PREFEITURA DE
MOGI DAS CRUZES

Fasul
Pavimentação e Consultoria

PROJETO EXECUTIVO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO EEE LUCINDA BASTOS – LOTEAMENTO VILA JUNDIAPEBA

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE ESTRUTURAS

Fasul Pavimentação e Consultoria Ltda.
Av. Ver. Narciso Yague Guimarães nº 1145 – sala 1614, Jd. Armênia, Mogi das Cruzes/SP - CEP: 08780-500.
www.fasuleng.com.br (11)4798-4793 fasuleng@fasuleng.com.br

SUMÁRIO

1. OBJETIVO 3
2. DA ESTRUTURA 3
3. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA 4
3.1 Normas ABNT 4
3.2 Documentos do Projeto 4
4. CRITÉRIOS DE PROJETO 4
4.1 Propriedades dos Materiais 4
4.1.1 Concreto 4
4.1.2 Barras de Aço 4
5. AÇÕES CONSIDERADAS 5
5.1 Verticais 5
5.2 Vento 5
5.3 Sismo 5
5.4 Hipóteses / Ações de carga 5
5.5 Diagramas de pressões sobre muros 5
6. ESTADOS LIMITES 5
7. SITUAÇÕES DE PROJETO 6
7.1 Coeficientes parciais de segurança (γ) e coeficientes de combinação (ψ) 6
7.2 Combinações 7
8. DADOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS E PISOS 8
9. DADOS GEOMÉTRICOS DE PILARES, PILARES-PAREDES E CORTINAS 8
9.1 Cortinas 8
10. RELATÓRIO DE PANOS 10
11. LAJES E ELEMENTOS DE FUNDAÇÃO 10
12. VERIFICAÇÕES E.L.U. 11
12.1 Vigas 11
12.1.1 Poço das bombas (-5,70m) 11
12.1.2 Base Poço do Cesto (-4,85m) 12
12.1.3 Base Caixa das Válvulas (-1,45m) 13
13. MEMÓRIA DE CÁLCULO 14
13.1 Objetivo 14
13.2 Da Estrutura 14
13.3 Critérios de projeto 14
13.4 Esforços solicitantes 15
13.5 Dimensionamento e verificações estruturais 17
13.5.1 Reação máxima no solo 18
13.5.2 Verificação quanto à flutuação 18
13.6 Conclusão 18

1. OBJETIVO

Este documento tem por objetivo o dimensionamento estrutural da Estação Elevatória de Esgoto EEE Lucinda Bastos, localizada no loteamento Vila Jundiapeba, Mogi das Cruzes – SP.

2. DA ESTRUTURA

A estrutura em questão é composta por concreto armado, apresentando uma célula principal de formato quadrado, com largura interna de 2,40m. Além disso, a composição inclui duas células auxiliares de formato retangular, sendo uma delas com dimensões internas de 1,60m por 0,80m, e a outra com 1,85m por 1,20m.

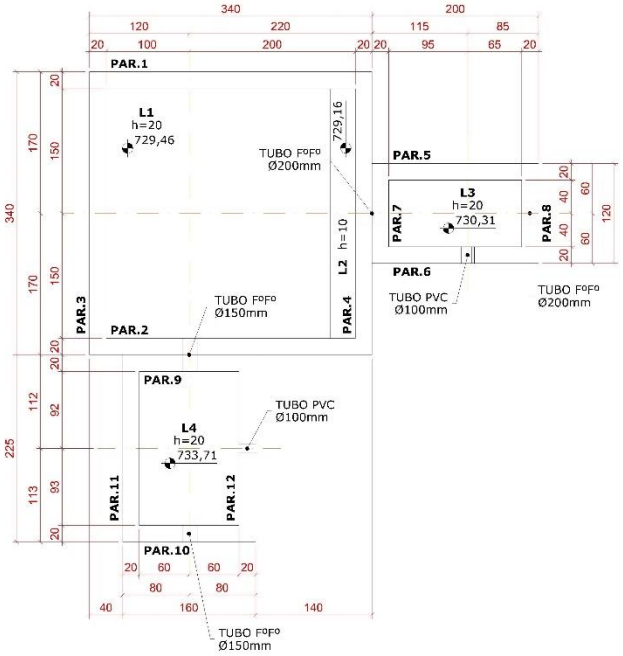


Figura 1 – Planta baixa.

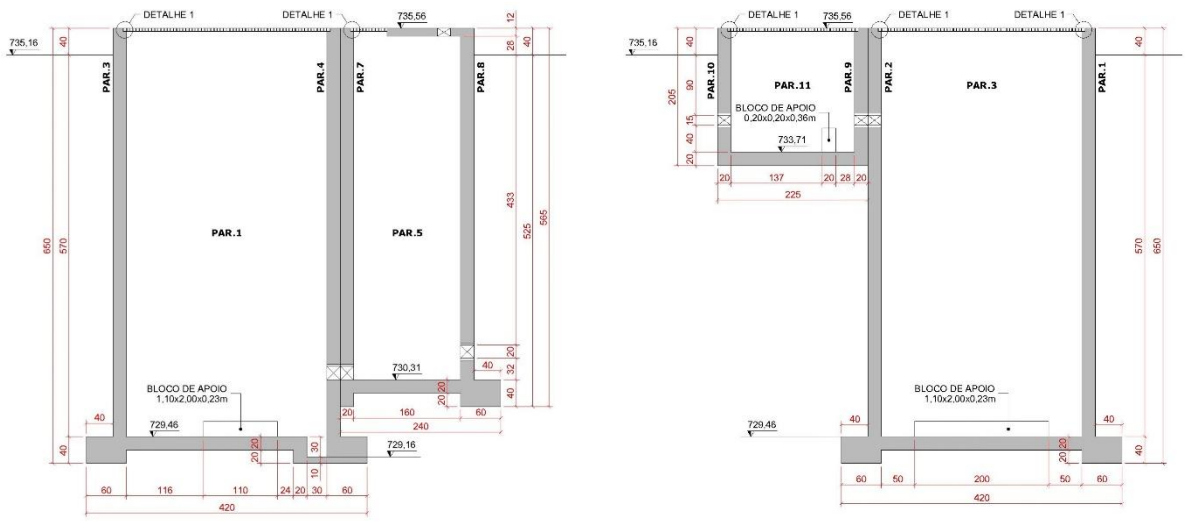


Figura 2 – Cortes

3. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Esta memória de cálculo foi elaborada usando os documentos relacionados a seguir como referência.

3.1 Normas ABNT

NBR-6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento
NBR-6120 – Cargas para cálculo de estruturas de edificações
NBR-8681 – Ações e segurança
NBR-8800 – Estruturas de aço e mistas
NBR-6122 – Projeto e execução de fundações
NBR-7215 – Cimento Portland – determinação da resistência à compressão
NBR-7480 – Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação
NBR-8953 – Concreto para fins estruturais – Classificação por grupo de resistência
NBR-14931 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento

3.2 Documentos do Projeto

- Desenhos:
Projeto de Arquitetura: PE_ARQ_EEEB_R.03

- Sondagens:
Relatório de sondagem - Prop.: 215/24

- Softwares:
CYPECAD e AutoCAD

4. CRITÉRIOS DE PROJETO

4.1 Propriedades dos Materiais

4.1.1 Concreto

Classe de agressividade ambiental: II
Cobrimentos mínimos:
- Fundações: 4 cm;
- Cortinas / Muros: 3 cm;
- Lajes: 2,50 cm.

Concreto classe C30 (fck ≥ 30 MPa)
Consumo mínimo de cimento: 280 kg/m³

4.1.2 Barras de Aço

Categoria CA-50 (fy ≥ 500 Mpa)
Categoria CA-60 (fy ≥ 600 Mpa)

5. AÇÕES CONSIDERADAS

5.1 Verticais

Piso	S.C.U (t/m²)	C. permanentes (t/m²)
Cota +0,40m	0.25	0.05
Base Caixa das Válvulas (-1,45m)	0.25	0.05
Base Poço do Cesto (-4,85m)	0.25	0.05
Poço das Bombas (-5.70m)	0.25	0.10

5.2 Vento

Sem ação de vento.

5.3 Sismo

Sem ação de sismo.

5.4 Hipóteses / Ações de carga

Automáticas	Peso próprio Cargas permanentes Sobrecarga

5.5 Diagramas de pressões sobre muros

Impulsos do terreno			
Referência	Hipótese	Descrição	Cortina
Empuxo padrão 01	Cargas permanentes	Com água: Cota -1.30 m	C3, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12, C4, C2, C1
		Com reaterro/água: Cota 0.00 m	
		Ângulo do talude 0.00 Graus	
		Densidade aparente 1.80 t/m³	
		Densidade submersa 0.80 t/m³	
		Ângulo atrito interno 17.00 Graus	
		Alívio por drenagem 100.00 %	

6. ESTADOS LIMITES

E.L.U. Concreto E.L.Util Fissuração. Concreto E.L.U. Concreto em fundações E.L.Util Fissuração. Concreto em fundações	ABNT NBR 6118:2014(ELU)
Tensões sobre o terreno Deslocamentos	Ações características

7. SITUAÇÕES DE PROJETO

Para as distintas situações de projeto, as combinações de ações serão definidas de acordo com os seguintes critérios:

- Com coeficientes de combinação

- Sem coeficientes de combinação

Onde:

G_k	Ação permanente
P_k	Ação de pré-esforço
Q_k	Ação variável
g_G	Coeficiente parcial de segurança das ações permanentes
g_P	Coeficiente parcial de segurança da ação de pré-esforço
$g_{Q,1}$	Coeficiente parcial de segurança da ação variável principal
$g_{Q,i}$	Coeficiente parcial de segurança das ações variáveis de acompanhamento
$y_{p,1}$	Coeficiente de combinação da ação variável principal
$y_{a,i}$	Coeficiente de combinação das ações variáveis de acompanhamento

7.1 Coeficientes parciais de segurança (γ) e coeficientes de combinação (ψ)

Para cada situação de projeto e estado limite, os coeficientes a utilizar serão:
E.L.U. Concreto: ABNT NBR 6118:2014
E.L.U. Concreto em fundações: ABNT NBR 6118:2014

Situação 1				
	Coeficientes parciais de segurança (γ)		Coeficientes de combinação (ψ)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (ψ_p)	Acompanhamento (ψ_a)
Permanente (G)	1.000	1.400	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.400	1.000	0.800

E.L.Util Fissuração. Concreto: ABNT NBR 6118:2014
E.L.Util Fissuração. Concreto em fundações: ABNT NBR 6118:2014

Situação 1				
	Coeficientes parciais de segurança (γ)		Coeficientes de combinação (ψ)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (ψ_p)	Acompanhamento (ψ_a)
Permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.700	0.600

Tensões sobre o terreno

Ações variáveis sem sismo		
	Coeficientes parciais de segurança (γ)	
	Favorável	Desfavorável
Permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000

Deslocamentos

Ações variáveis sem sismo		
	Coeficientes parciais de segurança (γ)	
	Favorável	Desfavorável
Permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000

7.2 Combinações

Nome das ações:
PP – Peso próprio
CP – Cargas permanentes
Qa – Sobrecarga

E.L.U. Concreto
E.L.U. Concreto em fundações

Comb.	PP	CP	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.400	1.400	
3	1.000	1.000	1.400
4	1.400	1.400	1.400

E.L.Util Fissuração. Concreto
E.L.Util Fissuração. Concreto em fundações

Comb.	PP	CP	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.000	1.000	0.700

Tensões sobre o terreno
Deslocamentos

Comb.	PP	CP	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.000	1.000	1.000

8. DADOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS E PISOS

Grupo	Nome do grupo	Piso	Nome piso	Altura	Cota
3	Cota +0,40m	3	Cota +0,40m	1.85	0.40
2	Base Caixa das Válvulas (-1,45m)	2	Base Caixa das Válvulas (-1,45m)	3.40	-1.45
1	Base Poço do Cesto (-4,85m)	1	Base Poço do Cesto (-4,85m)	0.85	-4.85
0	Poço das Bombas (-5.70m)				-5.70

9. DADOS GEOMÉTRICOS DE PILARES, PILARES-PAREDES E CORTINAS

9.1 Cortinas

- As coordenadas dos vértices inicial e final são absolutas.
- As dimensões estão expressas em metros.

Dados geométricos da cortina

Referência	Tipo cort.	GI- GF	Vértices Inicial	Vértices Final	Piso	Dimensões Esquerda+Direita=Total
C3	Cortina de concreto armado	0-3	(0.10, 2.35)	(0.10, 4.95)	3 2 1	0.1+0.1=0.2 0.1+0.1=0.2 0.1+0.1=0.2
C5	Cortina de concreto armado	1-3	(2.95, 4.15)	(4.75, 4.15)	3 2	0.1+0.1=0.2 0.1+0.1=0.2
C6	Cortina de concreto armado	1-3	(2.95, 3.15)	(4.75, 3.15)	3 2	0.1+0.1=0.2 0.1+0.1=0.2
C7	Cortina de concreto armado	1-3	(2.95, 3.15)	(2.95, 4.15)	3 2	0.1+0.1=0.2 0.1+0.1=0.2
C8	Cortina de concreto armado	1-3	(4.75, 3.15)	(4.75, 4.15)	3 2	0.1+0.1=0.2 0.1+0.1=0.2
C9	Cortina de concreto armado	2-3	(0.40, 2.10)	(1.80, 2.10)	3	0.1+0.1=0.2
C10	Cortina de concreto armado	2-3	(0.40, 0.05)	(1.80, 0.05)	3	0.1+0.1=0.2
C11	Cortina de concreto armado	2-3	(0.40, 0.05)	(0.40, 2.10)	3	0.1+0.1=0.2
C12	Cortina de concreto armado	2-3	(1.80, 0.05)	(1.80, 2.10)	3	0.1+0.1=0.2
C4	Cortina de concreto armado	0-3	(2.70, 2.35)	(2.70, 4.95)	3 2 1	0.1+0.1=0.2 0.1+0.1=0.2 0.1+0.1=0.2
C2	Cortina de concreto armado	0-3	(0.10, 2.35)	(2.70, 2.35)	3 2 1	0.1+0.1=0.2 0.1+0.1=0.2 0.1+0.1=0.2
C1	Cortina de concreto armado	0-3	(0.10, 4.95)	(2.70, 4.95)	3 2 1	0.1+0.1=0.2 0.1+0.1=0.2 0.1+0.1=0.2

Sapata da cortina

Referência	Sapata da cortina	
C3	Viga de fundação: 0.600 x 0.400 Balanços: esq.:0.40 dir.:0.00 altura:0.40 -Combinações fundamentais: 1.20 kgf/cm² -Combinações acidentais: 1.80 kgf/cm² Módulo de Winkler: 10000.00 t/m³	Tensões admissíveis
C5	Viga de fundação: 0.600 x 0.400 Balanços: esq.:0.40 dir.:0.00 altura:0.40 -Combinações fundamentais: 1.20 kgf/cm² -Combinações acidentais: 1.80 kgf/cm² Módulo de Winkler: 10000.00 t/m³	Tensões admissíveis
C6	Viga de fundação: 0.600 x 0.400 Balanços: esq.:0.00 dir.:0.40 altura:0.40 -Combinações fundamentais: 1.20 kgf/cm² -Combinações acidentais: 1.80 kgf/cm² Módulo de Winkler: 10000.00 t/m³	Tensões admissíveis
C7	Viga de fundação: 0.200 x 0.400 Balanços: esq.:0.00 dir.:0.00 altura:0.40 -Combinações fundamentais: 1.20 kgf/cm² -Combinações acidentais: 1.80 kgf/cm² Módulo de Winkler: 10000.00 t/m³	Tensões admissíveis
C8	Viga de fundação: 0.800 x 0.400 Balanços: esq.:0.00 dir.:0.60 altura:0.40 -Combinações fundamentais: 1.20 kgf/cm² -Combinações acidentais: 1.80 kgf/cm² Módulo de Winkler: 10000.00 t/m³	Tensões admissíveis
C9	Viga de fundação: 0.200 x 0.200 Balanços: esq.:0.00 dir.:0.00 altura:0.20 -Combinações fundamentais: 1.20 kgf/cm² -Combinações acidentais: 1.80 kgf/cm² Módulo de Winkler: 10000.00 t/m³	Tensões admissíveis
C10	Viga de fundação: 0.200 x 0.200 Balanços: esq.:0.00 dir.:0.00 altura:0.20 -Combinações fundamentais: 1.20 kgf/cm² -Combinações acidentais: 1.80 kgf/cm² Módulo de Winkler: 10000.00 t/m³	Tensões admissíveis
C11	Viga de fundação: 0.200 x 0.200 Balanços: esq.:0.00 dir.:0.00 altura:0.20 -Combinações fundamentais: 1.20 kgf/cm² -Combinações acidentais: 1.80 kgf/cm² Módulo de Winkler: 10000.00 t/m³	Tensões admissíveis

Referência	Sapata da cortina	
C12	Viga de fundação: 0.200 x 0.200 Balanços: esq.:0.00 dir.:0.00 altura:0.20 -Combinações fundamentais: 1.20 kgf/cm² -Combinações acidentais: 1.80 kgf/cm² Módulo de Winkler: 10000.00 t/m³	Tensões admissíveis
C4	Viga de fundação: 0.600 x 0.400 Balanços: esq.:0.00 dir.:0.40 altura:0.40 -Combinações fundamentais: 1.20 kgf/cm² -Combinações acidentais: 1.80 kgf/cm² Módulo de Winkler: 10000.00 t/m³	Tensões admissíveis
C2	Viga de fundação: 0.600 x 0.400 Balanços: esq.:0.00 dir.:0.40 altura:0.40 -Combinações fundamentais: 1.20 kgf/cm² -Combinações acidentais: 1.80 kgf/cm² Módulo de Winkler: 10000.00 t/m³	Tensões admissíveis
C1	Viga de fundação: 0.600 x 0.400 Balanços: esq.:0.40 dir.:0.00 altura:0.40 -Combinações fundamentais: 1.20 kgf/cm² -Combinações acidentais: 1.80 kgf/cm² Módulo de Winkler: 10000.00 t/m³	Tensões admissíveis

10. RELATÓRIO DE PANOS

Tipos de lajes consideradas.

Nome	Descrição
Laje H12	LAJE DE VIGOTAS DE CONCRETO Altura do bloco/molde: 12 cm Espessura camada de compressão: 4 cm Entre-eixos: 40 cm Bloco/Molde: De poliestireno Largura da nervura: 10 cm Volume de concreto: 0.08 m³/m² Peso próprio: 0.20 t/m² (Simples), 0.26 t/m² (Dupla) Incremento da largura da nervura: 3 cm Verificação da flecha: Como vigota armada

11. LAJES E ELEMENTOS DE FUNDAÇÃO

Lajes fundação	Altura (cm)	Coef. de recalque (t/m³)	Tensão admissível em combinações fundamentais (kgf/cm²)	Tensão admissível em combinações acidentais (kgf/cm²)
Todas	20	10000.00	2.00	3.00

12. VERIFICAÇÕES E.L.U.

12.1 Vigas

12.1.1 Poço das bombas (-5,70m)

Vigas	VERIFICAÇÕES DE RESISTÊNCIA (ABNT NBR 6118:2014)															Estado
	Disp.	Arm.	Q	N,M	T_c	T_{st}	T_{sl}	TNM_x	TV_x	TV_y	TV_xS_t	TV_yS_t	$T,Disp._{sl}$	$T,Geom._{st}$	$T,Arm._{st}$	
V-001: C3 - C4	Passa	Passa	'0.000 m' η = 9.4	'C4' η = 15.7	'0.200 m' η = 3.9	'0.200 m' η = 21.1	'0.000 m' η = 8.1	'0.174 m' Passa	N.A.(1)	'0.000 m' η = 6.3	N.A.(1)	'0.200 m' Passa	'0.000 m' Passa	'0.000 m' Passa	'0.000 m' Passa	**PASSA**
V-002: C3 - C4	Passa	Passa	'2.400 m' η = 9.7	'C4' η = 16.1	'0.200 m' η = 4.0	'0.200 m' η = 21.5	'0.000 m' η = 8.2	'2.226 m' Passa	N.A.(1)	'0.000 m' η = 6.5	N.A.(1)	'0.200 m' Passa	'0.000 m' Passa	'0.000 m' Passa	'0.000 m' Passa	**PASSA**
V-003: C2 - C1	Passa	Passa	'2.400 m' η = 9.5	'C1' η = 15.6	'0.200 m' η = 3.9	'0.200 m' η = 21.4	'0.000 m' η = 8.2	'2.226 m' Passa	N.A.(1)	'0.000 m' η = 6.4	N.A.(1)	'0.200 m' Passa	'0.000 m' Passa	'0.000 m' Passa	'0.000 m' Passa	**PASSA**
V-004: C2 - C1	Passa	Passa	'0.000 m' η = 9.7	'C2' η = 15.6	N.A.(2)	N.A.(2)	N.A.(2)	N.A.(3)	N.A.(2)	N.A.(2)	N.A.(2)	N.A.(2)	N.A.(2)	N.A.(2)	N.A.(2)	**PASSA η = 15.6**

Notação:
Disp.: Disposições relativas às armaduras
Arm.: Armadura mínima e máxima
Q: Estado limite de ruptura relativo ao esforço cortante (combinações não sísmicas)
N,M: Estado limite de ruptura frente a solicitações normais (combinações não sísmicas)
T_c: Estado limite de ruptura por torção. Compressão oblíqua.
T_{st}: Estado limite de ruptura por torção. Tração na alma.
T_{sl}: Estado limite de ruptura por torção. Tração nas armaduras longitudinais.
TNM_x: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforços normais. Flexão em torno do eixo X.
TV_x: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforço cortante no eixo X. Compressão oblíqua
TV_y: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforço cortante no eixo Y. Compressão oblíqua
TV_xS_t: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforço cortante no eixo X. Tração na alma.
TV_yS_t: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforço cortante no eixo Y. Tração na alma.
$T,Disp._{sl}$: Estado limite de ruptura por torção. Espaçamento entre as barras da armadura longitudinal.
$T,Geom._{st}$: Estado limite de ruptura por torção. Diâmetro mínimo da armadura transversal.
$T,Arm._{st}$: Estado limite de ruptura por torção. Quantidade mínima de estribos fechados.
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) Não há interação entre torção e esforço cortante para nenhuma combinação. Portanto, a verificação não é necessária.
(2) A verificação do estado limite de ruptura por torção não é necessária, já que não há momento de torção.
(3) A verificação não é necessária, já que não há interação entre torção e esforços normais.

Vigas	VERIFICAÇÕES DE FISSURAÇÃO (ABNT NBR 6118:2014)					Estado
	$W_{k,F,sup.}$	$W_{k,F,Lat.Dir.}$	$W_{k,F,inf.}$	$W_{k,F,Lat.Esq.}$	σ_s	
V-001: C3 - C4	x: 0.95 m Passa	N.A.(1)	x: 2.4 m Passa	N.A.(1)	N.A.(2)	**PASSA**
V-002: C3 - C4	x: 1.45 m Passa	N.A.(1)	x: 2.4 m Passa	N.A.(1)	N.A.(2)	**PASSA**
V-003: C2 - C1	x: 0.95 m Passa	N.A.(1)	x: 2.4 m Passa	N.A.(1)	N.A.(2)	**PASSA**
V-004: C2 - C1	x: 1.325 m Passa	N.A.(1)	x: 2.4 m Passa	N.A.(1)	N.A.(2)	**PASSA**

Notação:
$W_{k,F,sup.}$: Controle da fissuração através da limitação da abertura estimada das fissuras: Face superior
$W_{k,F,Lat.Dir.}$: Controle da fissuração através da limitação da abertura estimada das fissuras: Face lateral direita
$W_{k,F,inf.}$: Controle da fissuração através da limitação da abertura estimada das fissuras: Face inferior
$W_{k,F,Lat.Esq.}$: Controle da fissuração através da limitação da abertura estimada das fissuras: Face lateral esquerda
σ_s: Armaduras longitudinais mínimas
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) A verificação não é necessária, já que não há nenhuma armadura tracionada.
(2) A verificação não é necessária, já que a tensão de tração máxima no concreto não supera a resistência à tração do mesmo.

12.1.2 Base Poço do Cesto (-4,85m)

Vigas	VERIFICAÇÕES DE RESISTÊNCIA (ABNT NBR 6118:2014)															Estado
	Disp.	Arm.	Q	N,M	T_c	T_{st}	T_{sl}	TNM_x	TV_x	TV_y	TV_xS_t	TV_yS_t	$T,Disp._{sl}$	$T,Geom._{st}$	$T,Arm._{st}$	
V-101: C7 - C8	Passa	Passa	'1.600 m' η = 5.4	'C8' η = 8.1	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(2)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	**PASSA η = 8.1**
V-102: C7 - C8	Passa	Passa	'1.600 m' η = 4.4	'C8' η = 6.9	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(2)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	**PASSA η = 6.9**
V-103: C6 - C5	Passa	Passa	'0.000 m' η = 6.8	'C6' η = 17.6	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(2)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	**PASSA η = 17.6**
V-104: C6 - C5	Passa	Passa	'0.800 m' η = 3.0	'0.626 m' η = 7.3	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(2)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	N.A.(1)	**PASSA η = 7.3**

Notação:
Disp.: Disposições relativas às armaduras
Arm.: Armadura mínima e máxima
Q: Estado limite de ruptura relativo ao esforço cortante (combinações não sísmicas)
N,M: Estado limite de ruptura frente a solicitações normais (combinações não sísmicas)
T_c: Estado limite de ruptura por torção. Compressão oblíqua.
T_{st}: Estado limite de ruptura por torção. Tração na alma.
T_{sl}: Estado limite de ruptura por torção. Tração nas armaduras longitudinais.
TNM_x: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforços normais. Flexão em torno do eixo X.
TV_x: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforço cortante no eixo X. Compressão oblíqua
TV_y: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforço cortante no eixo Y. Compressão oblíqua
TV_xS_t: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforço cortante no eixo X. Tração na alma.
TV_yS_t: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforço cortante no eixo Y. Tração na alma.
$T,Disp._{sl}$: Estado limite de ruptura por torção. Espaçamento entre as barras da armadura longitudinal.
$T,Geom._{st}$: Estado limite de ruptura por torção. Diâmetro mínimo da armadura transversal.
$T,Arm._{st}$: Estado limite de ruptura por torção. Quantidade mínima de estribos fechados.
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) A verificação do estado limite de ruptura por torção não é necessária, já que não há momento de torção.
(2) A verificação não é necessária, já que não há interação entre torção e esforços normais.

Vigas	VERIFICAÇÕES DE FISSURAÇÃO (ABNT NBR 6118:2014)					Estado
	$W_{k,F,sup.}$	$W_{k,F,Lat.Dir.}$	$W_{k,F,inf.}$	$W_{k,F,Lat.Esq.}$	σ_s	
V-101: C7 - C8	x: 0.85 m Passa	N.A.(1)	x: 1.6 m Passa	N.A.(1)	N.A.(2)	**PASSA**
V-102: C7 - C8	x: 0.725 m Passa	N.A.(1)	x: 1.6 m Passa	N.A.(1)	N.A.(2)	**PASSA**
V-103: C6 - C5	N.A.(1)	N.A.(1)	x: 0 m Passa	N.A.(1)	N.A.(2)	**PASSA**
V-104: C6 - C5	N.A.(1)	N.A.(1)	x: 0 m Passa	N.A.(1)	N.A.(2)	**PASSA**

Notação:
$W_{k,F,sup.}$: Controle da fissuração através da limitação da abertura estimada das fissuras: Face superior
$W_{k,F,Lat.Dir.}$: Controle da fissuração através da limitação da abertura estimada das fissuras: Face lateral direita
$W_{k,F,inf.}$: Controle da fissuração através da limitação da abertura estimada das fissuras: Face inferior
$W_{k,F,Lat.Esq.}$: Controle da fissuração através da limitação da abertura estimada das fissuras: Face lateral esquerda
σ_s: Armaduras longitudinais mínimas
x: Distância à origem da barra
η: Coeficiente de aproveitamento (%)
N.A.: Não aplicável

Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.):
(1) A verificação não é necessária, já que não há nenhuma armadura tracionada.
(2) A verificação não é necessária, já que a tensão de tração máxima no concreto não supera a resistência à tração do mesmo.

12.1.3 Base Caixa das Válvulas (-1,45m)

Vigas	VERIFICAÇÕES DE RESISTÊNCIA (ABNT NBR 6118:2014)	Estado
	-	
V-201: C11 - C12	N.A.(1)	**NÃO APLICÁVEL**
V-202: C11 - C12	N.A.(1)	**NÃO APLICÁVEL**
V-203: C10 - C9	N.A.(1)	**NÃO APLICÁVEL**
V-204: C10 - C9	N.A.(1)	**NÃO APLICÁVEL**
Notação: *-: -* *x: Distância à origem da barra* *η: Coeficiente de aproveitamento (%)* *N.A.: Não aplicável*		
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.): *(1) Não há esforços que produzam tensões normais para nenhuma combinação. Portanto, a verificação não é necessária.*		

Vigas	VERIFICAÇÕES DE FISSURAÇÃO (ABNT NBR 6118:2014)	Estado
	-	
V-201: C11 - C12	N.A.(1)	**NÃO APLICÁVEL**
V-202: C11 - C12	N.A.(1)	**NÃO APLICÁVEL**
V-203: C10 - C9	N.A.(1)	**NÃO APLICÁVEL**
V-204: C10 - C9	N.A.(1)	**NÃO APLICÁVEL**
Notação: *-: -* *x: Distância à origem da barra* *η: Coeficiente de aproveitamento (%)* *N.A.: Não aplicável*		
Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.A.): *(1) Não há esforços que produzam tensões normais para nenhuma combinação. Portanto, a verificação não é necessária.*		

13. MEMÓRIA DE CÁLCULO

13.1 Objetivo

Apresentar critérios, parâmetros e resultados da análise e do dimensionamento estrutural da Estação Elevatória de Esgoto.

13.2 Da Estrutura

Estrutura em concreto armado, com cortinas perimetrais e laje de fundo. Modelo tridimensional em elementos finitos.

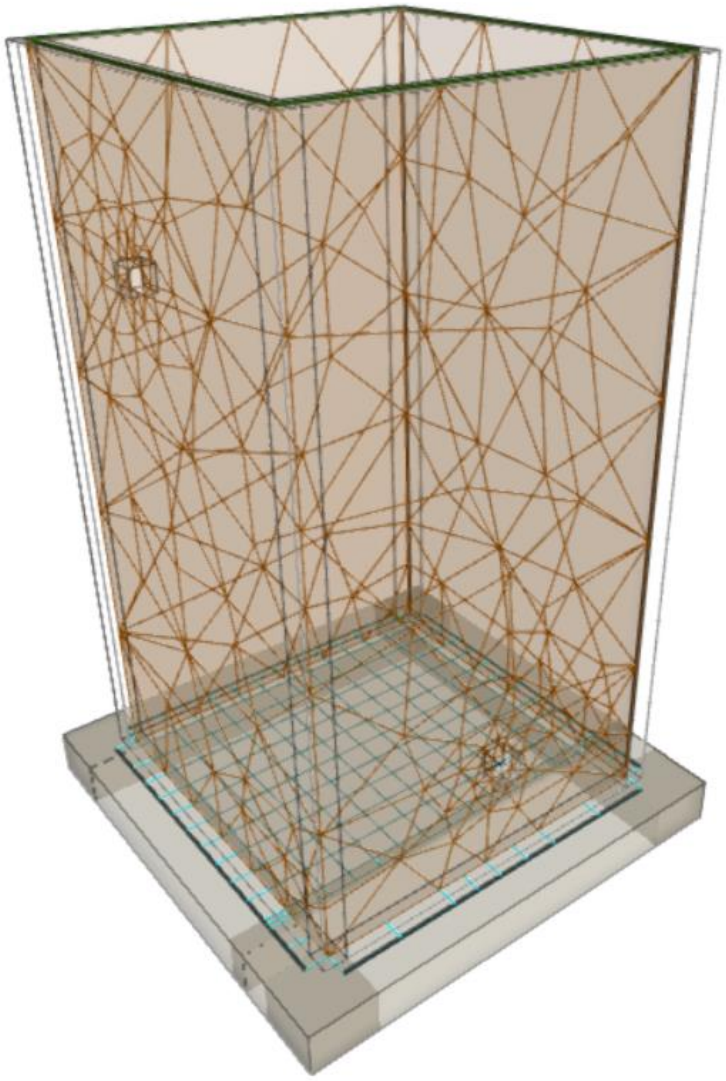


Figura 3 – Modelo analítico da estrutura.

13.3 Critérios de projeto

Combinações em ELU e ELS conforme NBR 8681. Ações permanentes, variáveis e empuxos de solo/água conforme dados do relatório do modelo.

13.4 Esforços solicitantes

Diagramas característicos de esforços obtidos do modelo numérico (cortinas C1-C4).

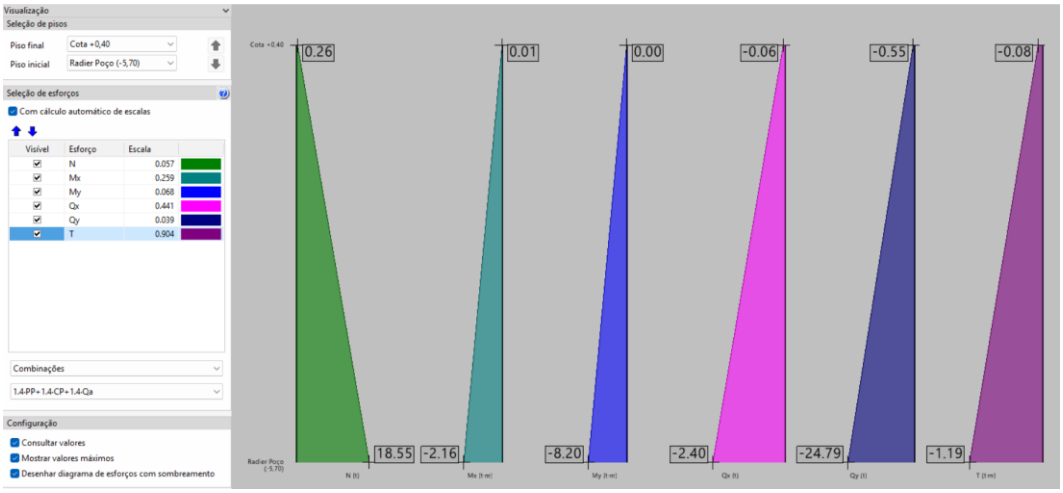


Figura 4 – Esforços atuantes na cortina C1.

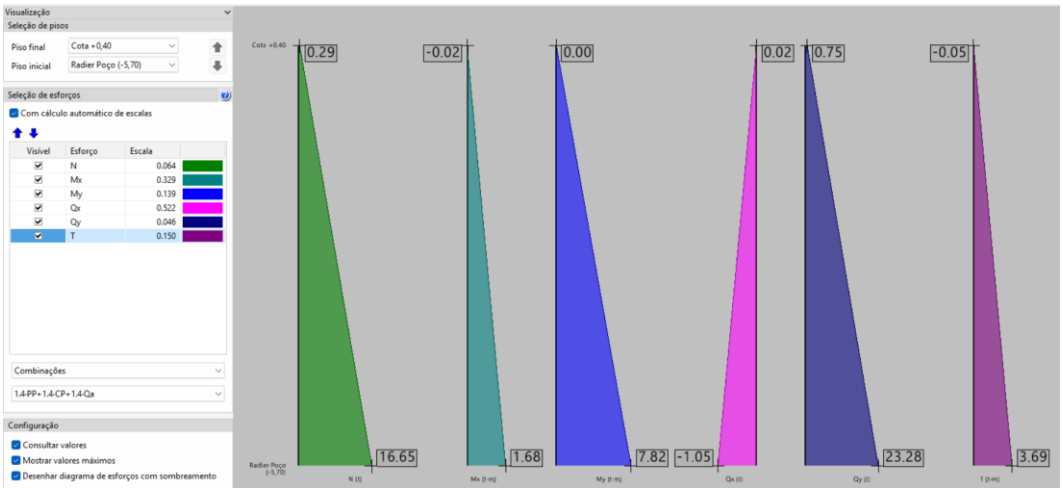


Figura 5 – Esforços atuantes na cortina C2.

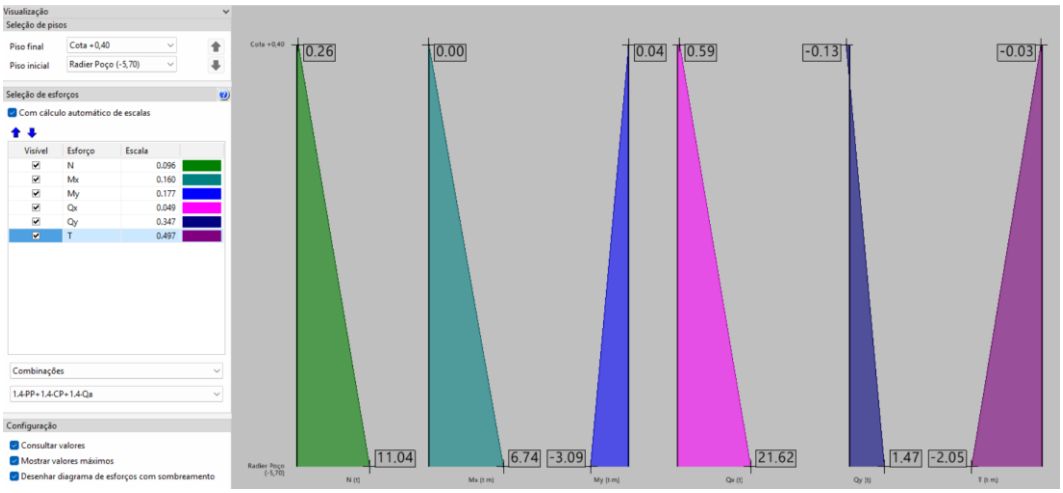


Figura 6 – Esforços atuantes na cortina C3.

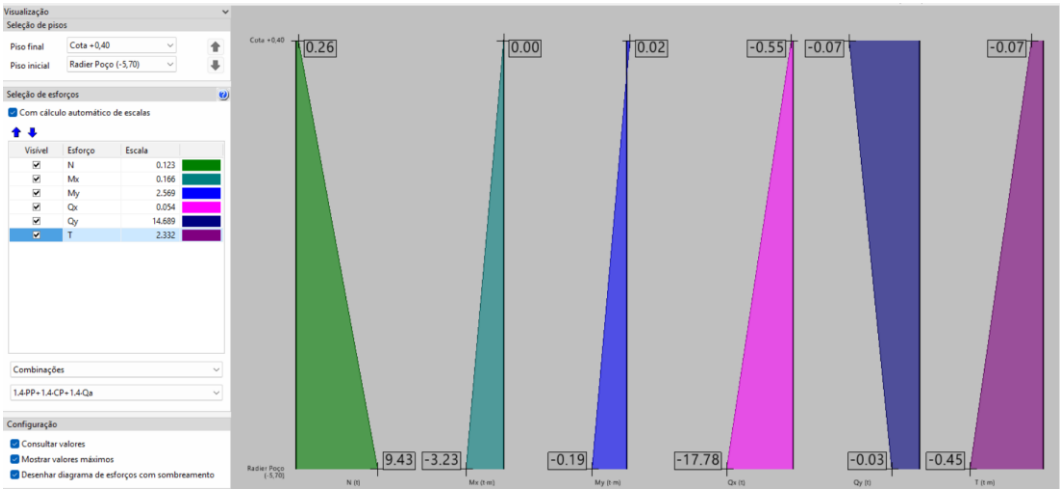


Figura 7 – Esforços atuantes na cortina C4.

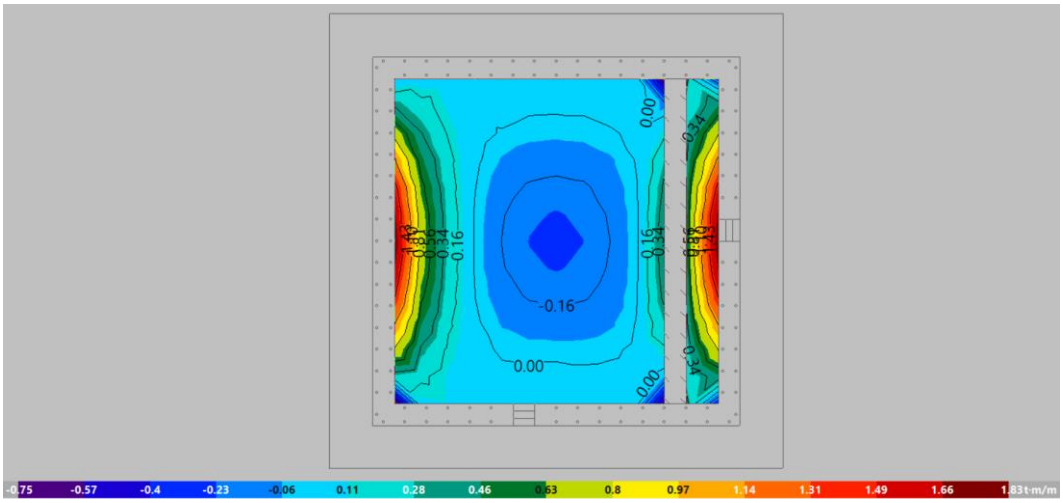


Figura 8 – Momentos fletores ELS – direção X.

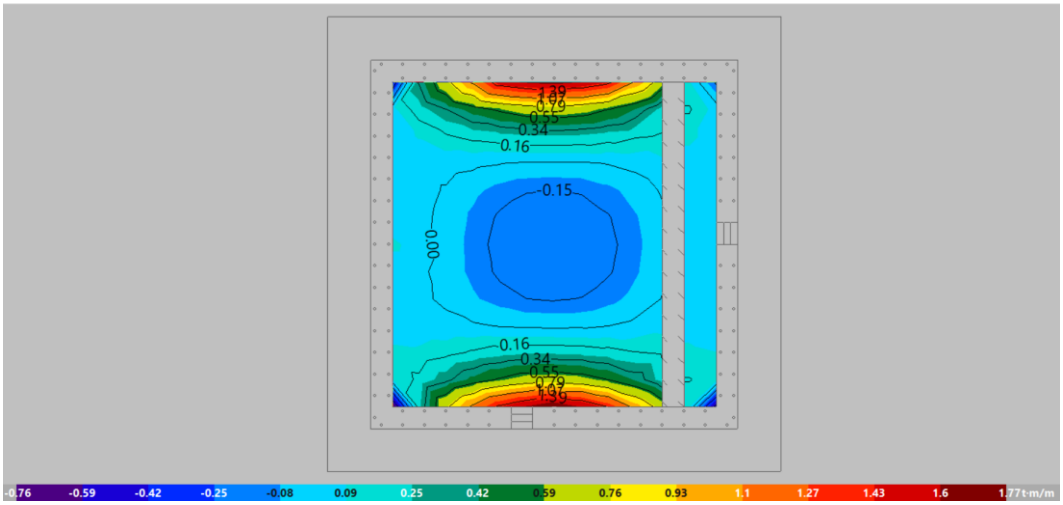


Figura 9 – Momentos fletores ELS – direção Y.

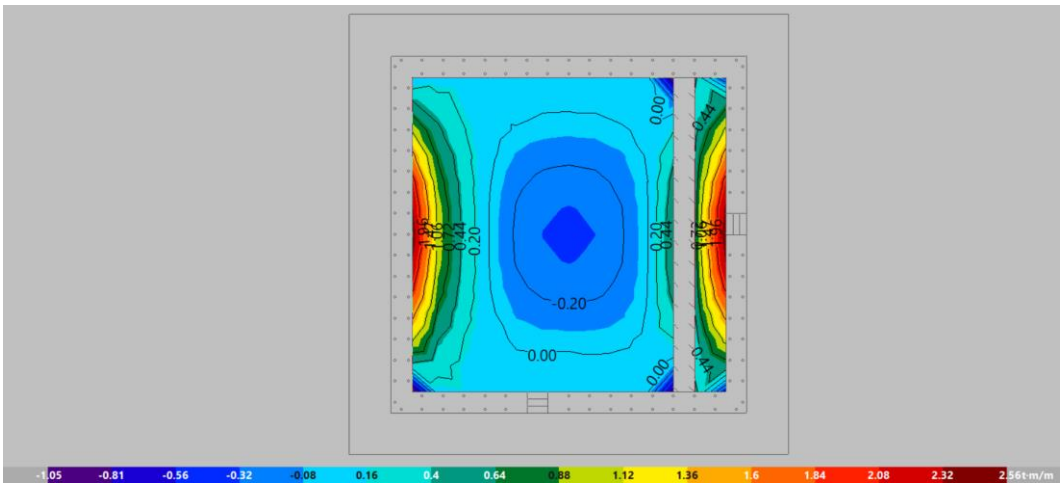


Figura 10 – Momentos fletores ELU – direção X.

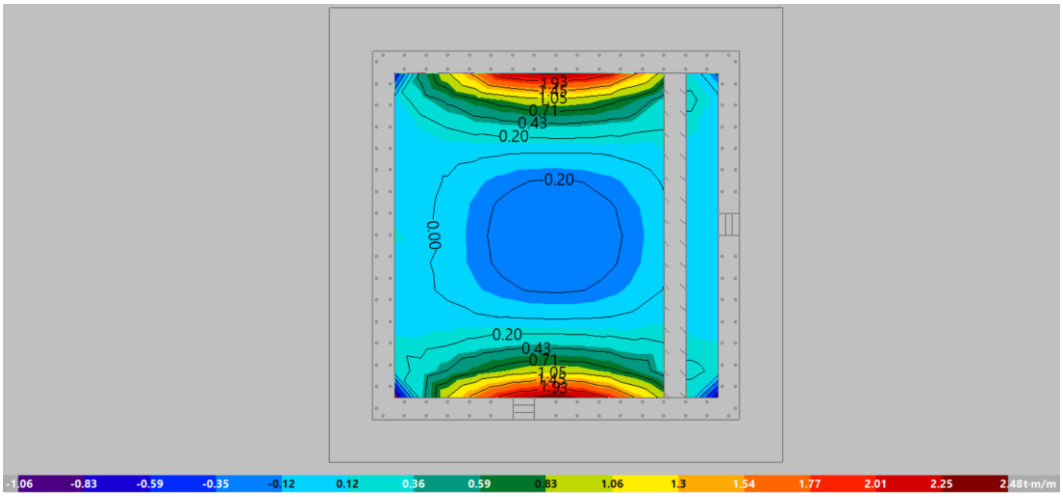


Figura 11 – Momentos fletores ELU – direção Y.

13.5 Dimensionamento e verificações estruturais

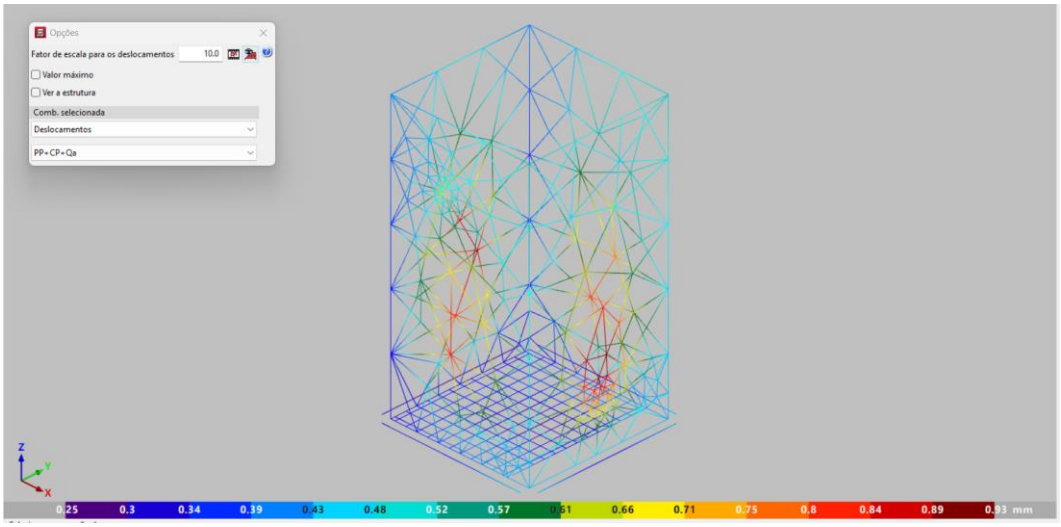


Figura 12 – Deslocamento máximos na estrutura (mm).

13.5.1 Reação máxima no solo

As tensões de contato obtidas no modelo ficam dentro das tensões admissíveis estimadas para o solo local, conforme limites de projeto.

13.5.2 Verificação quanto à flutuação

Verifica-se a estabilidade global contra a flutuação com a estrutura vazia.

$$FS = \frac{\text{Peso resistente}}{\text{Empuxo de água}}$$

Adota-se

$\gamma_{água} = 1{,}00$ tf/m³.
$\gamma_{concreto} = 2{,}50$ tf/m³.
Dimensão interna: 3.20 × 3.20 m;
paredes 0.20 m (h = 6.10 m); laje 0.30 m; viga/sapata 0,60 × 0,40 m.
Paredes: 15.62 m³ → 39.04 tf;
Laje: 3.07 m³ → 7.68 tf;
Viga/sapata: 3.07 m³ → 7.68 tf.
Peso resistente total: 54.40 tf.
Áreas sob a laje: A_int = 10.24 m² (vão livre) e A_ext = 12.96 m² (até a face externa das paredes).

Altura d'água h (m)	Empuxo (A_int) [tf]	FS (A_int) [-]	Empuxo (A_ext) [tf]	FS (A_ext) [-]
2.00	20.48	2.66	25.92	2.10
3.00	30.72	1.77	38.88	1.40
4.00	40.96	1.33	51.84	1.05
5.00	51.20	1.06	64.80	0.84
6.10	62.46	0.87	79.06	0.69

Para h= 6,10 m → FS ≈ 0.87 (A_int) e 0.69 (A_ext).

Critério usual FS ≥ 1,20 atendido até h ≲ 4.43 m (A_int) ou h ≲ 3.50 m (A_ext).

13.6 Conclusão

O dimensionamento estrutural da Estação Elevatória de Esgoto atende aos critérios normativos vigentes, apresentando segurança e desempenho adequados. As verificações indicam tensões e deformações dentro dos limites admissíveis para as combinações analisadas.