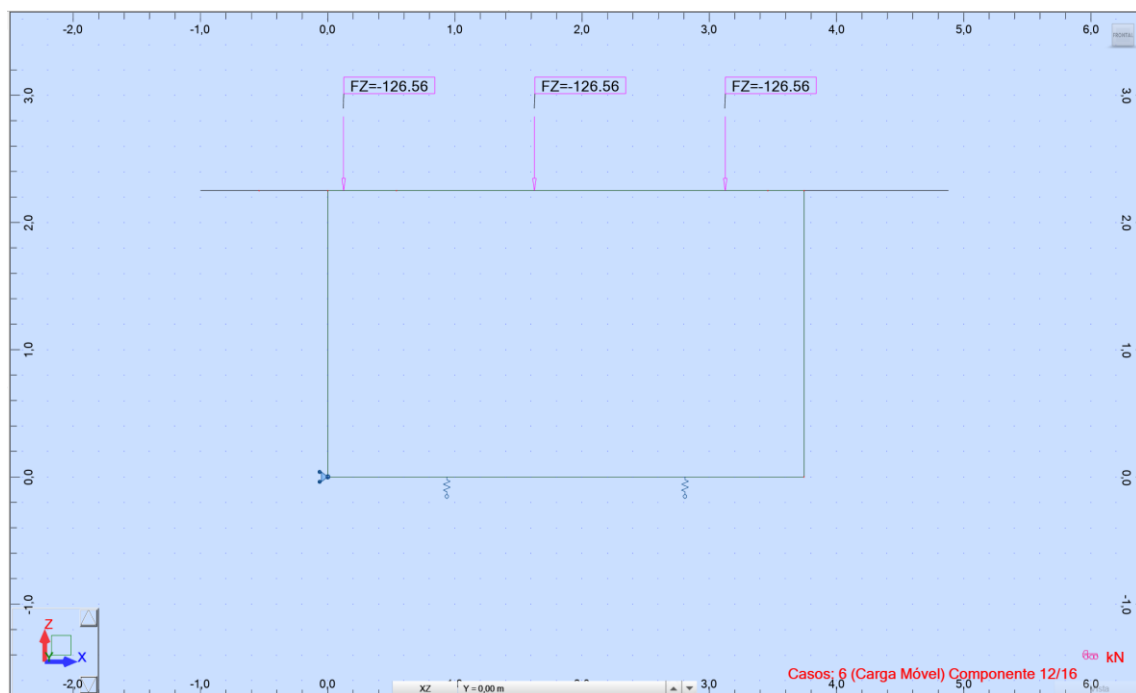


Figura 23 – Representação do carregamento de trem-tipo sobre a laje de topo no modelo de canal fechado

- **Carga móvel no aterro (para canal aberto)**

Para o estudo do carregamento devido ao trânsito de veículos que passa pelo aterro nos trechos de canal aberto, foi analisada a influência que as rodas que estão passando no topo do solo estão causando neste solo, ao longo de sua altura. Ou seja, calculamos as tensões que o solo está produzindo nas paredes do canal devido à carga móvel que passa pelo aterro no trecho de canal aberto. Conforme Boussinesq:

Para cada profundidade (a cada 10 cm), foram determinados os parâmetros  $m$  e  $n$ , e aplicadas as equações seguintes:

$$m = \frac{x}{h_{est}} ; n = \frac{z}{h_{est}}$$

Se  $m > 0,4$ :

$$\sigma_H(m, n) = \frac{1,77Q}{h_{est}^2} \cdot \frac{m^2 \cdot n^2}{(m^2 + n^2)^3}$$

Se  $m < 0,4$ :

$$\sigma_H(m, n) = \frac{0,28Q}{h_{est}^2} \cdot \frac{n^2}{(0,16 + n^2)^3}$$

Foi considerado o veículo com os eixos na posição  $x = 1,5$  ( $m = 0,71$ ) e  $x = 3,5$  ( $m = 1,67$ ). Devido à distância mínima da rua até o canal. Lembrando que  $h_{est} = 2,10$  m e  $Q = 75$  kN \* 1,35. A tensão na parede é, simplesmente, para cada profundidade:

$$\sigma_H(z) = \sigma_H(0, n(z)) + \sigma_H(0,95, n(z))$$

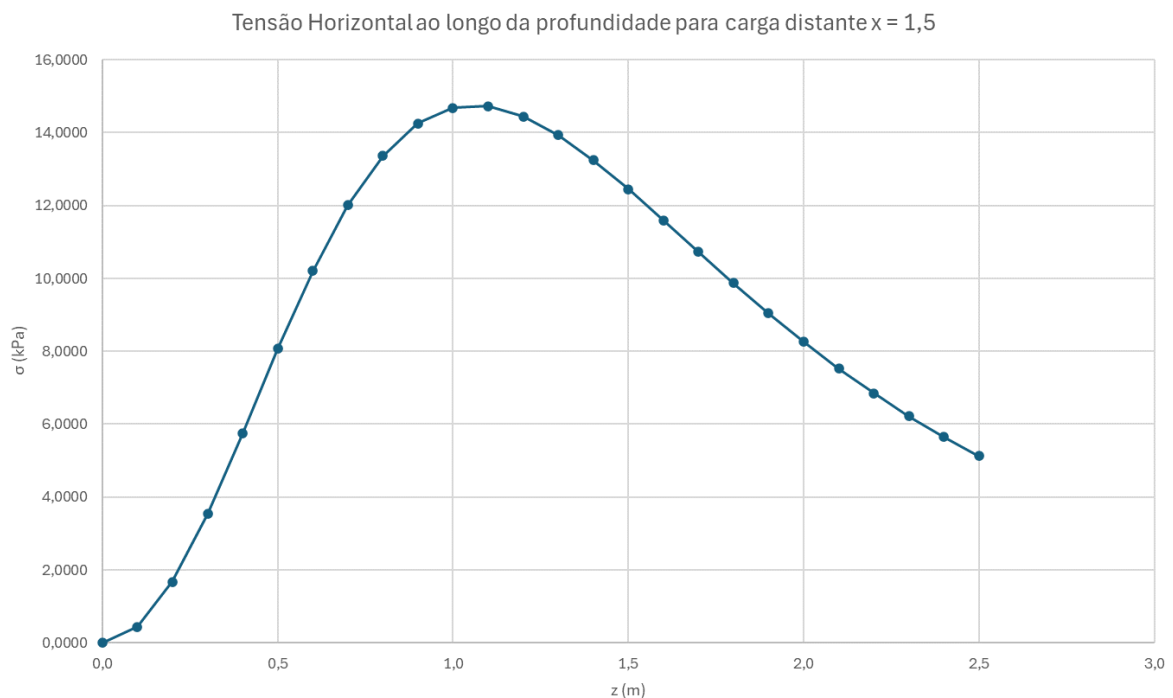


Figura 24 – Gráfico da tensão horizontal ao longo da profundidade para carga distante  $x = 1,5$

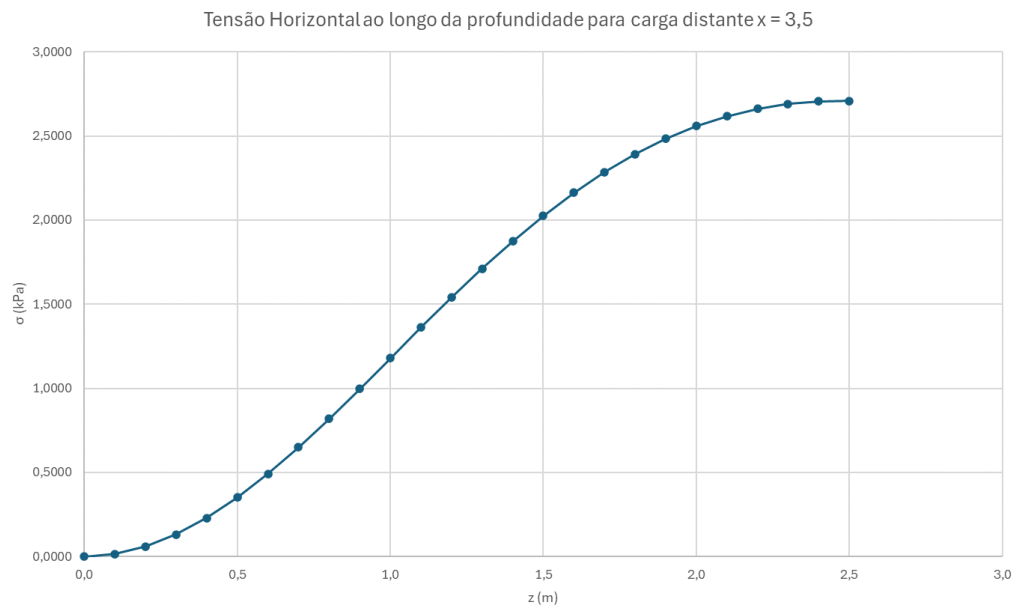


Figura 25 – Gráfico da tensão horizontal ao longo da profundidade para carga distante  
 $x = 3,5$

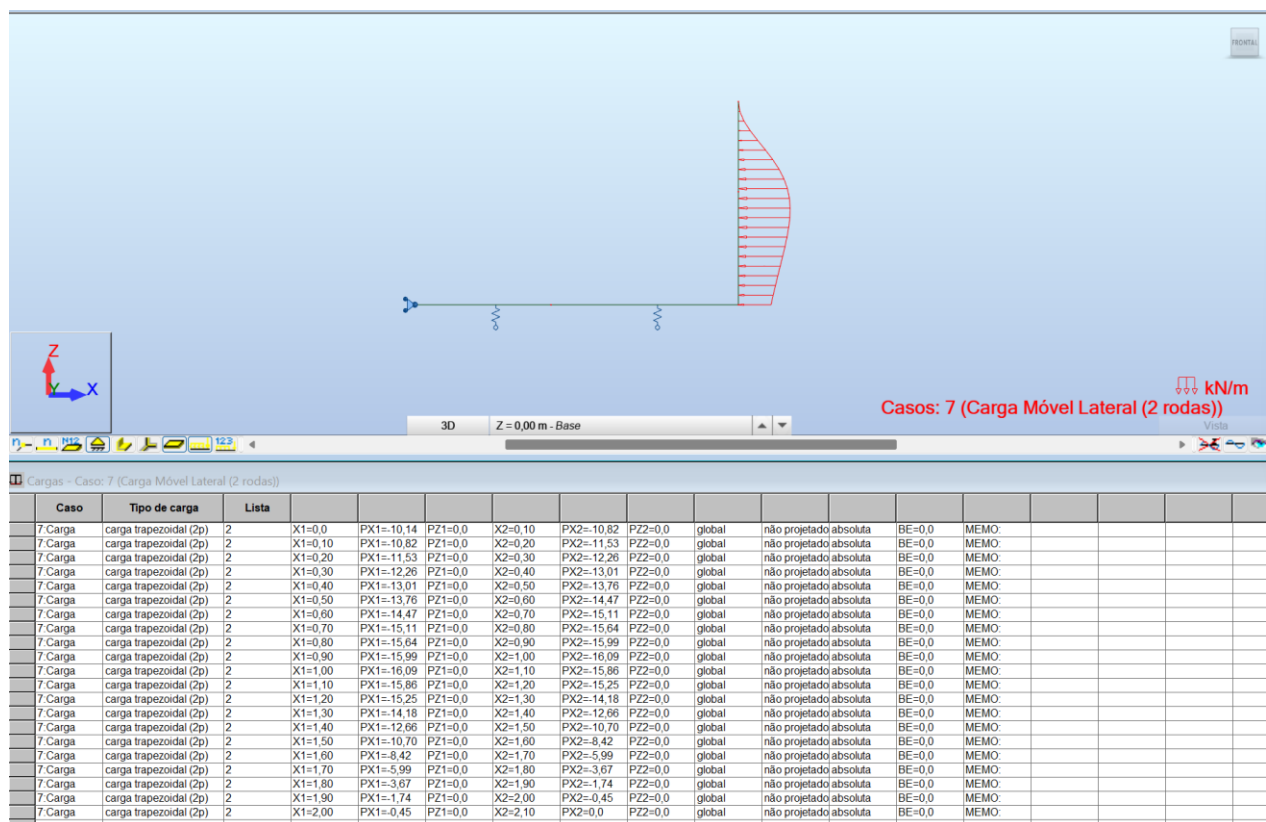


Figura 26 – Representação do carregamento lateral devido ao trem-tipo no modelo de canal aberto (2 rodas)

- **Carga móvel no aterro (para canal fechado)**

Para o estudo do carregamento devido ao trânsito de veículos que passa pelo aterro nos trechos de canal fechado, temos os seguintes cálculos.

Efeito de rodas nas laterais (completamente fora da travessia no outro sentido):

$$p_{hc} = k_a \cdot \frac{Q}{a_{vei} \cdot b_{vei}}$$

$$p_{hb} = k_a \cdot \frac{Q}{(a_{vei} + h_{est}) \cdot (b_{vei} + h_{est})}$$

$$Q = 450 \cdot 1,35 \text{ kN}; a_{vei} = 2,0 \text{ m}; b_{vei} = 3,0 \text{ m}; h_{est} = 2,25 \text{ m}; k_a \approx 0,49$$

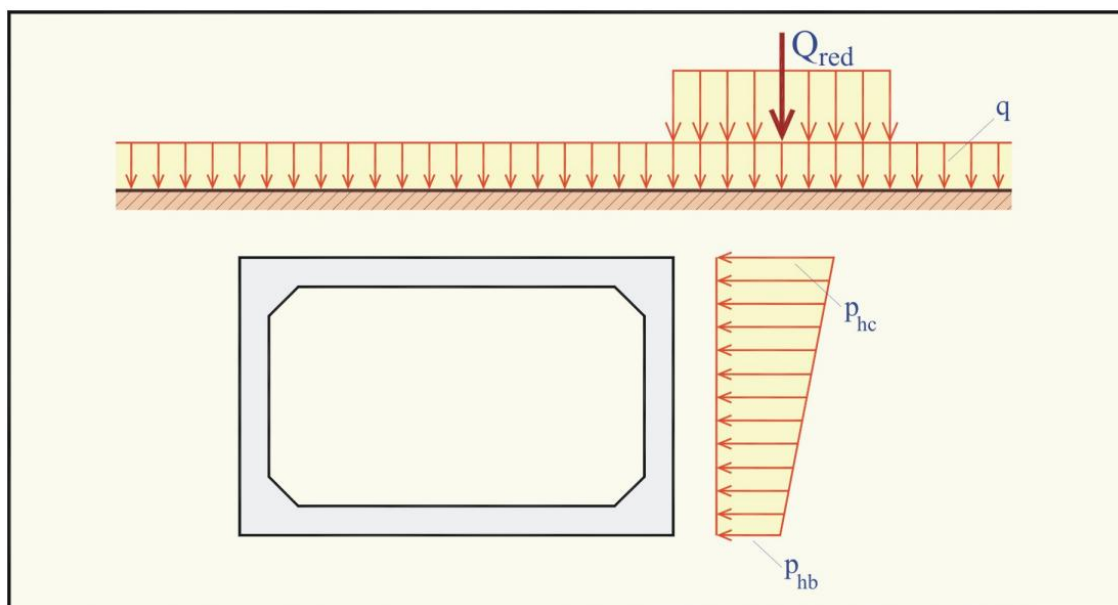


Figura 27 - Representação do esquema de carregamento da roda sobre o aterro lateral

Utilizando como base esses cálculos, obtivemos a configuração de carregamento a seguir.

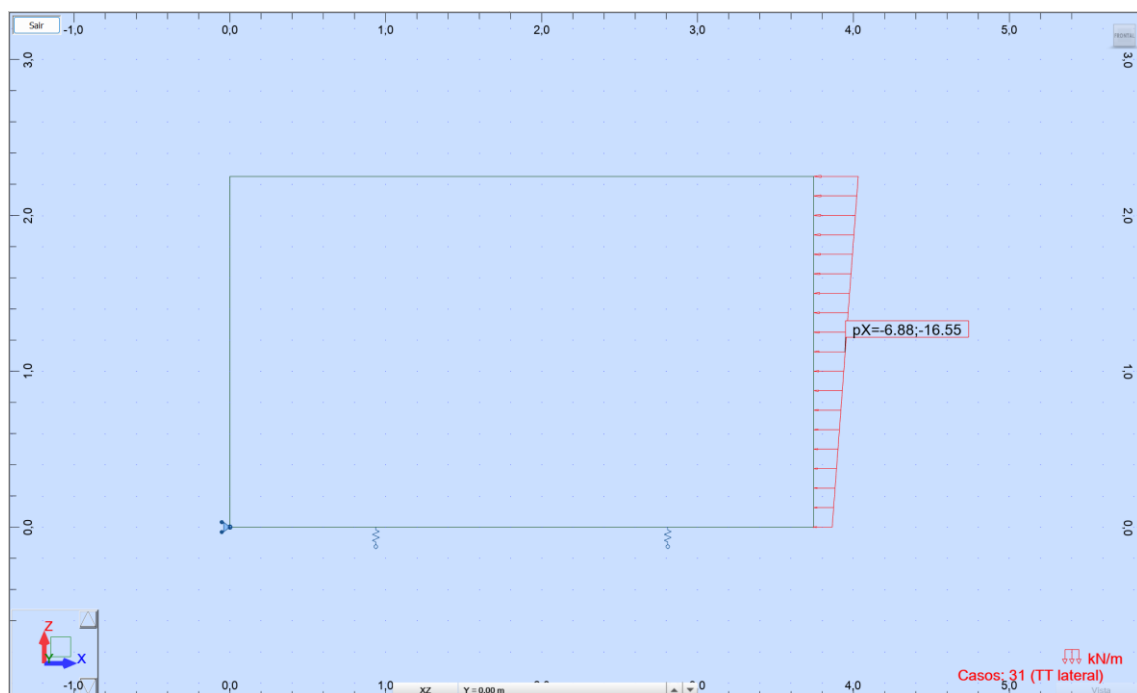


Figura 28 - Representação do carregamento lateral devido ao trem-tipo no modelo de canal fechado

## 7. COMBINAÇÕES

No modelo, após serem definidas todas as ações que atuam na estrutura (todos os carregamentos), foram determinadas as combinações de carregamento.

Combinações para o modelo do canal aberto:

| Número da combinação                                | Peso próprio | Carga de solo | Carga de água interna | Carga de água devido ao nível d'água | Sobrecarga no aterro | Efeito do veículo TB-450 na lateral |
|-----------------------------------------------------|--------------|---------------|-----------------------|--------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| Coeficiente de majoração (se zero, não considerado) |              |               |                       |                                      |                      |                                     |
| 6                                                   | 1,35         | 1,35          | 0                     | 0                                    | 1,50                 | 0                                   |
| 8                                                   | 1,00         | 1,00          | 0                     | 1,20                                 | 1,50                 | 0                                   |
| 9                                                   | 1,35         | 0             | 0                     | 0                                    | 0                    | 0                                   |
| 10                                                  | 1,35         | 0             | 1,40                  | 0                                    | 0                    | 0                                   |
| 11                                                  | 1,35         | 1,35          | 0                     | 0                                    | 0                    | 1,50                                |
| 12                                                  | 1,35         | 1,35          | 1,20                  | 0                                    | 1,50                 | 0                                   |
| 13                                                  | 1,35         | 1,35          | 1,20                  | 0                                    | 0                    | 1,50                                |
| 16                                                  | 1,00         | 0             | 0                     | 1,40                                 | 0                    | 0                                   |
| 17                                                  | 1,00         | 1,00          | 0                     | 1,20                                 | 0                    | 1,50                                |

Figura 29 - Representação das combinações utilizadas no modelo de canal aberto

Combinações para o modelo do canal fechado:

| Número da combinação                                | Peso próprio | Carga de solo | Carga de água interna | Carga de água devido ao nível d'água | Sobrecarga no aterro | Efeito do veículo TB-450 na lateral | Veículo TB-450 sobre a tampa |
|-----------------------------------------------------|--------------|---------------|-----------------------|--------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| Coeficiente de majoração (se zero, não considerado) |              |               |                       |                                      |                      |                                     |                              |
| 10                                                  | 1,35         | 0             | 0                     | 0                                    | 0                    | 0                                   | 0                            |
| 12                                                  | 1,35         | 0             | 1,40                  | 0                                    | 0                    | 0                                   | 0                            |
| 14                                                  | 1,00         | 0             | 0                     | 1,40                                 | 0                    | 0                                   | 0                            |
| 15                                                  | 1,35         | 1,35          | 0                     | 0                                    | 0                    | 0                                   | 1,50                         |
| 19                                                  | 1,35         | 1,35          | 1,20                  | 0                                    | 0                    | 0                                   | 1,50                         |
| 27                                                  | 1,00         | 1,00          | 0                     | 1,20                                 | 0                    | 0                                   | 1,50                         |
| 53                                                  | 1,35         | 1,35          | 0                     | 0                                    | 1,50                 | 0                                   | 0                            |
| 54                                                  | 1,35         | 1,35          | 1,20                  | 0                                    | 1,50                 | 0                                   | 0                            |
| 56                                                  | 1,00         | 1,00          | 0                     | 1,20                                 | 1,50                 | 0                                   | 0                            |
| 33                                                  | 1,35         | 1,35          | 0                     | 0                                    | 0                    | 1,50                                | 0                            |
| 35                                                  | 1,35         | 1,35          | 1,20                  | 0                                    | 0                    | 1,50                                | 0                            |
| 39                                                  | 1,00         | 1,00          | 0                     | 1,20                                 | 0                    | 1,50                                | 0                            |

Figura 30 - Representação das combinações utilizadas no modelo de canal fechado

## 8. ESFORÇOS ATUANTES

Através da análise dos diagramas de envoltórias, obtivemos os valores de esforços máximos e mínimos. Os valores encontrados já são valores de dimensionamento, pois os coeficientes de majoração já foram inseridos no software ROBOT, quando foram feitas as combinações.

### 8.1. Canal aberto (trecho com 20cm de espessura)

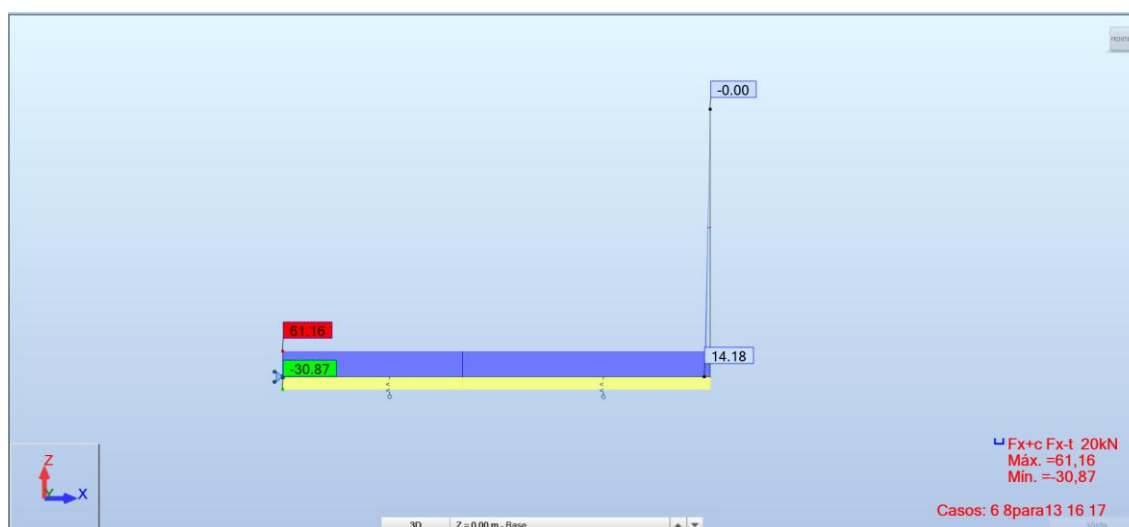


Figura 31 – Envoltória de Esforço Normal – Canal Aberto

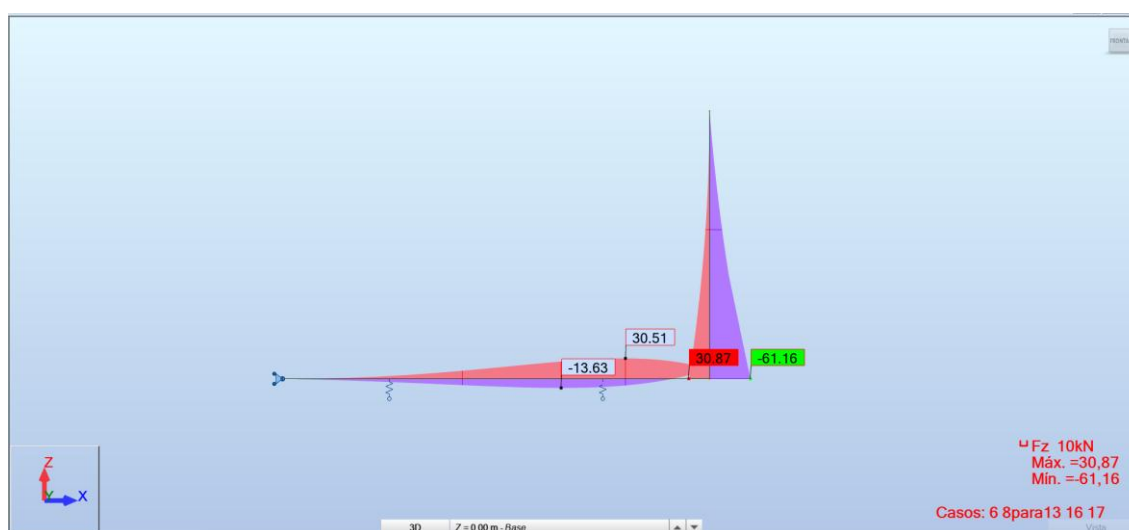


Figura 32 – Envoltória de Esforço Cortante – Canal Aberto

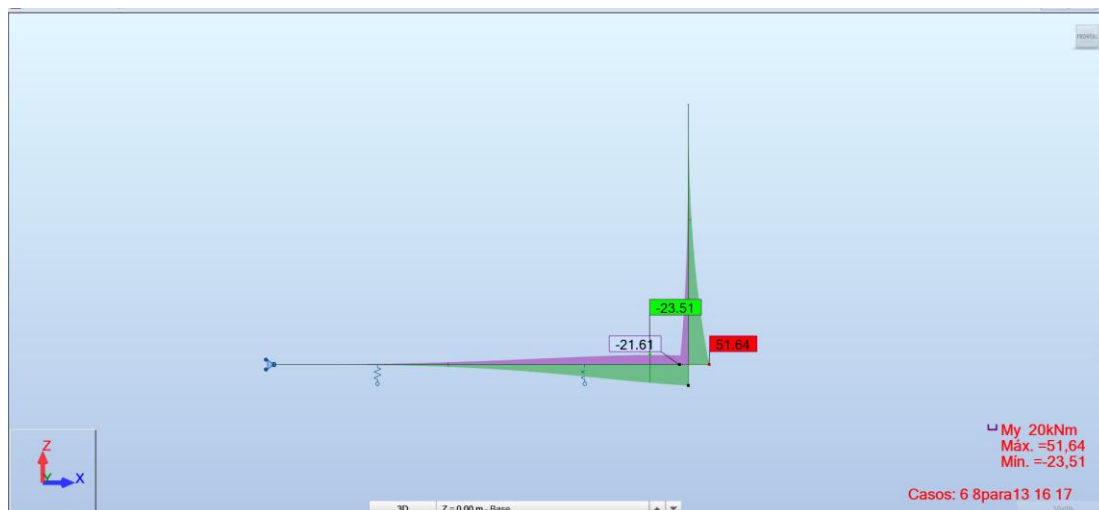


Figura 33 – Envoltória de Momento Fletor – Canal Aberto

Os valores retirados dos diagramas de envoltórias apresentados nas figuras anteriores estão resumidos a seguir.

| Esforços Limites no Tipo L |       |        |       |        |       |        |
|----------------------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| Elemento                   | Fx+   | Fx-    | Fz+   | Fz-    | My+   | My-    |
| Parede                     | 14,18 | 0,00   | 30,87 | -61,16 | 51,64 | -21,61 |
| Fundo                      | 61,16 | -30,87 | 30,51 | -13,63 | 51,64 | -23,51 |

Figura 34 – Resumo dos Esforços Máximos – Canal Aberto (kN e KNm)

## 8.2. Canal aberto (trecho com 35cm de espessura)

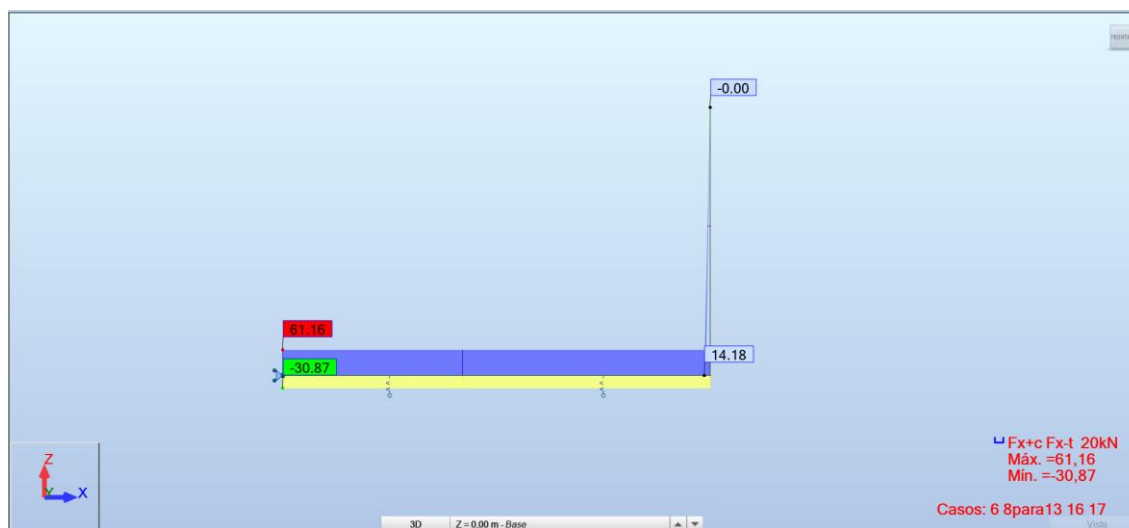


Figura 35 – Envoltória de Esforço Normal – Canal Aberto

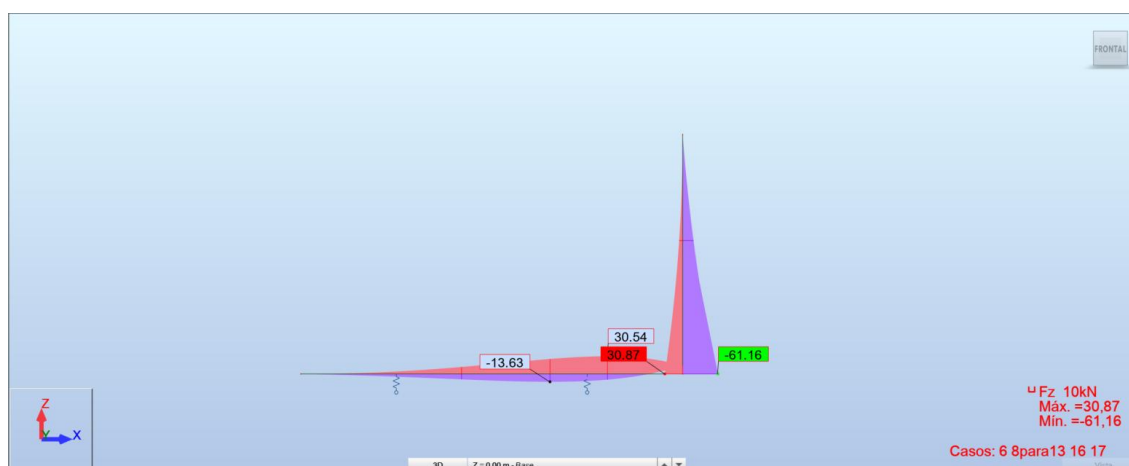


Figura 36 – Envoltória de Esforço Cortante – Canal Aberto

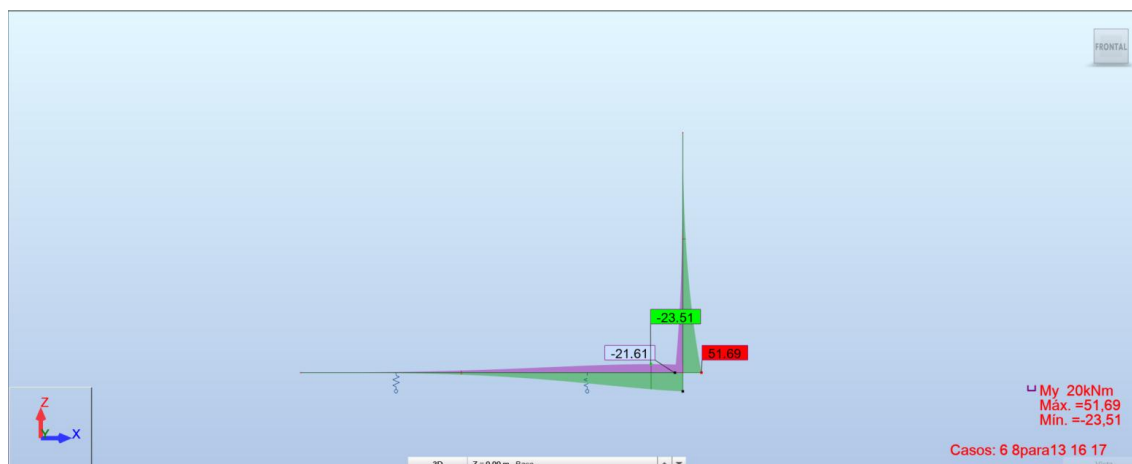


Figura 37 – Envoltória de Momento Fletor – Canal Aberto

Os valores retirados dos diagramas de envoltórias apresentados nas figuras anteriores estão resumidos a seguir.

| Esforços Limites no Tipo L |       |        |       |        |       |        |
|----------------------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| Elemento                   | Fx+   | Fx-    | Fz+   | Fz-    | My+   | My-    |
| Parede                     | 14,18 | 0,00   | 30,87 | -61,16 | 51,69 | -21,61 |
| Fundo                      | 61,16 | -30,87 | 30,54 | -13,63 | 51,69 | -23,51 |

Figura 38 – Resumo dos Esforços Máximos – Canal Aberto (kN e KNm)

### 8.3. Canal fechado



Figura 39 – Envoltória de Esforço Normal – Canal Fechado



Figura 40 – Envoltória de Esforço Cortante – Canal Fechado

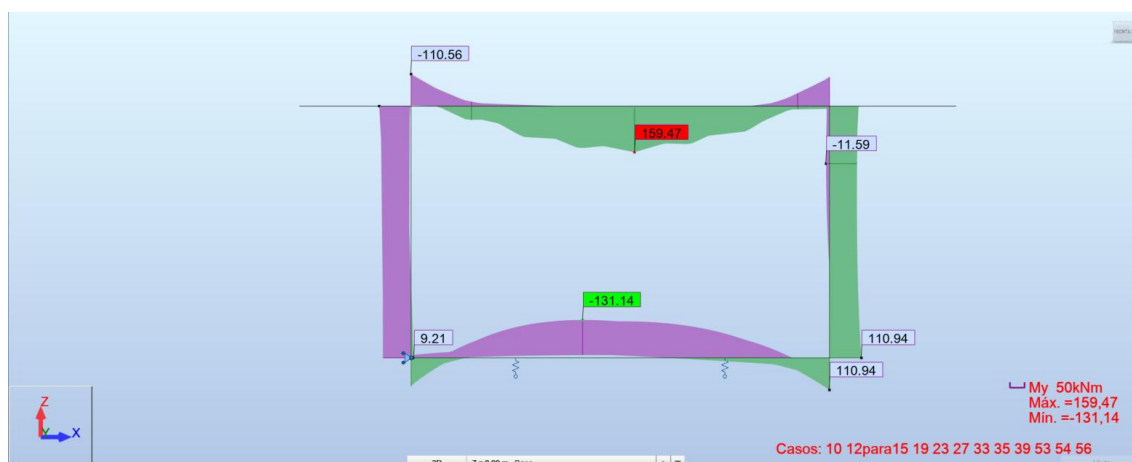


Figura 41 – Envoltória de Momento Fleter – Canal Fechado

| Esforços Limites na Travessia |        |        |        |         |        |         |
|-------------------------------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|
| Elemento                      | Fx+    | Fx-    | Fz+    | Fz-     | My+    | My-     |
| Tampa                         | 21,58  | -14,33 | 283,26 | -317,87 | 159,47 | -110,56 |
| Parede                        | 378,67 | 3,98   | 21,58  | -56,61  | 110,94 | -11,59  |
| Fundo                         | 56,61  | -21,11 | 336,85 | -378,67 | 110,94 | -131,14 |

Figura 42 – Resumo dos Esforços Máximos – Canal Fechado (kN e KNm)

## 9. DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

A seguir, são apresentados os cálculos e a análise quanto à segurança das estruturas presentes nessa memória de cálculo.

### 9.1. Verificação quanto ao momento fletor, ao esforço cortante e fissuração

A seguir é apresentada a verificação estrutural das estruturas para os momentos fletores e esforços cortantes condicionantes e verificação da fissuração.

### 9.1.1 Canal aberto

#### Armadura Placas de Concreto Armado - NBR 6118 - App ESConc - Placas

|            |                                               |
|------------|-----------------------------------------------|
| Cliente:   | Cedae                                         |
| Empreend.: | CANAL EXTRAVASOR NOVO MARAPICU                |
| Estrutura: | Canal Extravasor                              |
| Placa      | Canal Aberto - externo                        |
| Discrim.   | Armadura Típica nas direções e nas duas faces |

| Seção   |      |    |
|---------|------|----|
| $b_w =$ | 100  | cm |
| $h =$   | 20   | cm |
| $d =$   | 15,4 | cm |
| $Cob =$ | 4    | cm |

| Aço - Flexão   |         |                    |
|----------------|---------|--------------------|
| Aço            | CA 50   |                    |
| $\gamma_s =$   | 1,15    |                    |
| ES =           | 210.000 | MPa                |
| $f_{yd} =$     | 43,5    | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\sigma_s =$   | 29,78   | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\epsilon_s =$ | 10,00   | ‰                  |

| Aço - Cisalhamento |      |  |
|--------------------|------|--|
| Aço-v - CA         | 50   |  |
| $\gamma_s =$       | 1,15 |  |

| Análise da fissuração   |      |    |
|-------------------------|------|----|
| $W_k =$                 | 0,30 | mm |
| $W_1 =$                 | 0,18 | mm |
| $W_2 =$                 | 0,39 | mm |
| Ok. Atende a Fissuração |      |    |

| Concreto            |        |     |
|---------------------|--------|-----|
| $f_{ck} =$          | 35     | MPa |
| $\gamma_c =$        | 1,4    |     |
| $f_{cd} =$          | 25,0   | MPa |
| $E_{ci} =$          | 33.130 | MPa |
| $E_{CS} =$          | 28.161 | MPa |
| $f_{ct,m} =$        | 3,21   | MPa |
| $f_{ctk,inf} =$     | 2,25   | MPa |
| $f_{ctk,sup} =$     | 4,17   | MPa |
| $f_{ctd} =$         | 1,60   | MPa |
| $\sigma_c =$        | 7,55   | Mpa |
| $\epsilon_c =$      | 1,57   | ‰   |
| $x (L.N.) =$        | 2,1    | cm  |
| Classe de Agressiv. | III    |     |

#### Análise do cisalhamento - Modelo I

|                |        |                                 |
|----------------|--------|---------------------------------|
| $V_s =$        | 61,16  | kN/m                            |
| $\tau_{rd} =$  | 401,25 | kPa                             |
| $V_{rd1} =$    | 892,52 | kN/m                            |
| $Asw_{dim.} =$ | 0,00   | cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> |
| $V_{sw} =$     | 481,30 | kN/m                            |

Adotado Não armar ao cisalhamento

#### GEOCOBA



#### Armadura de flexão

|                                |            |                    |
|--------------------------------|------------|--------------------|
| $M =$                          | 51,6       | kN.m/m             |
| $M_d =$                        | 51,6       | kN.m               |
| $As_{-calc.} =$                | 8,17       | cm <sup>2</sup> /m |
| $As_{-mín} =$                  | 4,02       | cm <sup>2</sup> /m |
| $As_{-adot.} =$                | 12,50      | cm <sup>2</sup> /m |
| Estádio II                     | $\gamma =$ | 1,00               |
| Adotado Ø12,5 c. 10 - 1 camada |            |                    |

#### Compressão na flexão ou distribuída

|                                  |       |                    |
|----------------------------------|-------|--------------------|
| $As'_{-calc.} =$                 | 0,00  | cm <sup>2</sup> /m |
| $As'_{-adot.} =$                 | 12,50 | cm <sup>2</sup> /m |
| Adotado Ø12,5 c. 10 - 1 camada   |       |                    |
| Adotada Armadura de distribuição |       |                    |

Figura 43 – Dimensionamento do Canal aberto (trecho com 20cm de espessura) – externo parede

**Armadura Placas de Concreto Armado - NBR 6118 - App ESConc - Placas**

|               |                                               |
|---------------|-----------------------------------------------|
| Cliente:      | Cedae                                         |
| Empreendedor: | CANAL EXTRAVASOR NOVO MARAPICU                |
| Estrutura:    | Canal extravasor                              |
| Placa:        | Canal aberto - fundo externo                  |
| Discrim.:     | Armadura Típica nas direções e nas duas faces |

**GEOCOBA**


| Seção   |      |    |
|---------|------|----|
| $b_w =$ | 100  | cm |
| $h =$   | 20   | cm |
| $d =$   | 15,4 | cm |
| $Cob =$ | 4    | cm |

**Aço - Flexão**

|                |                          |
|----------------|--------------------------|
| Aço            | CA 50                    |
| $\gamma_s =$   | 1,15                     |
| ES             | 210.000 MPa              |
| $f_{yd} =$     | 43,5 kN/cm <sup>2</sup>  |
| $\sigma_s =$   | 31,40 kN/cm <sup>2</sup> |
| $\epsilon_s =$ | 10,00 ‰                  |

**Aço - Cisalhamento**

|              |      |
|--------------|------|
| Aço-v - CA   | 50   |
| $\gamma_s =$ | 1,15 |

**Análise da fissuração**

|         |      |    |
|---------|------|----|
| $W_k =$ | 0,30 | mm |
| $W_1 =$ | 0,20 | mm |
| $W_2 =$ | 0,41 | mm |

Ok. Atende a Fissuração

| Concreto            |        |     |
|---------------------|--------|-----|
| $f_{ck} =$          | 35     | MPa |
| $\gamma_c =$        | 1,4    |     |
| $f_{cd} =$          | 25,0   | MPa |
| ECi                 | 33.130 | MPa |
| ECS                 | 28.161 | MPa |
| $f_{ct,m} =$        | 3,21   | MPa |
| $f_{ctk,inf} =$     | 2,25   | MPa |
| $f_{ctk,sup} =$     | 4,17   | MPa |
| $f_{ctd} =$         | 1,60   | MPa |
| $\sigma_c =$        | 8,02   | MPa |
| $\epsilon_c =$      | 1,57   | ‰   |
| $x(LN.) =$          | 2,1    | cm  |
| Classe de Agressiv. | III    |     |

**Análise do cisalhamento - Modelo I**

|                  |        |                                 |
|------------------|--------|---------------------------------|
| $V_s =$          | 43,69  | kN/m                            |
| $\tau_{rd} =$    | 401,25 | kPa                             |
| $V_{rd1} =$      | 892,52 | kN/m                            |
| $A_{sw\ dim.} =$ | 0,00   | cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> |
| $V_{sw} =$       | 334,24 | kN/m                            |

Adotado Não armar ao cisalhamento

**Armadura de flexão**

|                        |                        |                    |
|------------------------|------------------------|--------------------|
| $M =$                  | 36,9                   | kN.m/m             |
| $M_d =$                | 51,7                   | kN.m               |
| $A_{s\text{-}calc.} =$ | 8,18                   | cm <sup>2</sup> /m |
| $A_{s\text{-}mín} =$   | 4,02                   | cm <sup>2</sup> /m |
| $A_{s\text{-}adot.} =$ | 8,33                   | cm <sup>2</sup> /m |
| Estádio II             | $\gamma =$             | 1,40               |
| Adotado                | Ø12,5 c. 15 - 1 camada |                    |

**Compressão na flexão ou distribuída**

|                         |                        |                    |
|-------------------------|------------------------|--------------------|
| $A_{s'\text{-}calc.} =$ | 0,00                   | cm <sup>2</sup> /m |
| $A_{s'\text{-}adot.} =$ | 8,33                   | cm <sup>2</sup> /m |
| Adotado                 | Ø12,5 c. 15 - 1 camada |                    |

Adotada Armadura de distribuição

Figura 44 – Dimensionamento do Canal aberto (trecho com 20cm de espessura) – externo fundo

**Armadura Placas de Concreto Armado - NBR 6118 - App ESConc - Placas**

|            |                                               |
|------------|-----------------------------------------------|
| Cliente:   | Cedae                                         |
| Empreend.: | CANAL EXTRAVASOR NOVO MARAPICU                |
| Estrutura: | Canal extravasor                              |
| Placa:     | Canal aberto - parede interno                 |
| Discrim.:  | Armadura Típica nas direções e nas duas faces |

**GEOCOBA**


| Seção   |      |    |
|---------|------|----|
| $b_w =$ | 100  | cm |
| $h =$   | 20   | cm |
| $d =$   | 15,5 | cm |
| $Cob =$ | 4    | cm |

| Aço - Flexão   |         |                    |
|----------------|---------|--------------------|
| Aço            | CA 50   |                    |
| $\gamma_s =$   | 1,15    |                    |
| ES =           | 210.000 | MPa                |
| $f_{yd} =$     | 43,5    | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\sigma_s =$   | 14,73   | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\epsilon_s =$ | 10,00   | ‰                  |

| Aço - Cisalhamento |      |  |
|--------------------|------|--|
| Aço-v - CA         | 50   |  |
| $\gamma_s =$       | 1,15 |  |

| Análise da fissuração   |      |    |
|-------------------------|------|----|
| $W_k =$                 | 0,30 | mm |
| $W_1 =$                 | 0,03 | mm |
| $W_2 =$                 | 0,20 | mm |
| Ok. Atende a Fissuração |      |    |

| Concreto            |        |     |
|---------------------|--------|-----|
| $f_{ck} =$          | 35     | MPa |
| $\gamma_c =$        | 1,4    |     |
| $f_{cd} =$          | 25,0   | MPa |
| ECi =               | 33.130 | MPa |
| ECS =               | 28.161 | MPa |
| $f_{ct,m} =$        | 3,21   | MPa |
| $f_{ctk,inf} =$     | 2,25   | MPa |
| $f_{ctk,sup} =$     | 4,17   | MPa |
| $f_{ctd} =$         | 1,60   | MPa |
| $\sigma_c =$        | 1,42   | MPa |
| $\epsilon_c =$      | 0,63   | ‰   |
| $x(LN.) =$          | 0,9    | cm  |
| Classe de Agressiv. | III    |     |

**Análise do cisalhamento - Modelo I**

|                  |        |                                 |
|------------------|--------|---------------------------------|
| $V_s =$          | 43,69  | kN/m                            |
| $\tau_{rd} =$    | 401,25 | kPa                             |
| $V_{rd1} =$      | 899,78 | kN/m                            |
| $A_{sw\ dim.} =$ | 0,00   | cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> |
| $V_{sw} =$       | 75,82  | kN/m                            |

**Adotado** Não armar ao cisalhamento

**Armadura de flexão**

|                                     |            |                    |
|-------------------------------------|------------|--------------------|
| $M =$                               | 16,8       | kN.m/m             |
| $M_d =$                             | 23,5       | kN.m               |
| $A_{s\text{-}calc.} =$              | 3,57       | cm <sup>2</sup> /m |
| $A_{s\text{-}mín} =$                | 4,02       | cm <sup>2</sup> /m |
| $A_{s\text{-}adot.} =$              | 8,00       | cm <sup>2</sup> /m |
| Estádio II                          | $\gamma =$ | 1,40               |
| <b>Adotado</b> Ø10 c. 10 - 1 camada |            |                    |

**Compressão na flexão ou distribuída**

|                                     |      |                    |
|-------------------------------------|------|--------------------|
| $A_{s'\text{-}calc.} =$             | 0,00 | cm <sup>2</sup> /m |
| $A_{s'\text{-}adot.} =$             | 8,00 | cm <sup>2</sup> /m |
| <b>Adotado</b> Ø10 c. 10 - 1 camada |      |                    |
| Adotada Armadura de distribuição    |      |                    |

Figura 45 – Dimensionamento do Canal aberto (trecho com 20cm de espessura) – interno parede

**Armadura Placas de Concreto Armado - NBR 6118 - App ESConc - Placas**

|            |                                               |
|------------|-----------------------------------------------|
| Cliente:   | Cedae                                         |
| Empreend.: | CANAL EXTRAVASOR NOVO MARAPICU                |
| Estrutura: | Canal extravasor                              |
| Placa      | Canal aberto - fundo interno                  |
| Discrim.   | Armadura Típica nas direções e nas duas faces |

**GEOCOBA**


| Seção   |      |    |
|---------|------|----|
| $b_W =$ | 100  | cm |
| $h =$   | 20   | cm |
| $d =$   | 15,5 | cm |
| $Cob =$ | 4    | cm |

| Aço - Flexão   |         |                    |
|----------------|---------|--------------------|
| Aço            | CA 50   |                    |
| $\gamma_S =$   | 1,15    |                    |
| ES =           | 210.000 | MPa                |
| $f_{yd} =$     | 43,5    | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\sigma_s =$   | 21,78   | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\epsilon_s =$ | 10,00   | ‰                  |

| Aço - Cisalhamento |      |  |
|--------------------|------|--|
| Aço-v - CA         | 50   |  |
| $\gamma_S =$       | 1,15 |  |

| Análise da fissuração   |      |    |
|-------------------------|------|----|
| $W_k =$                 | 0,30 | mm |
| $W_1 =$                 | 0,08 | mm |
| $W_2 =$                 | 0,30 | mm |
| Ok. Atende a Fissuração |      |    |

| Concreto            |        |     |
|---------------------|--------|-----|
| $f_{ck} =$          | 35     | MPa |
| $\gamma_c =$        | 1,4    |     |
| $f_{cd} =$          | 25,0   | MPa |
| ECi =               | 33.130 | MPa |
| ECS =               | 28.161 | MPa |
| $f_{ct,m} =$        | 3,21   | MPa |
| $f_{ctk,inf} =$     | 2,25   | MPa |
| $f_{ctk,sup} =$     | 4,17   | MPa |
| $f_{ctd} =$         | 1,60   | MPa |
| $\sigma_c =$        | 2,13   | MPa |
| $\epsilon_c =$      | 0,63   | ‰   |
| $x(LN.) =$          | 0,9    | cm  |
| Classe de Agressiv. | III    |     |

**Análise do cisalhamento - Modelo I**

|                |                          |                                 |
|----------------|--------------------------|---------------------------------|
| $V_s =$        | 43,69                    | kN/m                            |
| $Trd =$        | 401,25                   | kPa                             |
| $V_{rd1} =$    | 899,78                   | kN/m                            |
| $Asw_{dim.} =$ | 0,00                     | cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> |
| $V_{sw} =$     | 75,82                    | kN/m                            |
| Adotado        | Não amar ao cisalhamento |                                 |

| Armadura de flexão |                      |                    |
|--------------------|----------------------|--------------------|
| $M =$              | 16,8                 | kN.m/m             |
| $M_d =$            | 23,5                 | kN.m               |
| $As_{calc.} =$     | 3,57                 | cm <sup>2</sup> /m |
| $As_{mín} =$       | 4,02                 | cm <sup>2</sup> /m |
| $As_{adot.} =$     | 5,33                 | cm <sup>2</sup> /m |
| Estádio II         | $\gamma =$           | 1,40               |
| Adotado            | Ø10 c. 15 - 1 camada |                    |

**Compressão na flexão ou distribuída**

|                                  |                             |       |
|----------------------------------|-----------------------------|-------|
| As'-calc. =                      | 0,00                        | cm²/m |
| As'-adot. =                      | 5,33                        | cm²/m |
| <b>Adotado</b>                   | <b>Ø10 c. 15 - 1 camada</b> |       |
| Adotada Armadura de distribuição |                             |       |

Figura 46 – Dimensionamento do Canal aberto (trecho com 20cm de espessura) – interno fundo

Seguindo todas as considerações prescritas na NBR 6118 (2023) para o dimensionamento de armaduras, encontramos a seguinte armadura para o canal aberto (com 20 cm de espessura):

Armadura longitudinal de flexão externa (parede): 1 camada de  $\phi$  12,5 mm a cada 10 cm

Armadura longitudinal de flexão externa (fundo): 1 camada de  $\phi$  12,5 mm a cada 15 cm

Armadura longitudinal de flexão interna (parede): 1 camada de  $\phi$  10 mm a cada 10 cm

Armadura longitudinal de flexão interna (fundo): 1 camada de  $\phi$  10 mm a cada 15 cm

Armadura de cisalhamento: não é necessário armar ao cisalhamento

Fissuração: a estrutura está atendendo à verificação de fissuração.

#### Armadura Placas de Concreto Armado - NBR 6118 - App ESConc - Placas

|                      |                                               |
|----------------------|-----------------------------------------------|
| <b>Cliente:</b>      | Cedae                                         |
| <b>Empreendedor:</b> | CANAL EXTRAVASOR NOVO MARAPICU                |
| <b>Estrutura:</b>    | Canal extravasor                              |
| <b>Placa:</b>        | Canal aberto - parede externo                 |
| <b>Discrim.</b>      | Armadura Típica nas direções e nas duas faces |

#### GEOCOBA



| Seção   |      |    |
|---------|------|----|
| $b_w =$ | 100  | cm |
| $h =$   | 35   | cm |
| $d =$   | 30,4 | cm |
| $Cob =$ | 4    | cm |

| Aço - Flexão   |         |                    |
|----------------|---------|--------------------|
| Aço            | CA 50   |                    |
| $\gamma_s =$   | 1,15    |                    |
| ES             | 210.000 | MPa                |
| $f_{yd} =$     | 43,5    | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\sigma_s =$   | 10,49   | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\epsilon_s =$ | 10,00   | ‰                  |

| Aço - Cisalhamento |      |  |
|--------------------|------|--|
| Aço-v - CA         | 50   |  |
| $\gamma_s =$       | 1,15 |  |

| Análise da fissuração   |      |    |
|-------------------------|------|----|
| $W_k =$                 | 0,30 | mm |
| $W_1 =$                 | 0,02 | mm |
| $W_2 =$                 | 0,15 | mm |
| Ok. Atende a Fissuração |      |    |

| Concreto            |        |     |
|---------------------|--------|-----|
| $f_{ck} =$          | 35     | MPa |
| $\gamma_c =$        | 1,4    |     |
| $f_{cd} =$          | 25,0   | MPa |
| ECI                 | 33.130 | MPa |
| ECS                 | 28.161 | MPa |
| $f_{ct,m} =$        | 3,21   | MPa |
| $f_{ctk,inf} =$     | 2,25   | MPa |
| $f_{ctk,sup} =$     | 4,17   | MPa |
| $f_{ctd} =$         | 1,60   | MPa |
| $\sigma_c =$        | 0,55   | MPa |
| $\epsilon_c =$      | 0,35   | ‰   |
| $x(L.N.) =$         | 1,0    | cm  |
| Classe de Agressiv. | III    |     |

| Armadura de flexão                          |            |                    |
|---------------------------------------------|------------|--------------------|
| $M =$                                       | 36,9       | kN.m/m             |
| $M_d =$                                     | 51,7       | kN.m               |
| $As_{calc.} =$                              | 3,97       | cm <sup>2</sup> /m |
| $As_{min} =$                                | 7,04       | cm <sup>2</sup> /m |
| $As_{adot.} =$                              | 12,50      | cm <sup>2</sup> /m |
| Estádio II                                  | $\gamma =$ | 1,40               |
| Adotado $\varnothing 12,5$ c. 10 - 1 camada |            |                    |

| Compressão na flexão ou distribuída         |       |                    |
|---------------------------------------------|-------|--------------------|
| $As'_{calc.} =$                             | 0,00  | cm <sup>2</sup> /m |
| $As'_{adot.} =$                             | 12,50 | cm <sup>2</sup> /m |
| Adotado $\varnothing 12,5$ c. 10 - 1 camada |       |                    |
| Adotada Armadura de distribuição            |       |                    |

#### Análise do cisalhamento - Modelo I

|                                   |         |                                 |
|-----------------------------------|---------|---------------------------------|
| $V_s =$                           | 43,69   | kN/m                            |
| $Trd =$                           | 401,25  | kPa                             |
| $V_{rd1} =$                       | 1763,27 | kN/m                            |
| $Asw_{dim.} =$                    | 0,00    | cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> |
| $V_{sw} =$                        | 660,33  | kN/m                            |
| Adotado Não armar ao cisalhamento |         |                                 |

|                 |        |                                 |
|-----------------|--------|---------------------------------|
| $V_{sd} =$      | 61,16  | kN/m                            |
| $V_{rd1} =$     | 215,59 | kN/m                            |
| $V_c =$         | 292,51 | kN/m                            |
| $Asw_{adot.} =$ | 0,00   | cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> |
| $V_{rd3} =$     | 952,83 | kN/m                            |

Figura 47 – Dimensionamento do Canal aberto (trecho com 35cm de espessura) – externo parede

**Armadura Placas de Concreto Armado - NBR 6118 - App ESConc - Placas**

|            |                                               |
|------------|-----------------------------------------------|
| Cliente:   | Cedae                                         |
| Empreend.: | CANAL EXTRAVASOR NOVO MARAPICU                |
| Estrutura: | Canal extravasor                              |
| Placa      | Canal aberto - fundo externo                  |
| Discrim.   | Armadura Típica nas direções e nas duas faces |

**GEOCOBA**


| Seção   |      |    |
|---------|------|----|
| $b_W =$ | 100  | cm |
| $h =$   | 35   | cm |
| $d =$   | 30,4 | cm |
| $Cob =$ | 4    | cm |

| Aço - Flexão   |         |                    |
|----------------|---------|--------------------|
| Aço            | CA 50   |                    |
| $\gamma_S =$   | 1,15    |                    |
| ES =           | 210.000 | MPa                |
| $f_{yd} =$     | 43,5    | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\sigma_s =$   | 15,53   | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\epsilon_s =$ | 10,00   | ‰                  |

| Aço - Cisalhamento |      |  |
|--------------------|------|--|
| Aço-v - CA         | 50   |  |
| $\gamma_S =$       | 1,15 |  |

| Análise da fissuração   |      |    |
|-------------------------|------|----|
| $W_k =$                 | 0,30 | mm |
| $W_1 =$                 | 0,05 | mm |
| $W_2 =$                 | 0,23 | mm |
| Ok. Atende a Fissuração |      |    |

| Concreto            |        |     |
|---------------------|--------|-----|
| $f_{ck} =$          | 35     | MPa |
| $\gamma_c =$        | 1,4    |     |
| $f_{cd} =$          | 25,0   | MPa |
| ECi =               | 33.130 | MPa |
| ECS =               | 28.161 | MPa |
| $f_{ct,m} =$        | 3,21   | MPa |
| $f_{ctk,inf} =$     | 2,25   | MPa |
| $f_{ctk,sup} =$     | 4,17   | MPa |
| $f_{ctd} =$         | 1,60   | MPa |
| $\sigma_c =$        | 0,82   | MPa |
| $\epsilon_c =$      | 0,35   | ‰   |
| $x(LN.) =$          | 1,0    | cm  |
| Classe de Agressiv. | III    |     |

| Armadura de flexão                   |            |                    |
|--------------------------------------|------------|--------------------|
| $M =$                                | 36,9       | kN.m/m             |
| $M_d =$                              | 51,7       | kN.m               |
| As-calc. =                           | 3,97       | cm <sup>2</sup> /m |
| As-mín =                             | 7,04       | cm <sup>2</sup> /m |
| As-adot. =                           | 8,33       | cm <sup>2</sup> /m |
| Estádio II                           | $\gamma =$ | 1,40               |
| Adotado $\phi 12,5$ c. 15 - 1 camada |            |                    |

| Compressão na flexão ou distribuída  |      |                    |
|--------------------------------------|------|--------------------|
| As'-calc. =                          | 0,00 | cm <sup>2</sup> /m |
| As'-adot. =                          | 8,33 | cm <sup>2</sup> /m |
| Adotado $\phi 12,5$ c. 15 - 1 camada |      |                    |
| Adotada Armadura de distribuição     |      |                    |

| Análise do cisalhamento - Modelo I |         |                                 |                          |        |                                 |
|------------------------------------|---------|---------------------------------|--------------------------|--------|---------------------------------|
| $V_S =$                            | 43,69   | kN/m                            | $V_{Sd} =$               | 61,16  | kN/m                            |
| $\tau_{rd} =$                      | 401,25  | kPa                             | $\tau_{rd1} =$           | 206,92 | kN/m                            |
| $\tau_{rd1} =$                     | 1763,27 | kN/m                            | $V_c =$                  | 292,51 | kN/m                            |
| $A_{sw \text{ dim.}} =$            | 0,00    | cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> | $A_{sw \text{ adot.}} =$ | 0,00   | cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> |
| $V_{sw} =$                         | 660,33  | kN/m                            | $\tau_{rd3} =$           | 952,83 | kN/m                            |
| Adotado Não armar ao cisalhamento  |         |                                 |                          |        |                                 |

Figura 48 – Dimensionamento do Canal aberto (trecho com 35cm de espessura) – externo fundo

**Armadura Placas de Concreto Armado - NBR 6118 - App ESConc - Placas**

|               |                                               |
|---------------|-----------------------------------------------|
| Cliente:      | Cedae                                         |
| Empreendedor: | CANAL EXTRAVASOR NOVO MARAPICU                |
| Estrutura:    | Canal extravasor                              |
| Placa:        | Canal aberto - parede interno                 |
| Discrim.:     | Armadura Típica nas direções e nas duas faces |

| Seção   |      |    |
|---------|------|----|
| $b_w =$ | 100  | cm |
| $h =$   | 35   | cm |
| $d =$   | 30,5 | cm |
| $Cob =$ | 4    | cm |

| Aço - Flexão   |         |                    |
|----------------|---------|--------------------|
| Aço            | CA 50   |                    |
| $\gamma_s =$   | 1,15    |                    |
| ES =           | 210.000 | MPa                |
| $f_{yd} =$     | 43,5    | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\sigma_s =$   | 7,32    | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\epsilon_s =$ | 10,00   | ‰                  |

| Aço - Cisalhamento |      |  |
|--------------------|------|--|
| Aço-v - CA         | 50   |  |
| $\gamma_s =$       | 1,15 |  |

| Análise da fissuração   |      |    |
|-------------------------|------|----|
| $W_k =$                 | 0,30 | mm |
| $W_1 =$                 | 0,01 | mm |
| $W_2 =$                 | 0,07 | mm |
| Ok. Atende a Fissuração |      |    |

| Concreto            |        |     |
|---------------------|--------|-----|
| $f_{ck} =$          | 35     | MPa |
| $\gamma_c =$        | 1,4    |     |
| $f_{cd} =$          | 25,0   | MPa |
| ECi =               | 33.130 | MPa |
| ECS =               | 28.161 | MPa |
| $f_{ct,m} =$        | 3,21   | MPa |
| $f_{ctk,inf} =$     | 2,25   | MPa |
| $f_{ctk,sup} =$     | 4,17   | MPa |
| $f_{ctd} =$         | 1,60   | MPa |
| $\sigma_c =$        | 0,17   | MPa |
| $\epsilon_c =$      | 0,15   | ‰   |
| $x(LN.) =$          | 0,5    | cm  |
| Classe de Agressiv. | III    |     |

**Análise do cisalhamento - Modelo I**

|                  |         |                                 |
|------------------|---------|---------------------------------|
| $V_s =$          | 43,69   | kN/m                            |
| $\tau_{rd} =$    | 401,25  | kPa                             |
| $V_{rd1} =$      | 1770,53 | kN/m                            |
| $A_{sw\ dim.} =$ | 0,00    | cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> |
| $V_{sw} =$       | 149,18  | kN/m                            |

**Adotado** Não amar ao cisalhamento

**GEOCOBA**

**Armadura de flexão**

|                                     |            |                    |
|-------------------------------------|------------|--------------------|
| $M =$                               | 16,8       | kN.m/m             |
| $M_d =$                             | 23,5       | kN.m               |
| $A_{s\text{-}calc.} =$              | 1,78       | cm <sup>2</sup> /m |
| $A_{s\text{-}mín} =$                | 7,04       | cm <sup>2</sup> /m |
| $A_{s\text{-}adot.} =$              | 8,00       | cm <sup>2</sup> /m |
| Estádio II                          | $\gamma =$ | 1,40               |
| <b>Adotado</b> Ø10 c. 10 - 1 camada |            |                    |

**Compressão na flexão ou distribuída**

|                                     |      |                    |
|-------------------------------------|------|--------------------|
| $A_{s'\text{-}calc.} =$             | 0,00 | cm <sup>2</sup> /m |
| $A_{s'\text{-}adot.} =$             | 8,00 | cm <sup>2</sup> /m |
| <b>Adotado</b> Ø10 c. 10 - 1 camada |      |                    |
| Adotada Armadura de distribuição    |      |                    |

**Armadura Placas de Concreto Armado - NBR 6118 - App ESConc - Placas**

|            |                                               |
|------------|-----------------------------------------------|
| Cliente:   | Cedae                                         |
| Empreend.: | CANAL EXTRAVASOR NOVO MARAPICU                |
| Estrutura: | Canal extravasor                              |
| Placa      | Canal aberto - fundo interno                  |
| Discrim.   | Armadura Típica nas direções e nas duas faces |

**GEOCOBA**


| Seção            |      |    |
|------------------|------|----|
| b <sub>w</sub> = | 100  | cm |
| h =              | 35   | cm |
| d =              | 30,4 | cm |
| Cob =            | 4    | cm |

| Aço - Flexão      |         |                    |
|-------------------|---------|--------------------|
| Aço               | CA 50   |                    |
| γ <sub>S</sub> =  | 1,15    |                    |
| ES =              | 210.000 | MPa                |
| f <sub>yd</sub> = | 43,5    | kN/cm <sup>2</sup> |
| σ <sub>s</sub> =  | 7,06    | kN/cm <sup>2</sup> |
| ε <sub>s</sub> =  | 10,00   | ‰                  |

| Aço - Cisalhamento |      |  |
|--------------------|------|--|
| Aço-v - CA         | 50   |  |
| γ <sub>S</sub> =   | 1,15 |  |

| Análise da fissuração   |      |    |
|-------------------------|------|----|
| W <sub>k</sub> =        | 0,30 | mm |
| W <sub>1</sub> =        | 0,01 | mm |
| W <sub>2</sub> =        | 0,10 | mm |
| Ok. Atende a Fissuração |      |    |

| Concreto               |        |     |
|------------------------|--------|-----|
| f <sub>ck</sub> =      | 35     | MPa |
| γ <sub>c</sub> =       | 1,4    |     |
| f <sub>cd</sub> =      | 25,0   | MPa |
| ECi =                  | 33.130 | MPa |
| ECS =                  | 28.161 | MPa |
| f <sub>ct,m</sub> =    | 3,21   | MPa |
| f <sub>ctk,inf</sub> = | 2,25   | MPa |
| f <sub>ctk,sup</sub> = | 4,17   | MPa |
| f <sub>ctd</sub> =     | 1,60   | MPa |
| σ <sub>c</sub> =       | 0,16   | Mpa |
| ε <sub>c</sub> =       | 0,15   | ‰   |
| x (LN.) =              | 0,5    | cm  |
| Classe de Agressiv.    | III    |     |

**Análise do cisalhamento - Modelo I**

|                    |                           |                                 |
|--------------------|---------------------------|---------------------------------|
| V <sub>s</sub> =   | 43,69                     | kN/m                            |
| Trd =              | 401,25                    | kPa                             |
| V <sub>rd1</sub> = | 1763,27                   | kN/m                            |
| Asw dim. =         | 0,00                      | cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> |
| V <sub>sw</sub> =  | 148,57                    | kN/m                            |
| Adotado            | Não armar ao cisalhamento |                                 |

| Armadura de flexão |                        |                    |
|--------------------|------------------------|--------------------|
| M =                | 16,8                   | kN.m/m             |
| M <sub>d</sub> =   | 23,5                   | kN.m               |
| As-calc. =         | 1,79                   | cm <sup>2</sup> /m |
| As-mín =           | 7,04                   | cm <sup>2</sup> /m |
| As-adot. =         | 8,33                   | cm <sup>2</sup> /m |
| Estádio II         | γ =                    | 1,40               |
| Adotado            | Ø12,5 c. 15 - 1 camada |                    |

| Compressão na flexão ou distribuída |                        |       |
|-------------------------------------|------------------------|-------|
| As'-calc. =                         | 0,00                   | cm²/m |
| As'-adot. =                         | 8,33                   | cm²/m |
| Adotado                             | Ø12,5 c. 15 - 1 camada |       |
| Adotada Armadura de distribuição    |                        |       |

Figura 50 – Dimensionamento do Canal aberto (trecho com 35cm de espessura) – interno fundo

Seguindo todos as considerações prescritas na NBR 6118 (2023) para o dimensionamento de armaduras, encontramos a seguinte armadura para o canal aberto (com 35 cm de espessura):

Armadura longitudinal de flexão externa (parede): 1 camada de Ø 12,5 mm a cada 10 cm

Armadura longitudinal de flexão externa (fundo): 1 camada de Ø 12,5 mm a cada 15 cm

Armadura longitudinal de flexão interna (parede): 1 camada de Ø 10 mm a cada 10 cm

Armadura longitudinal de flexão interna (fundo): 1 camada de Ø 12,5 mm a cada 15 cm

Armadura de cisalhamento: não é necessário armar ao cisalhamento

Fissuração: a estrutura está atendendo à verificação de fissuração.

## 9.1.2 Canal fechado

### Armadura Placas de Concreto Armado - NBR 6118 - App ESConc - Placas

|               |                                |
|---------------|--------------------------------|
| Cliente:      | Cedae                          |
| Empreendedor: | CANAL EXTRAVASOR NOVO MARAPICU |
| Estrutura:    | Canal extravasor               |
| Placa:        | Canal fechado - fundo externo  |
| Discrim.      | Armadura Típica                |

| Seção   |      |    |
|---------|------|----|
| $b_w =$ | 100  | cm |
| $h =$   | 25   | cm |
| $d =$   | 20,2 | cm |
| $Cob =$ | 4    | cm |

| Aço - Flexão   |         |                    |
|----------------|---------|--------------------|
| Aço            | CA 50   |                    |
| $\gamma_s =$   | 1,15    |                    |
| ES =           | 210.000 | MPa                |
| $f_{yd} =$     | 43,5    | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\sigma_s =$   | 27,14   | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\epsilon_s =$ | 10,00   | ‰                  |

| Aço - Cisalhamento |      |  |
|--------------------|------|--|
| Aço-v - CA         | 50   |  |
| $\gamma_s =$       | 1,15 |  |

| Análise da fissuração   |      |    |
|-------------------------|------|----|
| $W_k =$                 | 0,30 | mm |
| $W_1 =$                 | 0,19 | mm |
| $W_2 =$                 | 0,42 | mm |
| Ok. Atende a Fissuração |      |    |

| Concreto            |        |     |
|---------------------|--------|-----|
| $f_{ck} =$          | 35     | MPa |
| $\gamma_c =$        | 1,4    |     |
| $f_{cd} =$          | 25,0   | MPa |
| $E_{ci} =$          | 33.130 | MPa |
| $E_{CS} =$          | 28.161 | MPa |
| $f_{ct,m} =$        | 3,21   | MPa |
| $f_{ctk,inf} =$     | 2,25   | MPa |
| $f_{ctk,sup} =$     | 4,17   | MPa |
| $f_{ctd} =$         | 1,60   | MPa |
| $\sigma_c =$        | 9,23   | Mpa |
| $\epsilon_c =$      | 2,07   | ‰   |
| $x (L.N.) =$        | 3,5    | cm  |
| Classe de Agressiv. | III    |     |

### Análise do cisalhamento - Modelo I

|                      |                   |                                 |
|----------------------|-------------------|---------------------------------|
| $V_s =$              | 270,62            | kN/m                            |
| $\tau_{rd} =$        | 401,25            | kPa                             |
| $V_{rd1} =$          | 1172,61           | kN/m                            |
| $Asw \text{ dim.} =$ | 23,32             | cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> |
| $V_{sw} =$           | 281,04            | kN/m                            |
| Adotado              | Ø10 c. 15 x c. 15 |                                 |

### GEOCOBA



### Armadura de flexão

|                 |                        |                    |
|-----------------|------------------------|--------------------|
| $M =$           | 79,2                   | kN.m/m             |
| $M_d =$         | 110,9                  | kN.m               |
| $As_{-calc.} =$ | 13,56                  | cm <sup>2</sup> /m |
| $As_{-mín} =$   | 5,03                   | cm <sup>2</sup> /m |
| $As_{-adot.} =$ | 16,00                  | cm <sup>2</sup> /m |
| Estádio II      | $\gamma =$             | 1,40               |
| Adotado         | Ø16 c. 12,5 - 1 camada |                    |

### Compressão na flexão ou distribuída

|                                  |                               |       |
|----------------------------------|-------------------------------|-------|
| As <sup>l</sup> -calc. =         | 0,00                          | cm²/m |
| As <sup>l</sup> -adot. =         | 16,00                         | cm²/m |
| <b>Adotado</b>                   | <b>Ø16 c. 12,5 - 1 camada</b> |       |
| Adotada Armadura de distribuição |                               |       |

Figura 51 – Dimensionamento da laje de fundo do Canal fechado – fundo externo

Para o dimensionamento de armaduras, encontramos a seguinte armadura para a laje de fundo do canal fechado (face externa):

Armadura longitudinal de flexão (face externa): 1 camada de Ø 16 mm a cada 12,5 cm

Armadura de cisalhamento: Ø 10 mm a cada 15 x 15 cm

Fissuração: a estrutura está atendendo à verificação de fissuração.

#### Armadura Placas de Concreto Armado - NBR 6118 - App ESConc - Placas

|                   |                                |
|-------------------|--------------------------------|
| <b>Cliente:</b>   | Cedae                          |
| <b>Empreed.:</b>  | CANAL EXTRAVASOR NOVO MARAPICU |
| <b>Estrutura:</b> | Canal extravasor               |
| <b>Placa</b>      | Canal fechado - fundo interno  |
| <b>Discrim.</b>   | Armadura Típica                |

| Seção   |      |    |
|---------|------|----|
| $b_w =$ | 100  | cm |
| $h =$   | 25   | cm |
| $d =$   | 20,0 | cm |
| $Cob =$ | 4    | cm |

| Aço - Flexão   |         |                    |
|----------------|---------|--------------------|
| Aço            | CA 50   |                    |
| $\gamma_s =$   | 1,15    |                    |
| $E_s =$        | 210.000 | MPa                |
| $f_{yd} =$     | 43,5    | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\sigma_s =$   | 25,01   | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\epsilon_s =$ | 10,00   | ‰                  |

| Aço - Cisalhamento |      |  |
|--------------------|------|--|
| Aço-v - CA         | 50   |  |
| $\gamma_s =$       | 1,15 |  |

| Análise da fissuração   |      |    |
|-------------------------|------|----|
| $W_k =$                 | 0,30 | mm |
| $W_1 =$                 | 0,20 | mm |
| $W_2 =$                 | 0,57 | mm |
| Ok. Atende a Fissuração |      |    |

| Concreto                |        |     |
|-------------------------|--------|-----|
| $f_{ck} =$              | 35     | MPa |
| $\gamma_c =$            | 1,4    |     |
| $f_{cd} =$              | 25,0   | MPa |
| $E_{ci} =$              | 33.130 | MPa |
| $E_{CS} =$              | 28.161 | MPa |
| $f_{ct,m} =$            | 3,21   | MPa |
| $f_{ctk,inf} =$         | 2,25   | MPa |
| $f_{ctk,sup} =$         | 4,17   | MPa |
| $f_{ctd} =$             | 1,60   | MPa |
| $\sigma_c =$            | 11,06  | Mpa |
| $\epsilon_c =$          | 2,67   | ‰   |
| $x (L.N.) =$            | 4,2    | cm  |
| Classe de Agressiv. III |        |     |

#### Análise do cisalhamento - Modelo I

|                                                        |         |                                 |
|--------------------------------------------------------|---------|---------------------------------|
| $V_s =$                                                | 270,62  | kN/m                            |
| $\tau_{rd} =$                                          | 401,25  | kPa                             |
| $V_{rd1} =$                                            | 1161,00 | kN/m                            |
| $A_{sw \text{ dim.}} =$                                | 23,80   | cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> |
| $V_{sw} =$                                             | 278,26  | kN/m                            |
| Adotado $\phi 10 \text{ c. } 15 \times \text{ c. } 15$ |         |                                 |

#### GEOCOBA



| Armadura de flexão                                  |            |                    |
|-----------------------------------------------------|------------|--------------------|
| $M =$                                               | 93,7       | kN.m/m             |
| $M_d =$                                             | 131,1      | kN.m               |
| $A_{s\text{-calc.}} =$                              | 16,47      | cm <sup>2</sup> /m |
| $A_{s\text{-mín}} =$                                | 5,03       | cm <sup>2</sup> /m |
| $A_{s\text{-adot.}} =$                              | 21,00      | cm <sup>2</sup> /m |
| Estádio II                                          | $\gamma =$ | 1,40               |
| Adotado $\phi 20 \text{ c. } 15 - 1 \text{ camada}$ |            |                    |

#### Compressão na flexão ou distribuída

|                                                     |       |                    |
|-----------------------------------------------------|-------|--------------------|
| $A_{s'\text{-calc.}} =$                             | 0,00  | cm <sup>2</sup> /m |
| $A_{s'\text{-adot.}} =$                             | 21,00 | cm <sup>2</sup> /m |
| Adotado $\phi 20 \text{ c. } 15 - 1 \text{ camada}$ |       |                    |
| Adotada Armadura de distribuição                    |       |                    |

Figura 52 – Dimensionamento da laje de fundo do Canal fechado – fundo interno

Para o dimensionamento de armaduras, encontramos a seguinte armadura para a laje de fundo do canal fechado (face interna):

Armadura longitudinal de flexão (face interna): 1 camada de  $\phi 20 \text{ mm}$  a cada 15 cm

Armadura de cisalhamento:  $\phi 10 \text{ mm}$  a cada 15 x 15 cm

Fissuração: a estrutura está atendendo à verificação de fissuração.

**Armadura Placas de Concreto Armado - NBR 6118 - App ESConc - Placas**

|            |                                |
|------------|--------------------------------|
| Cliente:   | Cedae                          |
| Empreend.: | CANAL EXTRAVASOR NOVO MARAPICU |
| Estrutura: | Canal extravasor               |
| Placa      | Canal fechado - tampa interno  |
| Discrim.   | Armadura Típica                |

| Seção   |      |    |
|---------|------|----|
| $b_w =$ | 100  | cm |
| $h =$   | 25   | cm |
| $d =$   | 20,0 | cm |
| $Cob =$ | 4    | cm |

| Aço - Flexão   |         |                    |
|----------------|---------|--------------------|
| Aço            | CA 50   |                    |
| $\gamma_S =$   | 1,15    |                    |
| ES =           | 210.000 | MPa                |
| $f_{yd} =$     | 43,5    | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\sigma_s =$   | 30,42   | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\epsilon_s =$ | 9,86    | ‰                  |

| Aço - Cisalhamento |      |  |
|--------------------|------|--|
| Aço-v - CA         | 50   |  |
| $\gamma_S =$       | 1,15 |  |

| Análise da fissuração   |      |    |
|-------------------------|------|----|
| $W_k =$                 | 0,30 | mm |
| $W_1 =$                 | 0,29 | mm |
| $W_2 =$                 | 0,59 | mm |
| Ok. Atende a Fissuração |      |    |

| Concreto            |        |     |
|---------------------|--------|-----|
| $f_{ck} =$          | 35     | MPa |
| $\gamma_c =$        | 1,4    |     |
| $f_{cd} =$          | 25,0   | MPa |
| $E_{Ci} =$          | 33.130 | MPa |
| $E_{CS} =$          | 28.161 | MPa |
| $f_{ct,m} =$        | 3,21   | MPa |
| $f_{ctk,inf} =$     | 2,25   | MPa |
| $f_{ctk,sup} =$     | 4,17   | MPa |
| $f_{ctd} =$         | 1,60   | MPa |
| $\sigma_c =$        | 17,66  | MPa |
| $\epsilon_c =$      | 3,50   | ‰   |
| $x (L.N.) =$        | 5,2    | cm  |
| Classe de Agressiv. | III    |     |

**Análise do cisalhamento - Modelo I**

|                         |                   |                                 |
|-------------------------|-------------------|---------------------------------|
| $V_s =$                 | 227,05            | kN/m                            |
| $\tau_{rd} =$           | 401,25            | kPa                             |
| $\tau_{rd1} =$          | 1161,00           | kN/m                            |
| $A_{sw \text{ dim.}} =$ | 16,01             | cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> |
| $V_{sw} =$              | 278,26            | kN/m                            |
| Adotado                 | Ø10 c. 15 x c. 15 |                                 |

**GEOCOBA**

**Armadura de flexão**

|                        |                      |                    |
|------------------------|----------------------|--------------------|
| $M =$                  | 113,9                | kN.m/m             |
| $M_d =$                | 159,5                | kN.m               |
| $A_{s\text{-calc.}} =$ | 20,49                | cm <sup>2</sup> /m |
| $A_{s\text{-mín}} =$   | 5,03                 | cm <sup>2</sup> /m |
| $A_{s\text{-adot.}} =$ | 21,00                | cm <sup>2</sup> /m |
| Estádio III            | $\gamma =$           | 1,40               |
| Adotado                | Ø20 c. 15 - 1 camada |                    |

**Compressão na flexão ou distribuída**

|                                  |                             |       |
|----------------------------------|-----------------------------|-------|
| As'-calc. =                      | 0,00                        | cm²/m |
| As'-adot. =                      | 21,00                       | cm²/m |
| <b>Adotado</b>                   | <b>Ø20 c. 15 - 1 camada</b> |       |
| Adotada Armadura de distribuição |                             |       |

Figura 53 - Dimensionamento da laje de tampa do Canal fechado – tampa interno

**Armadura Placas de Concreto Armado - NBR 6118 - App ESConc - Placas**

|            |                                |
|------------|--------------------------------|
| Cliente:   | Cedae                          |
| Empreend.: | CANAL EXTRAVASOR NOVO MARAPICU |
| Estrutura: | Canal extravasor               |
| Placa      | Canal fechado - tampa externo  |
| Discrim.   | Armadura Típica                |

| Seção            |      |    |
|------------------|------|----|
| b <sub>w</sub> = | 100  | cm |
| h =              | 25   | cm |
| d =              | 20,0 | cm |
| Cob =            | 4    | cm |

| Aço - Flexão      |         |                    |
|-------------------|---------|--------------------|
| Aço               | CA 50   |                    |
| γ <sub>S</sub> =  | 1,15    |                    |
| ES =              | 210.000 | MPa                |
| f <sub>yd</sub> = | 43,5    | kN/cm <sup>2</sup> |
| σ <sub>s</sub> =  | 17,65   | kN/cm <sup>2</sup> |
| ε <sub>s</sub> =  | 10,00   | ‰                  |

| Aço - Cisalhamento |      |  |
|--------------------|------|--|
| Aço-v - CA         | 50   |  |
| γ <sub>S</sub> =   | 1,15 |  |

| Análise da fissuração   |      |    |
|-------------------------|------|----|
| W <sub>k</sub> =        | 0,30 | mm |
| W <sub>1</sub> =        | 0,10 | mm |
| W <sub>2</sub> =        | 0,47 | mm |
| Ok. Atende a Fissuração |      |    |

| Concreto               |        |     |
|------------------------|--------|-----|
| f <sub>ck</sub> =      | 35     | MPa |
| γ <sub>c</sub> =       | 1,4    |     |
| f <sub>cd</sub> =      | 25,0   | MPa |
| ECi =                  | 33.130 | MPa |
| ECS =                  | 28.161 | MPa |
| f <sub>ct,m</sub> =    | 3,21   | MPa |
| f <sub>ctk,inf</sub> = | 2,25   | MPa |
| f <sub>ctk,sup</sub> = | 4,17   | MPa |
| f <sub>ctd</sub> =     | 1,60   | MPa |
| σ <sub>c</sub> =       | 6,07   | Mpa |
| ε <sub>c</sub> =       | 2,10   | ‰   |
| x (L.N.) =             | 3,5    | cm  |
| Classe de Agressiv.    | III    |     |

**Análise do cisalhamento - Modelo I**

|                        |                   |                                 |
|------------------------|-------------------|---------------------------------|
| V <sub>s</sub> =       | 227,05            | kN/m                            |
| τ <sub>rd</sub> =      | 401,25            | kPa                             |
| V <sub>rd1</sub> =     | 1161,00           | kN/m                            |
| A <sub>sw dim.</sub> = | 16,01             | cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> |
| V <sub>sw</sub> =      | 278,26            | kN/m                            |
| Adotado                | Ø10 c. 15 x c. 15 |                                 |

**GEOCOBA**

**Armadura de flexão**

|                  |                        |                    |
|------------------|------------------------|--------------------|
| M =              | 78,6                   | kN.m/m             |
| M <sub>d</sub> = | 110,0                  | kN.m               |
| As'-calc. =      | 13,60                  | cm <sup>2</sup> /m |
| As'-mín =        | 5,03                   | cm <sup>2</sup> /m |
| As'-adot. =      | 25,20                  | cm <sup>2</sup> /m |
| Estádio II       | γ =                    | 1,40               |
| Adotado          | Ø20 c. 12,5 - 1 camada |                    |

**Compressão na flexão ou distribuída**

|                                  |                               |                    |
|----------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| As'-calc. =                      | 0,00                          | cm <sup>2</sup> /m |
| As'-adot. =                      | 25,20                         | cm <sup>2</sup> /m |
| <b>Adotado</b>                   | <b>Ø20 c. 12,5 - 1 camada</b> |                    |
| Adotada Armadura de distribuição |                               |                    |

|                         |        |                                 |
|-------------------------|--------|---------------------------------|
| V <sub>sd</sub> =       | 317,87 | kN/m                            |
| V <sub>rd1</sub> =      | 191,44 | kN/m                            |
| V <sub>c</sub> =        | 192,60 | kN/m                            |
| A <sub>sw adot.</sub> = | 35,56  | cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> |
| V <sub>rd3</sub> =      | 470,86 | kN/m                            |

Figura 54 - Dimensionamento da laje de tampa do Canal fechado – tampa externo

Para o dimensionamento de armaduras, encontramos a seguinte armadura para a laje de tampa do canal fechado:

Armadura longitudinal de flexão interna: 1 camada de Ø 20 mm a cada 15 cm

Armadura longitudinal de flexão externa: 1 camada de Ø 20 mm a cada 12,5 cm

Armadura de cisalhamento: Ø 10 mm a cada 15 x 15 cm

Fissuração: a estrutura está atendendo à verificação de fissuração.

**Armadura Placas de Concreto Armado - NBR 6118 - App ESConc - Placas**

|            |                                 |
|------------|---------------------------------|
| Cliente:   | Cedae                           |
| Empreend.: | CANAL EXTRAVASOR NOVO MARAPICU  |
| Estrutura: | Canal extravasor                |
| Placa      | Canal fechado - paredes externo |
| Discrim.   | Armadura Típica                 |

| Seção   |      |    |
|---------|------|----|
| $b_w =$ | 100  | cm |
| $h =$   | 25   | cm |
| $d =$   | 20,0 | cm |
| $Cob =$ | 4    | cm |

| Aço - Flexão   |         |                    |
|----------------|---------|--------------------|
| Aço            | CA 50   |                    |
| $\gamma_S =$   | 1,15    |                    |
| ES =           | 210.000 | MPa                |
| $f_{yd} =$     | 43,5    | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\sigma_s =$   | 17,80   | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\epsilon_s =$ | 10,00   | ‰                  |

| Aço - Cisalhamento |      |  |
|--------------------|------|--|
| Aço-v - CA         | 50   |  |
| $\gamma_S =$       | 1,15 |  |

| Análise da fissuração   |      |    |
|-------------------------|------|----|
| $W_k =$                 | 0,30 | mm |
| $W_1 =$                 | 0,10 | mm |
| $W_2 =$                 | 0,47 | mm |
| Ok. Atende a Fissuração |      |    |

| Concreto            |        |     |
|---------------------|--------|-----|
| $f_{ck} =$          | 35     | MPa |
| $\gamma_c =$        | 1,4    |     |
| $f_{cd} =$          | 25,0   | MPa |
| $E_{ci} =$          | 33.130 | MPa |
| $E_{CS} =$          | 28.161 | MPa |
| $f_{ct,m} =$        | 3,21   | MPa |
| $f_{ctk,inf} =$     | 2,25   | MPa |
| $f_{ctk,sup} =$     | 4,17   | MPa |
| $f_{ctd} =$         | 1,60   | MPa |
| $\sigma_c =$        | 6,20   | MPa |
| $\epsilon_c =$      | 2,13   | ‰   |
| $x (L.N.) =$        | 3,5    | cm  |
| Classe de Agressiv. | III    |     |

**Análise do cisalhamento - Modelo I**

|                         |         |                                 |
|-------------------------|---------|---------------------------------|
| $V_s =$                 | 40,44   | kN/m                            |
| $\tau_{rd} =$           | 401,25  | kPa                             |
| $\tau_{rd1} =$          | 1161,00 | kN/m                            |
| $A_{sw \text{ dim.}} =$ | 0,00    | cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> |
| $V_{sw} =$              | 278,26  | kN/m                            |

**Adotado** Não armar ao cisalhamento

**GEOCOBA**

**Armadura de flexão**

|                                       |            |                    |
|---------------------------------------|------------|--------------------|
| $M =$                                 | 79,2       | kN.m/m             |
| $M_d =$                               | 110,9      | kN.m               |
| $A_{s\text{-calc.}} =$                | 13,72      | cm <sup>2</sup> /m |
| $A_{s\text{-mín}} =$                  | 5,03       | cm <sup>2</sup> /m |
| $A_{s\text{-adot.}} =$                | 25,20      | cm <sup>2</sup> /m |
| Estádio II                            | $\gamma =$ | 1,40               |
| <b>Adotado</b> Ø20 c. 12,5 - 1 camada |            |                    |

**Compressão na flexão ou distribuída**

|                                       |       |                    |
|---------------------------------------|-------|--------------------|
| $A_{s'\text{-calc.}} =$               | 0,00  | cm <sup>2</sup> /m |
| $A_{s'\text{-adot.}} =$               | 25,20 | cm <sup>2</sup> /m |
| <b>Adotado</b> Ø20 c. 12,5 - 1 camada |       |                    |
| Adotada Armadura de distribuição      |       |                    |

Figura 55 - Dimensionamento das paredes do Canal fechado – parede externo

**Armadura Placas de Concreto Armado - NBR 6118 - App ESConc - Placas**

|            |                                 |
|------------|---------------------------------|
| Cliente:   | Cedae                           |
| Empreend.: | CANAL EXTRAVASOR NOVO MARAPICU  |
| Estrutura: | Canal extravasor                |
| Placa      | Canal fechado - paredes interno |
| Discrim.   | Armadura Típica                 |

**GEOCOBA**


| Seção   |      |    |
|---------|------|----|
| $b_w =$ | 100  | cm |
| $h =$   | 25   | cm |
| $d =$   | 20,2 | cm |
| $Cob =$ | 4    | cm |

| Aço - Flexão   |         |                    |
|----------------|---------|--------------------|
| Aço            | CA 50   |                    |
| $\gamma_S =$   | 1,15    |                    |
| ES =           | 210.000 | MPa                |
| $f_{yd} =$     | 43,5    | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\sigma_s =$   | 21,93   | kN/cm <sup>2</sup> |
| $\epsilon_s =$ | 10,00   | ‰                  |

| Aço - Cisalhamento |      |  |
|--------------------|------|--|
| Aço-v - CA         | 50   |  |
| $\gamma_S =$       | 1,15 |  |

| Análise da fissuração   |      |    |
|-------------------------|------|----|
| $W_k =$                 | 0,30 | mm |
| $W_1 =$                 | 0,12 | mm |
| $W_2 =$                 | 0,34 | mm |
| Ok. Atende a Fissuração |      |    |

| Concreto            |        |     |
|---------------------|--------|-----|
| $f_{ck} =$          | 35     | MPa |
| $\gamma_c =$        | 1,4    |     |
| $f_{cd} =$          | 25,0   | MPa |
| $E_{Ci} =$          | 33.130 | MPa |
| $E_{CS} =$          | 28.161 | MPa |
| $f_{ct,m} =$        | 3,21   | MPa |
| $f_{ctk,inf} =$     | 2,25   | MPa |
| $f_{ctk,sup} =$     | 4,17   | MPa |
| $f_{ctd} =$         | 1,60   | MPa |
| $\sigma_c =$        | 7,45   | MPa |
| $\epsilon_c =$      | 2,07   | ‰   |
| $x (L.N.) =$        | 3,5    | cm  |
| Classe de Agressiv. | III    |     |

**Análise do cisalhamento - Modelo I**

|                         |         |                                 |
|-------------------------|---------|---------------------------------|
| $V_s =$                 | 40,44   | kN/m                            |
| $\tau_{rd} =$           | 401,25  | kPa                             |
| $\tau_{rd1} =$          | 1172,61 | kN/m                            |
| $A_{sw \text{ dim.}} =$ | 0,00    | cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> |
| $V_{sw} =$              | 281,04  | kN/m                            |

**Adotado Não armar ao cisalhamento**

**Armadura de flexão**

|                                     |            |                    |
|-------------------------------------|------------|--------------------|
| $M =$                               | 79,2       | kN.m/m             |
| $M_d =$                             | 110,9      | kN.m               |
| $A_{s\text{-calc.}} =$              | 13,56      | cm <sup>2</sup> /m |
| $A_{s\text{-mín}} =$                | 5,03       | cm <sup>2</sup> /m |
| $A_{s\text{-adot.}} =$              | 20,00      | cm <sup>2</sup> /m |
| Estádio II                          | $\gamma =$ | 1,40               |
| <b>Adotado Ø16 c. 10 - 1 camada</b> |            |                    |

**Compressão na flexão ou distribuída**

|                                     |       |                    |
|-------------------------------------|-------|--------------------|
| $A_{s'\text{-calc.}} =$             | 0,00  | cm <sup>2</sup> /m |
| $A_{s'\text{-adot.}} =$             | 20,00 | cm <sup>2</sup> /m |
| <b>Adotado Ø16 c. 10 - 1 camada</b> |       |                    |
| Adotada Armadura de distribuição    |       |                    |

Figura 56 - Dimensionamento das paredes do Canal fechado – parede interno

Seguindo todos as considerações prescritas na NBR 6118 (2023), encontramos a seguinte armadura para as paredes do canal fechado:

Armadura longitudinal de flexão externa: 1 camada de  $\phi$  20 mm a cada 12,5 cm

Armadura longitudinal de flexão interna: 1 camada de  $\phi$  16 mm a cada 10 cm

Armadura de cisalhamento: não é necessário armar ao cisalhamento

Fissuração: a estrutura está atendendo à verificação de fissuração.

## 9.2. Verificação ao tombamento

### 9.2.1 Canal com 20 cm de espessura

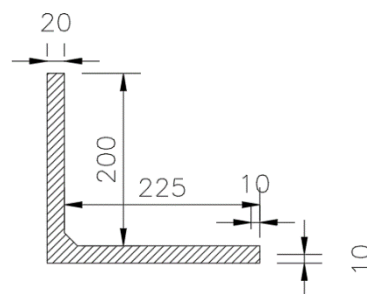


Figura 57 - Seção típica

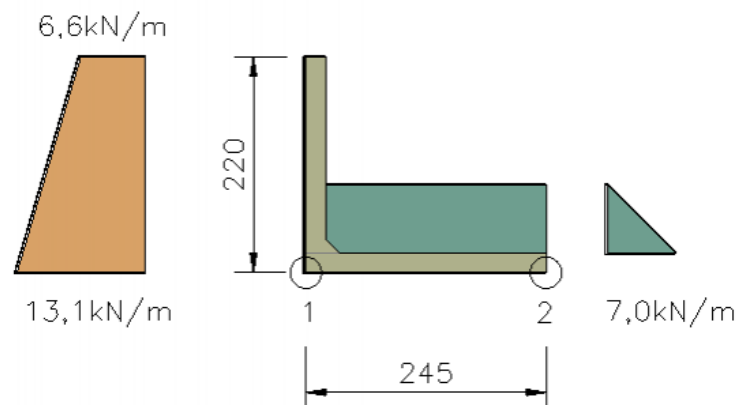


Figura 58 - Carregamento usual da Calha

| RESUMO DOS ESFORÇOS  |       |                       |        |
|----------------------|-------|-----------------------|--------|
| $\Sigma P$ (kN) =    | 38,17 | $\Sigma MrE$ (kN.m) = | 57,68  |
| $\Sigma S$ (kN) =    | 0,00  | $\Sigma MrT$ (kN.m) = | -26,51 |
| $\Sigma V$ (kN) =    | 38,17 | $\Sigma M$ (kN.m) =   | 31,17  |
| $\Sigma H(+)$ (kN) = | 28,89 | ÁREA DA BASE          |        |
| $\Sigma H(-)$ (kN) = | -2,45 |                       |        |
| $\Sigma H$ (Kn) =    | 26,44 | Á. Base (m²)          | 2,45   |

Figura 59 - Resumo dos esforços

O fator de segurança ao tombamento (FST) é calculado a partir da determinação dos momentos estabilizantes e instabilizantes atuantes sobre a estrutura, através da seguinte formulação:

$$FST = \frac{\sum Me}{\sum Mt}$$

Onde:

$\sum Me$  = Somatório dos momentos estabilizantes atuantes sobre a estrutura;

$\sum Mt$  = Somatório dos momentos de tombamento atuantes sobre a estrutura.

Para o carregamento usual da calha, o FST deve ser de 1,5 ou superior.

$$FST = \frac{57,68}{26,51} = 2,18 \rightarrow \text{atende ao } FST (= 1,5)$$

| DADOS DA GEOMETRIA DA BASE DA FUNDAÇÃO |      |        |         |                              |      |                          |                           |
|----------------------------------------|------|--------|---------|------------------------------|------|--------------------------|---------------------------|
| DEFINIÇÃO DO PONTO DE ROTAÇÃO          |      |        |         | DEFINIÇÃO DOS PONTOS DA BASE |      |                          |                           |
| Coordenada Xr -Yr                      |      | Xr (m) | Yr (m)  | Número de pontos da base     |      | 2                        |                           |
|                                        |      | 2,45   | 0,00    | Número de trechos da base    |      | 1                        |                           |
| PONTOS (n)                             | X m  | Y m    | TRECHOS |                              | Z m  | S <sub>X</sub> - Hor kPa | S <sub>Y</sub> - Vert kPa |
| 1                                      | 0,00 | 0,00   | 1       | 2                            | 1,00 | 10,8                     | 0,0                       |
| 2                                      | 2,45 | 0,00   |         |                              |      | 10,8                     | 31,2                      |

Figura 60 – Tensões na fundação

Onde: sinal (-) significa tração na base e (+) compressão.

### 9.2.2 Canal com 35 cm de espessura

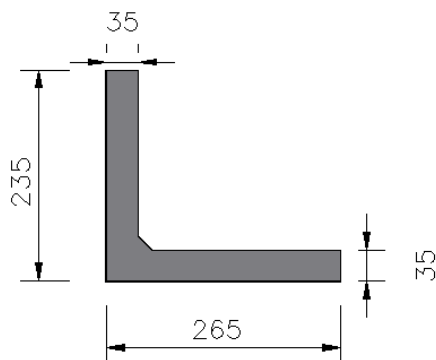


Figura 61 – Seção Típica

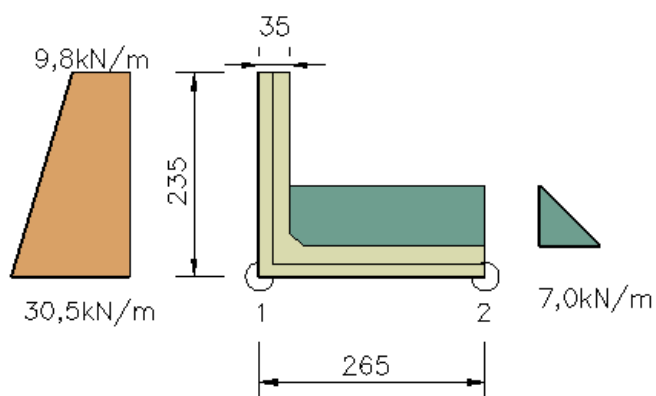


Figura 62 - Carregamento usual da Calha

| RESUMO DOS ESFORÇOS  |       |                       |        |
|----------------------|-------|-----------------------|--------|
| $\Sigma P$ (kN) =    | 54,48 | $\Sigma MrE$ (kN.m) = | 99,47  |
| $\Sigma S$ (kN) =    | 0,00  | $\Sigma MrT$ (kN.m) = | -46,14 |
| $\Sigma V$ (kN) =    | 54,48 | $\Sigma M$ (kN.m) =   | 53,33  |
| $\Sigma H(+)$ (kN) = | 47,38 |                       |        |
| $\Sigma H(-)$ (kN) = | -2,45 | ÁREA DA BASE          |        |
| $\Sigma H$ (kN) =    | 44,93 | Á. Base (m²)          | 2,65   |

Figura 63 - Resumo dos esforços

O fator de segurança ao tombamento (FST) é calculado a partir da determinação dos momentos estabilizantes e instabilizantes atuantes sobre a estrutura, através da seguinte formulação:

$$FST = \frac{\sum Me}{\sum Mt}$$

Onde:

$\sum Me$  = Somatório dos momentos estabilizantes atuantes sobre a estrutura;

$\sum Mt$  = Somatório dos momentos de tombamento atuantes sobre a estrutura.

Para o carregamento usual da calha, o FST deve ser de 1,5 ou superior.

$$FST = \frac{99,47}{46,14} = 2,15 \rightarrow \text{atende ao FST } (= 1,5)$$

| DADOS DA GEOMETRIA DA BASE DA FUNDAÇÃO |        |        |         |                              |        |                 |                  |
|----------------------------------------|--------|--------|---------|------------------------------|--------|-----------------|------------------|
| DEFINIÇÃO DO PONTO DE ROTAÇÃO          |        |        |         | DEFINIÇÃO DOS PONTOS DA BASE |        |                 |                  |
| Coordenada Xr -Yr                      |        | Xr (m) | Yr (m)  | Número de pontos da base     |        | 2               |                  |
|                                        |        | 2,65   | 0,00    | Número de trechos da base    |        | 1               |                  |
| PONTOS<br>( n )                        | X<br>m | Y<br>m | TRECHOS |                              | Z<br>m | Sx - Hor<br>kPa | Sy - Vert<br>kPa |
| 1                                      | 0,00   | 0,00   | 1       | 2                            | 1,00   | 17,0            | 4,5              |
| 2                                      | 2,65   | 0,00   |         |                              |        | 17,0            | 36,7             |

Figura 64 – Tensões na fundação

Onde: sinal (-) significa tração na base e (+) compressão.

### 9.3. Verificação quanto ao içamento

Os diagramas de esforços devido ao içamento e a verificação das armaduras adotadas são apresentados a seguir. Para o canal aberto adotou-se o trecho com 35cm de espessura devido maior peso próprio.

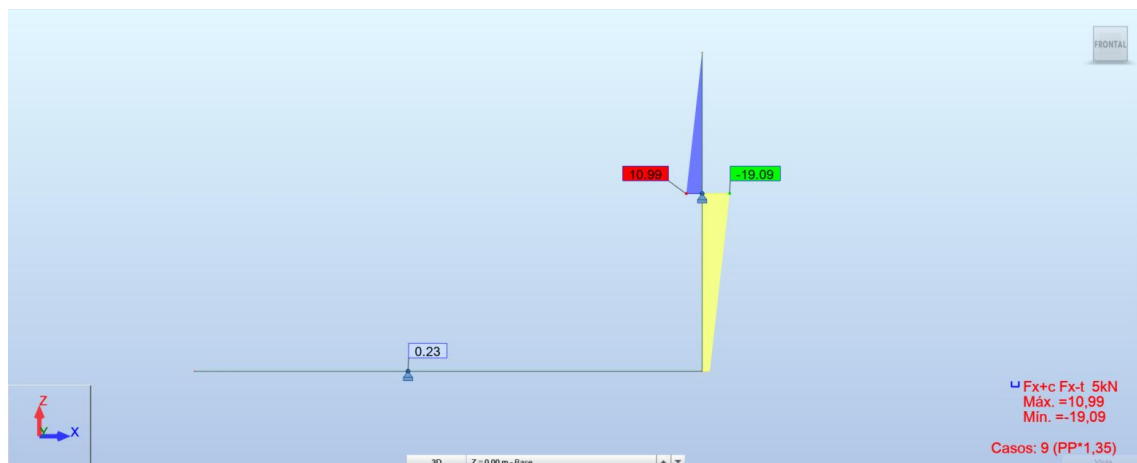


Figura 65 - Diagrama de esforço normal - Canal aberto

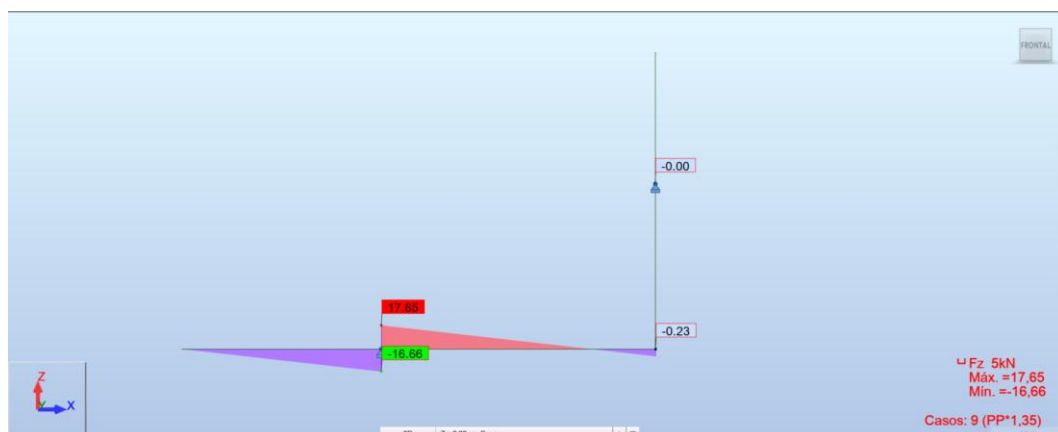


Figura 66 - Diagrama de esforço cortante – Canal aberto

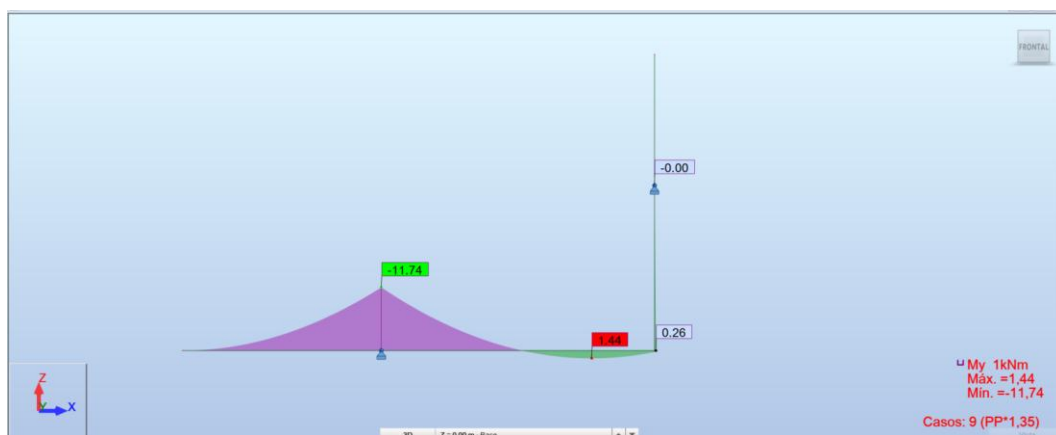


Figura 67 - Diagrama de momento fletor - Canal aberto

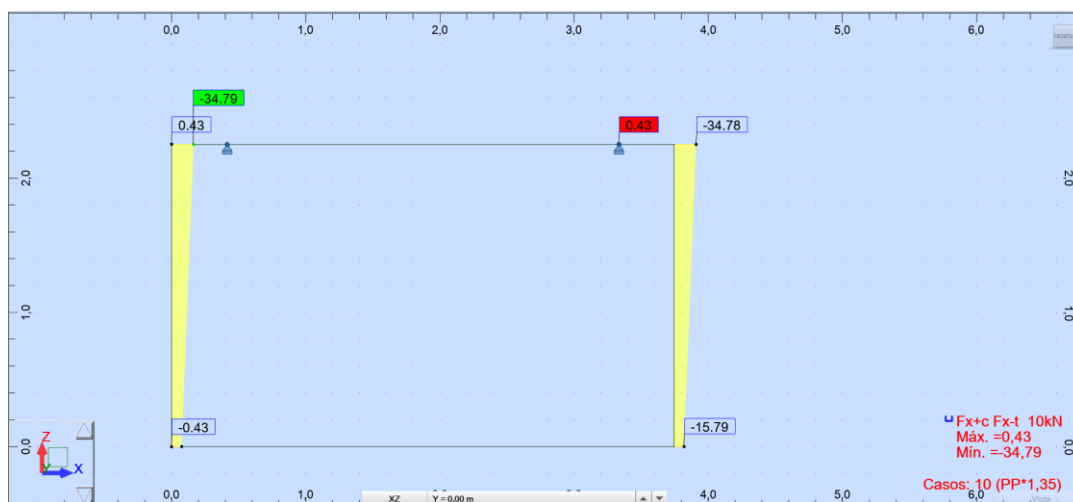


Figura 68 - Diagrama de esforço normal - Canal fechado

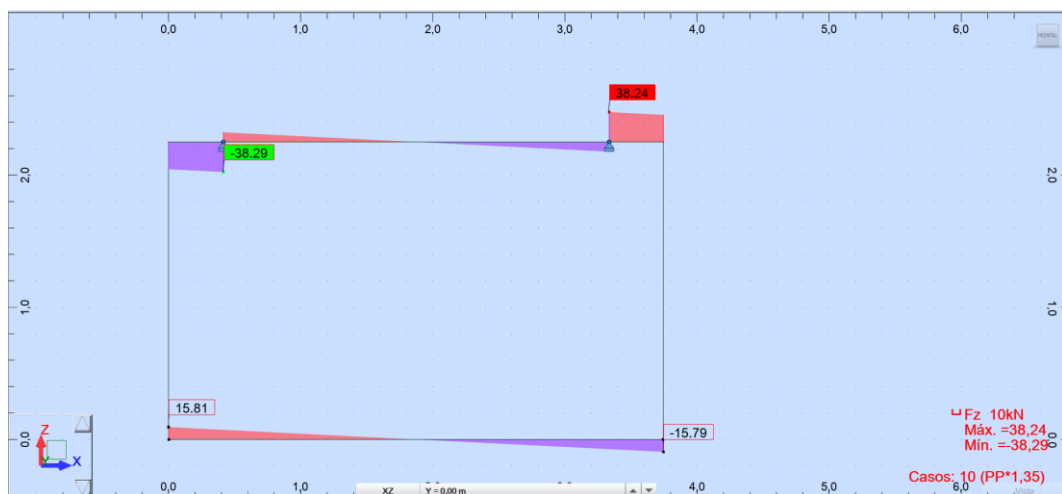


Figura 69 - Diagrama de esforço cortante - Canal fechado

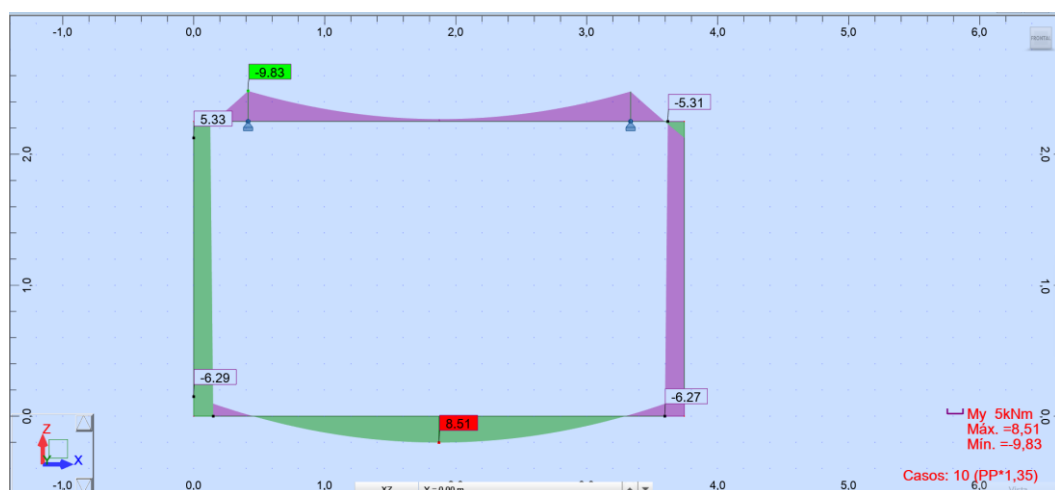


Figura 70 - Diagrama de momento fletor - Canal fechado

A armadura adotada para as condições de serviço supre o valor do momento necessário para içamento tanto para o canal fechado quanto para o aberto.

## 10. Conclusão

A estrutura foi verificada quanto às tensões atuantes e estados limites de utilização e estão corretamente dimensionadas para os esforços atuantes, atendendo as condições exigidas, conforme as normas especificadas nesta memória de cálculo.