



## **MUNICÍPIO DE BARRA LONGA – MG**

---

### **SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO VOLUME VIII - PROJETO ESTRUTURAL TOMO I – MEMÓRIA DE CALCULO**

---

**OUTUBRO/2022**

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>PARÂMETROS E PROPRIEDADES DOS MATERIAIS.....</b>	<b>5</b>
2.1	PROPRIEDADES DOS MATERIAIS.....	5
2.1.1	CONCRETO .....	5
2.1.2	AÇO.....	5
2.1.3	SOLO.....	5
2.2	PARÂMETROS DOS MATERIAIS .....	6
2.2.1	CONCRETO .....	6
2.2.2	AÇO.....	6
<b>3</b>	<b>ELEVATÓRIA DE ESGOTO – EE2.....</b>	<b>7</b>
3.1	MODELO ESTRUTURAL .....	7
3.2	CARREGAMENTOS ADOTADOS .....	11
3.2.1	CARREGAMENTOS PERMANENTES.....	11
3.2.2	CARREGAMENTOS VARIÁVEIS.....	14
3.3	COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTOS.....	20
3.4	DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA.....	21
3.4.1	LAJE SUPERIOR.....	21
3.4.2	LAJE INTERMEDIÁRIA .....	29
3.4.3	LAJE INFERIOR .....	38
3.4.4	LAJE – CESTO.....	47
3.4.5	PAREDES.....	50
3.4.6	VIGAS.....	67
3.5	ANÁLISE DE TENSÕES NO SOLO .....	71
3.6	VERIFICAÇÃO DA SUBPRESSÃO .....	73
<b>4</b>	<b>ABRIGO DO QCM – EE2 .....</b>	<b>75</b>
4.1	MODELO ESTRUTURAL .....	75
4.2	CARREGAMENTOS ADOTADOS .....	79
4.2.1	CARREGAMENTOS PERMANENTES.....	79
4.2.2	CARREGAMENTOS VARIÁVEIS.....	81
4.3	COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTOS.....	81
4.4	DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA.....	82
4.4.1	LAJE SUPERIOR.....	82
4.4.2	LAJE INTERMEDIÁRIA .....	83
4.4.3	LAJE INFERIOR .....	85
4.4.4	VIGAS.....	86
4.4.5	CINTAS .....	88
4.5	ANÁLISE DE TENSÕES NO SOLO .....	90
<b>5</b>	<b>BLOCOS DE ANCORAGEM – EE2.....</b>	<b>92</b>
5.1	CARREGAMENTOS ADOTADOS .....	92
5.2	DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA.....	92
<b>6</b>	<b>ELEVATÓRIA DE ESGOTO – EE3.....</b>	<b>94</b>
6.1	MODELO ESTRUTURAL .....	94
6.2	CARREGAMENTOS ADOTADOS .....	99
6.2.1	CARREGAMENTOS PERMANENTES.....	99
6.2.2	CARREGAMENTOS VARIÁVEIS.....	102
6.3	COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTOS.....	109
6.4	DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA.....	111
6.4.1	LAJE SUPERIOR E BLOCO DE FUNDAÇÃO DO PÓRTICO GIRATÓRIO (BL.2).....	111
6.4.2	LAJE INFERIOR .....	119
6.4.3	LAJE – CESTO.....	128

6.4.4	BLOCO – BL.1 .....	130
6.4.5	PAREDES.....	135
6.4.6	VIGAS.....	143
6.4.7	BASES.....	146
6.5	ANÁLISE DE TENSÕES NO SOLO .....	148
6.6	VERIFICAÇÃO DA SUBPRESSÃO .....	151
<b>7</b>	<b>ABRIGO DO QCM – EE3 .....</b>	<b>153</b>
7.1	MODELO ESTRUTURAL .....	153
7.2	CARREGAMENTOS ADOTADOS .....	156
7.2.1	CARREGAMENTOS PERMANENTES.....	156
7.2.2	CARREGAMENTOS VARIÁVEIS.....	158
7.3	COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTOS.....	158
7.4	DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA.....	159
7.4.1	LAJE SUPERIOR.....	159
7.4.2	LAJE INTERMEDIÁRIA.....	160
7.4.3	LAJE INFERIOR .....	162
7.4.4	VIGAS.....	164
7.4.5	CINTAS .....	165
7.4.6	SAPATAS.....	167
<b>8</b>	<b>BLOCOS DE ANCORAGEM – EE3.....</b>	<b>169</b>
8.1	CARREGAMENTOS ADOTADOS .....	169
8.2	DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA.....	170
<b>9</b>	<b>FUNDAÇÃO DO POSTE PA3 – EE2 E EE3 .....</b>	<b>172</b>
9.1	CARREGAMENTOS ADOTADOS .....	172
9.1.1	CARREGAMENTOS PERMANENTES.....	172
9.1.2	CARREGAMENTOS VARIÁVEIS.....	172
9.2	DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA.....	174

# 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho consiste no dimensionamento das estruturas em concreto armado componentes do sistema de esgotamento sanitário do município de Barra Longa–MG.

O projeto estrutural foi desenvolvido de forma a atender as diretrizes definidas pela COPASA, obedecendo às normas vigentes da ABNT e bibliografias de autores consagrados e especialistas da área.

## 2 PARÂMETROS E PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

### 2.1 PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

#### 2.1.1 CONCRETO

##### C40

Resistência à compressão .....  $f_{ck} = 40$  MPa;  
Módulo de elasticidade secante .....  $E_{cs} = 30,1$  GPa;  
Coeficiente de Poisson.....  $\mu = 0,2$ .

##### C25

Resistência à compressão .....  $f_{ck} = 25$  MPa;  
Módulo de elasticidade secante .....  $E_{cs} = 23,8$  GPa;  
Coeficiente de Poisson.....  $\mu = 0,2$ .

#### 2.1.2 AÇO

Resistência característica ao escoamento .....  $f_{yk} = 500$  MPa;  
Módulo de elasticidade.....  $E_s = 210$  GPa;

#### 2.1.3 SOLO

Peso Específico Úmido .....  $\gamma_u = 18$  kN/m<sup>3</sup>;  
Ângulo de Atrito.....  $\varphi = 30^\circ$ ;  
Tensão admissível do terreno (Elevatórias de Esgoto).....  $\sigma_{adm} = 1,0$  kgf/cm<sup>2</sup>;  
Tensão admissível do terreno (demais estruturas) .....  $\sigma_{adm} = 0,8$  kgf/cm<sup>2</sup>;

## 2.2 PARÂMETROS DOS MATERIAIS

### 2.2.1 CONCRETO

Coeficiente de minoração da resistência .....  $Y_c = 1,4$ ;

Abertura máxima de fissuras (estruturas em contato com efluente) ..  $w_k = 0,15$  mm

Abertura máxima de fissuras (demais estrutura) .....  $w_k = 0,30$  mm.

### 2.2.2 AÇO

Coeficiente de minoração da resistência .....  $Y_s = 1,15$ ;

Cobrimento adotado (em contato com solo) .....  $c = 4$  cm.

Cobrimento adotado (em contato com efluente) .....  $c = 5$  cm.

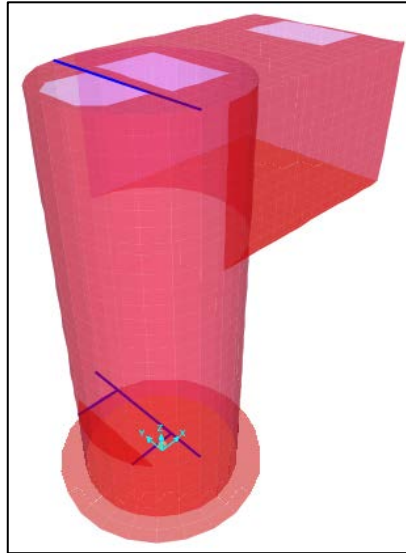
Cobrimento adotado (demais estruturas) .....  $c = 3$  cm.

### 3 ELEVATÓRIA DE ESGOTO – EE2

#### 3.1 MODELO ESTRUTURAL


A estrutura foi modelada no programa *CSI SAP2000 v22.2.0* em conformidade com a geometria dos elementos e materiais utilizados.

Unidades de força em kN e de comprimento em m, exceto onde indicado.



As imagens a seguir mostram as propriedades do material e as seções dos elementos estruturais – *shells* (placas) e *frames* (barras) – estabelecidos como dados de entrada para análise no programa.

General Data	
Material Name and Display Color	fck = 40MPa
Material Type	Concrete
Material Grade	f'c 4000 psi
Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	
Weight per Unit Volume	25,
Mass per Unit Volume	2,5493
Units	
	KN, m, C
Isotropic Property Data	
Modulus Of Elasticity, E	28688000,
Poisson, U	0,2
Coefficient Of Thermal Expansion, A	9,900E-06
Shear Modulus, G	11953333,
Other Properties For Concrete Materials	
Specified Concrete Compressive Strength, f'c	27579,032
Expected Concrete Compressive Strength	27579,032
<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete	
Shear Strength Reduction Factor	

**Section Name**  **Display Color** 

**Section Notes**

---

**Type**

- Shell - Thin
- Shell - Thick
- Plate - Thin
- Plate Thick
- Membrane
- Shell - Layered/Nonlinear

**Thickness**

Membrane

Bending

**Material**

Material Name


Material Angle

**Time Dependent Properties**

**Concrete Shell Section Design Parameters**

**Stiffness Modifiers**

**Temp Dependent Properties**

**Section Name**  **Display Color** 

**Section Notes**

---

**Type**

- Shell - Thin
- Shell - Thick
- Plate - Thin
- Plate Thick
- Membrane
- Shell - Layered/Nonlinear

**Thickness**

Membrane

Bending

**Material**

Material Name

Material Angle

**Time Dependent Properties**

**Concrete Shell Section Design Parameters**

**Stiffness Modifiers**

**Temp Dependent Properties**



**Section Name**  **Display Color**

**Section Notes**

**Type**

- Shell - Thin
- Shell - Thick
- Plate - Thin
- Plate Thick
- Membrane
- Shell - Layered/Nonlinear

**Thickness**

Membrane

Bending

**Material**

Material Name  fck = 40MPa

Material Angle

**Time Dependent Properties**

**Concrete Shell Section Design Parameters**

**Stiffness Modifiers**

**Temp Dependent Properties**

**Section Name**  **Display Color**

**Section Notes**

**Dimensions**

Depth ( t3 )

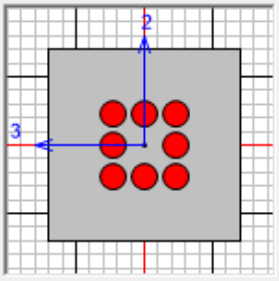
Width ( t2 )

**Material**

fck = 40MPa

**Property Modifiers**

**Section**



**Properties**

**Section Name**  **Display Color**

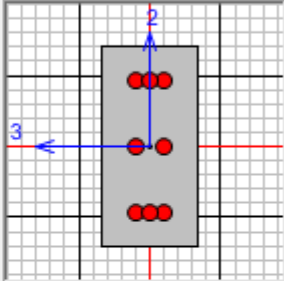
**Section Notes**

**Dimensions**

Depth ( t3 )

Width ( t2 )

**Section**



**Properties**

**Material**

**Property Modifiers**

## 3.2 CARREGAMENTOS ADOTADOS

### 3.2.1 CARREGAMENTOS PERMANENTES

– **Peso próprio da estrutura:** adotou-se peso específico de  $25 \text{ kN/m}^3$  para o concreto. O programa *SAP2000* considera-o automaticamente em suas análises.

– **Solo:** serão considerados dois casos para a presença de solo na análise da estrutura: solo natural e solo submerso para a situação de subpressão.

O solo gera uma carga triangular distribuída nas paredes da estrutura, dada pela equação abaixo:

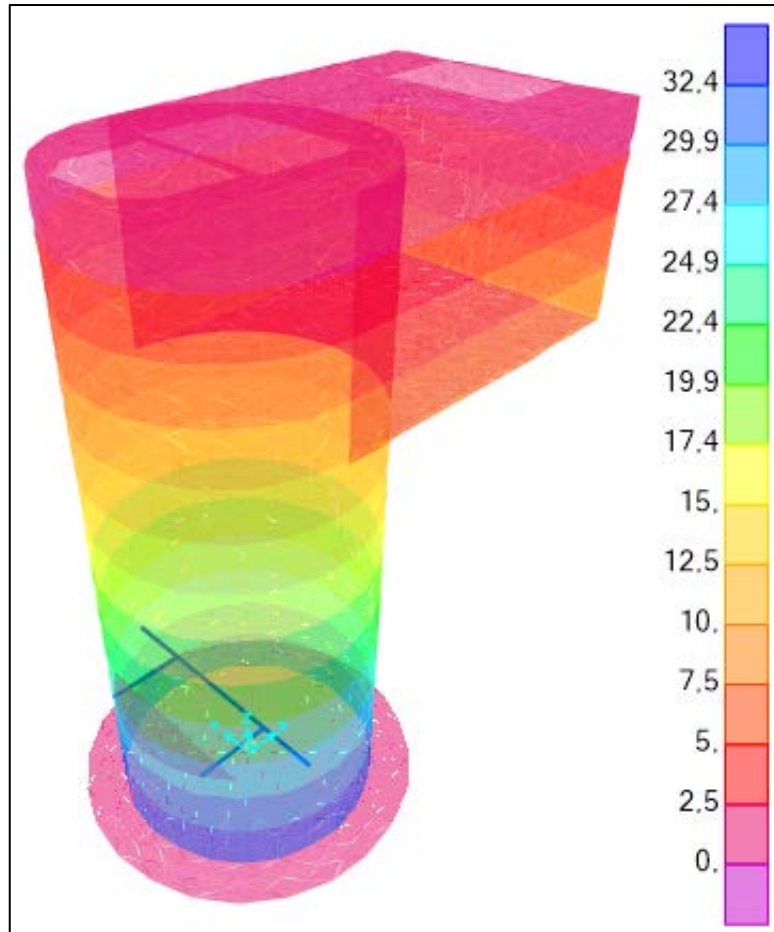
$$q = \gamma_{\text{solo}} * h * \tan^2 \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

$h$ : altura do solo = 5,40 m

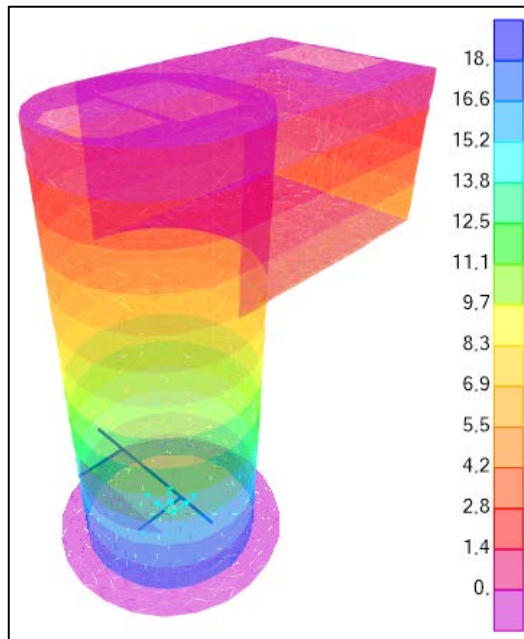
$\gamma_{\text{solo nat}}$ : peso específico do solo natural =  $18,00 \text{ kN/m}^3$

$\gamma_{\text{solo sub}}$ : peso específico do solo submerso =  $10,00 \text{ kN/m}^3$

Solo natural:



Solo submerso:



O solo gera, ainda, um carregamento uniforme distribuído na área de base da estrutura, conforme a equação:

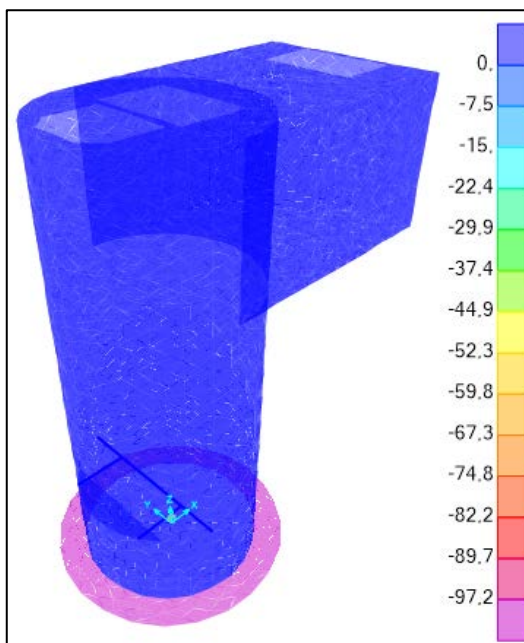
$$q = \gamma_{solo} * h$$

*h*: altura do solo = 5,40 m

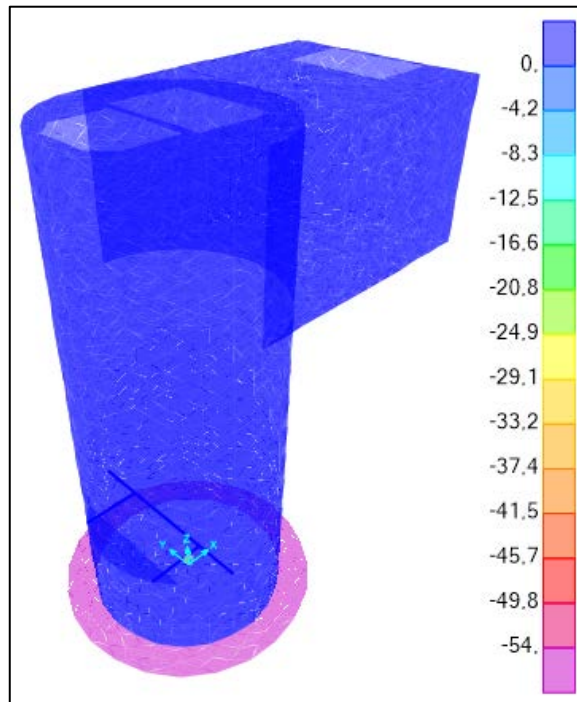
$\gamma_{solo\ nat}$ : peso específico do solo natural = 18,00 kN/m<sup>3</sup>

$\gamma_{solo\ sub}$ : peso específico do solo submerso = 10,00 kN/m<sup>3</sup>

Solo natural:



Solo submerso:

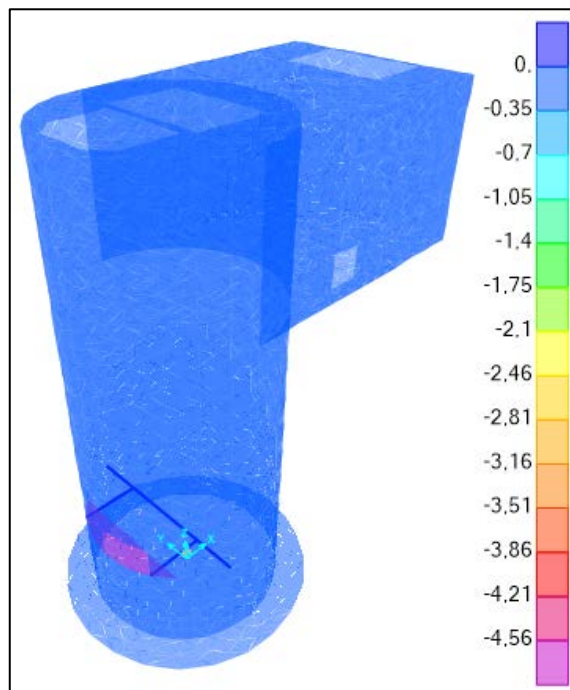


– **Enchimento:** considerou-se um carregamento uniformemente distribuído na área, segundo a equação que se segue, para representar a presença do enchimento na estrutura.

$$q = \gamma_{ench.} * h$$

*h:* altura do enchimento = 0,19 m

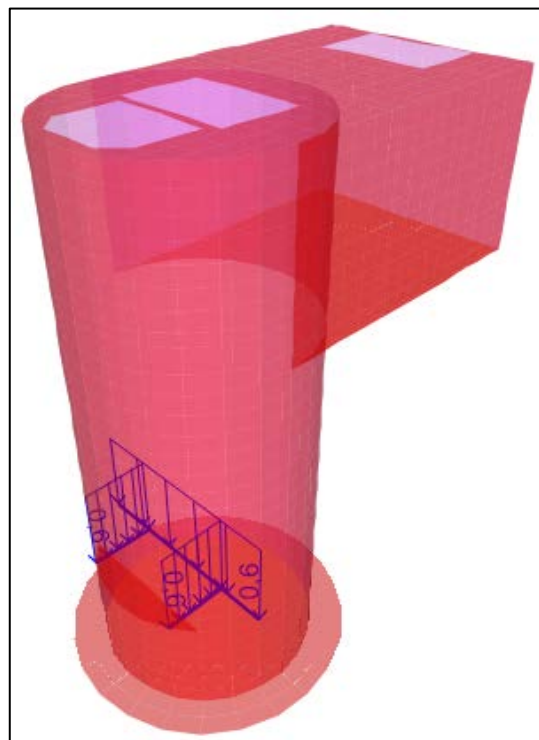
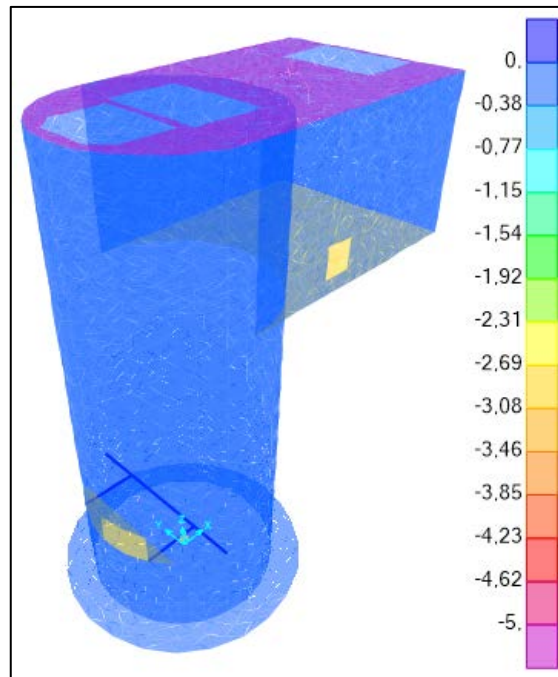
*$\gamma_{ench.}$ :* peso específico do enchimento = 24,00 kN/m<sup>3</sup>



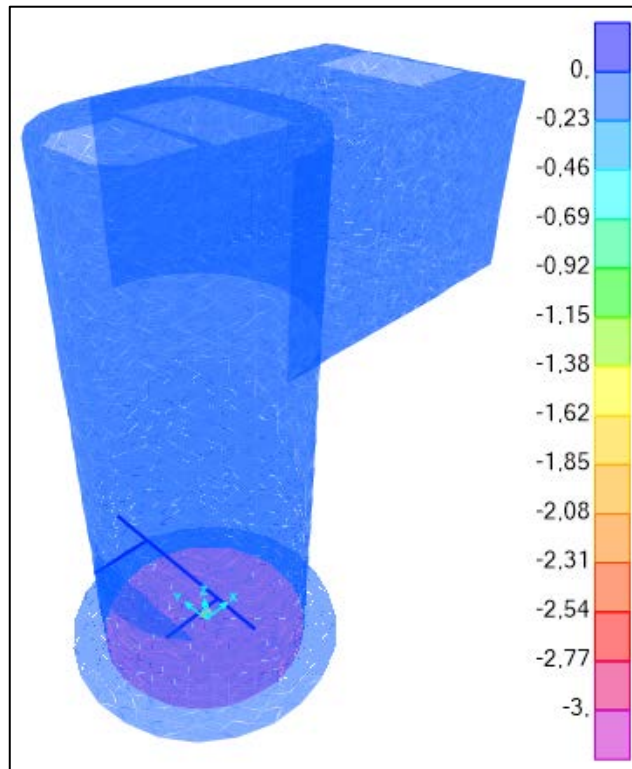
### 3.2.2 CARREGAMENTOS VARIÁVEIS

– **Sobrecarga:** será considerada uma carga acidental de 5 kN/m<sup>2</sup> na laje superior, uma sobrecarga de 3 kN/m<sup>2</sup> nas lajes intermediária, de fundo e sobre as vigas (carregamento linear de 0,6 kN/m):

Sobrecarga geral:

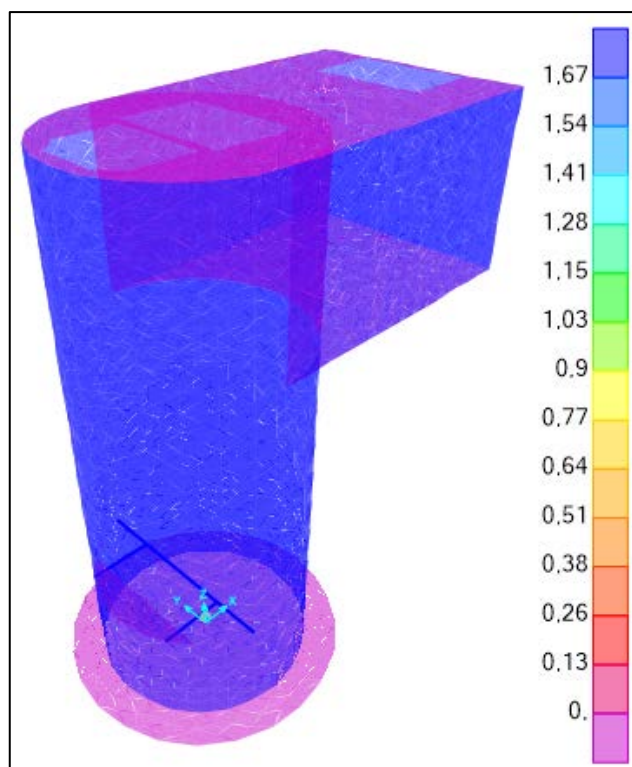


Sobrecarga na laje inferior:



– **Sobrecarga no solo:** será considerada uma sobrecarga de 5 kN/m<sup>2</sup> no terreno. Esta sobrecarga gera uma carga distribuída na parede da estrutura, dada pela equação:

$$q = SC * \tan^2 \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right) = 1,67 \text{ kN/m}^2$$



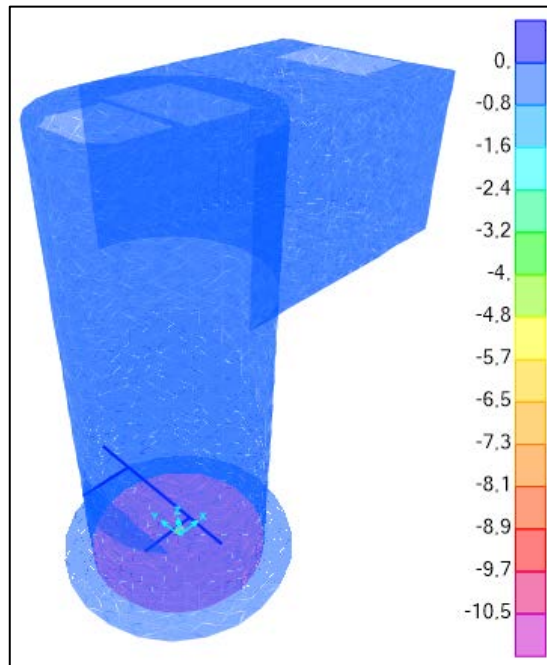
– **Efluente:** o efluente gera uma carga uniformemente distribuída na base da estrutura e um carregamento triangular em suas paredes, ambos dados pela equação:

$$q = \gamma * h$$

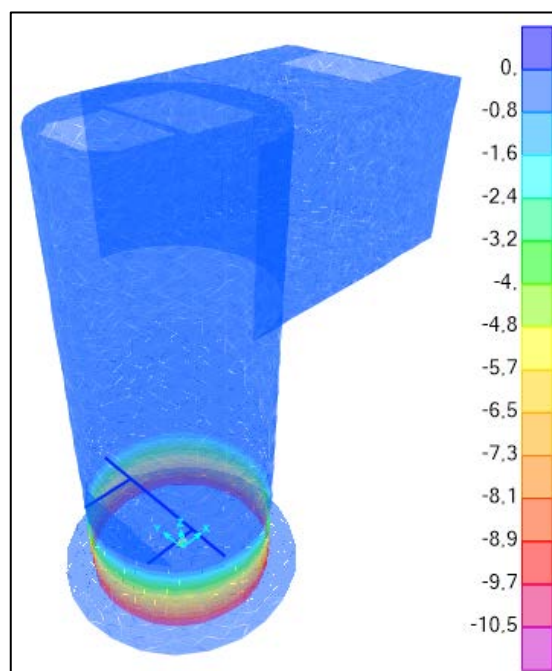
$\gamma$ : peso específico do efluente = 10,00 kN/m<sup>3</sup>

$h$ : altura máxima do efluente = 1,05 m

Carga na base:



Carga nas paredes:





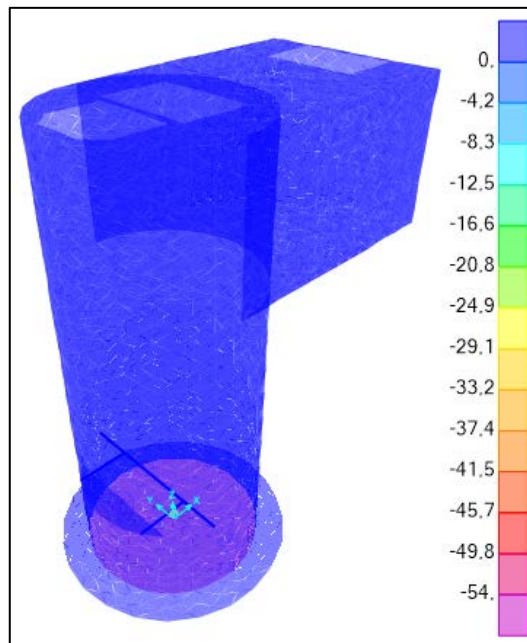
– **Teste de estanqueidade:** o efluente gera uma carga uniformemente distribuída na base da estrutura e um carregamento triangular em suas paredes, ambos dados pela equação:

$$q = \gamma * h$$

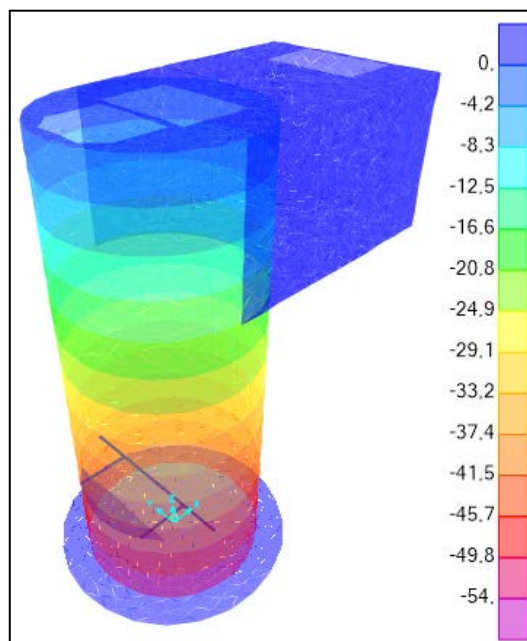
$\gamma$ : peso específico do efluente = 10,00 kN/m<sup>3</sup>

$h$ : altura máxima do efluente = 5,40 m

Carga na base:



Carga nas paredes:



– **Subpressão:** de acordo com os boletins de sondagem na região da estrutura, existe a possibilidade de o lençol freático aflorar ao nível do elemento estrutural.

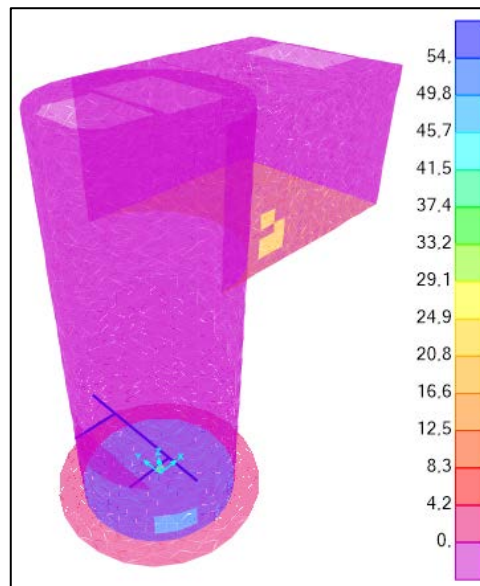
A água presente no solo gera uma carga uniformemente distribuída na base da estrutura e um carregamento triangular nas faces externas de suas paredes, seguindo a equação abaixo:

$$q = \gamma * h$$

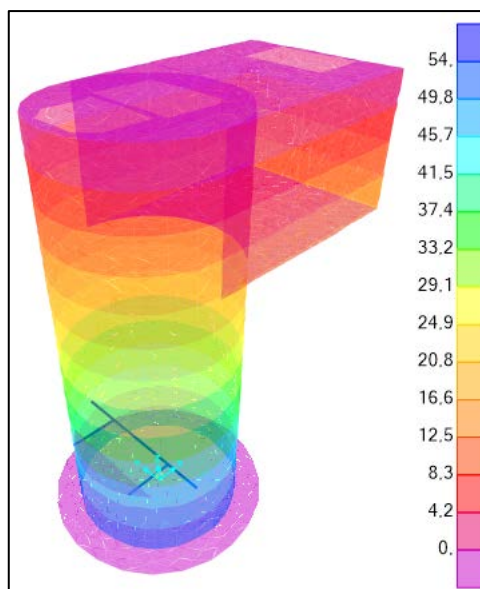
$\gamma$ : peso específico do efluente = 10,00 kN/m<sup>3</sup>

$h$ : altura máxima do efluente = 5,40 m

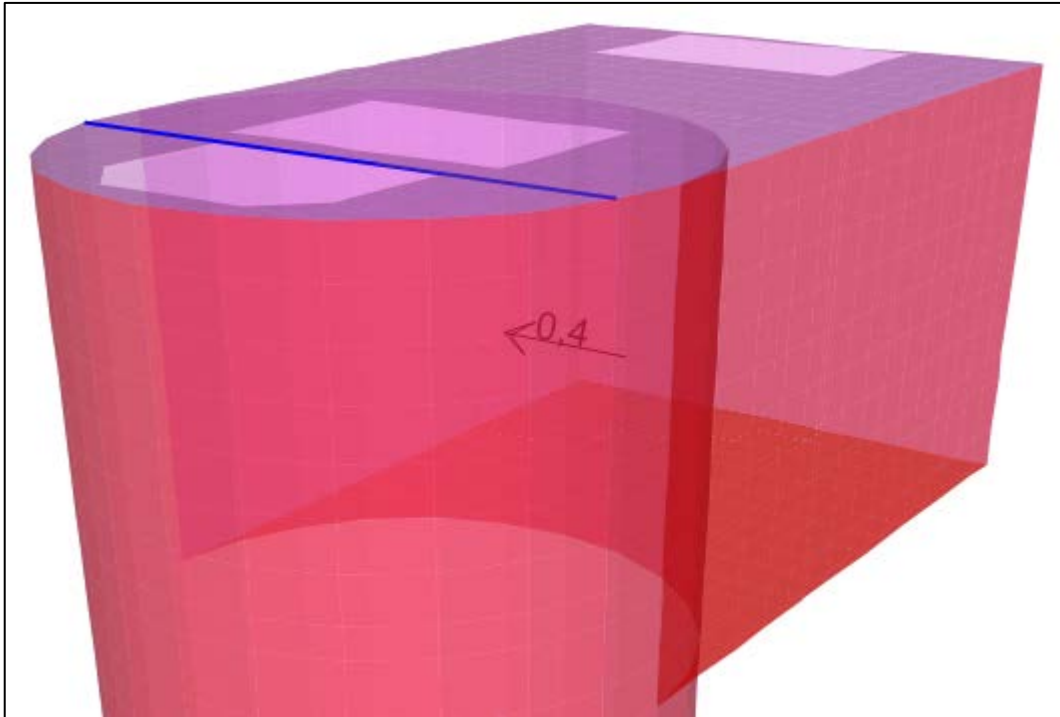
Carga na base:



Carga nas paredes:



– **Golpe de aríete:** considerou-se uma carga no valor de 0,4 kN para representar a ancoragem da tubulação ao sofrer o golpe de aríete na peça hidráulica.



### 3.3 COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTOS

Combinação 1 (ELU) → 1,40 x Peso Próprio + 1,40 x Solo natural + 1,40 x Enchimento + 1,40 x Sobrecarga geral + 1,40 x Sobrecarga na laje inferior + 1,40 x Sobrecarga no solo + 1,40 x Golpe de aríete;

Combinação 2 (ELU) → 1,40 x Peso Próprio + 1,40 x Solo natural + 1,40 x Enchimento + 1,40 x Sobrecarga geral + 1,40 x Sobrecarga no solo + 1,40 x Efluente + 1,40 x Golpe de aríete;

Combinação 3 (ELU) → 1,40 x Peso Próprio + 1,40 x Solo natural + 1,40 x Enchimento + 1,40 x Sobrecarga geral + 1,40 x Teste de estanqueidade + 1,40 x Golpe de aríete;

Combinação 4 (ELU) → 1,40 x Peso Próprio + 1,40 x Solo submerso + 1,40 x Enchimento + 1,40 x Sobrecarga geral + 1,40 x Sobrecarga na laje inferior + 1,40 x Sobrecarga no solo + 1,40 x Subpressão + 1,40 x Golpe de aríete;

Combinação 5 (FUNDAÇÃO) → 1,00 x Peso Próprio + 1,00 x Solo natural + 1,00 x Enchimento + 1,00 x Sobrecarga geral + 1,00 x Sobrecarga na laje inferior + 1,00 x Sobrecarga no solo + 1,00 x Golpe de aríete;

Combinação 6 (FUNDAÇÃO) → 1,00 x Peso Próprio + 1,00 x Solo natural + 1,00 x Enchimento + 1,00 x Sobrecarga geral + 1,00 x Sobrecarga no solo + 1,00 x Efluente + 1,00 x Golpe de aríete;

Combinação 7 (FUNDAÇÃO) → 1,00 x Peso Próprio + 1,00 x Solo natural + 1,00 x Enchimento + 1,00 x Sobrecarga geral + 1,00 x Teste de estanqueidade + 1,00 x Golpe de aríete;

Combinação 8 (FUNDAÇÃO) → 1,00 x Peso Próprio + 1,00 x Solo submerso + 1,00 x Enchimento + 1,00 x Sobrecarga geral + 1,00 x Sobrecarga na laje inferior + 1,00 x Sobrecarga no solo + 1,00 x Subpressão + 1,00 x Golpe de aríete;

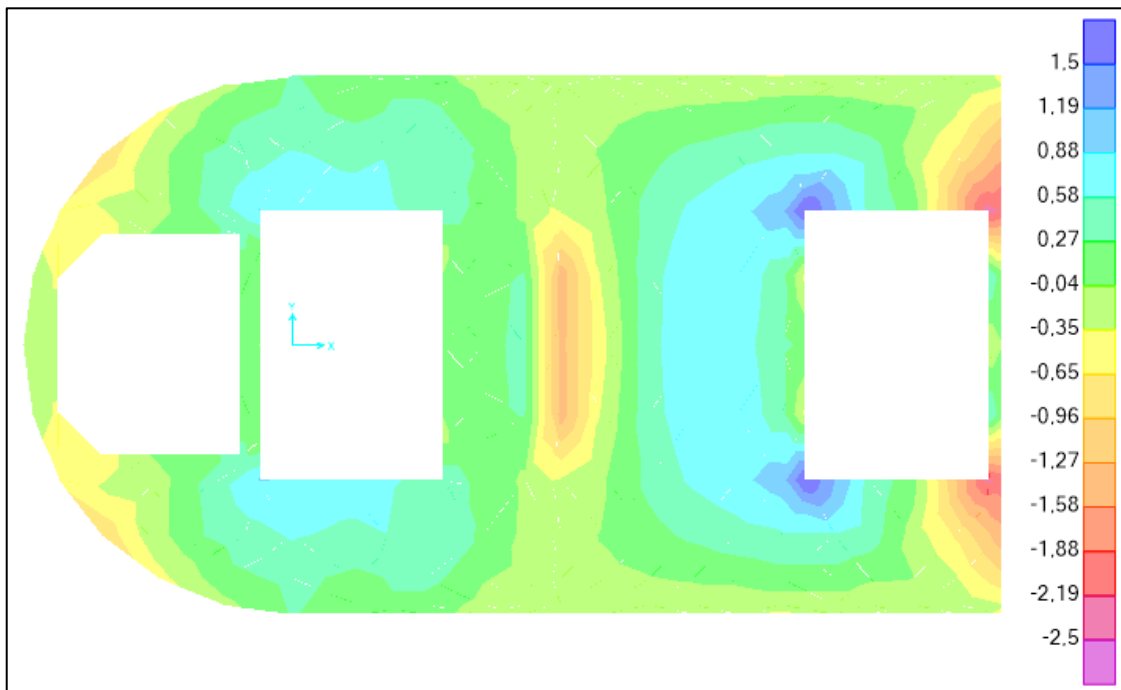
### 3.4 DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA

#### 3.4.1 LAJE SUPERIOR

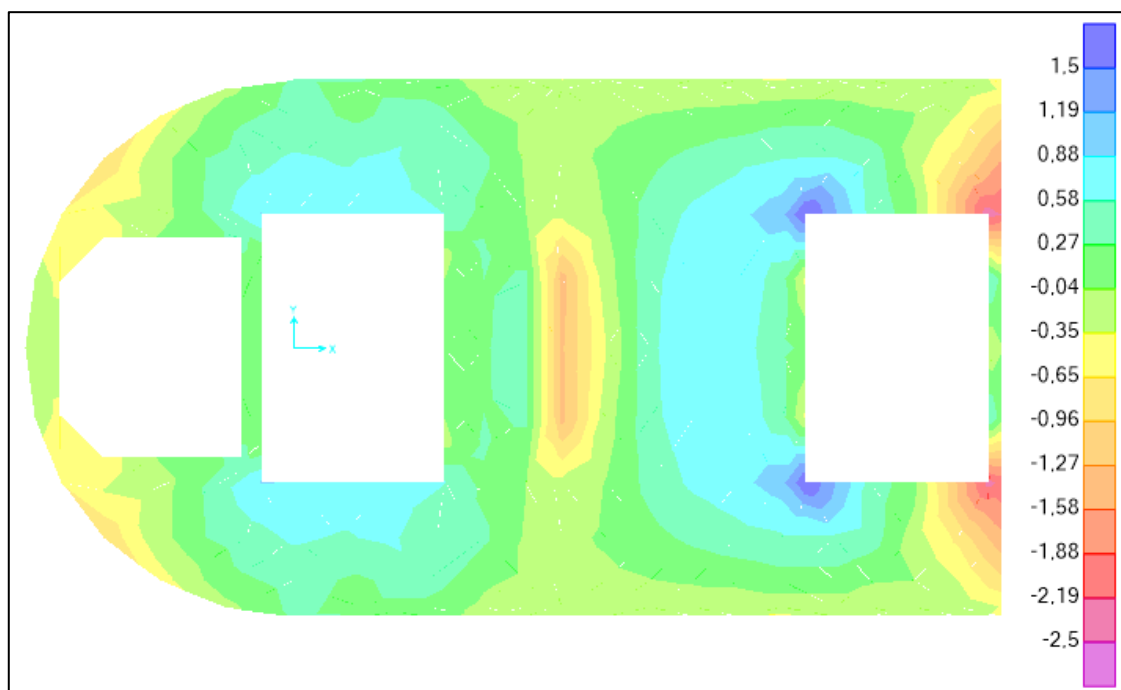
Armadura Horizontal

Momento Fletor

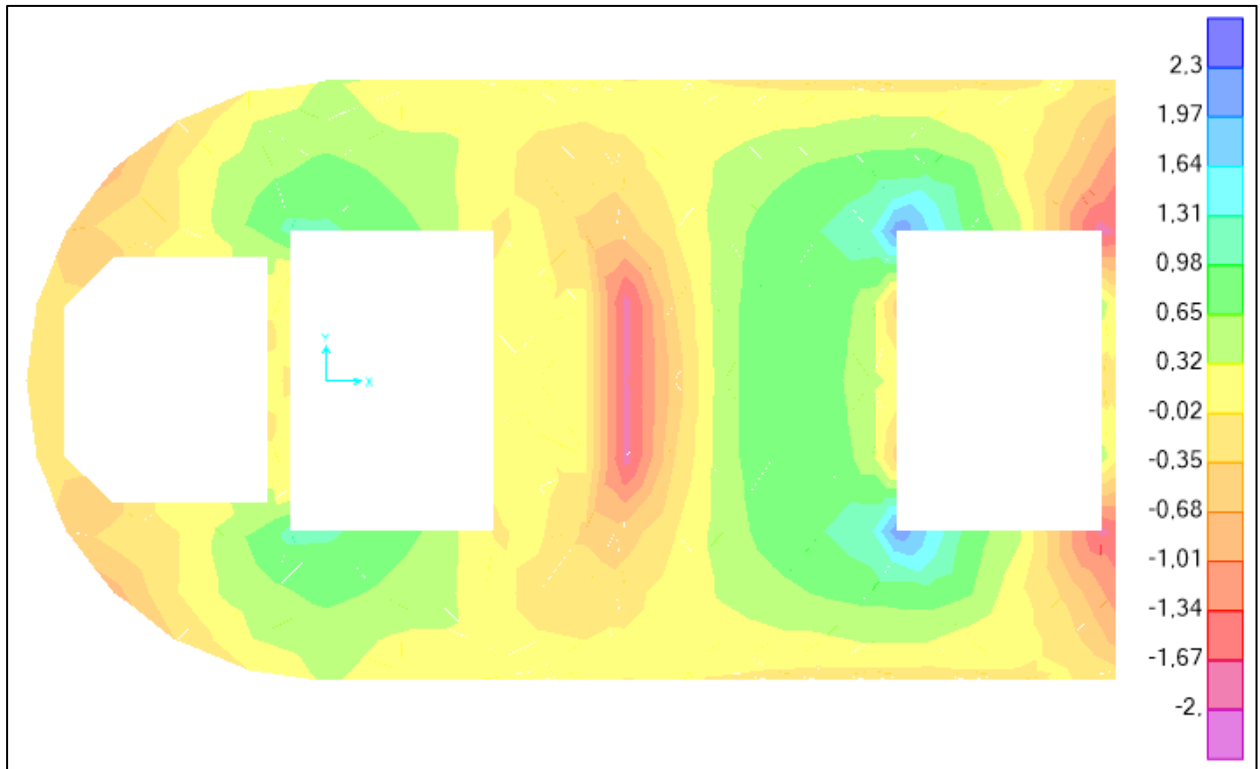
COMB1



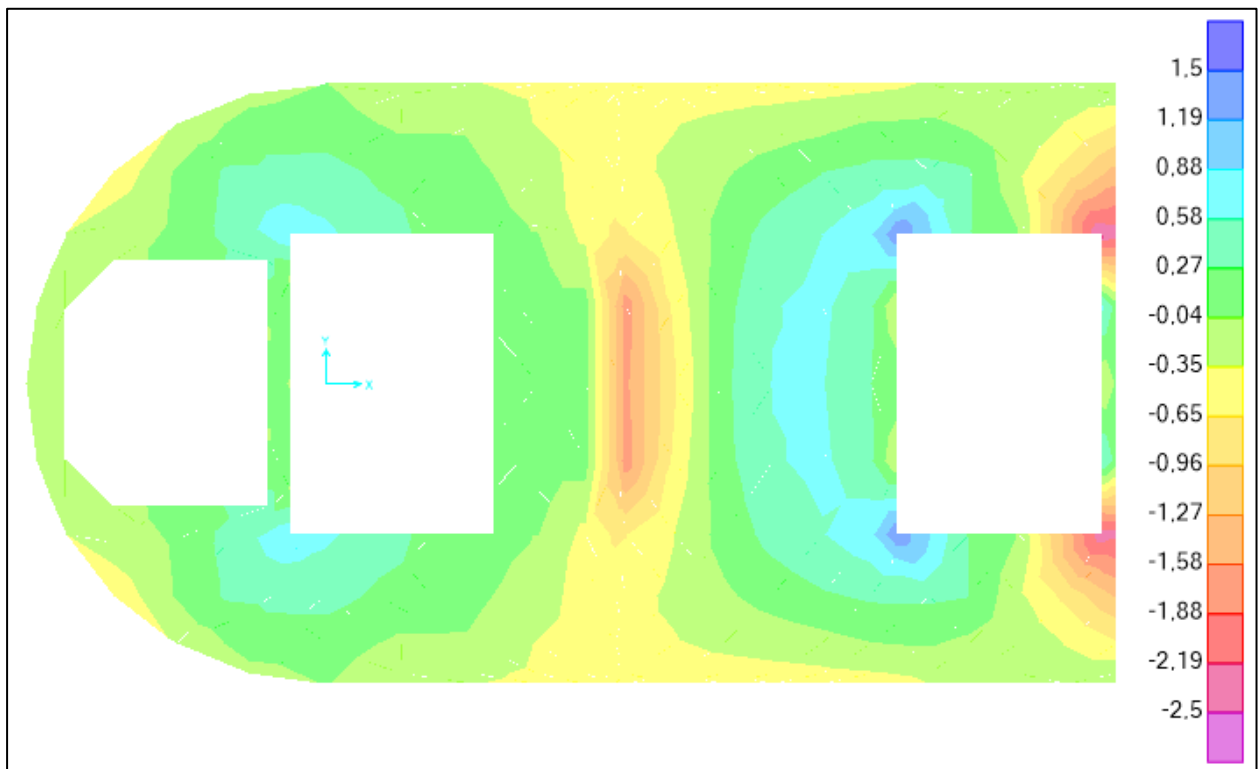
COMB2



### COMB3

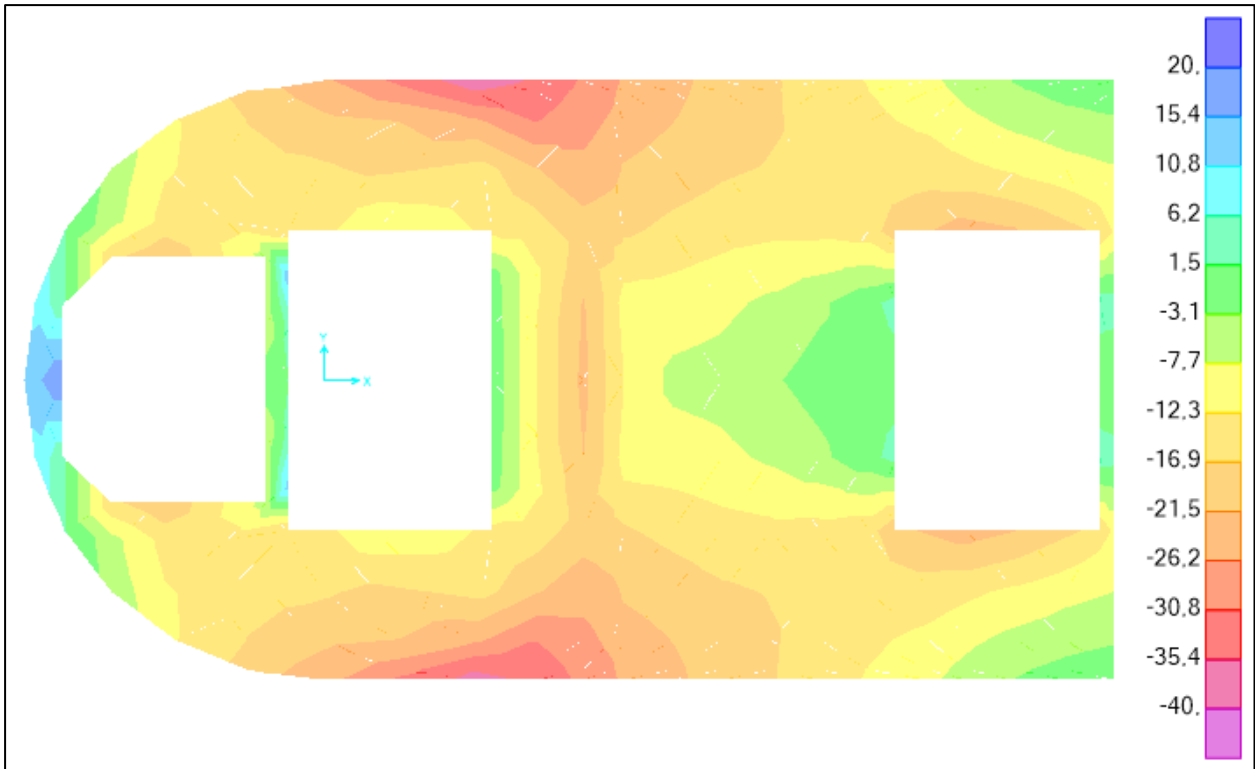


### COMB4

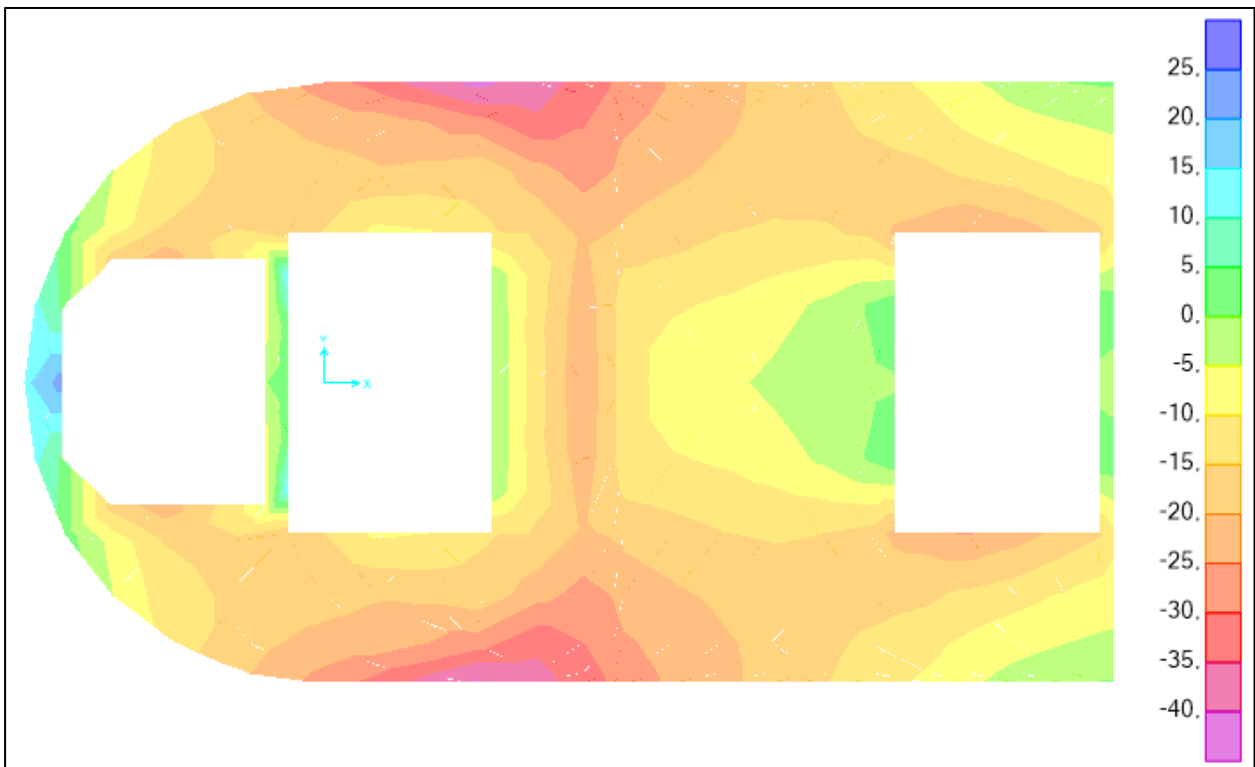


Esforço Normal

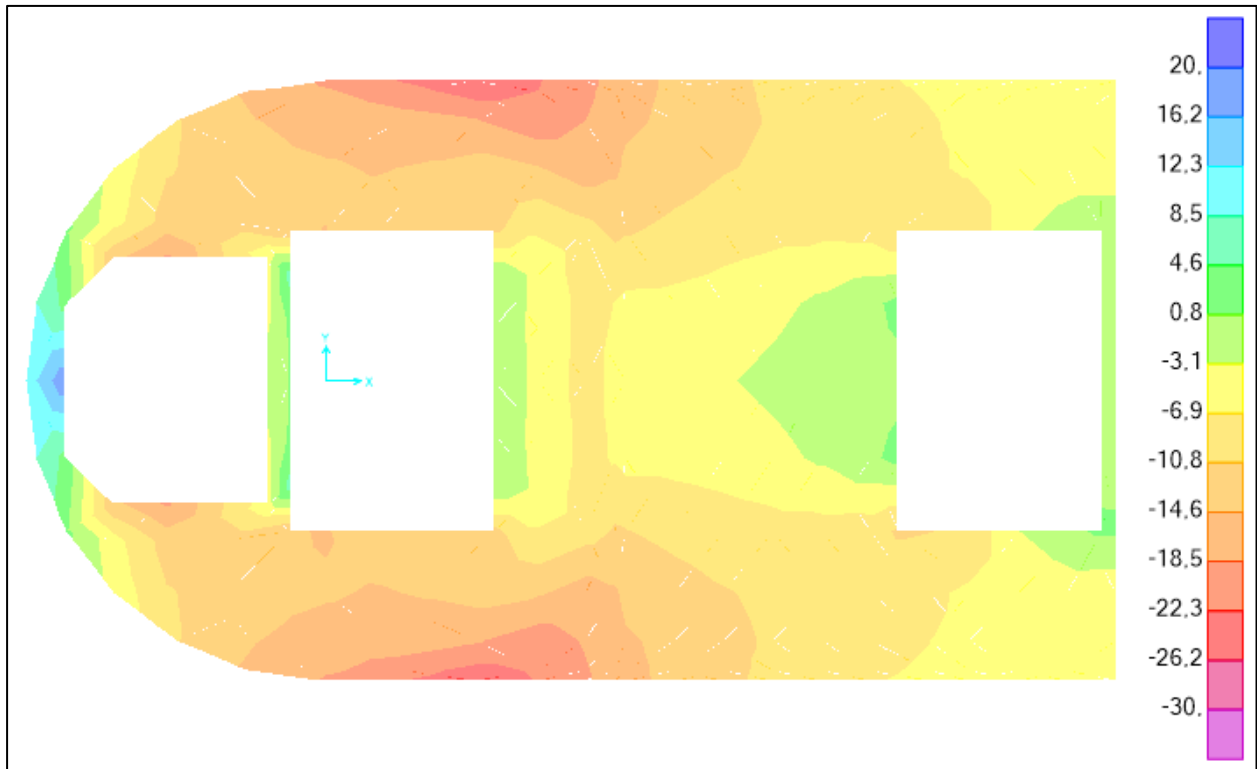
COMB1



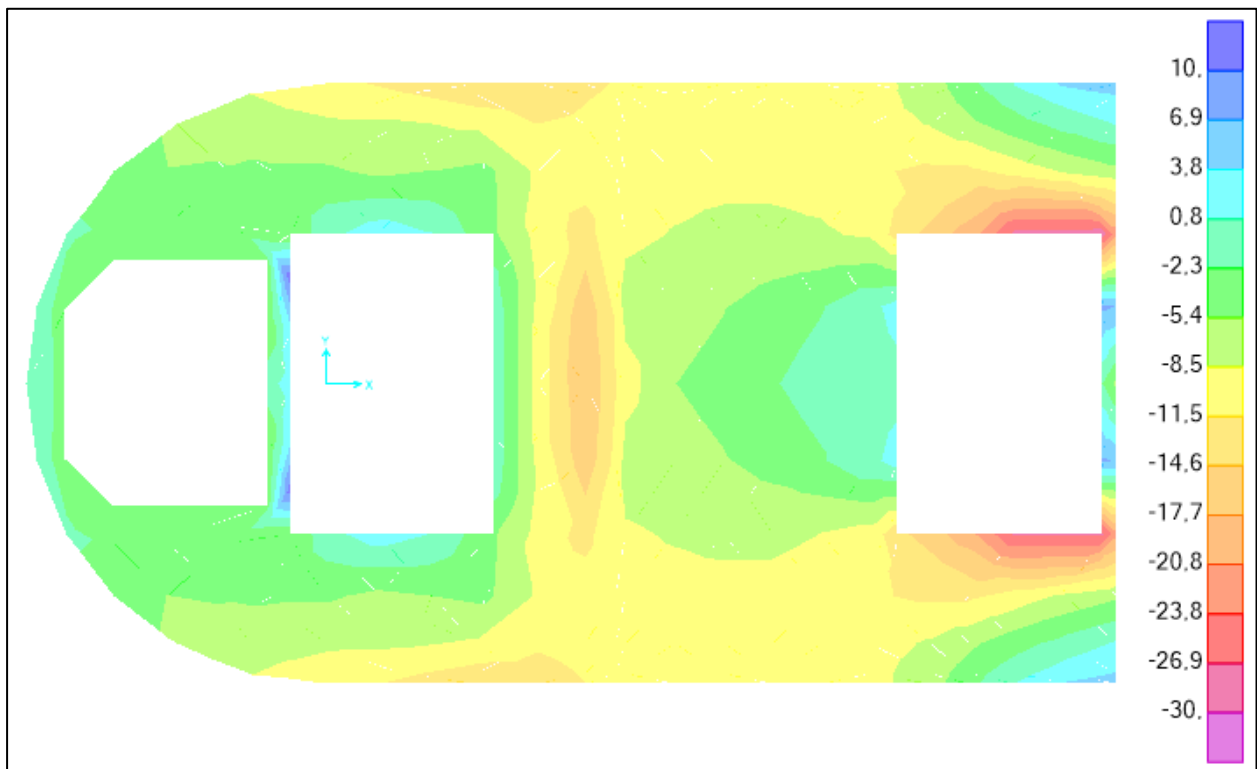
COMB2



### COMB3



### COMB4

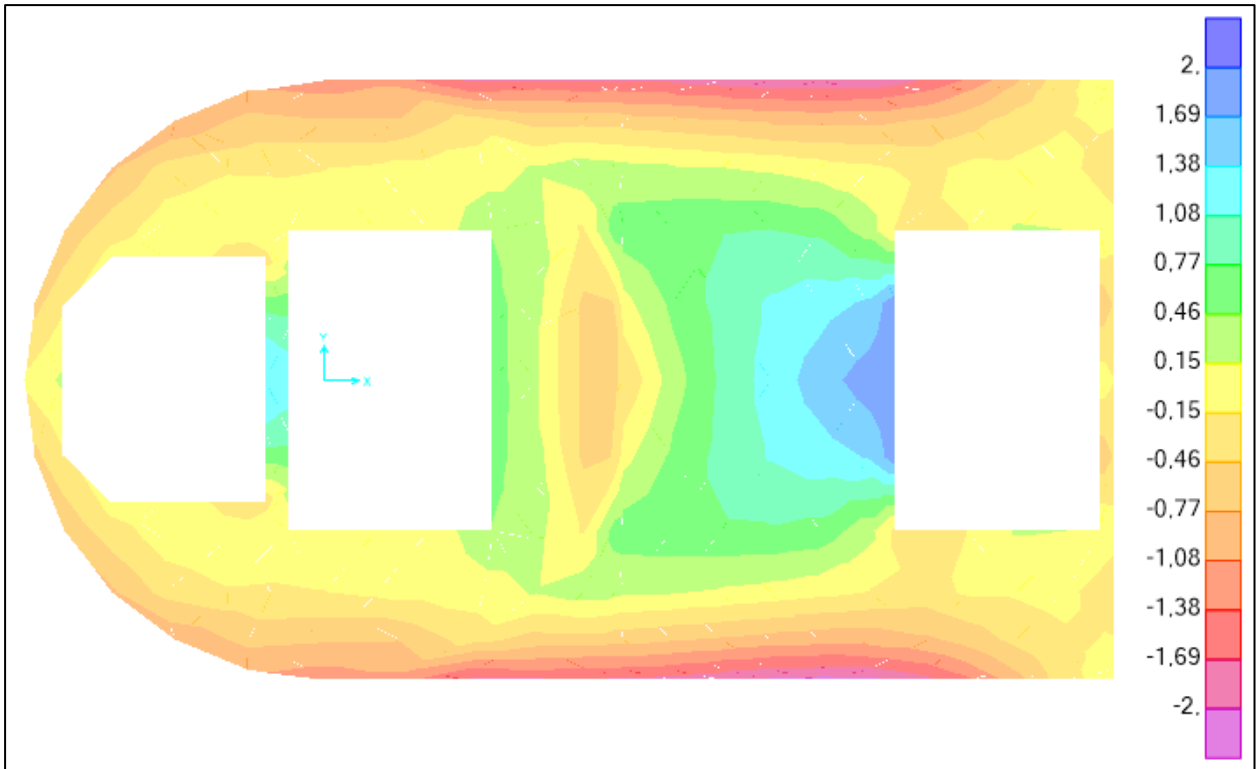




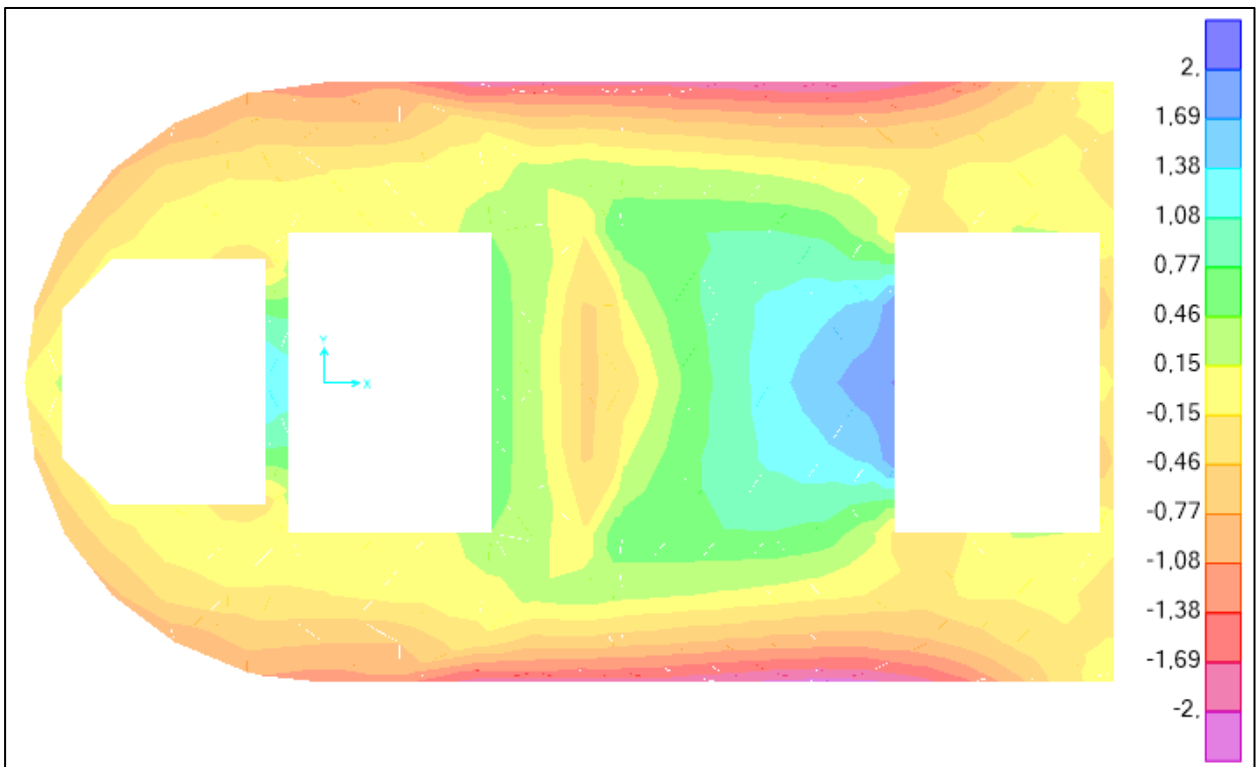
Armadura Vertical

Momento Fletor

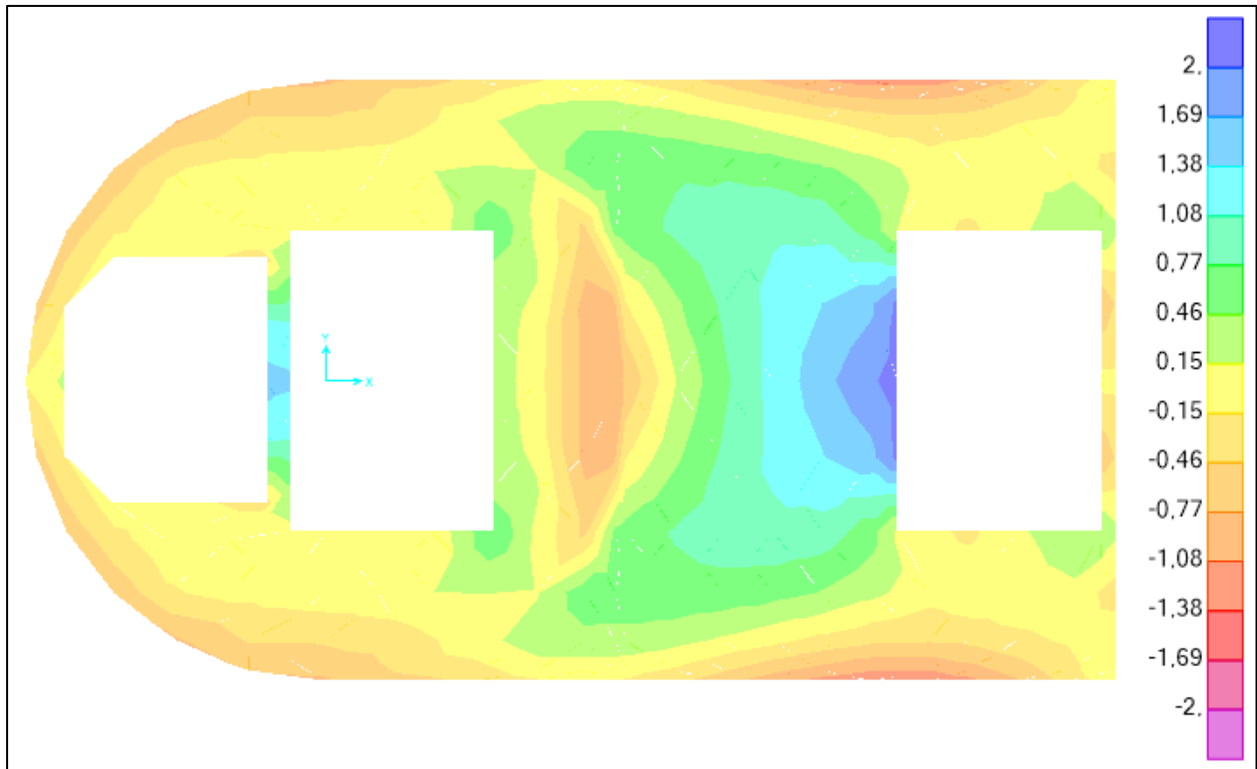
COMB1



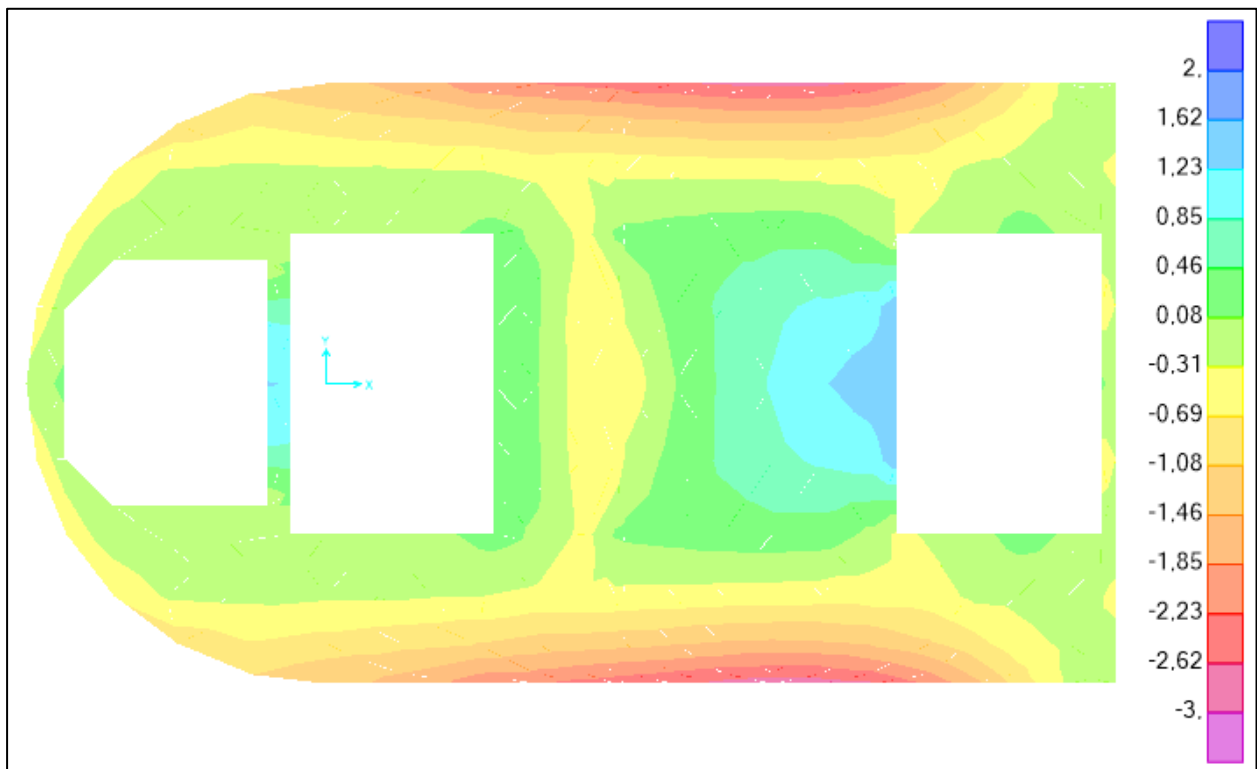
COMB2



COMB3



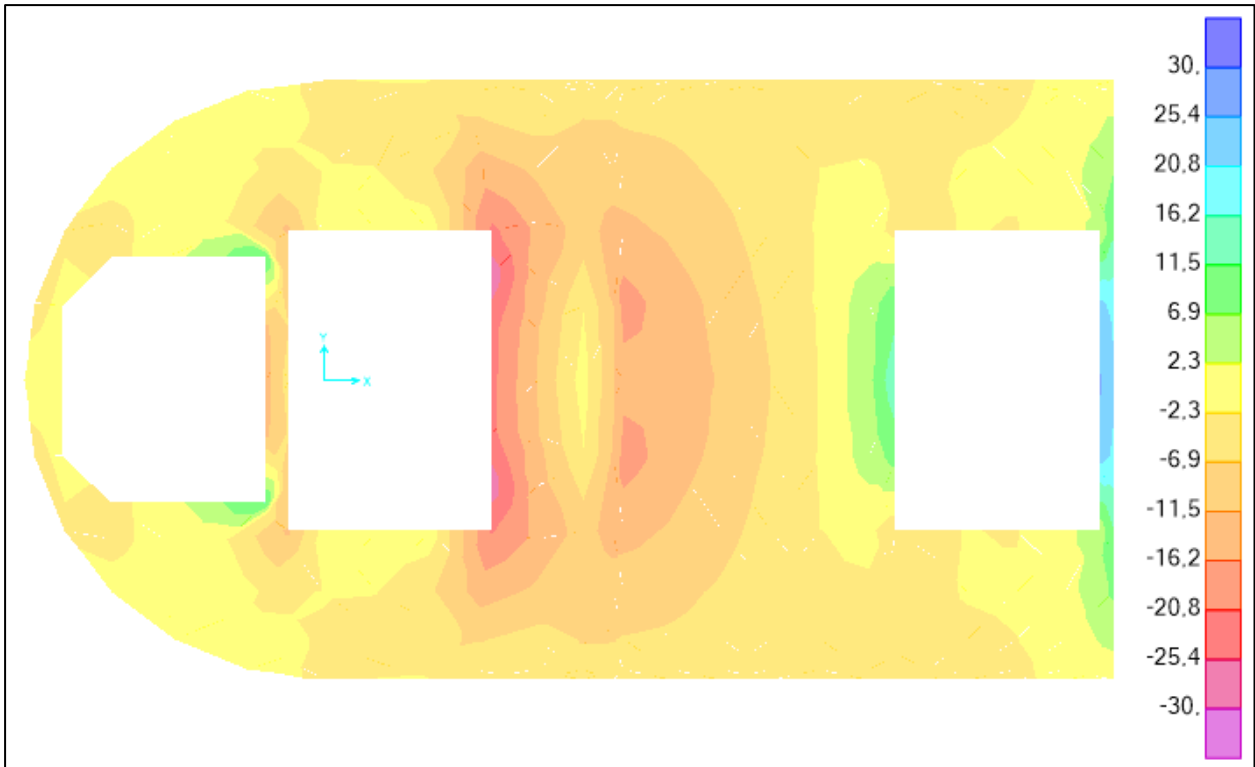
COMB4



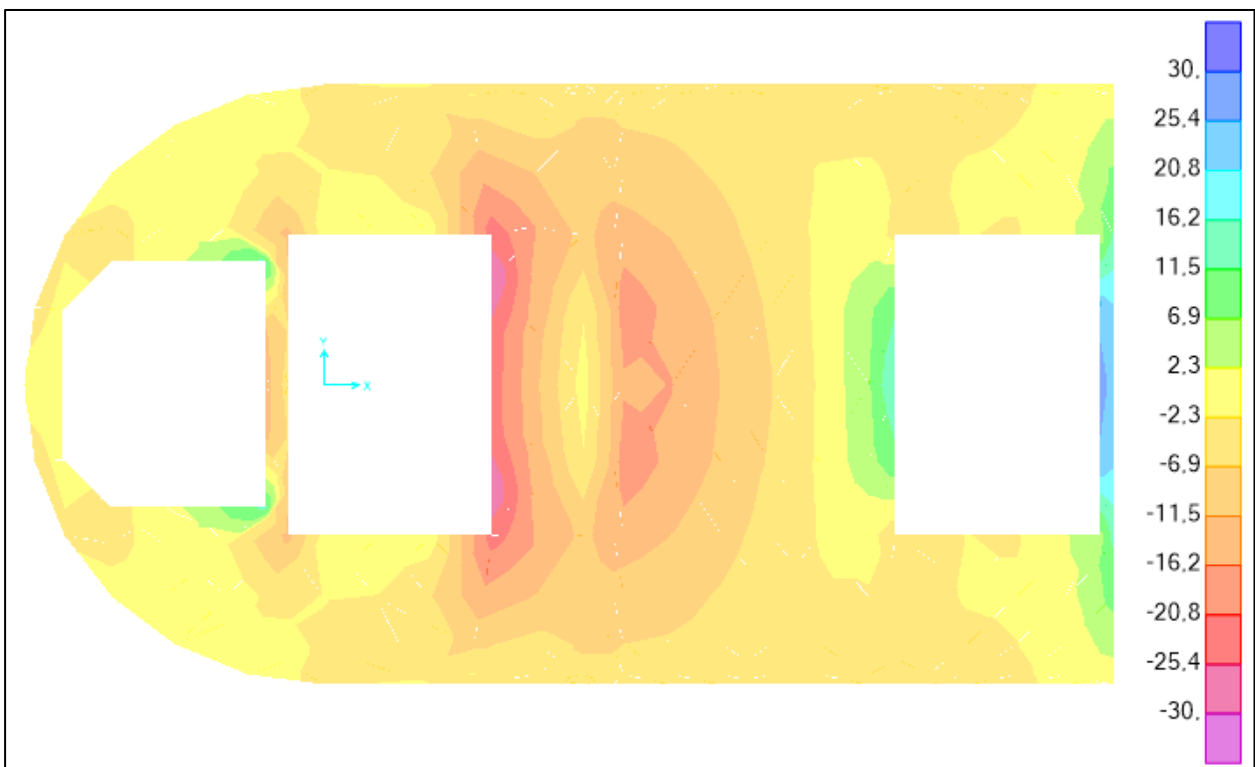


### Esforço Normal

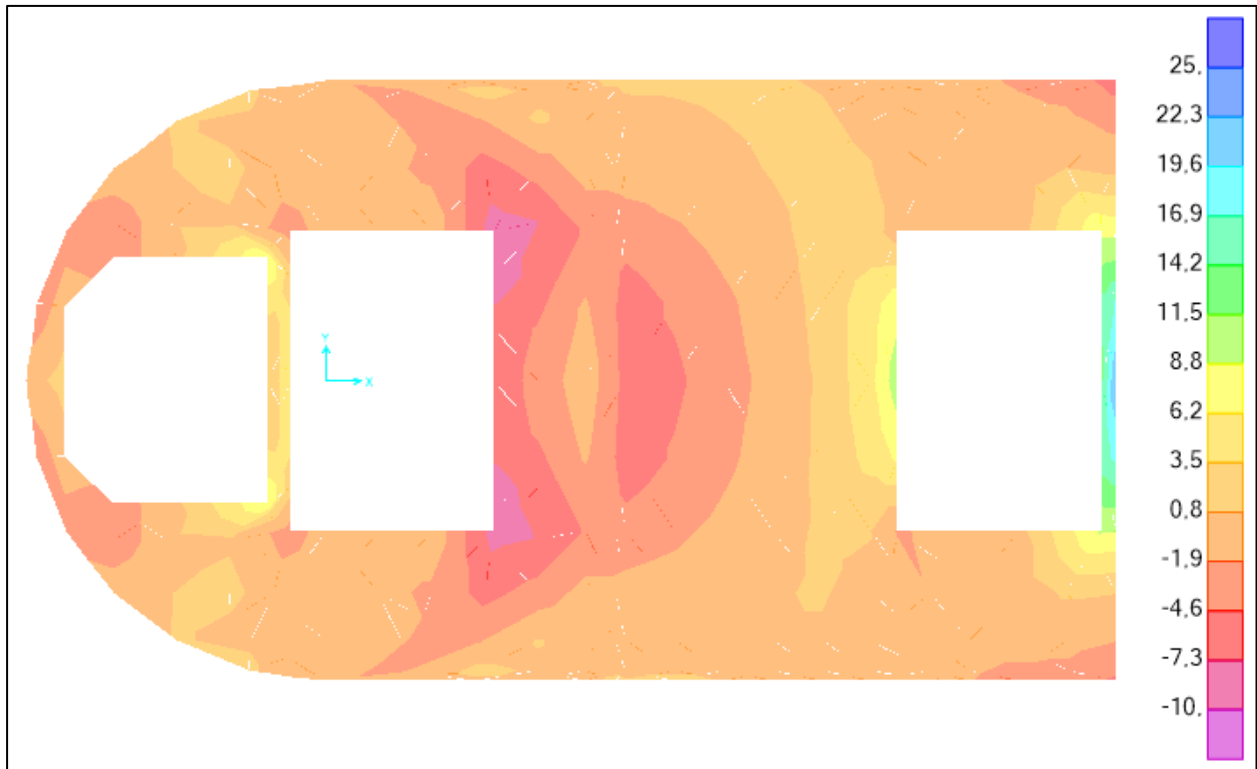
COMB1



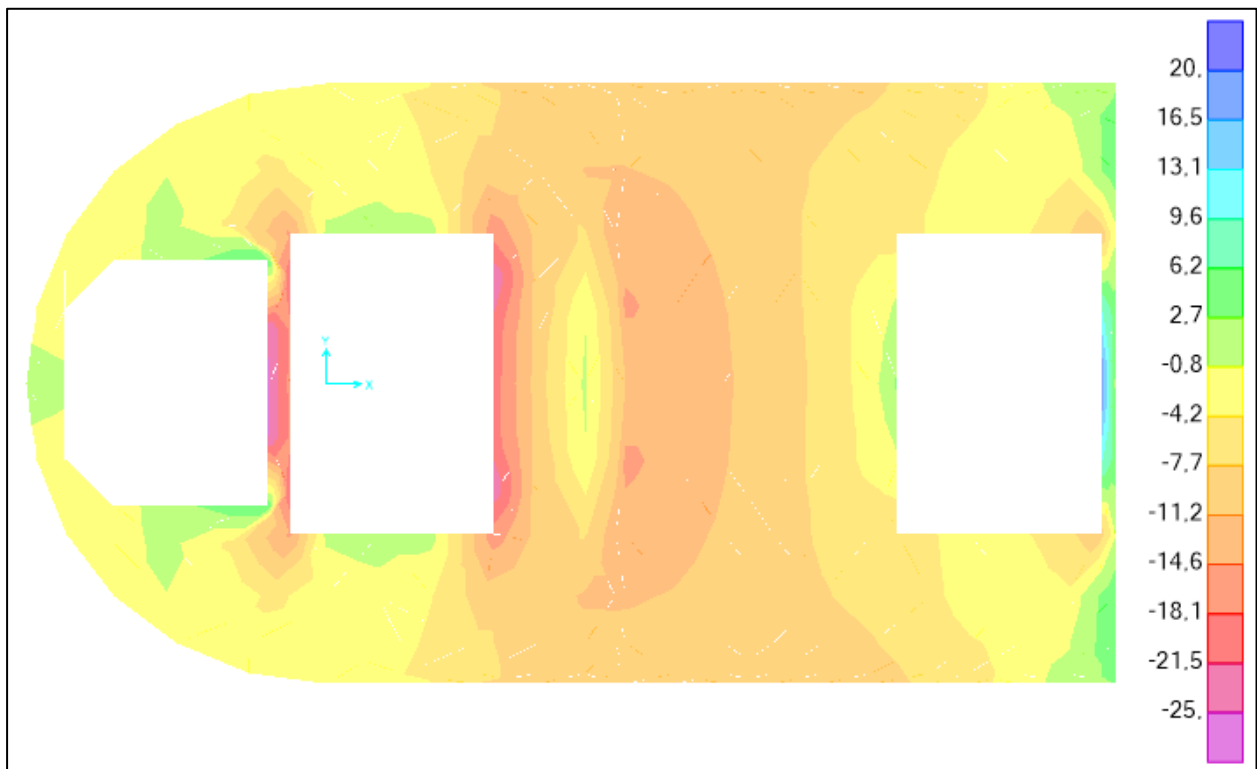
COMB2



### COMB3



### COMB4



A tabela a seguir apresenta o dimensionamento da laje superior (h = 20 cm):

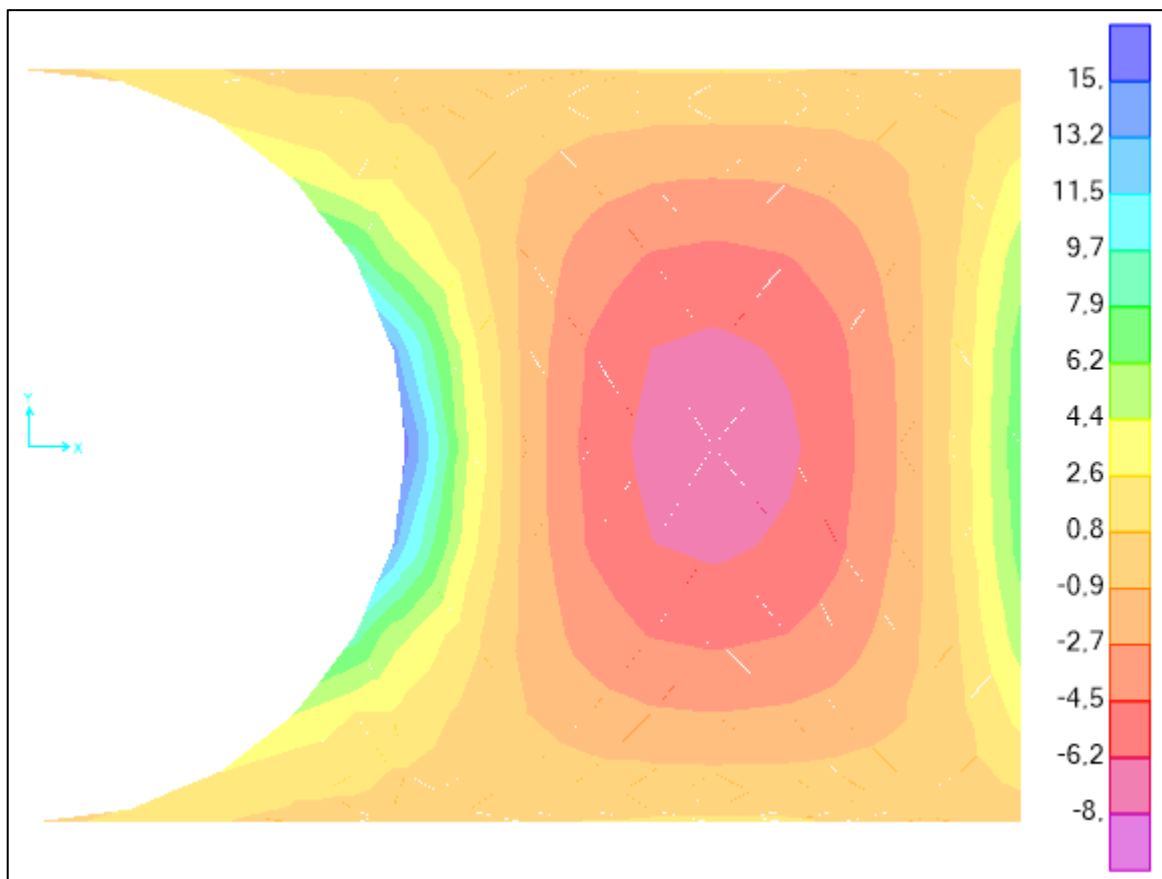
FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014										fck (Mpa)	40,00
										fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU				
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)
Armadura Horizontal Face superior	100,00	20,00	14,00	6,00	2,5	-4,20	<b>0,34</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>		<b>3,58</b>
Armadura Horizontal Face inferior	100,00	20,00	14,00	6,00	2,3	-7,60	<b>0,25</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>		<b>3,58</b>
Armadura Vertical Face superior	100,00	20,00	14,00	6,00	2,9	-6,11	<b>0,38</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>		<b>3,58</b>
Armadura Vertical Face inferior	100,00	20,00	14,00	6,00	2,1	10,00	<b>0,51</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>		<b>3,58</b>

### 3.4.2 LAJE INTERMEDIÁRIA

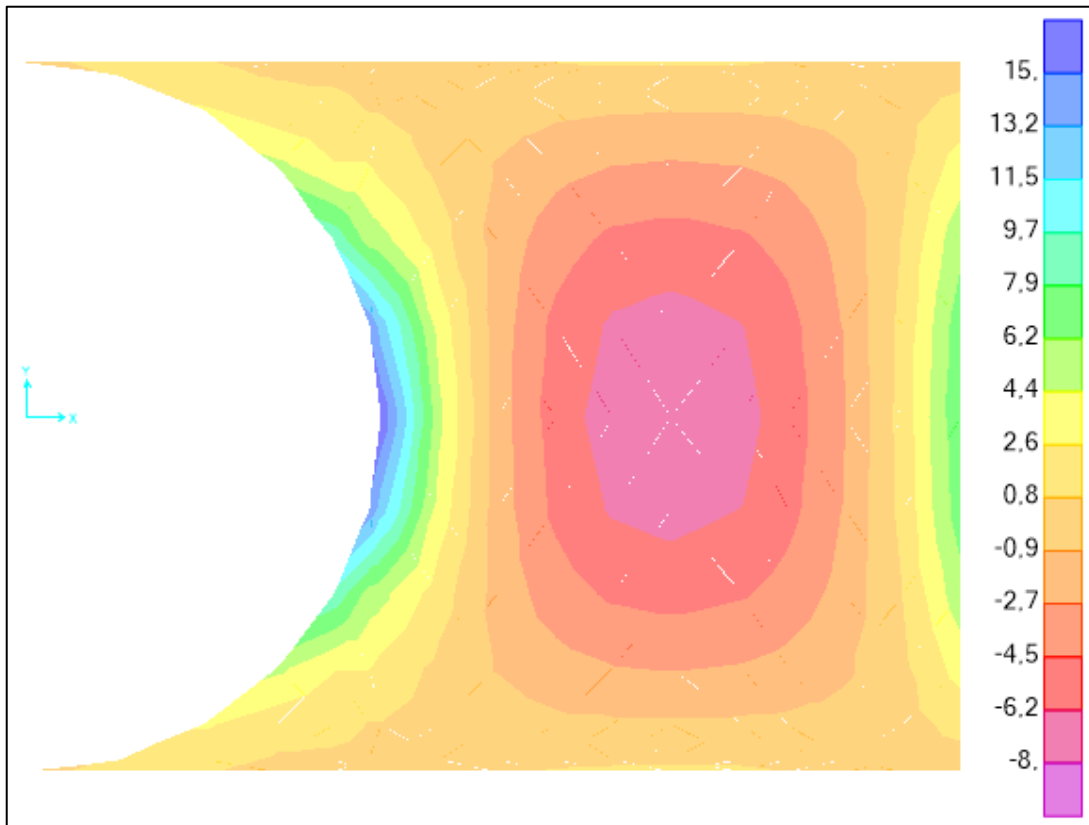
Armadura Horizontal

Momento Fletor

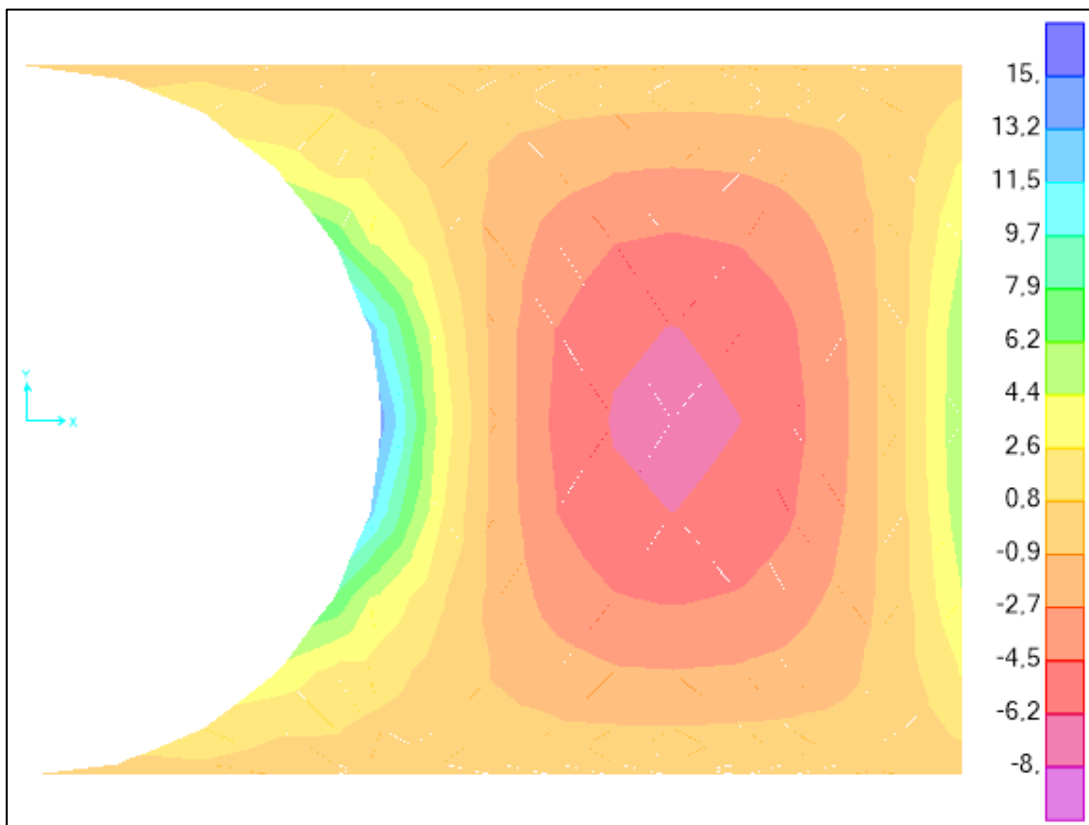
COMB1



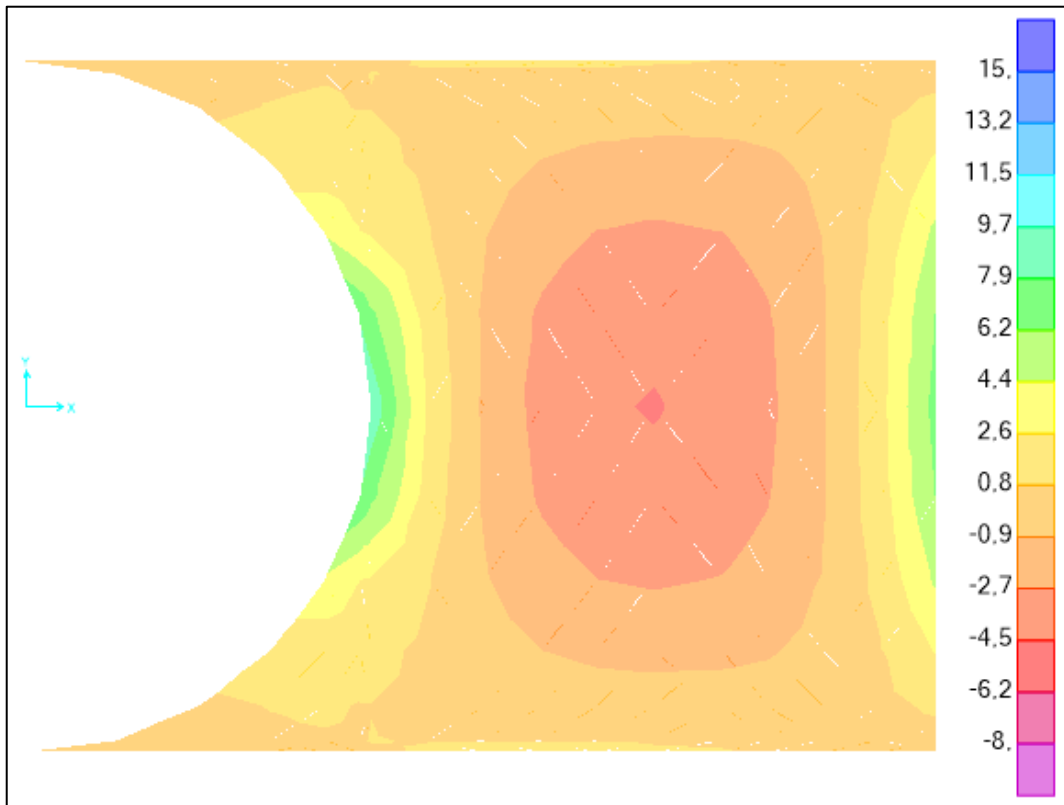
### COMB2



### COMB3

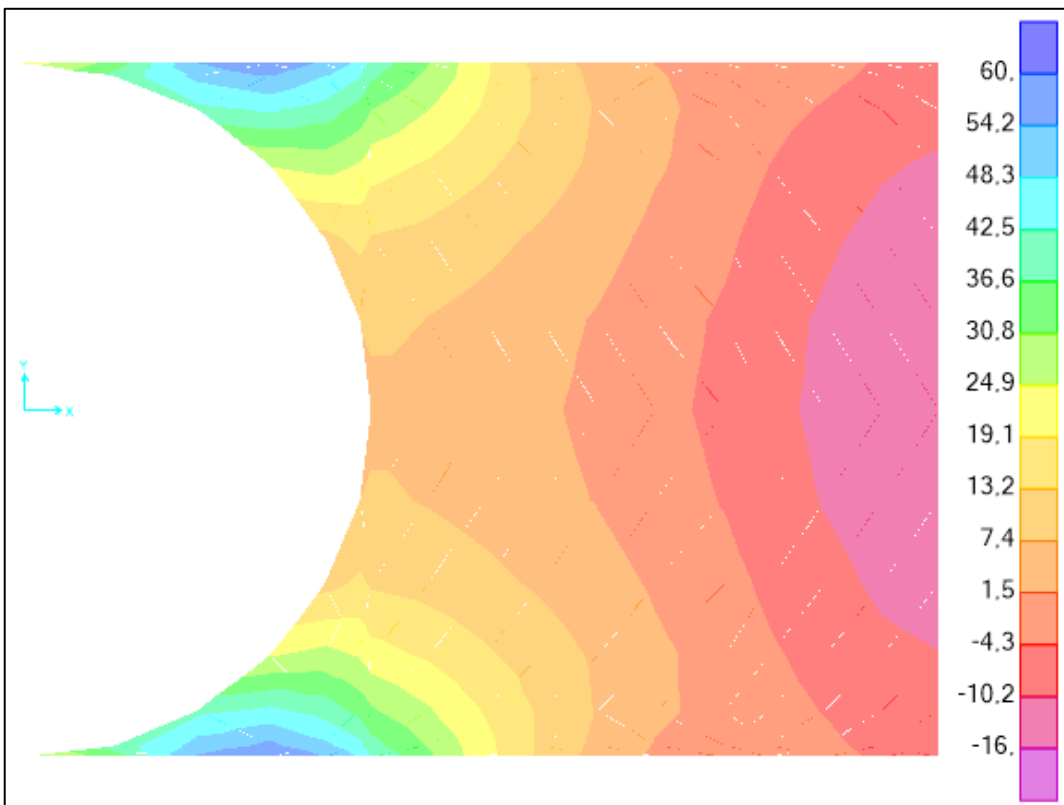


COMB4

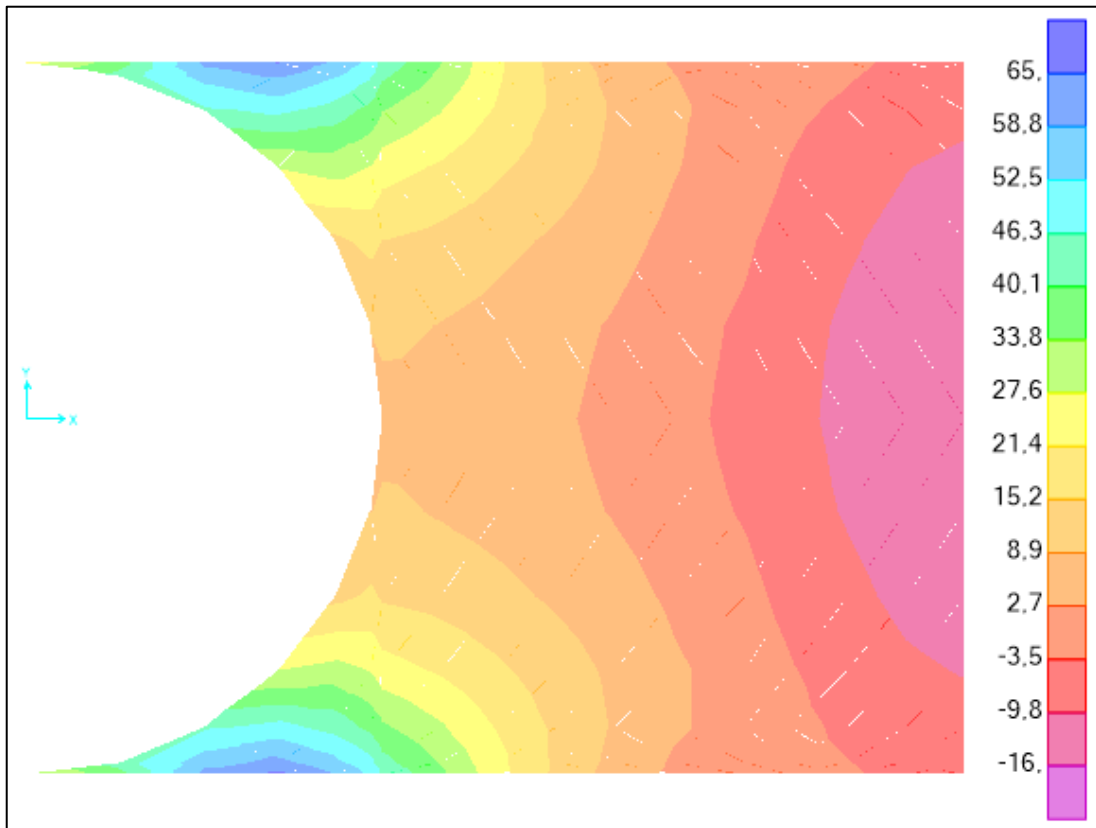


Esforço Normal

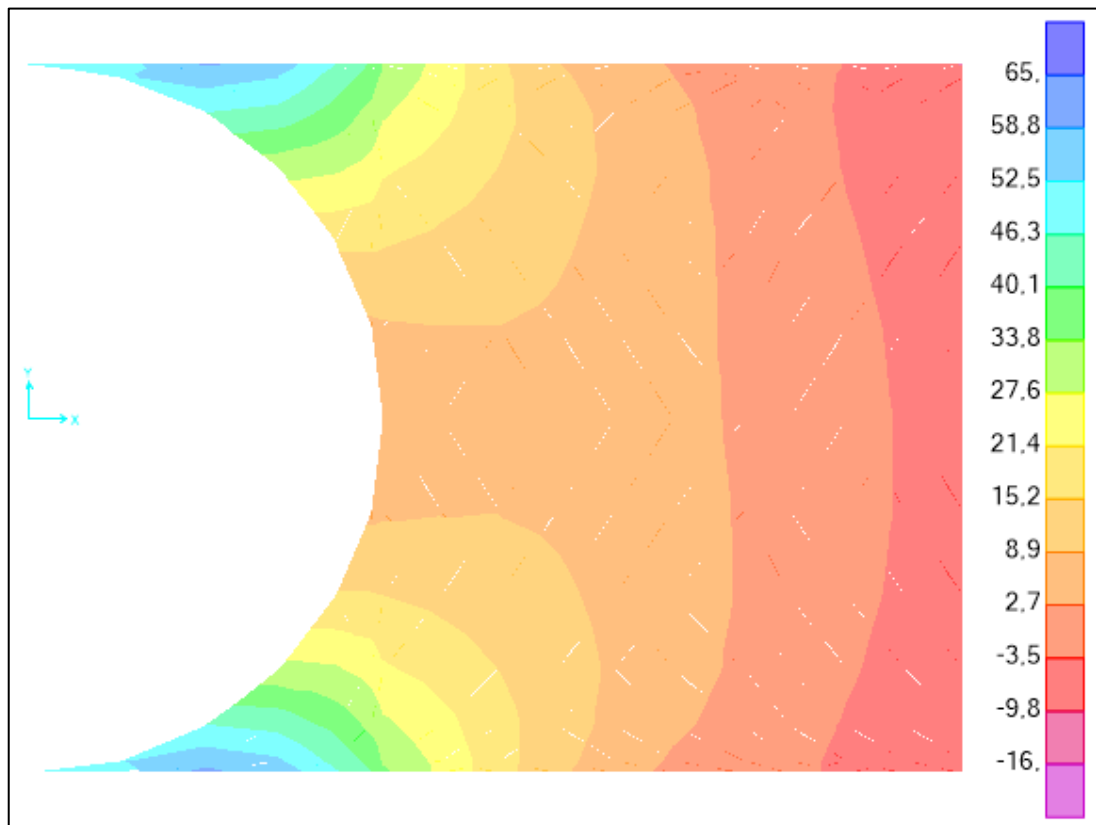
COMB1



COMB2

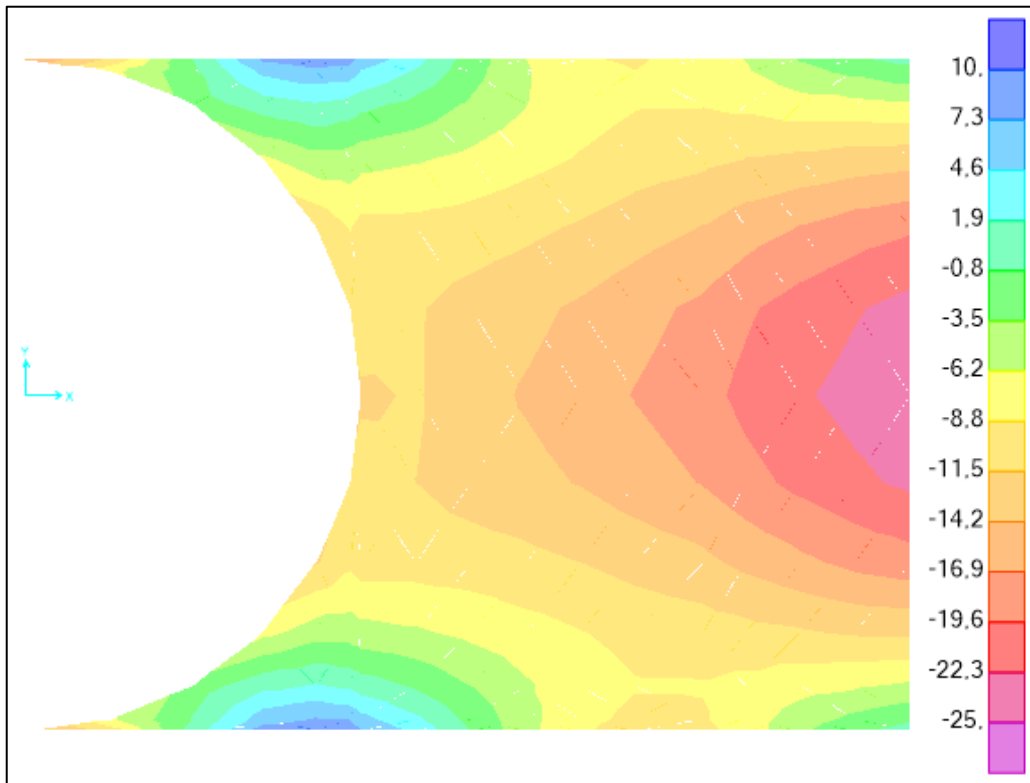


COMB3



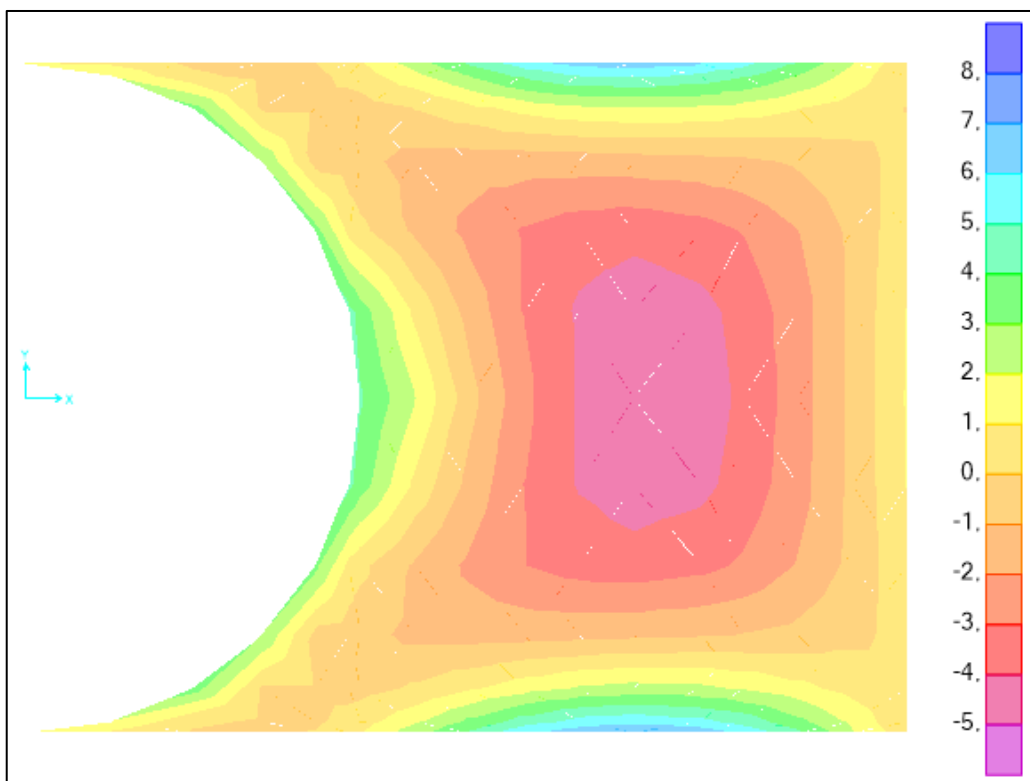


COMB4

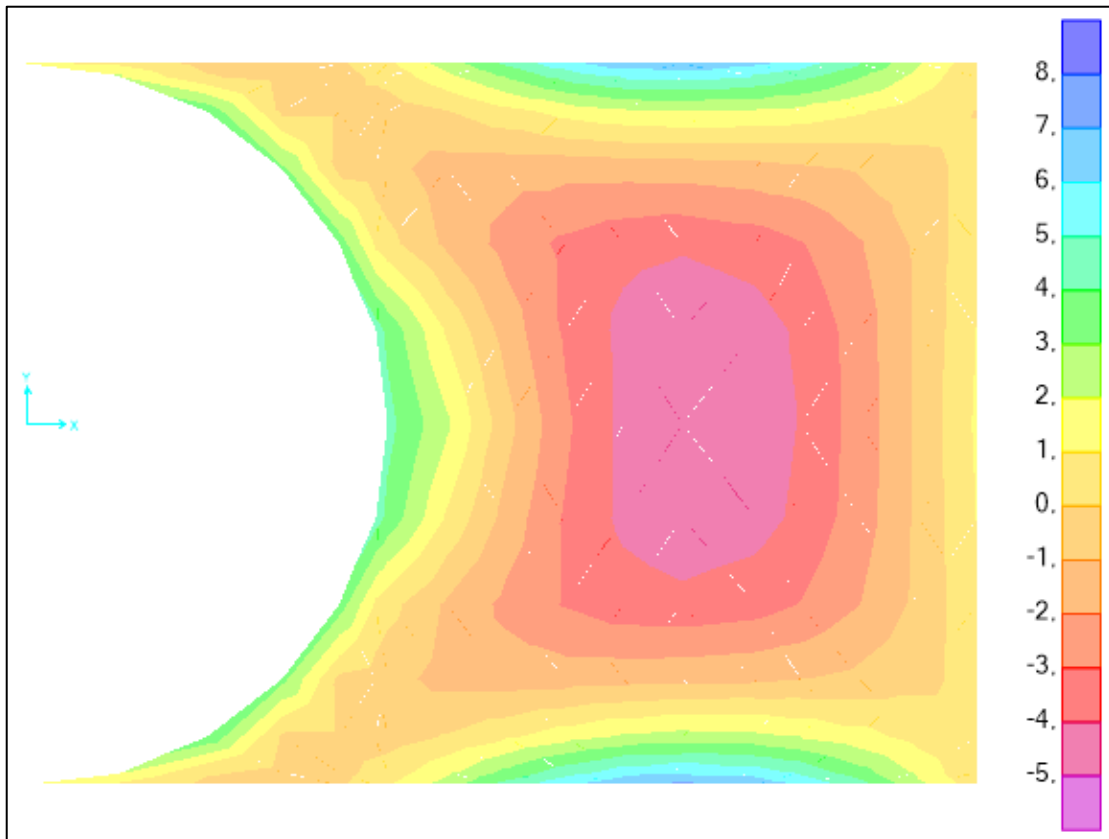


Armadura Vertical  
Momento Fletor

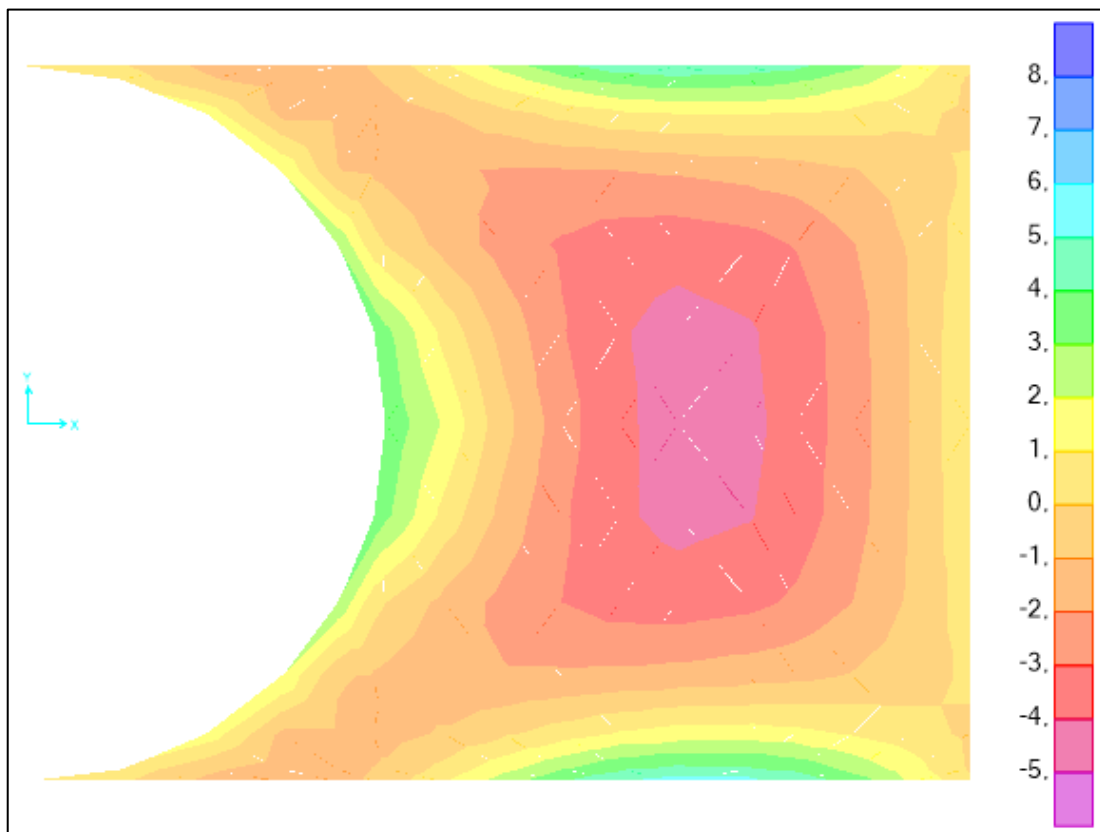
COMB1



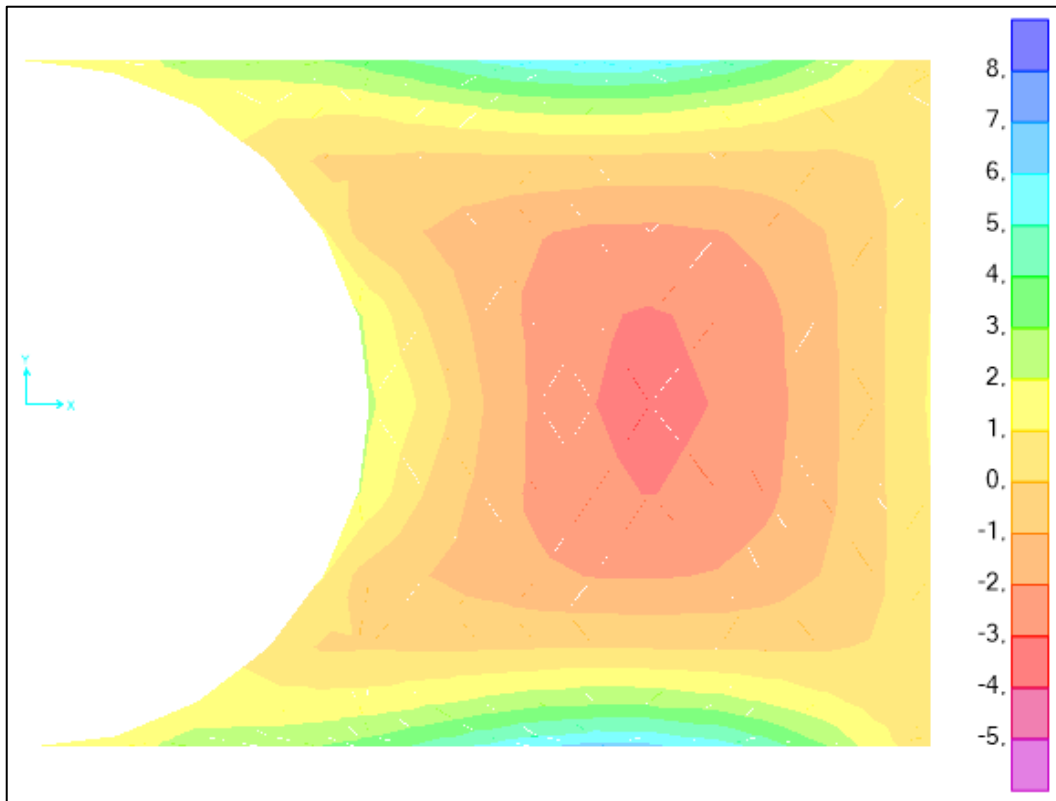
### COMB2



### COMB3

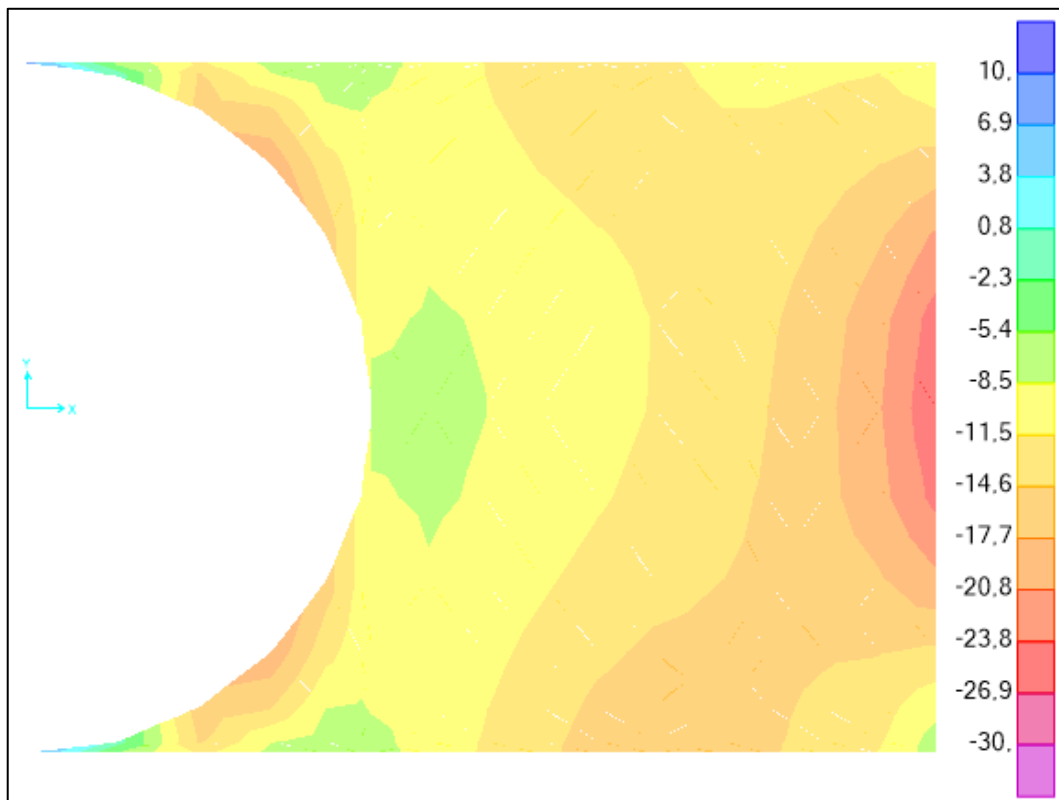


COMB4

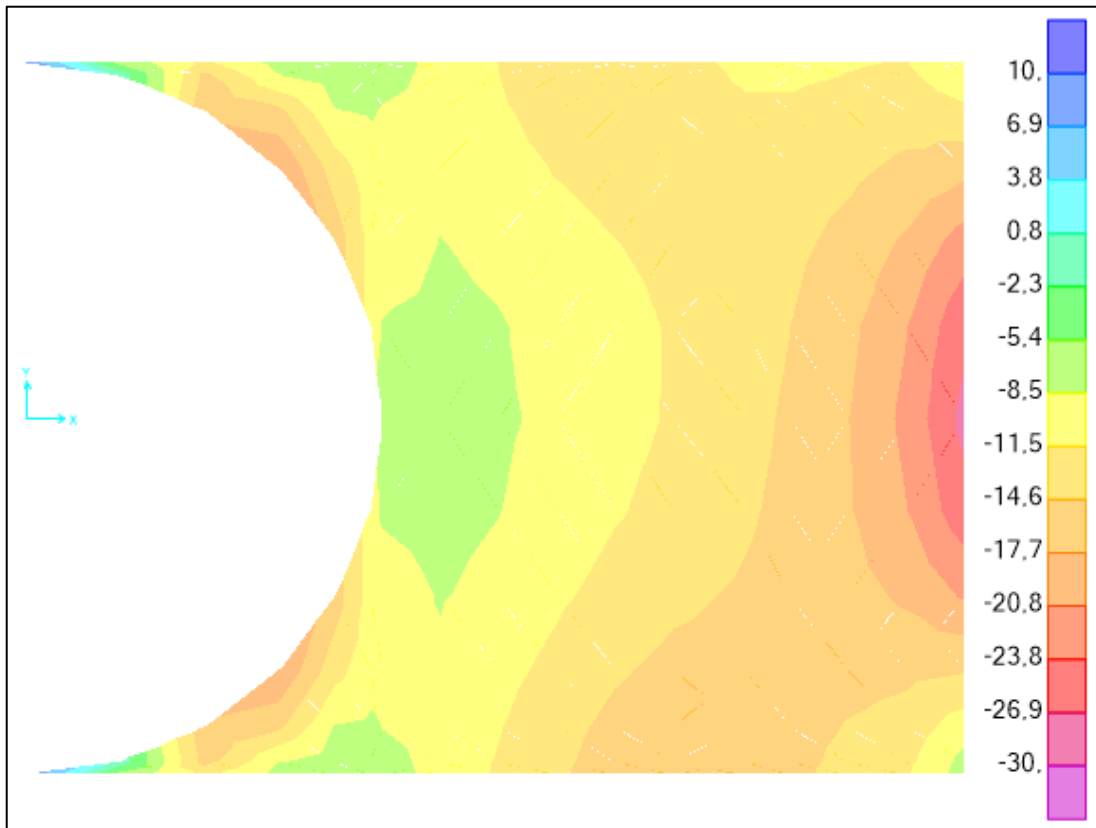


Esforço Normal

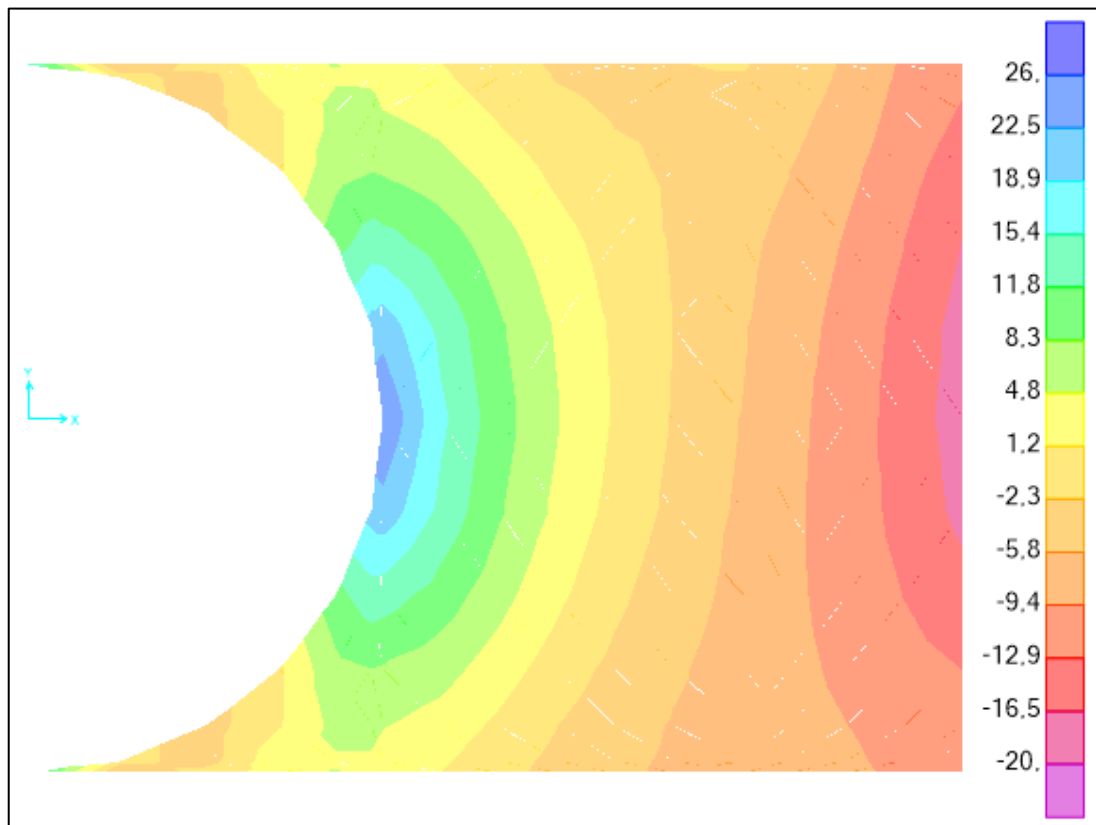
COMB1



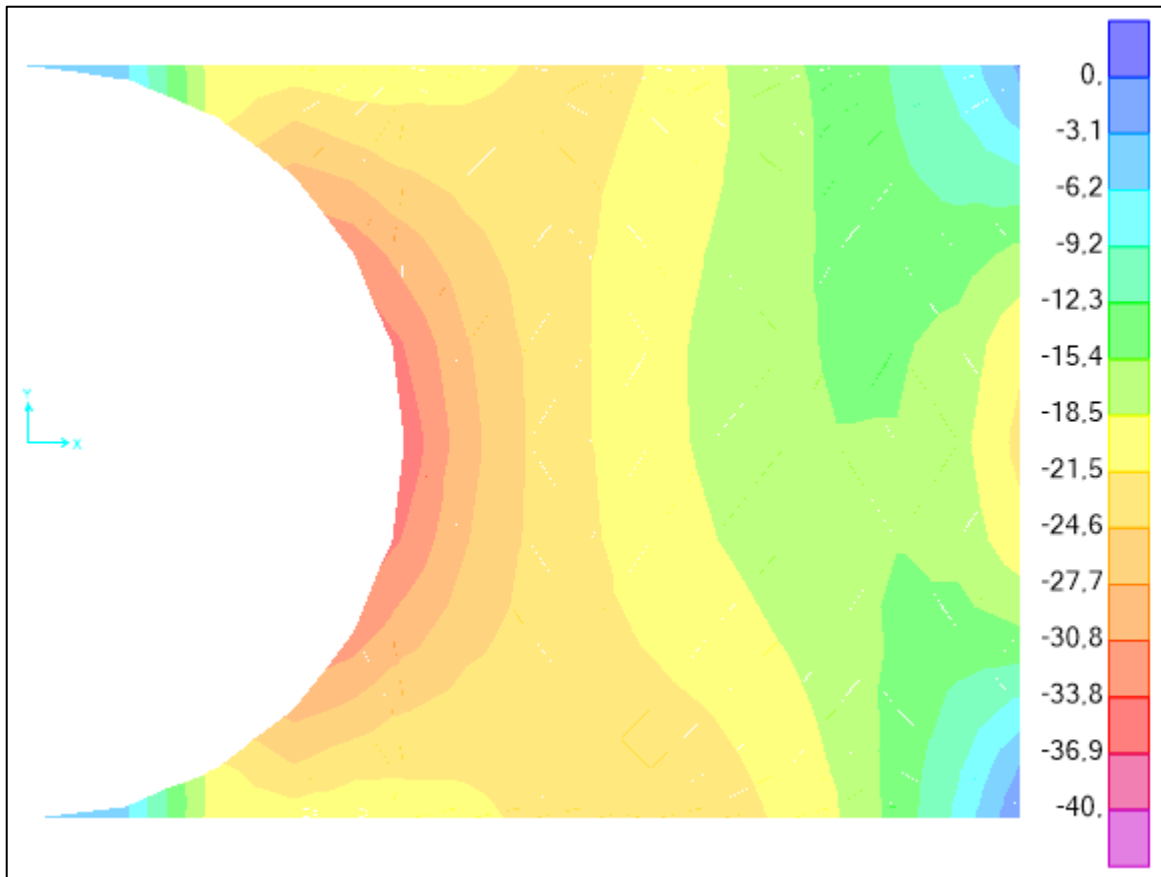
### COMB2



### COMB3



COMB4



A tabela a seguir apresenta o dimensionamento da laje intermediária (h = 20 cm):

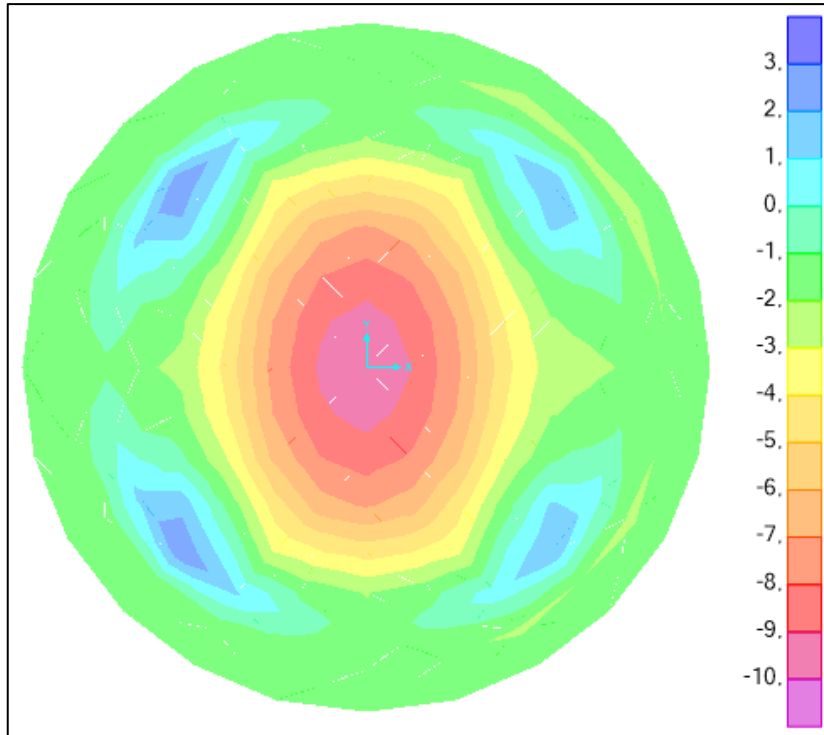
FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	40,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	As' (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Armadura Horizontal Face superior	100,00	20,00	14,00	6,00	7,7	1,60	<b>1,30</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>		<b>3,58</b>	
Armadura Horizontal Face inferior	100,00	20,00	14,00	6,00	16,6	6,30	<b>2,88</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>		<b>3,58</b>	
Armadura Vertical Face superior	100,00	20,00	14,00	6,00	4,8	-11,00	<b>0,61</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>		<b>3,58</b>	
Armadura Vertical Face inferior	100,00	20,00	14,00	6,00	6,6	-13,40	<b>0,87</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>		<b>3,58</b>	

### 3.4.3 LAJE INFERIOR

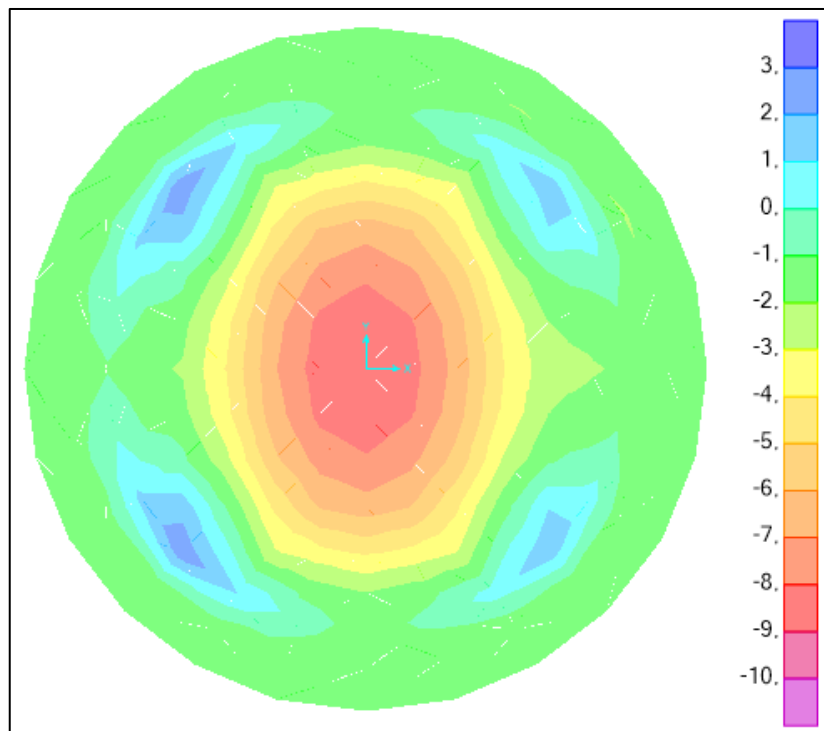
Armadura Horizontal

Momento Fletor

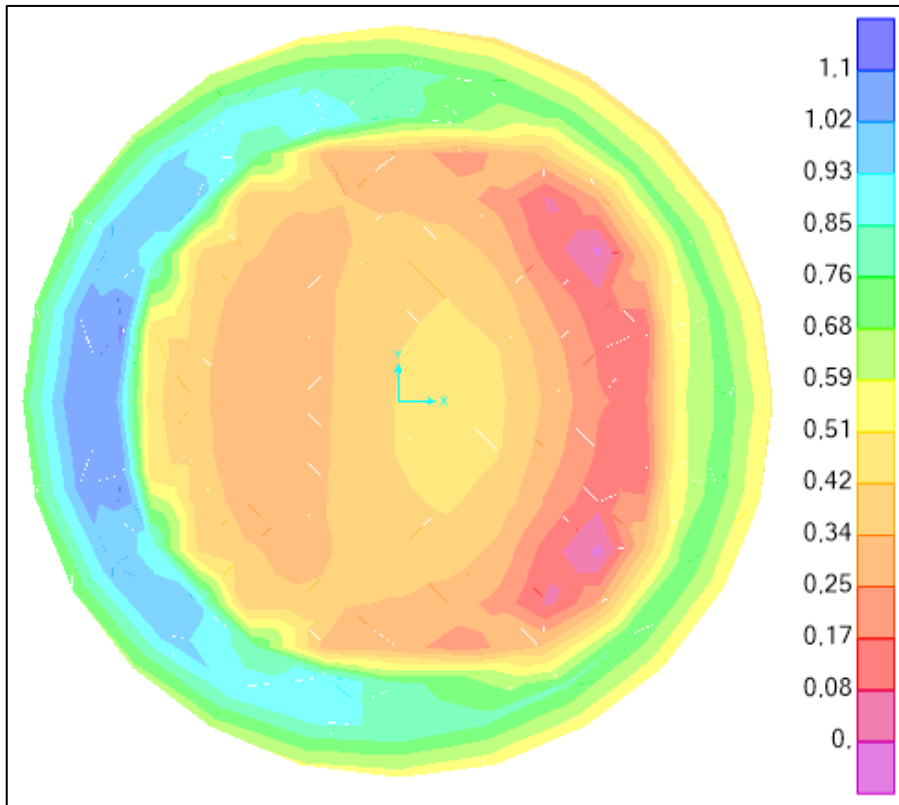
COMB1



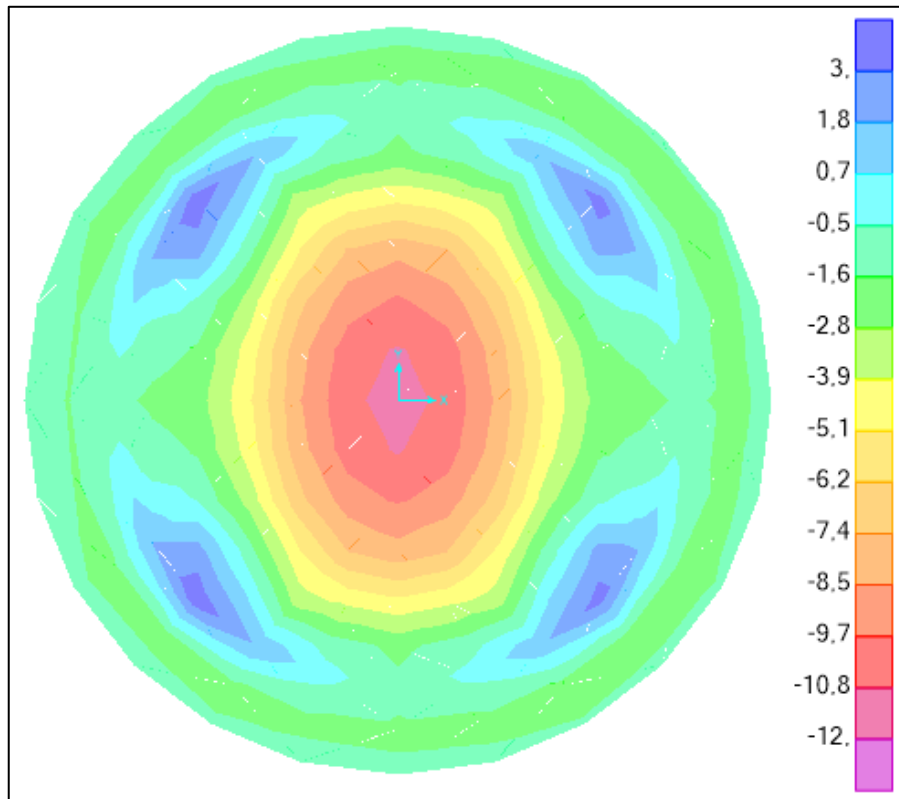
COMB2



COMB3

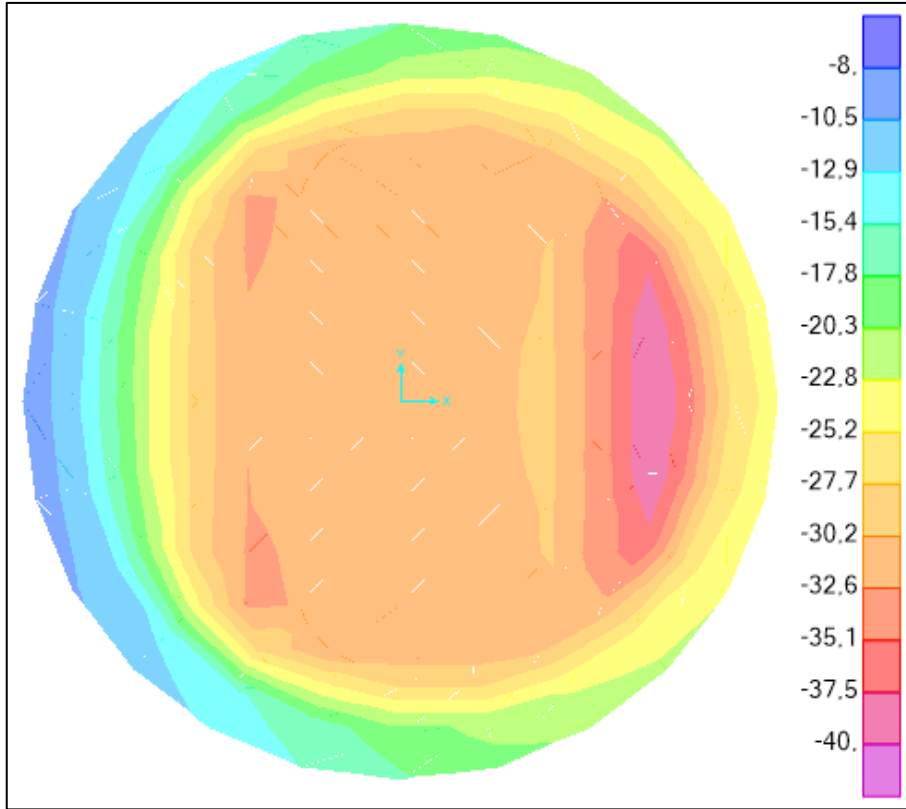


COMB4

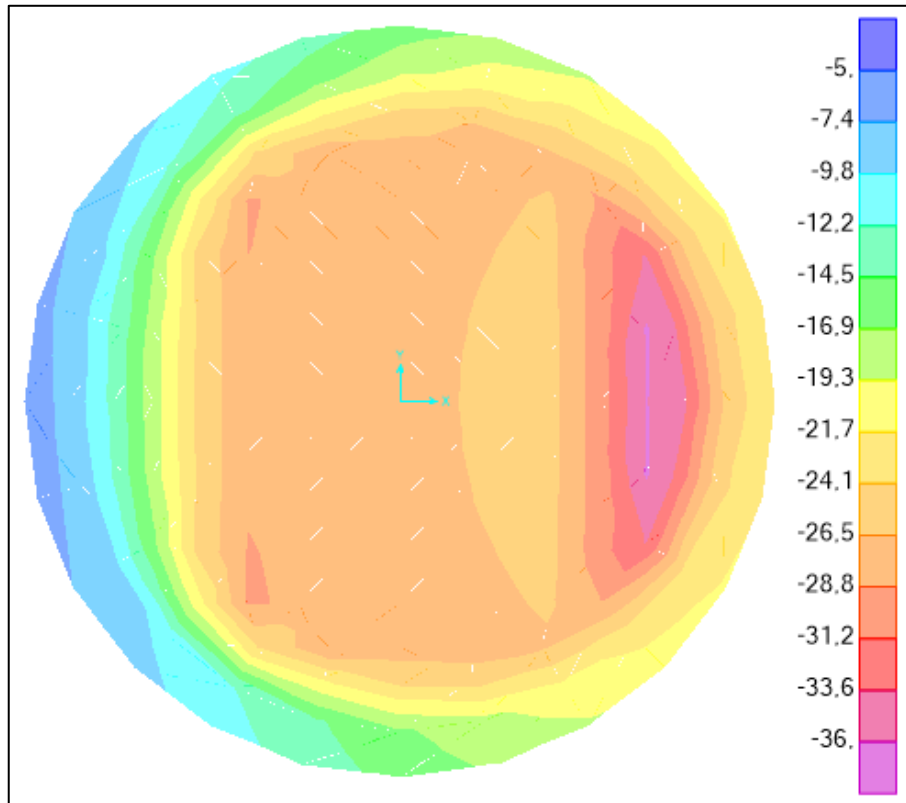


Esforço Normal

COMB1

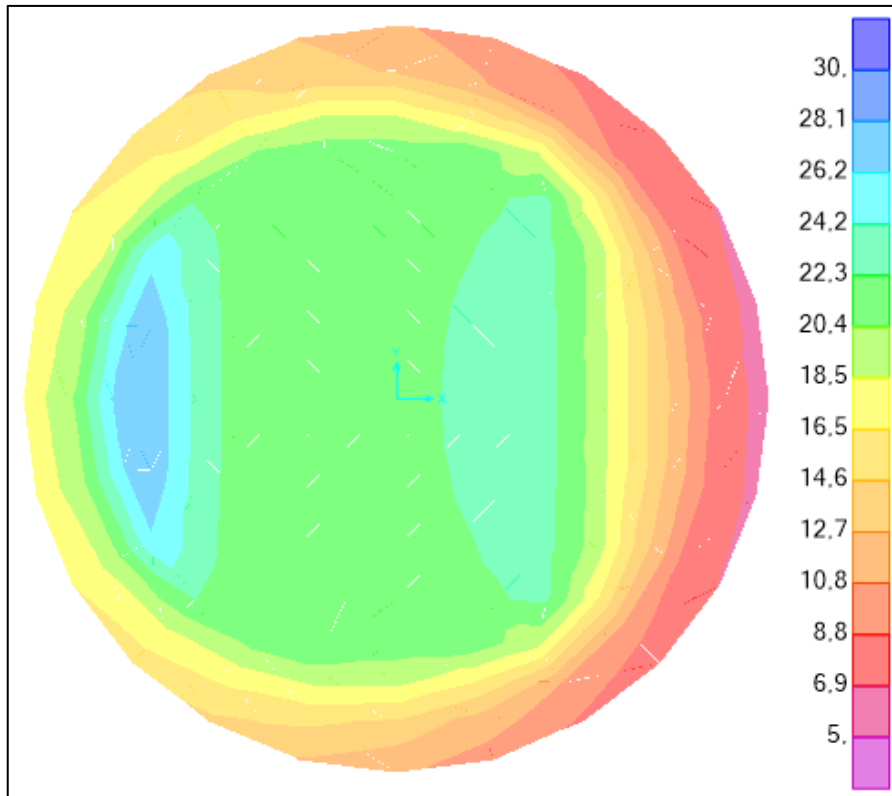


COMB2

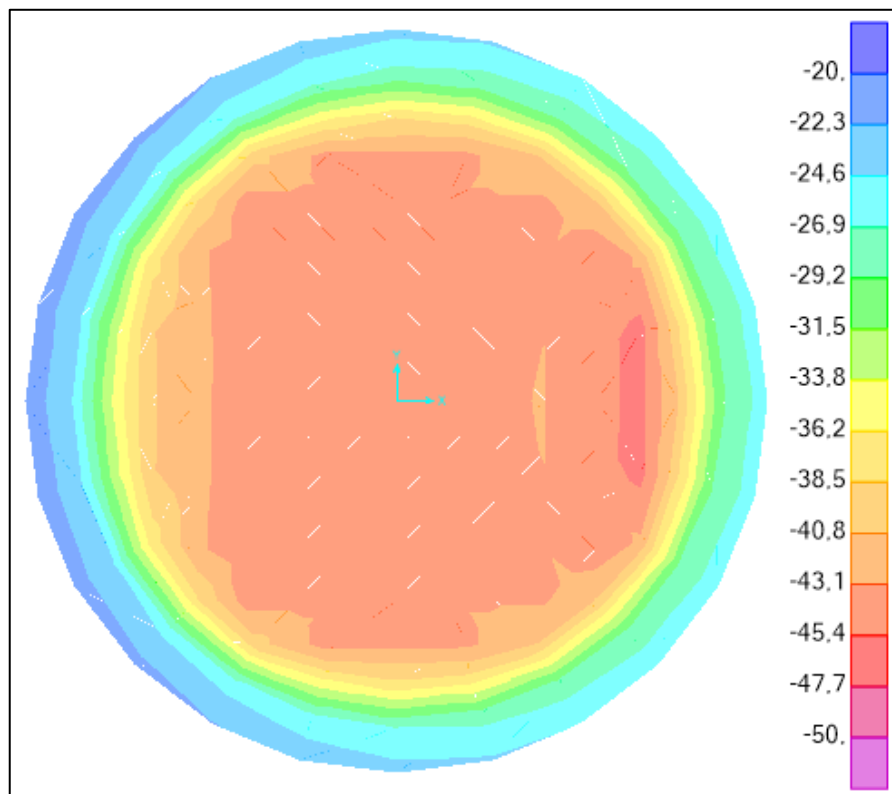




COMB3



COMB4

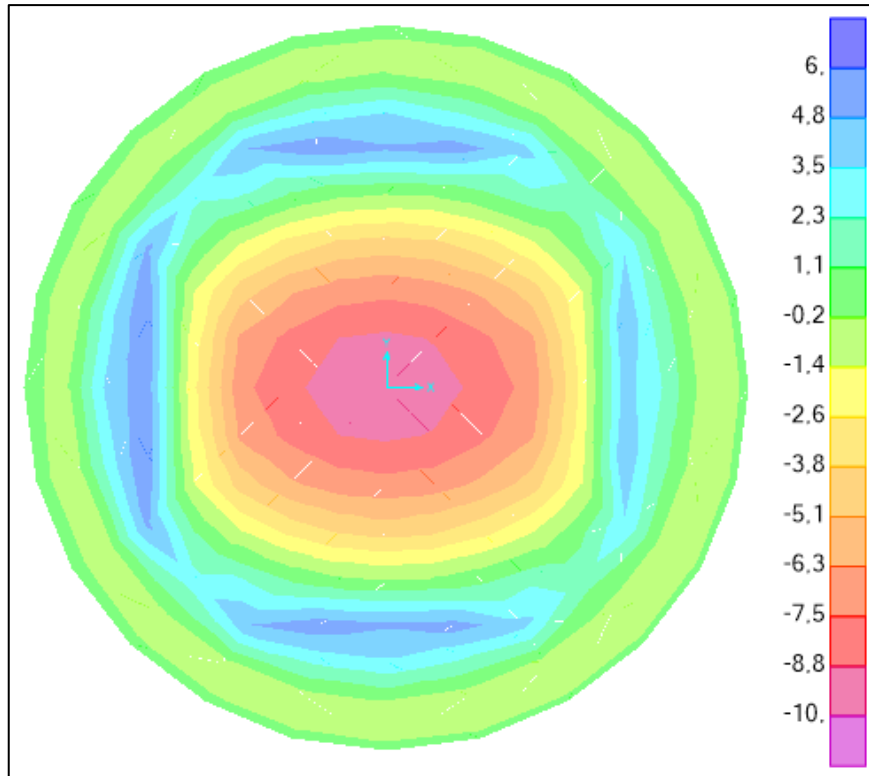




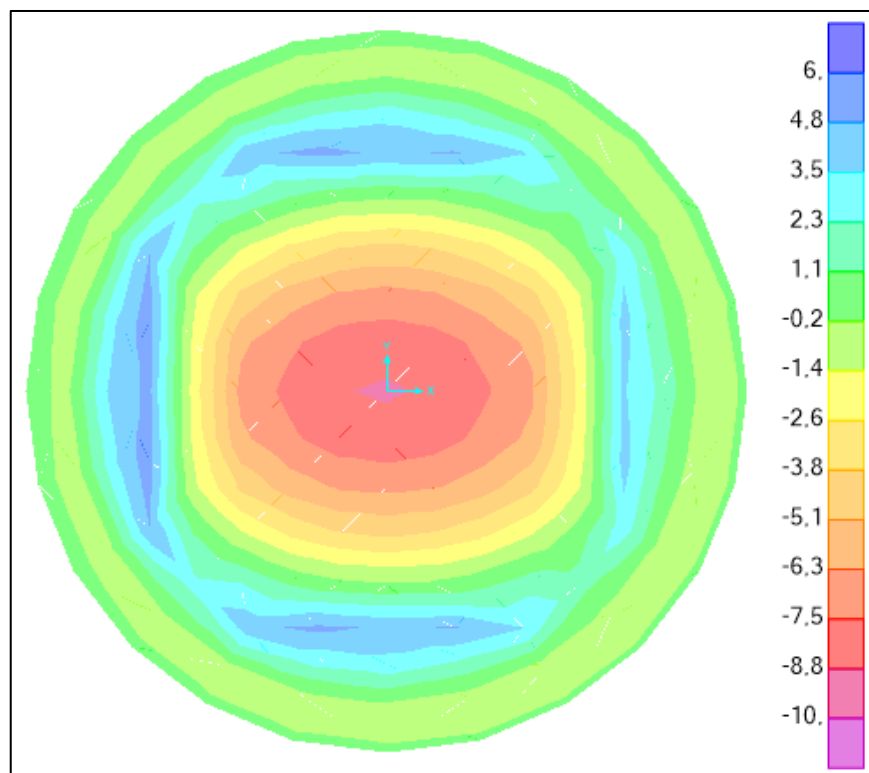
# Armadura Vertical

## Momento Fletor

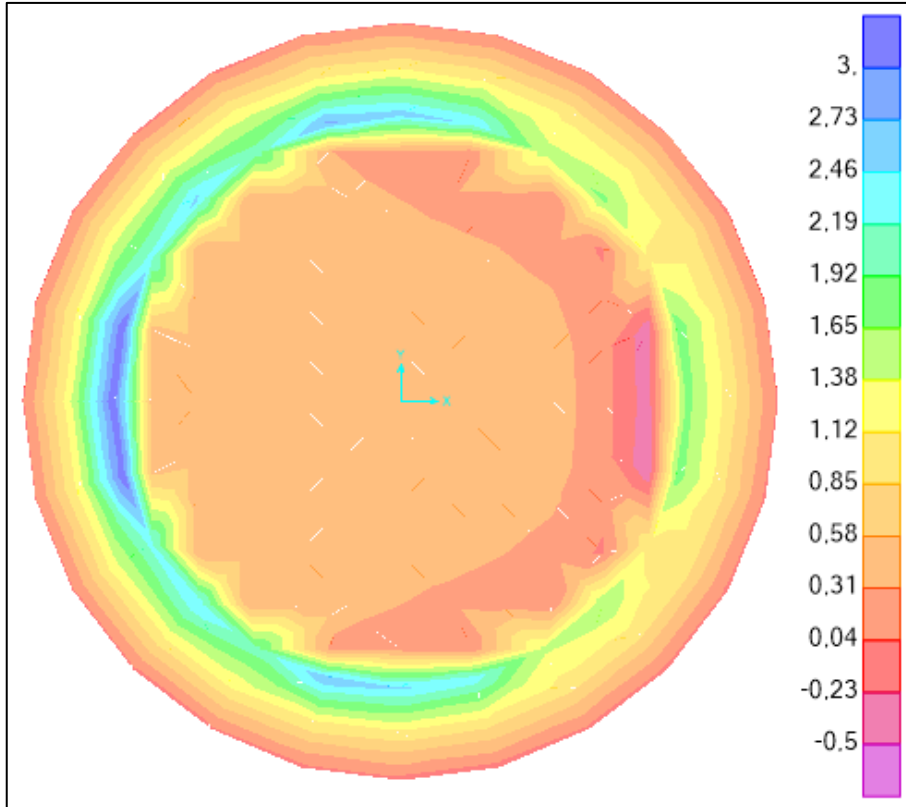
COMB1



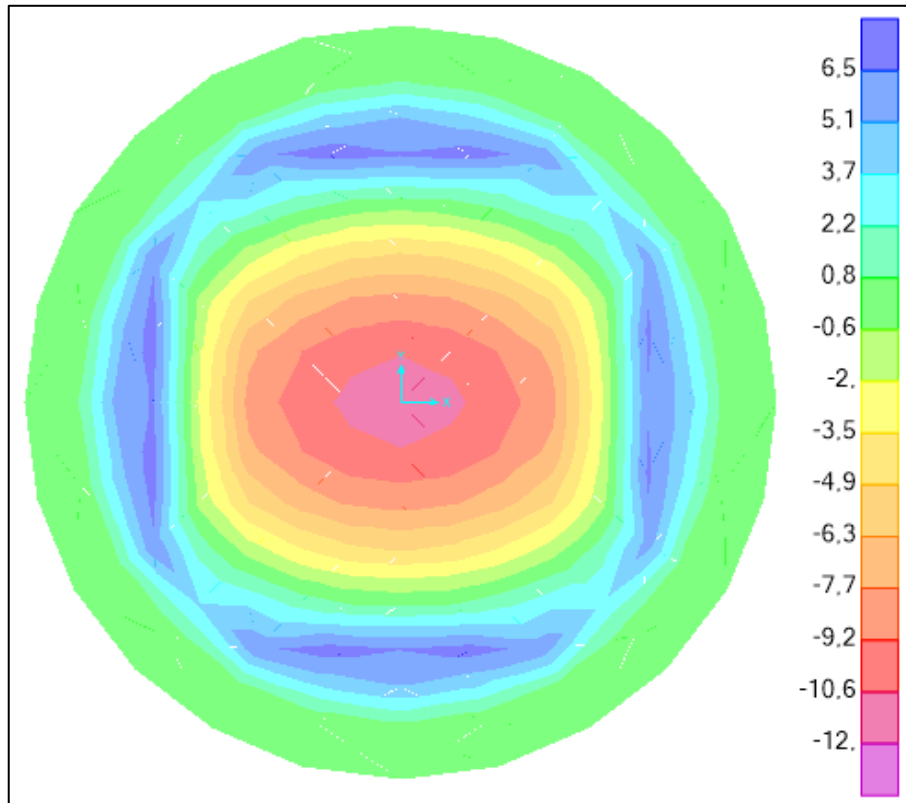
COMB2



COMB3

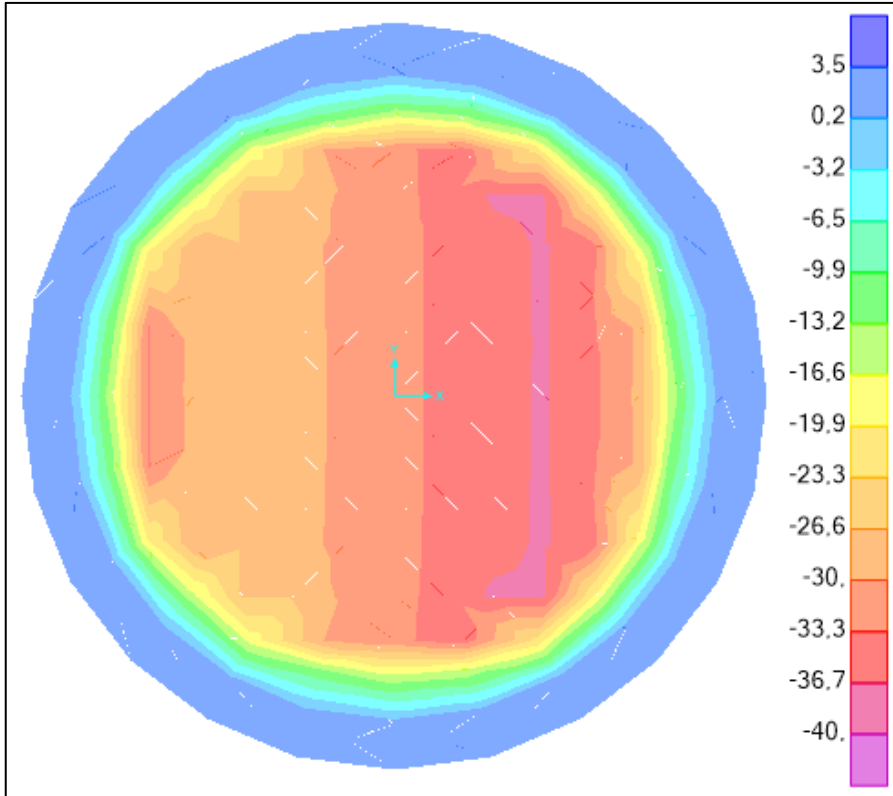


COMB4

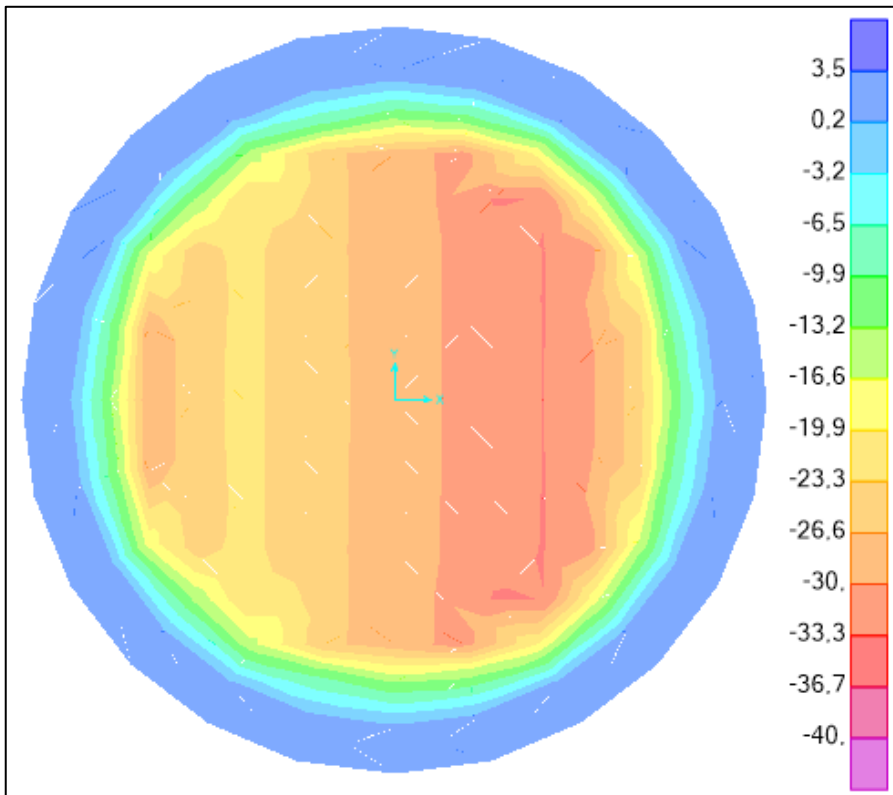


Esforço Normal

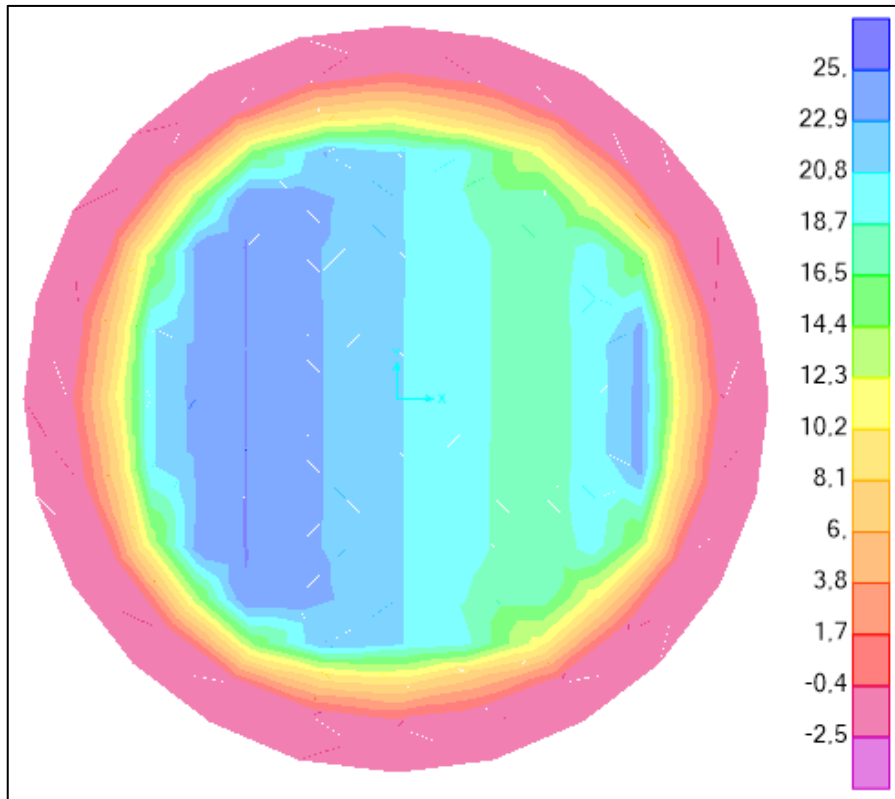
COMB1



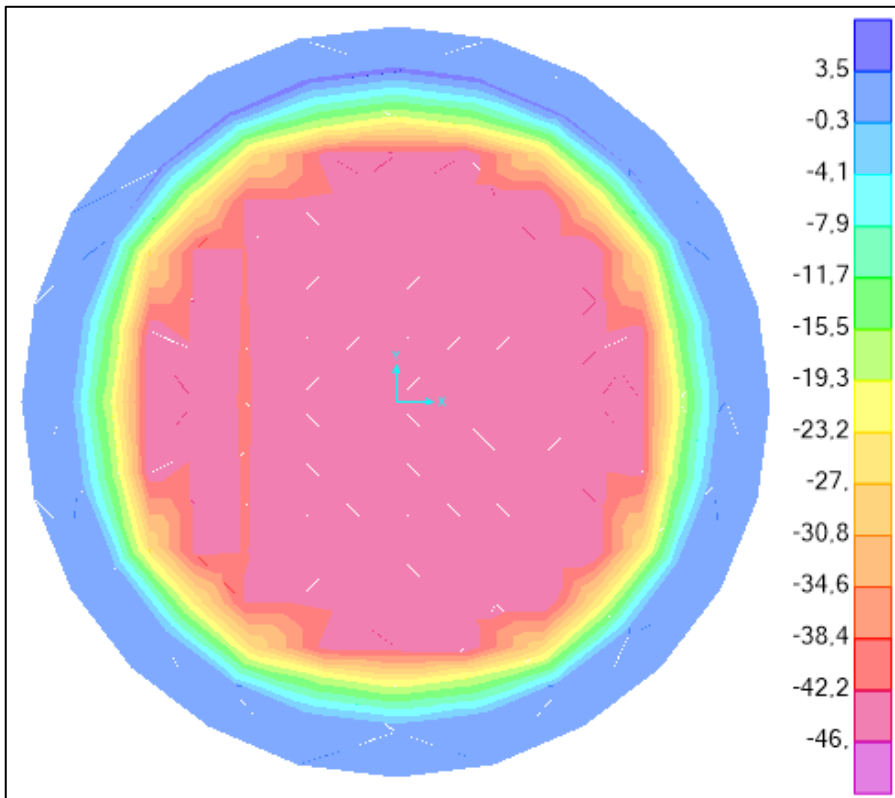
COMB2



COMB3



COMB4



A tabela a seguir apresenta o dimensionamento da laje inferior (h = 20 cm):

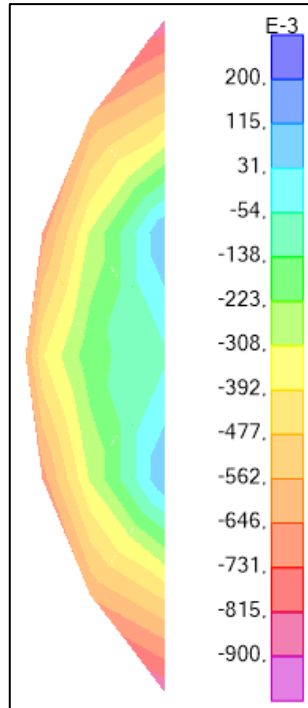
FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	40,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Armadura Horizontal Face superior	100,00	20,00	14,00	6,00	11,3	-43,40	1,17	Ø8mm c.12,5	0,00		3,58	
Armadura Horizontal Face inferior	100,00	20,00	14,00	6,00	3,6	-38,30	0,00	Ø8mm c.12,5	0,00		3,58	
Armadura Vertical Face superior	100,00	20,00	14,00	6,00	11,3	-44,20	1,16	Ø8mm c.12,5	0,00		3,58	
Armadura Vertical Face inferior	100,00	20,00	14,00	6,00	7,2	-36,40	0,60	Ø8mm c.12,5	0,00		3,58	

### 3.4.4 LAJE – CESTO

Armadura Horizontal

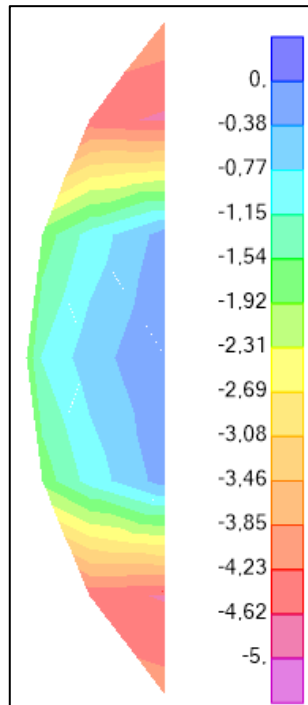
Momento Fletor

COMB1 A COM4



Esforço Normal

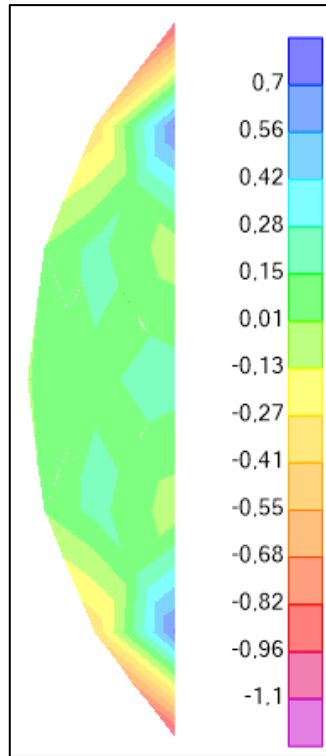
COMB1 A COMB 4



Armadura Vertical

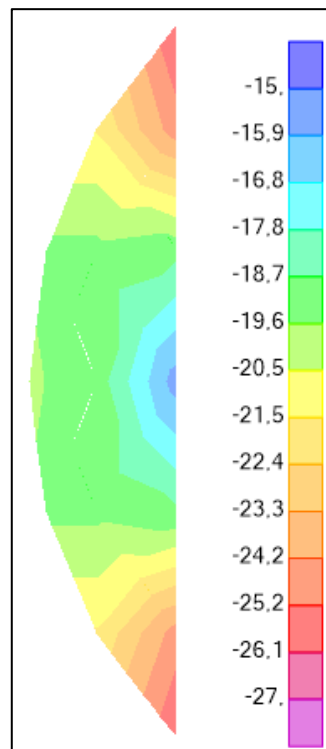
Momento Fletor

COMB1 A COM4



Esforço Normal

COMB1 A COMB 4





A tabela a seguir apresenta o dimensionamento da laje – cesto ( $h = 15 \text{ cm}$ ):

FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	40,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Armadura Horizontal Face superior	100,00	15,00	9,00	6,00	0,9	-3,90	<b>0,16</b>	Ø6,3mm c.10	<b>0,00</b>	0,00	<b>2,69</b>	
Armadura Horizontal Face inferior	100,00	15,00	9,00	6,00	0,1	-0,20	<b>0,02</b>	Ø6,3mm c.10	<b>0,00</b>	0,00	<b>2,69</b>	
Armadura Vertical Face superior	100,00	15,00	9,00	6,00	1,1	-25,20	<b>0,00</b>	Ø6,3mm c.10	<b>0,00</b>	0,00	<b>2,69</b>	
Armadura Vertical Face inferior	100,00	15,00	9,00	6,00	0,8	-21,10	<b>0,00</b>	Ø6,3mm c.10	<b>0,00</b>	0,00	<b>2,69</b>	

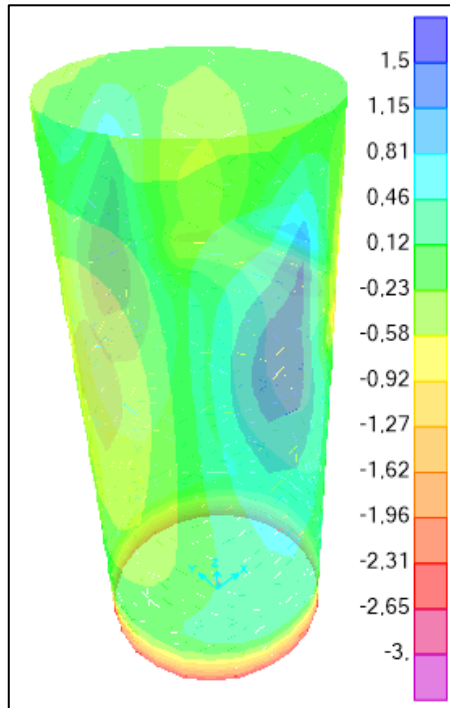
### 3.4.5 PAREDES

#### – PAR.1

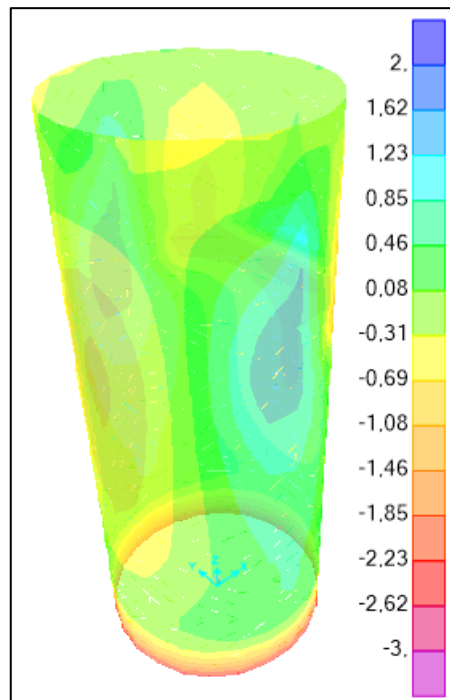
Armadura Horizontal

Momento Fletor

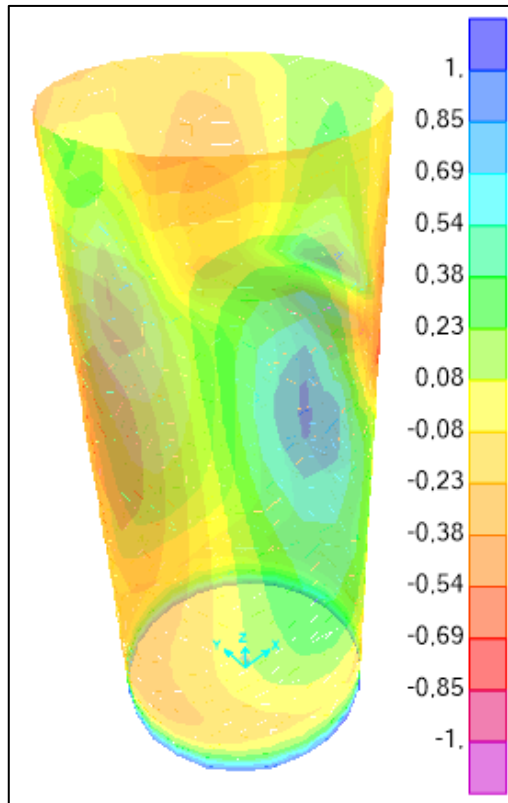
COMB1



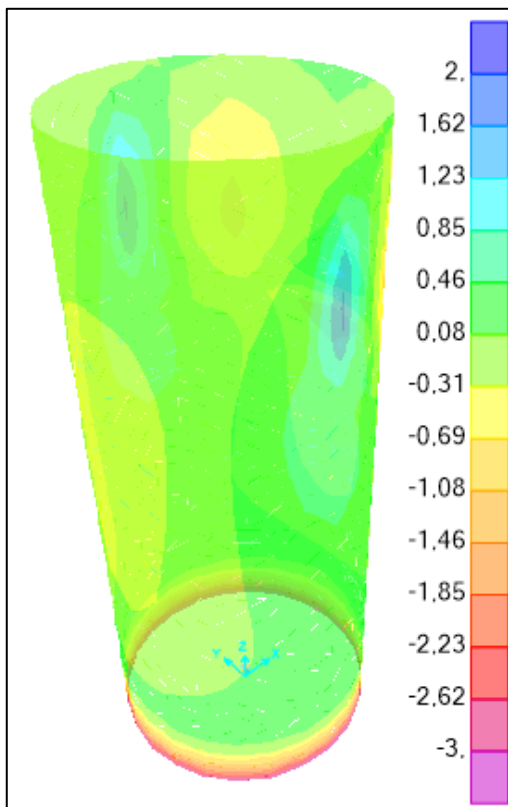
COMB2



COMB3

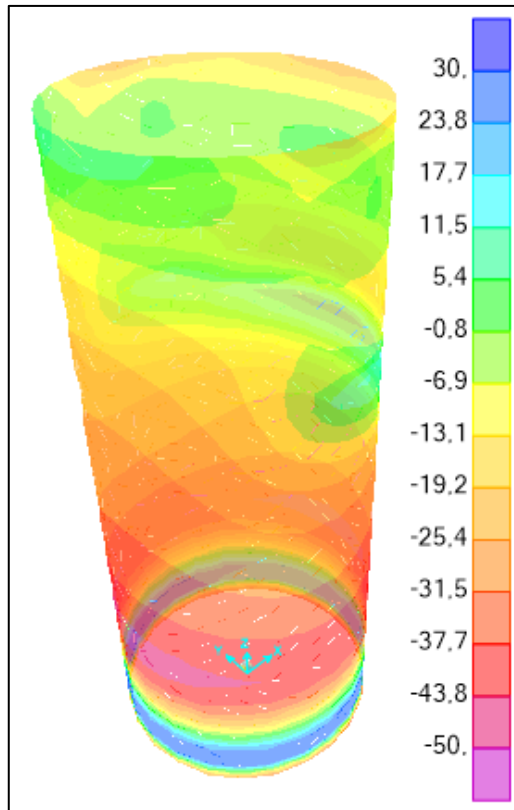


COMB4

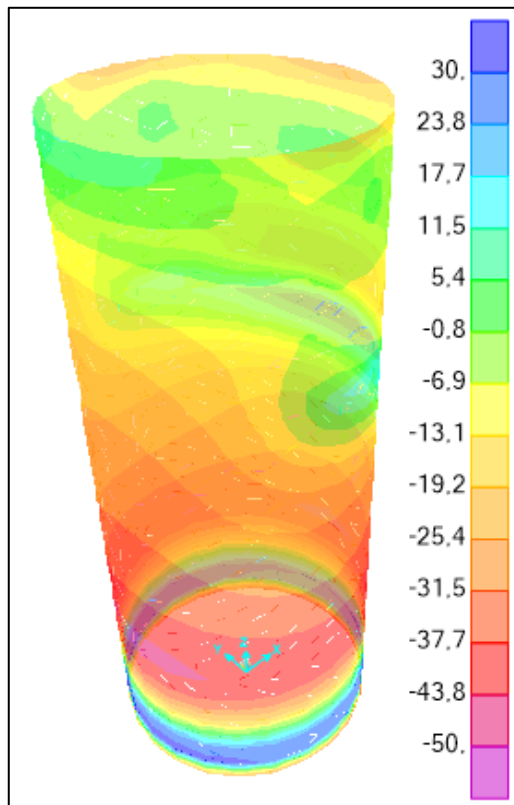


Esforço Normal

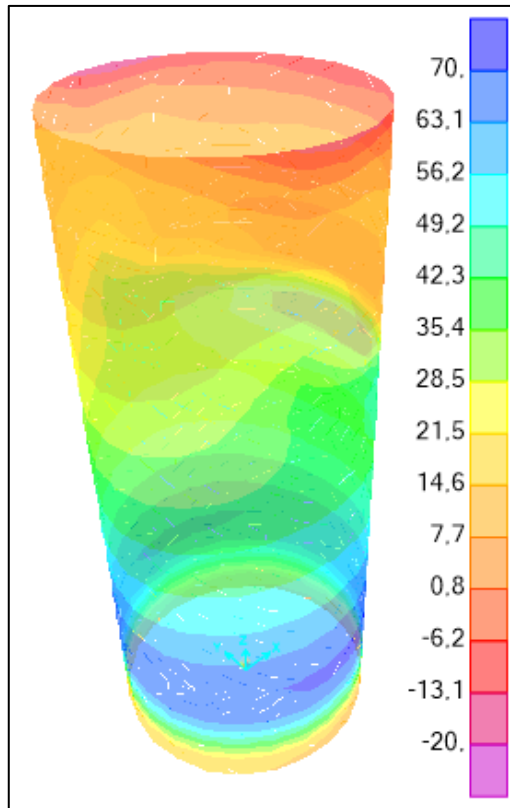
COMB1



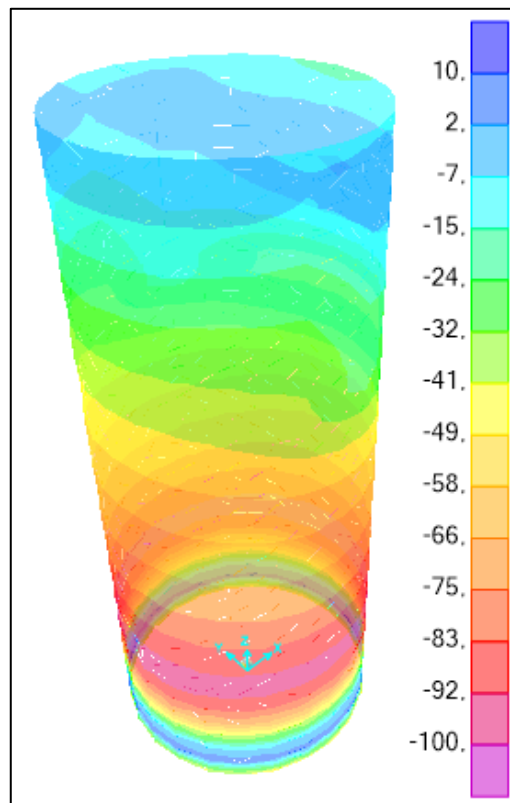
COMB2



COMB3



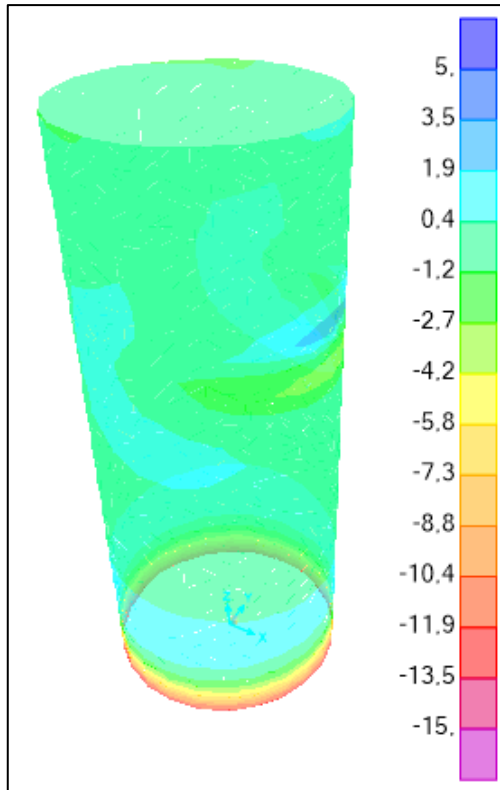
COMB4



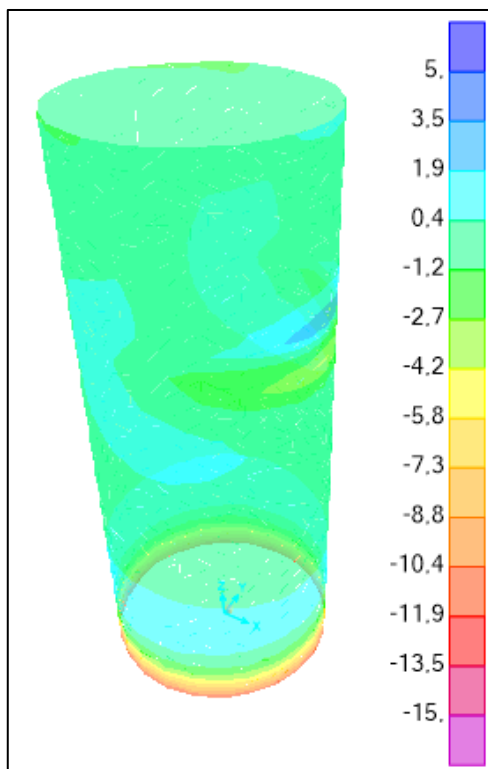
Armadura Vertical

Momento Fletor

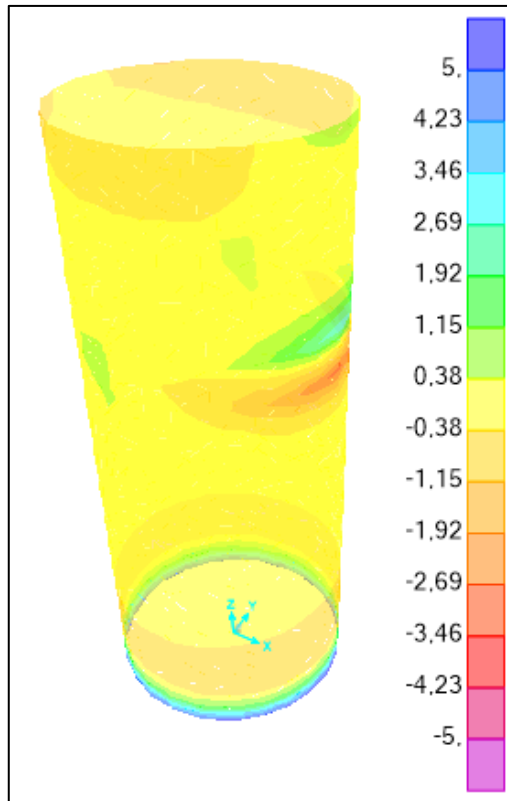
COMB1



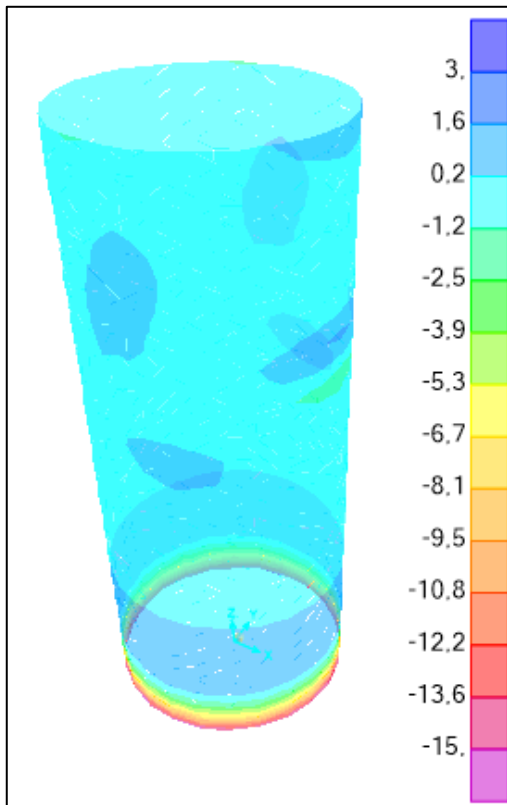
COMB2



COMB3

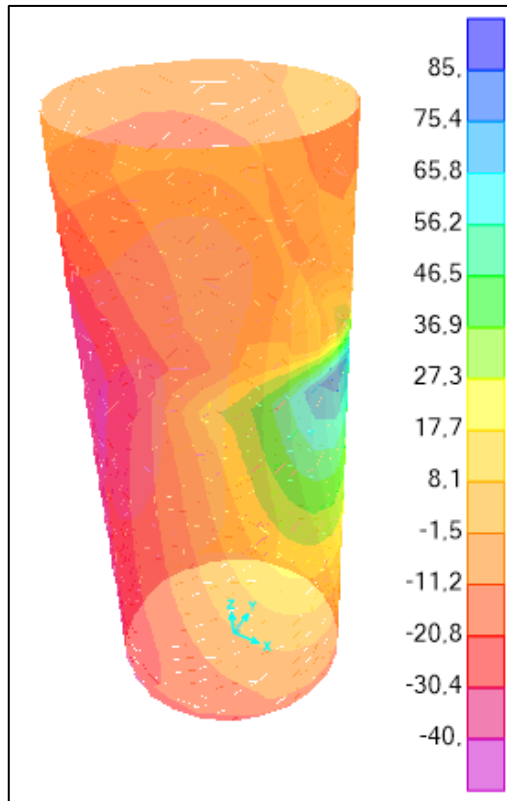


COMB4

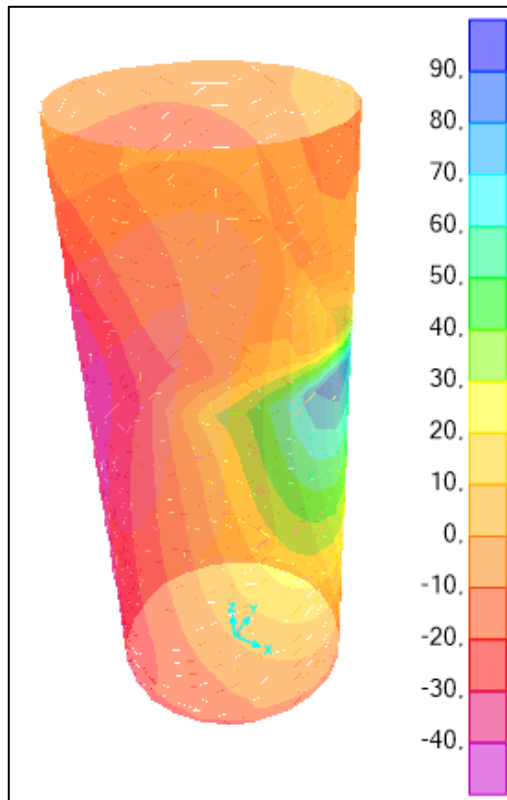


Esforço Normal

COMB1

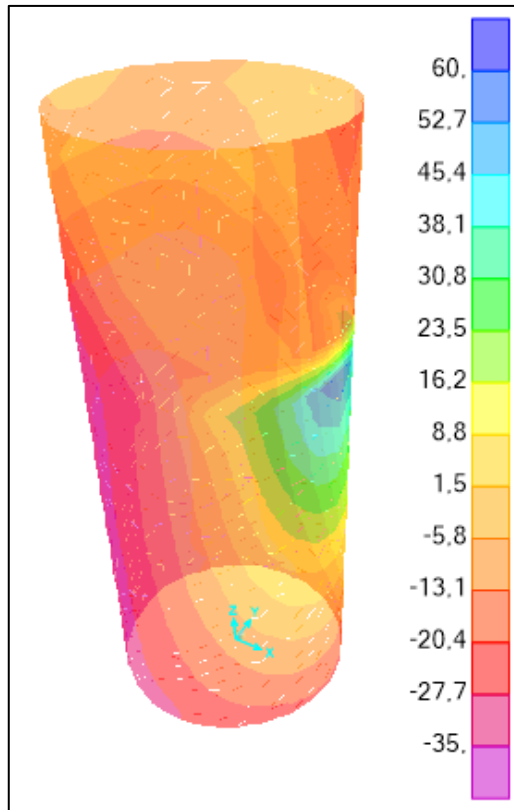


COMB2

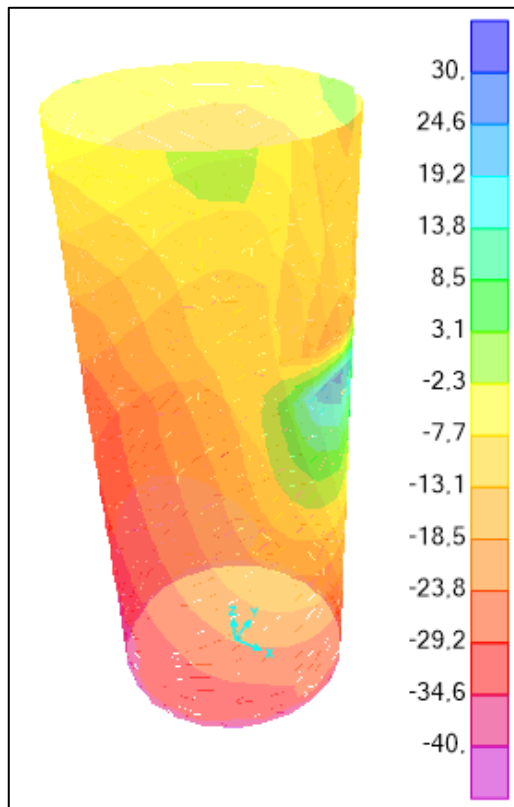




COMB3



COMB4



A tabela a seguir apresenta o dimensionamento da Parede 1 (h = 20 cm):

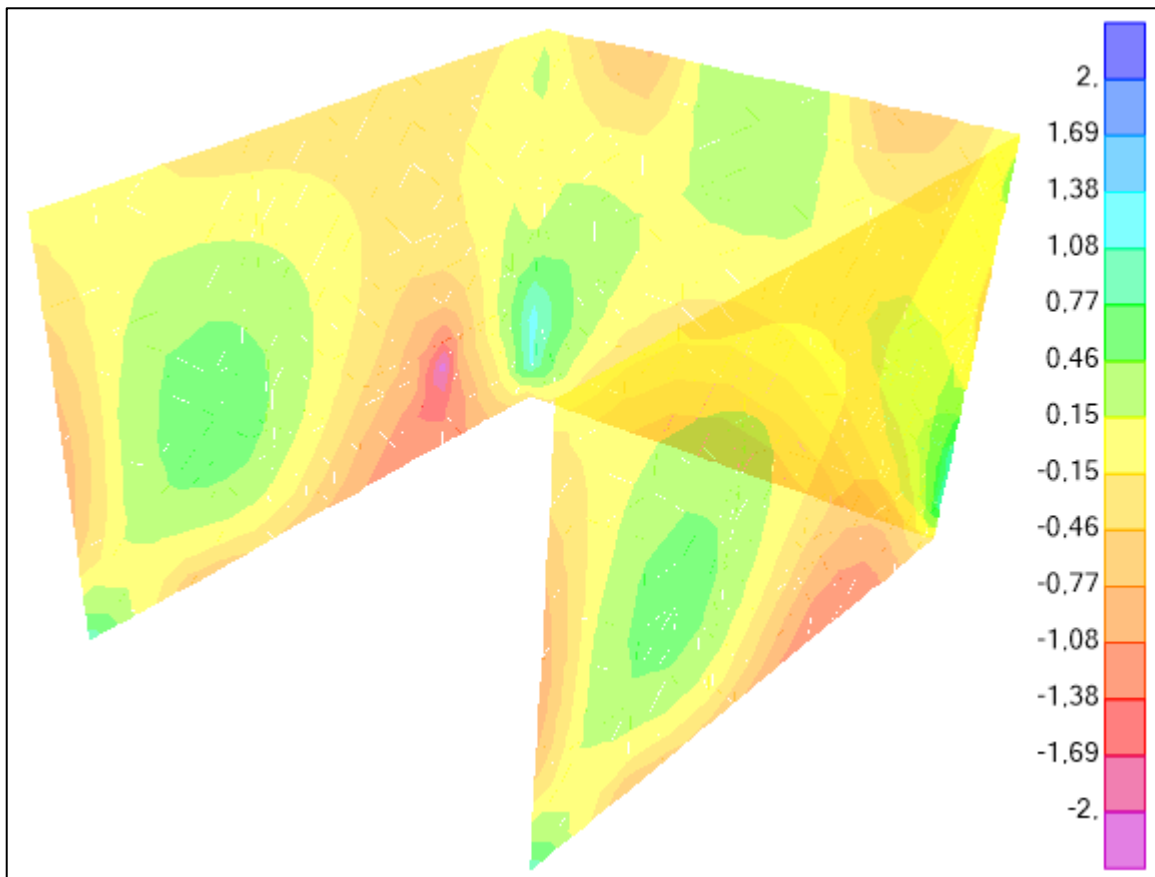
FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	40,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	As Adotada	A' <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	As' Adotada	A <sub>s,min</sub> (cm <sup>2</sup> )	
Armadura Horizontal Face externa	100,00	20,00	14,00	6,00	1,6	61,00	<b>1,16</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,24</b>			<b>3,58</b>
Armadura Horizontal Face interna	100,00	20,00	14,00	6,00	1,2	58,00	<b>1,01</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,32</b>			<b>3,58</b>
Armadura Vertical Face externa	100,00	20,00	14,00	6,00	4,3	75,80	<b>1,95</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>			<b>3,58</b>
Armadura Vertical Face interna	100,00	20,00	14,00	6,00	3,4	73,90	<b>1,77</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>			<b>3,58</b>

– PAR.2 A 4

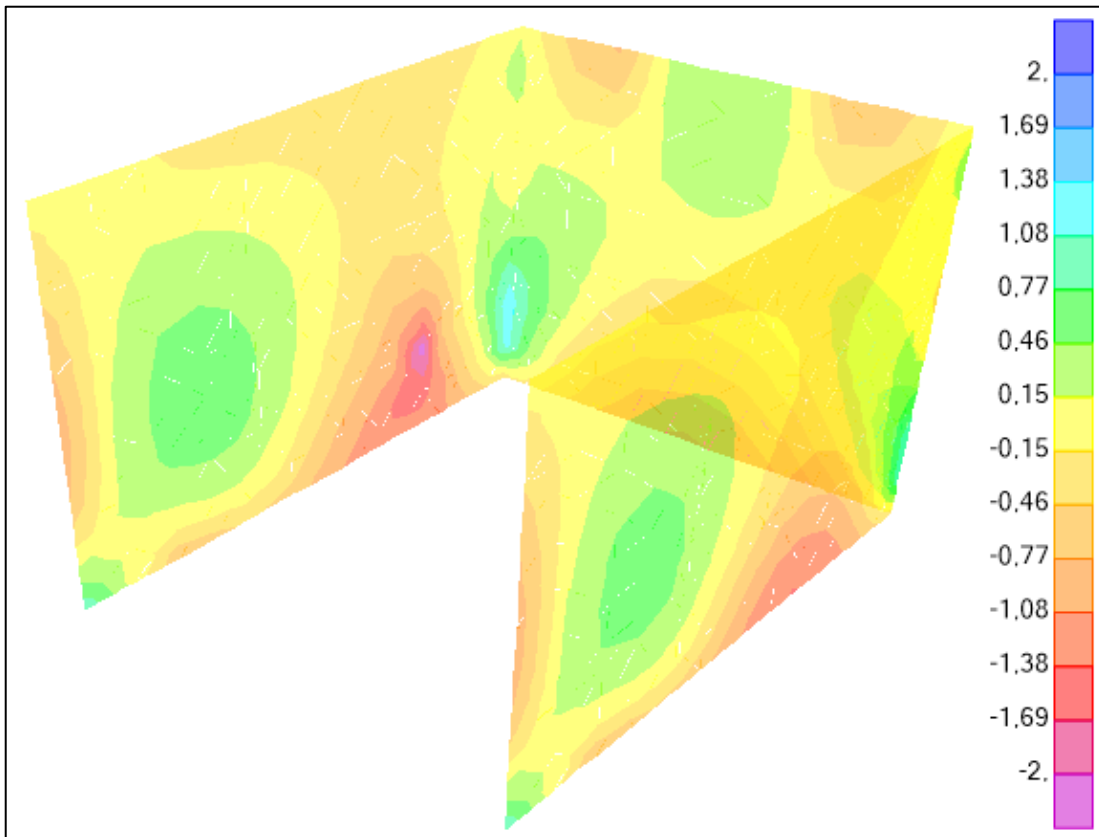
Armadura Horizontal

Momento Fletor

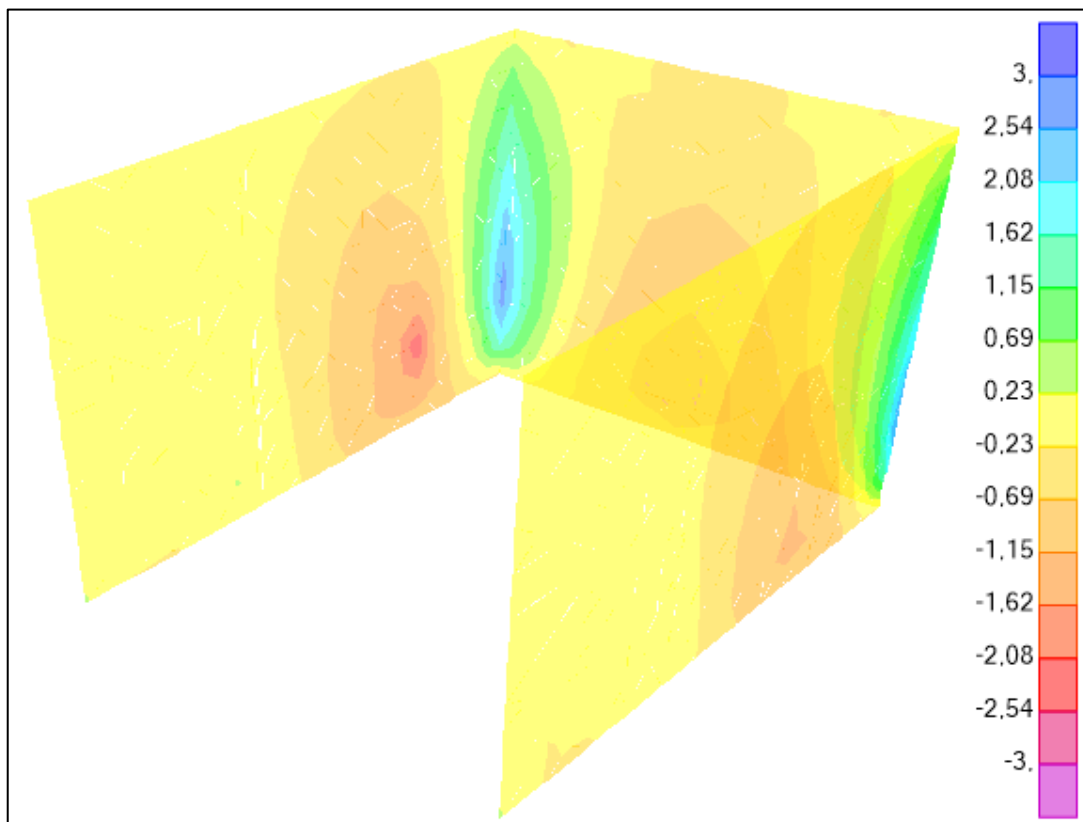
COMB1



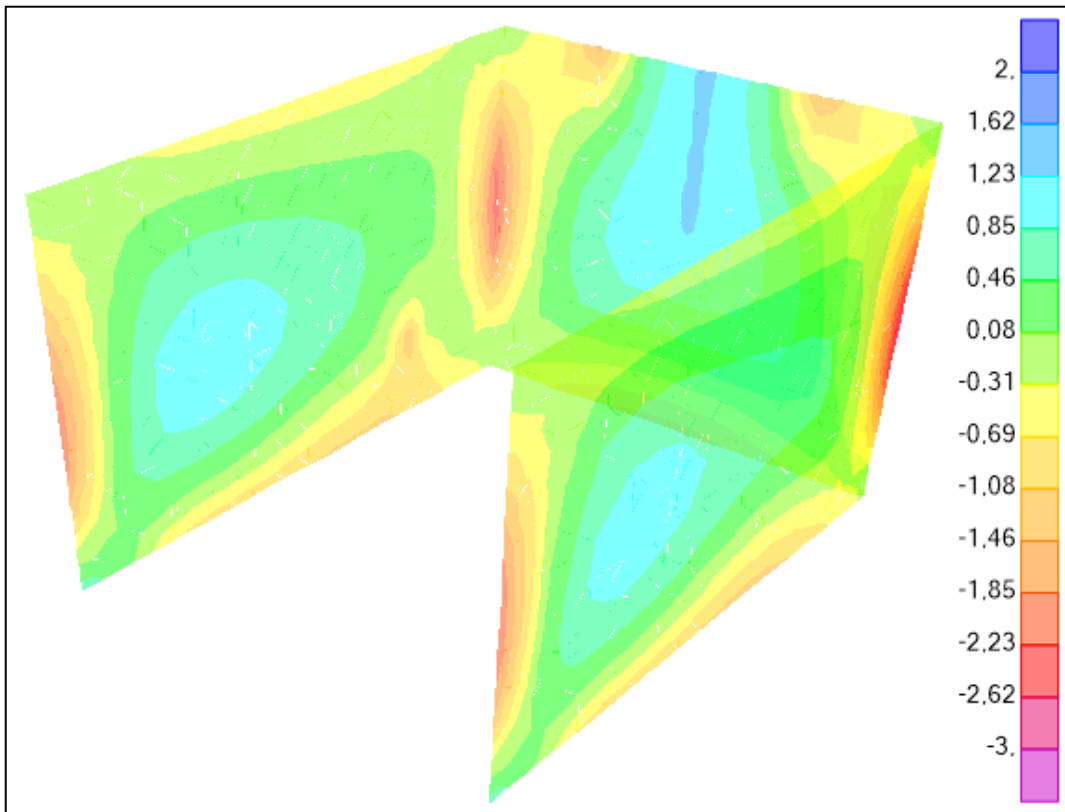
COMB2



COMB3

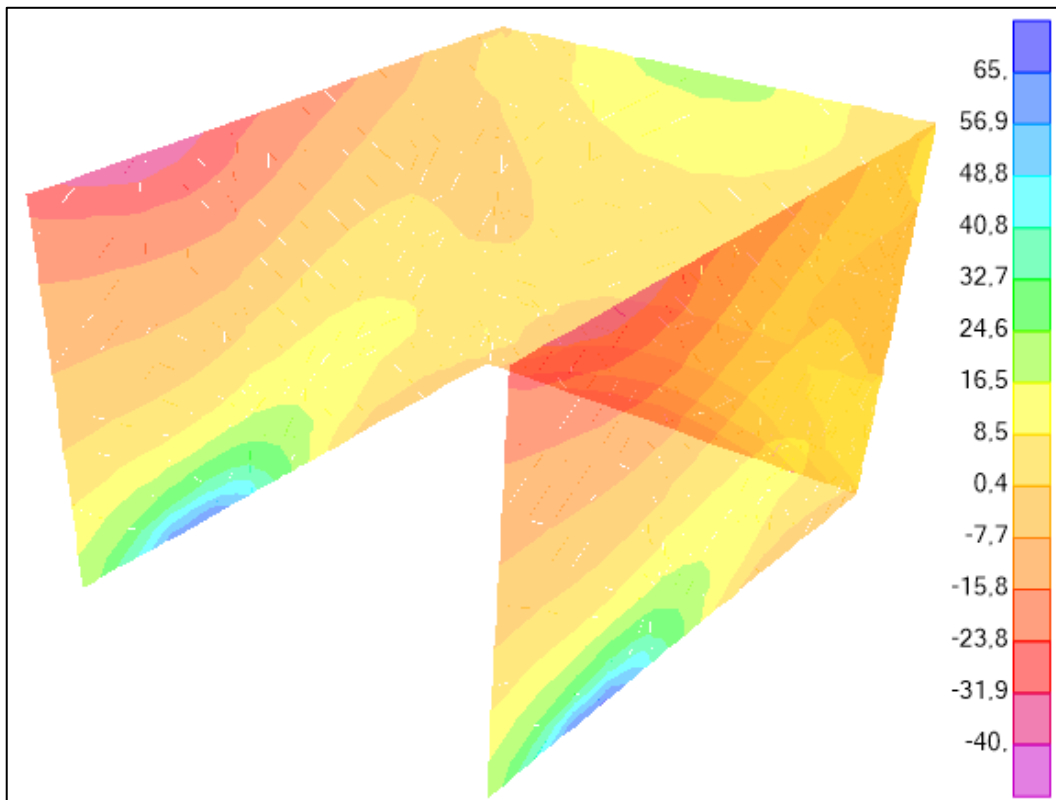


COMB4

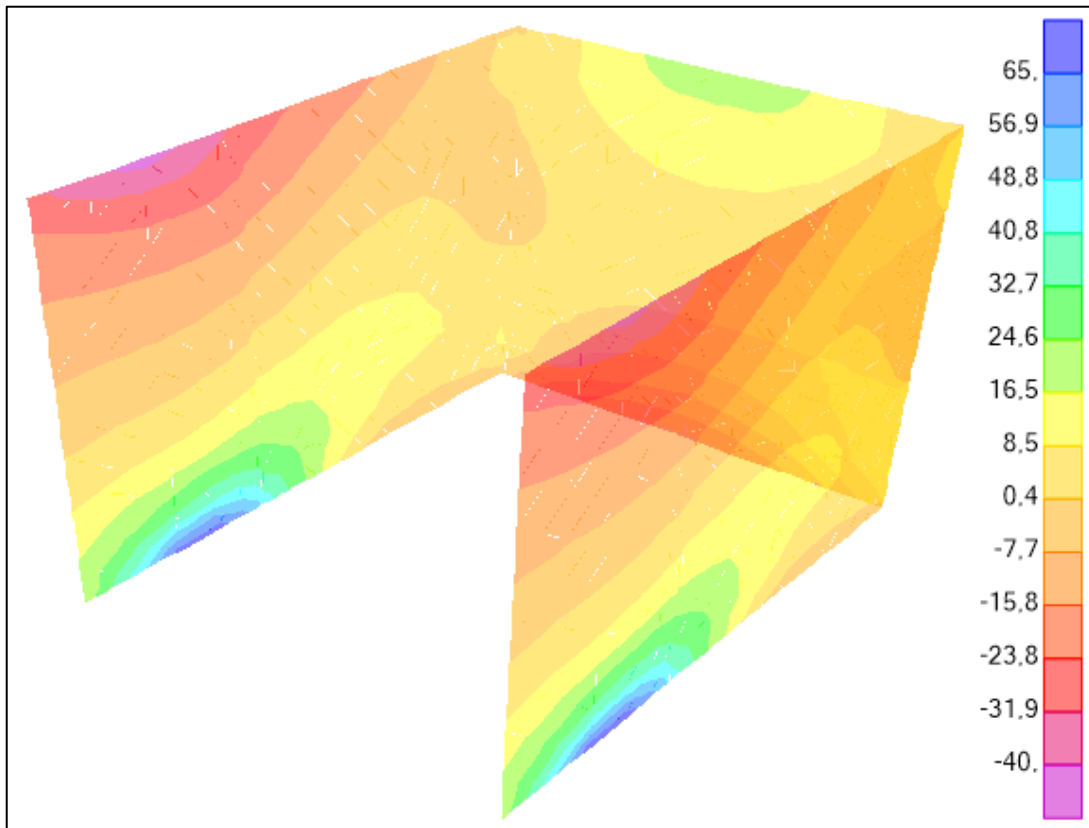


Esforço Normal

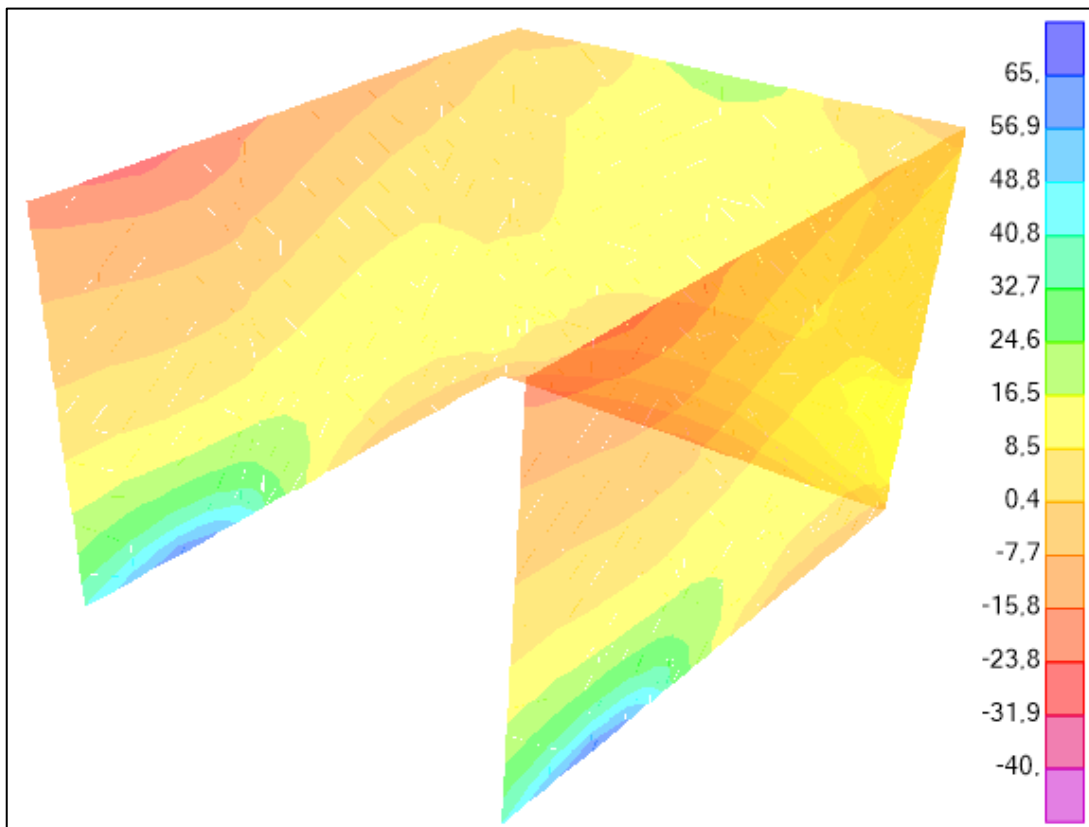
COMB1



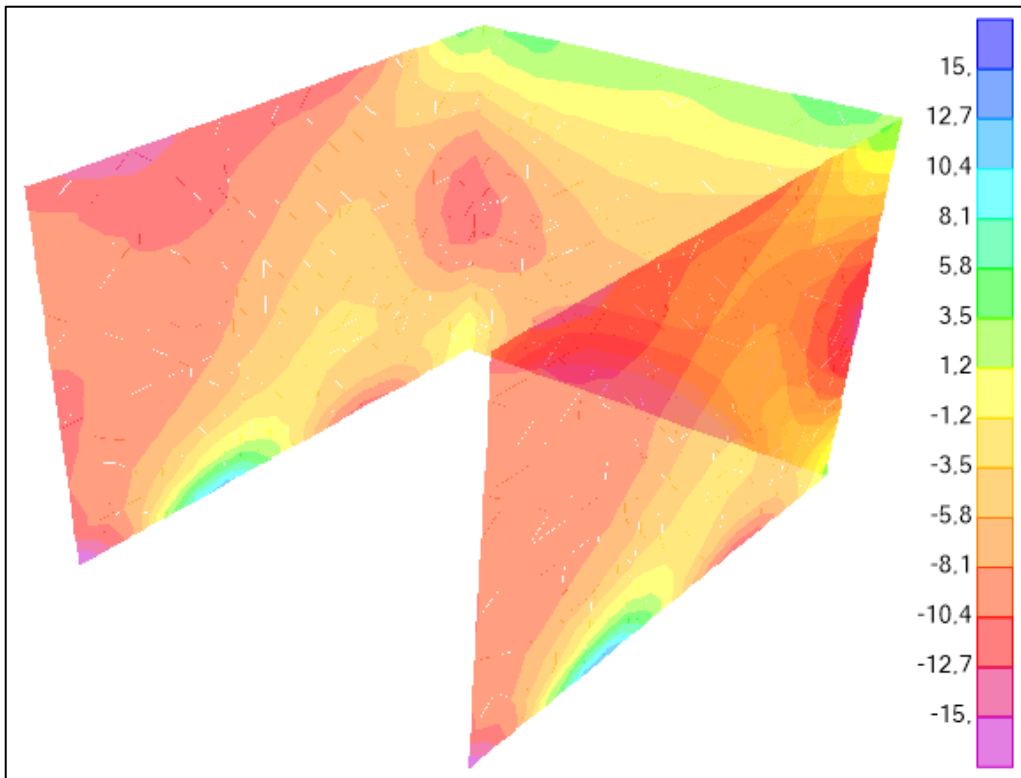
COMB2



COMB3

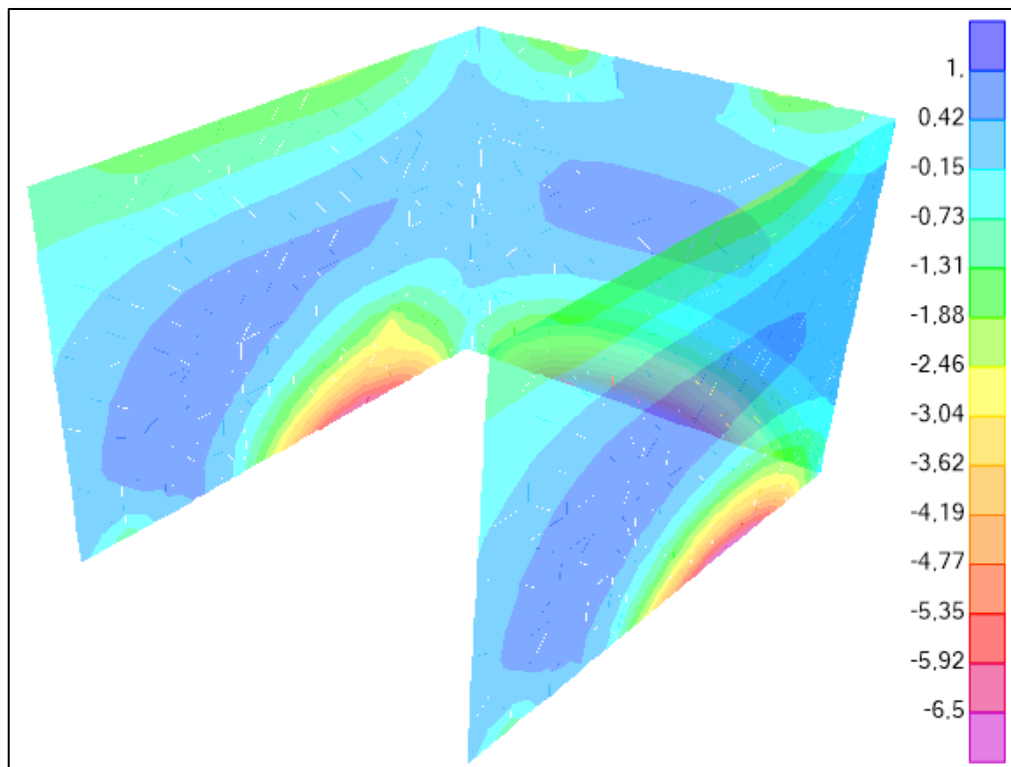


COMB4

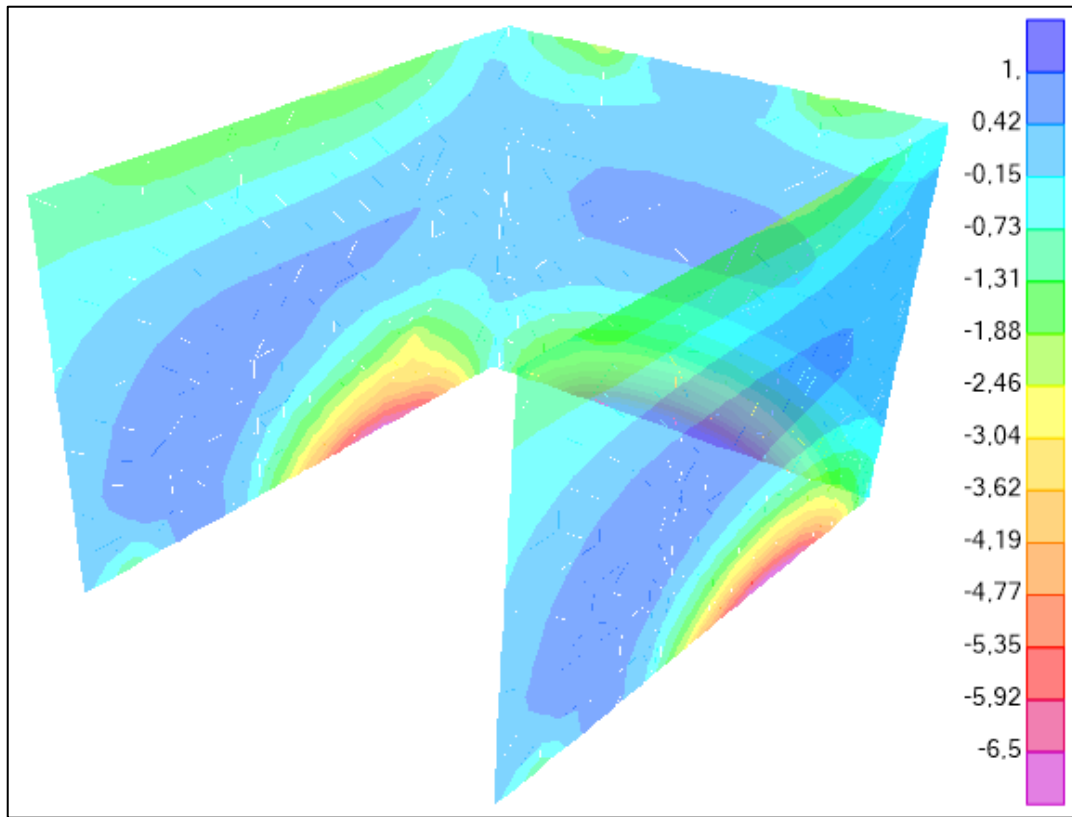


Armadura Vertical  
Momento Fletor

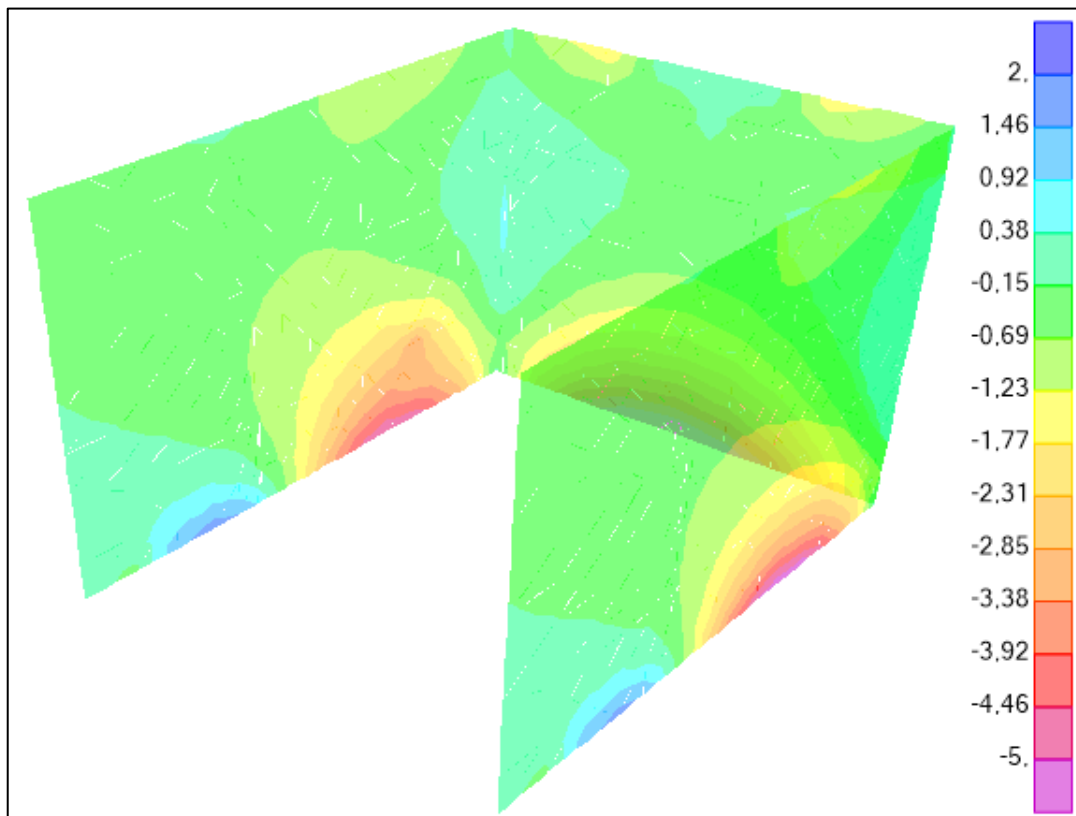
COMB1



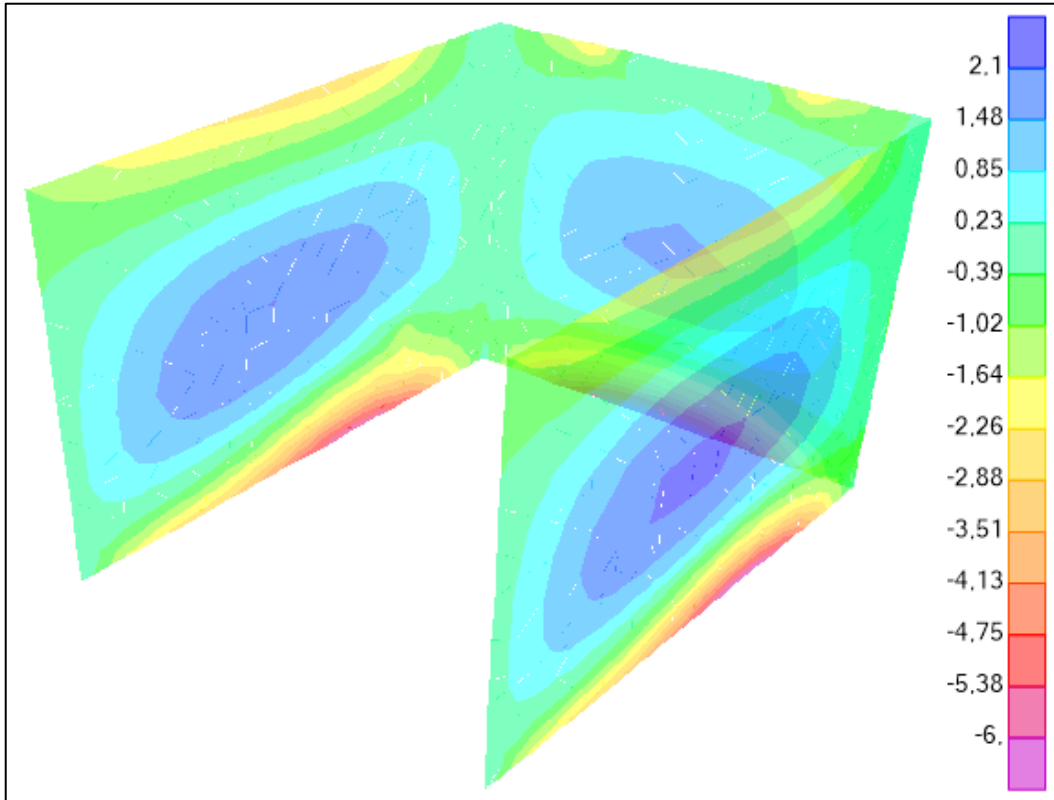
COMB2



COMB3

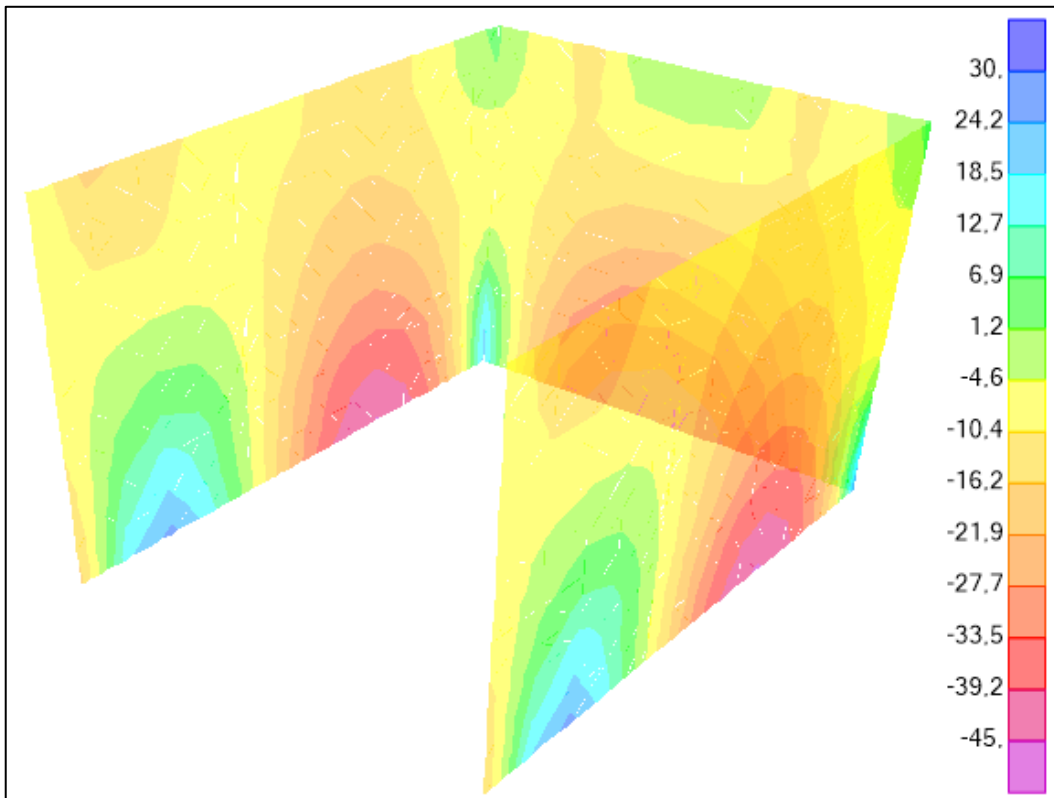


COMB4



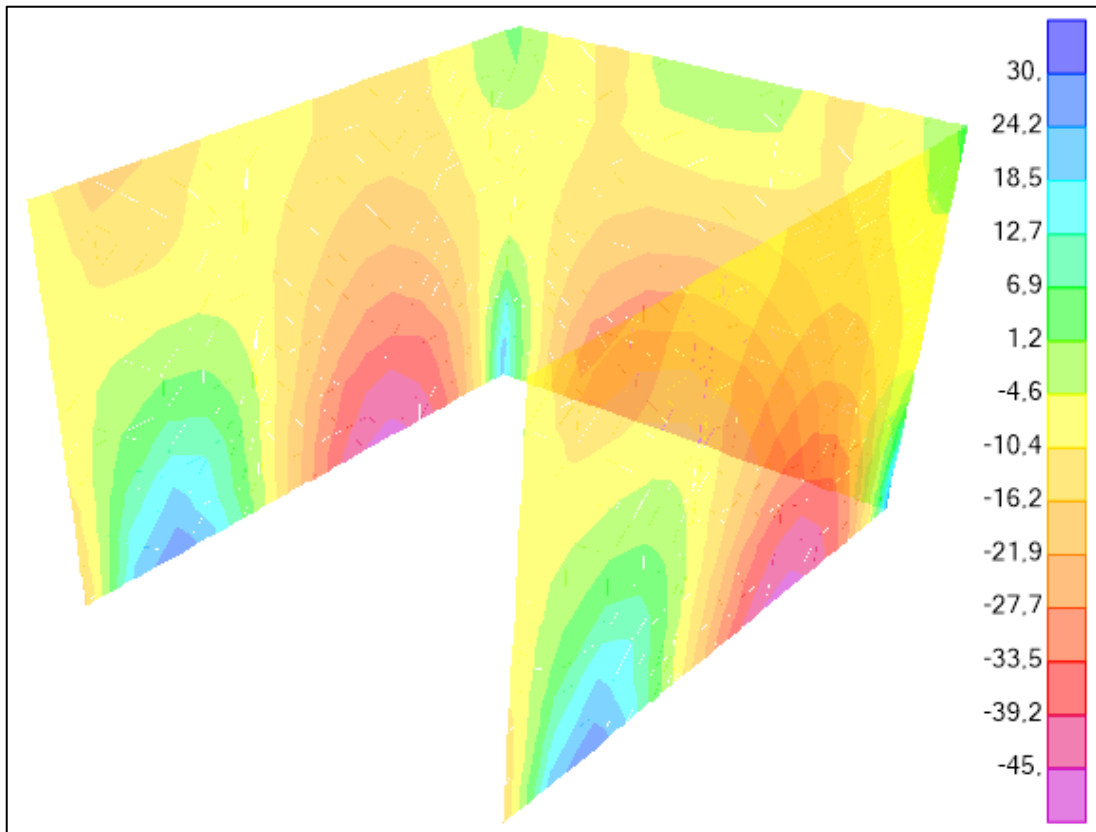
Esforço Normal

COMB1

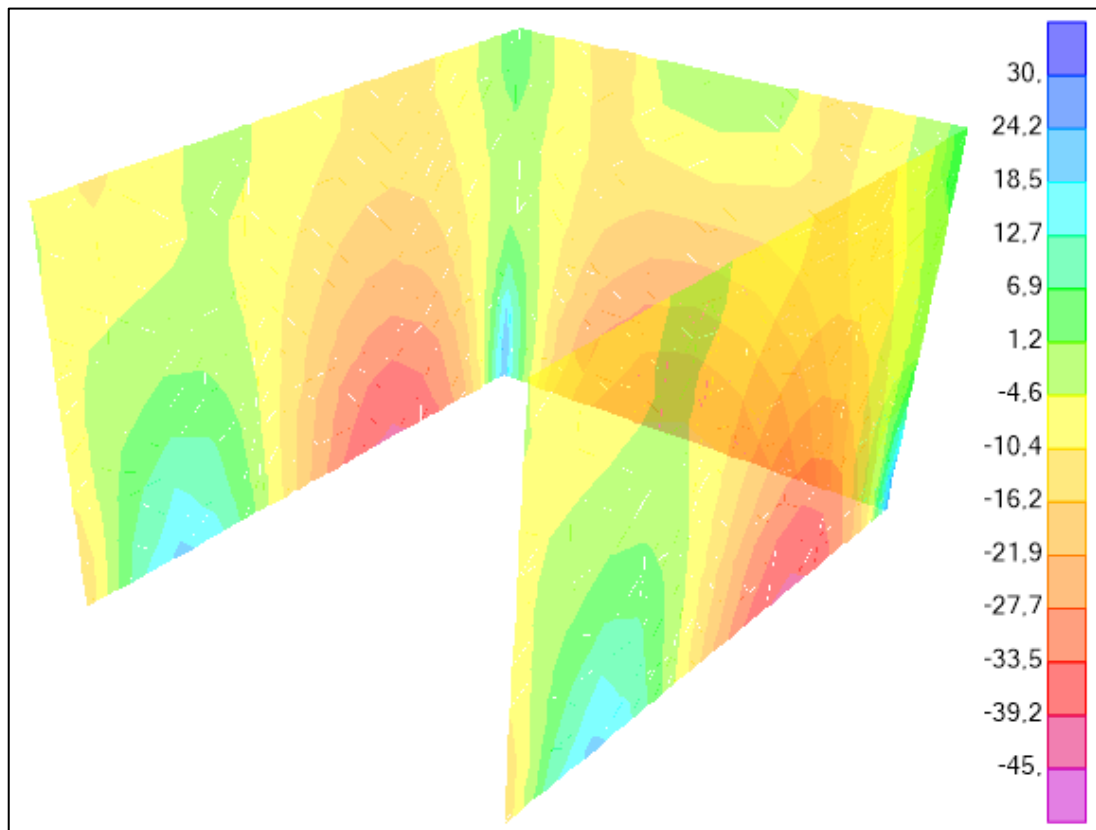




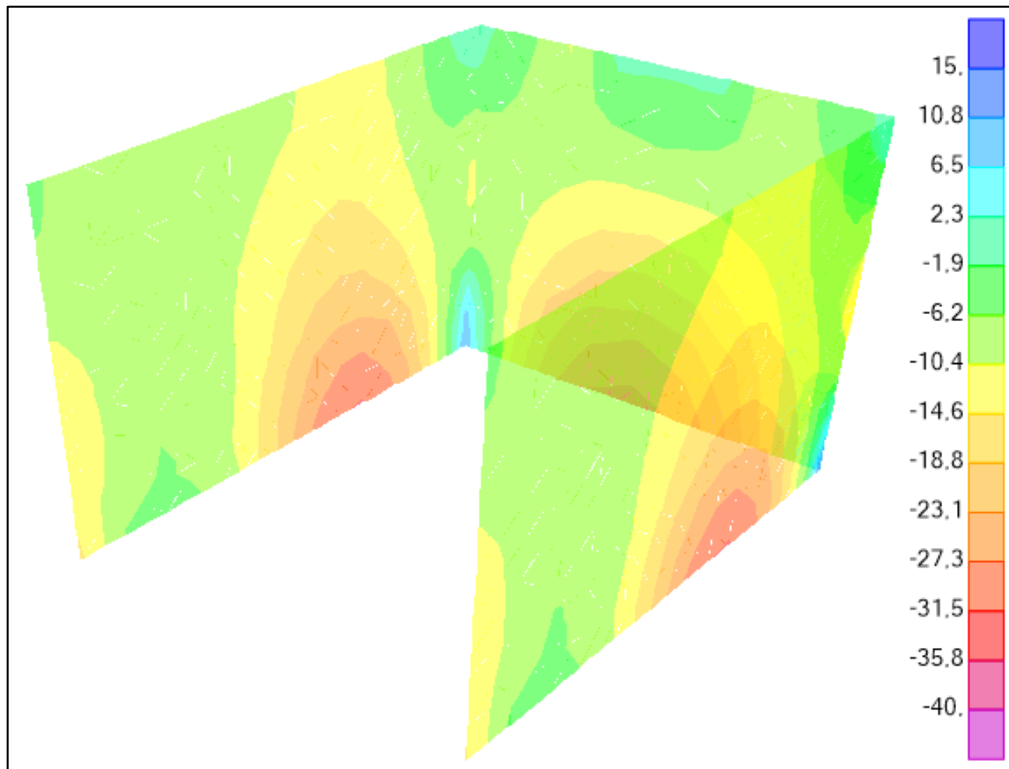
COMB2



COMB3



COMB4



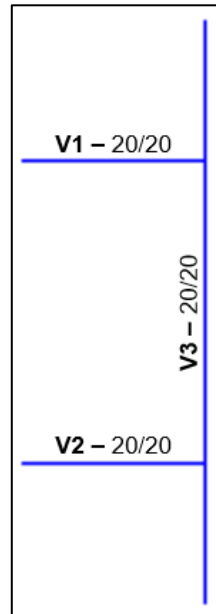
A tabela a seguir apresenta o dimensionamento das Paredes 2 a 4 (h = 20 cm):

FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	40,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Armadura Horizontal Face externa	100,00	20,00	14,00	6,00	2,5	13,00	<b>0,62</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>		<b>3,58</b>	
Armadura Horizontal Face interna	100,00	20,00	14,00	6,00	2,8	12,20	<b>0,66</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>		<b>3,58</b>	
Armadura Vertical Face externa	100,00	20,00	14,00	6,00	5,9	1,00	<b>0,99</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>		<b>3,58</b>	
Armadura Vertical Face interna	100,00	20,00	14,00	6,00	2,2	-9,10	<b>0,21</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>		<b>3,58</b>	

### 3.4.6 VIGAS

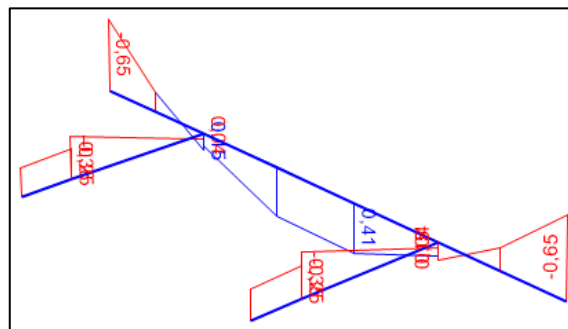
– V1 a V3:

Nomenclatura:



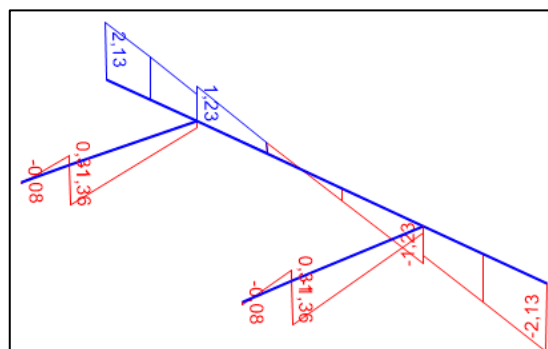
Momento Fletor

COMB1 A COMB4



Esforço Cortante

COMB1 A COMB4



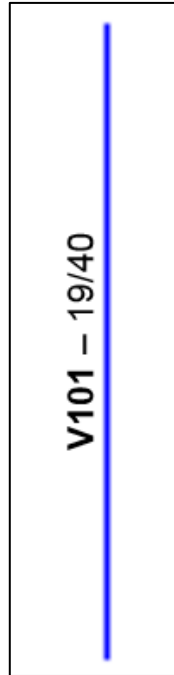
As tabelas a seguir apresentam o dimensionamento das vigas:

FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	40,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Vigas - V1 a V3 Armadura longitudinal Face superior	20,00	20,00	14,00	6,00	0,7	0,00	<b>0,11</b>	2 Ø8mm	<b>0,00</b>	0,00	<b>0,72</b>	
Vigas - V1 a V3 Armadura longitudinal Face inferior	20,00	20,00	14,00	6,00	0,4	0,00	<b>0,07</b>	2 Ø8mm	<b>0,00</b>	0,00	<b>0,72</b>	

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DE CISLHAMENTO - NBR 6118:2014										fck (Mpa)	40,00
										fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas			Esforços		Dimensionamento no ELU					
	Bw (cm)	H (cm)	d' (cm)	Vd (kN)	Protensão (kN)	Biela do Concreto	Asw (cm²/m)	Asw,adotado (cm²/m)	Asw,min (cm²/m)		
Vigas - V1 a V3	20	20	6	2,2	0	Ok	0,00	Ø6,3mm c.20	2,81		

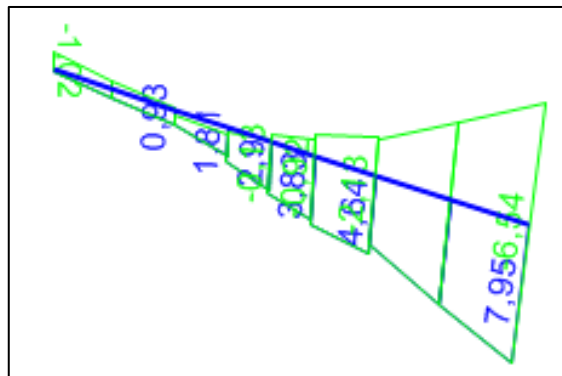
– V101:

Nomenclatura:



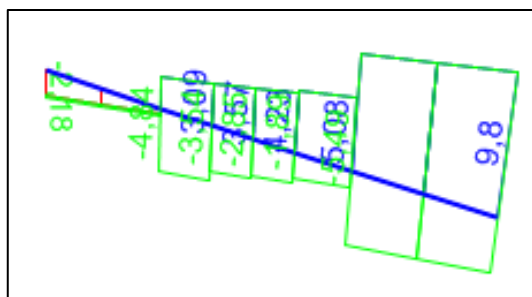
Momento Fletor

COMB1 A COMB4



Esforço Cortante

COMB1 A COMB4



As tabelas a seguir apresentam o dimensionamento da viga (V101):

FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	40,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Viga - V101 Armadura Longitudinal Face superior	19,00	40,00	35,00	5,00	6,7	0,00	<b>0,44</b>	2 Ø10mm	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,36</b>	
Viga - V101 Armadura Longitudinal Face inferior	19,00	40,00	35,00	5,00	8,0	0,00	<b>0,53</b>	2 Ø10mm	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,36</b>	

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DE CISLHAMENTO - NBR 6118:2014										fck (Mpa)	40,00
										fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas			Esforços		Dimensionamento no ELU					
	Bw (cm)	H (cm)	d' (cm)	Vd (kN)	Protensão (kN)	Biela do Concreto	Asw (cm²/m)	Asw,adotado (cm²/m)	Asw,min (cm²/m)		
Viga - V101	19	40	5	9,8	0	Ok	0,00	Ø6,3mm c.20	2,67		



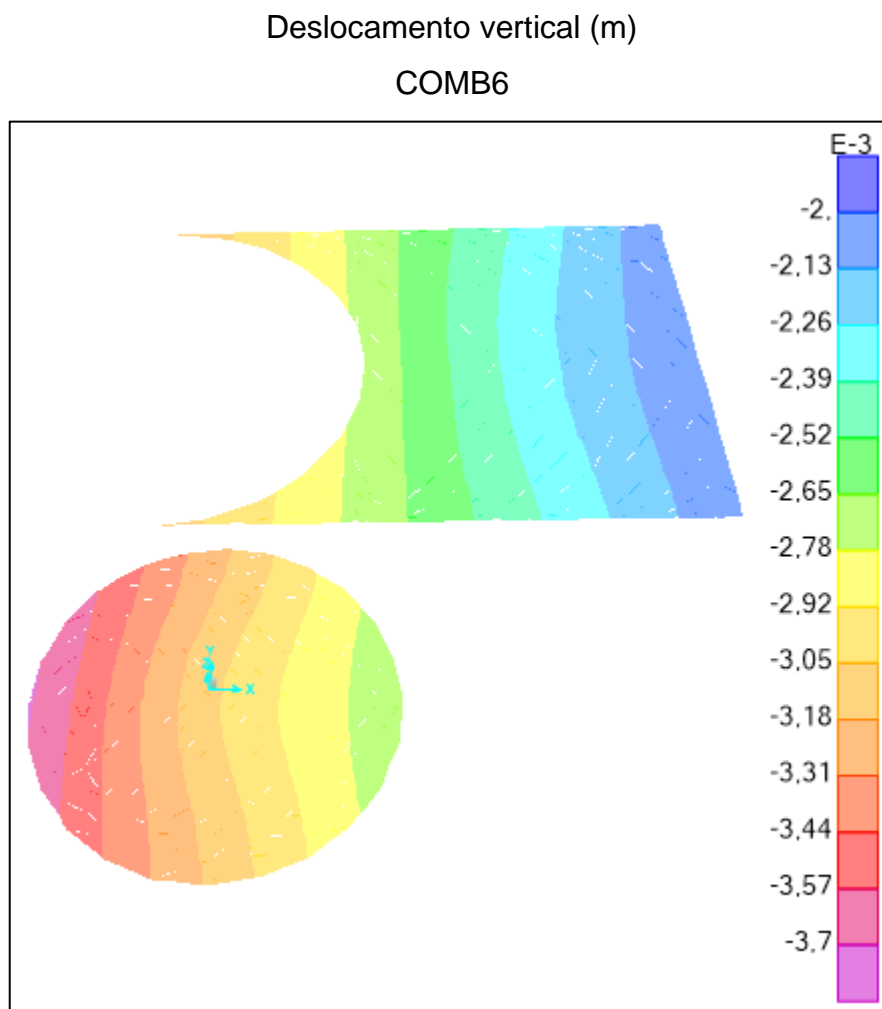
A determinação do coeficiente de recalque do solo, segundo *Safe e Morrison (1993)*, para esta tensão admissível, é **2,20 kgf/cm<sup>3</sup>**, ou seja, **22.000 kN/m<sup>3</sup>**.

Para se obter a força máxima atuante por unidade de área, isto é, a tensão máxima atuante no terreno, deve-se multiplicar o maior deslocamento vertical em módulo ocorrido no modelo pelo coeficiente de recalque estabelecido:

$$\sigma_{max} = d_v \times k_v$$

Sendo que  $\sigma_{max} \leq \sigma_{adm.}$ , onde:

$\sigma_{adm.}$  é a tensão admissível no terreno = 1,00 kgf/cm<sup>2</sup>



Portanto:

Tensão atuante = 0,37 cm \* 2,20 kgf/cm<sup>3</sup> = 0,82 kgf/cm<sup>2</sup>

Tensão atuante = 0,82 kgf/cm<sup>2</sup> < Tensão admissível = 1,00 kgf/cm<sup>2</sup> → OK!



### 3.6 VERIFICAÇÃO DA SUBPRESSÃO

Devido a possibilidade de ocorrência do efeito da subpressão na estrutura, caso o NA esteja elevado, é necessário que se faça a verificação do efeito da subpressão. Desse modo, para efeitos de cálculo, o NA máximo considerado estará no nível do terreno.

Calculo da subpressão:

$$Sub = A * h * \gamma$$

Sendo:

*A*: Área da base da estrutura;

*h*: Altura máxima do NA;

$\gamma$ : Peso específico da água.

Esforço atuante:

Subpressão:

- Laje intermediária

Volume de água = 8,89 m<sup>3</sup>

$\gamma_{\text{água}} = 10,0 \text{ kN/m}^3$

Subpressão = 88,88 kN

- Laje inferior

Volume de água = 25,34 m<sup>3</sup>

$\gamma_{\text{água}} = 10,0 \text{ kN/m}^3$

Subpressão = 253,43 kN

➔ Subpressão total: 342,31 kN

Em contra-partida, o peso-próprio da estrutura e o peso do solo submerso, dado pela equação abaixo, irá combater o esforço devido à subpressão:

$$Pp = V * \gamma$$

Onde:

*V*: Volume de concreto ou de solo;

$\gamma_{\text{conc}}$ : Peso específico do concreto armado;

$\gamma_{\text{solo sub}}$ : Peso específico do solo submerso.

**Esforço resistente:**

**Peso da estrutura:**

$$\text{Volume de concreto} = 13,34 \text{ m}^3$$

$$\gamma_{\text{concreto}} = 25,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Peso da Estrutura} = 333,45 \text{ kN}$$

**Peso do solo submerso:**

$$\text{Volume de solo} = 9,82 \text{ m}^3$$

$$\gamma_{\text{solo submerso}} = 10,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Peso do Solo} = 98,24 \text{ kN}$$

→ **Peso total: 431,69 kN**

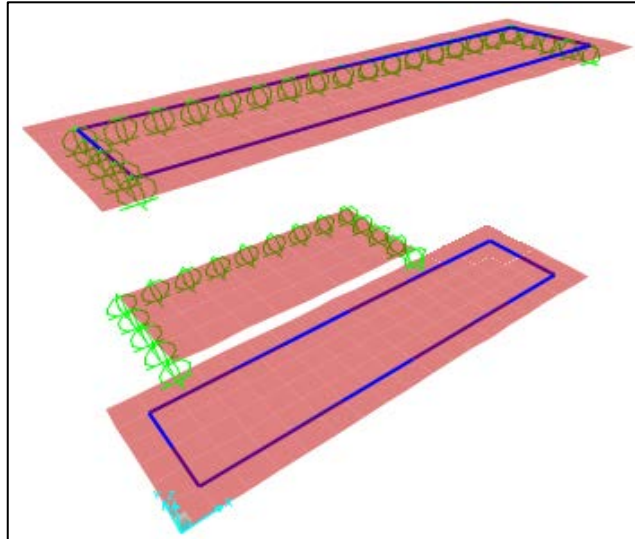
A relação entre o esforço resistente e a subpressão é de 1,26, sendo superior ao valor de referência que é 1,20.

## 4 ABRIGO DO QCM – EE2

### 4.1 MODELO ESTRUTURAL


A estrutura foi modelada no programa *CSI SAP2000* v22.2.0 em conformidade com a geometria dos elementos e materiais utilizados.

Unidades de força em kN e de comprimento em m, exceto onde indicado.



As imagens a seguir mostram as propriedades do material e as seções dos elementos estruturais – *shells* (placas) e *frames* (barras) – estabelecidos como dados de entrada para análise no programa.

General Data	
Material Name and Display Color	fck = 25MPa <span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span>
Material Type	Concrete
Material Grade	f <sub>c</sub> 4000 psi
Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	
Weight per Unit Volume	25,
Mass per Unit Volume	2,5493
Units	
	KN, m, C
Isotropic Property Data	
Modulus Of Elasticity, E	23800000,
Poisson, U	0,2
Coefficient Of Thermal Expansion, A	9,900E-06
Shear Modulus, G	9916667,
Other Properties For Concrete Materials	
Specified Concrete Compressive Strength, f <sub>c</sub>	27579,032
Expected Concrete Compressive Strength	27579,032
<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete	
Shear Strength Reduction Factor	

**Section Name**  **Display Color** 

**Section Notes**

**Type**

- Shell - Thin
- Shell - Thick
- Plate - Thin
- Plate Thick
- Membrane
- Shell - Layered/Nonlinear

**Thickness**

Membrane

Bending

**Material**

Material Name


Material Angle

**Time Dependent Properties**

**Concrete Shell Section Design Parameters**

**Stiffness Modifiers**

**Temp Dependent Properties**

**Section Name**  **Display Color** 

**Section Notes**

**Type**

- Shell - Thin
- Shell - Thick
- Plate - Thin
- Plate Thick
- Membrane
- Shell - Layered/Nonlinear

**Thickness**

Membrane

Bending

**Material**

Material Name

Material Angle

**Time Dependent Properties**

**Concrete Shell Section Design Parameters**

**Stiffness Modifiers**

**Temp Dependent Properties**

**Section Name**  **Display Color** ■

**Section Notes**

**Dimensions**

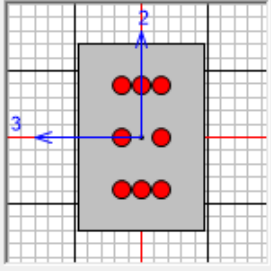
Depth ( t3 )

Width ( t2 )

**Material**

**Property Modifiers**

**Section**



**Properties**

**Section Name**  **Display Color** ■

**Section Notes**

**Dimensions**

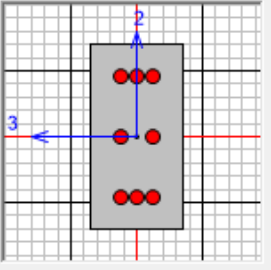
Depth ( t3 )

Width ( t2 )


**Material**

**Property Modifiers**

**Section**



**Properties**

**Section Name**  **Display Color** 

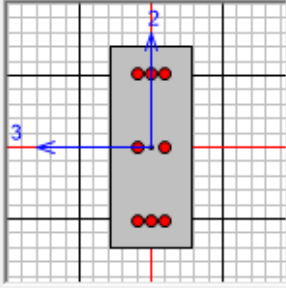
**Section Notes**

**Dimensions**

Depth ( t3 )

Width ( t2 )

**Section**



**Material**

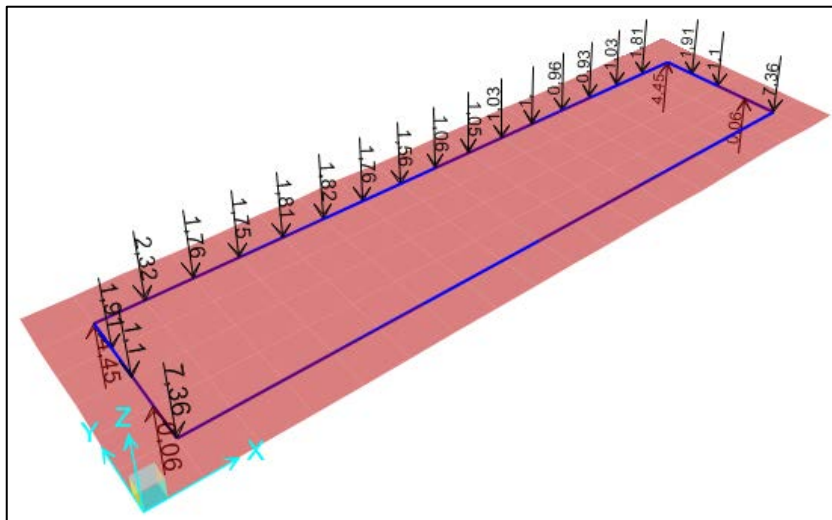
**Property Modifiers**

**Properties**

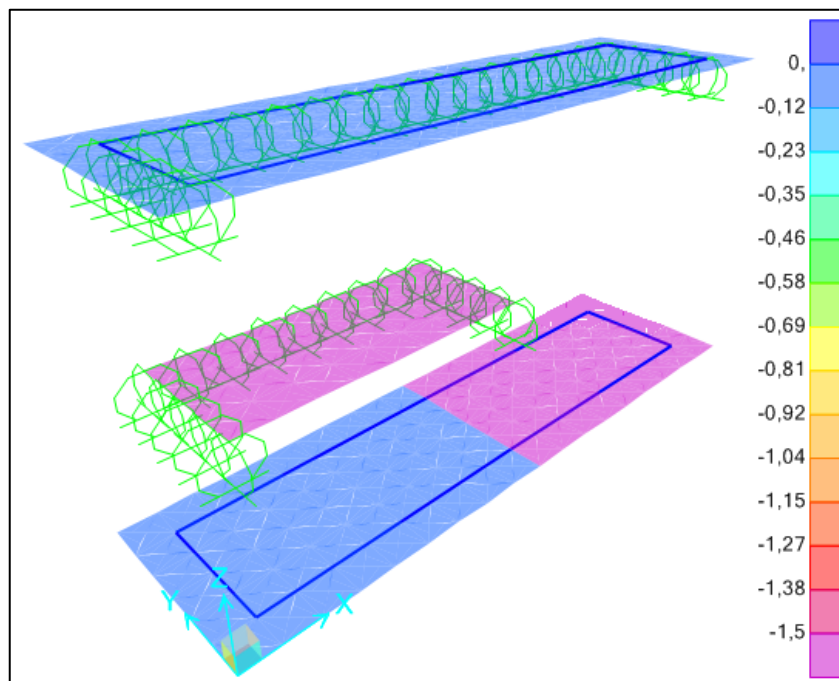
## 4.2 CARREGAMENTOS ADOTADOS

### 4.2.1 CARREGAMENTOS PERMANENTES

- **Peso próprio da estrutura:** adotou-se peso específico de  $25 \text{ kN/m}^3$  para o concreto. O programa *SAP2000* considera-o automaticamente em suas análises.
- **Reação das lajes:** as lajes superior e intermediária geram uma reação na laje inferior, na qual estão apoiadas.



- **Carga dois painéis elétricos:** foi considerada uma carga de  $1,50 \text{ kN/m}^2$  em toda a laje intermediária e em parte da laje inferior para representar a carga dos painéis.



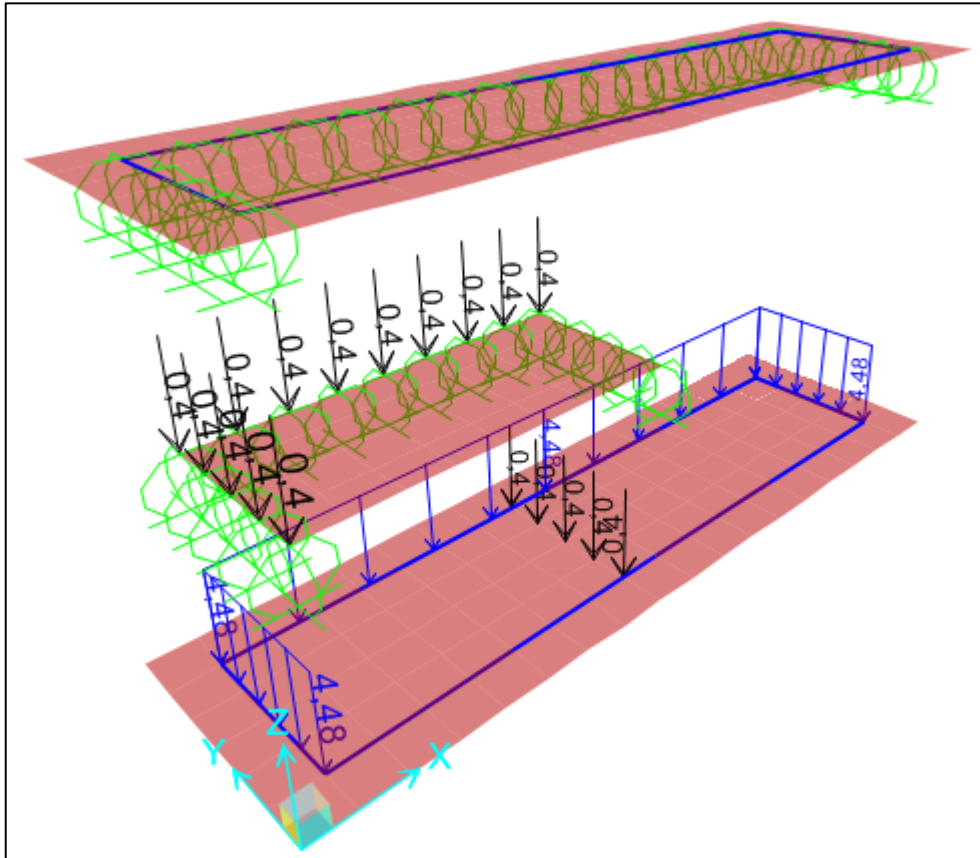
– **Alvenaria:** a alvenaria de vedação gera uma carga distribuída linearmente sobre as cintas e sobre a laje intermediária, conforme a equação abaixo:

$$q = \gamma * h * e$$

$\gamma$ : peso específico da alvenaria =  $14\text{kN/m}^3$ ;

$h$ : altura da alvenaria =  $1,60\text{m}$  (sobre as cintas) e  $0,70\text{m}$  (sobre a laje intermediária);

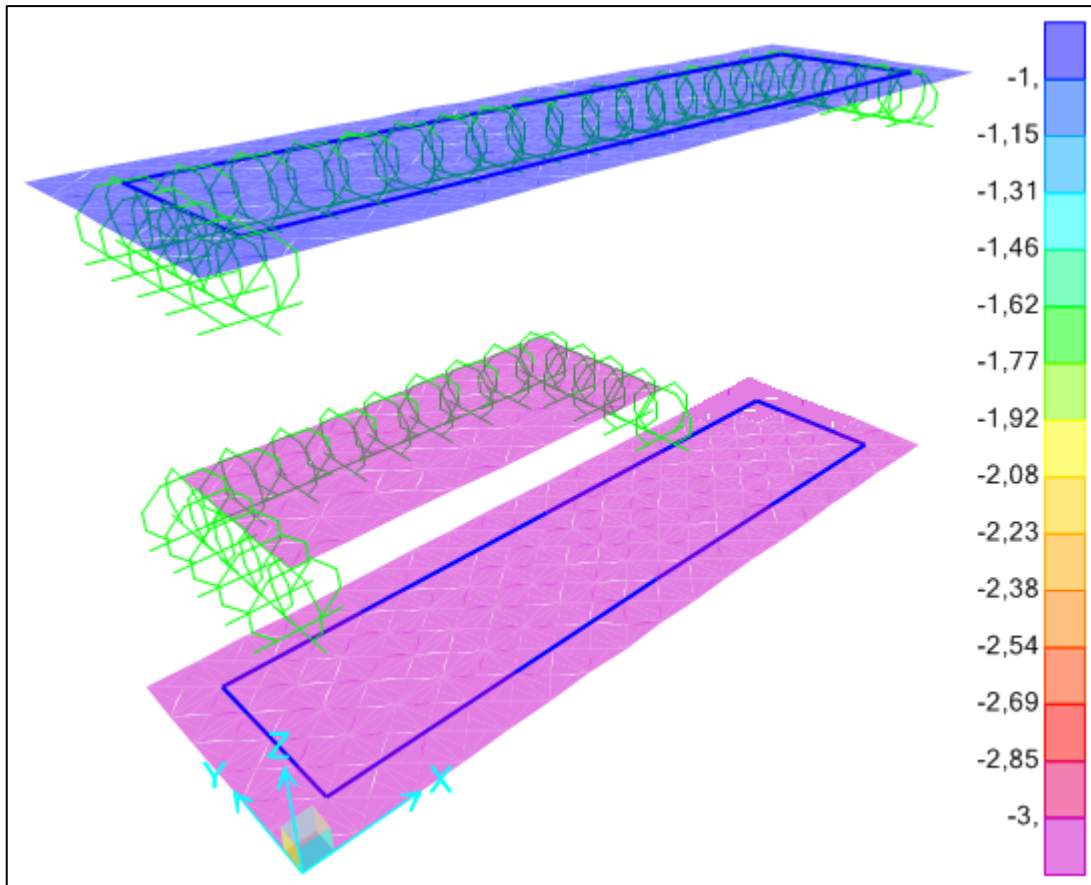
$e$ : espessura da alvenaria =  $20\text{cm}$ .





## 4.2.2 CARREGAMENTOS VARIÁVEIS

– **Acidental:** é considerada uma sobrecarga uniformemente distribuída de 3,0 kN/m<sup>2</sup> nas lajes inferior e intermediária da estrutura, e um carregamento acidental de 1,0 kN/m<sup>2</sup> na laje superior.



## 4.3 COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTOS

Combinação 1 (ELU) → 1,4 x Peso próprio + 1,4 x Reação das lajes + 1,4 x Carga dos painéis elétricos + 1,4 x Alvenaria + 1,4 x Sobrecarga;

Combinação 2 (FUNDAÇÃO) → 1,0 x Peso próprio + 1,0 x Reação das lajes + 1,0 x Carga dos painéis elétricos + 1,0 x Alvenaria + 1,0 x Sobrecarga.

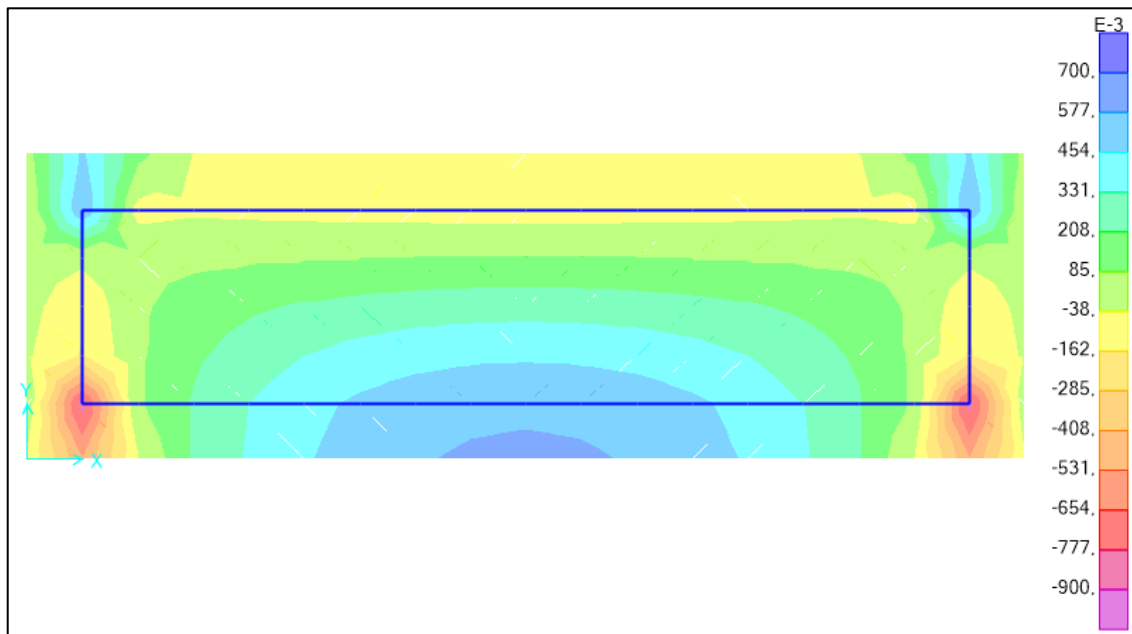
## 4.4 DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA

### 4.4.1 LAJE SUPERIOR

Armadura Horizontal

Momento Fletor

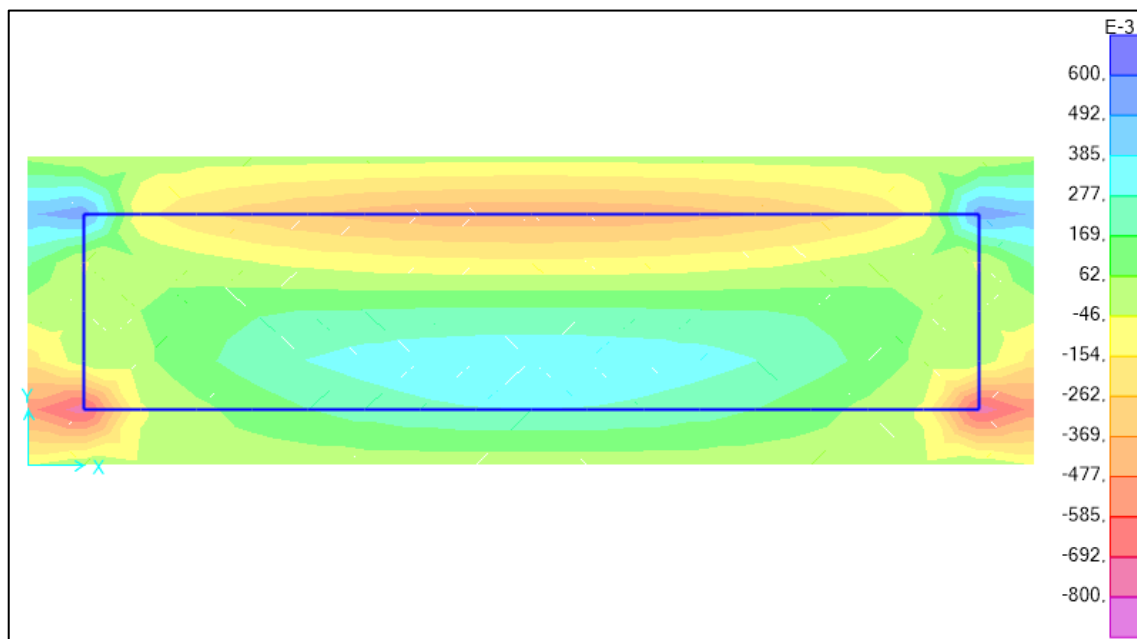
COMB1



Armadura Vertical

Momento Fletor

COMB1



Segundo o item 13.2.4.1 da ABNT NBR 6118:2014, os esforços solicitantes de cálculo a serem considerados no dimensionamento de lajes em balanço devem ser multiplicados por um coeficiente adicional  $\gamma_n$ , de acordo com a equação:

$$\gamma_n = 1,95 - 0,05h$$

*h*: altura da laje, expressa em centímetros = 10 cm.

A planilha a seguir apresenta o dimensionamento da laje superior:

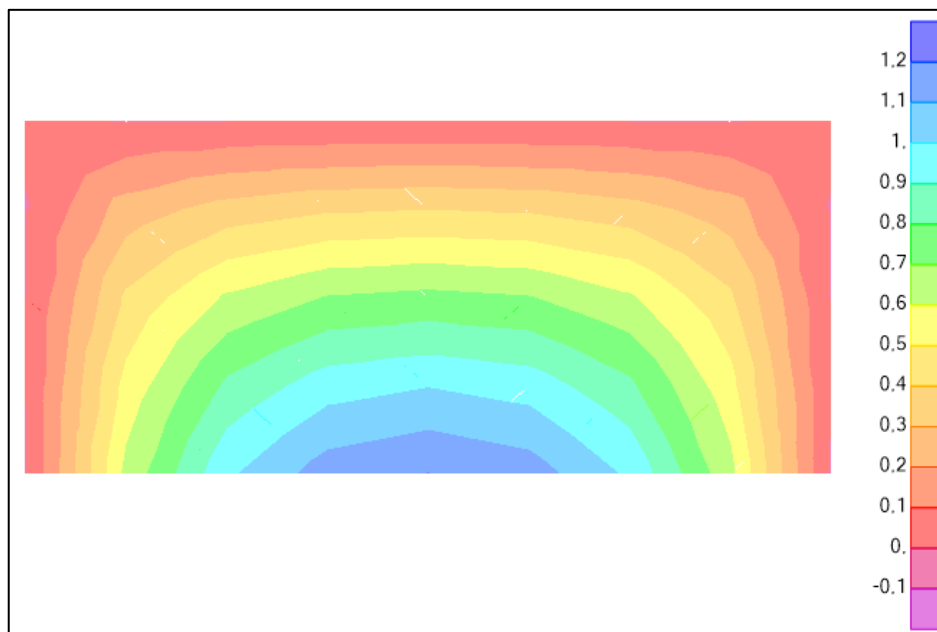
FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	25,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Armadura Horizontal Face superior	100,00	10,00	6,00	4,00	1,3	0,00	<b>0,51</b>	Ø6,3mm c.20	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,50</b>	
Armadura Horizontal Face inferior	100,00	10,00	6,00	4,00	0,7	0,00	<b>0,27</b>	Ø6,3mm c.20	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,50</b>	
Armadura Vertical Face superior	100,00	10,00	6,00	4,00	1,2	0,00	<b>0,45</b>	Ø6,3mm c.20	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,50</b>	
Armadura Vertical Face inferior	100,00	10,00	6,00	4,00	0,6	0,00	<b>0,23</b>	Ø6,3mm c.20	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,50</b>	

#### 4.4.2 LAJE INTERMEDIÁRIA

Armadura Horizontal

Momento Fletor

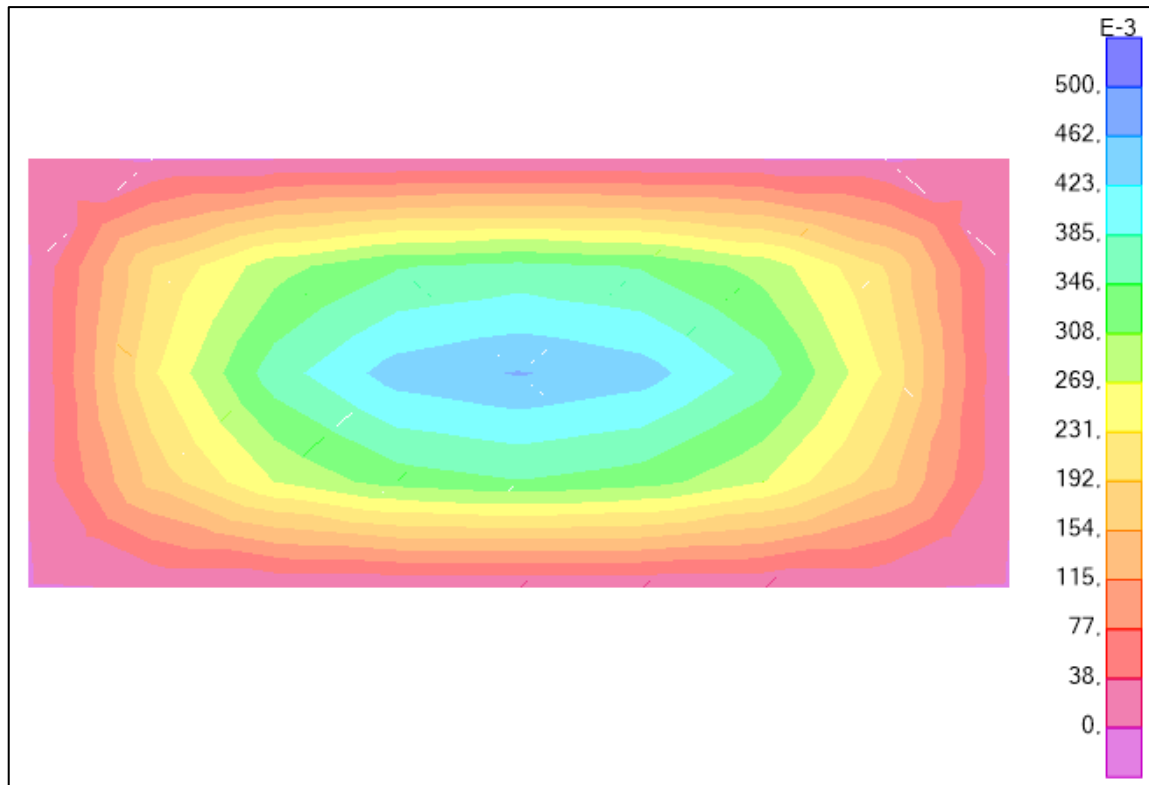
COMB1



## Armadura Vertical

### Momento Fletor

COMB1



A planilha a seguir apresenta o dimensionamento da laje intermediária:

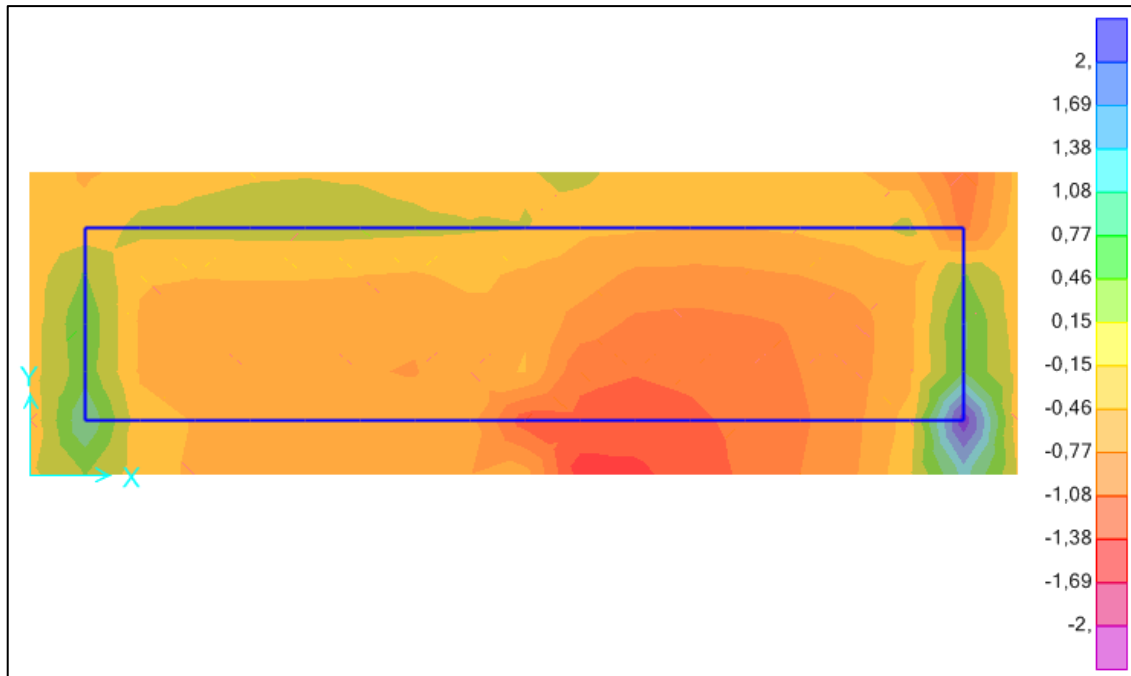
FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	25,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Armadura Horizontal Face superior	100,00	10,00	6,00	4,00	0,1	0,00	<b>0,04</b>	Ø6,3mm c.20	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,50</b>	
Armadura Horizontal Face inferior	100,00	10,00	6,00	4,00	1,2	0,00	<b>0,47</b>	Ø6,3mm c.20	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,50</b>	
Armadura Vertical Face superior	100,00	10,00	6,00	4,00	0,1	0,00	<b>0,04</b>	Ø6,3mm c.20	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,50</b>	
Armadura Vertical Face inferior	100,00	10,00	6,00	4,00	0,5	0,00	<b>0,19</b>	Ø6,3mm c.20	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,50</b>	

### 4.4.3 LAJE INFERIOR

Armadura Horizontal

Momento Fletor

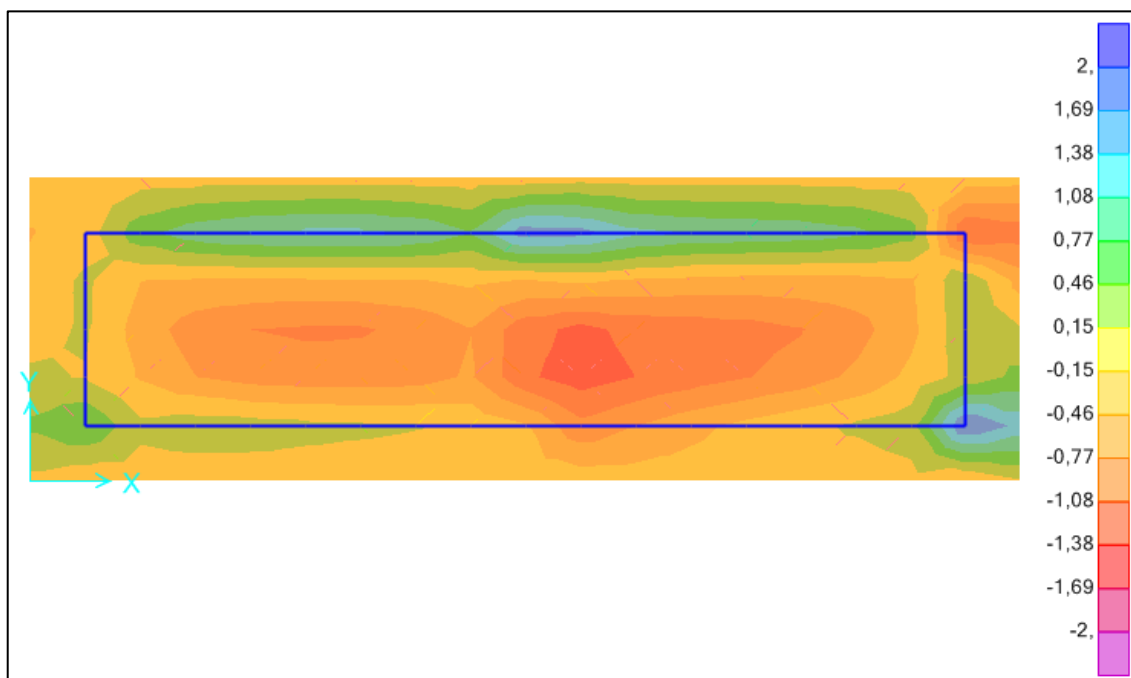
COMB1



Armadura Vertical

Momento Fletor

COMB1

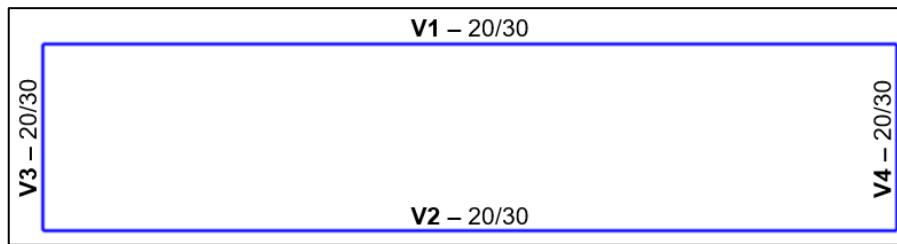


A planilha a seguir apresenta o dimensionamento da laje inferior:

FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014										fck (Mpa)	25,00
										fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU				
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)
Laje inferior - h=10cm Armadura Horizontal Face superior	100,00	10,00	6,00	4,00	1,4	0,00	0,54	Ø6,3mm c.10	0,00	0,00	1,50
Laje inferior - h=10cm Armadura Horizontal Face inferior	100,00	10,00	6,00	4,00	2,3	0,00	0,90	Ø6,3mm c.10	0,00	0,00	1,50
Laje inferior - h=10cm Armadura Vertical Face superior	100,00	10,00	6,00	4,00	1,1	0,00	0,43	Ø6,3mm c.10	0,00	0,00	1,50
Laje inferior - h=10cm Armadura Vertical Face inferior	100,00	10,00	6,00	4,00	1,8	0,00	0,70	Ø6,3mm c.10	0,00	0,00	1,50
Laje inferior - h=20cm Armadura Horizontal Face superior	100,00	20,00	16,00	4,00	1,4	0,00	0,20	Ø6,3mm c.10	0,00	0,00	3,00
Laje inferior - h=20cm Armadura Horizontal Face inferior	100,00	20,00	16,00	4,00	2,3	0,00	0,33	Ø6,3mm c.10	0,00	0,00	3,00
Laje inferior - h=20cm Armadura Vertical Face superior	100,00	20,00	16,00	4,00	1,1	0,00	0,16	Ø6,3mm c.10	0,00	0,00	3,00
Laje inferior - h=20cm Armadura Vertical Face inferior	100,00	20,00	16,00	4,00	1,8	0,00	0,26	Ø6,3mm c.10	0,00	0,00	3,00

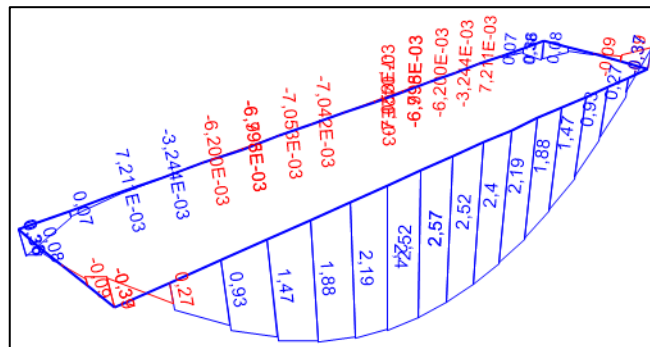
4.4.4 VIGAS

Nomenclatura:



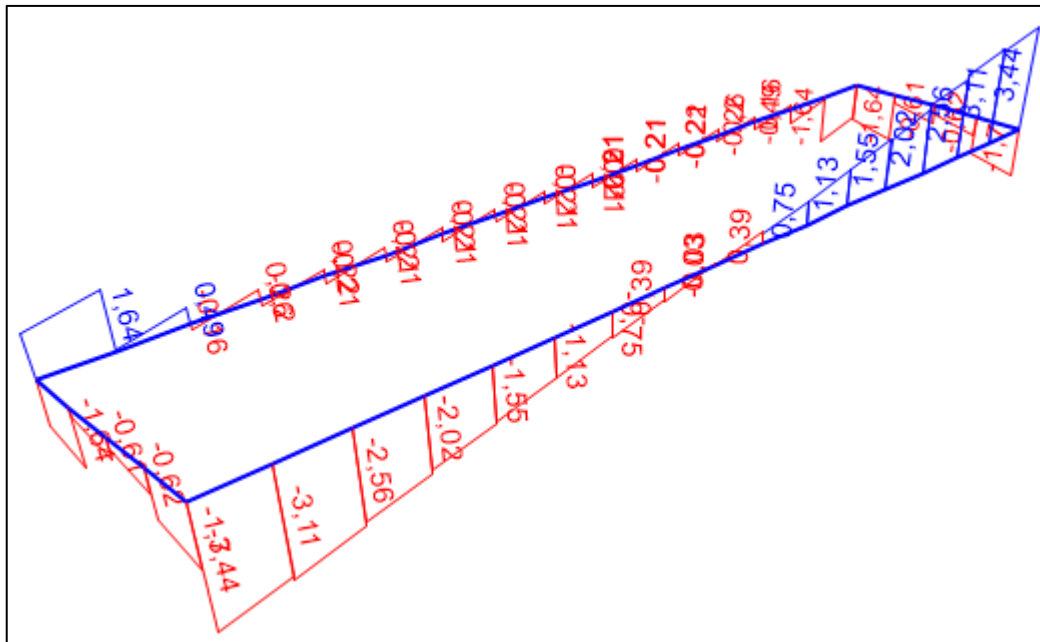
Momento Fletor

COMB1



**Esforço Cortante**

**COMB1**



As tabelas a seguir apresentam o dimensionamento das vigas:

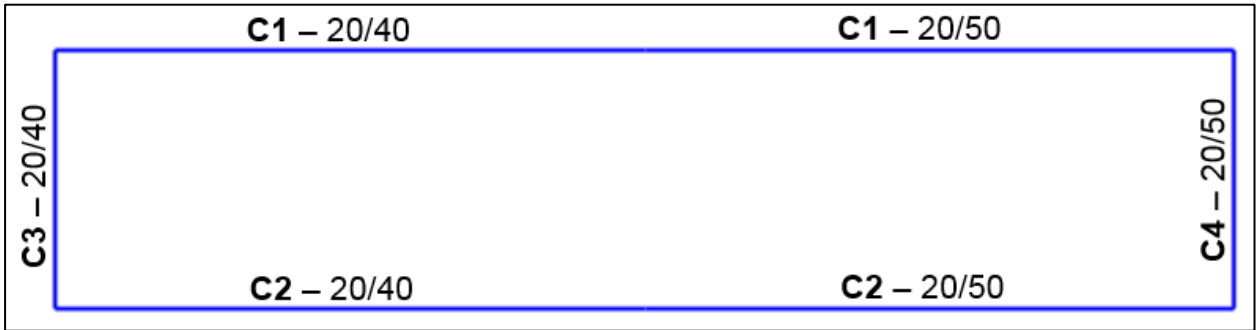
FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	25,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Vigas - V1 a V4 Armadura Longitudinal Face superior	20,00	30,00	26,00	4,00	0,4	0,00	<b>0,04</b>	2 Ø8mm	<b>0,00</b>	0,00	<b>0,90</b>	
Vigas - V1 a V4 Armadura Longitudinal Face inferior	20,00	30,00	26,00	4,00	2,6	0,00	<b>0,23</b>	2 Ø8mm	<b>0,00</b>	0,00	<b>0,90</b>	

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DE CISALHAMENTO - NBR 6118:2014										fck (Mpa)	25,00
										fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas			Esforços		Dimensionamento no ELU					
	Bw (cm)	H (cm)	d' (cm)	Vd (kN)	Protensão (kN)	Biela do Concreto	Asw (cm²/m)	Asw,adotado (cm²/m)	Asw,min (cm²/m)		
Vigas - V1 a V4	20	30	4	3,5	0	Ok	0,00	Ø6,3mm c.20	2,05		



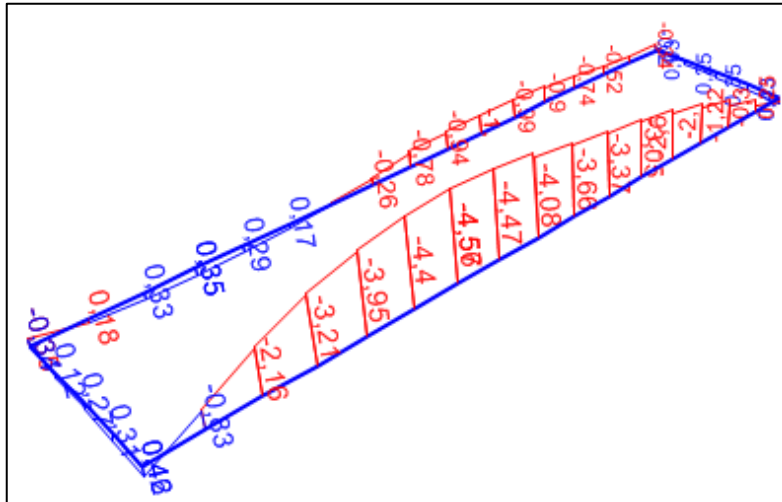
### 4.4.5 CINTAS

Nomenclatura:



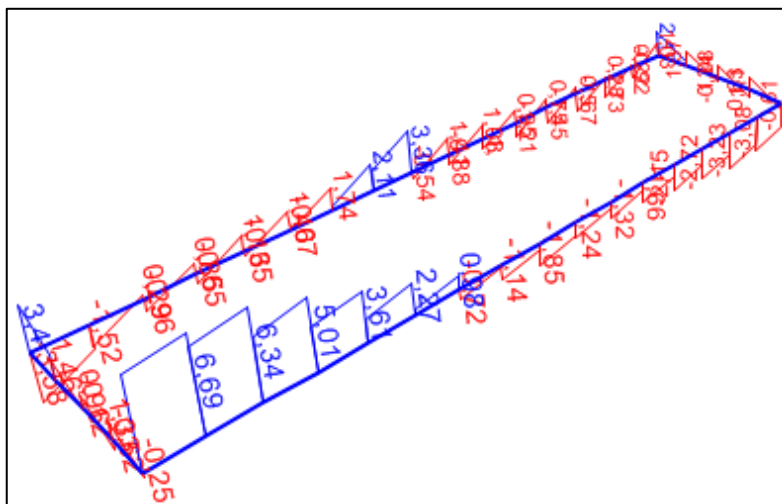
Momento Fletor

COMB1



Esforço Cortante

COMB1





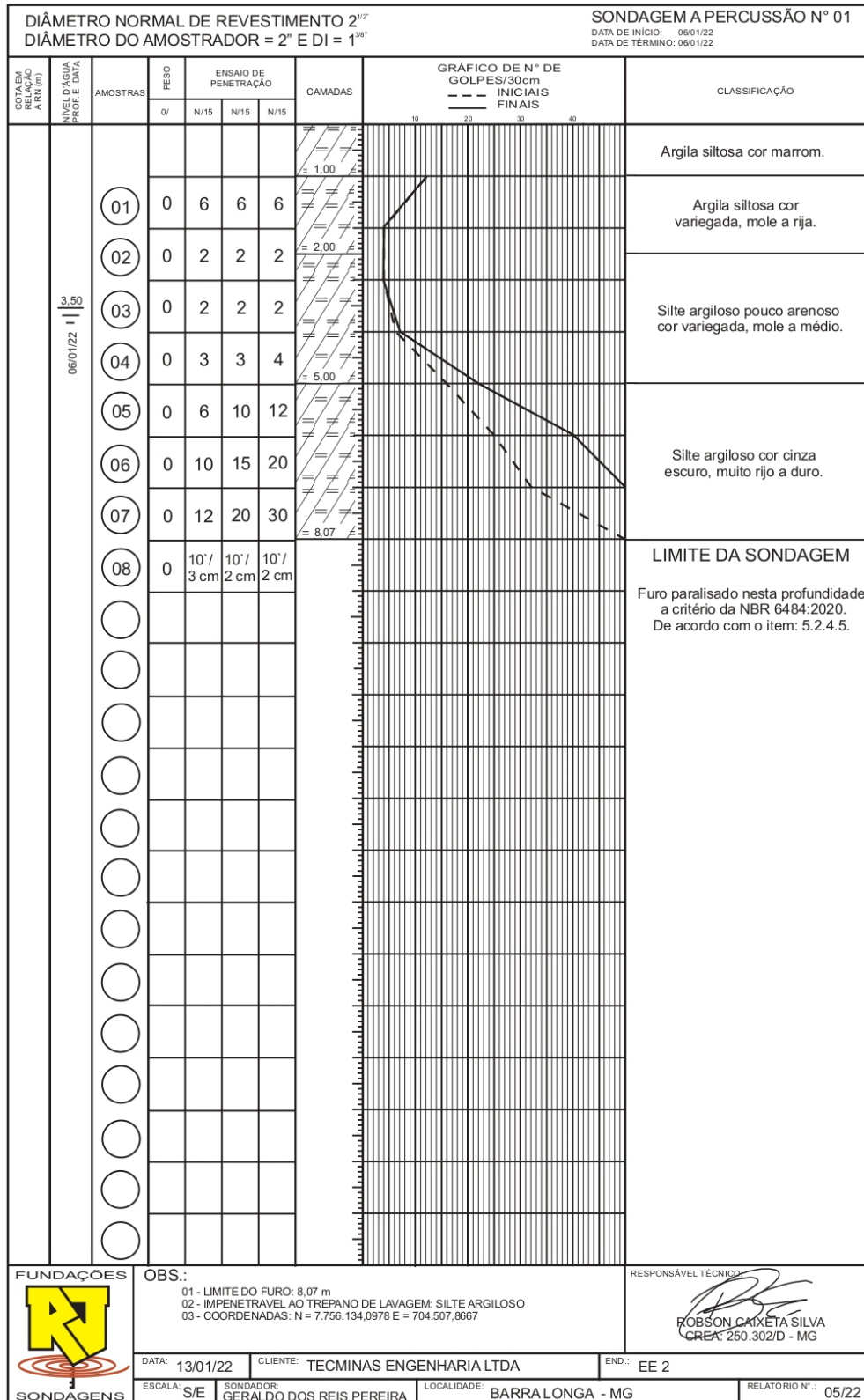
As tabelas a seguir apresentam o dimensionamento das cintas:

FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	25,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Cintas - C1, C2 e C3 Armadura Longitudinal Face superior	20,00	40,00	35,00	5,00	4,6	0,00	<b>0,30</b>	2 Ø10mm	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,20</b>	
Cintas - C1, C2 e C3 Armadura Longitudinal Face inferior	20,00	40,00	35,00	5,00	0,4	0,00	<b>0,03</b>	2 Ø10mm	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,20</b>	
Cintas - C1, C2 e C4 Armadura Longitudinal Face superior	20,00	50,00	45,00	5,00	4,1	0,00	<b>0,21</b>	2 Ø10mm	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,50</b>	
Cintas - C1, C2 e C4 Armadura Longitudinal Face inferior	20,00	50,00	45,00	5,00	0,5	0,00	<b>0,03</b>	2 Ø10mm	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,50</b>	

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DE CISALHAMENTO - NBR 6118:2014										fck (Mpa)	25,00
										fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas			Esforços		Dimensionamento no ELU					
	Bw (cm)	H (cm)	d' (cm)	Vd (kN)	Protensão (kN)	Biela do Concreto	Asw (cm²/m)	Asw,adotado (cm²/m)	Asw,min (cm²/m)		
Cintas - C1, C2 e C3	20	40	5	6,7	0	Ok	0,00	Ø6,3mm c.20	2,05		
Cintas - C1, C2 e C4	20	50	5	4,1	0	Ok	0,00	Ø6,3mm c.20	2,05		

### 4.5 ANÁLISE DE TENSÕES NO SOLO

Primeiramente foi definido, com base no relatório de sondagem SONDA.TECMINAS BARRA LONGA EE2 05, sondagem nº SP-01, que a tensão admissível do terreno é de 0,80 kgf/cm<sup>2</sup>.



A determinação do coeficiente de recalque do solo, segundo *Safe e Morrison (1993)*, para esta tensão admissível, é **1,84 kgf/cm<sup>3</sup>**, ou seja, **18.400 kN/m<sup>3</sup>**.

Para se obter a força máxima atuante por unidade de área, isto é, a tensão máxima atuante no terreno, deve-se multiplicar o maior deslocamento vertical em módulo ocorrido no modelo pelo coeficiente de recalque estabelecido:

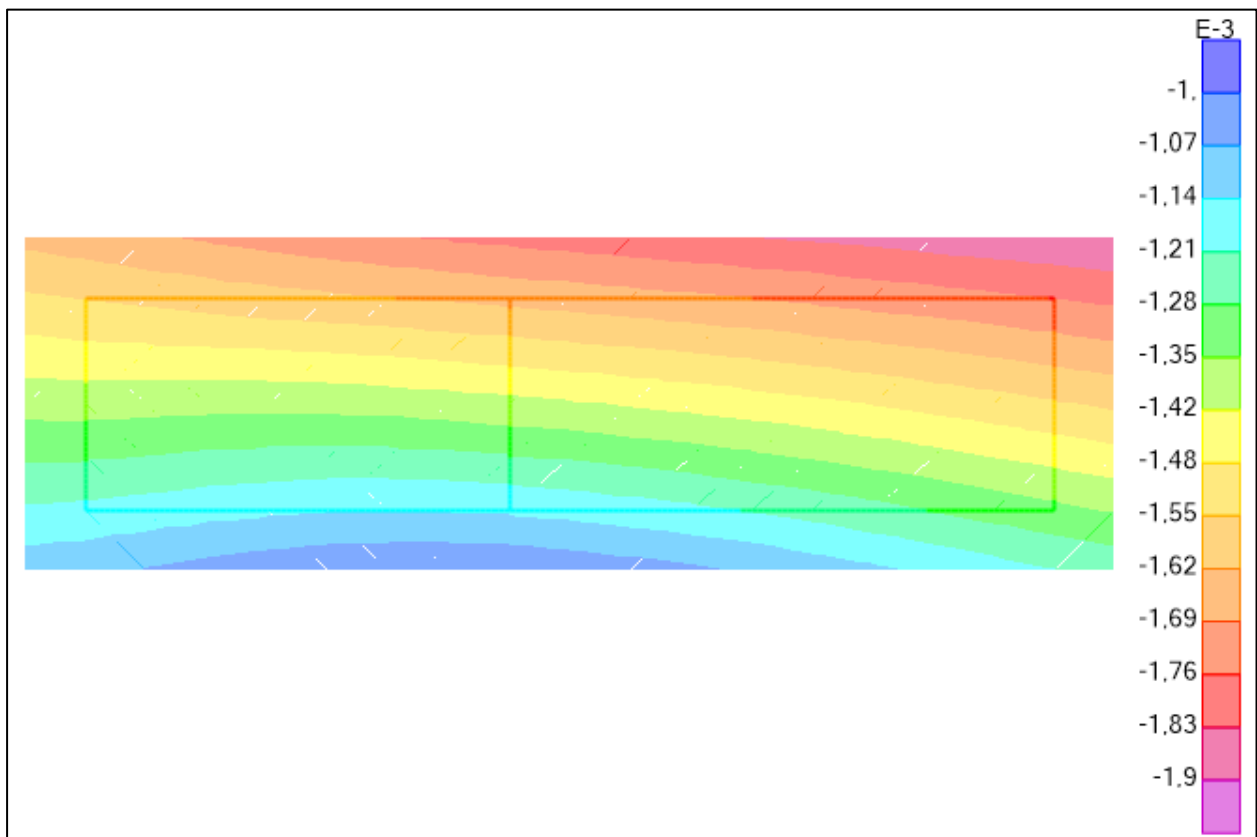
$$\sigma_{max} = d_v \times k_v$$

Sendo que  $\sigma_{max} \leq \sigma_{adm.}$ , onde:

$\sigma_{adm.}$  é a tensão admissível no terreno = 0,80 kgf/cm<sup>2</sup>

Deslocamento vertical (m)

COMB 2



Portanto:

Tensão atuante = 0,19 cm \* 1,84 kgf/cm<sup>3</sup> = 0,35 kgf/cm<sup>2</sup>

Tensão atuante = 0,35 kgf/cm<sup>2</sup> < Tensão admissível = 0,80 kgf/cm<sup>2</sup> → OK!

## 5 BLOCOS DE ANCORAGEM – EE2

### 5.1 CARREGAMENTOS ADOTADOS

– **Peso próprio da estrutura:** adotou-se o peso específico de 24kN/m<sup>3</sup> para o concreto.

– **Empuxo:** serão consideradas as cargas fornecidas da linha de recalque:

BLOCOS	CONEXÃO			DIÂMETROS		PRESSÃO MÁX. (kg/cm <sup>2</sup> )	EMPUXO (kN)
	CÓDIGO	PEÇA	K	1	2		
BA.1	2	Curva 90°	1,4140	80	0	0,6	0,43
BA.2	3	Curva 45°	0,7660	80	0	0,39	0,15
	3	Curva 45°	0,7660	80	0	0,39	0,15

### 5.2 DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA

– BLOCO BA.1 (1X):

BLOCOS DE ANCORAGEM - Horizontais	Curva 90°
$P_b = \frac{(E * FS)}{tg\Phi_{m\acute{a}x}}$	
Pb – Peso do bloco; E – Empuxo = 0,43 kN FS – Fator de segurança = 1,2 Coeficiente de atrito: tgΦ <sub>máx</sub> = 0,30	$P_b = \frac{(0,43 * 1,2)}{0,3}$ $P_b = 1,72 \text{ kN}$
$V_c = \frac{P_b}{\gamma_c}$	
V <sub>c</sub> - Volume de Concreto; γ <sub>c</sub> - Peso específico do concreto = 24 kN/m <sup>3</sup>	$V_c = \frac{1,72}{24}$ $V_c = 0,07 \text{ m}^3$

– BLOCO BA.2 (1X):

BLOCOS DE ANCORAGEM - Horizontais	Curva 45°
$P_b = \frac{(E * FS)}{tg\phi_{m\acute{a}x}}$	
Pb – Peso do bloco; E – Empuxo = <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,15</span> kN FS – Fator de segurança = <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1,2</span> Coeficiente de atrito: $tg\phi_{m\acute{a}x}$ = <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,30</span>	$P_b = \frac{(0,15 * 1,2)}{0,3}$ $P_b = \span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,6 \text{ kN}$
$V_c = \frac{P_b}{\gamma_c}$	
V <sub>c</sub> - Volume de Concreto; γ <sub>c</sub> - Peso específico do concreto = <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">24</span> kN/m <sup>3</sup>	$V_c = \frac{0,6}{24}$ $V_c = \span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0,03 \text{ m}^3$

Os blocos de peso em posição “cadeira” devem possuir armação contra fissuração.

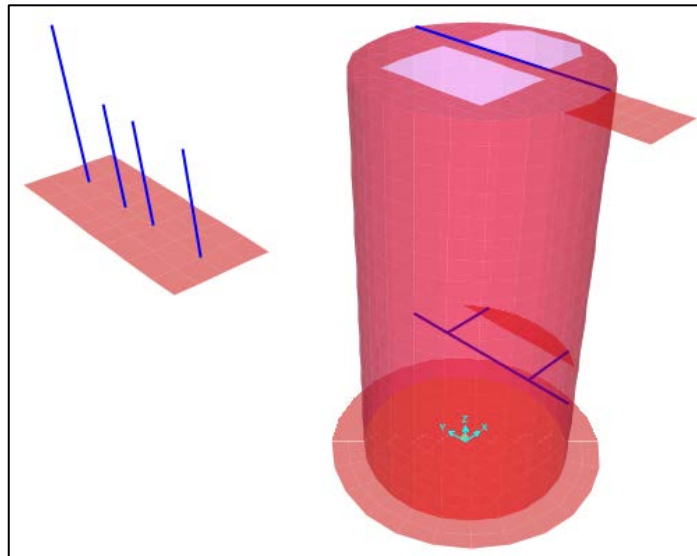
– **Adotada:** Ø8mm c.15cm.

## 6 ELEVATÓRIA DE ESGOTO – EE3

### 6.1 MODELO ESTRUTURAL


A estrutura foi modelada no programa *CSI SAP2000 v22.2.0* em conformidade com a geometria dos elementos e materiais utilizados.

Unidades de força em kN e de comprimento em m, exceto onde indicado.



As imagens a seguir mostram as propriedades do material e as seções dos elementos estruturais – *shells* (placas) e *frames* (barras) – estabelecidos como dados de entrada para análise no programa.

General Data	
Material Name and Display Color	fck = 40MPa
Material Type	Concrete
Material Grade	f <sub>c</sub> 4000 psi
Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	
Weight per Unit Volume	25,
Mass per Unit Volume	2,5493
Units	
	KN, m, C
Isotropic Property Data	
Modulus Of Elasticity, E	28688000,
Poisson, U	0,2
Coefficient Of Thermal Expansion, A	9,900E-06
Shear Modulus, G	11953333,
Other Properties For Concrete Materials	
Specified Concrete Compressive Strength, f <sub>c</sub>	27579,032
Expected Concrete Compressive Strength	27579,032
<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete	
Shear Strength Reduction Factor	

**Section Name** Laje - 20 **Display Color** 

**Section Notes** Modify/Show...

---

**Type**

- Shell - Thin
- Shell - Thick
- Plate - Thin
- Plate Thick
- Membrane
- Shell - Layered/Nonlinear

Modify/Show Layer Definition...

**Thickness**

Membrane

Bending

**Material**

Material Name + fck = 40MPa v

Material Angle

**Time Dependent Properties**

Set Time Dependent Properties...

---


**Concrete Shell Section Design Parameters**

Modify/Show Shell Design Parameters...

**Stiffness Modifiers** **Temp Dependent Properties**

Set Modifiers... Thermal Properties...

OK Cancel

**Section Name** Laje - 15 **Display Color** 

**Section Notes** Modify/Show...

---

**Type**

- Shell - Thin
- Shell - Thick
- Plate - Thin
- Plate Thick
- Membrane
- Shell - Layered/Nonlinear

Modify/Show Layer Definition...

**Thickness**

Membrane

Bending

**Material**

Material Name + fck = 40MPa v

Material Angle

**Time Dependent Properties**

Set Time Dependent Properties...

---


**Concrete Shell Section Design Parameters**

Modify/Show Shell Design Parameters...

**Stiffness Modifiers** **Temp Dependent Properties**

Set Modifiers... Thermal Properties...

OK Cancel

**Section Name**  **Display Color** 

**Section Notes**

---

**Type**

- Shell - Thin
- Shell - Thick
- Plate - Thin
- Plate Thick
- Membrane
- Shell - Layered/Nonlinear

**Thickness**

Membrane

Bending

**Material**

Material Name


Material Angle

**Time Dependent Properties**

**Concrete Shell Section Design Parameters**

**Stiffness Modifiers**

**Temp Dependent Properties**

**Section Name**  **Display Color** 

**Section Notes**

---

**Type**

- Shell - Thin
- Shell - Thick
- Plate - Thin
- Plate Thick
- Membrane
- Shell - Layered/Nonlinear

**Thickness**

Membrane

Bending

**Material**

Material Name

Material Angle

**Time Dependent Properties**

**Concrete Shell Section Design Parameters**

**Stiffness Modifiers**

**Temp Dependent Properties**



**Section Name**  **Display Color**

**Section Notes**

**Dimensions**

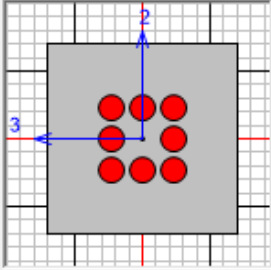
Depth (t3)

Width (t2)

**Material**

**Property Modifiers**

**Section**



**Properties**

**Section Name**  **Display Color**

**Section Notes**

**Dimensions**

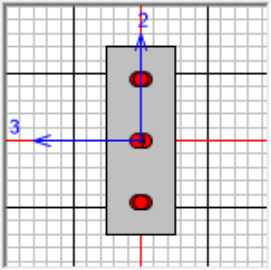
Depth (t3)

Width (t2)

**Material**

**Property Modifiers**

**Section**



**Properties**

**Section Name**  **Display Color** ■

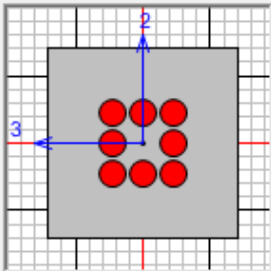
**Section Notes**

**Dimensions**

Depth (t3)

Width (t2)

**Section**



**Material**   **Property Modifiers**

**Properties**

**Section Name**  **Display Color** ■

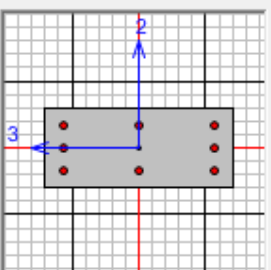
**Section Notes**

**Dimensions**

Depth (t3)

Width (t2)

**Section**



**Material**   **Property Modifiers**

**Properties**

## 6.2 CARREGAMENTOS ADOTADOS

### 6.2.1 CARREGAMENTOS PERMANENTES

– **Peso próprio da estrutura:** adotou-se peso específico de  $25 \text{ kN/m}^3$  para o concreto. O programa *SAP2000* considera-o automaticamente em suas análises.

– **Solo:** serão considerados dois casos para a presença de solo na análise da estrutura: solo natural e solo submerso para a situação de subpressão.

O solo gera uma carga triangular distribuída nas paredes da estrutura, dada pela equação abaixo:

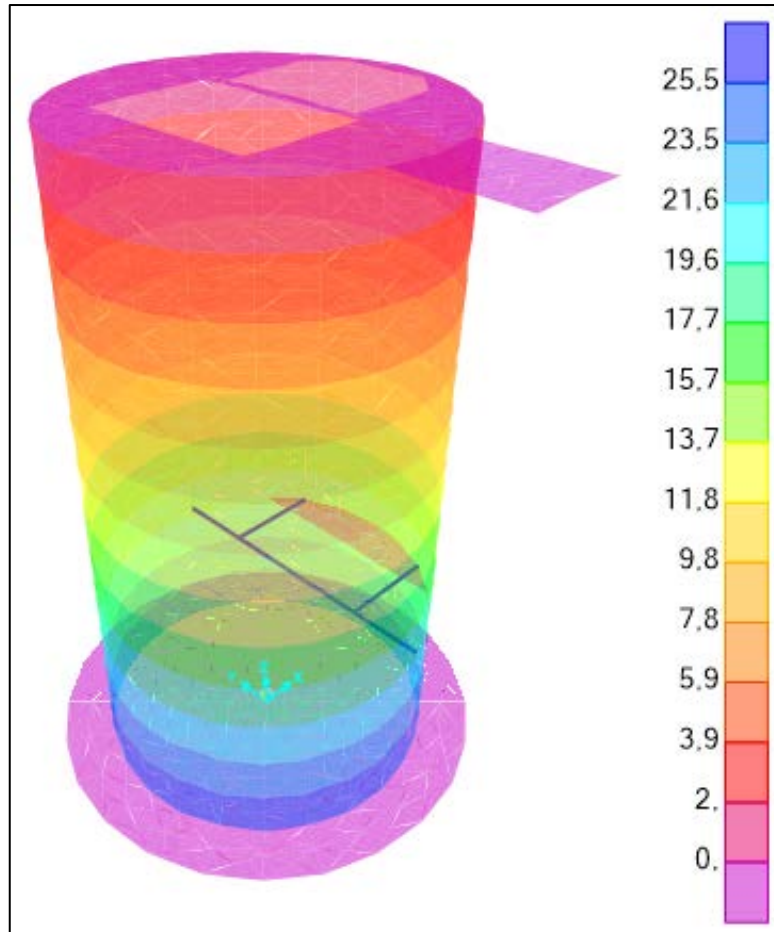
$$q = \gamma_{\text{solo}} * h * \tan^2 \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

$h$ : altura do solo = 4,25 m

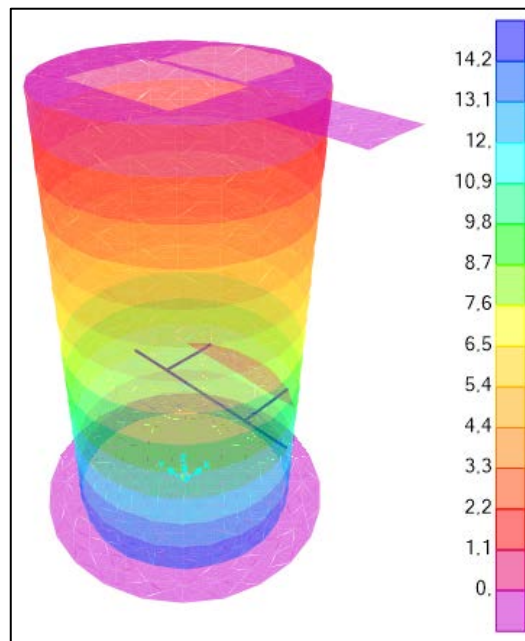
$\gamma_{\text{solo nat}}$ : peso específico do solo natural =  $18,00 \text{ kN/m}^3$

$\gamma_{\text{solo sub}}$ : peso específico do solo submerso =  $10,00 \text{ kN/m}^3$

Solo natural:



Solo submerso:



O solo gera, ainda, um carregamento uniforme distribuído na área de base da estrutura, conforme a equação:

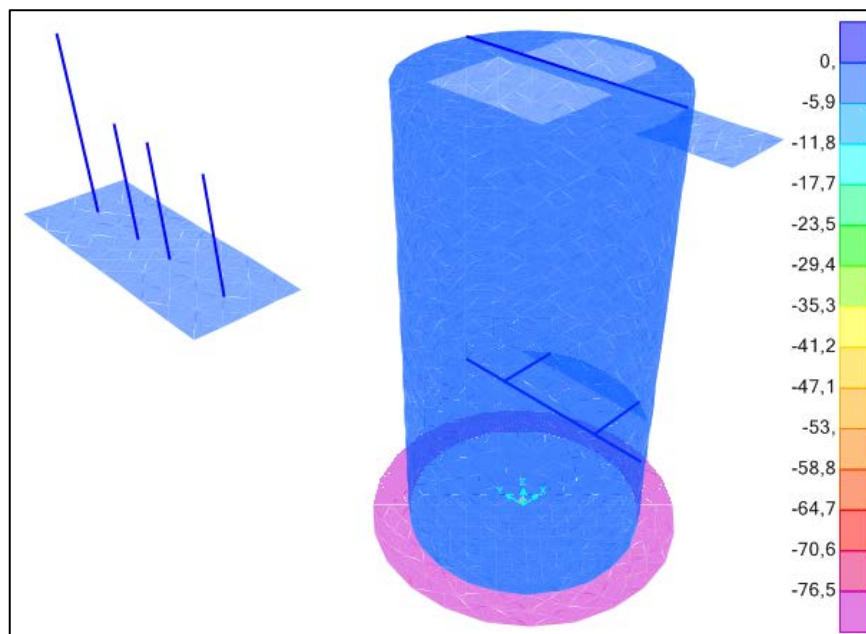
$$q = \gamma_{solo} * h$$

*h*: altura do solo = 4,25 m (abas); 0,30 m (bloco 1)

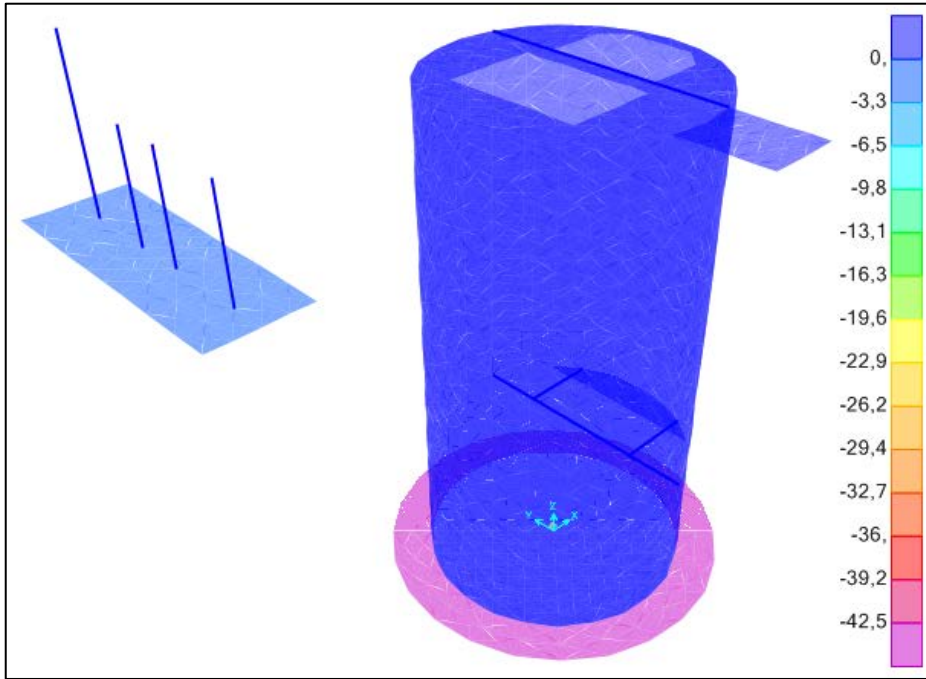
$\gamma_{solo\ nat}$ : peso específico do solo natural = 18,00 kN/m<sup>3</sup>

$\gamma_{solo\ sub}$ : peso específico do solo submerso = 10,00 kN/m<sup>3</sup>

Solo natural:



Solo submerso:

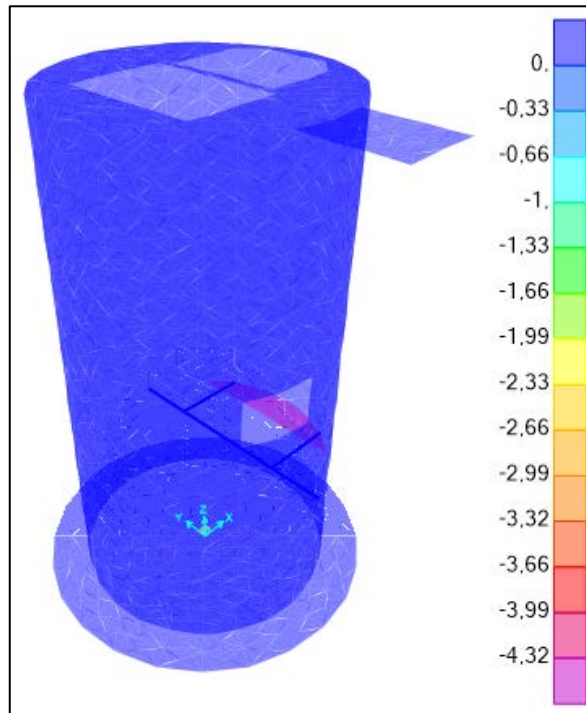


– **Enchimento:** considerou-se um carregamento uniformemente distribuído na área, segundo a equação que se segue, para representar a presença do enchimento na estrutura.

$$q = \gamma_{ench.} * h$$

*h:* altura do enchimento = 0,18 m

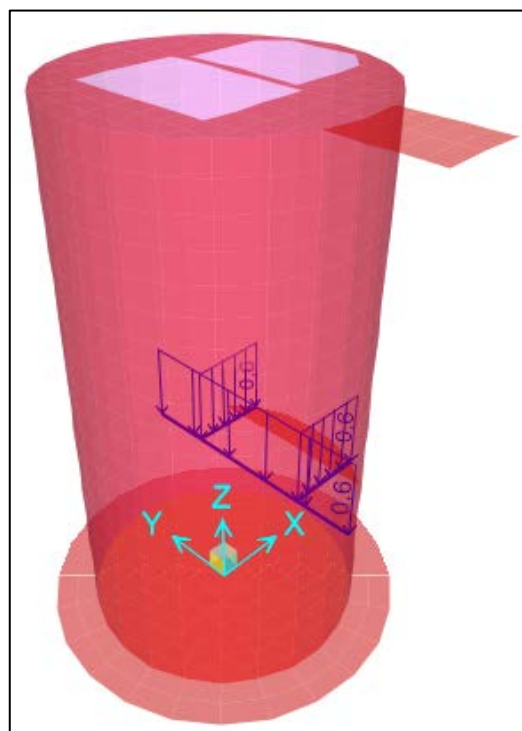
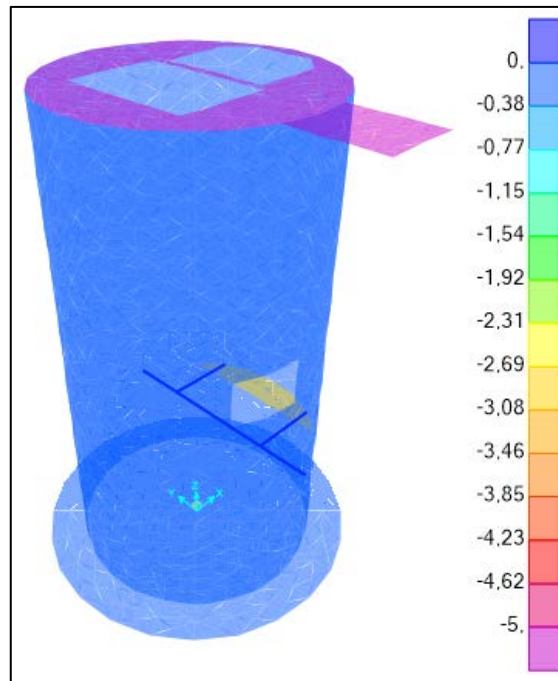
*$\gamma_{ench.}$ :* peso específico do enchimento = 24,00 kN/m<sup>3</sup>



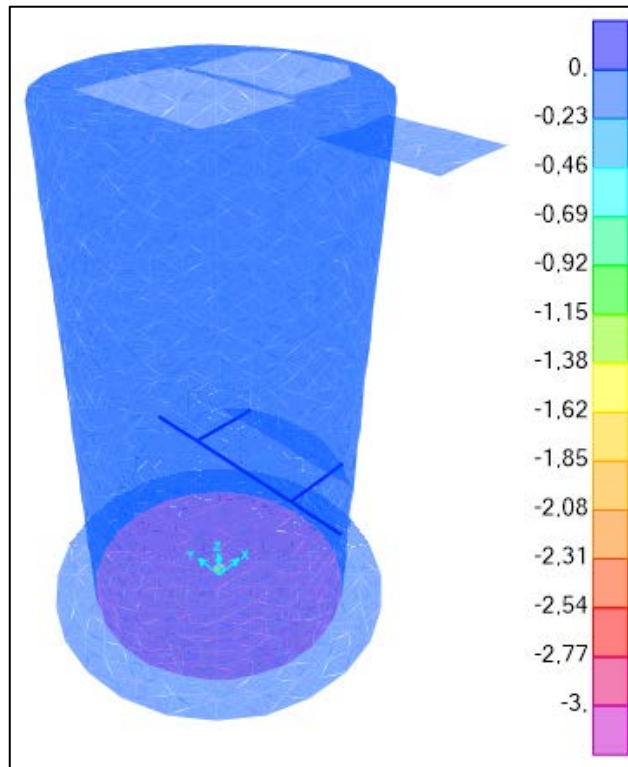
## 6.2.2 CARREGAMENTOS VARIÁVEIS

– **Sobrecarga:** será considerada uma carga acidental de 5 kN/m<sup>2</sup> na laje superior, uma sobrecarga de 3 kN/m<sup>2</sup> nas lajes intermediária, de fundo e sobre as vigas (carregamento linear de 0,6 kN/m):

Sobrecarga geral:

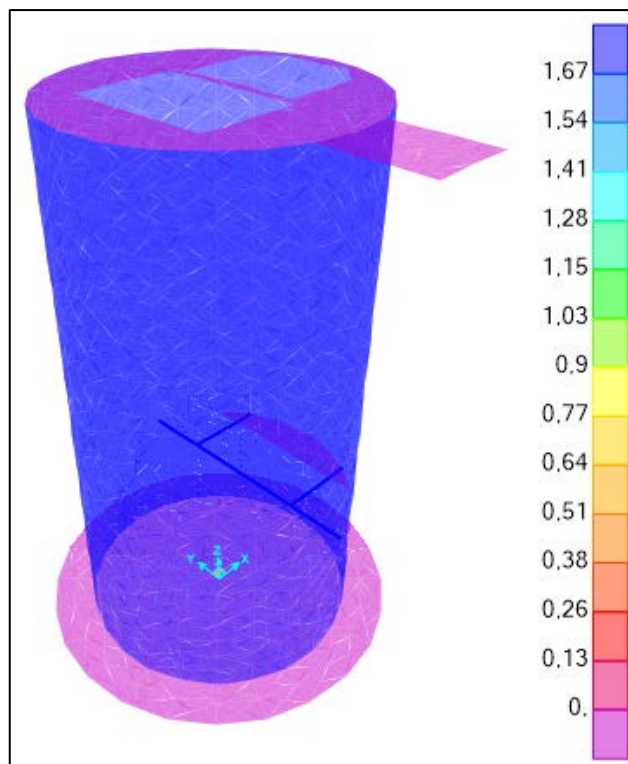


Sobrecarga na laje inferior:



– **Sobrecarga no solo:** será considerada uma sobrecarga de 5 kN/m<sup>2</sup> no terreno. Esta sobrecarga gera uma carga distribuída na parede da estrutura, dada pela equação:

$$q = SC * \tan^2 \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right) = 1,67 \text{ kN/m}^2$$



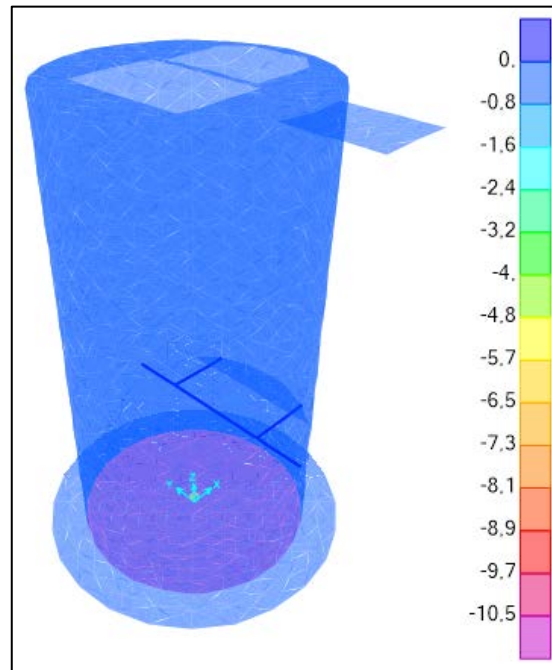
– **Efluente:** o efluente gera uma carga uniformemente distribuída na base da estrutura e um carregamento triangular em suas paredes, ambos dados pela equação:

$$q = \gamma * h$$

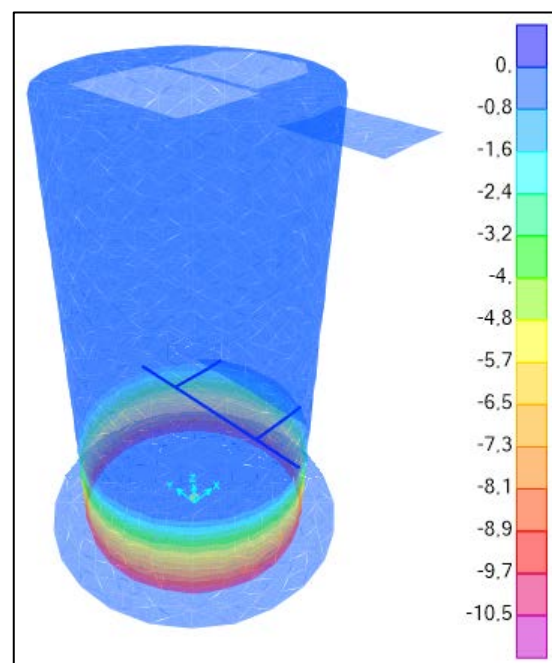
$\gamma$ : peso específico do efluente = 10,00 kN/m<sup>3</sup>

$h$ : altura máxima do efluente = 1,05 m

Carga na base:



Carga nas paredes:





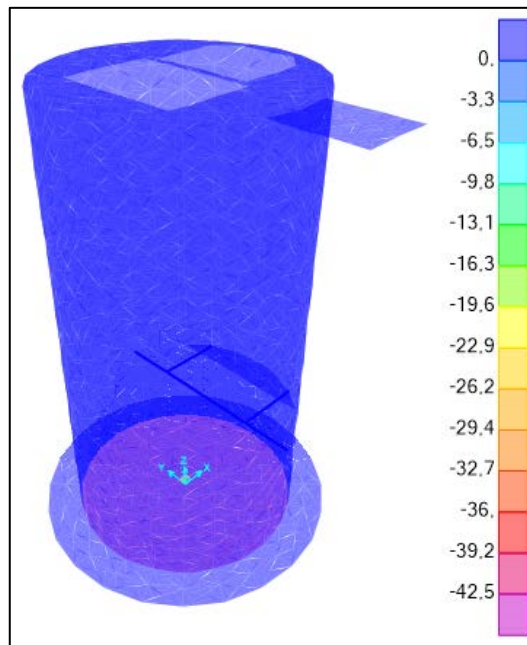
– **Teste de estanqueidade:** o efluente gera uma carga uniformemente distribuída na base da estrutura e um carregamento triangular em suas paredes, ambos dados pela equação:

$$q = \gamma * h$$

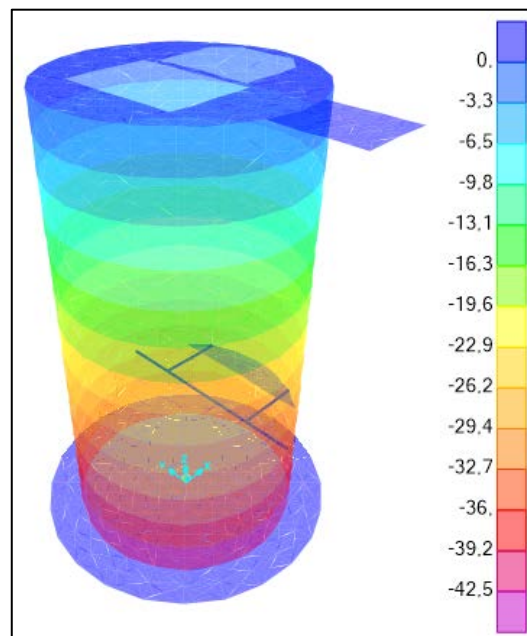
$\gamma$ : peso específico do efluente = 10,00 kN/m<sup>3</sup>

$h$ : altura máxima do efluente = 4,25 m

Carga na base:



Carga nas paredes:



– **Subpressão:** de acordo com os boletins de sondagem na região da estrutura, existe a possibilidade de o lençol freático aflorar ao nível do elemento estrutural.

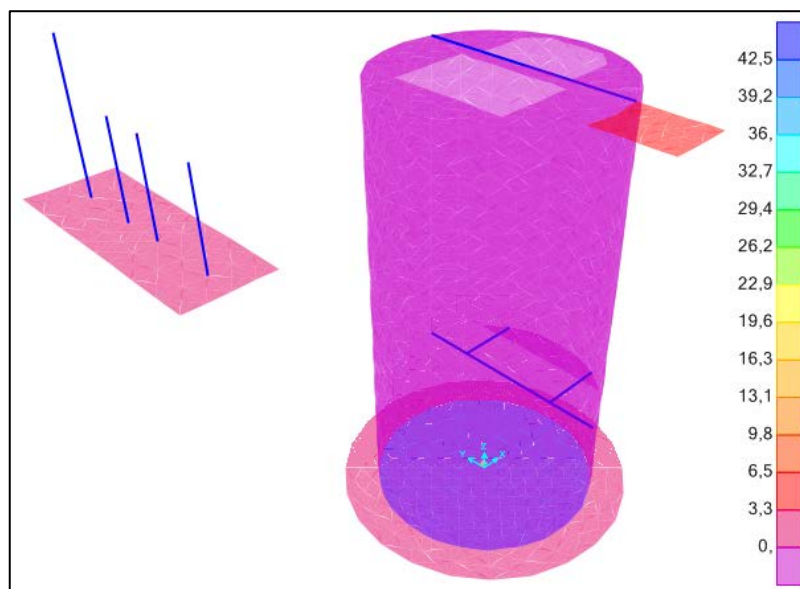
A água presente no solo gera uma carga uniformemente distribuída na base da estrutura e um carregamento triangular nas faces externas de suas paredes, seguindo a equação abaixo:

$$q = \gamma * h$$

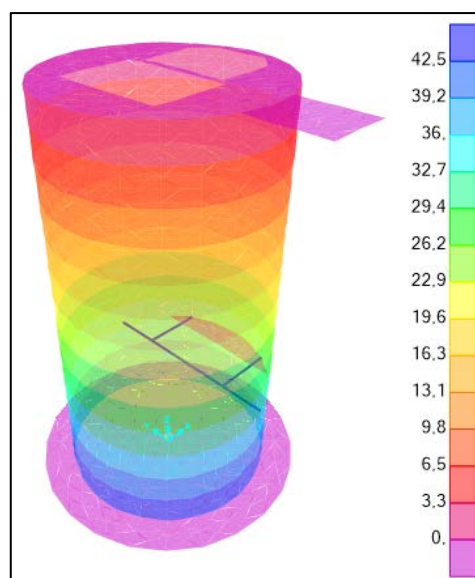
$\gamma$ : peso específico do efluente = 10,00 kN/m<sup>3</sup>

$h$ : altura máxima do efluente = 4,25 m

Carga na base:



Carga nas paredes:

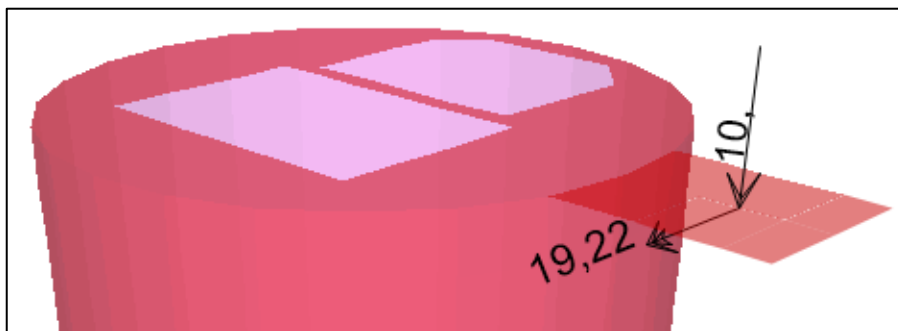


– **Pórtico giratório e monovia:** o peso próprio do pórtico giratório foi estimado em 0,90kN para o perfil I e em 2,80kN para o tubo galvanizado.

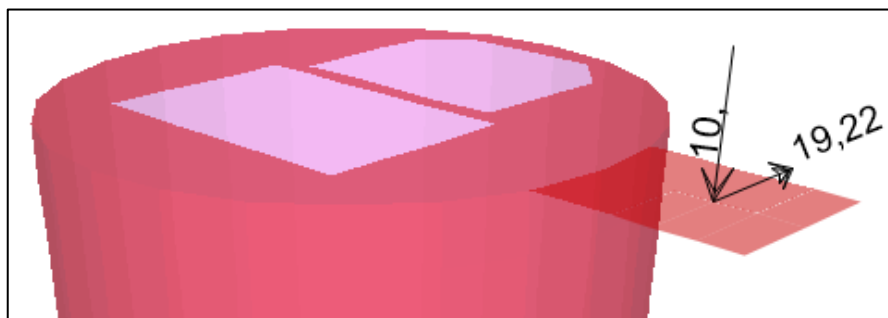
A carga móvel considerada foi de 5kN (0,5tf) para a carga içada, mais 1,3kN referente ao peso do trole, talha e acessórios. Portanto, a carga móvel foi considerada como 6,3kN. Foi, ainda, adotado um coeficiente de Impacto Vertical (CIV) de 1,25 para considerar os efeitos dinâmicos da carga móvel, conforme item B.4.4 alínea a), na falta de prescrição específica para monovias com talhas.

Tendo-se em vista a possibilidade de rotação do pórtico giratório, foram consideradas 5 possíveis posições no dimensionamento:

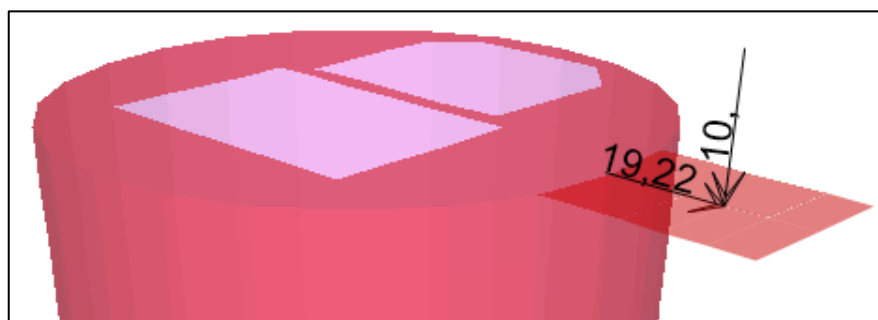
Pórtico giratório e monovia – Caso 1:



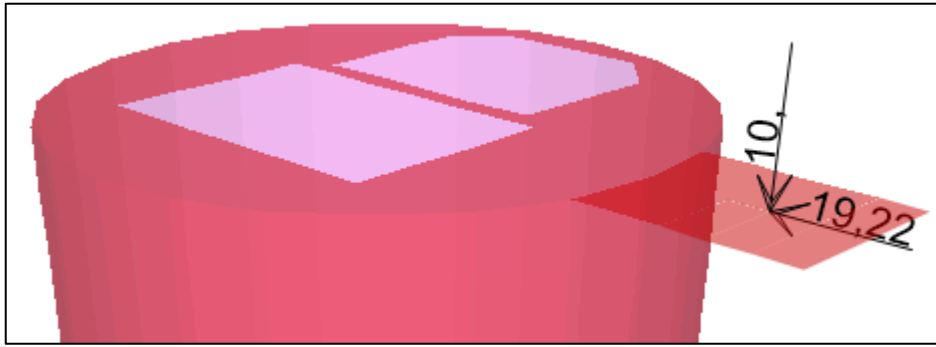
Pórtico giratório e monovia – Caso 2:



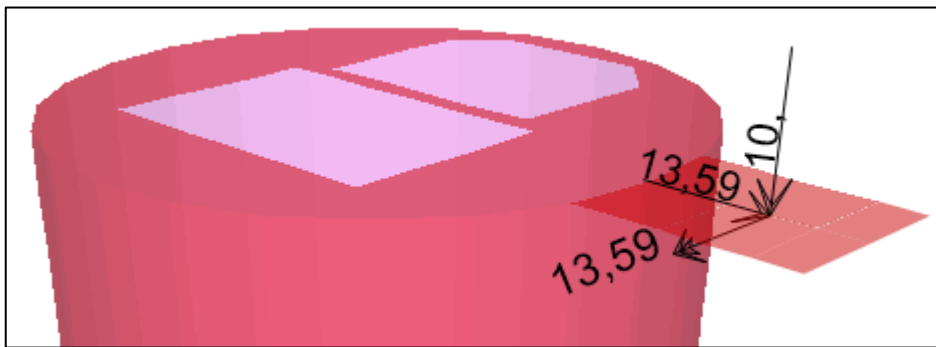
Pórtico giratório e monovia – Caso 3:



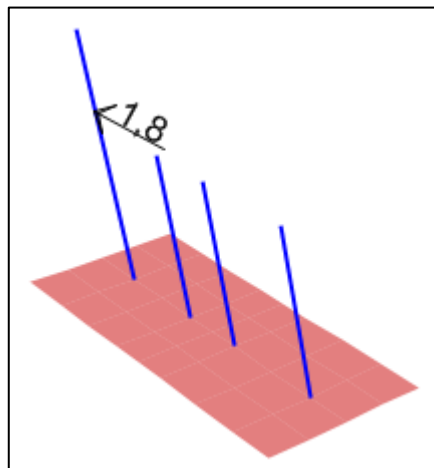
Pórtico giratório e monovia – Caso 4:



Pórtico giratório e monovia – Caso 5:



– **Golpe de aríete:** segundo os dados fornecidos, o carregamento da ancoragem atuante na base BA.1 é de 1,80 kN.



### 6.3 COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTOS

Pórtico giratório e monovia (Envoltória) → 1,00 x Pórtico giratório e monovia – Caso 1 + 1,00 x Pórtico giratório e monovia – Caso 2 + 1,00 x Pórtico giratório e monovia – Caso 3 + 1,00 x Pórtico giratório e monovia – Caso 4 + 1,00 x Pórtico giratório e monovia – Caso 5;

Combinação 1 (ELU) → 1,40 x Peso Próprio + 1,40 x Solo natural + 1,40 x Enchimento + 1,40 x Sobrecarga geral + 1,40 x Sobrecarga na laje inferior + 1,40 x Sobrecarga no solo + 1,40 x Pórtico giratório e monovia (Envoltória);

Combinação 2 (ELU) → 1,40 x Peso Próprio + 1,40 x Solo natural + 1,40 x Enchimento + 1,40 x Sobrecarga geral + 1,40 x Sobrecarga no solo + 1,40 x Efluente + 1,40 x Pórtico giratório e monovia (Envoltória);

Combinação 3 (ELU) → 1,40 x Peso Próprio + 1,40 x Solo natural + 1,40 x Enchimento + 1,40 x Sobrecarga geral + 1,40 x Teste de estanqueidade + 1,40 x Pórtico giratório e monovia (Envoltória);

Combinação 4 (ELU) → 1,40 x Peso Próprio + 1,40 x Solo submerso + 1,40 x Enchimento + 1,40 x Sobrecarga geral + 1,40 x Sobrecarga na laje inferior + 1,40 x Sobrecarga no solo + 1,40 x Subpressão + 1,40 x Pórtico giratório e monovia (Envoltória);

Combinação 5 (ELU) → 1,40 x Peso Próprio + 1,40 x Solo natural + 1,40 x Golpe de aríete;

Combinação 6 (ELU) → 1,40 x Peso Próprio + 1,40 x Solo submerso + 1,40 x Subpressão + 1,40 x Golpe de aríete;

Combinação 7 (FUNDAÇÃO) → 1,00 x Peso Próprio + 1,00 x Solo natural + 1,00 x Enchimento + 1,00 x Sobrecarga geral + 1,00 x Sobrecarga na laje inferior + 1,00 x Sobrecarga no solo + 1,00 x Pórtico giratório e monovia (Envoltória);

Combinação 8 (FUNDAÇÃO) → 1,00 x Peso Próprio + 1,00 x Solo natural + 1,00 x Enchimento + 1,00 x Sobrecarga geral + 1,00 x Sobrecarga no solo + 1,00 x Efluente + 1,00 x Pórtico giratório e monovia (Envoltória);

Combinação 9 (FUNDAÇÃO) → 1,00 x Peso Próprio + 1,00 x Solo natural + 1,00 x Enchimento + 1,00 x Sobrecarga geral + 1,00 x Teste de estanqueidade + 1,00 x Pórtico giratório e monovia (Envoltória);

Combinação 10 (FUNDAÇÃO) → 1,00 x Peso Próprio + 1,00 x Solo submerso + 1,00 x Enchimento + 1,00 x Sobrecarga geral + 1,00 x Sobrecarga na laje inferior + 1,00 x Sobrecarga no solo + 1,00 x Subpressão + 1,00 x Pórtico giratório e monovia (Envoltória).

Combinação 11 (FUNDAÇÃO) → 1,00 x Peso Próprio + 1,00 x Solo natural + 1,00 x Golpe de aríete;

Combinação 12 (FUNDAÇÃO) → 1,00 x Peso Próprio + 1,00 x Solo submerso + 1,00 x Subpressão + 1,00 x Golpe de aríete.

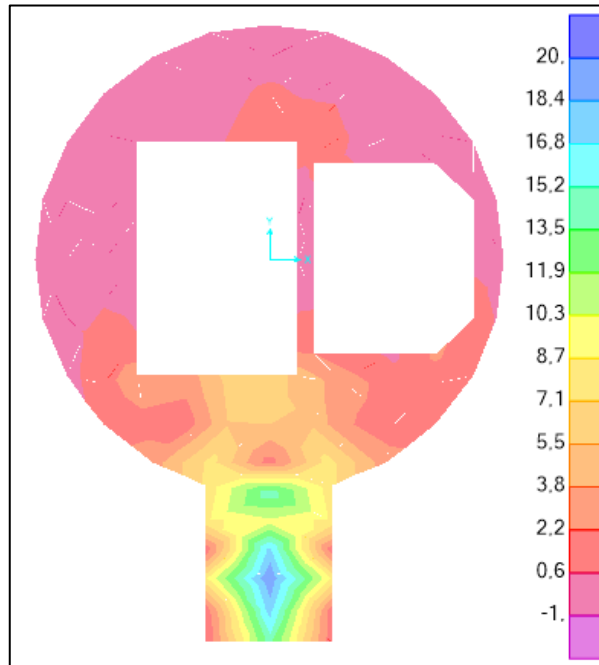
## 6.4 DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA

### 6.4.1 LAJE SUPERIOR E BLOCO DE FUNDAÇÃO DO PÓRTICO GIRATÓRIO (BL.2)

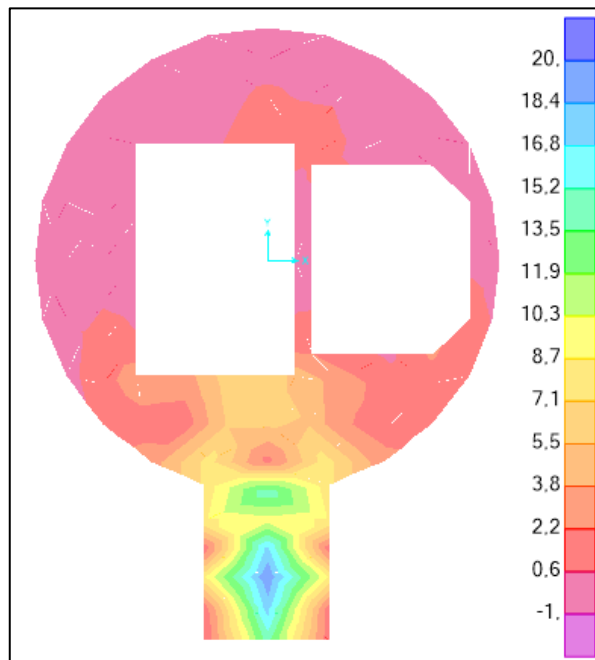
Armadura Horizontal

Momento Fletor

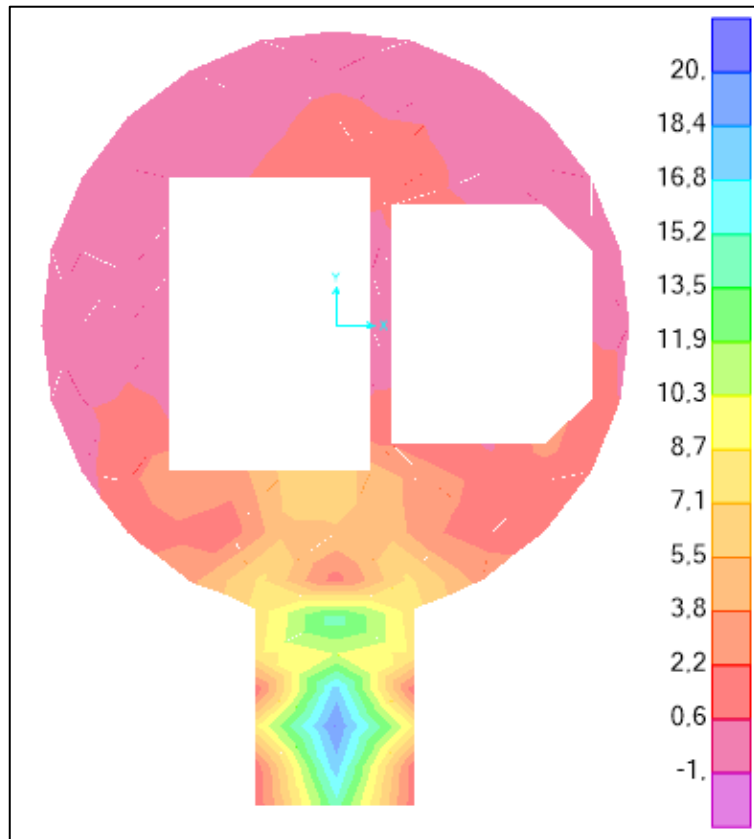
COMB1



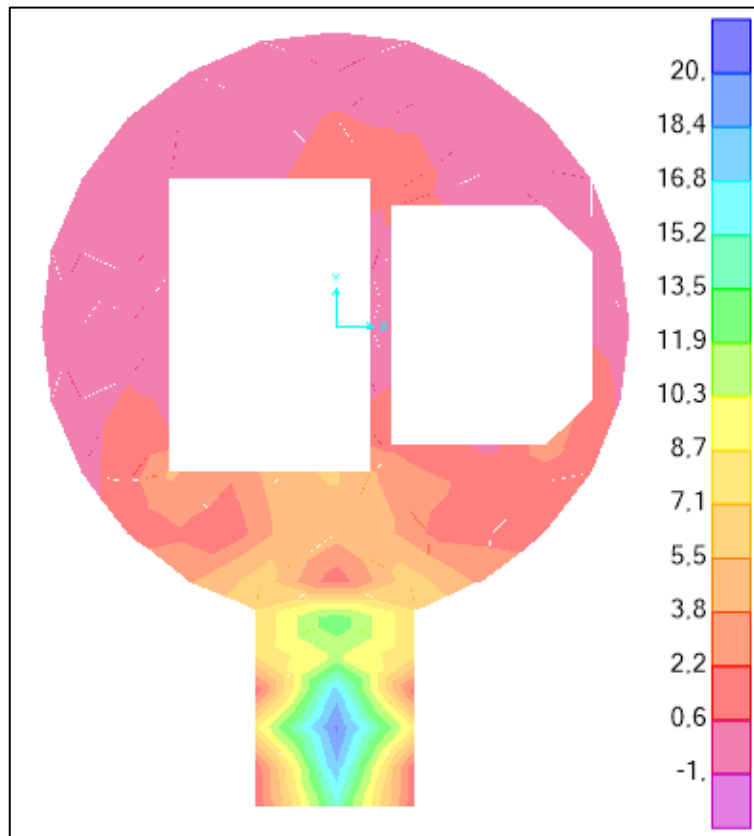
COMB2



COMB3



COMB4

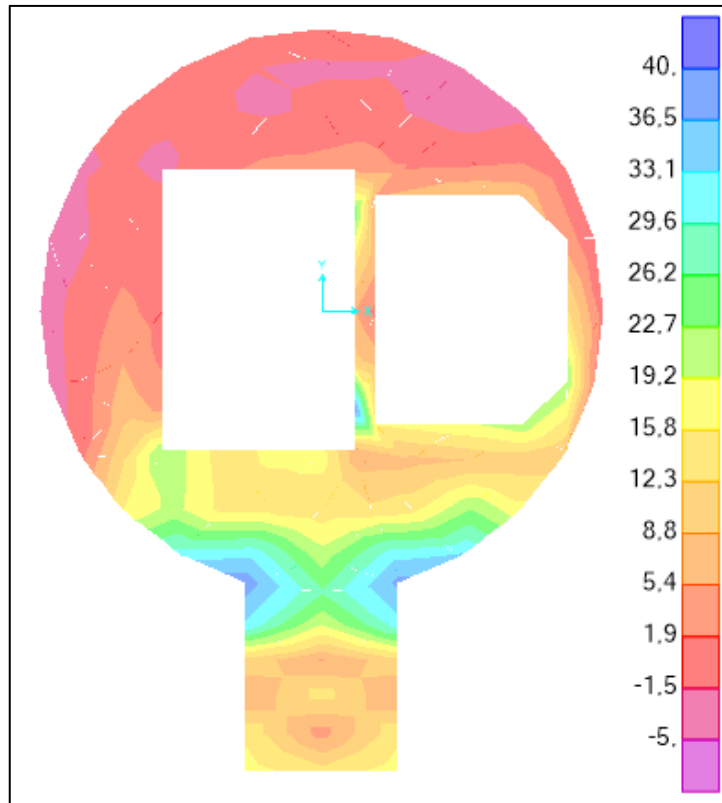




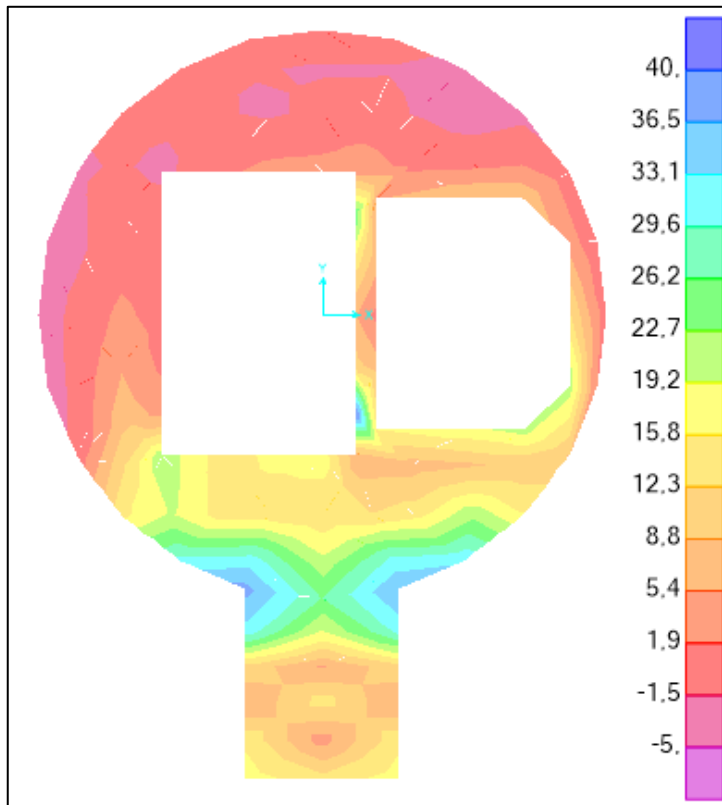


Esforço Normal

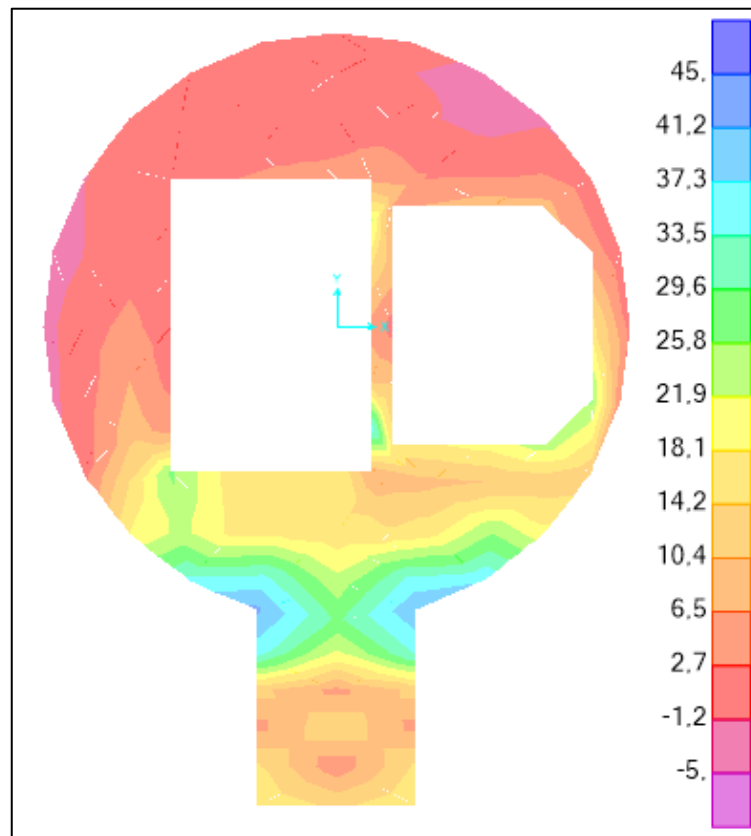
COMB1



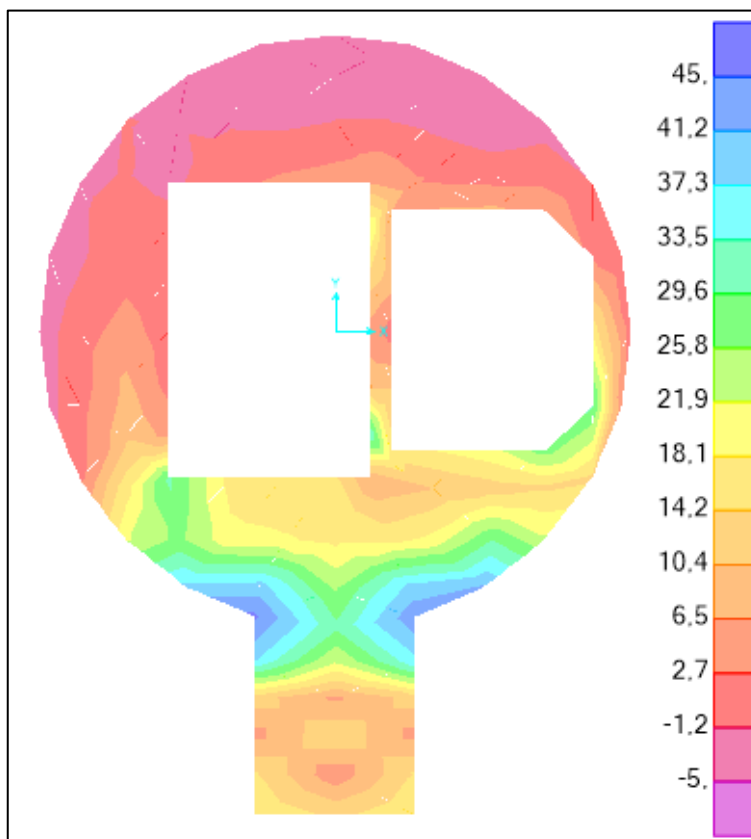
COMB2



COMB3



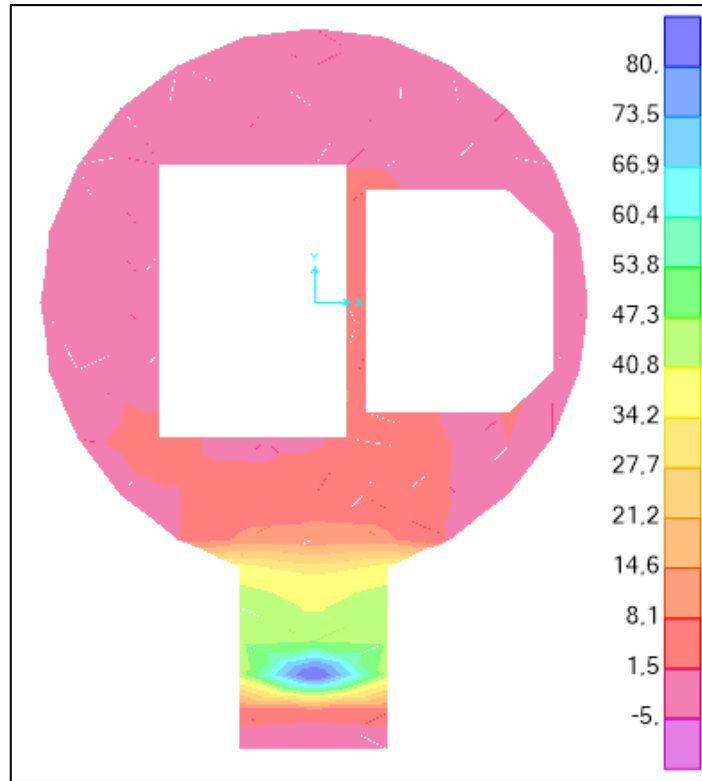
COMB4



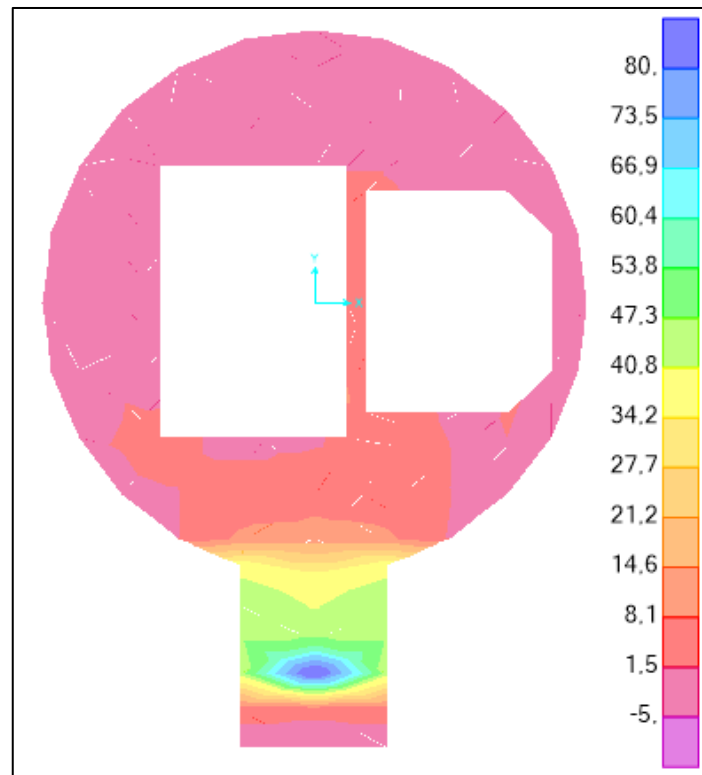
Armadura Vertical

Momento Fletor

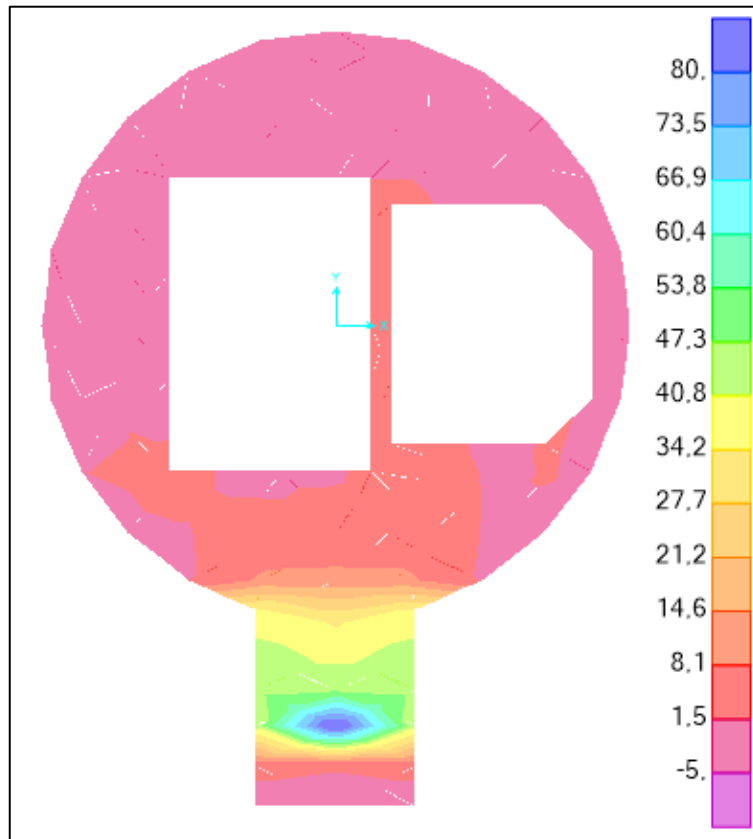
COMB1



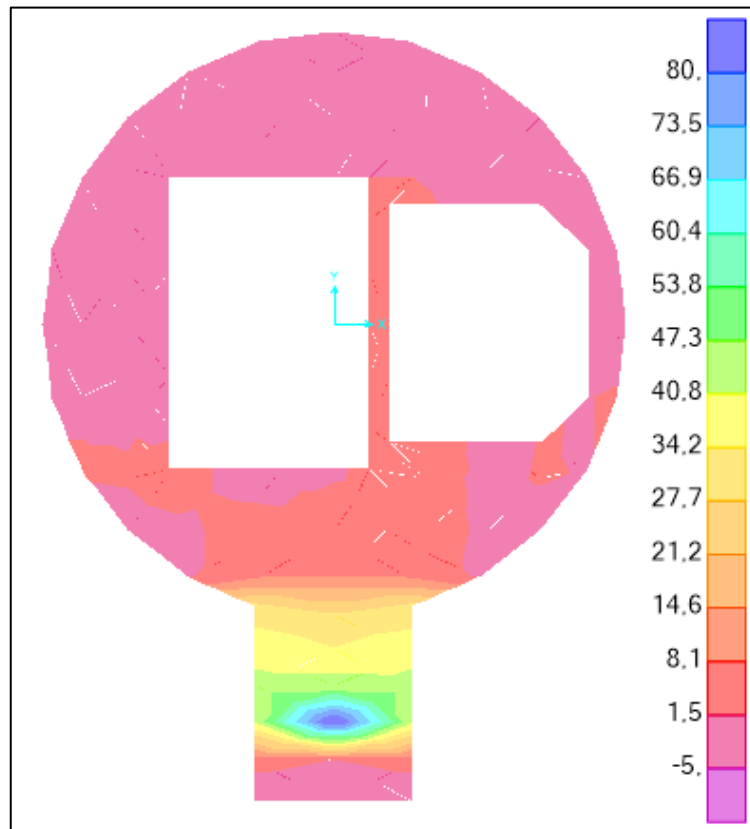
COMB2



COMB3

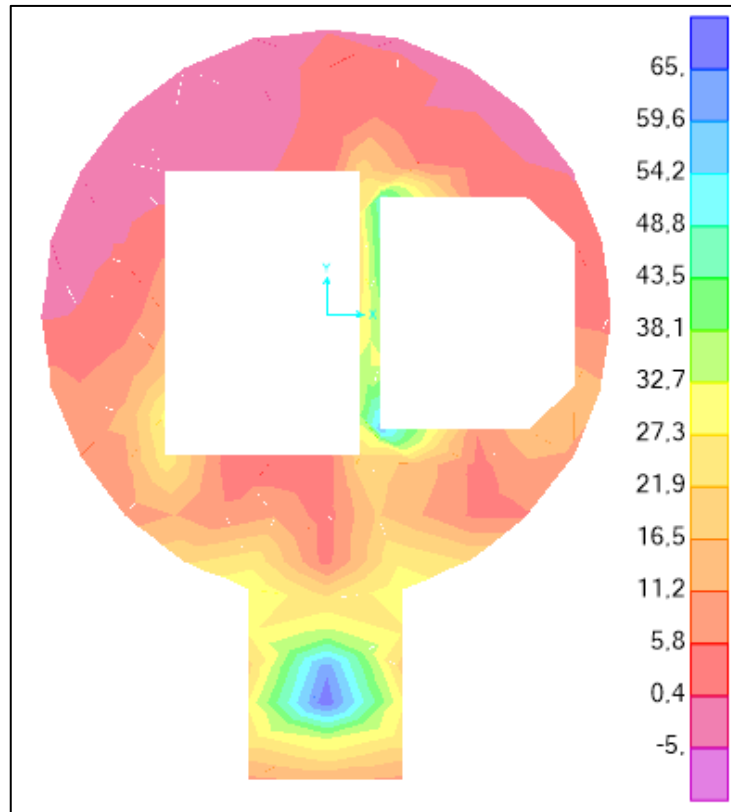


COMB4

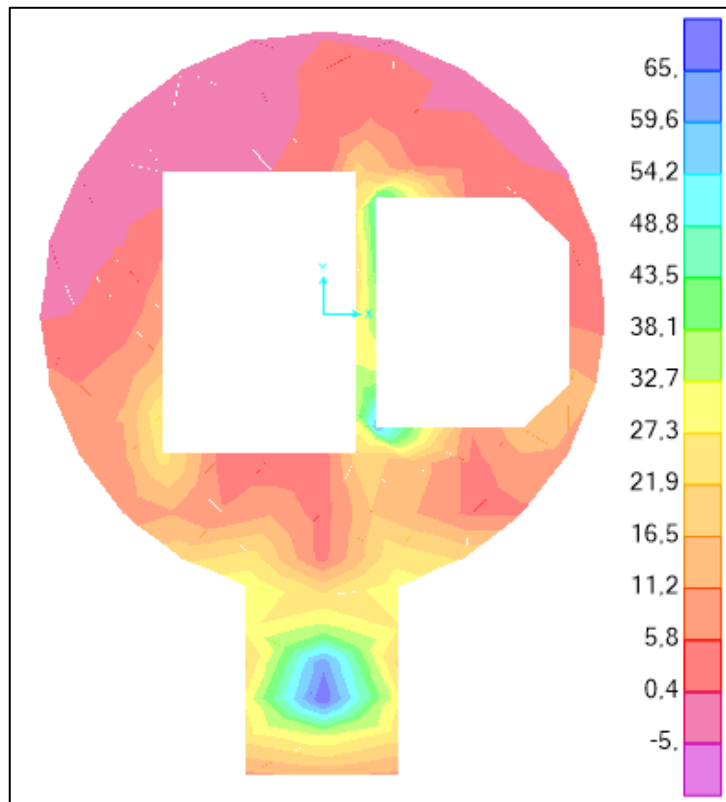


Esforço Normal

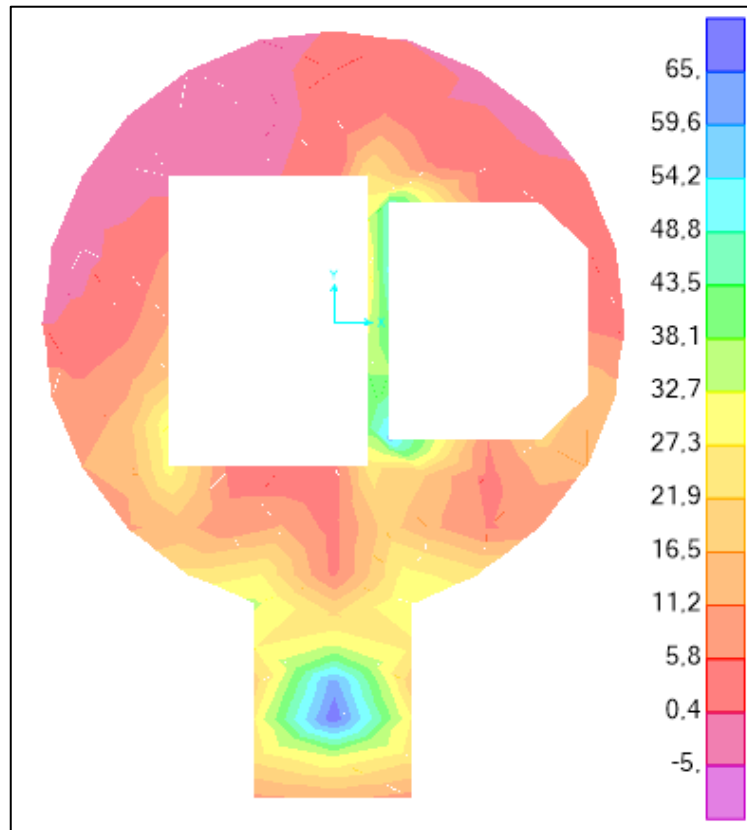
COMB1



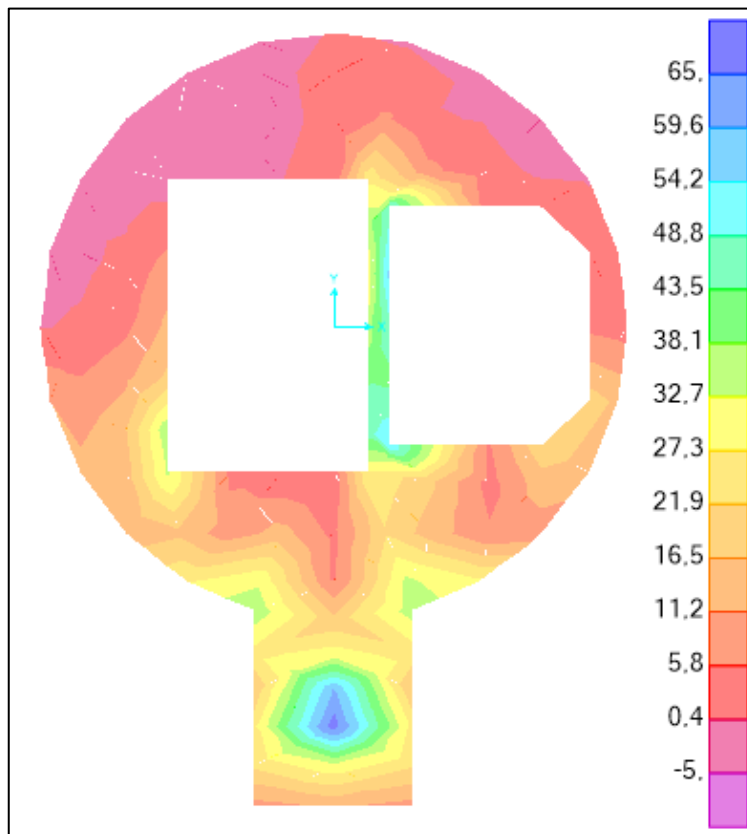
COMB2



COMB3



COMB4



A tabela a seguir apresenta o dimensionamento da laje superior e do bloco de fundação do pórtico giratório:

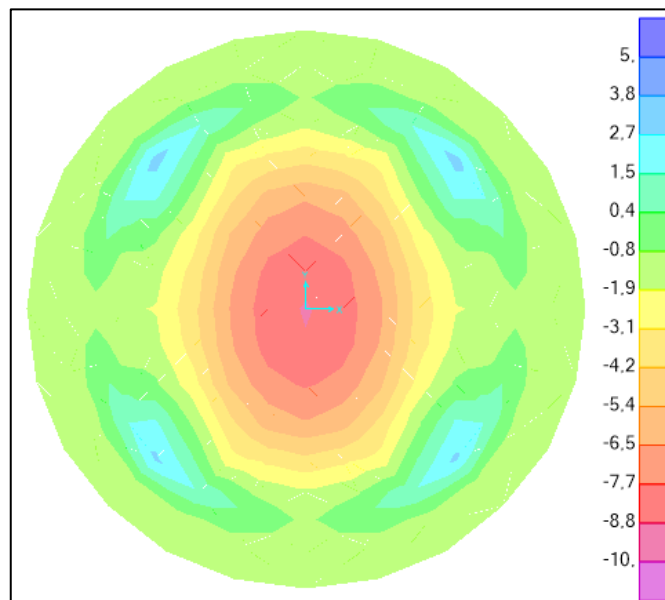
FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	40,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Laje superior - h=20 Armadura Horizontal Face superior	100,00	20,00	14,00	6,00	0,5	3,70	<b>0,14</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>	0,00	<b>3,58</b>	
Laje superior - h=20 Armadura Horizontal Face inferior	100,00	20,00	14,00	6,00	13,2	35,20	<b>2,77</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>	0,00	<b>3,58</b>	
Laje superior - h=20 Armadura Vertical Face superior	100,00	20,00	14,00	6,00	0,5	8,70	<b>0,23</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>	0,00	<b>3,58</b>	
Laje superior - h=20 Armadura Vertical Face inferior	100,00	20,00	14,00	6,00	17,2	18,10	<b>3,17</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>	0,00	<b>3,58</b>	
Bloco - h=60 Armadura Horizontal Face superior	100,00	60,00	55,00	5,00	0,0	0,00	<b>0,00</b>	Ø12,5mm c.10	<b>0,00</b>	0,00	<b>10,74</b>	
Bloco - h=60 Armadura Horizontal Face inferior	100,00	60,00	55,00	5,00	20,5	13,80	<b>1,03</b>	Ø12,5mm c.10	<b>0,00</b>	0,00	<b>10,74</b>	
Bloco - h=60 Armadura Vertical Face superior	100,00	60,00	55,00	5,00	0,0	0,00	<b>0,00</b>	Ø12,5mm c.10	<b>0,00</b>	0,00	<b>10,74</b>	
Bloco - h=60 Armadura Vertical Face inferior	100,00	60,00	55,00	5,00	91,4	69,60	<b>4,71</b>	Ø12,5mm c.10	<b>0,00</b>	0,00	<b>10,74</b>	

## 6.4.2 LAJE INFERIOR

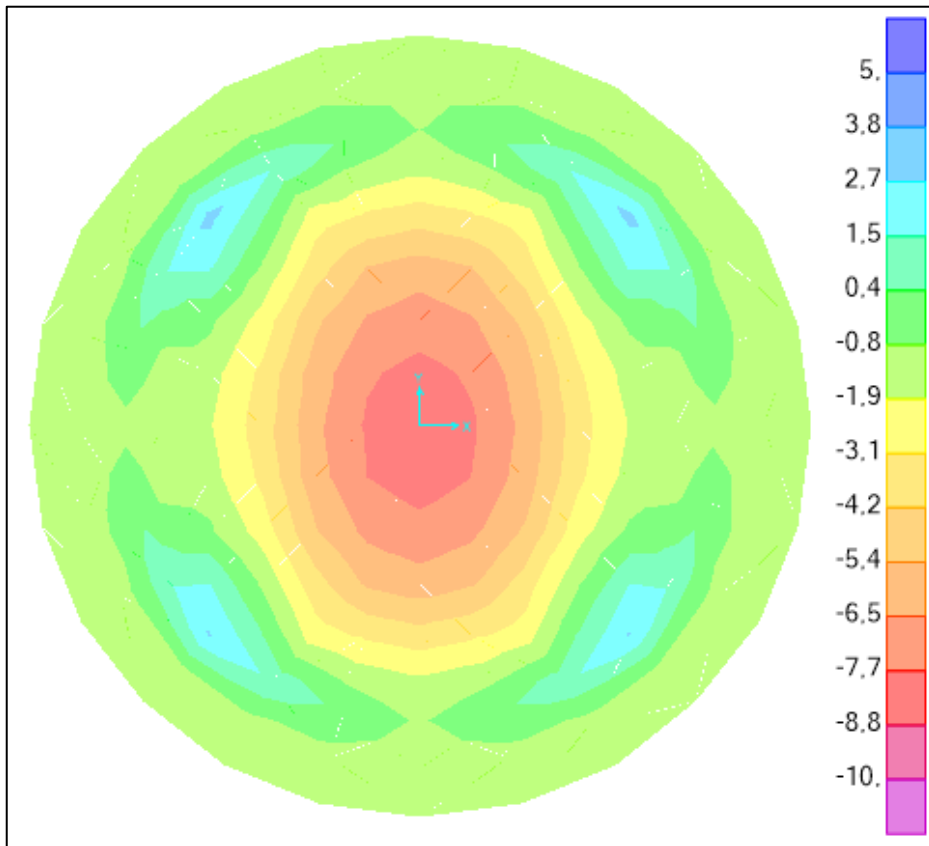
Armadura Horizontal

Momento Fletor

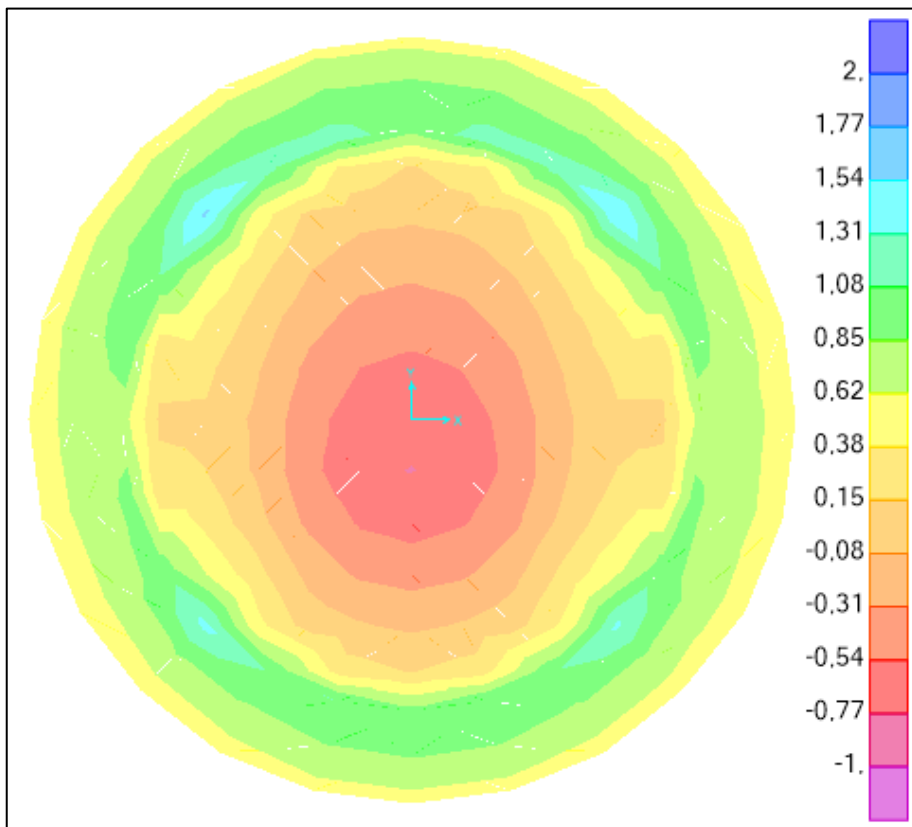
COMB1



COMB2

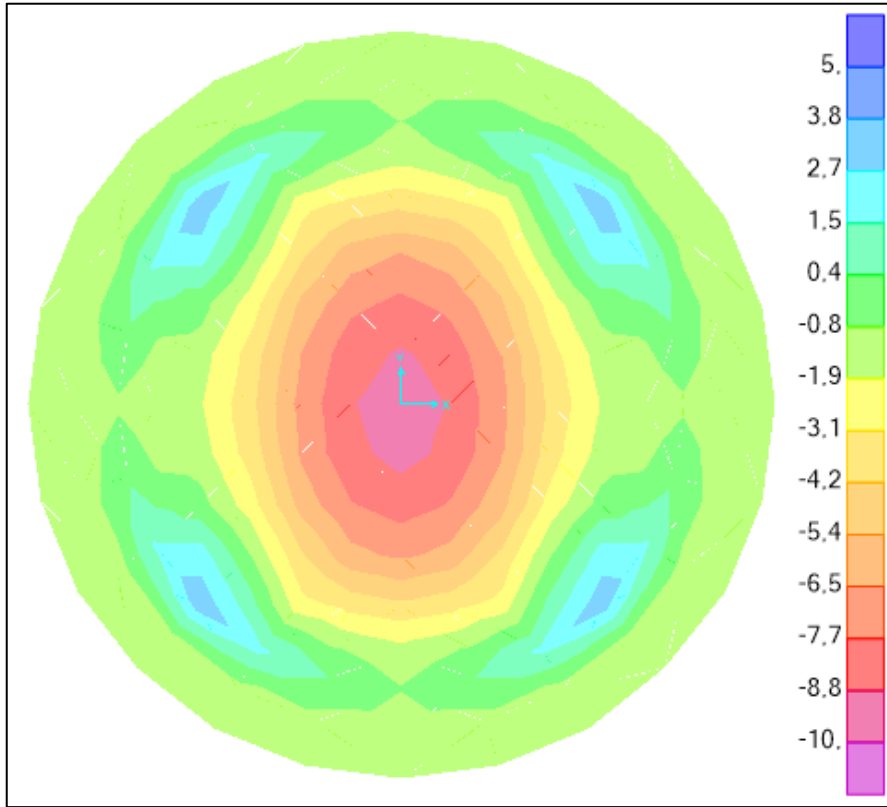


COMB3



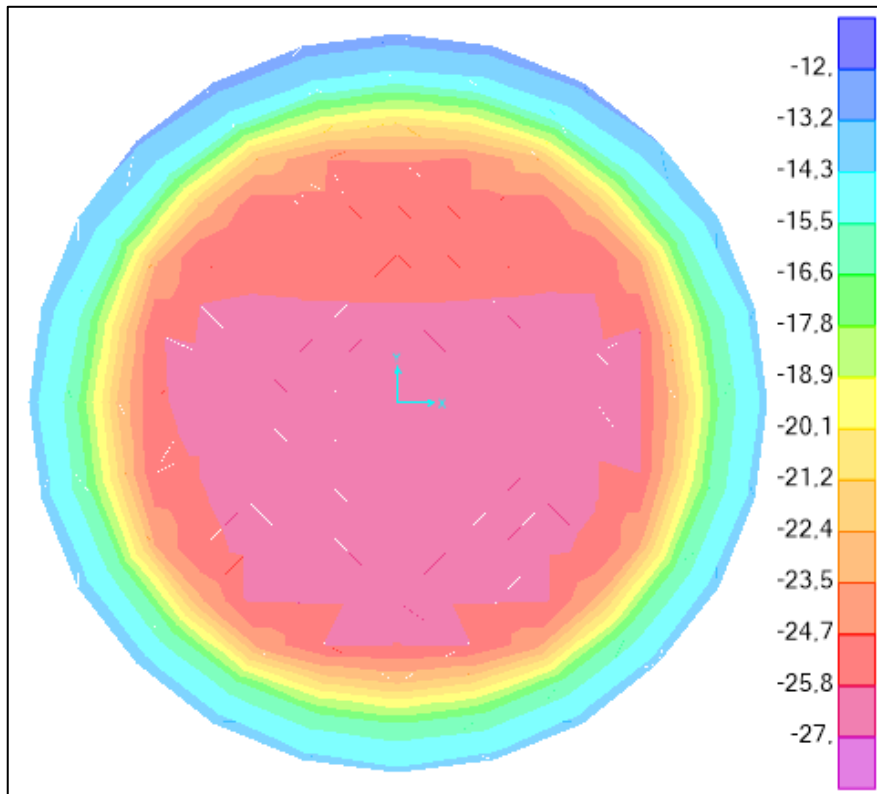


COMB4

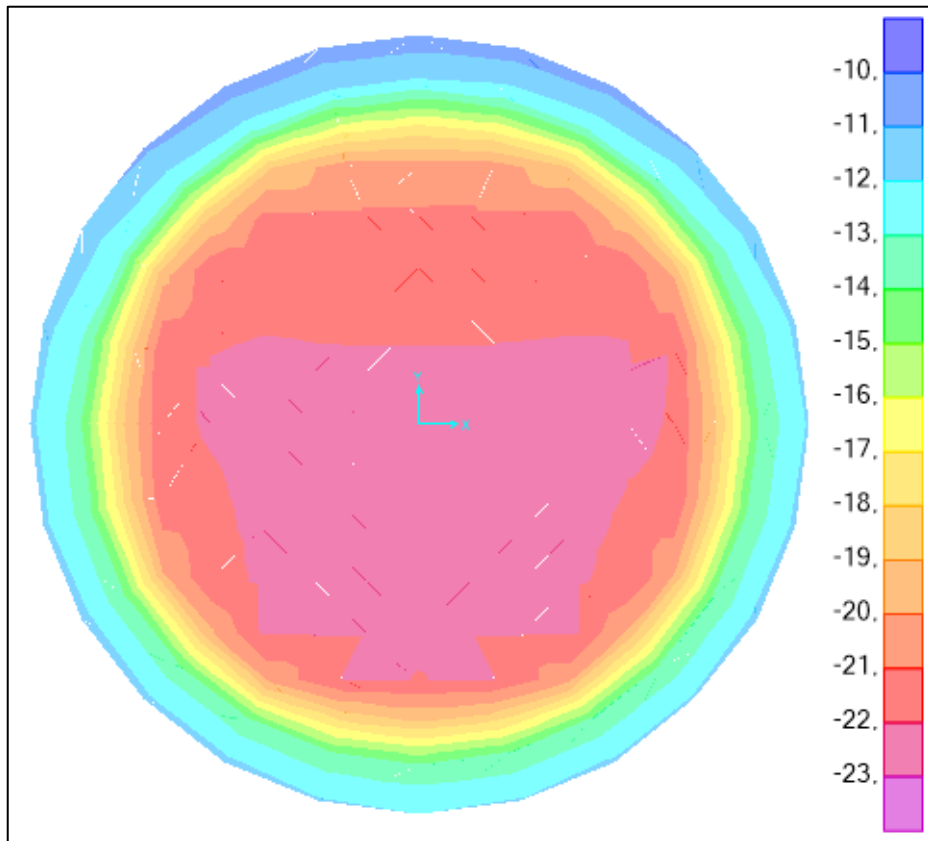


Esforço Normal

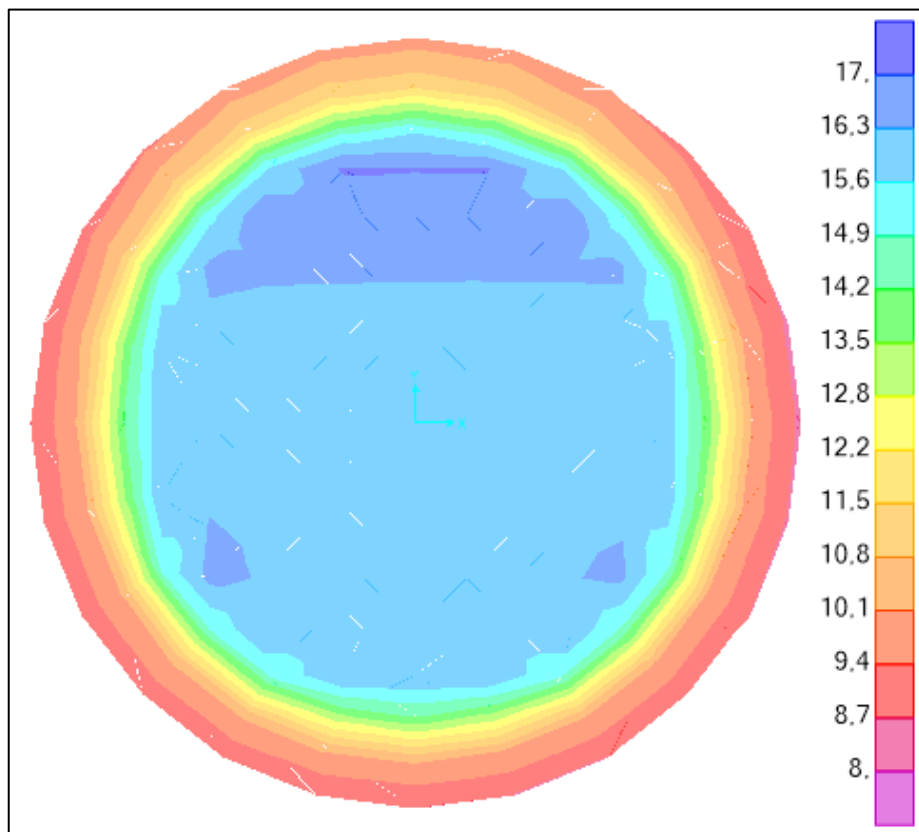
COMB1



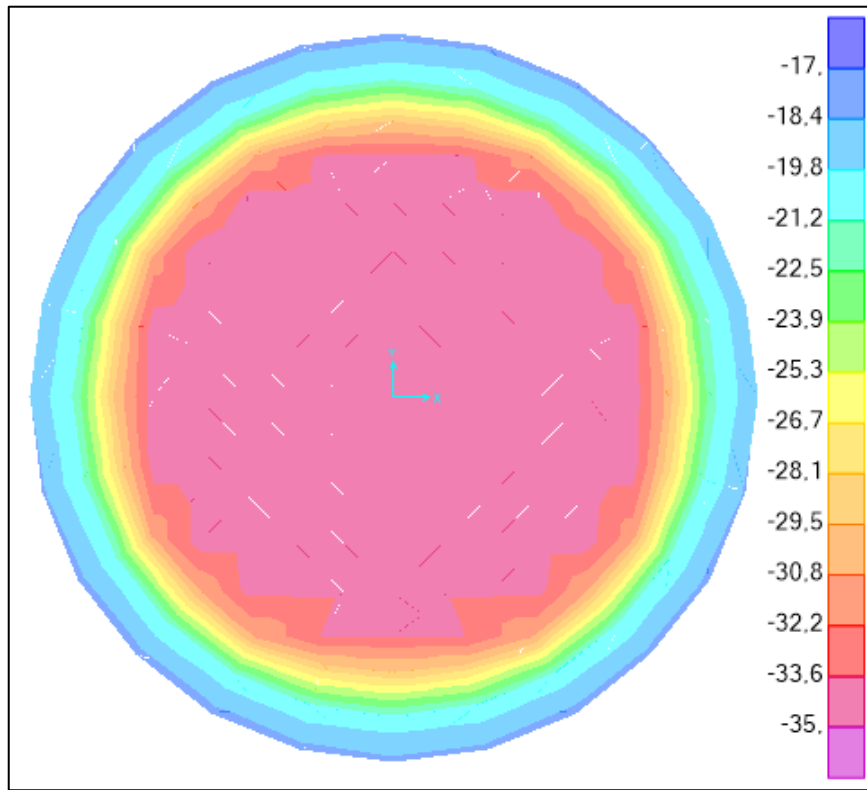
COMB2



COMB3



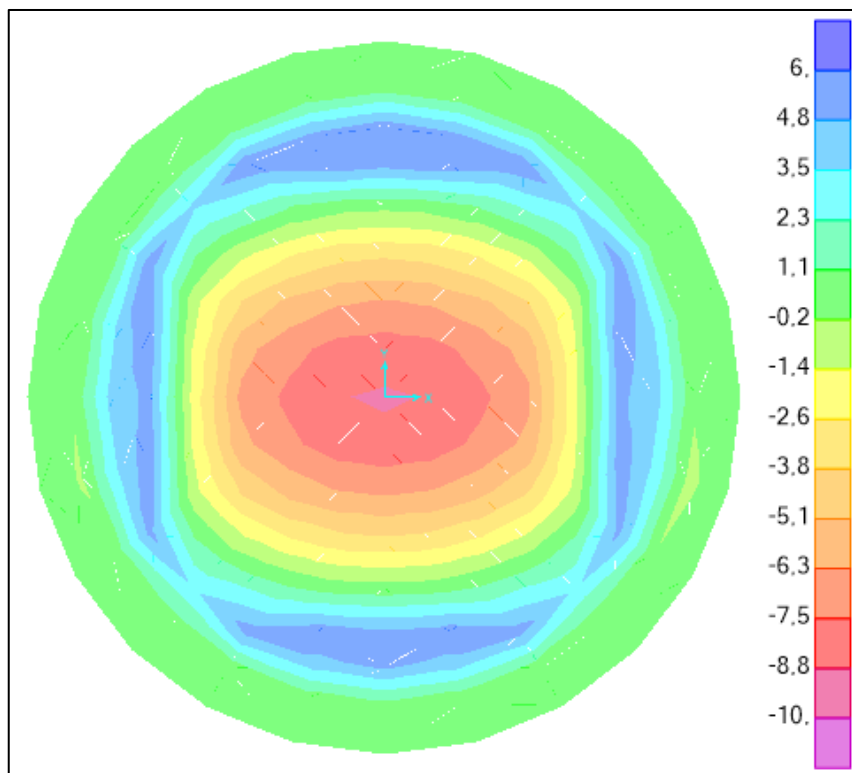
COMB4



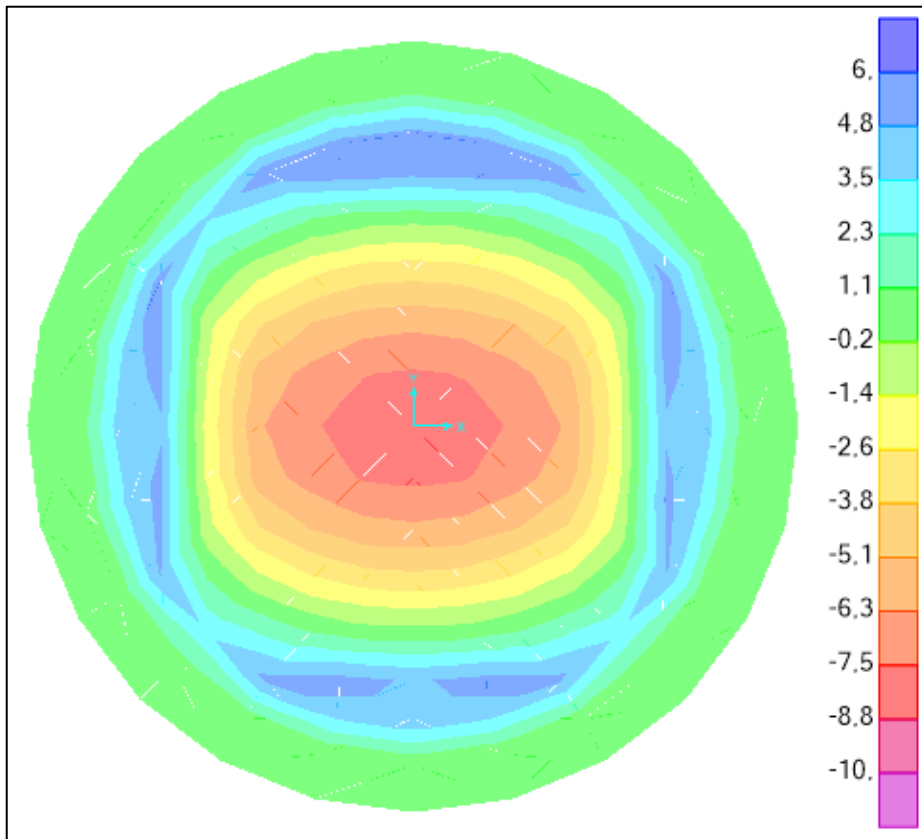
Armadura Vertical

Momento Fletor

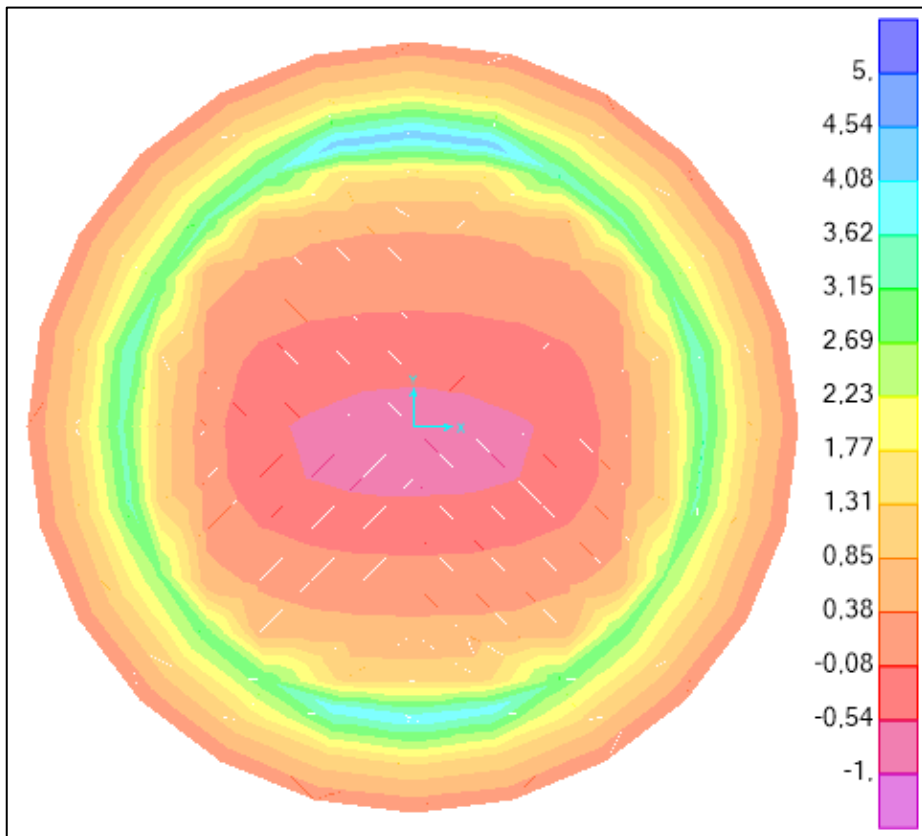
COMB1



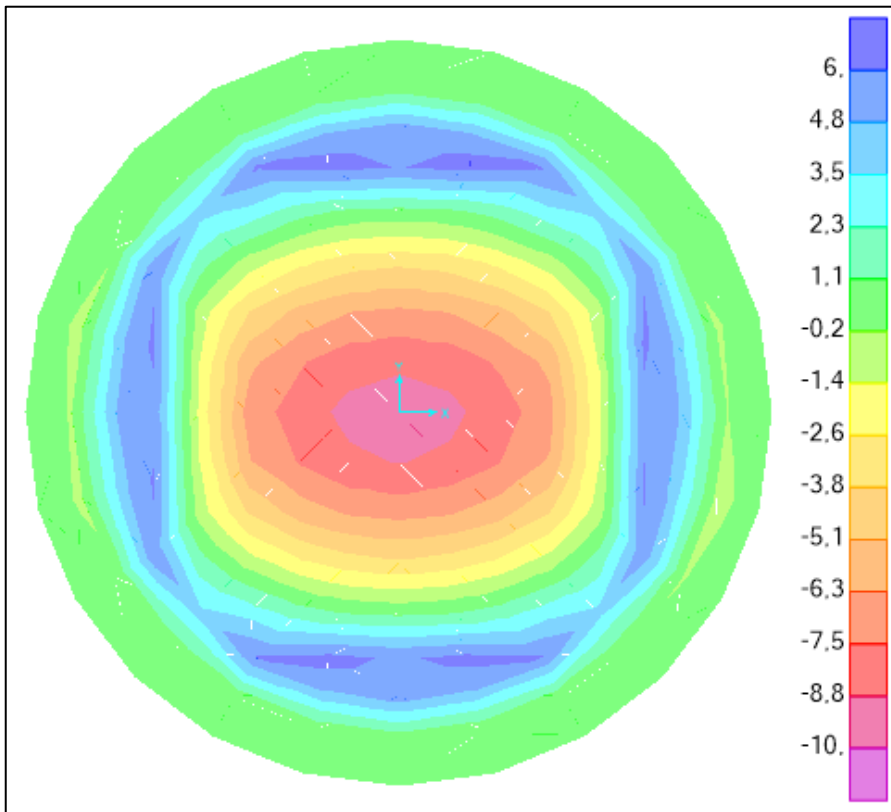
COMB2



COMB3

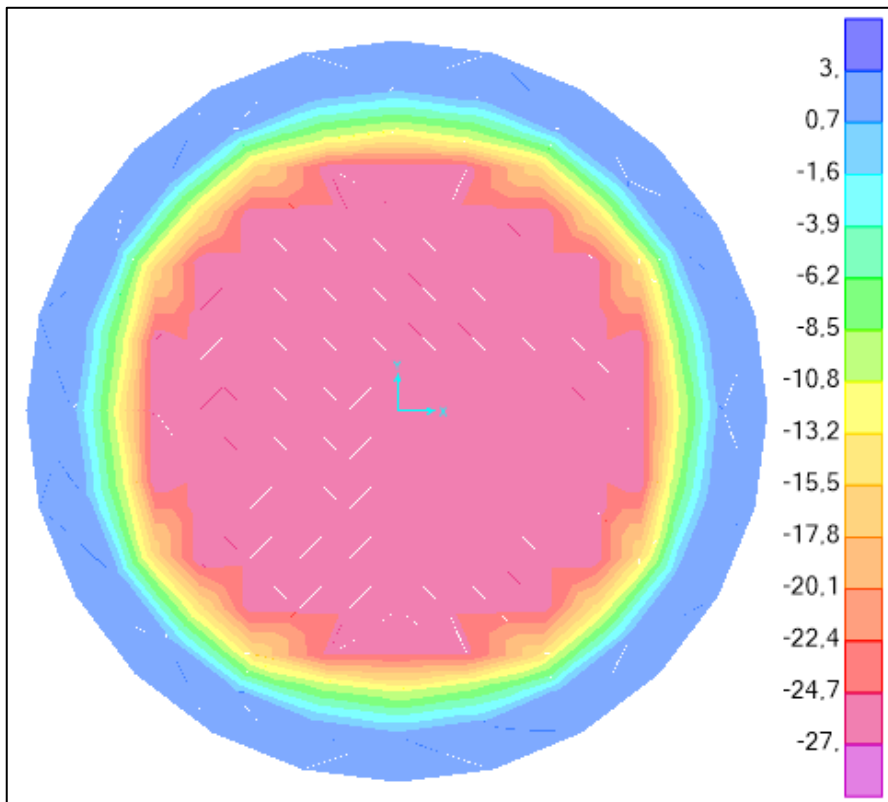


COMB4

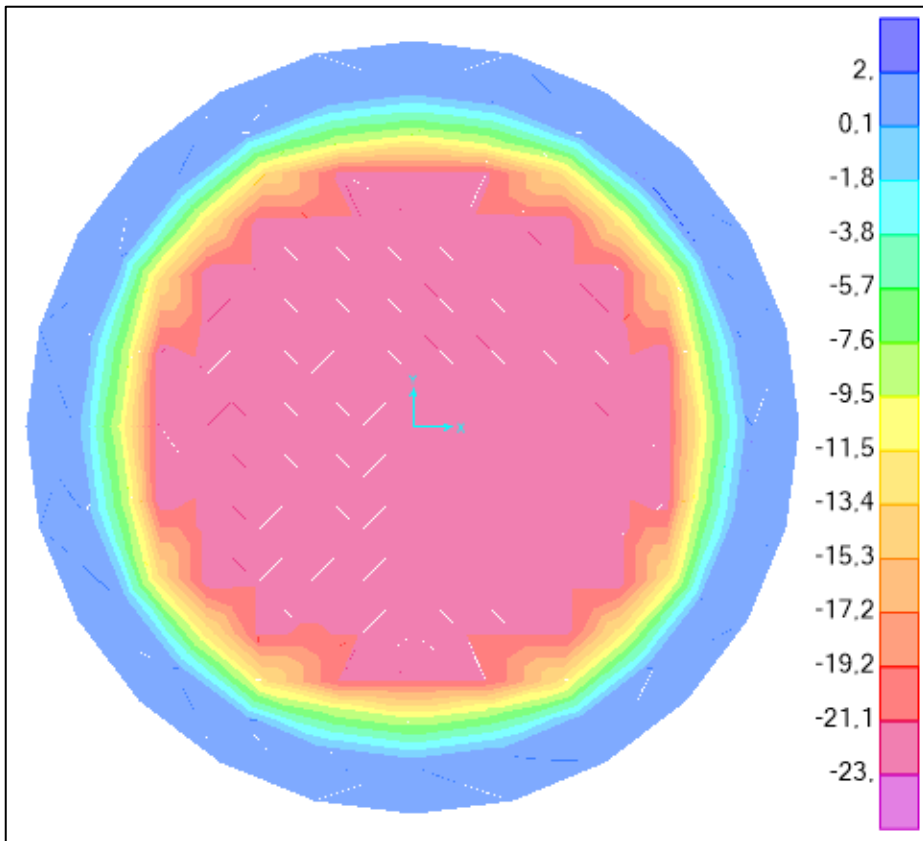


Esforço Normal

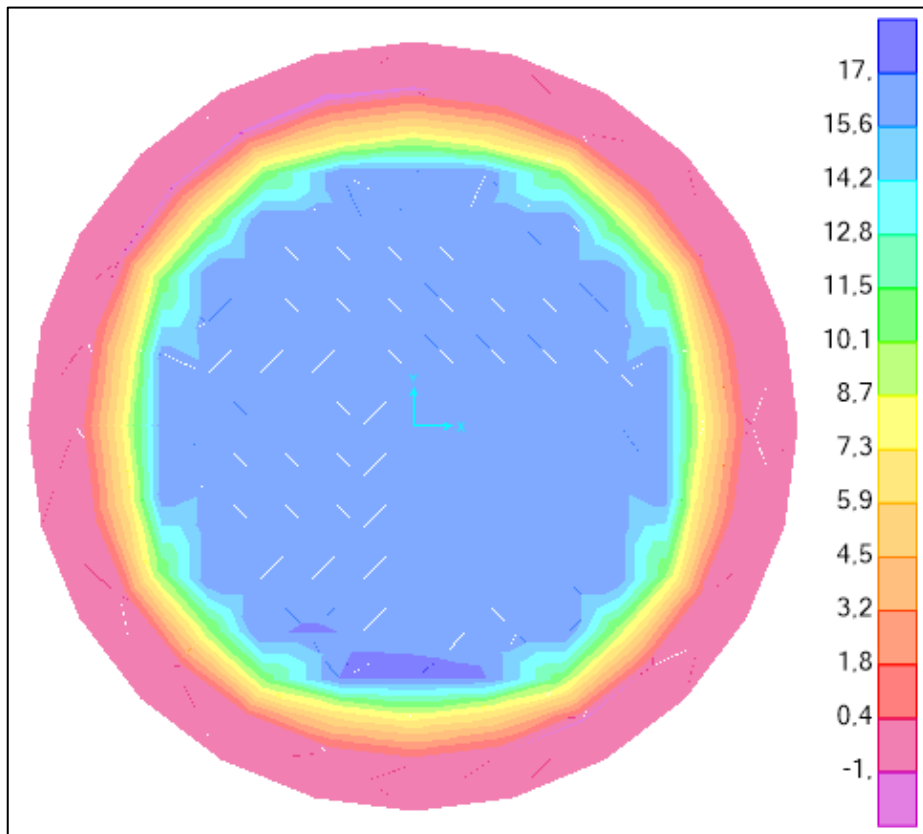
COMB1



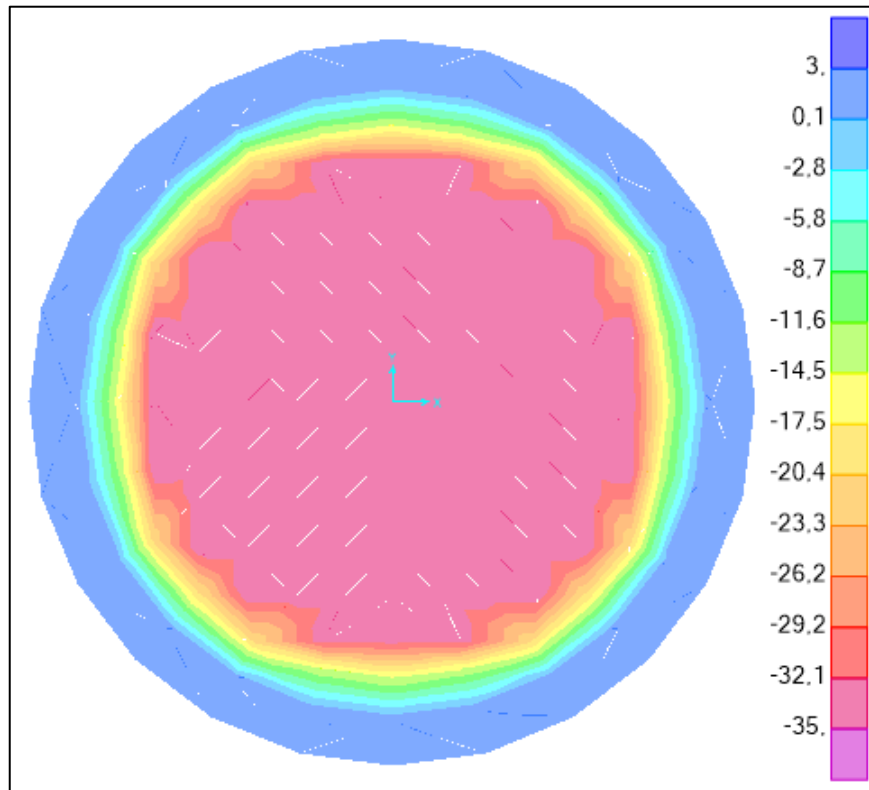
COMB2



COMB3



COMB4



A tabela a seguir apresenta o dimensionamento da laje inferior (h = 20 cm):

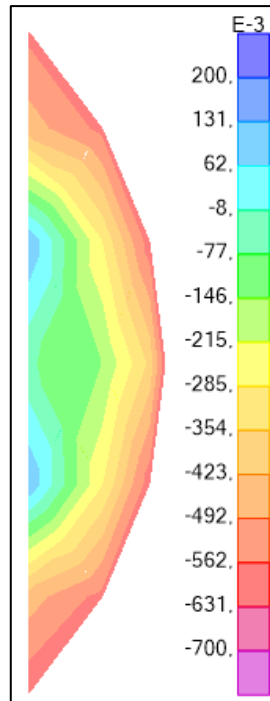
FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	40,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Armadura Horizontal Face superior	100,00	20,00	14,00	6,00	9,5	-34,50	<b>1,01</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>	0,00	<b>3,58</b>	
Armadura Horizontal Face inferior	100,00	20,00	14,00	6,00	3,8	-20,80	<b>0,29</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>	0,00	<b>3,58</b>	
Armadura Vertical Face superior	100,00	20,00	14,00	6,00	9,4	-34,70	<b>0,99</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>	0,00	<b>3,58</b>	
Armadura Vertical Face inferior	100,00	20,00	14,00	6,00	6,3	-8,70	<b>0,90</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>	0,00	<b>3,58</b>	

### 6.4.3 LAJE – CESTO

Armadura Horizontal

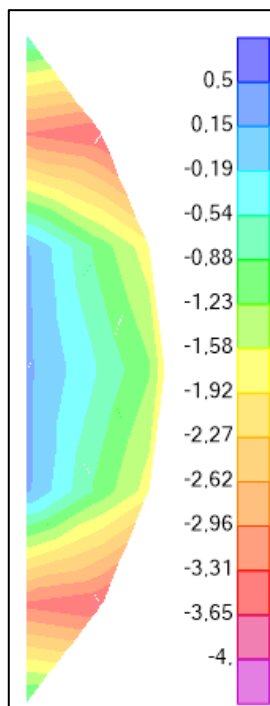
Momento Fletor

COMB1 A COM4



Esforço Normal

COMB1 A COMB 4



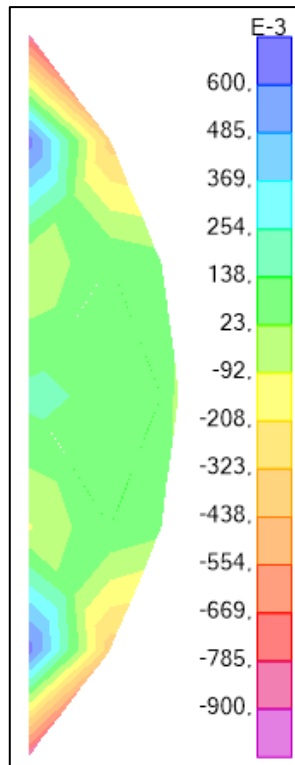




## Armadura Vertical

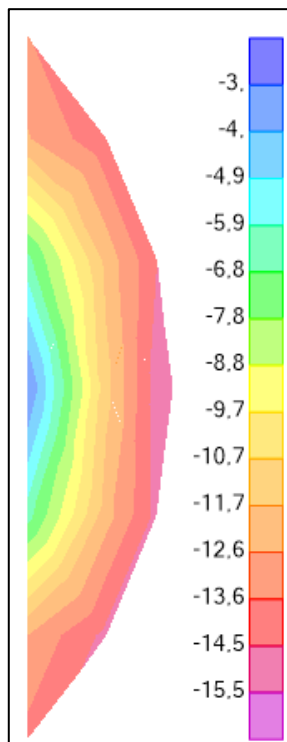
### Momento Fletor

COMB1 A COM4



### Esforço Normal

COMB1 A COMB 4



A tabela a seguir apresenta o dimensionamento da laje – cesto (h = 15 cm):

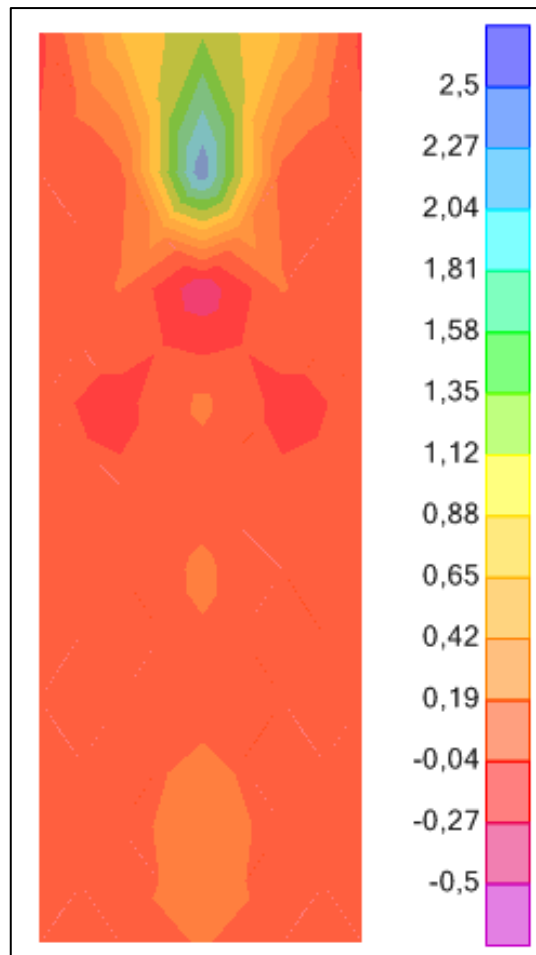
FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	40,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Armadura Horizontal Face superior	100,00	15,00	9,00	6,00	0,6	-0,50	<b>0,14</b>	Ø6,3mm c.10	<b>0,00</b>	0,00	<b>2,69</b>	
Armadura Horizontal Face inferior	100,00	15,00	9,00	6,00	0,2	0,30	<b>0,06</b>	Ø6,3mm c.10	<b>0,00</b>	0,00	<b>2,69</b>	
Armadura Vertical Face superior	100,00	15,00	9,00	6,00	0,9	-13,50	<b>0,00</b>	Ø6,3mm c.10	<b>0,00</b>	0,00	<b>2,69</b>	
Armadura Vertical Face inferior	100,00	15,00	9,00	6,00	0,7	-7,10	<b>0,04</b>	Ø6,3mm c.10	<b>0,00</b>	0,00	<b>2,69</b>	

#### 6.4.4 BLOCO – BL.1

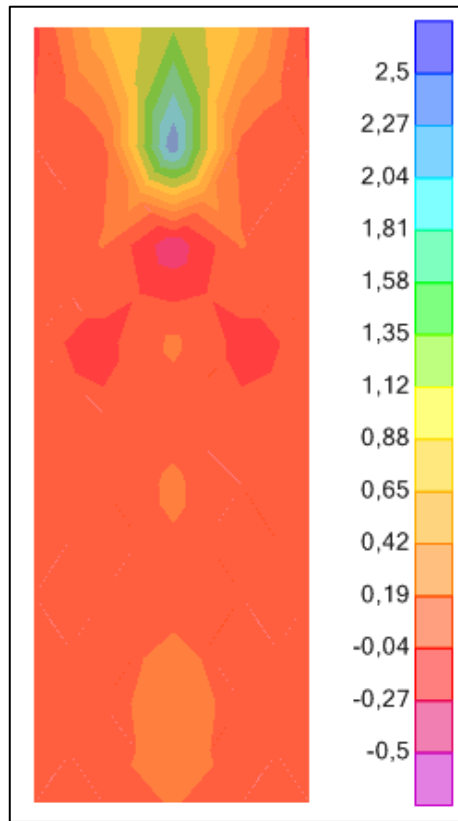
Armadura Horizontal

Momento Fletor

COMB5

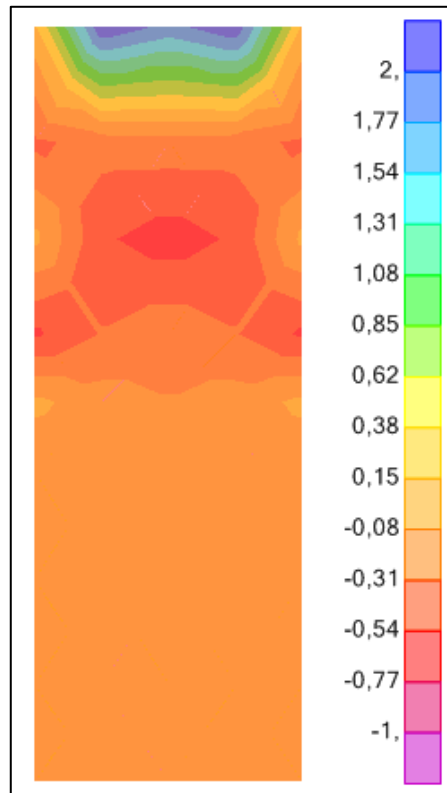


COMB6

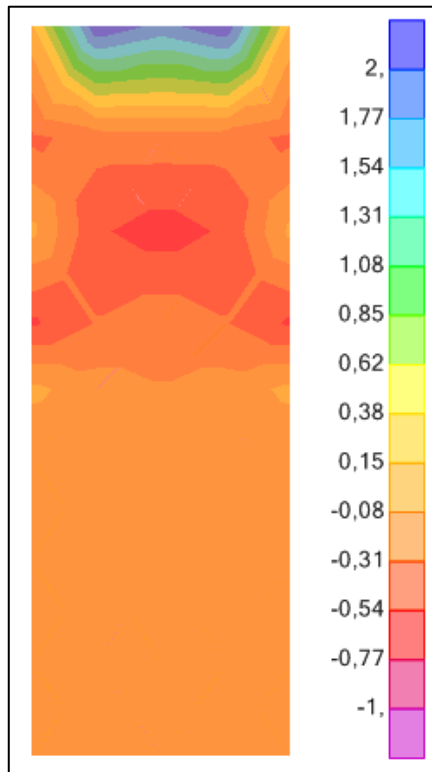


Esforço Normal

COMB5

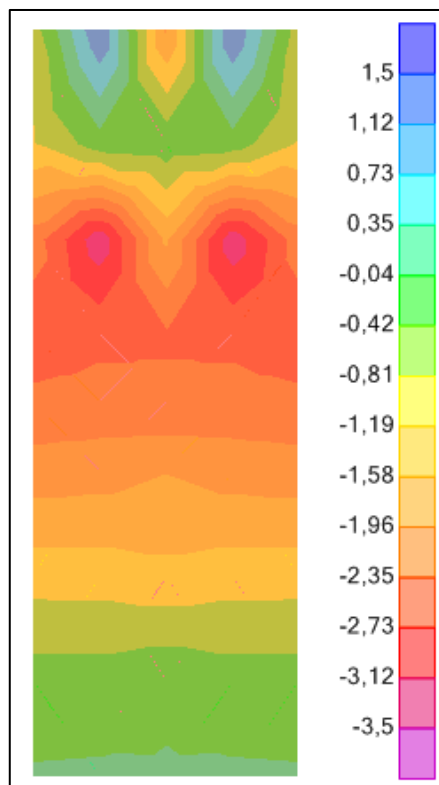


COMB6

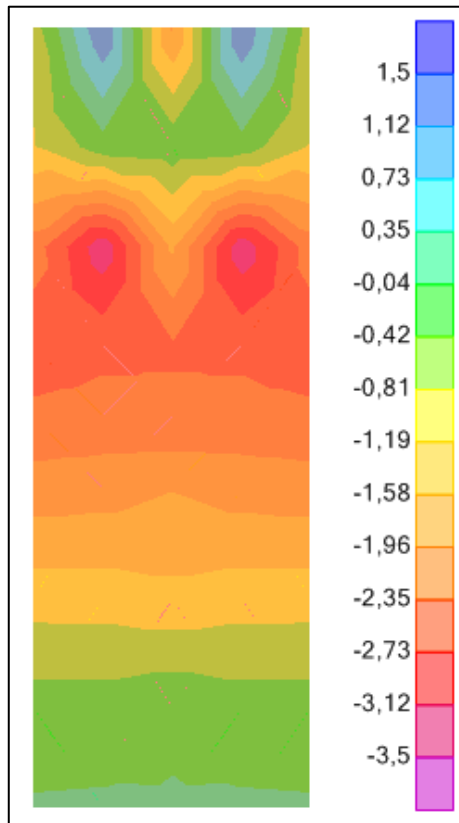


Armadura Vertical  
Momento Fletor

COMB5

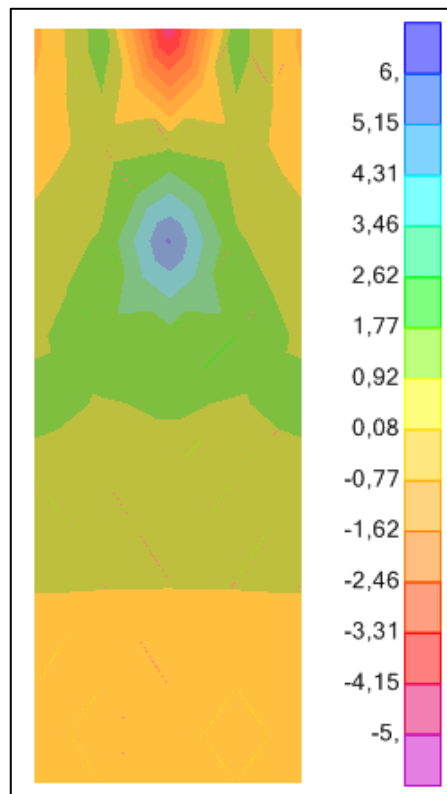


COMB6

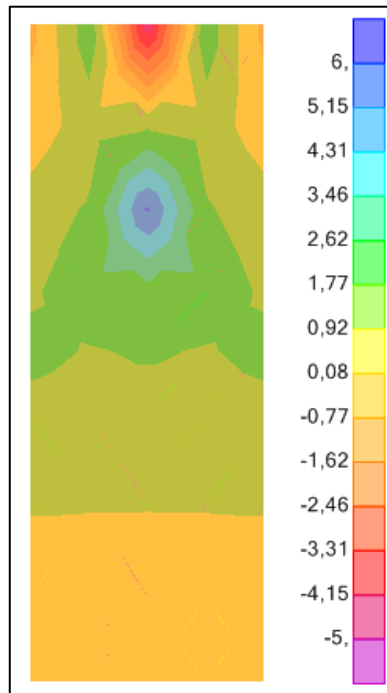


Esforço Normal

COMB5



COMB6



A tabela a seguir apresenta o dimensionamento do bloco BL.1 (h = 20 cm):

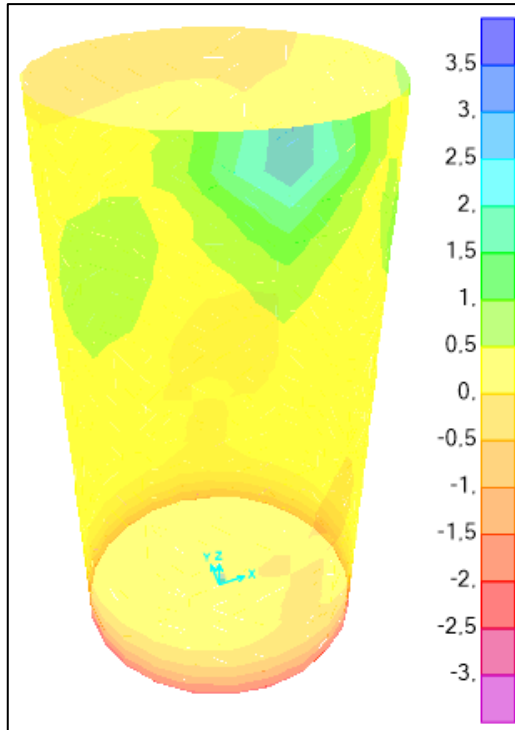
FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	40,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Armadura Horizontal Face superior	100,00	20,00	15,00	5,00	0,4	-0,50	<b>0,05</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>	0,00	<b>3,58</b>	
Armadura Horizontal Face inferior	100,00	20,00	15,00	5,00	2,3	1,10	<b>0,37</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>	0,00	<b>3,58</b>	
Armadura Vertical Face superior	100,00	20,00	15,00	5,00	3,4	3,30	<b>0,57</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>	0,00	<b>3,58</b>	
Armadura Vertical Face inferior	100,00	20,00	15,00	5,00	1,2	2,30	<b>0,22</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>	0,00	<b>3,58</b>	

### 6.4.5 PAREDES

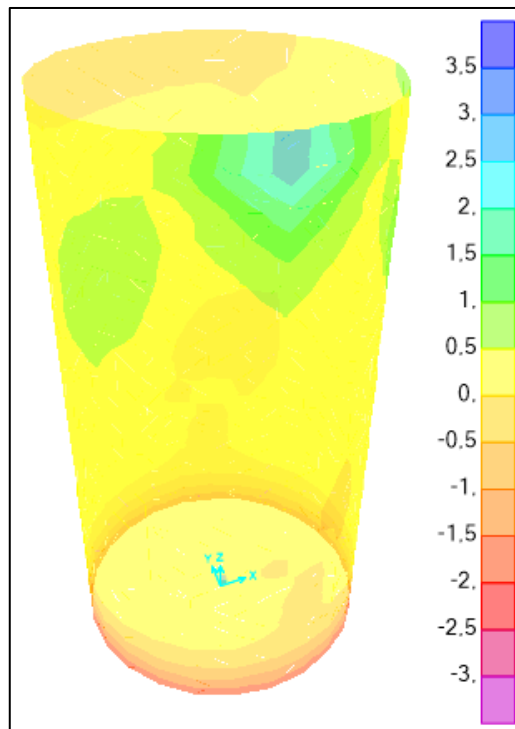
Armadura Horizontal

Momento Fletor

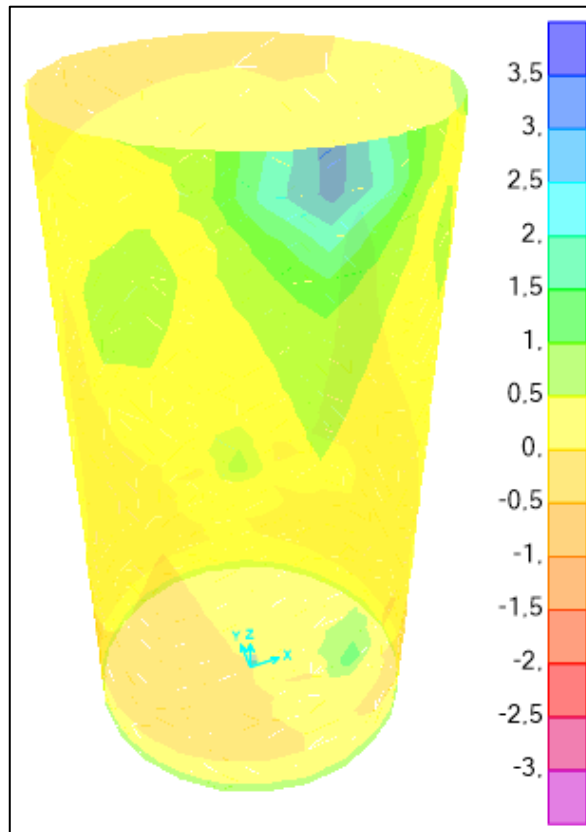
COMB1



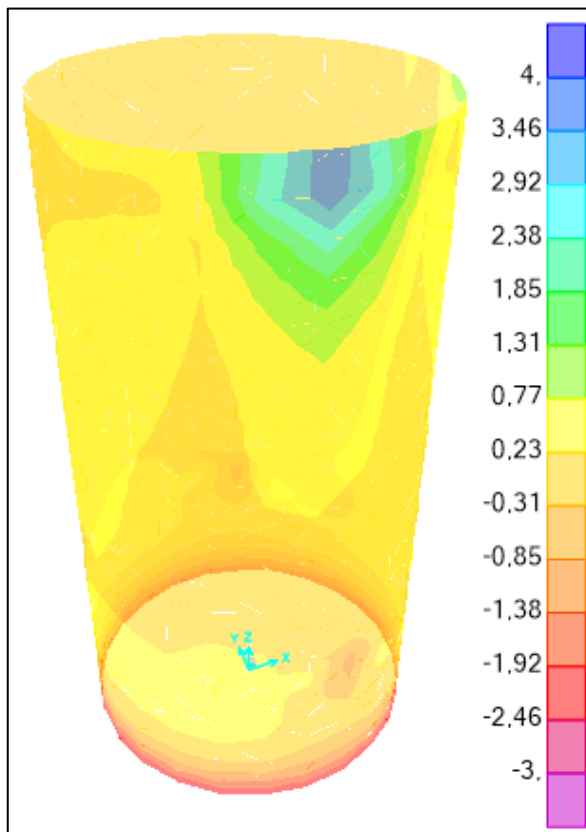
COMB2



COMB3



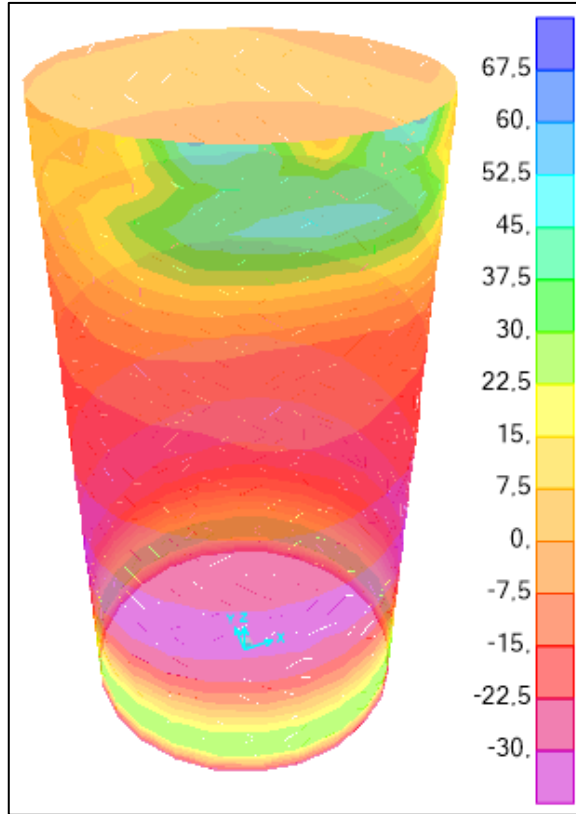
COMB4



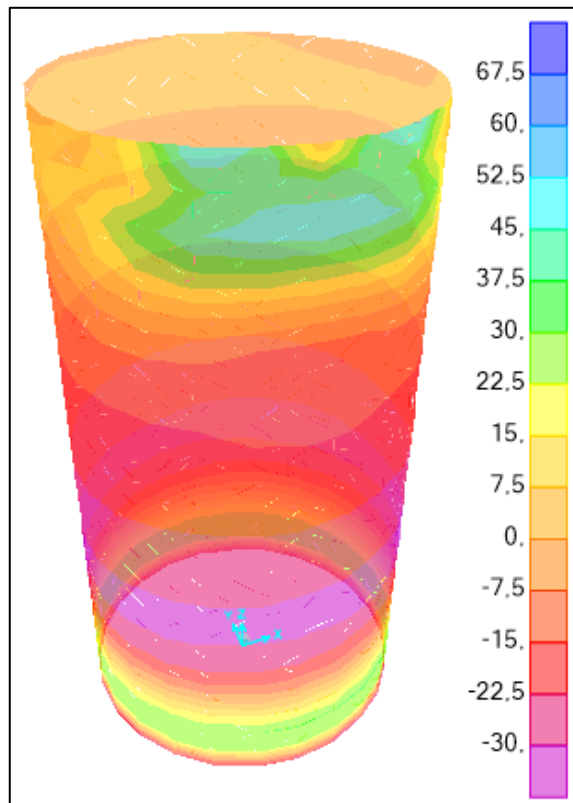


Esforço Normal

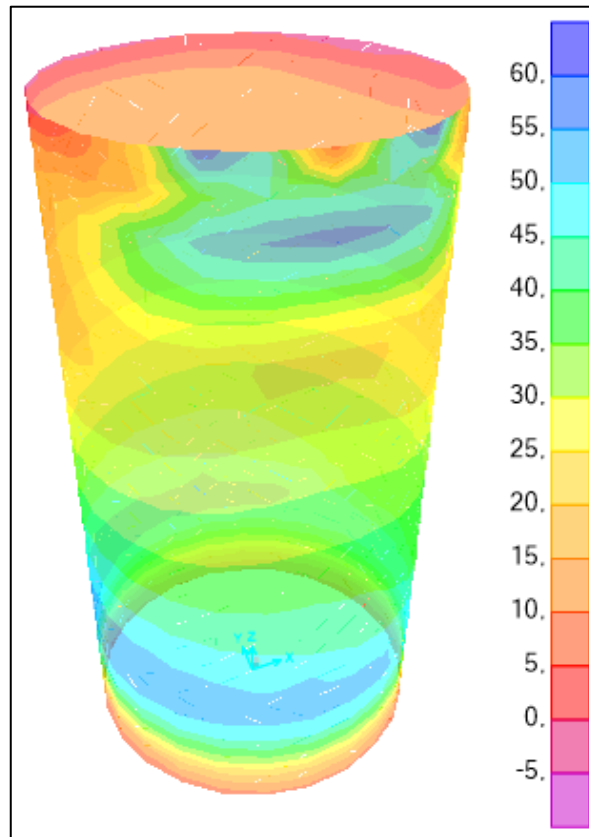
COMB1



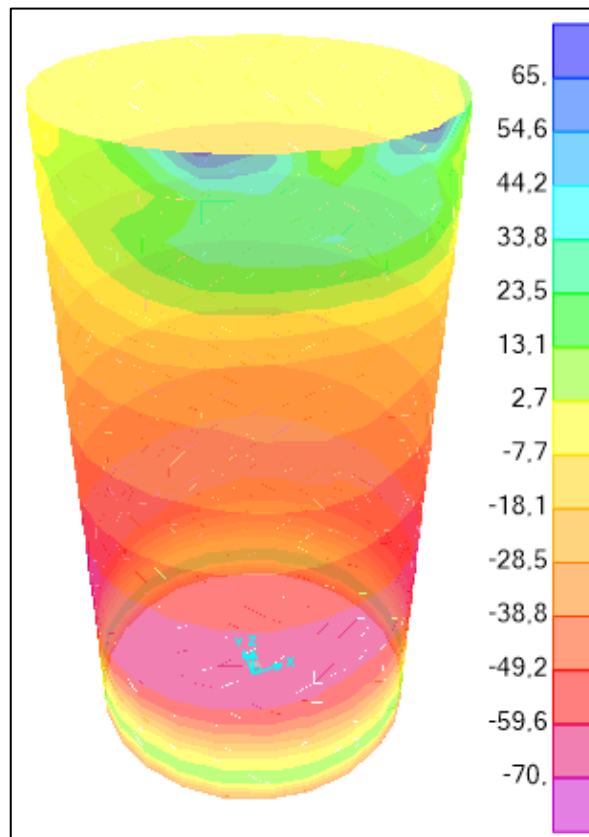
COMB2



COMB3



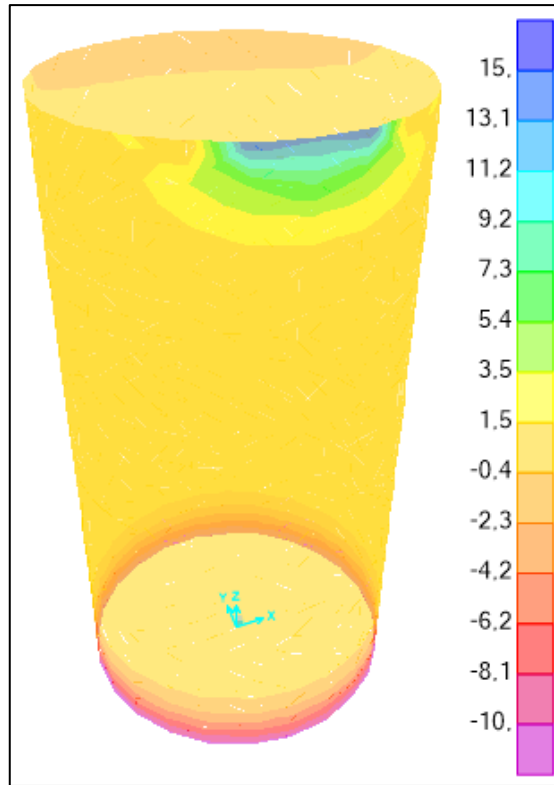
COMB4



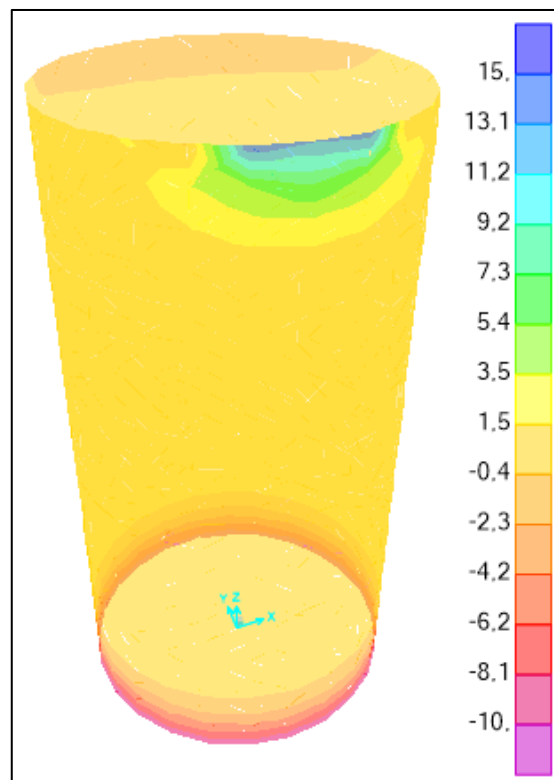
Armadura Vertical

Momento Fletor

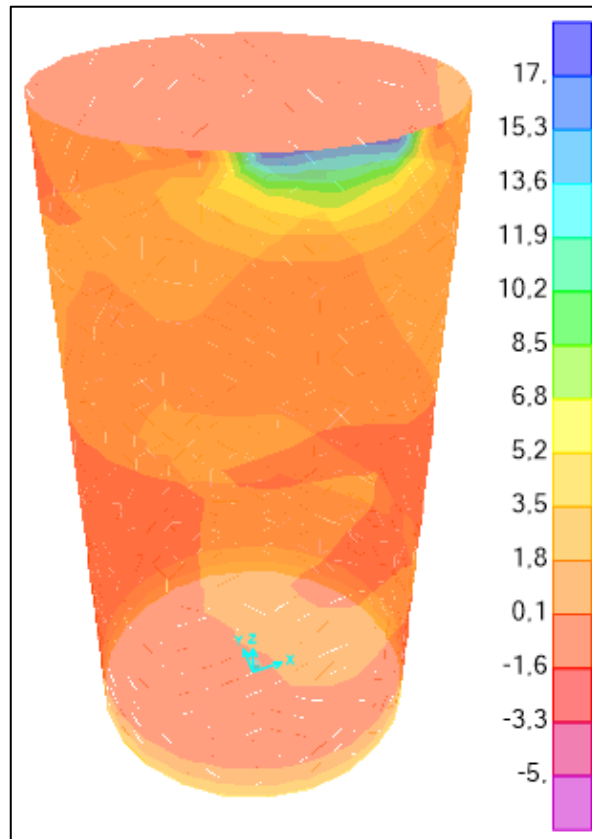
COMB1



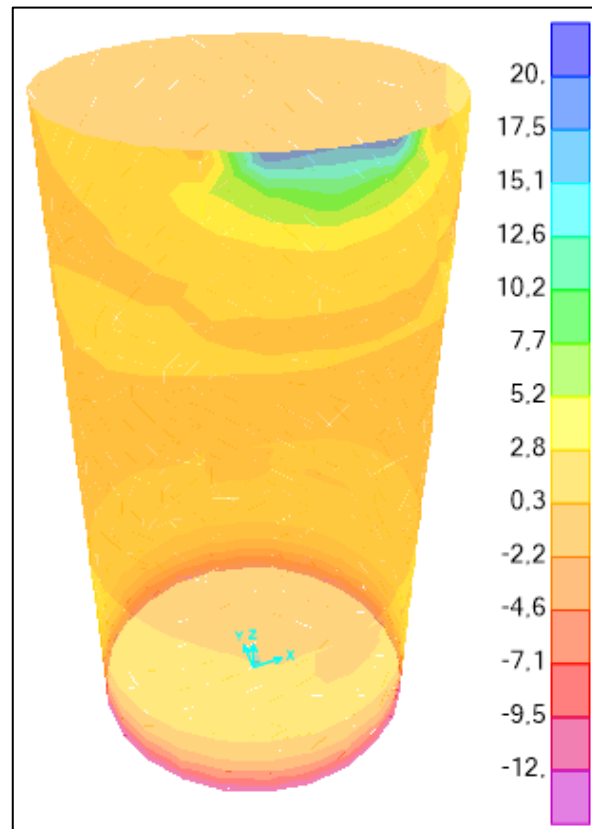
COMB2



COMB3

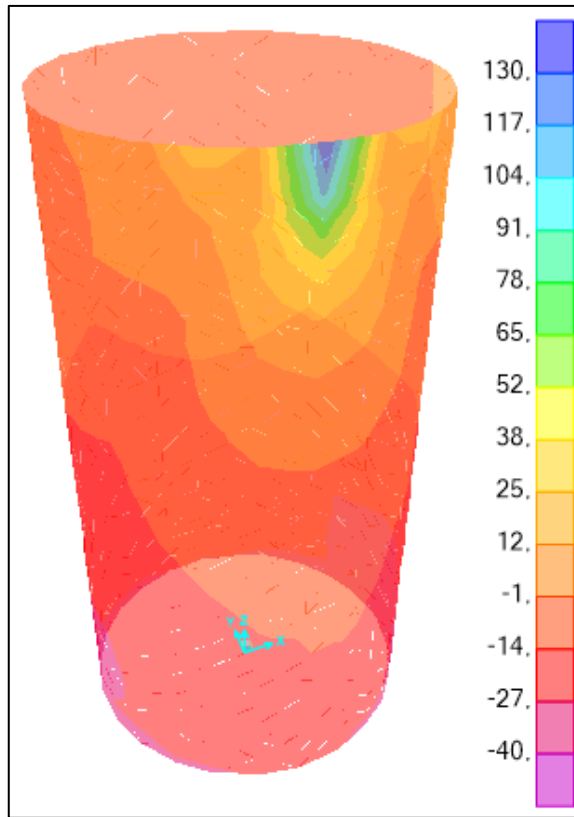


COMB4

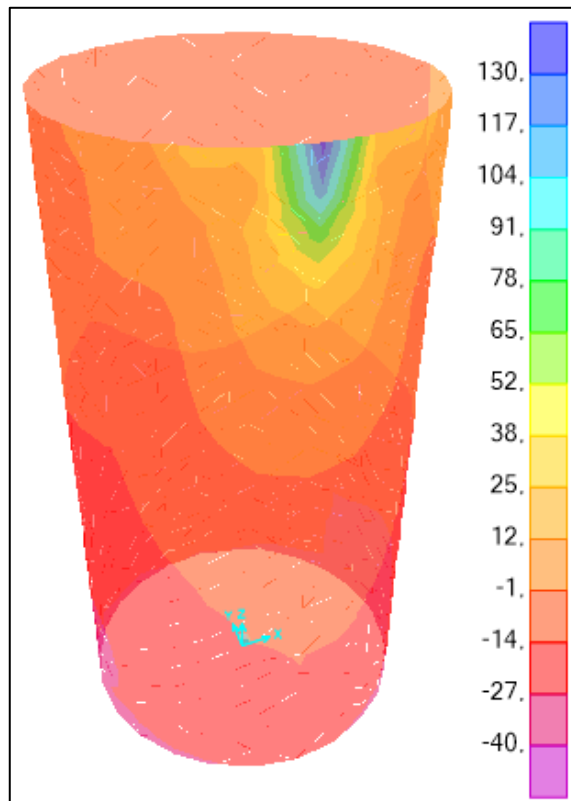


Esforço Normal

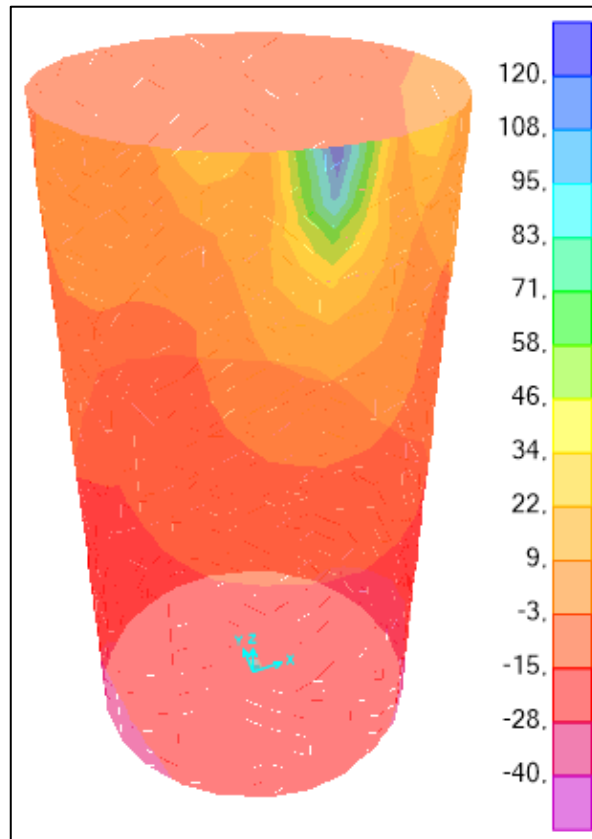
COMB1



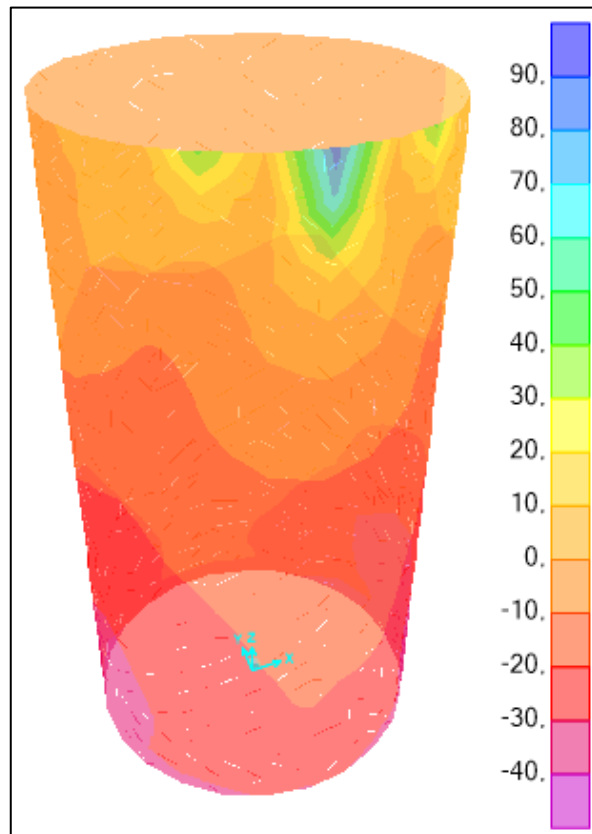
COMB2



COMB3



COMB4



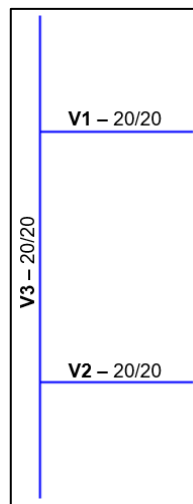
A tabela a seguir apresenta o dimensionamento da Parede 1 (h = 20 cm):

FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	40,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Armadura Horizontal Face externa	100,00	20,00	14,00	6,00	4,0	43,90	<b>1,38</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>	0,00	<b>3,58</b>	
Armadura Horizontal Face interna	100,00	20,00	14,00	6,00	2,4	4,10	<b>0,46</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>	0,00	<b>3,58</b>	
Armadura Vertical Face externa	100,00	20,00	14,00	6,00	11,6	-30,10	<b>1,44</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>	0,00	<b>3,58</b>	
Armadura Vertical Face interna	100,00	20,00	14,00	6,00	16,8	47,60	<b>3,58</b>	Ø8mm c.12,5	<b>0,00</b>	0,00	<b>3,58</b>	

### 6.4.6 VIGAS

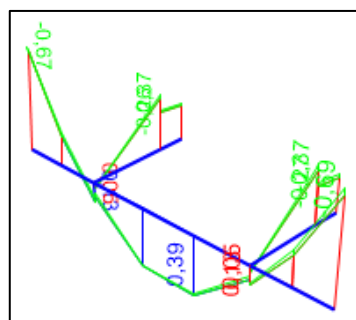
– V1 a V3:

Nomenclatura:



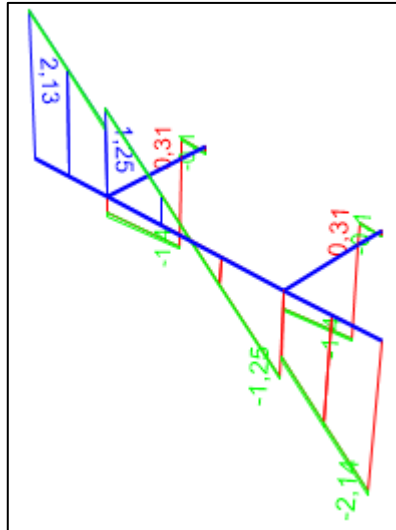
Momento Fletor

COMB1 A COMB4



## Esforço Cortante

### COMB1 A COMB4



As tabelas a seguir apresentam o dimensionamento das vigas (V1 a V3):

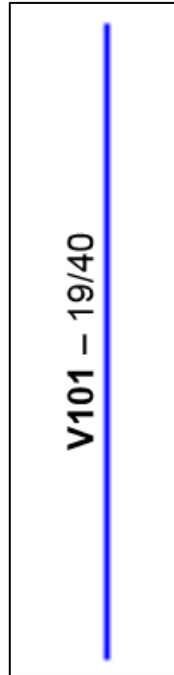
FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014										fck (Mpa)	40,00
										fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU				
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)
Vigas - V1 a V3 Armadura Longitudinal Face superior	20,00	20,00	14,00	6,00	0,7	0,00	0,12	2 Ø8mm	0,00	0,00	0,72
Vigas - V1 a V3 Armadura Longitudinal Face inferior	20,00	20,00	14,00	6,00	0,4	0,00	0,07	2 Ø8mm	0,00	0,00	0,72

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DE CISALHAMENTO - NBR 6118:2014										fck (Mpa)	40,00
										fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas			Esforços		Dimensionamento no ELU					
	Bw (cm)	H (cm)	d' (cm)	Vd (kN)	Protensão (kN)	Biela do Concreto	Asw (cm²/m)	Asw,adotado (cm²/m)	Asw,min (cm²/m)		
Vigas - V1 a V3	20	20	6	2,2	0	Ok	0,00	Ø6,3mm c.20	2,81		



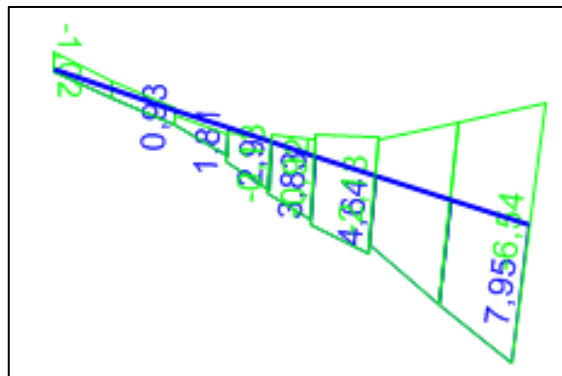
– V101:

Nomenclatura:



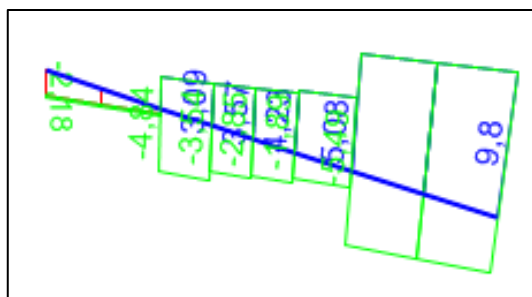
Momento Fletor

COMB1 A COMB4



Esforço Cortante

COMB1 A COMB4



As tabelas a seguir apresentam o dimensionamento da viga (V101):

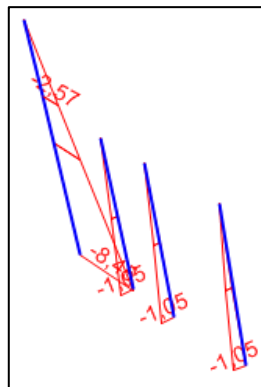
FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	40,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Viga - V101 Armadura Longitudinal Face superior	15,00	40,00	35,00	5,00	6,7	0,00	<b>0,44</b>	2 Ø10mm	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,07</b>	
Viga - V101 Armadura Longitudinal Face inferior	15,00	40,00	35,00	5,00	8,0	0,00	<b>0,53</b>	2 Ø10mm	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,07</b>	

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DE CISALHAMENTO - NBR 6118:2014										fck (Mpa)	40,00
										fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas			Esforços		Dimensionamento no ELU					
	Bw (cm)	H (cm)	d' (cm)	Vd (kN)	Protensão (kN)	Biela do Concreto	Asw (cm²/m)	Asw,adotado (cm²/m)	Asw,min (cm²/m)		
Viga - V101	15	40	5	9,8	0	Ok	0,00	Ø6,3mm c.20	2,11		

## 6.4.7 BASES

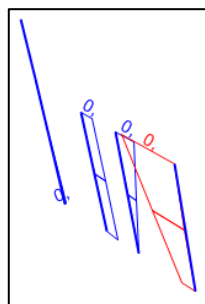
Esforço Normal

COMB5 E COMB6



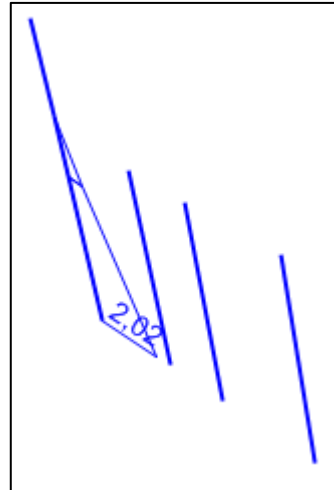
Momento Fletor MXX

COMB5 E COMB6



## Momento Fletor MYY

## COMB5 E COMB6



Serão adotadas armaduras mínimas para as bases:

– **BA.1:**

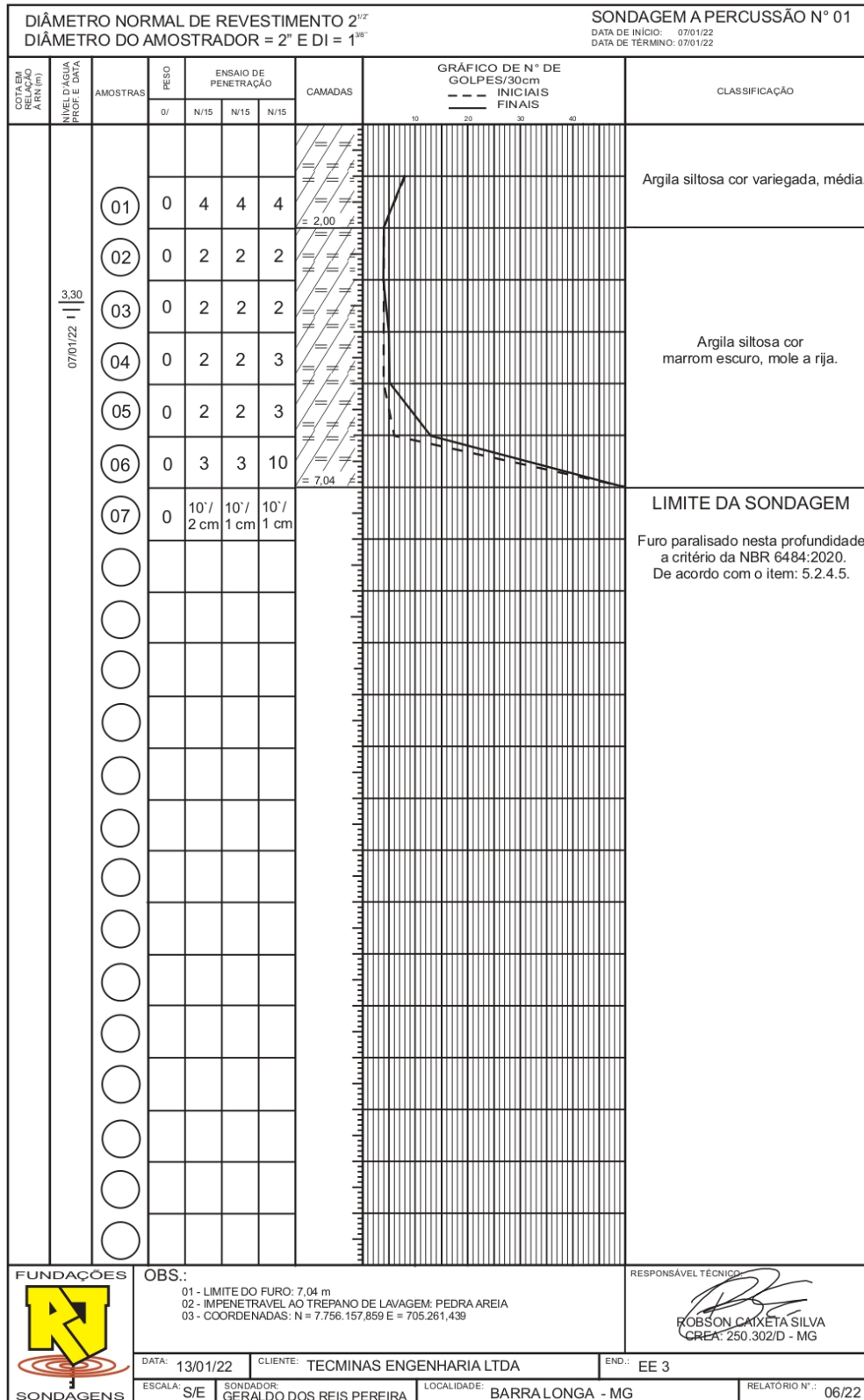
- Armadura longitudinal: 10 Ø12,5mm.
- Armadura transversal: Ø6,3mm c.15cm.

– **BA.2 a BA.4:**

- Armadura longitudinal: 4 Ø10mm.
- Armadura transversal: Ø6,3mm c.12cm.

## 6.5 ANÁLISE DE TENSÕES NO SOLO

Primeiramente foi definido, com base no relatório de sondagem SOND.TECMINAS BARRA LONGA EE3 06, sondagem nº SP-01, que a tensão admissível do terreno é de 1,00 kgf/cm<sup>2</sup>.



A determinação do coeficiente de recalque do solo, segundo *Safe e Morrison (1993)*, para esta tensão admissível, é **2,20 kgf/cm<sup>3</sup>**, ou seja, **22.000 kN/m<sup>3</sup>**.

Para se obter a força máxima atuante por unidade de área, isto é, a tensão máxima atuante no terreno, deve-se multiplicar o maior deslocamento vertical em módulo ocorrido no modelo pelo coeficiente de recalque estabelecido:

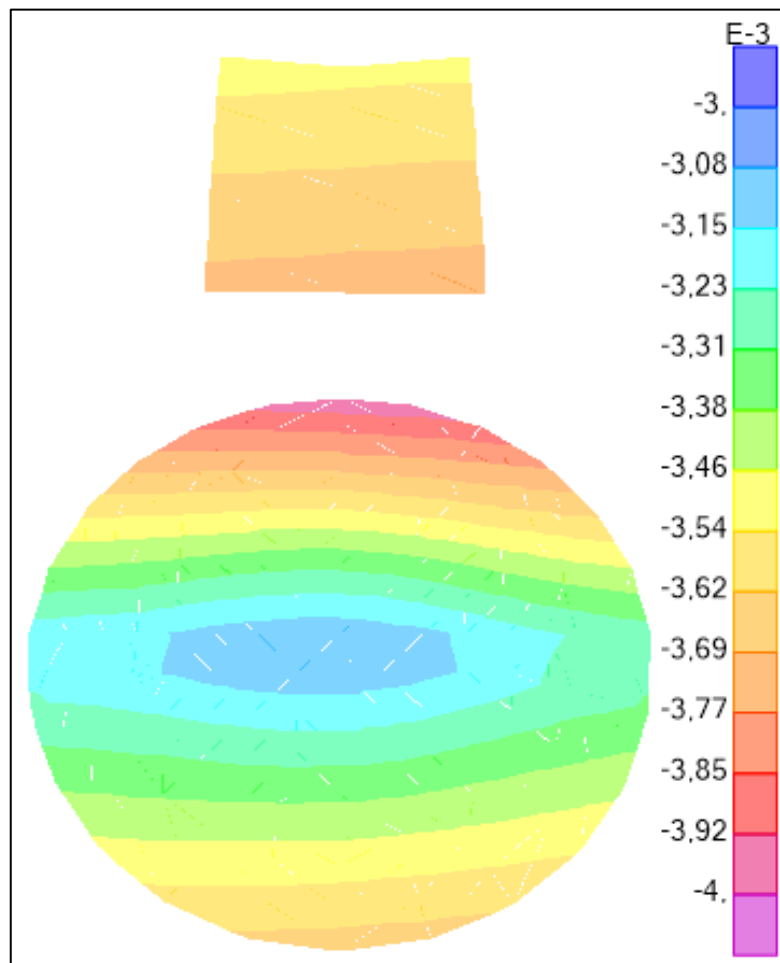
$$\sigma_{max} = d_v \times k_v$$

Sendo que  $\sigma_{max} \leq \sigma_{adm.}$ , onde:

$\sigma_{adm.}$  é a tensão admissível no terreno = 1,00 kgf/cm<sup>2</sup>

Deslocamento vertical (m)

COMB8



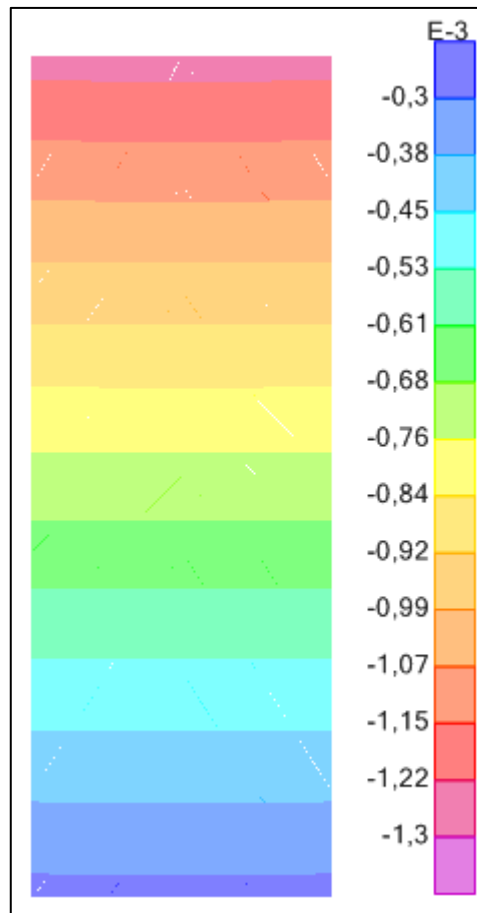
Portanto:

Tensão atuante = 0,40 cm \* 2,20 kgf/cm<sup>3</sup> = 0,88 kgf/cm<sup>2</sup>

Tensão atuante = 0,88 kgf/cm<sup>2</sup> < Tensão admissível = 1,00 kgf/cm<sup>2</sup> → OK!

Deslocamento vertical (m)

COMB11



Portanto:

Tensão atuante =  $0,13 \text{ cm} * 2,20 \text{ kgf/cm}^3 = 0,29 \text{ kgf/cm}^2$

Tensão atuante =  $0,29 \text{ kgf/cm}^2 < \text{Tensão admissível} = 1,00 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow \text{OK!}$

## 6.6 VERIFICAÇÃO DA SUBPRESSÃO

Devido a possibilidade de ocorrência do efeito da subpressão na estrutura, caso o NA esteja elevado, é necessário que se faça a verificação do efeito da subpressão. Desse modo, para efeitos de cálculo, o NA máximo considerado estará no nível do terreno.

Calculo da subpressão:

$$Sub = A * h * \gamma$$

Sendo:

*A*: Área da base da estrutura;

*h*: Altura máxima do NA;

$\gamma$ : Peso específico da água.

Esforço atuante:

Subpressão:

- Bloco

Volume de água = 0,22 m<sup>3</sup>

$\gamma_{\text{água}} = 10,0 \text{ kN/m}^3$

Subpressão = 2,16 kN

- Laje inferior

Volume de água = 20,09 m<sup>3</sup>

$\gamma_{\text{água}} = 10,0 \text{ kN/m}^3$

Subpressão = 200,95 kN

→ Subpressão total: 203,11 kN

Em contra-partida, o peso-próprio da estrutura e o peso do solo submerso, dado pela equação abaixo, irá combater o esforço devido à subpressão:

$$Pp = V * \gamma$$

Onde:

*V*: Volume de concreto ou de solo;

$\gamma_{\text{conc}}$ : Peso específico do concreto armado;

$\gamma_{\text{solo sub}}$ : Peso específico do solo submerso.

**Esforço resistente:**

**Peso da estrutura:**

$$\text{Volume de concreto} = 7,74 \text{ m}^3$$

$$\gamma_{\text{concreto}} = 25,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Peso da Estrutura} = 193,50 \text{ kN}$$

**Peso do solo submerso:**

$$\text{Volume de solo} = 8,64 \text{ m}^3$$

$$\gamma_{\text{solo submerso}} = 10,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Peso do Solo} = 86,37 \text{ kN}$$

→ **Peso total: 279,87 kN**

A relação entre o esforço resistente e a subpressão é de 1,38, sendo superior ao valor de referência que é 1,20.

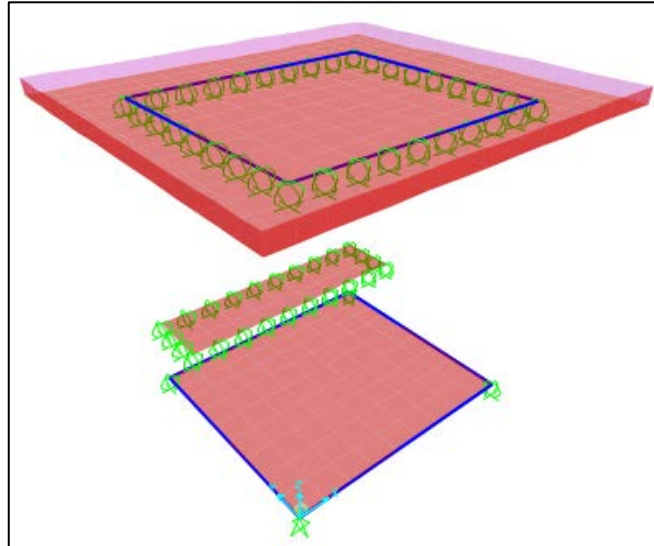


## 7 ABRIGO DO QCM – EE3

### 7.1 MODELO ESTRUTURAL

A estrutura foi modelada no programa *CSI SAP2000 v22.2.0* em conformidade com a geometria dos elementos e materiais utilizados.

Unidades de força em kN e de comprimento em m, exceto onde indicado.



As imagens a seguir mostram as propriedades do material e as seções dos elementos estruturais – *shells* (placas) e *frames* (barras) – estabelecidos como dados de entrada para análise no programa.

<b>General Data</b>	
Material Name and Display Color	fck = 25MPa
Material Type	Concrete
Material Grade	f'c 4000 psi
Material Notes	Modify/Show Notes...
<b>Weight and Mass</b>	
Weight per Unit Volume	25,
Mass per Unit Volume	2,5493
<b>Units</b>	
	KN, m, C
<b>Isotropic Property Data</b>	
Modulus Of Elasticity, E	23800000,
Poisson, U	0,2
Coefficient Of Thermal Expansion, A	9,900E-06
Shear Modulus, G	9916667,
<b>Other Properties For Concrete Materials</b>	
Specified Concrete Compressive Strength, f <sub>c</sub>	27579,032
Expected Concrete Compressive Strength	27579,032
<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete	
Shear Strength Reduction Factor	

**Section Name**  **Display Color** ■

**Section Notes**

---

**Type**

- Shell - Thin
- Shell - Thick
- Plate - Thin
- Plate Thick
- Membrane
- Shell - Layered/Nonlinear

**Thickness**

Membrane

Bending

**Material**

Material Name

Material Angle

**Time Dependent Properties**

**Concrete Shell Section Design Parameters**

**Stiffness Modifiers**

**Temp Dependent Properties**

**Section Name**  **Display Color** ■

**Section Notes**

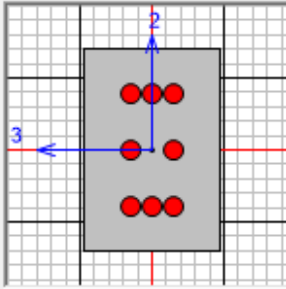
---

**Dimensions**

Depth ( t3 )

Width ( t2 )


**Section**



**Material**

**Property Modifiers**

**Properties**

**Section Name**  **Display Color** 

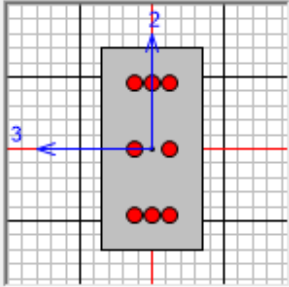
**Section Notes**

**Dimensions**

Depth (t3)

Width (t2)

**Section**



**Properties**

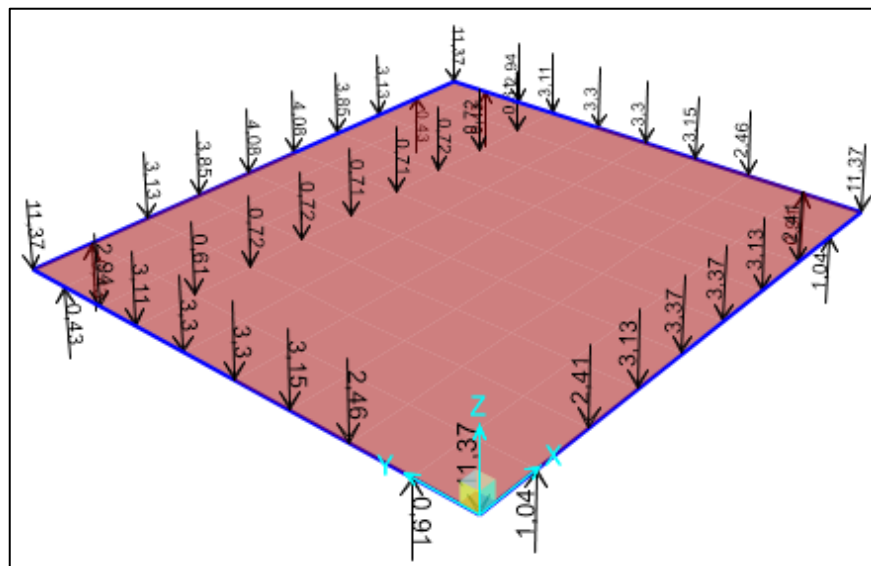
**Material**

**Property Modifiers**

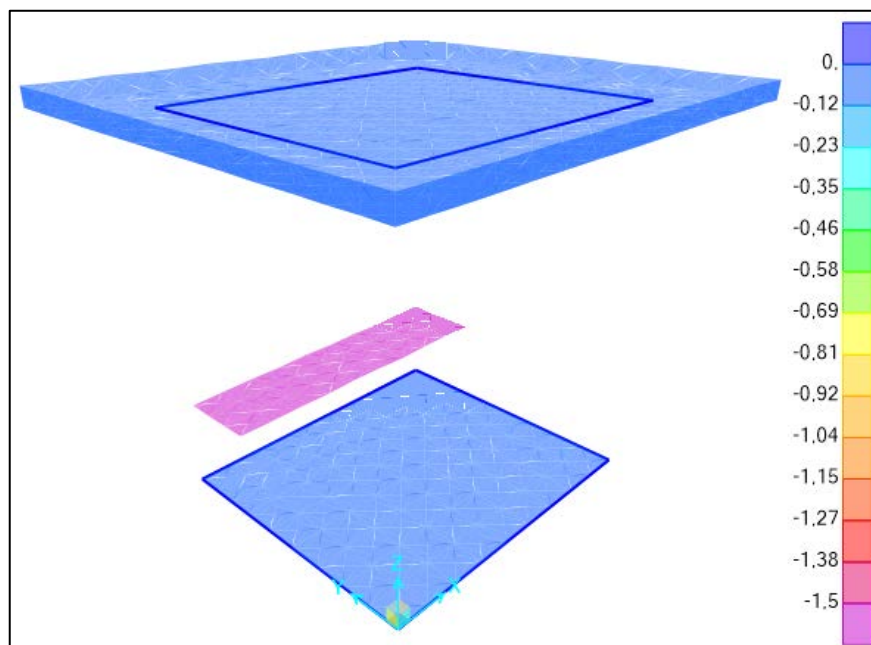
## 7.2 CARREGAMENTOS ADOTADOS

### 7.2.1 CARREGAMENTOS PERMANENTES

- **Peso próprio da estrutura:** adotou-se peso específico de  $25 \text{ kN/m}^3$  para o concreto. O programa *SAP2000* considera-o automaticamente em suas análises.
- **Reação das lajes:** as lajes superior e intermediária geram uma reação na laje inferior, na qual estão apoiadas.



- **Carga dois painéis elétricos:** foi considerada uma carga de  $1,50 \text{ kN/m}^2$  em toda a laje intermediária para representar a carga dos painéis.



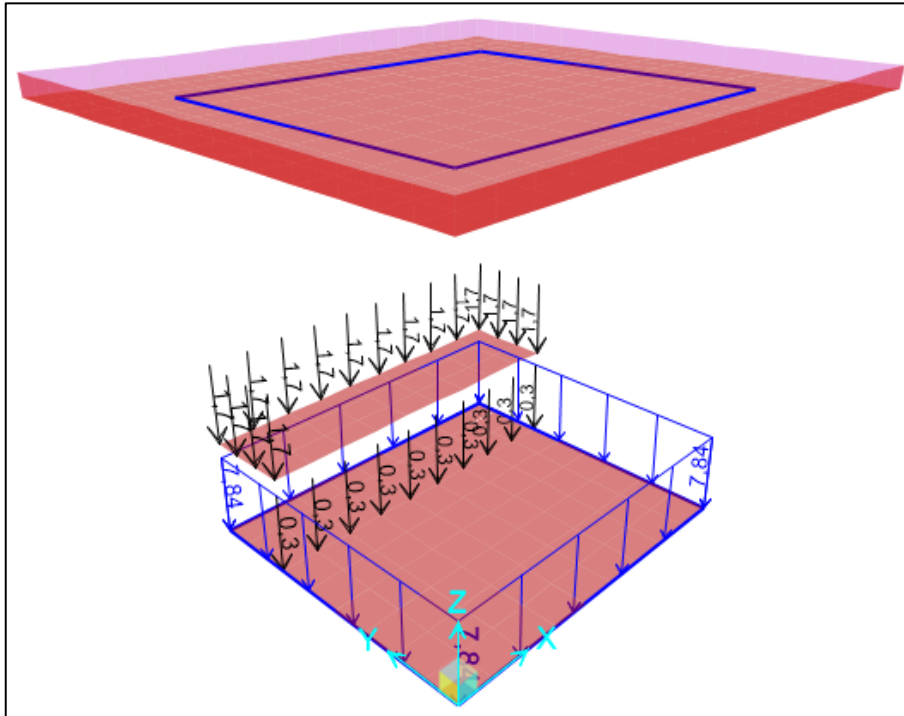
– **Alvenaria:** a alvenaria de vedação gera uma carga distribuída linearmente sobre as cintas e sobre a laje inferior, conforme a equação abaixo:

$$q = \gamma * h * e$$

$\gamma$ : peso específico da alvenaria =  $14\text{kN/m}^3$ ;

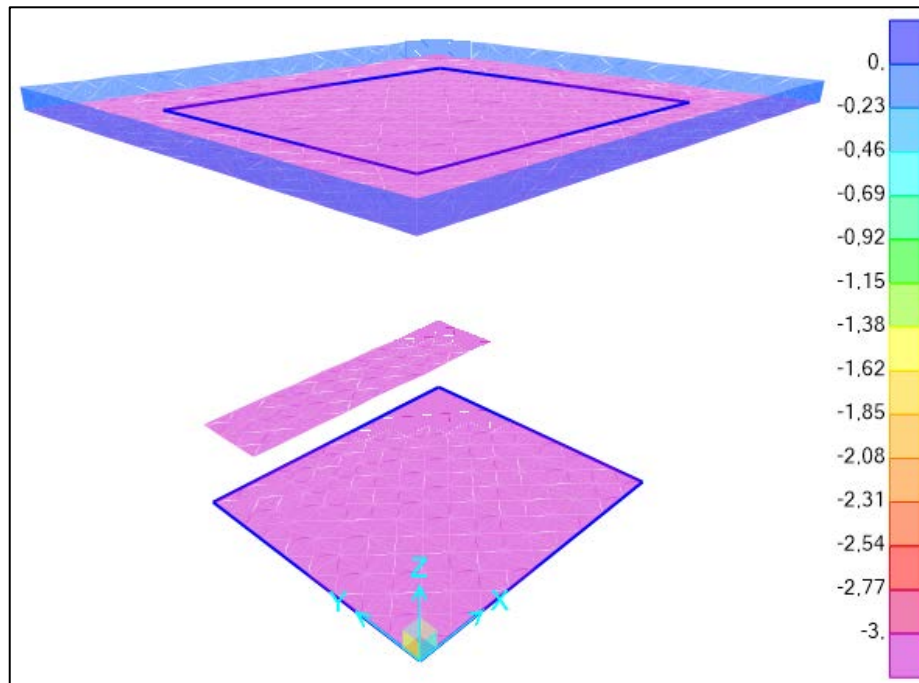
$h$ : altura da alvenaria =  $2,8\text{m}$  (sobre as cintas) e  $0,50\text{m}$  (sobre a laje);

$e$ : espessura da alvenaria =  $20\text{cm}$  (sobre as cintas) e  $15\text{cm}$  (sobre a laje).



## 7.2.2 CARREGAMENTOS VARIÁVEIS

– **Acidental:** é considerada uma sobrecarga uniformemente distribuída de 3,0 kN/m<sup>2</sup> nas lajes da estrutura. No caso da laje superior, a sobrecarga considerada abarca o acesso para manutenção e inspeção (1,0 kN/m<sup>2</sup>), a camada de brita de 5 cm (1,0 kN/m<sup>2</sup>) e a eventual presença de efluente (1,0 kN/m<sup>2</sup>).



## 7.3 COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTOS

Combinação 1 (ELU) → 1,4 x Peso próprio + 1,4 x Reação das lajes + 1,4 x Carga dos painéis elétricos + 1,4 x Alvenaria + 1,4 x Sobrecarga;

Combinação 2 (FUNDAÇÃO) → 1,0 x Peso próprio + 1,0 x Reação das lajes + 1,0 x Carga dos painéis elétricos + 1,0 x Alvenaria + 1,0 x Sobrecarga.

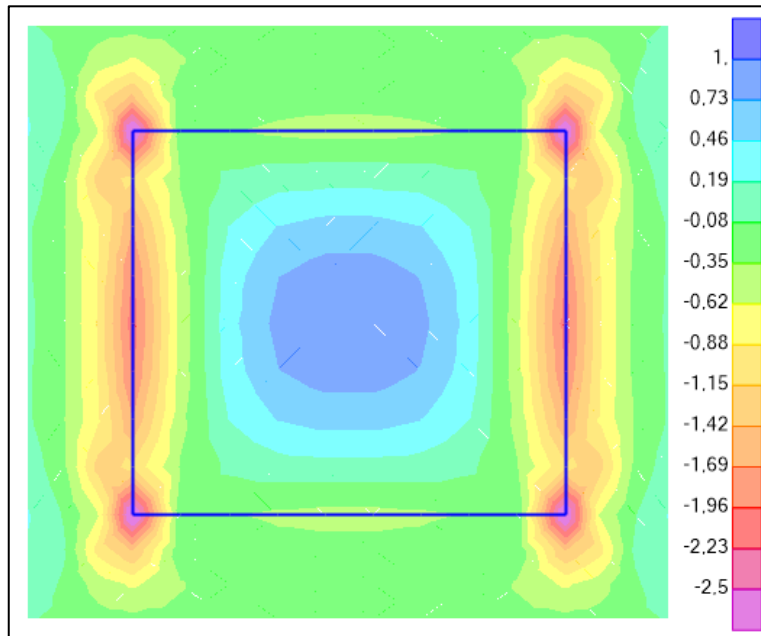
## 7.4 DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA

### 7.4.1 LAJE SUPERIOR

Armadura Horizontal

Momento Fletor

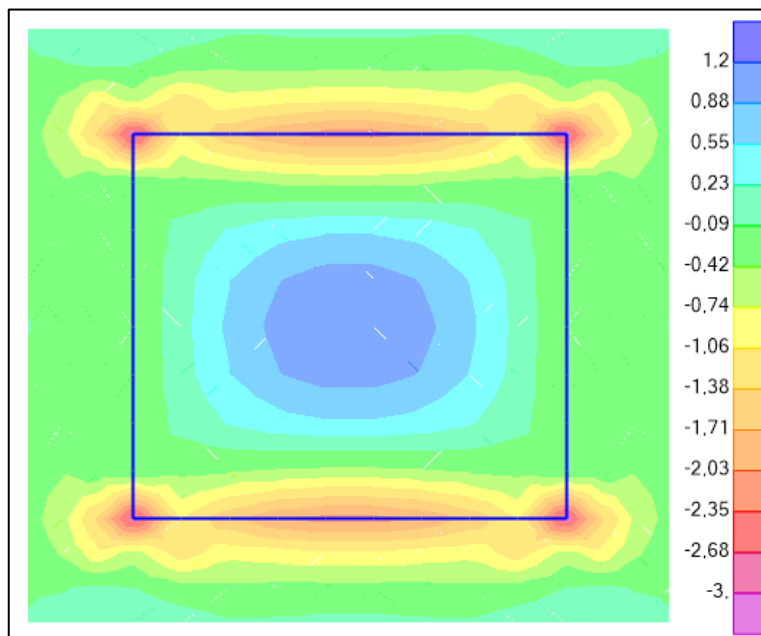
COMB1



Armadura Vertical

Momento Fletor

COMB1



Segundo o item 13.2.4.1 da ABNT NBR 6118:2014, os esforços solicitantes de cálculo a serem considerados no dimensionamento de lajes em balanço devem ser multiplicados por um coeficiente adicional  $\gamma_n$ , de acordo com a equação:

$$\gamma_n = 1,95 - 0,05h$$

*h*: altura da laje, expressa em centímetros = 10 cm.

A planilha a seguir apresenta o dimensionamento da laje superior:

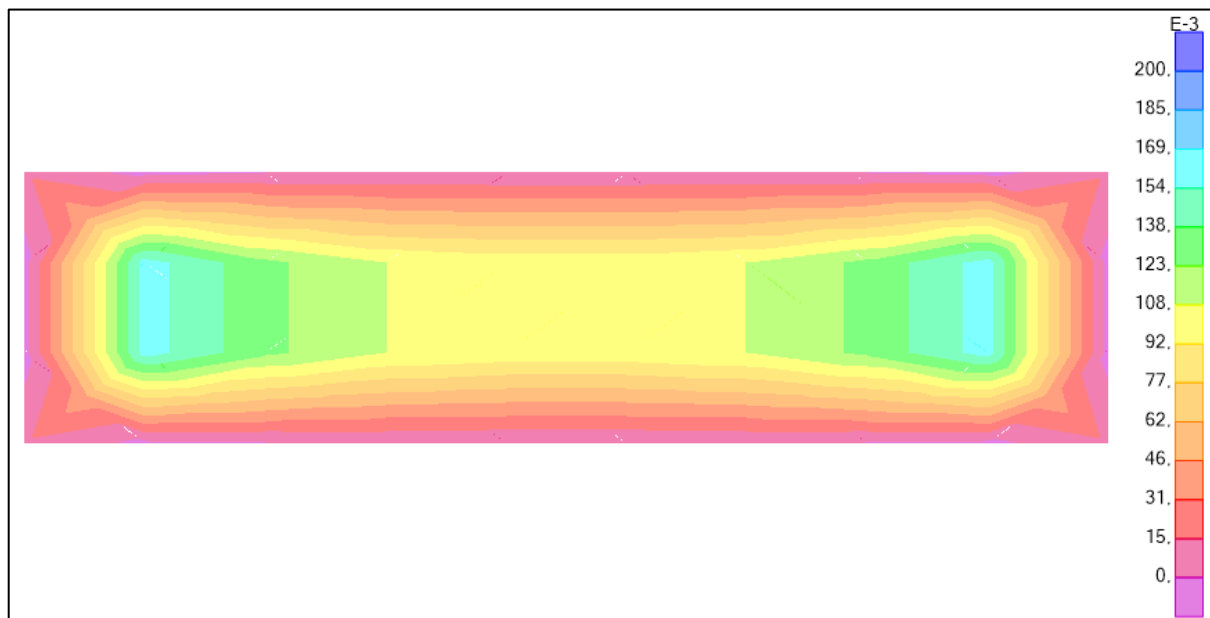
FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	25,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Armadura Horizontal Face superior	100,00	10,00	6,00	4,00	3,5	0,00	1,38	Ø6,3mm c.20	0,00	0,00	1,50	
Armadura Horizontal Face inferior	100,00	10,00	6,00	4,00	1,0	0,00	0,39	Ø6,3mm c.20	0,00	0,00	1,50	
Armadura Vertical Face superior	100,00	10,00	6,00	4,00	3,5	0,00	1,38	Ø6,3mm c.20	0,00	0,00	1,50	
Armadura Vertical Face inferior	100,00	10,00	6,00	4,00	1,2	0,00	0,47	Ø6,3mm c.20	0,00	0,00	1,50	

## 7.4.2 LAJE INTERMEDIÁRIA

Armadura Horizontal

Momento Fletor

COMB1

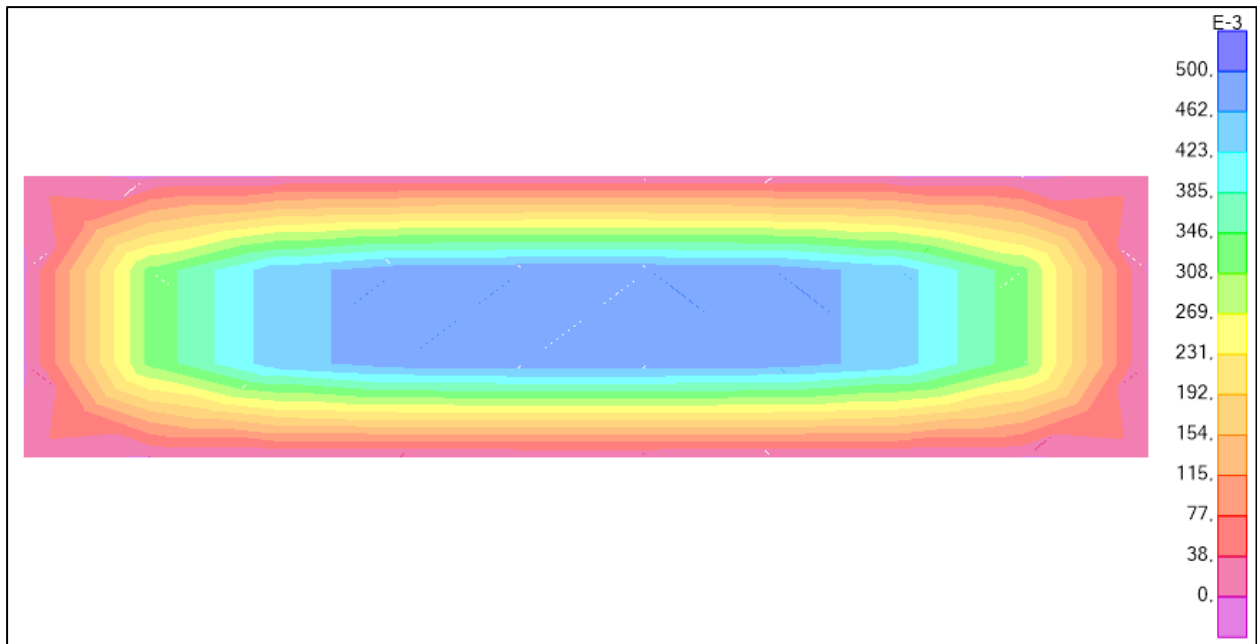




## Armadura Vertical

### Momento Fletor

COMB1



A planilha a seguir apresenta o dimensionamento da laje intermediária:

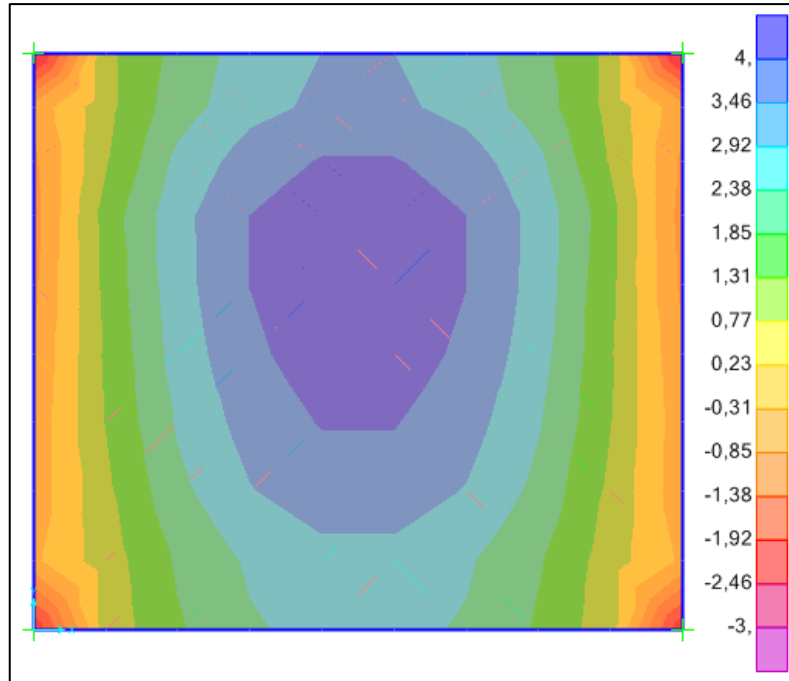
FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	25,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Armadura Horizontal Face superior	100,00	10,00	6,00	4,00	0,1	0,00	<b>0,04</b>	Ø6,3mm c.20	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,50</b>	
Armadura Horizontal Face inferior	100,00	10,00	6,00	4,00	0,2	0,00	<b>0,08</b>	Ø6,3mm c.20	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,50</b>	
Armadura Vertical Face superior	100,00	10,00	6,00	4,00	0,1	0,00	<b>0,04</b>	Ø6,3mm c.20	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,50</b>	
Armadura Vertical Face inferior	100,00	10,00	6,00	4,00	0,5	0,00	<b>0,19</b>	Ø6,3mm c.20	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,50</b>	

### 7.4.3 LAJE INFERIOR

Armadura Horizontal

Momento Fletor

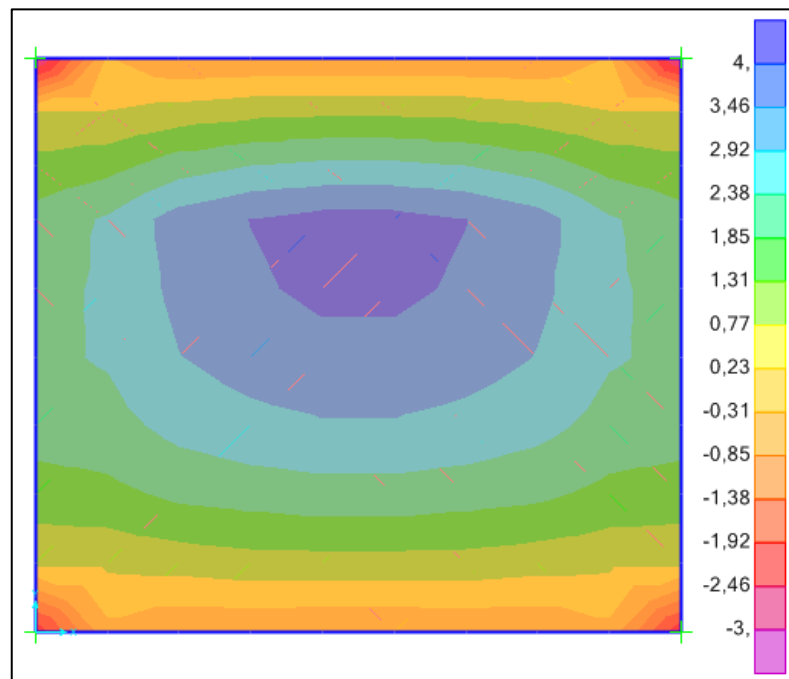
COMB1



Armadura Vertical

Momento Fletor

COMB1



A planilha a seguir apresenta o dimensionamento da laje inferior:

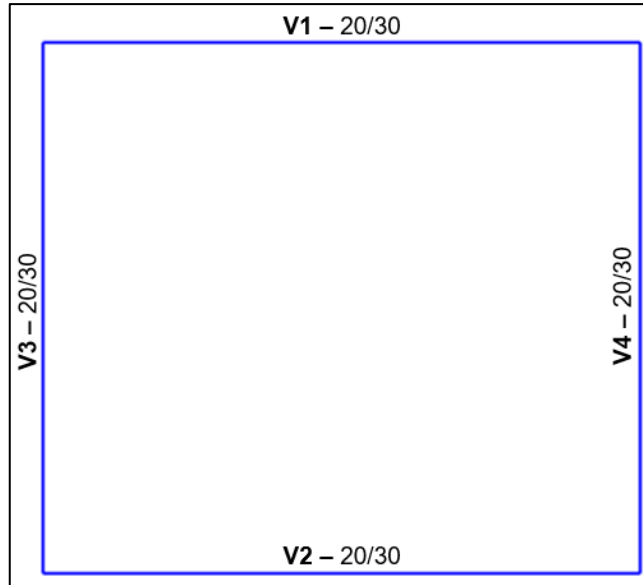
FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	25,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	As Adotada	A' <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	As' Adotada	A <sub>s,min</sub> (cm <sup>2</sup> )	
Armadura Horizontal Face superior	100,00	10,00	6,00	4,00	1,9	0,00	<b>0,74</b>	Ø6,3mm c.20	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,50</b>	
Armadura Horizontal Face inferior	100,00	10,00	6,00	4,00	3,8	0,00	<b>1,51</b>	Ø6,3mm c.20	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,50</b>	
Armadura Vertical Face superior	100,00	10,00	6,00	4,00	1,6	0,00	<b>0,62</b>	Ø6,3mm c.20	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,50</b>	
Armadura Vertical Face inferior	100,00	10,00	6,00	4,00	3,7	0,00	<b>1,47</b>	Ø6,3mm c.20	<b>0,00</b>	0,00	<b>1,50</b>	

Verificação à fissuração:

FISSURAÇÃO									
Identificação	Diâmetro da Armadura de Flexão (φ) [mm]	Área de Concreto [cm <sup>2</sup> ]	Área da Armadura Calculada [cm <sup>2</sup> ]	Área da Armadura Real [cm <sup>2</sup> ]	As Adotado	Resistência Nominal do Concreto (f <sub>ck</sub> ) [Mpa]	Limite da Abertura de Fissura [mm]	k	As Necessário [cm <sup>2</sup> ]
Armadura Horizontal Face inferior	6,30	1.000,00	1,51	1,56	Ø6,3mm c.10	25,00	0,30	1,00	1,56

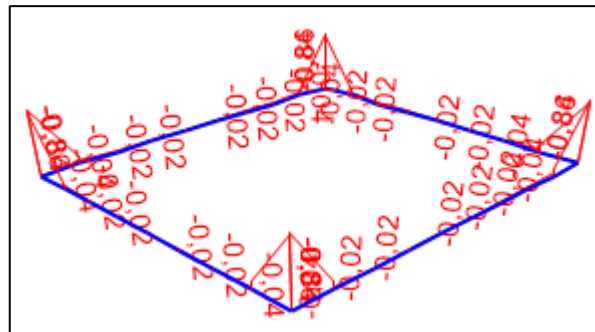
### 7.4.4 VIGAS

Nomenclatura:



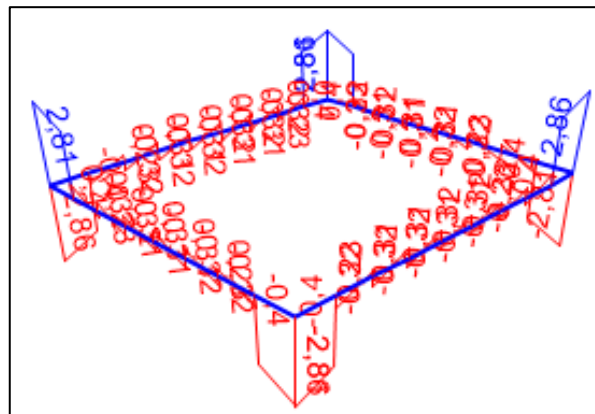
Momento Fletor

COMB1



Esforço Cortante

COMB1



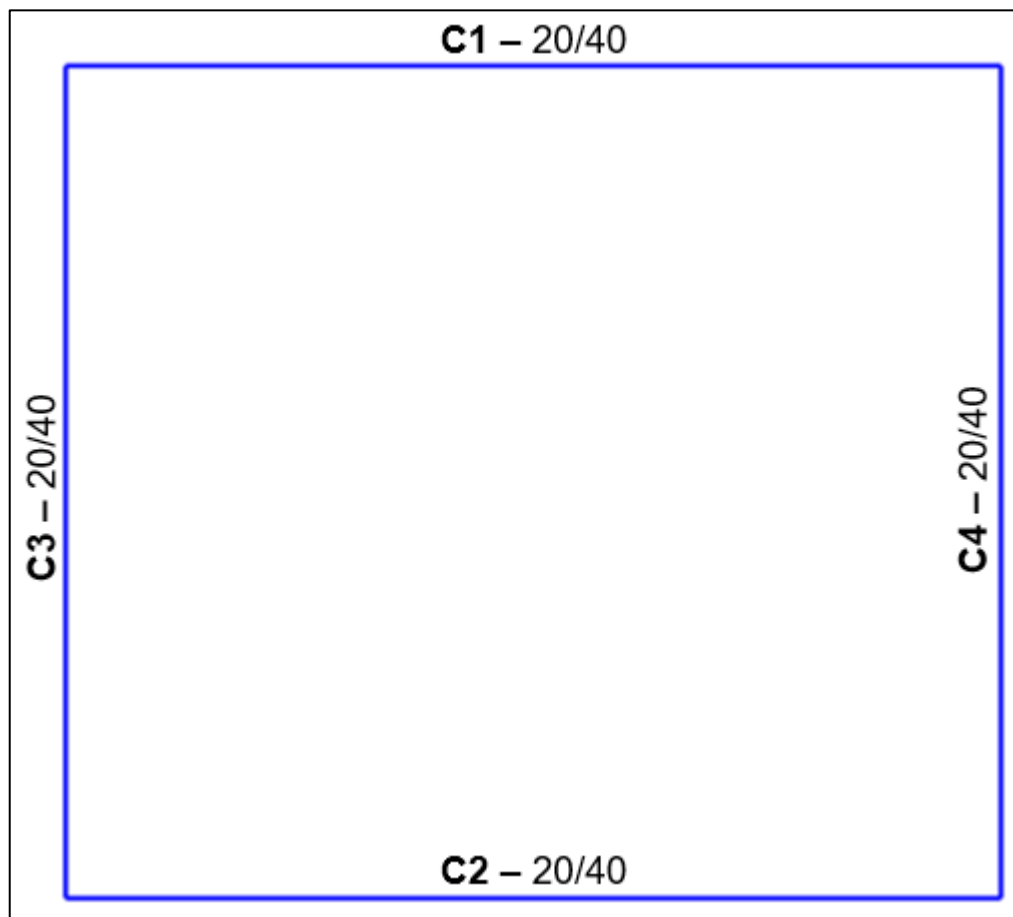
As tabelas a seguir apresentam o dimensionamento das vigas:

FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	25,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Vigas - V1 a V4 Armadura Longitudinal Face superior	20,00	30,00	26,00	4,00	0,9	0,00	<b>0,08</b>	2 Ø8mm	<b>0,00</b>	0,00	<b>0,90</b>	
Vigas - V1 a V4 Armadura Longitudinal Face inferior	20,00	30,00	26,00	4,00	0,0	0,00	<b>0,00</b>	2 Ø8mm	<b>0,00</b>	0,00	<b>0,90</b>	

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DE CISALHAMENTO - NBR 6118:2014										fck (Mpa)	25,00
										fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas			Esforços		Dimensionamento no ELU					
	Bw (cm)	H (cm)	d' (cm)	Vd (kN)	Protensão (kN)	Biela do Concreto	Asw (cm²/m)	Asw,adotado (cm²/m)	Asw,min (cm²/m)		
Vigas - V1 a V4	20	30	4	2,9	0	Ok	0,00	Ø6,3mm c.20	2,05		

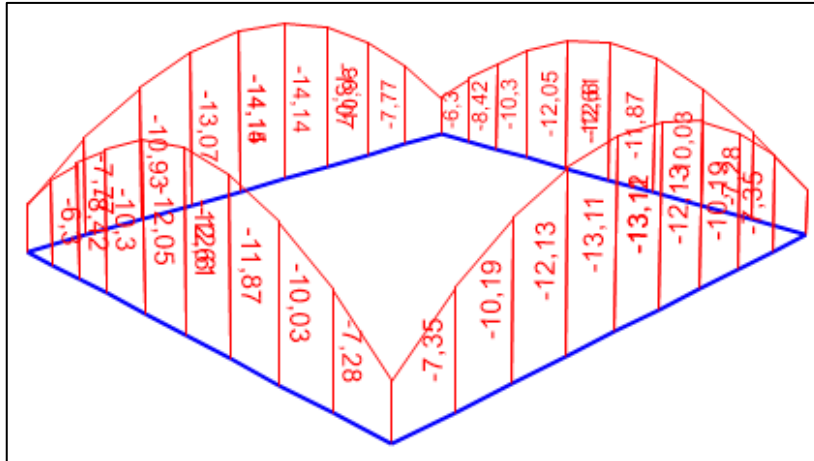
## 7.4.5 CINTAS

Nomenclatura:



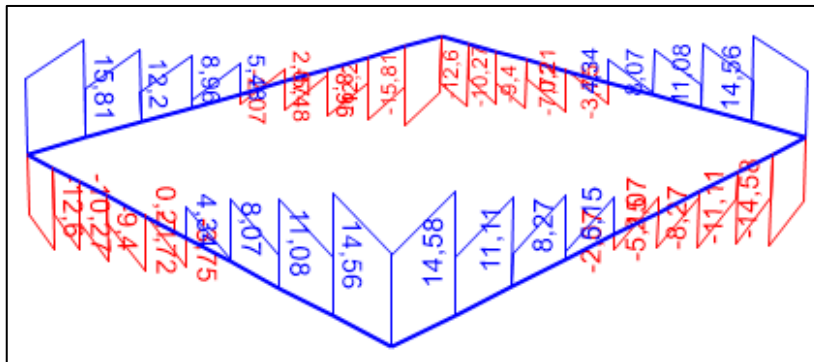
Momento Fletor

COMB1



Esforço Cortante

COMB1



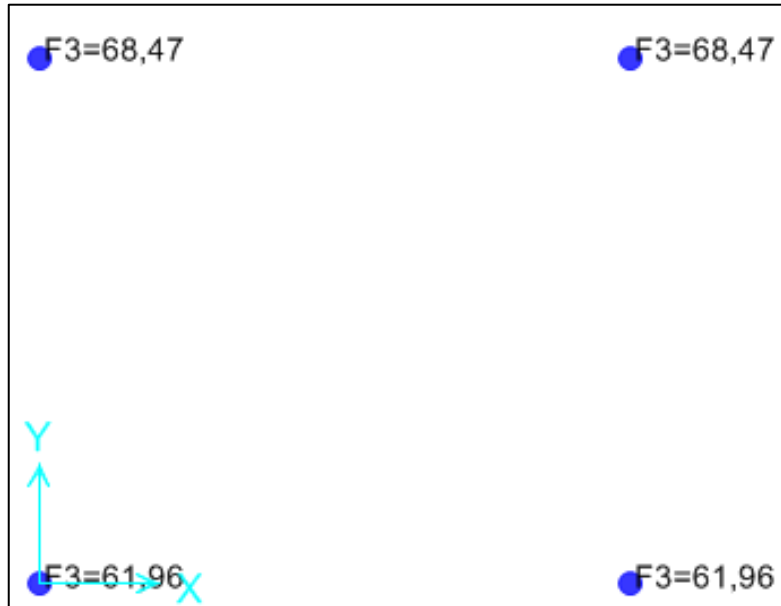
As tabelas a seguir apresentam o dimensionamento das cintas:

FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014										fck (Mpa)	25,00
										fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU				
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	As' (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)
Cintas - C1 a C4 Armadura Longitudinal Face superior	20,00	40,00	35,00	5,00	14,2	0,00	0,95	2 Ø10mm	0,00	0,00	1,20
Cintas - C1 a C4 Armadura Longitudinal Face inferior	20,00	40,00	35,00	5,00	0,0	0,00	0,00	2 Ø10mm	0,00	0,00	1,20

DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DE CISALHAMENTO - NBR 6118:2014										fck (Mpa)	25,00
										fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas			Esforços		Dimensionamento no ELU					
	Bw (cm)	H (cm)	d' (cm)	Vd (kN)	Protensão (kN)	Biela do Concreto	Asw (cm²/m)	Asw,adotado (cm²/m)	Asw,min (cm²/m)		
Cintas - C1 a C4	20	40	5	14,6	0	Ok	0,00	Ø6,3mm c.20	2,05		

### 7.4.6 SAPATAS

Mapa de cargas:



#### SAPATAS – S1 A S4: 120x120/35

SAPATAS																				
a = 20,00 cm	A = 120,00 cm																			
b = 20,00 cm	B = 120,00 cm																			
Ho = 150,00 cm	hadotado = 35,00 cm																			
Ht = 150,00 cm	hsugerido = 25,00 cm																			
σ <sub>s,adm</sub> = 8,00 t/m <sup>2</sup>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="background-color: #003366; color: white; text-align: center;">QUANTITATIVOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vc.estrut.=</td> <td>0,6</td> <td>m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Vc.regul.=</td> <td>0,1</td> <td>m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Aforma=</td> <td>2,6</td> <td>m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Vescav.=</td> <td>7,5</td> <td>m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Vreartero=</td> <td>7,0</td> <td>m<sup>3</sup></td> </tr> </tbody> </table>		QUANTITATIVOS			Vc.estrut.=	0,6	m <sup>3</sup>	Vc.regul.=	0,1	m <sup>3</sup>	Aforma=	2,6	m <sup>2</sup>	Vescav.=	7,5	m <sup>3</sup>	Vreartero=	7,0	m <sup>3</sup>
QUANTITATIVOS																				
Vc.estrut.=	0,6	m <sup>3</sup>																		
Vc.regul.=	0,1	m <sup>3</sup>																		
Aforma=	2,6	m <sup>2</sup>																		
Vescav.=	7,5	m <sup>3</sup>																		
Vreartero=	7,0	m <sup>3</sup>																		
γ <sub>c</sub> = 2,50 t/m <sup>3</sup>																				
γ <sub>t</sub> = 1,80 t/m <sup>3</sup>																				
MUDAR EIXOS																				
CARGAS																				
CALCULAR																				

Tensão máx. (t/m <sup>2</sup> )	Tensão mín. (t/m <sup>2</sup> )	Área Comprimida (%)	Reviramento	Deslizamento
7,72	7,72	100,00	1.000,00	1.000,00

HIP.	CARREGAMENTOS COMBINADOS	Tensão máx. (t/m <sup>2</sup> )	Tensão mín. (t/m <sup>2</sup> )	Área Comp. (%)	Reviram.	Deslizam.
1	CP	7,72	7,72	100,00	1.000,00	1.000,00
1	CP	7,72	7,72	100,00	1.000,00	1.000,00
1	CP	7,72	7,72	100,00	1.000,00	1.000,00
1	CP	7,72	7,72	100,00	1.000,00	1.000,00
1	CP	7,72	7,72	100,00	1.000,00	1.000,00

Tensão máxima no terreno = 0,77 kgf/cm<sup>2</sup> < 0,80 kgf/cm<sup>2</sup> → OK!

Área comprimida da sapata = 100% → OK!

**– Cálculo das armaduras das sapatas:**

Sentido A = Sentido B

$$M = \frac{q * l^2}{2} = \frac{80 * 0,60^2}{2} = 14,40 \text{ kN.m/m}$$

FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014										fck (Mpa)	25,00
										fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU				
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	As Adotada	A' <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	As' Adotada	A <sub>s,min</sub> (cm <sup>2</sup> )
Sapatas - S1 a S4 Face inferior	100,00	35,00	30,00	5,00	14,4	0,00	1,11	Ø10mm c.12,5	0,00	0,00	5,25

Face superior: Ø8mm c.12,5cm.

**– Para o pilar será adotada a armadura mínima:**

- Armadura longitudinal: 4 Ø10mm.
- Armadura transversal: Ø6,3mm c.12cm.



## 8 BLOCOS DE ANCORAGEM – EE3

### 8.1 CARREGAMENTOS ADOTADOS

– **Peso próprio da estrutura:** adotou-se o peso específico de 24kN/m<sup>3</sup> para o concreto.

– **Empuxo:** serão consideradas as cargas fornecidas da linha de recalque:

BLOCOS	CONEXÃO			DIÂMETROS		PRESSÃO MÁX. (kg/cm <sup>2</sup> )	EMPUXO (kN)
	CÓDIGO	PEÇA	K	1	2		
BA.1	3	Curva 45°	0,766	100	0	2,92	1,76
BA.2	3	Curva 45°	0,766	100	0	2,58	1,55
BA.3	4	Curva 22°30'	0,39	100	0	2,53	0,78
BA.4	4	Curva 22°30'	0,39	100	0	2,28	0,70
BA.5	4	Curva 22°30'	0,39	100	0	2,24	0,69
BA.6	4	Curva 22°30'	0,39	100	0	2,13	0,65
BA.7	4	Curva 22°30'	0,39	100	0	1,96	0,60
BA.8	4	Curva 22°30'	0,39	100	0	1,81	0,55
BA.9	3	Curva 45°	0,766	100	0	1,39	0,84
BA.10	4	Curva 22°30'	0,39	100	0	0,78	0,24
BA.11	4	Curva 22°30'	0,39	100	0	0,5	0,15
BA.12	4	Curva 22°30'	0,39	100	0	0,25	0,08
BA.13	3	Curva 45°	0,766	100	0	0,1	0,06

## 8.2 DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA

### – BLOCOS BA.1 E BA.2 (2X):

BLOCOS DE ANCORAGEM - Horizontais	Curva 45°
$P_b = \frac{(E * FS)}{tg\phi_{m\acute{a}x}}$	
Pb – Peso do bloco; E – Empuxo = 1,76 kN FS – Fator de segurança = 1,2 Coeficiente de atrito: $tg\phi_{m\acute{a}x} = 0,30$	$P_b = \frac{(1,76 * 1,2)}{0,3}$ $P_b = 7,04 \text{ kN}$
$V_c = \frac{P_b}{\gamma_c}$	
Vc - Volume de Concreto; $\gamma_c$ - Peso específico do concreto = 24 kN/m <sup>3</sup>	$V_c = \frac{7,04}{24}$ $V_c = 0,29 \text{ m}^3$

### – BLOCOS BA.3 A BA.9 (7X):

BLOCOS DE ANCORAGEM - Horizontais	Curvas 45° e 22°30'
$P_b = \frac{(E * FS)}{tg\phi_{m\acute{a}x}}$	
Pb – Peso do bloco; E – Empuxo = 0,84 kN FS – Fator de segurança = 1,2 Coeficiente de atrito: $tg\phi_{m\acute{a}x} = 0,30$	$P_b = \frac{(0,84 * 1,2)}{0,3}$ $P_b = 3,36 \text{ kN}$
$V_c = \frac{P_b}{\gamma_c}$	
Vc - Volume de Concreto; $\gamma_c$ - Peso específico do concreto = 24 kN/m <sup>3</sup>	$V_c = \frac{3,36}{24}$ $V_c = 0,14 \text{ m}^3$

– BLOCOS BA.10 A BA.13 (4X):

BLOCOS DE ANCORAGEM - Horizontais	Curvas 45° e 22°30'
$P_b = \frac{(E * FS)}{tg\phi_{m\acute{a}x}}$	
Pb – Peso do bloco; E – Empuxo = 0,24 kN FS – Fator de segurança = 1,2 Coeficiente de atrito: $tg\phi_{m\acute{a}x}$ = 0,30	$P_b = \frac{(0,24 * 1,2)}{0,3}$ $P_b = 0,96 \text{ kN}$
$V_c = \frac{P_b}{\gamma_c}$	
Vc - Volume de Concreto; $\gamma_c$ - Peso específico do concreto = 24 kN/m <sup>3</sup>	$V_c = \frac{0,96}{24}$ $V_c = 0,04 \text{ m}^3$

Os blocos de peso em posição “cadeira” devem possuir armação contra fissuração.

– Adotada: Ø8mm c.15cm.

## 9 FUNDAÇÃO DO POSTE PA3 – EE2 E EE3

### 9.1 CARREGAMENTOS ADOTADOS

#### 9.1.1 CARREGAMENTOS PERMANENTES

– **Peso próprio da estrutura:** de acordo com as informações constantes no projeto básico, o peso específico do poste PA3 foi estimado em 1,70 kN, o peso da coluna de ventilação foi estimado em 1,60 kN e, por fim, o peso do filtro de gás sulfídrico foi estimado em 0,20 kN, totalizando 3,50 kN.

#### 9.1.2 CARREGAMENTOS VARIÁVEIS

– **Vento:** segundo o item 4.2 da ABNT NBR 6123:2019 a pressão dinâmica do vento é função da velocidade característica, dada por:

$$q = 0,613 \cdot V_k^2$$

$V_k$ : *velocidade característica do vento.*

A velocidade característica do vento é definida no subitem “b”, do item 4.2 da NBR 6123:2019:

$$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$$

Em que:

- $V_0$ : é velocidade básica do vento, definida em função do local de implantação da estrutura. A velocidade básica é extraída das Isoletas de velocidades básicas.
- $S_1$  é o fator que leva em consideração as variações do relevo (fator definido no item 5.2 da NBR6123:2019);
- $S_2$  é o fator que considera o efeito combinado da rugosidade do terreno, da velocidade do vento e das dimensões da estrutura (fator definido no item 5.3 da NBR6123:2019);
- $S_3$  é o fator estatístico, que considera o grau de segurança requerido e a vida útil da estrutura (fator definido no item 5.4 da NBR6123:2019).

A estrutura em estudo está situada em uma região onde a velocidade básica do vento é de aproximadamente 30 m/s.

- $S_1 = 1,00$ ;
  - $S_2 = (\text{Classe A, Rugosidade II}) = 0,94$ ;
  - $S_3 = 0,95$  (instalações industriais com baixo fator de ocupação);
- $$V_k = 30,00 \times 1,00 \times 0,94 \times 0,95 = 26,79 \text{ m/s};$$
- $$q = 0,613 \times 26,79^2 = 439,95 \text{ N/m}^2 = 0,44 \text{ kN/m}^2 \text{ (pressão dinâmica do vento).}$$

A carga de vento a ser aplicada na estrutura é obtida pelo cálculo da força de arrasto, dada pela equação:

$$F_a = C_a * q * A$$

$C_a$ : coeficiente de arrasto;

$q$ : pressão dinâmica do vento =  $0,44 \text{ kN/m}^2$ ;

$A$ : área de atuação do vento.

Definição do número de Reynolds:

$$R_e = 70000 * V_k * l_1 = 70000 * 26,79 * 0,13 \rightarrow R_e = 2,44 * 10^{-5} \leq 3,50 * 10^{-5}$$

Determinação do coeficiente de arrasto:

- Liso (metal, concreto, alvenaria rebocada);
- $Re \leq 3,50 \times 10^{-5}$ ;
- $h/l_1 = 32,03 \rightarrow \infty$ ;

Logo:  $C_a = 1,20$ .

Força de arrasto ( $F_a$ ):

$$F_a = C_a * q * A = 1,20 * 0,44 * (0,20 * 4,10) \rightarrow F_a = 0,50 \text{ kN}$$

Como o poste é fixado à uma coluna de ventilação de mesmo diâmetro, será considerada a mesma  $F_a$  para os dois casos.

## 9.2 DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA

### SAPATA

a =	30,00	cm
b =	30,00	cm
Ho =	70,00	cm
Ht =	150,00	cm

A =	100,00	cm
B =	100,00	cm
hadotado =	25,00	cm
hsugerido =	17,50	cm

$\sigma_{s,adm}$ =	8,00	t/m2
--------------------	------	------

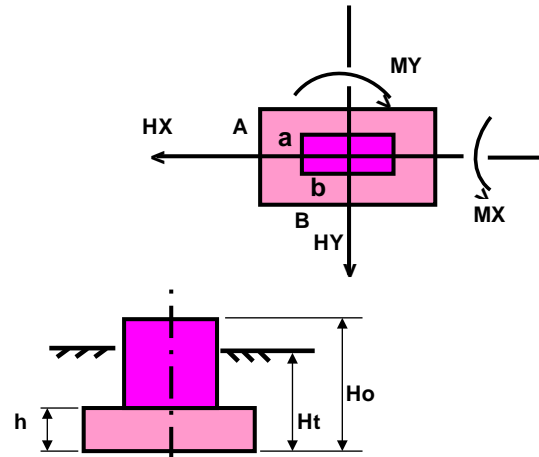
$\gamma_c$ =	2,50	t/m3
$\gamma_t$ =	1,80	t/m3

MUDAR EIXOS

CARGAS

CALCULAR

QUANTITATIVOS		
Vc.estrut.=	0,3	m3
Vc.regul.=	0,1	m3
Aforma=	1,5	m2
Vescav.=	6,2	m3
Vreaterro=	5,8	m3



Tensão máx. (t/m2)	Tensão mín. (t/m2)	Área Comprimida (%)	Reviramento	Deslizamento
5,80	0,56	100,00	3,64	11,57

HIP.	CARREGAMENTOS COMBINADOS	Tensão máx. (t/m2)	Tensão mín. (t/m2)	Área Comp. (%)	Reviram.	Deslizam.
1	CP	5,80	0,56	100,00	3,64	11,57
1	CP	5,80	0,56	100,00	3,64	11,57
1	CP	5,80	0,56	100,00	3,64	11,57
1	CP	5,80	0,56	100,00	3,64	11,57
1	CP	5,80	0,56	100,00	3,64	11,57

Tensão máxima no terreno = 0,58 kgf/cm<sup>2</sup> < 0,80 kgf/cm<sup>2</sup> → OK!

Área comprimida da sapata = 100% → OK!

#### – Cálculo das armaduras da sapata:

Sentido A = Sentido B

$$M = \frac{q * L^2}{2} = \frac{80 * 0,50^2}{2} = 10,00 \text{ kNm/m}$$

FLEXÃO NORMAL COMPOSTA - NBR 6118:2014											fck (Mpa)	25,00
											fyk (Mpa)	500,00
Identificação	Características Geométricas				Esforços de Cálculo		Armadura em ELU					
	B (cm)	H (cm)	d (cm)	d' (cm)	Md,máx (kN.m)	Nd,máx (kN)	As (cm²)	As Adotada	A's (cm²)	As' Adotada	As,min (cm²)	
Sapata Face sup. e inf.	100,00	25,00	20,00	5,00	10,0	0,00	1,16	Ø8mm c.12,5	0,00	0,00	3,75	

#### – Para o pilar será adotada a armadura mínima:

- Armadura longitudinal: 4 Ø12,5mm.
- Armadura transversal: Ø6,3mm c.15cm.