

## **ACESSO SUL** **À PLATAFORMA DOS POÇOS CL8,CL9 E CL10**



### **FASE III – PROJETO DE EXECUÇÃO**

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS – BACIA DE CONDENSADOS

JULHO 2024



**EDA RENOvÁVEIS****ESTUDO PRÉVIO E ELABORAÇÃO DO PROJETO DE EXECUÇÃO DO ACESSO SUL À  
PLATAFORMA DOS POÇOS CL8,CL9 E CL10****FASE III - PROJETO DE EXECUÇÃO****CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS – BACIA DE CONDENSADOS**

|              |                  |       |            |
|--------------|------------------|-------|------------|
| Documento nº | 40713-PE-0402-CJ | Data: | 31-07-2024 |
|--------------|------------------|-------|------------|

|            | Nome           | Função      | Assinatura                                                                            |
|------------|----------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Elaborado  | Cláudia Morais | Eng.ª Civil |  |
|            | Eva Jerónimo   | Eng.ª Civil |                                                                                       |
| Verificado | Eva Jerónimo   | Eng.ª Civil |  |
| Aprovado   | Paulo Soares   | Eng.º Civil |  |

**Registo de Revisões:**

| Revisão    | Data       | Elaborado | Verificado | Aprovado | Descrição                                                            |
|------------|------------|-----------|------------|----------|----------------------------------------------------------------------|
| 1.ª edição | 31-07-2024 |           | EJ         | PCS      | Cálculos Justificativos do bacia de Condensados e Câmara de Bombagem |
|            |            |           |            |          |                                                                      |
|            |            |           |            |          |                                                                      |
|            |            |           |            |          |                                                                      |
|            |            |           |            |          |                                                                      |



## EDA RENOVAVEIS

### ESTUDO PRÉVIO E ELABORAÇÃO DO PROJETO DE EXECUÇÃO DO ACESSO SUL À PLATAFORMA DOS POÇOS CL8,CL9 E CL10

#### FASE III - PROJETO DE EXECUÇÃO

#### CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS – BACIA DE CONDENSADOS

#### ÍNDICE

|                                                       | Pág.     |
|-------------------------------------------------------|----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                              | <b>1</b> |
| <b>2 AÇÕES .....</b>                                  | <b>3</b> |
| <b>3 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO .....</b>           | <b>4</b> |
| <b>4 COMBINAÇÕES DE AÇÕES .....</b>                   | <b>5</b> |
| <b>5 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL .....</b>             | <b>6</b> |
| 5.1 VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA À ROTURA DA PAREDE ..... | 6        |
| 5.1.1 Modelo de cálculo.....                          | 6        |
| 5.1.2 Esforços de cálculo .....                       | 6        |
| 5.1.3 Resumo dos Esforços Combinados .....            | 8        |
| 5.2 VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA À ROTURA .....           | 10       |
| 5.3 VERIFICAÇÃO AOS ESTADOS LIMITES DE SERVIÇO .....  | 11       |

#### LISTA DE QUADROS

|                                                                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 – Combinações de ações utilizadas na verificação da segurança ao Estado Limite Ultimo (ELU) e Estado Limite de Serviço (ELS).....                          | 5  |
| Quadro 2 – Resumo dos esforços de flexão condicionantes utilizados na verificação da segurança ao Estado Limite Último (ELU) e Estado Limite de Serviço (ELS) ..... | 10 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                     |   |
|---------------------------------------------------------------------|---|
| Figura 1 – Geometria das Bacias de condensados. Planta.....         | 1 |
| Figura 2 – Geometria das Bacias de condensados. Corte 2-2. ....     | 2 |
| Figura 3 – Modelo de cálculo.....                                   | 6 |
| Figura 4 – ULS – Flexão – M11sd .....                               | 7 |
| Figura 5 – ULS – Flexão – M22sd .....                               | 7 |
| Figura 6 – ULS – Flexão M3-3 e Esforço Transverso V2-2 na viga..... | 8 |
| Figura 7 – SLS – Flexão – M11/M22. ....                             | 8 |
| Figura 8 – Denominação das paredes na câmara.....                   | 9 |

## EDA RENOVÁVEIS

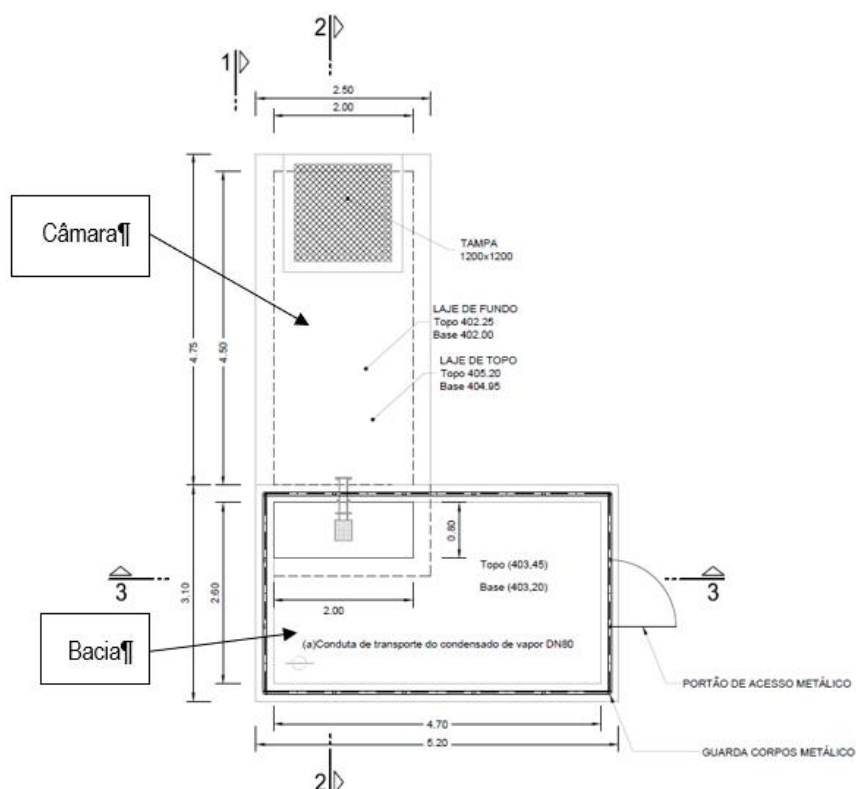
### ESTUDO PRÉVIO E ELABORAÇÃO DO PROJETO DE EXECUÇÃO DO ACESSO SUL À PLATAFORMA DOS POÇOS CL8,CL9 E CL10

#### FASE III - PROJETO DE EXECUÇÃO

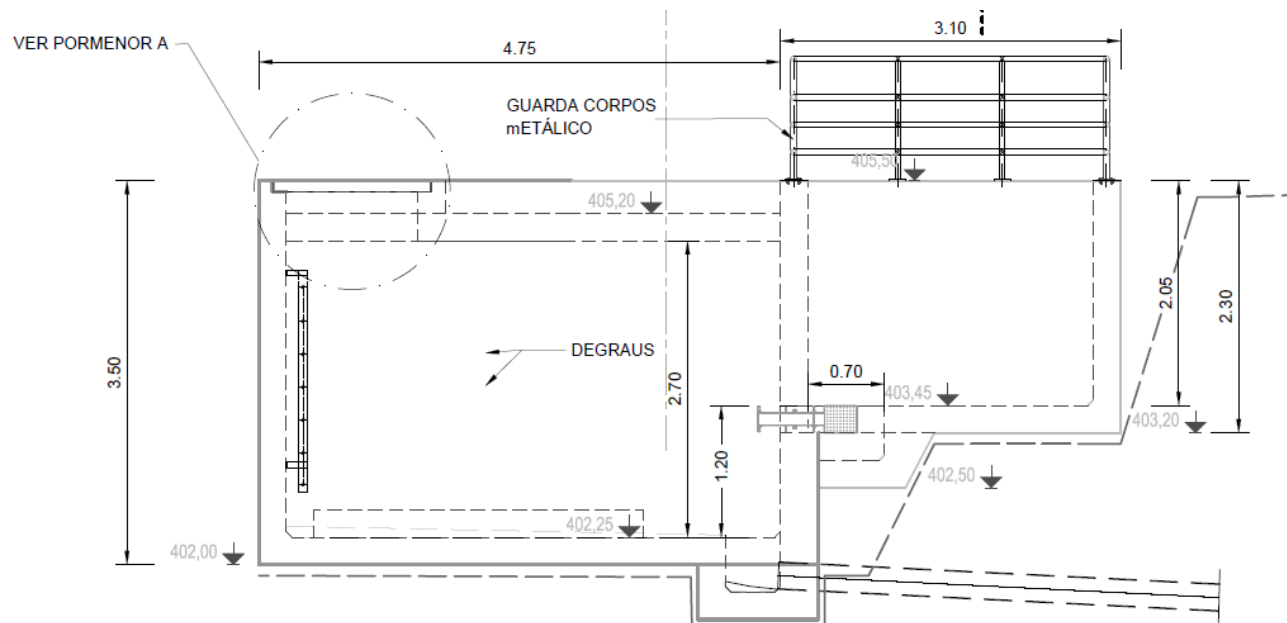
#### CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS – BACIA DE CONDENSADOS

### 1 INTRODUÇÃO

A presente memória diz respeito ao dimensionamento estrutural da Bacia de Condensados. As figuras abaixo apresentam a planta e um alçado com a geometria da Câmara de Descarga e da Bacia de Condensados.



**Figura 1 – Geometria das Bacias de condensados. Planta.**



**Figura 2 – Geometria das Bacias de condensados. Corte 2-2.**

A estrutura é de betão armado constituída por paredes e lajes de 0.25 m de espessura e apresenta uma viga de 0.25x0.45m na localização do negativo da tampa.



## 2 AÇÕES

As ações consideradas foram as seguintes:

- Peso próprio dos elementos estruturais ( $\gamma_b = 25 \text{ kN/m}^3$ );
- Restante Carga Permanente (pavimentação do acesso ):  $20.0 \text{ kN/m}^2$ ;
- Peso próprio e impulso das Águas Salinas ( $\gamma_{ares} = 11 \text{ kN/m}^3$ );
- Impulsos de solo e hidrostáticos
  - Foram considerados os impulsos hidrostáticos e de solo com um  $K_0=0.5$ .
- Ação do Veículo: Modelo 2 – EC1991-2:2010:  $2 \times 200 \text{ kN}$  ( $0.60 \times 0.35 \text{ af. } 2.00 \text{ m}$ ) ou carga distribuída de  $5 \text{ kN/m}^2$ ;
  - Deve-se salientar que o Veículo Tipo (LM2) e a carga distribuída não devem atuar simultaneamente.
- Para verificações em serviço:
  - Retração diferencial da laje de topo equivalente a uma variação de temperatura de  $-15^\circ\text{C}$ .
  - Ações Térmicas sobre a laje de topo:
    - $T_{min}=5^\circ\text{C}$  e  $T_{max}=35^\circ\text{C}$  com  $T_0=15^\circ\text{C}$
    - $DTU = -10^\circ\text{C}/+15^\circ\text{C}$

### 3 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

A verificação da segurança das secções em relação aos estados limites últimos de resistência foi efetuada de acordo com o estabelecido nos Eurocódigos, tendo-se verificado os estados limites últimos de flexão e de esforço transversal.

Para a verificação da segurança ao estado limite de fendilhação, por se tratar de um reservatório limitou-se a abertura máxima de fendas a 0,2 mm,  $w_{k,adm}$ , para uma combinação rara de ações, tendo-se respeitado as quantidades mínimas. A determinação da abertura de fendas foi efetuada com base na formulação do Eurocódigo 2, NP EN 1992-1-1:2010.

Os materiais considerados no dimensionamento foram para o betão:

- Classe de Exposição XA3 ara PH=4
- C40/50 - XA3 CL.0.40 S3/S4 ( $f_{cd} = 26,7$  MPa,  $f_{ctm} = 3,5$  MPa,  $E_{c,28} = 35,0$  GPa);
- Adotou-se aço do tipo A500NR, em armaduras passivas ( $f_{syd} = 435$  MPa,  $E_s = 200$  GPa);

O recobrimento mínimo adotado foi de 5 cm.

Nos pontos seguintes são apresentados os resultados dos cálculos efetuados e a verificação da segurança aos estados limites últimos de resistência.

## 4 COMBINAÇÕES DE AÇÕES

As combinações de ações consideradas foram as indicadas na Quadro 1.

**Quadro 1 – Combinações de ações utilizadas na verificação da segurança ao Estado Limite Ultimo (ELU) e Estado Limite de Serviço (ELS)**

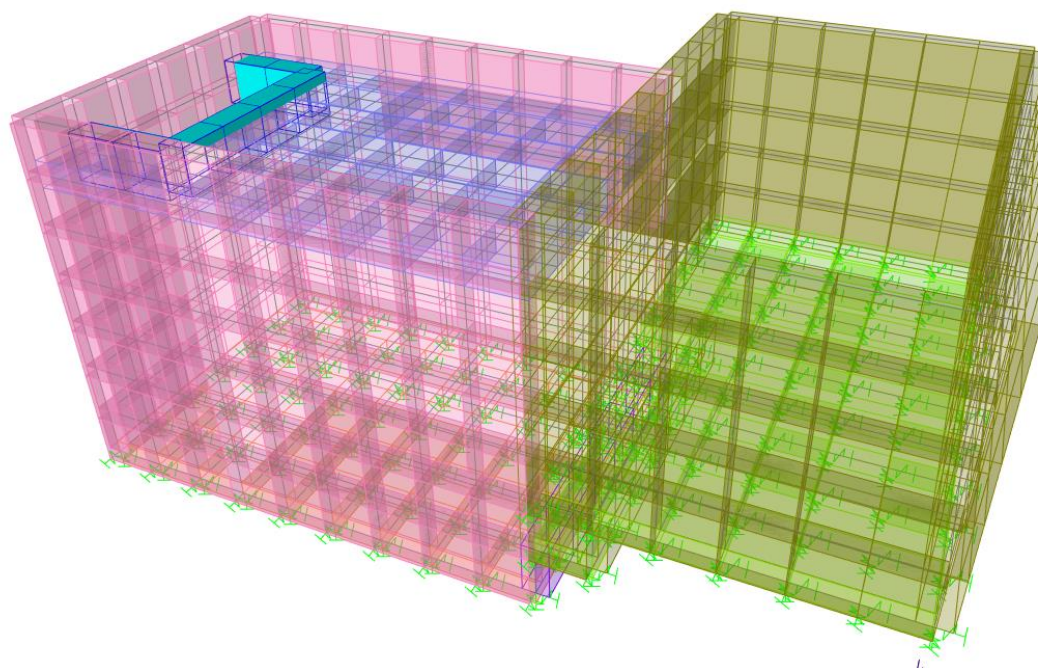
| Comb. | Peso<br>Próprio | Restante carga<br>Permanente | Impulsos<br>do solo | Peso e Impulsos<br>Hidrostáticos | Sobrecarga<br>Veículo Tipo | Sobrecarga<br>distribuída | Ações<br>Térmicas |
|-------|-----------------|------------------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------|
| ULS   | 1,35 ou<br>1,00 | 1,35 ou 0,90                 | 1,50 ou 0           | 1,50 ou 0                        | 1,50 ou 0                  | 1,50 ou 0                 | ---               |
| SLS   | 1,00            | 1,00                         | 1,00 ou 0           | 1,00 ou 0                        | 0,75 ou 0                  | 0,75 ou 0                 | 1,00 ou 0         |

## 5 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

### 5.1 VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA À ROTURA DA PAREDE

#### 5.1.1 Modelo de cálculo

Na figura 3 representa-se o modelo geral de cálculo utilizado.



**Figura 3 – Modelo de cálculo**

Todas as paredes e lajes apresentam uma espessura de 0,25 m, a viga, apresentada a azul na Figura 3, tem uma largura de 0,25m e uma altura de 0,45m. A fundação foi modelada por molas com uma rigidez de 3750kN/m.

#### 5.1.2 Esforços de cálculo

Os esforços foram determinados para cada uma das ações referidas nos capítulos anteriores. Nas figuras seguintes são apresentadas as combinações de esforços condicionantes (M – flexão; V – esforço transversal; N – esforço normal). O eixo 11 representa o sentido horizontal das tensões e o eixo 22 o sentido vertical das tensões que dão origem aos esforços a seguir representados. Assim, em cada alçado os momentos M11 ocasionam armaduras de flexão horizontais e os M22 armaduras verticais. Para as lajes inferiores e a superior os valores negativos representam trações na face superior e os valores positivos a trações na face inferior. Para as paredes exteriores os valores negativos apresentam trações na face exterior e os valores positivos nas faces interiores. Para a parede em comum com a bacia e a câmara os valores negativos dos momentos caracterizam trações do lado da bacia e os valores positivos para o interior da câmara.

A combinação condicionante para o estado limite último corresponde à consideração em conjunto das cargas permanentes, do veículo tipo 2, sem água na câmara e sem os impulsos exteriores do solo e da possível água. Para o

estado limite de utilização a combinação mais condicionante é dada pela atuação das cargas permanentes, da retração, dos impulso e do peso da água no interior da câmara e do veículo tipo 2.

Estas combinações provocam maiores esforços na laje superior e nas paredes na interseção entre a câmara e a bacia

Na Figura 4 e Figura 5 estão apresentados os momentos M11 e M22, respetivamente, ambas para o ULS.

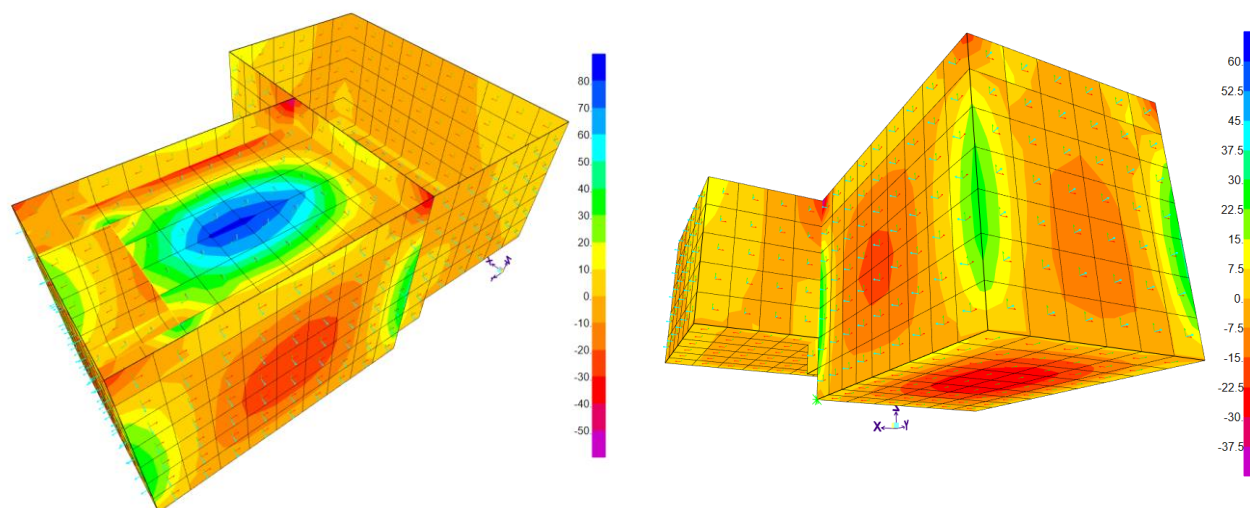


Figura 4 – ULS – Flexão – M11sd

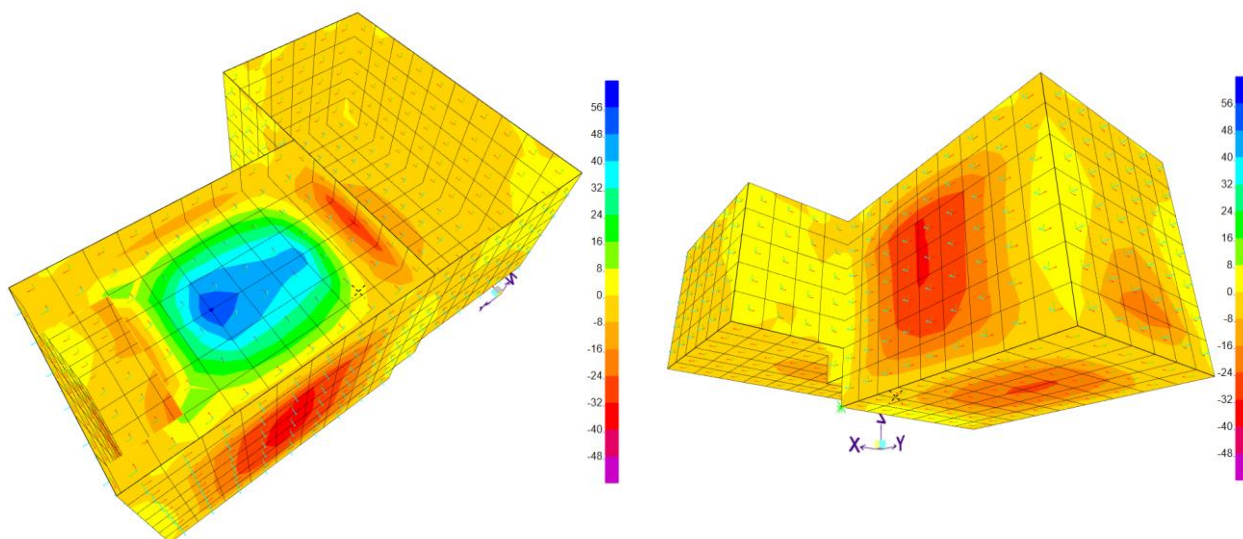
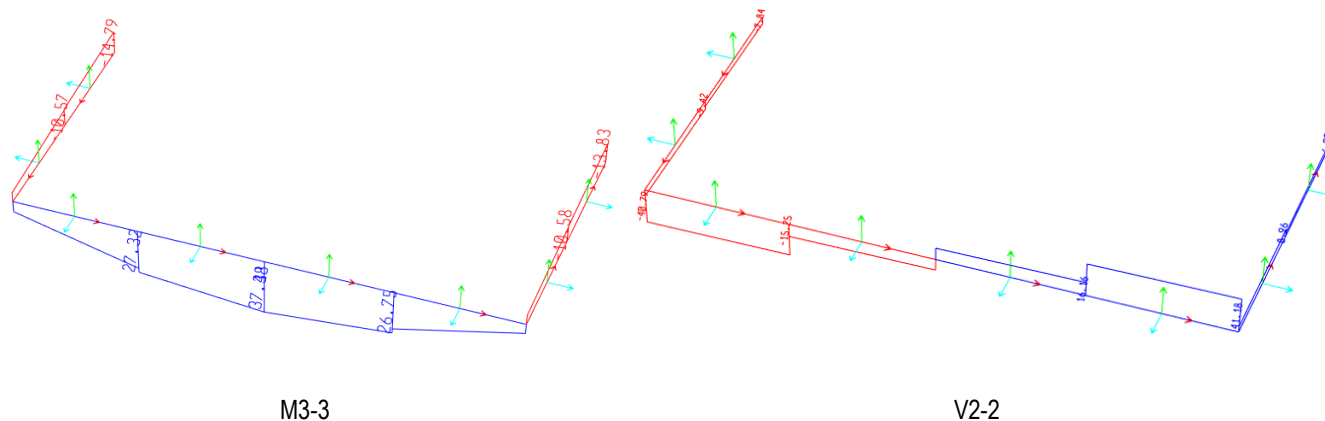


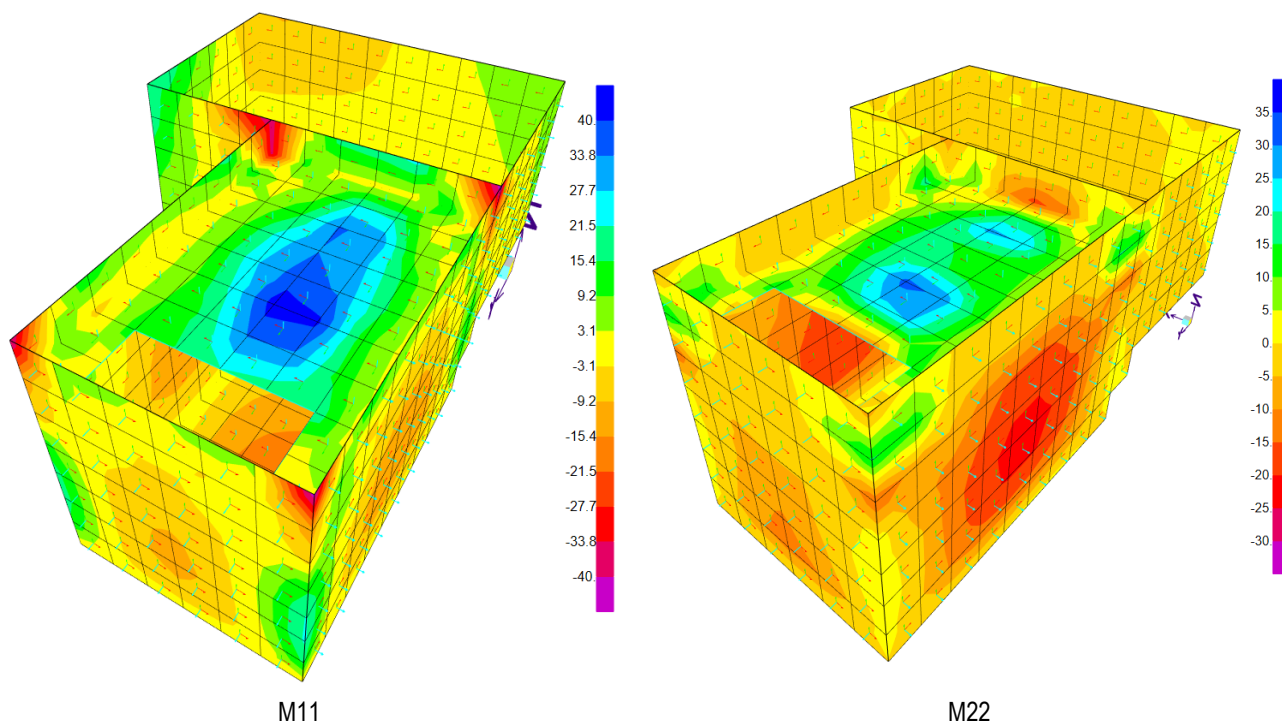
Figura 5 – ULS – Flexão – M22sd

Na figura abaixo mostra-se o momento fletor e o esforço atuante para o ULS na viga.



**Figura 6 – ULS – Flexão M3-3 e Esforço Transverso V2-2 na viga**

Na Figura 7 está apresentado os momentos M11 e M22 para o SLS.



**Figura 7 – SLS – Flexão – M11/M22.**

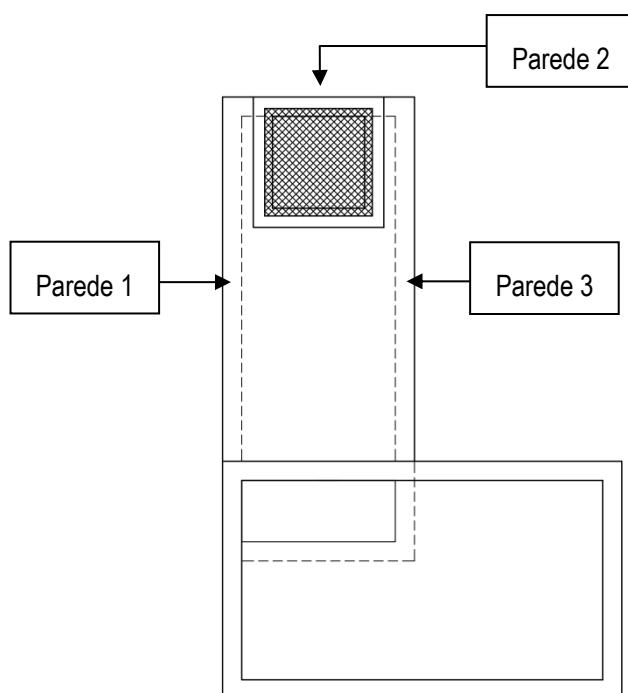
### 5.1.3 Resumo dos Esforços Combinados

A segurança foi verificada para os Estados Limites Últimos de flexão e de esforço transverso e para os Estados Limites de Serviço de Abertura de Fendas.

Para as lajes inferiores e a superior os valores negativos representam trações na face superior e os valores positivos a trações na face inferior. Para as paredes exteriores os valores negativos apresentam trações na face exterior e os valores positivos nas faces interiores. Para a parede em comum com a bacia e a câmara (Parede de interseção) os valores negativos dos momentos caracterizam trações do lado da bacia e os valores positivos para o interior da câmara.

As denominações das paredes estão apresentadas na Figura 8.

NO Quadro 2 apresentam-se os momentos fletores em cada zona de referência de cálculo. Deve-se salientar que para as paredes da câmara, as lajes inferiores e a laje superior os valores apresentados dos momentos estão relacionados com a combinação mais condicionante enunciada anteriormente. Para as paredes da bacia os valores dos momentos são de acordo com a combinação mais condicionante para estas, o que significa que se está a contabilizar as cargas permanentes, água no interior da bacia ou os impulso do solo e água no exterior.



**Figura 8 – Denominação das paredes na câmara**



**Quadro 2 – Resumo dos esforços de flexão condicionantes utilizados na verificação da segurança ao Estado Limite Último (ELU) e Estado Limite de Serviço (ELS)**

|                        |             | ULS            |                | SLS            |                |
|------------------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                        |             | M11<br>(kNm/m) | M22<br>(kNm/m) | M11<br>(kNm/m) | M22<br>(kNm/m) |
| Laje superior          | Vão         | 81             | 55             | 42             | 30             |
|                        | Apoio       | -28            | -29            | -1             | -15            |
| Parede de interseção   | Vão         | -20            | -6             | -6             | -8             |
|                        | Apoio       | 36             | -32            | 10             | -16            |
| Laje inferior Câmara   | Vão         | -30            | -25            | -19            | -11            |
|                        | Apoio       | 2              | 2              | -2             | 1              |
| Laje inferior Bacia    | Vão         | -4             | -11            | -3             | -8             |
|                        | Apoio       | 8              | -2             | 2              | -1             |
| Parede 1               | Vão         | -27            | -33            | -13            | -20            |
|                        | Apoio       | 35             | -6             | 20             | -4             |
| Parede 2               | Vão         | -17,5          | -4,5           | -10            | -5             |
|                        | Apoio       | 33,7           | 0              | 20             | -3             |
| Parede 3               | Vão         | -27            | -32            | -12            | -19            |
|                        | Apoio       | 33,7           | -2             | 17             | -3             |
| Paredes Laterais Bacia | M. Positivo | 30             | 13             | 16             | 13             |
|                        | M. Negativo | -44            | -5             | -7             | -5             |

Paras as lajes e as paredes tem-se um esforço transversal máximo a  $z_{cot\theta}$  igual a 106 kN, este valor máximo ocorre na laje superior.

Para a viga, como demonstra a Figura 6, tem-se um momento  $M_{sd}=37,4$  kNm e um esforço transversal  $V_{sd}=41,18$  kN.

## 5.2 VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA À ROTURA

### Flexão:

Em todas as lajes e paredes foi adotado uma malha inferior e superior igual a  $\Phi 12/0,1$  (11,31 cm<sup>2</sup>). Esta armadura foi adotada de modo a controlar a abertura de fendas. Para a flexão tem-se o seguinte:

$$M_{sd}=81 \text{ kNm}$$

$$\Phi 12/0,1 \Rightarrow M_{rd}=93 \text{ kNm} > M_{sd}$$

$$A_{s,min} = 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b d = 0,26 \frac{3,5}{500} 1 \times 0,2 = 3,64 \text{ cm}^2 < 11,31 \text{ cm}^2$$

Para as vigas utilizou-se uma armadura superior e inferior de  $4\Phi 12$  (3,39cm<sup>2</sup>). O momento atuante máximo é igual a  $M_{sd}=37,4$  e o resistente  $M_{rd}=140$ kNm, portanto tem-se que  $M_{sd}<M_{rd}$ .

Uma vez que o momento resistente é superior ao atuante pode-se afirmar que se verifica o Estado Limite Último de flexão para as lajes, paredes e vigas.



### **Esforço transverso:**

Para a Laje:

$$V_{rd,c} = \frac{0,18}{1,5} \times 2 \times (100 \times 0,0057 \times 40)^{1/3} \times 1000 \times 200 \times 10^{-3} = 135,7 \text{ kN}$$

$$V_{rd,c} \geq 0,035 \times 2^{\frac{3}{2}} \times 40^{\frac{1}{2}} \times 1000 \times 200 \times 10^{-3} = 125 \text{ kN}$$

Uma vez que  $V_{sd}=106 \text{ kN} < V_{rd,c}$  não é necessário armadura para o esforço transverso.

Para a viga:

$$\frac{A_{s,min}}{s} = 0,08 \times \sqrt{\frac{40}{500}} \times 0,25 = 2,53 \text{ cm}^2$$

Assim adotam-se estribos  $\Phi 8//0,15$  ( $6,7 \text{ cm}^2$ )

$$V_{rd} = 6,7 \times 10^{-4} \times 0,214 \times 435 \times 10^3 = 61,2 \text{ kN}$$

Visto que  $V_{sd}=41,18 < V_{rd}$  fica verificada a segurança.

Dado que, o esforço transverso atuante é inferior que o resistência fica verificado o Estado Limite Último do corte para as lajes, paredes e vigas.

## **5.3 VERIFICAÇÃO AOS ESTADOS LIMITES DE SERVIÇO**

### **Tensão máxima na fundação:**

Reação máxima na fundação: 29,79 kN distribuída em 0,5m por 0,5m.

$\sigma_{m\acute{a}x} = 29,79 / (0,5 \times 0,5) = 119,16 \text{ kPa}$ . Esta tensão é menor que a tensão admissível do solo.

### **Fendilhação:**

Para as lajes e paredes o maior momento para a combinação rara é de 42 kNm, sendo que tem-se uma armadura distribuída  $\Phi 12//0,1$  a abertura de fendas para este momento é de 0,2 mm. Para a viga o momento para a mesma combinação é igual a 36 kNm o que significa que tem-se uma abertura de fendas equivalente a 0,2 mm para uma armadura longitudinal de  $3\Phi 12$ . Assim verifica-se a segurança ao Estado Limite de Serviço de Abertura de Fendas ( $w_{k,m\acute{a}x} = 0,2 \leq w_{k,adm} = 0,2$ ).