

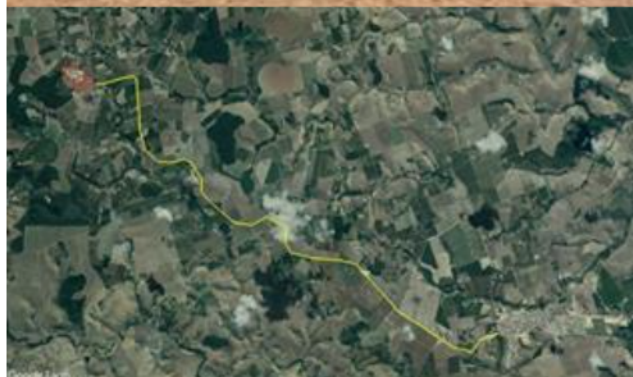


CESAN

qualidade em saneamento



PRÓ-RURAL



CONTRATO 174/2015
AS 026/2018

**MUNICÍPIO DE BOA ESPERANÇA
DISTRITO DE SANTO ANTÔNIO**

**COMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA O
KM 20**

VOLUME V – PROJETO ESTRUTURAL

TOMO A – MEMORIAL DE CÁLCULO

C-011-001-92-4-MC-0001

GANEM
Engenharia Ltda

JULHO/2019
REVISÃO 0

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do contrato nº 174/2015, celebrado entre a **GANEM Engenharia EPP Ltda** e a **Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN)**.

Este contrato visa atender as demandas de análise operacional e projetos da **Gerência do Interior (O-GIN)**, da **Diretoria Operacional (D-OP)**, e está sendo acompanhado pela **Divisão de Projetos Operacionais (E-DPO)**, da **Gerência de Projetos e Programas Estratégicos (E-GPP)**, da **Diretoria de Engenharia e Meio Ambiente (D-EM)**.

Quanto a operação do sistema a Gerência do Interior está dividida em quatro divisões, nomeadamente a **Divisão de Operação e Manutenção Noroeste (O-DNO)**, **Divisão de Operação e Manutenção Centro Norte (O-DCN)**, **Divisão de Operação e Manutenção Serrana (O-DSE)**, e **Divisão de Operação e Manutenção Sul (O-DSU)**. As divisões encontram-se ainda subdivididas em 9 polos de operação, conforme segue: Divisão Noroeste (Polo Barra de São Francisco e Polo São Gabriel da Palha); Divisão Centro Norte (Polo Nova Venécia, Polo Montanha e Polo Conceição da Barra); Divisão Serrana (Polo Santa Teresa e Polo Venda Nova do Imigrante); e Divisão Sul (Polo Muqui e Polo Castelo).

A **GANEM Engenharia EPP Ltda.** apresenta a seguir o memorial de cálculo do projeto estrutural do sistema de esgotamento sanitário para o KM 20, no distrito de Santo Antônio, localizado no município de Boa Esperança / ES.

O projeto completo da complementação do projeto de esgotamento sanitário para o KM 20 está apresentado conforme descrito abaixo:

- Volume I – Topografia:
 - Tomo A: Caderneta Topográfica (C-011-001-90-1-CT-0001);
 - Tomo B: Desenhos.
- Volume II – Projeto Hidráulico:
 - Tomo A: Memorial Descritivo e de Cálculo (C-011-001-90-5-MD-0001);
 - Tomo B: Desenhos.
- Volume III – Sondagem: Relatório Técnico (C-011-001-90-3-SD-0001).
- Volume IV – Projeto Terraplenagem:
 - Tomo A: Memorial Descritivo e de Cálculo (C-011-001-92-1-MD-0001);
 - Tomo B: Desenhos.

- Volume V – Projeto Estrutural:
 - Tomo A: Memorial de Cálculo (C-011-001-92-4-MC-0001);
 - Tomo B: Desenhos.
- Volume VI – Orçamento (C-011-001-90-0-OR-0001):
 - Planilha Orçamentária (C-011-001-90-0-PL-0001).

Seguem listados abaixo os desenhos produzidos nesse volume e apresentado no Tomo B deste projeto.

	Número da CESAN	Referência do Desenho
01	C-011-001-92-4-XX-0001	Decantador – Plantas, cortes e detalhes – Forma e armação
02	C-011-001-92-4-XX-0002	Decantador – Plantas e vista – Armação
03	C-011-001-92-4-XX-0003	Leito de Secagem – Plantas e corte – Armação
04	C-011-001-92-4-XX-0004	Tanque Séptico – Plantas – Forma
05	C-011-001-92-4-XX-0005	Tanque Séptico – Planta e cortes – Forma
06	C-011-001-92-4-XX-0006	Tanque Séptico – Lajes –Armação
07	C-011-001-92-4-XX-0007	Tanque Séptico – Paredes – Armação
08	C-011-001-92-4-XX-0008	Tratamento Primário – Plantas, corte e detalhes – Forma e armação
09	C-011-001-92-4-XX-0009	Tratamento Primário – Lajes e sapatas corridas – Forma e armação
10	C-011-001-92-4-XX-0010	Tratamento Primário– Paredes – Armação
11	C-011-001-92-4-XX-0011	Travessia – Planta e cortes – Forma e armação
12	C-011-001-92-4-XX-0012	Escada e Dispositivos de Drenagem – Plantas e cortes – Forma e armação

.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES.....	V
ÍNDICE DE TABELAS	VII
1. ESPECIFICAÇÕES GERAIS	9
1.1. Objetivo	9
1.2. Documentos de referência	9
1.2.1. ETE	9
1.3. Normas técnicas	9
1.4. Estruturas de concreto integrantes do projeto.....	9
2. CONSIDERAÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO	10
2.1. Critério de projeto	10
2.2. Dados gerais	10
2.2.1. Concreto	10
2.3. Parâmetros geotécnicos	10
2.4. Cargas	11
2.4.1. Cargas permanentes	11
2.4.2. Cargas acidentais	11
2.4.3. Peso específico	11
2.4.4. Carregamento nas lajes de fundo	11
2.4.5. Carregamento nas paredes lado interno	11
2.4.6. Carregamento nas paredes lado externo	11
2.5. Combinações.....	12
2.6. Software utilizados.....	13
3. DIMENSIONAMENTO – TRATAMENTO PRELIMINAR	14
3.1. Modelagem estrutural	14
3.2. Resultados da análise estrutural	16
3.3. Verificação das tensões no solo	21
3.4. Armação lajes de fundo	25
3.5. Armação nas paredes.....	30
4. DIMENSIONAMENTO – TANQUE SÉPTICO	35
4.1. Modelagem estrutural	35
4.2. Resultados da análise estrutural	37
4.3. Verificação das tensões no solo	41

4.4. Armação lajes de fundo	50
4.5. Armação lajes superiores	55
4.6. Armação nas lajes intermediárias	57
4.7. Armação nas paredes.....	59
4.7.1. Paredes Tipo 1	59
4.7.2. Paredes Tipo 2	64
5. DIMENSIONAMENTO – DECANTADOR.....	69
5.1. Modelagem estrutural	69
5.2. Resultados da análise estrutural.....	71
5.3. Verificação das tensões no solo	76
5.4. Armação lajes de fundo	80
5.5. Armação lajes superiores	84
5.6. Armação nas paredes.....	87
5.7. Fundações.....	92
6. DIMENSIONAMENTO – LEITO DE SECAGEM.....	97
6.1. Modelagem estrutural	97
6.2. Resultados da análise estrutural.....	99
6.3. Verificação das tensões no solo	103
6.4. Armação lajes de fundo	110

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Posicionamento do reservatório em relação ao solo.	14
Figura 2 – Modelo estrutural 3D – Vista 1.	15
Figura 3 – Modelo estrutural 3D – Vista 2.	15
Figura 4 – Cargas aplicadas.....	16
Figura 5 – Numeração dos nós na laje de fundo.	21
Figura 6 – Momento na direção X na laje de fundo.	23
Figura 7 – Momento na direção Y na laje de fundo.	23
Figura 8 – Momento na direção X nas lajes superiores e paredes.	24
Figura 9 – Momento na direção Y nas lajes superiores e paredes.	24
Figura 10 – Posicionamento do reservatório em relação ao solo.	35
Figura 11 – Modelo estrutural 3D – Vista 1.	36
Figura 12 – Modelo estrutural 3D – Vista 2.	36
Figura 13 – Cargas aplicadas.....	37
Figura 14 - Numeração dos nós na laje de fundo.	42
Figura 15 – Momento na direção X na laje de fundo.	47
Figura 16 – Momento na direção Y na laje de fundo.	48
Figura 17 – Momento na direção X nas lajes superiores e paredes.	48
Figura 18 – Momento na direção Y nas lajes superiores e paredes.	49
Figura 19 – Posicionamento do decantador em relação ao solo.	69
Figura 20 – Modelo estrutural 3D – Vista 1.	70
Figura 21 – Modelo estrutural 3D – Vista 2.	70
Figura 22 – Cargas aplicadas.....	71
Figura 23 – Numeração dos nós na laje de fundo.	76
Figura 24 – Momento na direção X na laje de fundo.	78
Figura 25 – Momento na direção Y na laje de fundo.	78
Figura 26 – Momento na direção X nas lajes superiores e paredes.	79
Figura 27 – Momento na direção Y nas lajes superiores e paredes.	79
Figura 28 - Posicionamento do leito de secagem em relação ao solo.	97
Figura 29 - Modelo estrutural 3D - Vista 1.	98
Figura 30 - Modelo estrutural 3D - Vista 2.	98

Figura 31 - Cargas aplicadas.	99
Figura 32 – Numeração dos nós na laje de fundo.	104
Figura 33 – Momento na direção X nas lajes e paredes.	109
Figura 34 - Momento na direção Y nas lajes e paredes.	110

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros geotécnicos para cada unidade.....	11
Tabela 2 – Coeficientes.....	13
Tabela 3 – Esforços nas placas.	17
Tabela 4 – Reações no solo.....	21
Tabela 5 – Momento Fletores.....	25
Tabela 6 – Força Normal de Tração.....	25
Tabela 7 – Esforços nas placas.	38
Tabela 8 – Reações no solo.....	42
Tabela 9 – Momento Fletores.....	50
Tabela 10 – Força Normal de Tração.....	50
Tabela 11 – Esforços nas placas.....	72
Tabela 12 – Reações no solo.....	76
Tabela 13 – Momento Fletores.....	80
Tabela 14 – Força Normal de Tração.....	80
Tabela 15 - Quadro de cargas.....	92
Tabela 16 - Esforços nas placas	99
Tabela 17 - Reações no solo.....	104
Tabela 18 - Momento Fletores	110
Tabela 19 - Força Normal de Tração.....	110

MEMORIAL DE CÁLCULO

1. ESPECIFICAÇÕES GERAIS

1.1. Objetivo

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a memória de cálculo do projeto estrutural para complementação do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) da localidade de KM 20, no distrito de Santo Antônio, situado no município de Boa Esperança / ES.

1.2. Documentos de referência

1.2.1. ETE

- C-011-001-90-5-XX-0001 a C-011-001-90-5-XX-0003;
- C-011-001-92-5-XX-0001 a C-011-001-92-5-XX-0017;
- C-011-001-94-5-XX-0001 a C-011-001-94-5-XX-0008.

1.3. Normas técnicas

- NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;
- NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas;
- NBR 6122 – Projeto e execução de fundações;
- NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações;
- NBR 7191 – Execução de desenhos para obras de concreto simples ou armado;
- NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;
- NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento.

1.4. Estruturas de concreto integrantes do projeto

- Tratamento preliminar;
- Tanque séptico;
- Decantador;
- Leito de secagem;
- Estruturas complementares.

2. CONSIDERAÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO

2.1. Critério de projeto

O dimensionamento das peças estruturais será feito seguindo as recomendações das normas da ABNT. Foram considerados os estados limites últimos (ELU) e os estados limites de serviço (ELS). O modelo estrutural trata-se de caixas prismáticas aérea, enterradas e/ou semienterradas, com ou sem tampa sendo que serão considerados os esforços devido ao peso próprio, sobrecarga e empuxo interno de água, empuxo externo do solo nas paredes enterradas ou semienterradas.

2.2. Dados gerais

2.2.1. Concreto

- Classe de agressividade = III (forte)
- Abertura máxima das fissuras = 0,3 mm
- Dimensões do agregado = 19 mm
- $f_{ck} = 30$ MPa
- Cobrimento de 4,0 cm
- Aço CA-50 e CA-60

2.3. Parâmetros geotécnicos

Para determinação dos parâmetros geotécnicos e tipo de fundações, foram realizadas campanhas de sondagem e apresentada no documento C-011-001-90-3-SD-0001. Conforme as locações dos furos de sondagem foram determinados os parâmetros geotécnicos para cada estrutura. Os parâmetros calculados em função no número NSPT para cada local foram a tensão admissível e o coeficiente de recalque vertical, determinados pelas seguintes equações:

$$\sigma_{adm} = N_{SPT}/5 = \text{kgf/cm}^2 \text{ (Alonso 1989)}$$

Os parâmetros comuns adotados para todas as estruturas são peso específico ($\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$) e coeficiente de empuxo determinado pela equação abaixo, considerado o ângulo de atrito $\varphi = 30^\circ$:

$$K = \tan^2(45^\circ - \varphi/2) = \tan^2(45^\circ - 30^\circ/2) = 0,333$$

A tabela a seguir apresenta os demais parâmetros adotados no dimensionamento de cada estrutura:

Tabela 1 – Parâmetros geotécnicos para cada unidade.

Unidade	Nº SPT	NSPT	Tensão Admissível (kgf/cm²)	Coefficiente de Recalque Vertical (kN/m³)
Tratamento preliminar	01	24	4,80	96.000,00
Tanque séptico	02	28	5,60	112.000,00
Decantador	03	15	3,00	60.000,00
Leito de secagem	04	19	3,80	76.000,00
Escada	01	24	4,80	96.000,00
Caixas da vala de infiltração	04	19	3,80	76.000,00
Dispositivos de drenagem	03	15	3,00	60.000,00
Travessias 1 e 2	03	15	3,00	60.000,00

2.4. Cargas

2.4.1. Cargas permanentes

- Peso próprio gerado eletronicamente pelo programa.

2.4.2. Cargas acidentais

- Sobrecarga = 2,00 kN/m²;
- Sobrecarga de equipamentos sobre as lajes.

2.4.3. Peso específico

- Concreto = 25,00 kN/m³;
- Água = 10,00 kN/m³;
- Material de enchimento do leito de secagem = 22,00 kN/m³;
- Demais itens conforme a NBR 6120.

2.4.4. Carregamento nas lajes de fundo

- Peso da água considerando o pior cenário com a estrutura 100 % cheia.

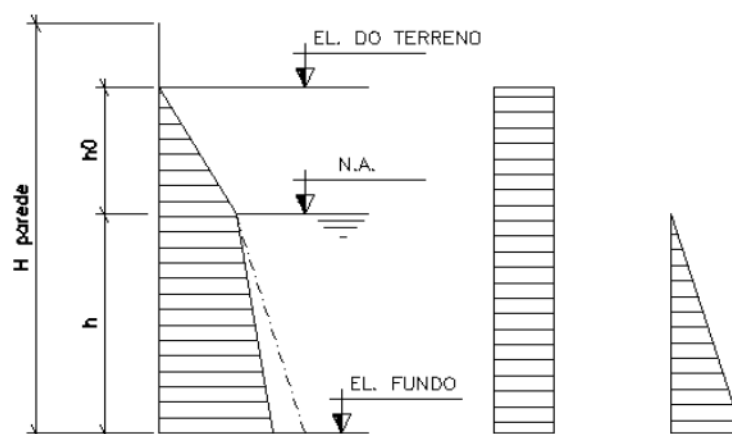
2.4.5. Carregamento nas paredes lado interno

- Considerando a caixa cheia de água temos;

$$P_{\text{agua}} = \gamma_{\text{agua}} \cdot h_{\text{agua}}$$

2.4.6. Carregamento nas paredes lado externo

- Para o trecho aéreo a carga externa será igual a 0;
- Para o trecho enterrado ou semienterrado temos:



A carga q para carga retangular será utilizada nas estruturas sob efeito de tráfego de veículos, cujo valor será de 25,00 kN/m².

2.5. Combinações

Para o dimensionamento das estruturas foram considerados, de acordo com as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os estados limites de utilização (flechas, aberturas de fissuras) e o último (segurança), sempre considerando as questões relativas à durabilidade da estrutura.

As combinações de ações de ações usadas no cálculo foram de acordo com NBR 8691:2003.

Combinações últimas (ELU), que para o edifício em causa são consideradas normais, “esgotamento da capacidade resistente para elementos estruturais de concreto armado”, sendo o cálculo das solicitações:

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} F_{Gi,k} + \gamma_q \left[F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n \Psi_{0j} F_{Qj,k} \right]$$

De acordo com a tabela 11.3 da NBR 6118:2014.

Os valores dos Coeficientes de ponderação das ações (γf) no estado-limite último (ELU), foram os utilizados nas tabelas 11.1 e 11.2 da NBR 6118:2014.

Combinações de serviço (ELS):

Combinações quase permanentes (CQP):

$$F_d = \sum F_{gi,k} + \sum \psi_{2j} \cdot F_{gj,k}$$

Combinações frequentes (CF):

$$F_d = \sum F_{gi,k} + \psi_1 F_{q1k} + \sum \psi_{2j} \cdot F_{gj,k}$$

Combinações raras (CR):

$$F_d = \sum F_{gi,k} + F_{q1k} + \sum \psi_{1j} \cdot F_{gj,k}$$

De acordo com a tabela 11.4 da NBR 6118:2014.

Os valores dos coeficientes de ponderação das ações (γ_f) no estado-limite de serviço (ELS), foram os utilizados na tabela 11.2 da NBR 6118:2014.

A Tabela 2 apresenta os coeficientes parciais de segurança utilizados conforme tabela 1 da NBR 8681.

Tabela 2 – Coeficientes.

	Coeficientes parciais de segurança (γ)		Coeficientes de combinação (ψ)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (ψ_p)	Acompanhamento (ψ_a)
Permanente – CP	1,00	1,40	-	-
Sobrecarga – SC	0,00	1,40	1,00	0,80

2.6. Software utilizados

- Programa SAP 2000;
- CypeCAD;
- Planilhas do Excel.

3. DIMENSIONAMENTO – TRATAMENTO PRELIMINAR

3.1. Modelagem estrutural

O tratamento preliminar é uma estrutura prismática paralelepípedo do tipo apoiado (Figura 1).



Figura 1 – Posicionamento do reservatório em relação ao solo.

Para dimensionamento foi considerado como lajes engastadas as paredes do tratamento preliminar, estas são engastadas em três bordas, as paredes serão submetidas à atuação da força hidrostática correspondente a altura interna total no tratamento preliminar.

A laje de fundo atua como fundações, em função disto, estrutura foi calculada associando a um meio elástico. Para a interação solo estrutura o coeficiente de recalque vertical será determinado pela relação empírica de Alonso (1943), Teixeira e Godoy (1996).

$$s = 0.2SPT_{médio} (kgf/cm^2)$$

Conforme furo SP-01 temos na camada de apoio $N_{SPT} = 24$. Conforme Alonso (1946) temos:

$$\sigma_{adm} = \frac{N_{SPT}}{5} = \frac{24}{5} = 4,80 \text{ kgf/cm}^2$$

Utilizando a tabela de Morrison (1993) temos

Para $\sigma_{adm} = 4,80 \text{ kgf/cm}^2$ temos $K_v = 16,00 \text{ kgf/cm}^3$

Na estrutura atuam esforços de tração e flexão.

A modelagem estrutural foi feita no software SAP-2000 (Figura 2 e Figura 3) considerando os parâmetros apresentados no item 2.

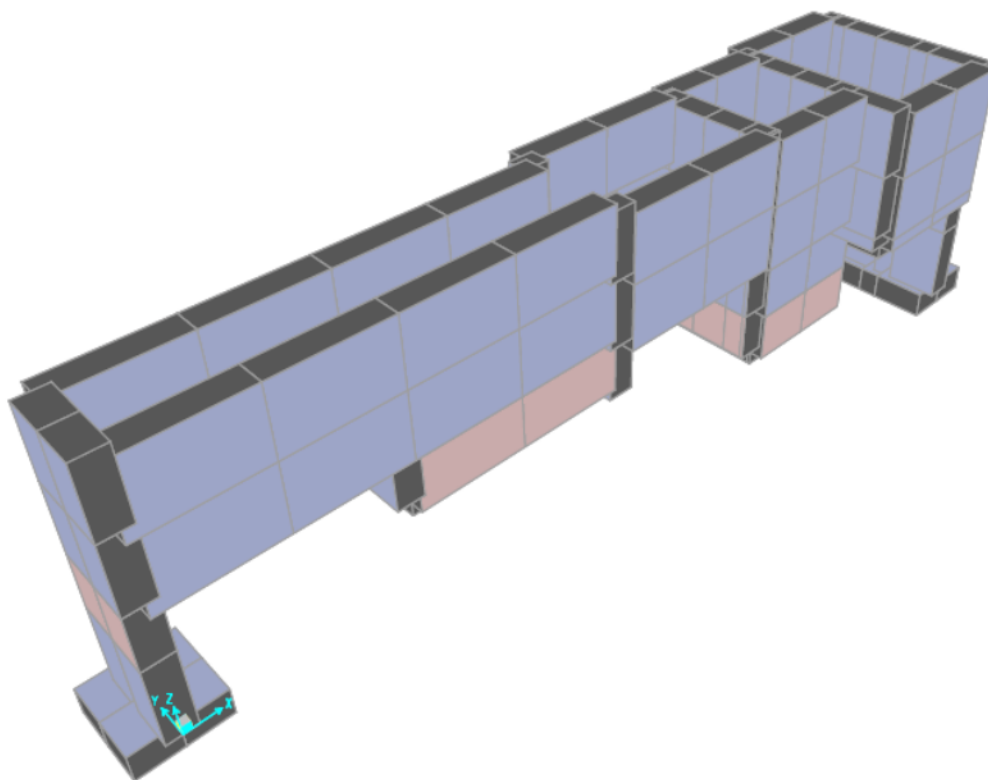


Figura 2 – Modelo estrutural 3D – Vista 1.

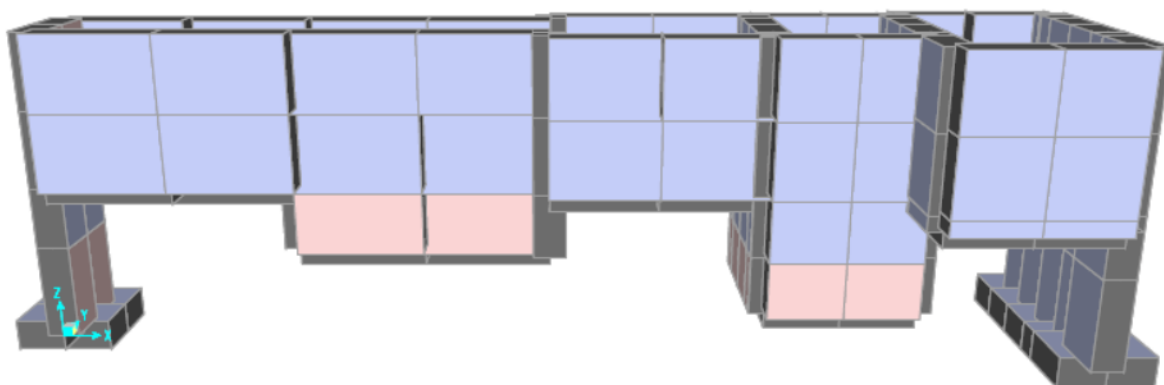


Figura 3 – Modelo estrutural 3D – Vista 2.

Os carregamentos utilizados no dimensionamento foram:

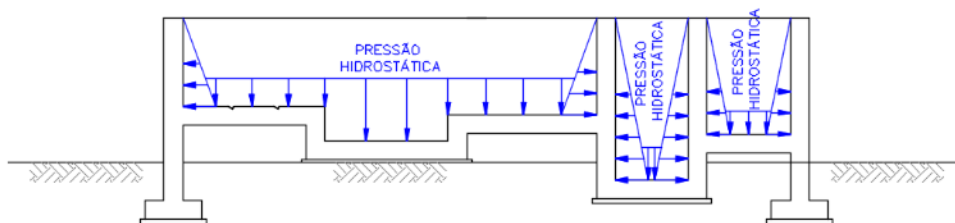


Figura 4 – Cargas aplicadas.

Pressão hidro. (interna): Carga triangular

$$P_{\text{agua}} = \gamma_{\text{agua}} \cdot h = 10,00 \times 0,93 = 9,30 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{\text{agua}} = \gamma_{\text{agua}} \cdot h = 10,00 \times 1,29 = 12,90 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{\text{agua}} = \gamma_{\text{agua}} \cdot h = 10,00 \times 1,70 = 17,00 \text{ kN/m}^2$$

Pressão hidro. laje de fundo:

$$P_{\text{agua}} = 9,30 \text{ kN/m}^2 / P_{\text{agua}} = 12,90 \text{ kN/m}^2 / P_{\text{agua}} = 17,00 \text{ kN/m}^2$$

- Cargas Permanentes (CP):
 - Peso próprio.
- Sobrecargas (SC):
 - Carregamento nas lajes de fundo (SCLF);
 - Carregamento nas paredes lado interno (SCPI).

Combinação para dimensionamento:

Comb 1: $1,4CP + 1,4SCLF$

Comb 2: $1,4CP + 1,4SCLF + 1,4SCPI$

3.2. Resultados da análise estrutural

Conforme informado no item anterior, a análise estrutural foi feita utilizando o software SAP 2000. A Tabela 3 a seguir apresenta os resultados do dimensionamento eletrônico. Cada área representa uma seção da malha de elementos finitos. Os diagramas de momentos fletores serão apresentados posteriormente, na Figura 6 a Figura 9.

Tabela 3 – Esforços nas placas.

Area Text	OutputCase Text	CaseType Text	Fx KN/m	Fy KN/m	Mx KN-m/m	My KN-m/m	T KN-m/m
1	Gmax	Combination	1,31	-1,37	0,00	-0,15	-0,03
1	Gmax	Combination	-2,75	-2,18	0,00	-0,42	0,03
1	Gmax	Combination	-1,32	4,98	4,71	0,76	0,02
1	Gmax	Combination	2,75	5,79	4,65	0,26	-0,03
2	Gmax	Combination	-2,75	-2,20	0,00	-0,42	-0,02
2	Gmax	Combination	1,31	-1,39	0,00	-0,15	0,04
2	Gmax	Combination	2,75	5,83	4,68	0,26	0,04
2	Gmax	Combination	-1,31	5,02	4,71	0,76	-0,02
3	Gmax	Combination	2,79	5,80	4,68	0,27	0,03
3	Gmax	Combination	-1,36	4,97	4,74	0,77	-0,02
3	Gmax	Combination	-2,79	-2,17	0,00	-0,42	-0,03
3	Gmax	Combination	1,36	-1,34	0,00	-0,15	0,03
4	Gmax	Combination	-1,35	5,01	4,74	0,77	0,02
4	Gmax	Combination	2,80	5,84	4,70	0,27	-0,04
4	Gmax	Combination	1,35	-1,36	0,00	-0,15	-0,04
4	Gmax	Combination	-2,79	-2,19	0,00	-0,42	0,02
5	Gmax	Combination	-0,46	3,87	3,74	0,64	0,04
5	Gmax	Combination	1,71	4,31	3,65	0,29	-0,04
5	Gmax	Combination	0,77	-0,42	0,00	-0,17	-0,04
5	Gmax	Combination	-1,41	-0,85	0,01	-0,08	0,04
6	Gmax	Combination	0,10	3,10	3,83	0,80	0,00
6	Gmax	Combination	-0,65	2,95	3,80	0,91	0,03
6	Gmax	Combination	-0,96	1,41	-0,01	-0,18	0,04
6	Gmax	Combination	-0,21	1,55	0,00	0,06	0,01
7	Gmax	Combination	0,03	2,20	3,81	0,83	-0,03
7	Gmax	Combination	-0,09	2,17	3,84	0,84	-0,01
7	Gmax	Combination	-0,16	1,84	0,00	0,04	-0,01
7	Gmax	Combination	-0,03	1,86	-0,01	0,00	-0,03
8	Gmax	Combination	-0,22	3,44	3,73	0,70	-0,03
8	Gmax	Combination	0,30	3,55	3,78	0,69	-0,03
8	Gmax	Combination	-0,29	0,56	0,01	0,06	-0,03
8	Gmax	Combination	-0,82	0,46	0,00	-0,18	-0,03
9	Gmax	Combination	1,92	4,24	3,68	0,25	0,00
9	Gmax	Combination	-0,15	3,83	3,72	0,66	-0,05
9	Gmax	Combination	-1,19	-1,38	0,00	-0,17	-0,05
9	Gmax	Combination	0,88	-0,97	0,00	-0,14	0,00
10	Gmax	Combination	-1,63	-0,28	0,01	-0,06	-0,05
10	Gmax	Combination	1,33	0,31	0,00	-0,20	0,03
10	Gmax	Combination	2,15	4,40	3,92	0,35	0,03
10	Gmax	Combination	-0,82	3,80	4,03	0,70	-0,05

Area Text	OutputCase Text	CaseType Text	Fx KN/m	Fy KN/m	Mx KN-m/m	My KN-m/m	T KN-m/m
11	Gmax	Combination	-0,03	3,08	0,00	0,08	-0,02
11	Gmax	Combination	-1,00	2,88	-0,01	-0,16	-0,05
11	Gmax	Combination	-1,00	2,88	4,09	0,97	-0,04
11	Gmax	Combination	-0,03	3,08	4,13	0,86	-0,01
12	Gmax	Combination	-0,02	3,81	-0,01	0,01	0,01
12	Gmax	Combination	0,13	3,84	0,00	0,06	-0,01
12	Gmax	Combination	-0,21	2,15	4,14	0,90	-0,01
12	Gmax	Combination	-0,36	2,12	4,10	0,89	0,00
13	Gmax	Combination	-1,11	2,40	-0,01	-0,19	0,00
13	Gmax	Combination	-0,27	2,57	0,01	0,07	0,00
13	Gmax	Combination	-0,09	3,47	4,07	0,75	-0,01
13	Gmax	Combination	-0,93	3,30	3,99	0,75	-0,01
14	Gmax	Combination	2,23	0,00	0,01	-0,15	-0,01
14	Gmax	Combination	-1,74	-0,79	-0,01	-0,18	0,03
14	Gmax	Combination	-0,85	3,69	3,98	0,71	0,01
14	Gmax	Combination	3,12	4,48	3,78	0,27	-0,04
15	Gmax	Combination	10,76	3,67	-0,28	0,34	0,17
15	Gmax	Combination	11,84	3,89	-0,72	-0,89	0,10
15	Gmax	Combination	10,94	-0,61	0,95	1,20	0,13
15	Gmax	Combination	9,86	-0,83	0,50	-0,37	0,20
16	Gmax	Combination	11,85	3,95	-0,72	-0,88	-0,09
16	Gmax	Combination	10,22	3,62	-0,29	0,33	-0,15
16	Gmax	Combination	9,27	-1,13	0,48	-0,38	-0,17
16	Gmax	Combination	10,90	-0,80	0,95	1,20	-0,10
17	Gmax	Combination	20,01	1,20	0,39	-0,40	0,02
17	Gmax	Combination	10,90	-0,62	0,85	1,18	0,04
17	Gmax	Combination	11,76	3,69	0,38	-0,06	-0,15
17	Gmax	Combination	20,87	5,51	0,26	0,42	-0,17
18	Gmax	Combination	10,86	-0,81	0,85	1,18	-0,02
18	Gmax	Combination	18,50	0,72	0,40	-0,40	0,02
18	Gmax	Combination	19,57	6,08	0,21	0,20	0,21
18	Gmax	Combination	11,93	4,55	0,38	-0,04	0,17
19	Gmax	Combination	4,09	-0,58	0,18	-0,29	-0,25
19	Gmax	Combination	3,91	-1,46	-0,25	-1,46	-0,18
19	Gmax	Combination	1,53	-1,93	1,33	3,35	-0,08
19	Gmax	Combination	1,71	-1,06	-0,12	0,69	-0,15
20	Gmax	Combination	1,65	-1,34	-0,12	0,65	0,19
20	Gmax	Combination	1,63	-1,46	1,34	3,36	0,15
20	Gmax	Combination	1,21	-1,55	-0,17	-1,37	0,25
20	Gmax	Combination	1,23	-1,43	0,18	-0,26	0,30
21	Gmax	Combination	1,83	-1,42	1,33	3,36	-0,11
21	Gmax	Combination	0,97	-5,73	0,11	0,80	-0,09

Area Text	OutputCase Text	CaseType Text	Fx KN/m	Fy KN/m	Mx KN-m/m	My KN-m/m	T KN-m/m
21	Gmax	Combination	0,42	-5,84	0,31	-0,51	-0,21
21	Gmax	Combination	1,28	-1,53	-0,03	-1,34	-0,23
22	Gmax	Combination	2,90	-1,66	-0,09	-1,43	0,33
22	Gmax	Combination	2,25	-4,94	0,45	-0,48	0,26
22	Gmax	Combination	1,08	-5,17	0,12	0,83	0,14
22	Gmax	Combination	1,74	-1,89	1,33	3,35	0,22
23	Gmax	Combination	45,66	6,42	0,42	-1,16	0,63
23	Gmax	Combination	45,09	3,58	0,98	0,66	0,18
23	Gmax	Combination	35,25	1,62	0,55	-1,36	0,18
23	Gmax	Combination	35,82	4,45	0,26	0,33	0,62
24	Gmax	Combination	26,00	2,55	1,05	0,28	0,26
24	Gmax	Combination	27,41	9,59	1,20	1,25	0,06
24	Gmax	Combination	47,08	13,52	0,92	0,33	0,19
24	Gmax	Combination	45,67	6,48	0,61	-0,25	0,40
25	Gmax	Combination	33,46	5,63	0,51	-0,53	-0,28
25	Gmax	Combination	34,68	11,71	0,77	0,17	0,00
25	Gmax	Combination	27,55	10,28	1,19	1,21	0,14
25	Gmax	Combination	26,33	4,20	1,06	0,29	-0,14
26	Gmax	Combination	26,71	3,04	0,15	0,26	-0,53
26	Gmax	Combination	26,75	3,27	0,27	-1,66	0,06
26	Gmax	Combination	33,25	4,57	0,81	0,39	0,04
26	Gmax	Combination	33,21	4,34	0,35	-1,33	-0,55
27	Gmax	Combination	34,08	1,38	0,99	0,66	-0,01
27	Gmax	Combination	34,53	3,62	0,66	-0,07	-0,04
27	Gmax	Combination	64,41	9,60	0,84	0,38	0,01
27	Gmax	Combination	63,96	7,36	0,47	-1,38	0,03
28	Gmax	Combination	19,46	8,00	1,34	1,28	0,05
28	Gmax	Combination	17,75	-0,57	0,24	0,02	0,15
28	Gmax	Combination	34,36	2,75	0,73	0,26	0,06
28	Gmax	Combination	36,07	11,32	0,93	0,33	-0,04
29	Gmax	Combination	29,51	10,67	0,86	0,19	0,31
29	Gmax	Combination	27,80	2,16	0,52	0,22	0,32
29	Gmax	Combination	17,90	0,17	0,27	0,17	0,25
29	Gmax	Combination	19,60	8,69	1,33	1,24	0,24
30	Gmax	Combination	41,92	6,30	0,34	-1,64	0,28
30	Gmax	Combination	41,99	6,69	0,72	0,02	0,21
30	Gmax	Combination	28,16	3,92	0,52	0,20	0,28
30	Gmax	Combination	28,08	3,53	0,90	0,41	0,35
31	Gmax	Combination	-3,84	-1,43	-0,81	-0,07	-0,45
31	Gmax	Combination	-5,47	-9,61	2,12	1,22	-0,28
31	Gmax	Combination	-0,68	-8,65	3,33	2,77	0,02
31	Gmax	Combination	0,95	-0,47	-1,14	0,30	-0,15

Area Text	OutputCase Text	CaseType Text	Fx KN/m	Fy KN/m	Mx KN-m/m	My KN-m/m	T KN-m/m
32	Gmax	Combination	-7,20	-0,17	-0,46	-0,36	-0,51
32	Gmax	Combination	-8,87	-8,54	0,91	-1,52	-0,36
32	Gmax	Combination	-5,11	-7,79	2,12	1,24	-0,41
32	Gmax	Combination	-3,43	0,58	-0,78	0,09	-0,57
33	Gmax	Combination	-7,48	0,49	-0,42	-0,34	-0,27
33	Gmax	Combination	-9,11	-7,65	0,75	-2,25	-0,33
33	Gmax	Combination	-8,67	-7,57	0,90	-1,56	-0,37
33	Gmax	Combination	-7,05	0,57	-0,44	-0,25	-0,31
34	Gmax	Combination	0,58	-2,35	-1,17	0,14	0,40
34	Gmax	Combination	-0,71	-8,78	3,33	2,77	0,23
34	Gmax	Combination	-2,64	-9,16	2,01	1,23	0,50
34	Gmax	Combination	-1,35	-2,73	-0,62	0,33	0,67
35	Gmax	Combination	-1,13	-1,63	-0,62	0,33	0,73
35	Gmax	Combination	-2,37	-7,81	2,01	1,24	0,61
35	Gmax	Combination	-3,94	-8,12	0,60	-1,69	0,52
35	Gmax	Combination	-2,70	-1,94	-0,09	-0,17	0,65
36	Gmax	Combination	-2,46	-0,75	-0,08	-0,12	0,47
36	Gmax	Combination	-3,77	-7,30	0,59	-1,72	0,48
36	Gmax	Combination	-4,02	-7,35	0,30	-2,45	0,44
36	Gmax	Combination	-2,71	-0,80	0,04	-0,29	0,43
37	Gmax	Combination	-5,05	-9,52	2,13	1,23	0,47
37	Gmax	Combination	-3,45	-1,52	-0,62	0,24	0,67
37	Gmax	Combination	2,95	-0,24	-0,90	0,14	0,38
37	Gmax	Combination	1,35	-8,24	3,31	2,77	0,18
38	Gmax	Combination	-12,31	-9,23	0,54	-1,60	0,39
38	Gmax	Combination	-10,91	-2,23	-0,27	-0,12	0,78
38	Gmax	Combination	-3,28	-0,71	-0,63	0,22	0,86
38	Gmax	Combination	-4,68	-7,70	2,14	1,24	0,47
39	Gmax	Combination	-13,52	-8,54	0,30	-2,34	0,05
39	Gmax	Combination	-12,14	-1,63	-0,37	-0,16	0,82
39	Gmax	Combination	-10,74	-1,35	-0,26	-0,07	0,86
39	Gmax	Combination	-12,12	-8,25	0,53	-1,64	0,10
40	Gmax	Combination	1,32	-8,37	3,31	2,77	0,00
40	Gmax	Combination	3,19	1,00	-0,87	0,31	-0,23
40	Gmax	Combination	-1,59	0,04	-0,61	0,00	-0,53
40	Gmax	Combination	-3,47	-9,33	2,00	1,23	-0,30

3.3. Verificação das tensões no solo

A Tabela 4 a seguir apresenta as reações das placas no solo. Cada junta representa um ponto da malha de elementos finitos da laje de fundo que está em contato com o solo Figura 5.

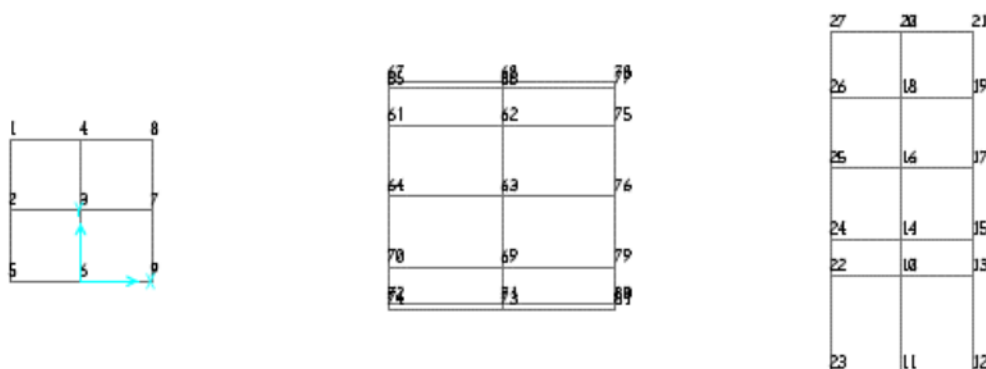


Figura 5 – Numeração dos nós na laje de fundo.

Tabela 4 – Reações no solo.

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
1	Gmax	Combination	0,00	0,00	2,49	0,00	0,00	0,00
2	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00
3	Gmax	Combination	0,00	0,00	10,09	0,00	0,00	0,00
4	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,03	0,00	0,00	0,00
5	Gmax	Combination	0,00	0,00	2,51	0,00	0,00	0,00
6	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,07	0,00	0,00	0,00
7	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,03	0,00	0,00	0,00
8	Gmax	Combination	0,00	0,00	2,51	0,00	0,00	0,00
9	Gmax	Combination	0,00	0,00	2,53	0,00	0,00	0,00
10	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,96	0,00	0,00	0,00
11	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,80	0,00	0,00	0,00
12	Gmax	Combination	0,00	0,00	2,79	0,00	0,00	0,00
13	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,84	0,00	0,00	0,00
14	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,40	0,00	0,00	0,00
15	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,09	0,00	0,00	0,00
16	Gmax	Combination	0,00	0,00	8,43	0,00	0,00	0,00
17	Gmax	Combination	0,00	0,00	4,06	0,00	0,00	0,00
18	Gmax	Combination	0,00	0,00	8,06	0,00	0,00	0,00
19	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,88	0,00	0,00	0,00
20	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,85	0,00	0,00	0,00
21	Gmax	Combination	0,00	0,00	1,85	0,00	0,00	0,00
22	Gmax	Combination	0,00	0,00	4,08	0,00	0,00	0,00
23	Gmax	Combination	0,00	0,00	2,97	0,00	0,00	0,00
24	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,29	0,00	0,00	0,00

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
25	Gmax	Combination	0,00	0,00	4,32	0,00	0,00	0,00
26	Gmax	Combination	0,00	0,00	4,13	0,00	0,00	0,00
27	Gmax	Combination	0,00	0,00	1,97	0,00	0,00	0,00
37	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,80	0,00	0,00	0,00
38	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,52	0,00	0,00	0,00
39	Gmax	Combination	0,00	0,00	27,09	0,00	0,00	0,00
40	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,65	0,00	0,00	0,00
41	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,64	0,00	0,00	0,00
42	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,86	0,00	0,00	0,00
43	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,57	0,00	0,00	0,00
44	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,82	0,00	0,00	0,00
45	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,76	0,00	0,00	0,00
61	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,93	0,00	0,00	0,00
62	Gmax	Combination	0,00	0,00	11,54	0,00	0,00	0,00
63	Gmax	Combination	0,00	0,00	15,30	0,00	0,00	0,00
64	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,88	0,00	0,00	0,00
65	Gmax	Combination	0,00	0,00	2,34	0,00	0,00	0,00
66	Gmax	Combination	0,00	0,00	4,55	0,00	0,00	0,00
67	Gmax	Combination	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00
68	Gmax	Combination	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00
69	Gmax	Combination	0,00	0,00	11,74	0,00	0,00	0,00
70	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,03	0,00	0,00	0,00
71	Gmax	Combination	0,00	0,00	4,68	0,00	0,00	0,00
72	Gmax	Combination	0,00	0,00	2,40	0,00	0,00	0,00
73	Gmax	Combination	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00	0,00
74	Gmax	Combination	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00
75	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,66	0,00	0,00	0,00
76	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,53	0,00	0,00	0,00
77	Gmax	Combination	0,00	0,00	2,23	0,00	0,00	0,00
78	Gmax	Combination	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00
79	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,77	0,00	0,00	0,00
80	Gmax	Combination	0,00	0,00	2,30	0,00	0,00	0,00
81	Gmax	Combination	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00

A tensão no solo será determinada pela equação:

$$\sigma_{solo} = \frac{P_{concreto} + P_{agua} + SC}{A}$$

Conforme somatório da coluna F3 que são as reações em z e equivale ao somatório do numerador da equação, temos 328,15 kN. A área do apoio no solo é de 3,22 m². Temos uma tensão no solo de:

$$\sigma = \frac{328,15}{3,22} = 101,91 \frac{kN}{m^2} = 1,02 \frac{kgf}{cm^2} \leq 4,80 \frac{kgf}{cm^2} (ok)$$

Logo a fundação poderá ser do tipo direta.

A Figura 6 a Figura 9 apresentam os momentos fletores nas lajes e paredes.

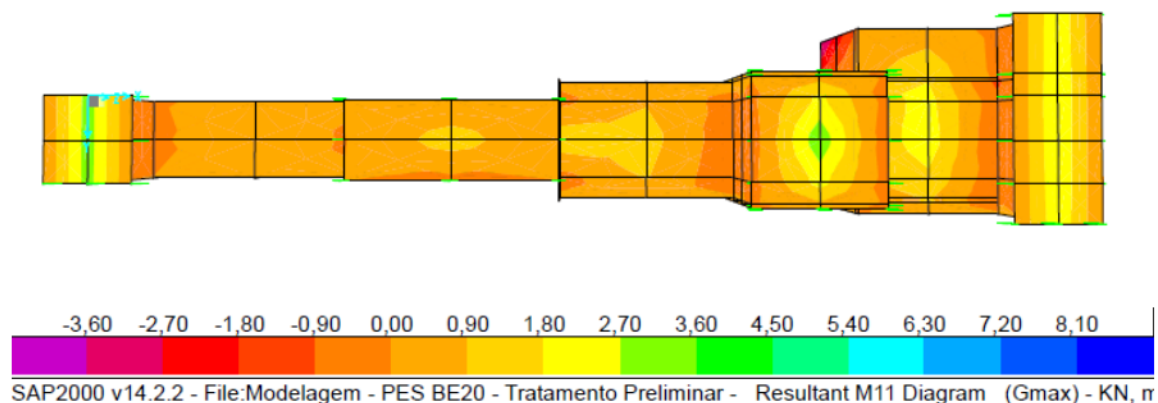


Figura 6 – Momento na direção X na laje de fundo.

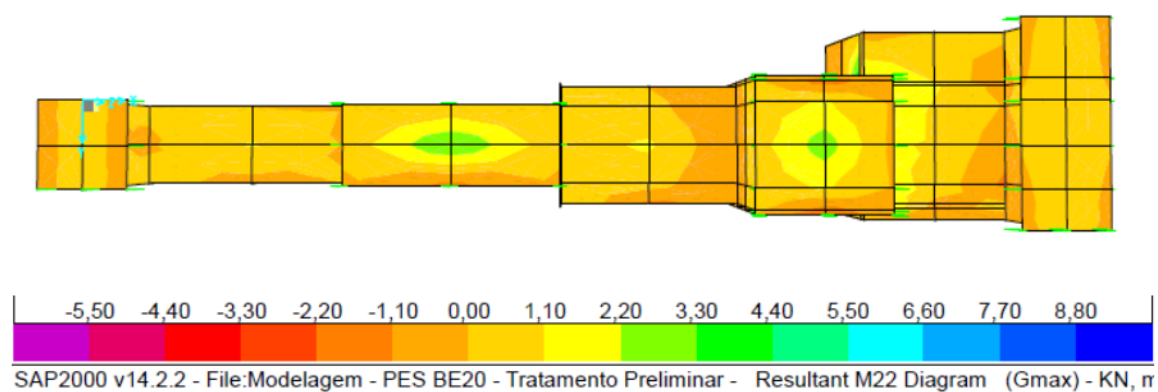


Figura 7 – Momento na direção Y na laje de fundo.

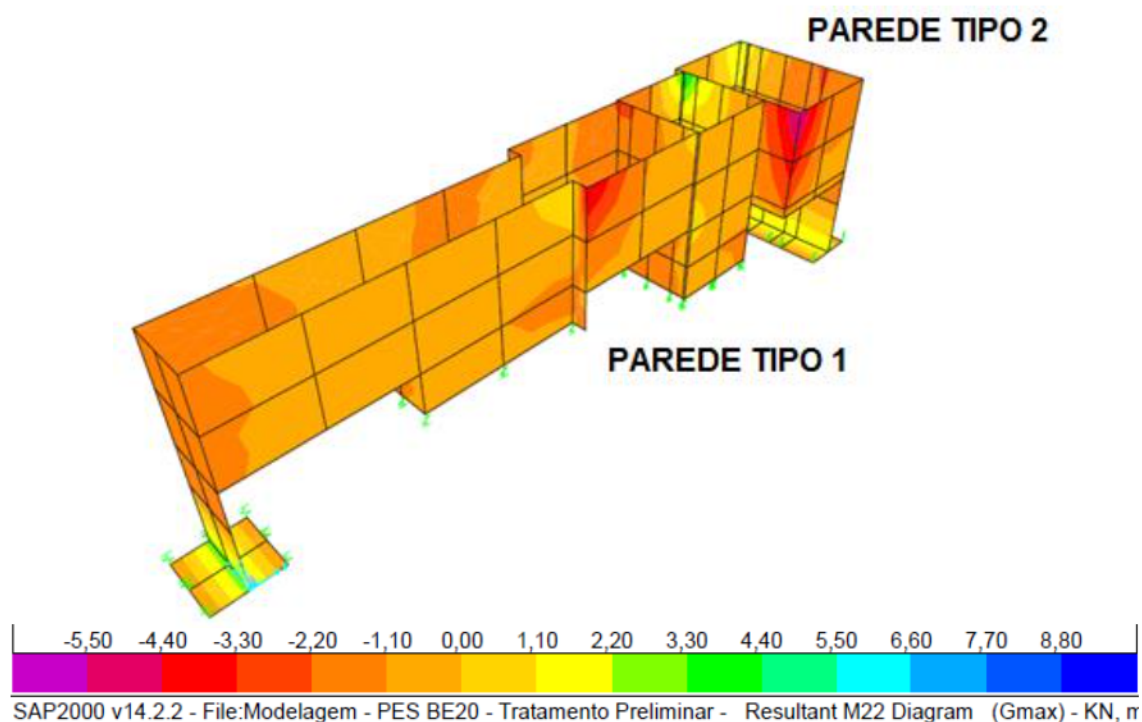


Figura 8 – Momento na direção X nas lajes superiores e paredes.

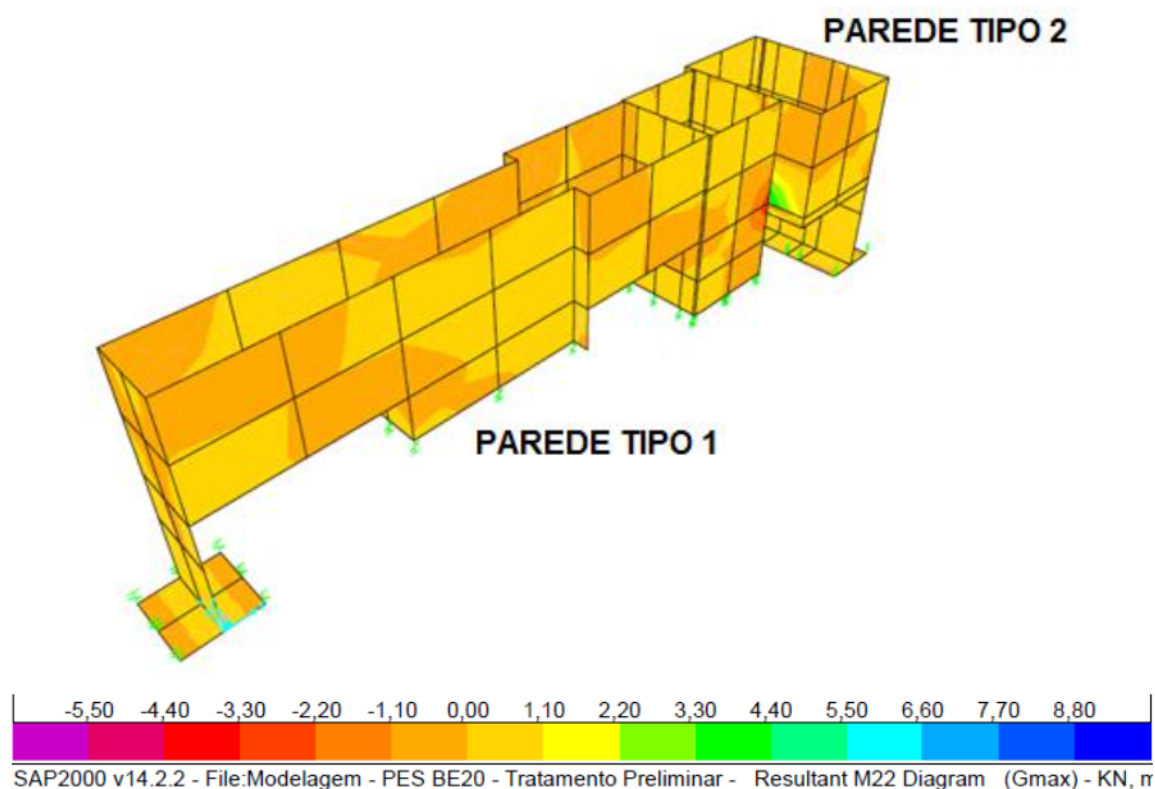


Figura 9 – Momento na direção Y nas lajes superiores e paredes.

As tabelas a seguir apresentam o resumo das reações.

Tabela 5 – Momento Fletores.

Elementos	Momento Fletores (kN.m/m)			
	-M'x	+Mx	-M'y	+My
Paredes Tipo 1	6,84	6,00	4,77	4,35
Paredes Tipo 2	5,15	4,65	3,95	3,01
Laje de Fundo	4,56	7,74	5,15	9,22

Tabela 6 – Força Normal de Tração.

Elementos	Força Normal de Tração (kN/m)	
	Parede	Fundo
Paredes Tipo 1	23,17	21,49
Paredes Tipo 2	22,19	20,88

3.4. Armação lajes de fundo

Nas lajes de fundo os esforços de tração e flexão atuam em conjunto ocasionando flexo-tração, logo a área de aço deve ser calculada em função das duas solicitações, desta forma conforme a Tabela 5 e a Tabela 6.

$$\text{Flexão em X} \rightarrow \begin{cases} -M'x = 4,56 \text{ kNm/m} \\ +Mx = 7,74 \text{ kN m/m} \end{cases}$$

$$\text{Flexão em Y} \rightarrow \begin{cases} -M'y = 5,15 \text{ kNm/m} \\ +My = 9,22 \text{ kN m/m} \end{cases}$$

$$\text{Tração} \rightarrow \begin{cases} Nx = 31,52 \text{ kNm/m} \\ Ny = 36,36 \text{ kN m/m} \end{cases}$$

As figuras a seguir apresentam os resultados do dimensionamento.

a) Direção -M'x

$$M_s = -M'x - Nx(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 14 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 4,55 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL			
b	100	cm	
h	20	cm	
d"	6,0	cm	
d'	6,0	cm	
d	14	cm	
MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO			
M _d	4,6	kNm	
M _d /M _{d,lim}	0,04		M _d /M _{d,lim}
armadura	SIMPLES		SE(M _d /M _{d,lim} ≤ 1; "SIMPLES"; "DUPLA")
MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES			
k _{duc}	0,45		SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
x _{lim}	6,30	cm	k _{duc} d
M _{d,lim}	105,4	kNm	bλx _{lim} ηf _{cd} (d-λx _{lim} /2)
A _{s,lim}	21,11	cm ²	A _{s,lim} /(bd)
ρ _{lim}	1,51%		
ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES			
d _{lim}	2,9	cm	RAIZ(M _d /((k _{duc} λη(1-k _{duc} λ/2)bf _{cd})))
h _{lim}	8,9	cm	d _{lim} +d"
PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA			
x	0,22	cm	SE(armadura="SIMPLES"; (d/λ)RAIZ(1-2M _d /((bd ² ηf _{cd}))); x _{lim})
λx	0,18	cm	λx
ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO			
A _{s,cal}	0,75	cm ²	bλxηf _{cd} /f _{yd} +A' _s σ' _s /f _{yd}
A _{s,mín} /(bh)	0,150%		MÁXIMO(0,15%; 0,25f _{ctm} /f _{yk})
A _{s,mín}	3,00	cm ²	(A _{s,mín} /(bh))bh
A _s	3,00	cm ²	MÁXIMO(A _{s,cal} ; A _{s,mín})
ρ	0,214%		A _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO			
ε _s	0,017%		ε _{cu} (x _{lim} -d')/x _{lim}
σ' _s	3,50	kN/cm ²	SE(ε _s ≤ ε _{sc} ; E _s ε _s ; f _{yd})
ΔM _d	0,0	kNm	MÁXIMO(M _d -M _{d,lim} ; 0)
A' _s	0,00	cm ²	ΔM _d /(σ' _s (d-d'))
ρ'	0,000%		A' _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL			
A _{s,máx} /(bh)	4,0%		
(A _s +A' _s)/(bh)	0,15%		(A _s +A' _s)/(bh)
ρ/ρ _{máx}	0,04		✓

A taxa de aço é 3,00 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

b) Direção +Mx

$$M_s = +Mx - Nx(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 14 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 7,73 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL

b	100	cm
h	20	cm
d"	6,0	cm
d'	6,0	cm
d	14	cm

MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO

M _d	7,7	kNm
----------------	-----	-----

M _d /M _{d,lim}	0,07	M _d /M _{d,lim}
armadura	SIMPLES	SE(M _d /M _{d,lim} ≤ 1; "SIMPLES"; "DUPLA")

MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES

k _{duc}	0,45	SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
x _{lim}	6,30	cm
M _{d,lim}	105,4	kNm
A _{s,lim}	21,11	cm ²
ρ _{lim}	1,51%	A _{s,lim} /(bd)

ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES

d _{lim}	3,8	cm
h _{lim}	9,8	cm

PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA

x	0,38	cm
λx	0,31	cm

ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO

A _{s,cal}	1,28	cm ²
A _{s,min} /(bh)	0,150%	MÁXIMO(0,15%; 0,25f _{ctm} /f _{yk})
A _{s,min}	3,00	cm ²
A _s	3,00	cm ²
ρ	0,214%	A _s /(bd)

ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO

ε _s	0,017%	ε _{cu} (x _{lim} -d')/x _{lim}
σ _s	3,50	kN/cm ²
ΔM _d	0,0	kNm
A' _s	0,00	cm ²
ρ'	0,000%	A' _s /(bd)

ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL

A _{s,max} /(bh)	4,0%	
(A _s +A' _s)/(bh)	0,15%	(A _s +A' _s)/(bh)
ρ/ρ _{máx}	0,04	✓

A taxa de aço é 3,00 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

c) Direção -M'y

$$M_s = -M'y - Ny(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 14 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 5,14 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL			
b	100	cm	
h	20	cm	
d"	6,0	cm	
d'	6,0	cm	
d	14	cm	
MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO			
M _d	5,1	kNm	
M _d /M _{d,lim}	0,05		M _d /M _{d,lim}
armadura	SIMPLES		SE(M _d /M _{d,lim} <= 1; "SIMPLES"; "DUPLA")
MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES			
k _{duc}	0,45		SE(f _{ck} <= 50; 0,45; 0,35)
x _{lim}	6,30	cm	k _{duc} d
M _{d,lim}	105,4	kNm	bλx _{lim} ηf _{cd} (d-λx _{lim} /2)
A _{s,lim}	21,11	cm ²	
ρ _{lim}	1,51%		A _{s,lim} /(bd)
ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES			
d _{lim}	3,1	cm	RAIZ(M _d /(k _{duc} λη(1-k _{duc} λ/2)bf _{cd}))
h _{lim}	9,1	cm	d _{lim} +d"
PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA			
x	0,25	cm	SE(armadura="SIMPLES"; (d/λ)RAIZ(1-2M _d /(bd ² ηf _{cd})); x _{lim})
λx	0,20	cm	λx
ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO			
A _{s,cal}	0,85	cm ²	bλxηf _{cd} /f _{yd} +A' _s σ' _s /f _{yd}
A _{s,mín} /(bh)	0,150%		MÁXIMO(0,15%; 0,25f _{ctm} /f _{yk})
A _{s,mín}	3,00	cm ²	(A _{s,mín} /(bh))bh
A _s	3,00	cm ²	MÁXIMO(A _{s,cal} ; A _{s,mín})
ρ	0,214%		A _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO			
ε' _s	0,017%		ε _{cu} (x _{lim} -d')/x _{lim}
σ' _s	3,50	kN/cm ²	SE(ε' _s < ε _{sy} ; E _s ε' _s ; f _{yd})
ΔM _d	0,0	kNm	MÁXIMO(M _d -M _{d,lim} ; 0)
A' _s	0,00	cm ²	ΔM _d /(σ' _s (d-d'))
ρ'	0,000%		A' _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL			
A _{s,máx} /(bh)	4,0%		
(A _s +A' _s)/(bh)	0,15%		(A _s +A' _s)/(bh)
ρ/ρ _{máx}	0,04		✓

A taxa de aço é 3,00 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

d) Direção +My

$$M_s = +My - Ny(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 14 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 9,21 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL

b	100	cm
h	20	cm
d"	6,0	cm
d'	6,0	cm
d	14	cm

MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO

M _G	9,2	kNm
----------------	-----	-----

M _G /M _{G,lim}	0,09
------------------------------------	------

M _G /M _{G,lim}	
------------------------------------	--

armadura **SIMPLES**

SE(M_G/M_{G,lim} ≤ 1; "SIMPLES"; "DUPLA")

MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES

k _{duc}	0,45	SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
x _{lim}	6,30	cm
M _{G,lim}	105,4	kNm
A _{s,lim}	21,11	cm ²
ρ _{lim}	1,51%	A _{s,lim} /(b·d)

$$b \cdot x_{lim} \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot (d - \lambda \cdot x_{lim} / 2)$$

$$A_{s,lim} / (b \cdot d)$$

ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES

d _{lim}	4,1	cm
h _{lim}	10,1	cm

$$RAIZ(M_G / (k_{duc} \cdot \lambda \cdot \eta \cdot (1 - k_{duc} \cdot \lambda / 2) \cdot b \cdot f_{cd}))$$

$$d_{lim} + d''$$

PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA

x	0,46	cm
λ·x	0,37	cm

$$SE(\text{armadura} = "SIMPLES"; (d/\lambda) \cdot RAIZ(1 - 2M_G / (b \cdot d^2 \cdot \eta \cdot f_{cd})); x_{lim})$$

$$\lambda \cdot x$$

ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO

A _{s,cal}	1,53	cm ²
A _{s,min} /(b·h)	0,150%	MÁXIMO(0,15%; 0,25f _{ctm} /f _{yk})
A _{s,min}	3,00	cm ²
A _s	3,00	cm ²
ρ	0,214%	A _s /(b·d)

$$b \cdot \lambda \cdot x \cdot \eta \cdot f_{cd} / f_{yd} + A'_s \cdot \sigma'_s / f_{yd}$$

$$MÁXIMO(0,15\%; 0,25f_{ctm}/f_{yk})$$

$$(A_{s,min} / (b \cdot h)) \cdot b \cdot h$$

$$MÁXIMO(A_{s,cal}; A_{s,min})$$

$$A_s / (b \cdot d)$$

ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO

ε _s	0,017%	ε _{cu} (x _{lim} - d')/x _{lim}
σ _s	3,50	kN/cm ²
ΔM _G	0,0	kNm
A' _s	0,00	cm ²
ρ'	0,000%	A' _s /(b·d)

$$SE(\epsilon'_s < \epsilon_{sd}; E_s \epsilon'_s; f_{yd})$$

$$MÁXIMO(M_G - M_{G,lim}; 0)$$

$$\Delta M_G / (\sigma'_s \cdot (d - d'))$$

$$A'_s / (b \cdot d)$$

ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL

A _{s,max} /(b·h)	4,0%	
(A _s + A' _s)/(b·h)	0,15%	(A _s + A' _s)/(b·h)
ρ/ρ _{máx}	0,04	✓

A taxa de aço é 3,00 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

3.5. Armação nas paredes

Nas paredes os esforços de tração e flexão atuam em conjunto, ocasionando flexo-tração, logo a área de aço deve ser calculada em função das duas solicitações, desta forma conforme a Tabela 5 e a Tabela 6.

- Paredes tipo 1 e 2

$$\text{Flexão em X} \rightarrow \begin{cases} -M'_x = 6,84 \text{ kNm/m} \\ +M_x = 6,00 \text{ kN m/m} \end{cases}$$

$$\text{Flexão em Y} \rightarrow \begin{cases} -M'_y = 4,77 \text{ kNm/m} \\ +M_y = 4,35 \text{ kN m/m} \end{cases}$$

$$\text{Tração} \rightarrow \{N_x = 23,17 \text{ kN/m}\}$$

As figuras a seguir apresentam os resultados do dimensionamento.

a) Direção -M'x

$$M_s = -M'x - Nx(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 14 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 6,83 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL			
b	100	cm	
h	20	cm	
d"	6,0	cm	
d'	6,0	cm	
d	14	cm	
MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO			
M _G	6,8	kNm	
M _G /M _{G,lim}	0,06		M _G /M _{G,lim}
armadura	SIMPLES		SE(M _G /M _{G,lim} ≤ 1;"SIMPLES";"DUPLA")
MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES			
k _{duc}	0,45		SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
x _{lim}	6,30	cm	k _{duc} d
M _{G,lim}	105,4	kNm	b λ x _{lim} η f _{cd} (d - λ x _{lim} / 2)
A _{s,lim}	21,11	cm ²	
ρ _{lim}	1,51%		A _{s,lim} / (b d)
ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES			
d _{lim}	3,6	cm	RAIZ(M _G / (k _{duc} λ η (1 - k _{duc} λ / 2) b f _{cd}))
h _{lim}	9,6	cm	d _{lim} + d"
PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA			
x	0,34	cm	SE(armadura="SIMPLES"; (d/λ) RAIZ(1 - 2M _G / (b d ² η f _{cd})); x _{lim})
λ x	0,27	cm	λ x
ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO			
A _{s,cal}	1,13	cm ²	b λ x η f _{cd} / f _{yd} + A _s ' σ _s ' / f _{yd}
A _{s,min} / (b h)	0,150%		MÁXIMO(0,15%; 0,25 f _{ctm} / f _{yk})
A _{s,min}	3,00	cm ²	(A _{s,min} / (b h)) b h
A _s	3,00	cm ²	MÁXIMO(A _{s,cal} ; A _{s,min})
ρ	0,214%		A _s / (b d)
ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO			
ε _s	0,017%		ε _{cu} (x _{lim} - d') / x _{lim}
σ _s	3,50	kN/cm ²	SE(ε _s < ε _{sd} ; E _s ε _s ; f _{yd})
ΔM _G	0,0	kNm	MÁXIMO(M _G - M _{G,lim} ; 0)
A _s '	0,00	cm ²	ΔM _G / (σ _s ' (d - d'))
ρ'	0,000%		A _s ' / (b d)
ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL			
A _{s,max} / (b h)	4,0%		
(A _s + A _s ') / (b h)	0,15%		(A _s + A _s ') / (b h)
ρ / ρ _{máx}	0,04		✓

A taxa de aço é 3,00 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

b) Direção +Mx

$$M_s = +Mx - Nx(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 14 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 5,99 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL			
b	100	cm	
h	20	cm	
d"	6,0	cm	
d'	6,0	cm	
d	14	cm	
MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO			
M _d	6,0	kNm	
M _d /M _{d,lim}	0,06		
armadura	SIMPLES		SE(M _d /M _{d,lim} ≤ 1, "SIMPLES"; "DUPLA")
MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES			
k _{duo}	0,45		SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
x _{lim}	6,30	cm	k _{duo} d
M _{d,lim}	105,4	kNm	bλx _{lim} ηf _{cd} (d-λx _{lim} /2)
A _{s,lim}	21,11	cm ²	
ρ _{lim}	1,51%		A _{s,lim} /(bd)
ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES			
d _{lim}	3,3	cm	RAIZ(M _d /((k _{duo} λη(1-k _{duo} λ/2)bf _{cd})));x _{lim})
h _{lim}	9,3	cm	d _{lim} +d"
PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA			
x	0,30	cm	SE(armadura="SIMPLES";(d/h)RAIZ(1-2M _d /((bd ² ηf _{cd})));x _{lim})
λx	0,24	cm	λx
ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO			
A _{s,cal}	0,99	cm ²	bλxηf _{cd} /f _{yd} +A' _s σ' _s /f _{yd}
A _{s,min} /(bh)	0,150%		MÁXIMO(0,15%; 0,25f _{ctm} /f _{yk})
A _{s,min}	3,00	cm ²	(A _{s,min} /(bh))bh
A _s	3,00	cm ²	MÁXIMO(A _{s,cal} ;A _{s,min})
ρ	0,214%		A _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO			
ε _s	0,017%		ε _{cu} (x _{lim} -d')/x _{lim}
σ' _s	3,50	kN/cm ²	SE(ε _s ≤ ε _{sd} ; E _s ε _s ; f _{yd})
ΔM _d	0,0	kNm	MÁXIMO(M _d -M _{d,lim} ; 0)
A' _s	0,00	cm ²	ΔM _d /((σ' _s σ' _s (d-d'))
ρ'	0,000%		A' _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL			
A _{s,max} /(bh)	4,0%		
(A _s +A' _s)/(bh)	0,15%		(A _s +A' _s)/(bh)
ρ/ρ _{max}	0,04		✓

A taxa de aço é 3,00 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

c) Direção -M'y

Na direção de y não há ação do esforço de tração.

Logo:

$$M_s = 4,77 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL			
b	100	cm	
h	20	cm	
d"	6,0	cm	
d'	6,0	cm	
d	14	cm	
MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO			
M _d	4,8	kNm	
M _d /M _{d,lim}	0,05		M _d /M _{d,lim}
armadura	SIMPLES		SE(M _d /M _{d,lim} ≤ 1; "SIMPLES"; "DUPLA")
MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES			
k _{duc}	0,45		SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
x _{lim}	6,30	cm	k _{duc} d
M _{d,lim}	105,4	kNm	b · λ · x _{lim} · η · f _{cd} · (d - λ · x _{lim} / 2)
A _{s,lim}	21,11	cm ²	
ρ _{lim}	1,51%		A _{s,lim} / (b · d)
ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES			
d _{lim}	3,0	cm	RAIZ(M _d / (k _{duc} · λ · η · (1 - k _{duc} · λ / 2) · b · f _{cd}))
h _{lim}	9,0	cm	d _{lim} + d"
PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA			
x	0,24	cm	SE(armadura = "SIMPLES"; (d / λ) · RAIZ(1 - 2M _d / (b · d ² · η · f _{cd})); x _{lim})
λ · x	0,19	cm	λ · x
ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO			
A _{s,cal}	0,79	cm ²	b · λ · x · η · f _{cd} / f _{yd} + A _s ' · σ _s ' / f _{yd}
A _{s,min} / (b · h)	0,150%		MÁXIMO(0,15%; 0,25f _{ctm} / f _{yk})
A _{s,min}	3,00	cm ²	(A _{s,min} / (b · h)) · b · h
A _s	3,00	cm ²	MÁXIMO(A _{s,cal} ; A _{s,min})
ρ	0,214%		A _s / (b · d)
ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO			
ε _s	0,017%		ε _{cu} · (x _{lim} - d') / x _{lim}
σ _s	3,50	kN/cm ²	SE(ε _s < ε _{yk} ; E _s · ε _s ; f _{yd})
ΔM _d	0,0	kNm	MÁXIMO(M _d - M _{d,lim} ; 0)
A _s '	0,00	cm ²	ΔM _d / (σ _s ' · (d - d'))
ρ'	0,000%		A _s ' / (b · d)
ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL			
A _{s,tot} / (b · h)	4,0%		
(A _s + A _s ') / (b · h)	0,15%		(A _s + A _s ') / (b · h)
ρ / ρ _{máx}	0,04		✓

A taxa de aço é 3,00 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

d) Direção +My

Na direção de y não há ação do esforço de tração.

Logo:

$$M_s = 4,35 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL			
b	100	cm	
h	20	cm	
d"	6,0	cm	
d'	6,0	cm	
d	14	cm	
MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO			
M _d	4,4	kNm	
M _d /M _{d,lim}	0,04		M _d /M _{d,lim}
armadura	SIMPLES		SE(M _d /M _{d,lim} ≤ 1;"SIMPLES";"DUPLA")
MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES			
k _{duc}	0,45		SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
x _{lim}	6,30	cm	k _{duc} d
M _{d,lim}	105,4	kNm	bλx _{lim} ηf _{cd} (d-λx _{lim} /2)
A _{s,lim}	21,11	cm ²	
ρ _{lim}	1,51%		A _{s,lim} /(bd)
ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES			
d _{lim}	2,8	cm	RAIZ(M _d /(k _{duc} λη(1-k _{duc} λ/2)bf _{cd}))
h _{lim}	8,8	cm	d _{lim} +d"
PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA			
x	0,21	cm	SE(armadura="SIMPLES";(d/λ)RAIZ(1-2M _d /(bd ² ηf _{cd}));x _{lim})
λx	0,17	cm	λx
ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO			
A _{s,cal}	0,72	cm ²	bλxηf _{cd} /f _{yd} +A' _s σ' _s /f _{yd}
A _{s,min} /(bh)	0,150%		MÁXIMO(0,15%; 0,25f _{ctm} /f _{yk})
A _{s,min}	3,00	cm ²	(A _{s,min} /(bh))bh
A _s	3,00	cm ²	MÁXIMO(A _{s,cal} ;A _{s,min})
ρ	0,214%		A _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO			
ε _s	0,017%		ε _{cu} (x _{lim} -d')/x _{lim}
σ _s	3,50	kN/cm ²	SE(ε _s ≤ ε _{yk} ; E _s ε _s ; f _{yk})
ΔM _d	0,0	kNm	MÁXIMO(M _d -M _{d,lim} ; 0)
A' _s	0,00	cm ²	ΔM _d /(σ _s '(d-d'))
ρ'	0,000%		A' _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL			
A _{s,min} /(bh)	4,0%		
(A _s +A' _s)/(bh)	0,15%		(A _s +A' _s)/(bh)
ρ/ρ _{mín}	0,04		✓

A taxa de aço é 3,00 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

4. DIMENSIONAMENTO – TANQUE SÉPTICO

4.1. Modelagem estrutural

O tanque séptico é uma estrutura prismática paralelepípedo do tipo apoiado (Figura 10).



Figura 10 – Posicionamento do reservatório em relação ao solo.

Para dimensionamento foi considerado como lajes engastadas as paredes do tanque séptico, estas são engastadas em três bordas e apoiada na borda superior, onde terá contato com a laje superior, as paredes serão submetidas à atuação da força hidrostática correspondente a altura interna total no tanque séptico.

A laje de fundo atua como fundações, em função disto, estrutura foi calculada associando a um meio elástico. Para a interação solo estrutura o coeficiente de recalque vertical será determinado pela relação empírica de Alonso (1943), Teixeira e Godoy (1996).

$$s = 0.2SPT_{médio} (kgf/cm^2)$$

Conforme furo SP-02 temos na camada de apoio $N_{SPT} = 28$. Conforme Alonso (1946) temos:

$$\sigma_{adm} = \frac{N_{SPT}}{5} = \frac{28}{5} = 5,60 \text{ kgf/cm}^2$$

Utilizando a tabela de Morrison (1993) temos

Para $\sigma_{adm} = 5,60 \text{ kgf/cm}^2$ temos $K_v = 11,20 \text{ kgf/cm}^3$

Na estrutura atuam esforços de tração e flexão.

A modelagem estrutural foi feita no software SAP-2000 (Figura 11 e Figura 12) considerando os parâmetros apresentados no item 2.

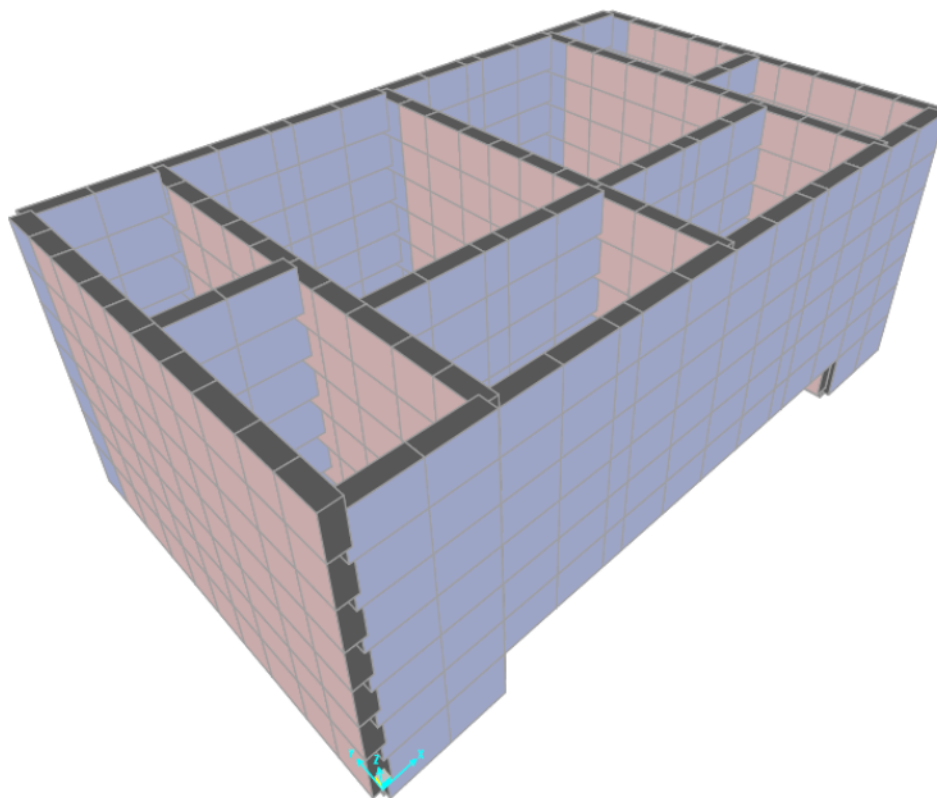


Figura 11 – Modelo estrutural 3D – Vista 1.

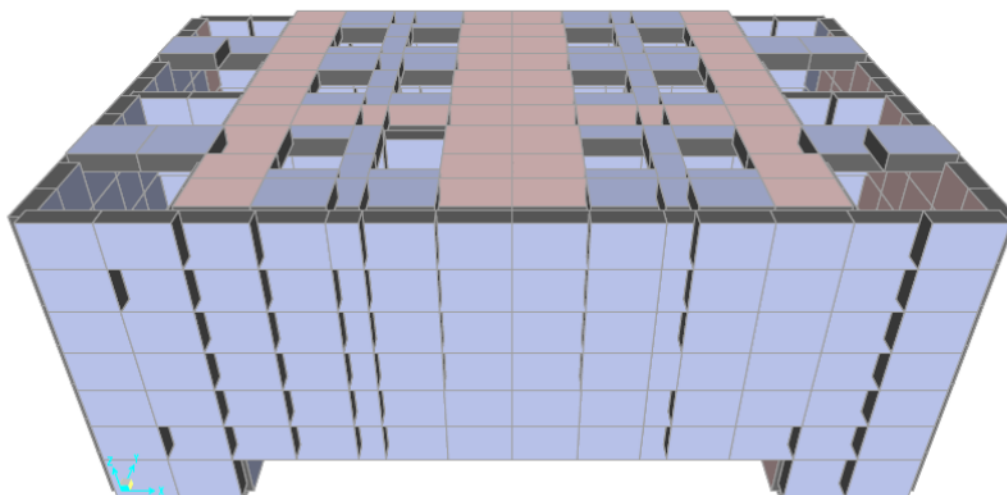


Figura 12 – Modelo estrutural 3D – Vista 2.

Os carregamentos utilizados no dimensionamento foram:

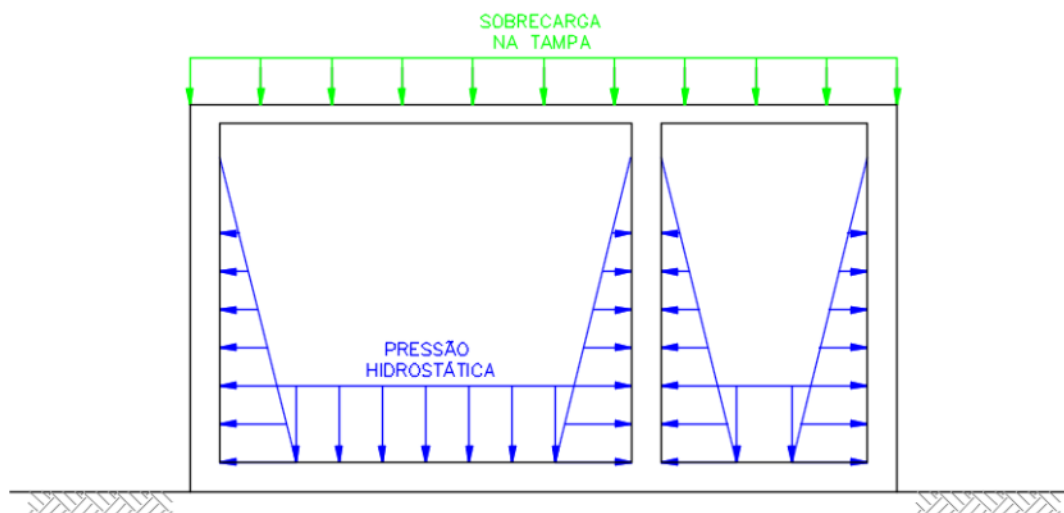


Figura 13 – Cargas aplicadas.

Pressão hidrostática: Carga triangular

Tanque principal: $P_h = \gamma_{\text{agua}} \cdot h = 10,00 \times 2,70 = 27,00 \text{ kN/m}^2$

Sobrecarga na tampa: $SC_{\text{tampa}} = 2,00 \text{ kN/m}^2$

- Cargas Permanentes (CP):
 - Peso próprio.
- Sobrecargas (SC):
 - Carregamento na laje de fundo (SCLF);
 - Carregamento nas paredes lado interno (SCPI).

Combinação para dimensionamento:

Comb 1: $1,4CP + 1,4SCLF$

Comb 2: $1,4CP + 1,4SCLF + 1,4SCPI$

4.2. Resultados da análise estrutural

Conforme informado no item anterior, a análise estrutural foi feita utilizando o software SAP 2000. A Tabela 7 a seguir apresenta os resultados do dimensionamento eletrônico. Cada área representa uma seção da malha de elementos finitos. Os diagramas de momentos fletores serão apresentados posteriormente na Figura 15 a Figura 18.

Tabela 7 – Esforços nas placas.

Area Text	OutputCase Text	CaseType Text	Fx KN/m	Fy KN/m	Mx KN-m/m	My KN-m/m	T KN-m/m
1	Gmax	Combination	-0,87	-3,09	-2,48	-0,16	-1,80
1	Gmax	Combination	-4,88	-3,90	0,16	-0,01	-1,54
1	Gmax	Combination	-5,11	-5,05	-0,38	-3,40	-1,00
1	Gmax	Combination	-1,10	-4,24	5,42	3,01	-1,26
2	Gmax	Combination	-1,48	-4,16	-3,53	-0,68	-1,06
2	Gmax	Combination	-1,06	-4,07	-2,45	0,00	-1,42
2	Gmax	Combination	-1,05	-4,02	5,43	3,09	-0,97
2	Gmax	Combination	-1,47	-4,11	7,84	2,52	-0,60
3	Gmax	Combination	-1,77	-4,38	5,40	3,01	0,86
3	Gmax	Combination	4,43	-3,14	-0,22	-3,36	0,64
3	Gmax	Combination	4,60	-2,30	-0,87	-0,72	1,24
3	Gmax	Combination	-1,60	-3,53	-2,96	0,04	1,46
4	Gmax	Combination	3,38	-3,14	7,77	2,50	0,14
4	Gmax	Combination	-1,72	-4,16	5,41	3,08	0,52
4	Gmax	Combination	-3,25	-11,78	-3,14	-0,87	1,04
4	Gmax	Combination	1,86	-10,76	-3,60	-0,02	0,66
5	Gmax	Combination	-2,64	3,00	-4,05	-0,84	-0,54
5	Gmax	Combination	2,10	3,95	-3,41	-0,57	-0,43
5	Gmax	Combination	0,26	-5,24	8,30	1,84	-0,12
5	Gmax	Combination	-4,48	-6,19	9,80	1,10	-0,24
6	Gmax	Combination	4,44	3,50	-5,35	-1,61	-0,68
6	Gmax	Combination	-2,86	2,04	-4,07	-0,97	-0,31
6	Gmax	Combination	-2,84	1,90	9,82	1,19	-0,92
6	Gmax	Combination	4,50	3,37	8,51	-0,58	-1,26
7	Gmax	Combination	-1,74	2,19	15,94	0,90	0,52
7	Gmax	Combination	8,59	4,25	8,22	0,86	0,00
7	Gmax	Combination	3,16	-23,07	-3,25	-0,55	1,06
7	Gmax	Combination	-7,16	-25,13	-7,34	-1,01	1,64
8	Gmax	Combination	6,98	-3,89	8,20	0,78	0,22
8	Gmax	Combination	6,33	-4,03	8,62	1,90	0,08
8	Gmax	Combination	3,81	-16,59	-3,50	-0,51	0,09
8	Gmax	Combination	4,46	-16,46	-3,26	-0,57	0,24
9	Gmax	Combination	2,31	1,96	4,28	6,12	0,94
9	Gmax	Combination	4,23	2,34	-6,27	-6,15	0,28
9	Gmax	Combination	3,11	-3,80	9,02	1,92	-1,46
9	Gmax	Combination	1,15	-4,19	-4,89	3,64	-0,81
10	Gmax	Combination	-0,99	26,05	-7,92	-6,30	-0,39
10	Gmax	Combination	7,51	27,75	4,28	6,13	-1,10
10	Gmax	Combination	-3,62	-27,86	-4,89	3,63	1,43
10	Gmax	Combination	-12,11	-29,56	13,52	3,33	2,13

Area Text	OutputCase Text	CaseType Text	Fx KN/m	Fy KN/m	Mx KN-m/m	My KN-m/m	T KN-m/m
11	Gmax	Combination	2,63	17,51	-2,76	2,17	-0,97
11	Gmax	Combination	13,35	19,65	1,27	0,16	-0,62
11	Gmax	Combination	3,92	-27,48	-7,74	-0,44	-0,93
11	Gmax	Combination	-6,80	-29,63	-4,64	-1,70	-1,27
12	Gmax	Combination	-3,75	22,13	12,47	-0,30	-3,53
12	Gmax	Combination	3,85	23,65	-2,80	1,99	-3,58
12	Gmax	Combination	-5,65	-23,86	-4,54	-1,21	-0,05
12	Gmax	Combination	-13,25	-25,38	-7,94	-1,23	0,00
13	Gmax	Combination	-1,32	4,52	-2,53	-0,11	1,52
13	Gmax	Combination	-4,42	3,90	-3,66	-0,70	1,30
13	Gmax	Combination	-5,95	-3,77	8,04	1,53	0,74
13	Gmax	Combination	-2,85	-3,15	5,35	3,00	0,95
14	Gmax	Combination	-2,89	-3,16	5,35	3,00	-0,60
14	Gmax	Combination	-4,01	-3,38	8,12	1,55	-0,37
14	Gmax	Combination	-6,93	-17,94	-4,29	-0,46	-0,83
14	Gmax	Combination	-5,81	-17,72	-2,88	-0,62	-1,06
15	Gmax	Combination	2,18	-3,88	-0,40	-3,45	-0,56
15	Gmax	Combination	-3,26	-4,97	5,33	2,91	-0,83
15	Gmax	Combination	-3,60	-6,69	-2,71	0,24	-1,42
15	Gmax	Combination	1,83	-5,60	-0,49	-0,63	-1,15
16	Gmax	Combination	-3,78	0,05	-0,03	-0,02	1,53
16	Gmax	Combination	-2,15	0,38	-2,56	-0,25	1,80
16	Gmax	Combination	-3,21	-4,96	5,33	2,91	1,29
16	Gmax	Combination	-4,85	-5,28	-0,20	-3,41	1,02
17	Gmax	Combination	0,08	-6,16	-8,29	-1,80	-0,24
17	Gmax	Combination	-1,96	-6,57	-7,87	-2,65	-0,45
17	Gmax	Combination	-0,72	-0,36	3,49	0,51	-0,61
17	Gmax	Combination	1,32	0,05	3,45	0,80	-0,41
18	Gmax	Combination	6,14	-4,95	-8,62	-1,86	-0,09
18	Gmax	Combination	4,37	-13,81	3,47	0,34	0,19
18	Gmax	Combination	1,12	-14,46	3,71	0,58	0,32
18	Gmax	Combination	2,89	-5,60	-7,79	-2,63	0,04
19	Gmax	Combination	-5,68	-2,38	-8,08	-1,71	0,79
19	Gmax	Combination	-6,71	-2,59	-12,98	-0,61	1,06
19	Gmax	Combination	-4,75	7,22	7,03	1,84	1,52
19	Gmax	Combination	-3,71	7,42	3,67	0,74	1,26
20	Gmax	Combination	-3,74	-2,00	-8,16	-1,73	-0,55
20	Gmax	Combination	-6,95	-18,06	4,33	0,68	-0,84
20	Gmax	Combination	-11,99	-19,07	7,97	1,40	-1,25
20	Gmax	Combination	-8,78	-3,00	-12,64	-0,55	-0,96
21	Gmax	Combination	-39,67	-3,35	0,51	-1,08	-3,38
21	Gmax	Combination	-41,52	-12,61	-1,63	-7,85	-4,74

Area Text	OutputCase Text	CaseType Text	Fx KN/m	Fy KN/m	Mx KN-m/m	My KN-m/m	T KN-m/m
21	Gmax	Combination	-11,77	-6,65	4,09	3,30	-5,47
21	Gmax	Combination	-9,92	2,60	-7,63	-0,54	-4,11
22	Gmax	Combination	-16,20	-7,12	-4,99	-4,40	-1,94
22	Gmax	Combination	-29,49	-9,77	1,61	11,45	-1,52
22	Gmax	Combination	-29,58	-10,22	1,74	7,87	-3,47
22	Gmax	Combination	-16,29	-7,56	-4,07	-3,29	-3,89
23	Gmax	Combination	-16,88	-7,25	-5,24	-4,45	-0,20
23	Gmax	Combination	-16,90	-7,35	-4,99	-4,34	0,81
23	Gmax	Combination	-27,00	-9,37	2,04	11,23	0,72
23	Gmax	Combination	-26,98	-9,27	2,40	11,61	-0,29
24	Gmax	Combination	-17,75	-8,15	-2,96	-3,11	4,08
24	Gmax	Combination	-23,72	-9,34	0,95	6,68	3,53
24	Gmax	Combination	-23,59	-8,69	1,90	11,20	1,94
24	Gmax	Combination	-17,62	-7,50	-4,97	-4,34	2,49
25	Gmax	Combination	-23,60	-9,32	-1,47	-6,79	4,22
25	Gmax	Combination	-24,35	-13,08	-0,37	-0,96	2,01
25	Gmax	Combination	-16,53	-11,51	-10,65	-0,95	2,65
25	Gmax	Combination	-15,78	-7,75	3,05	3,13	4,87
26	Gmax	Combination	-9,01	7,16	-7,89	-1,88	-3,75
26	Gmax	Combination	-12,67	-11,15	4,16	3,62	-4,85
26	Gmax	Combination	-2,06	-9,03	6,82	4,90	-3,97
26	Gmax	Combination	1,61	9,28	-14,17	-2,00	-2,87
27	Gmax	Combination	-5,36	-8,90	-9,73	-8,01	-1,44
27	Gmax	Combination	-17,02	-11,23	-4,94	-4,18	-1,89
27	Gmax	Combination	-17,19	-12,06	-4,14	-3,62	-3,65
27	Gmax	Combination	-5,52	-9,72	-6,69	-4,87	-3,19
28	Gmax	Combination	-10,14	-9,86	-9,60	-7,98	-0,20
28	Gmax	Combination	-10,20	-10,17	-9,69	-7,88	0,73
28	Gmax	Combination	-17,76	-11,68	-4,96	-4,19	0,77
28	Gmax	Combination	-17,70	-11,37	-5,20	-4,23	-0,16
29	Gmax	Combination	-11,55	-12,30	-4,51	-4,23	3,39
29	Gmax	Combination	-18,87	-13,76	-3,00	-3,29	3,88
29	Gmax	Combination	-18,48	-11,82	-4,94	-4,19	2,43
29	Gmax	Combination	-11,16	-10,36	-9,56	-7,86	1,94
30	Gmax	Combination	-16,90	-13,37	3,09	3,31	4,42
30	Gmax	Combination	-17,93	-18,52	-10,78	-1,63	2,37
30	Gmax	Combination	-11,39	-17,21	-19,84	-3,07	1,67
30	Gmax	Combination	-10,36	-12,06	4,87	4,30	3,73
31	Gmax	Combination	5,16	5,76	-17,68	-3,48	-0,13
31	Gmax	Combination	2,43	-7,91	7,74	5,11	-0,06
31	Gmax	Combination	1,28	-8,14	7,05	4,61	0,90
31	Gmax	Combination	4,01	5,53	-16,75	-2,96	0,83

Area Text	OutputCase Text	CaseType Text	Fx KN/m	Fy KN/m	Mx KN-m/m	My KN-m/m	T KN-m/m
32	Gmax	Combination	-4,35	-19,24	-11,13	-11,62	-0,09
32	Gmax	Combination	-0,88	-18,54	-12,26	-5,63	-1,00
32	Gmax	Combination	1,20	-8,16	-7,43	-5,05	-0,30
32	Gmax	Combination	-2,28	-8,85	-7,13	-4,63	0,61
33	Gmax	Combination	-4,09	-19,18	-9,32	-11,26	-3,66
33	Gmax	Combination	-0,25	0,00	-14,16	3,15	-3,56
33	Gmax	Combination	-2,87	-0,52	-10,98	-8,46	0,84
33	Gmax	Combination	-6,70	-19,70	-12,91	-5,76	0,74
34	Gmax	Combination	-3,76	-20,91	-3,35	-6,27	1,32
34	Gmax	Combination	-9,87	-22,13	-5,39	-2,44	0,28
34	Gmax	Combination	-5,66	-1,08	-11,10	-8,48	-0,37
34	Gmax	Combination	0,45	0,14	-13,89	3,20	0,68
35	Gmax	Combination	-6,36	-21,43	5,08	2,38	0,60
35	Gmax	Combination	-6,88	-24,04	-24,80	-4,23	0,40
35	Gmax	Combination	-8,68	-24,40	-24,45	-4,58	-0,50
35	Gmax	Combination	-8,16	-21,79	4,81	6,56	-0,30
36	Gmax	Combination	3,54	3,19	-16,77	-3,06	1,34
36	Gmax	Combination	1,42	-7,45	7,06	4,66	2,21
36	Gmax	Combination	-4,45	-8,62	6,48	5,17	3,23
36	Gmax	Combination	-2,32	2,01	-12,98	-2,55	2,36
37	Gmax	Combination	-5,13	-18,30	-9,27	-4,83	2,38
37	Gmax	Combination	-4,13	-18,09	-11,10	-11,48	1,58
37	Gmax	Combination	-2,14	-8,16	-7,14	-4,67	2,04
37	Gmax	Combination	-3,14	-8,36	-6,08	-5,09	2,84
38	Gmax	Combination	-9,40	-19,13	-9,20	-4,82	-0,61
38	Gmax	Combination	-5,63	-0,06	-7,86	-7,79	-1,64
38	Gmax	Combination	3,77	1,82	-12,46	3,30	2,51
38	Gmax	Combination	0,05	-17,24	-12,34	-11,71	3,63
39	Gmax	Combination	-9,70	-20,77	-4,53	-2,59	-2,74
39	Gmax	Combination	-5,14	-19,86	-4,70	-6,34	-3,79
39	Gmax	Combination	-1,01	0,86	-12,00	3,39	-2,19
39	Gmax	Combination	-5,54	-0,05	-8,03	-7,82	-1,17
40	Gmax	Combination	-7,89	-20,44	4,77	6,37	-2,57
40	Gmax	Combination	-8,24	-22,22	-24,39	-4,26	-0,86
40	Gmax	Combination	-7,21	-22,01	-18,83	-3,25	-1,76
40	Gmax	Combination	-6,86	-20,23	4,58	2,60	-3,47

4.3. Verificação das tensões no solo

A Tabela 8 a seguir apresenta as reações das placas no solo. Cada junta representa um ponto da malha de elementos finitos da laje de fundo que está em contato com o solo Figura 14.

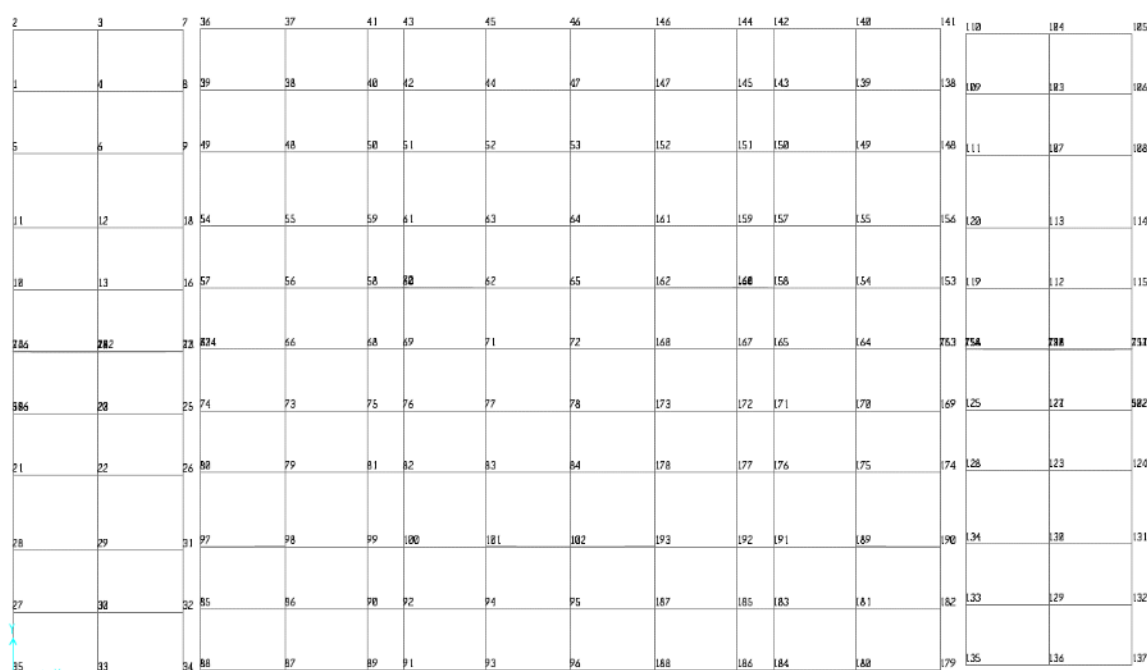


Figura 14 - Numeração dos nós na laje de fundo.

Tabela 8 – Reações no solo.

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
1	Gmax	Combination	0,00	0,00	25,38	0,00	0,00	0,00
2	Gmax	Combination	0,00	0,00	12,73	0,00	0,00	0,00
3	Gmax	Combination	0,00	0,00	25,04	0,00	0,00	0,00
4	Gmax	Combination	0,00	0,00	48,88	0,00	0,00	0,00
5	Gmax	Combination	0,00	0,00	27,95	0,00	0,00	0,00
6	Gmax	Combination	0,00	0,00	52,97	0,00	0,00	0,00
7	Gmax	Combination	0,00	0,00	12,35	0,00	0,00	0,00
8	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,51	0,00	0,00	0,00
9	Gmax	Combination	0,00	0,00	26,81	0,00	0,00	0,00
10	Gmax	Combination	0,00	0,00	25,39	0,00	0,00	0,00
11	Gmax	Combination	0,00	0,00	27,99	0,00	0,00	0,00
12	Gmax	Combination	0,00	0,00	52,61	0,00	0,00	0,00
13	Gmax	Combination	0,00	0,00	47,53	0,00	0,00	0,00
14	Gmax	Combination	0,00	0,00	25,45	0,00	0,00	0,00
15	Gmax	Combination	0,00	0,00	35,21	0,00	0,00	0,00
16	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,14	0,00	0,00	0,00
17	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,15	0,00	0,00	0,00
18	Gmax	Combination	0,00	0,00	26,69	0,00	0,00	0,00
19	Gmax	Combination	0,00	0,00	25,20	0,00	0,00	0,00
20	Gmax	Combination	0,00	0,00	23,12	0,00	0,00	0,00
21	Gmax	Combination	0,00	0,00	28,03	0,00	0,00	0,00
22	Gmax	Combination	0,00	0,00	52,04	0,00	0,00	0,00

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
23	Gmax	Combination	0,00	0,00	22,83	0,00	0,00	0,00
24	Gmax	Combination	0,00	0,00	11,18	0,00	0,00	0,00
25	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,31	0,00	0,00	0,00
26	Gmax	Combination	0,00	0,00	26,94	0,00	0,00	0,00
27	Gmax	Combination	0,00	0,00	25,49	0,00	0,00	0,00
28	Gmax	Combination	0,00	0,00	28,14	0,00	0,00	0,00
29	Gmax	Combination	0,00	0,00	53,36	0,00	0,00	0,00
30	Gmax	Combination	0,00	0,00	49,20	0,00	0,00	0,00
31	Gmax	Combination	0,00	0,00	27,11	0,00	0,00	0,00
32	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,71	0,00	0,00	0,00
33	Gmax	Combination	0,00	0,00	25,21	0,00	0,00	0,00
34	Gmax	Combination	0,00	0,00	12,47	0,00	0,00	0,00
35	Gmax	Combination	0,00	0,00	12,78	0,00	0,00	0,00
36	Gmax	Combination	0,00	0,00	12,37	0,00	0,00	0,00
37	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,12	0,00	0,00	0,00
38	Gmax	Combination	0,00	0,00	44,53	0,00	0,00	0,00
39	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,55	0,00	0,00	0,00
40	Gmax	Combination	0,00	0,00	29,87	0,00	0,00	0,00
41	Gmax	Combination	0,00	0,00	16,95	0,00	0,00	0,00
42	Gmax	Combination	0,00	0,00	29,87	0,00	0,00	0,00
43	Gmax	Combination	0,00	0,00	16,92	0,00	0,00	0,00
44	Gmax	Combination	0,00	0,00	44,37	0,00	0,00	0,00
45	Gmax	Combination	0,00	0,00	23,89	0,00	0,00	0,00
46	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,30	0,00	0,00	0,00
47	Gmax	Combination	0,00	0,00	47,75	0,00	0,00	0,00
48	Gmax	Combination	0,00	0,00	45,50	0,00	0,00	0,00
49	Gmax	Combination	0,00	0,00	26,87	0,00	0,00	0,00
50	Gmax	Combination	0,00	0,00	28,94	0,00	0,00	0,00
51	Gmax	Combination	0,00	0,00	29,01	0,00	0,00	0,00
52	Gmax	Combination	0,00	0,00	45,73	0,00	0,00	0,00
53	Gmax	Combination	0,00	0,00	51,97	0,00	0,00	0,00
54	Gmax	Combination	0,00	0,00	26,75	0,00	0,00	0,00
55	Gmax	Combination	0,00	0,00	43,53	0,00	0,00	0,00
56	Gmax	Combination	0,00	0,00	39,62	0,00	0,00	0,00
57	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,17	0,00	0,00	0,00
58	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,19	0,00	0,00	0,00
59	Gmax	Combination	0,00	0,00	26,67	0,00	0,00	0,00
60	Gmax	Combination	0,00	0,00	12,05	0,00	0,00	0,00
61	Gmax	Combination	0,00	0,00	26,84	0,00	0,00	0,00
62	Gmax	Combination	0,00	0,00	39,79	0,00	0,00	0,00
63	Gmax	Combination	0,00	0,00	43,97	0,00	0,00	0,00
64	Gmax	Combination	0,00	0,00	51,61	0,00	0,00	0,00

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
65	Gmax	Combination	0,00	0,00	46,72	0,00	0,00	0,00
66	Gmax	Combination	0,00	0,00	41,36	0,00	0,00	0,00
67	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,20	0,00	0,00	0,00
68	Gmax	Combination	0,00	0,00	26,56	0,00	0,00	0,00
69	Gmax	Combination	0,00	0,00	26,74	0,00	0,00	0,00
70	Gmax	Combination	0,00	0,00	12,06	0,00	0,00	0,00
71	Gmax	Combination	0,00	0,00	41,66	0,00	0,00	0,00
72	Gmax	Combination	0,00	0,00	46,98	0,00	0,00	0,00
73	Gmax	Combination	0,00	0,00	44,68	0,00	0,00	0,00
74	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,36	0,00	0,00	0,00
75	Gmax	Combination	0,00	0,00	30,29	0,00	0,00	0,00
76	Gmax	Combination	0,00	0,00	30,30	0,00	0,00	0,00
77	Gmax	Combination	0,00	0,00	44,67	0,00	0,00	0,00
78	Gmax	Combination	0,00	0,00	47,64	0,00	0,00	0,00
79	Gmax	Combination	0,00	0,00	52,19	0,00	0,00	0,00
80	Gmax	Combination	0,00	0,00	27,01	0,00	0,00	0,00
81	Gmax	Combination	0,00	0,00	36,55	0,00	0,00	0,00
82	Gmax	Combination	0,00	0,00	36,50	0,00	0,00	0,00
83	Gmax	Combination	0,00	0,00	51,82	0,00	0,00	0,00
84	Gmax	Combination	0,00	0,00	53,09	0,00	0,00	0,00
85	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,77	0,00	0,00	0,00
86	Gmax	Combination	0,00	0,00	46,87	0,00	0,00	0,00
87	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,38	0,00	0,00	0,00
88	Gmax	Combination	0,00	0,00	12,48	0,00	0,00	0,00
89	Gmax	Combination	0,00	0,00	17,16	0,00	0,00	0,00
90	Gmax	Combination	0,00	0,00	32,53	0,00	0,00	0,00
91	Gmax	Combination	0,00	0,00	17,14	0,00	0,00	0,00
92	Gmax	Combination	0,00	0,00	32,50	0,00	0,00	0,00
93	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,18	0,00	0,00	0,00
94	Gmax	Combination	0,00	0,00	46,55	0,00	0,00	0,00
95	Gmax	Combination	0,00	0,00	48,55	0,00	0,00	0,00
96	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,58	0,00	0,00	0,00
97	Gmax	Combination	0,00	0,00	27,16	0,00	0,00	0,00
98	Gmax	Combination	0,00	0,00	51,29	0,00	0,00	0,00
99	Gmax	Combination	0,00	0,00	35,62	0,00	0,00	0,00
100	Gmax	Combination	0,00	0,00	35,58	0,00	0,00	0,00
101	Gmax	Combination	0,00	0,00	50,97	0,00	0,00	0,00
102	Gmax	Combination	0,00	0,00	53,26	0,00	0,00	0,00
103	Gmax	Combination	0,00	0,00	48,90	0,00	0,00	0,00
104	Gmax	Combination	0,00	0,00	25,05	0,00	0,00	0,00
105	Gmax	Combination	0,00	0,00	12,73	0,00	0,00	0,00
106	Gmax	Combination	0,00	0,00	25,39	0,00	0,00	0,00

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
107	Gmax	Combination	0,00	0,00	52,99	0,00	0,00	0,00
108	Gmax	Combination	0,00	0,00	27,96	0,00	0,00	0,00
109	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,52	0,00	0,00	0,00
110	Gmax	Combination	0,00	0,00	12,36	0,00	0,00	0,00
111	Gmax	Combination	0,00	0,00	26,82	0,00	0,00	0,00
112	Gmax	Combination	0,00	0,00	47,55	0,00	0,00	0,00
113	Gmax	Combination	0,00	0,00	52,64	0,00	0,00	0,00
114	Gmax	Combination	0,00	0,00	28,00	0,00	0,00	0,00
115	Gmax	Combination	0,00	0,00	25,40	0,00	0,00	0,00
116	Gmax	Combination	0,00	0,00	35,23	0,00	0,00	0,00
117	Gmax	Combination	0,00	0,00	25,46	0,00	0,00	0,00
118	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,16	0,00	0,00	0,00
119	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,16	0,00	0,00	0,00
120	Gmax	Combination	0,00	0,00	26,70	0,00	0,00	0,00
121	Gmax	Combination	0,00	0,00	23,13	0,00	0,00	0,00
122	Gmax	Combination	0,00	0,00	25,21	0,00	0,00	0,00
123	Gmax	Combination	0,00	0,00	52,07	0,00	0,00	0,00
124	Gmax	Combination	0,00	0,00	28,05	0,00	0,00	0,00
125	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,32	0,00	0,00	0,00
126	Gmax	Combination	0,00	0,00	11,19	0,00	0,00	0,00
127	Gmax	Combination	0,00	0,00	22,84	0,00	0,00	0,00
128	Gmax	Combination	0,00	0,00	26,96	0,00	0,00	0,00
129	Gmax	Combination	0,00	0,00	49,23	0,00	0,00	0,00
130	Gmax	Combination	0,00	0,00	53,40	0,00	0,00	0,00
131	Gmax	Combination	0,00	0,00	28,16	0,00	0,00	0,00
132	Gmax	Combination	0,00	0,00	25,51	0,00	0,00	0,00
133	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,73	0,00	0,00	0,00
134	Gmax	Combination	0,00	0,00	27,12	0,00	0,00	0,00
135	Gmax	Combination	0,00	0,00	12,48	0,00	0,00	0,00
136	Gmax	Combination	0,00	0,00	25,23	0,00	0,00	0,00
137	Gmax	Combination	0,00	0,00	12,79	0,00	0,00	0,00
138	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,56	0,00	0,00	0,00
139	Gmax	Combination	0,00	0,00	44,54	0,00	0,00	0,00
140	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,13	0,00	0,00	0,00
141	Gmax	Combination	0,00	0,00	12,38	0,00	0,00	0,00
142	Gmax	Combination	0,00	0,00	16,95	0,00	0,00	0,00
143	Gmax	Combination	0,00	0,00	29,87	0,00	0,00	0,00
144	Gmax	Combination	0,00	0,00	16,92	0,00	0,00	0,00
145	Gmax	Combination	0,00	0,00	29,87	0,00	0,00	0,00
146	Gmax	Combination	0,00	0,00	23,89	0,00	0,00	0,00
147	Gmax	Combination	0,00	0,00	44,38	0,00	0,00	0,00
148	Gmax	Combination	0,00	0,00	26,88	0,00	0,00	0,00

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
149	Gmax	Combination	0,00	0,00	45,52	0,00	0,00	0,00
150	Gmax	Combination	0,00	0,00	28,94	0,00	0,00	0,00
151	Gmax	Combination	0,00	0,00	29,01	0,00	0,00	0,00
152	Gmax	Combination	0,00	0,00	45,73	0,00	0,00	0,00
153	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,18	0,00	0,00	0,00
154	Gmax	Combination	0,00	0,00	39,63	0,00	0,00	0,00
155	Gmax	Combination	0,00	0,00	43,55	0,00	0,00	0,00
156	Gmax	Combination	0,00	0,00	26,76	0,00	0,00	0,00
157	Gmax	Combination	0,00	0,00	26,67	0,00	0,00	0,00
158	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,20	0,00	0,00	0,00
159	Gmax	Combination	0,00	0,00	26,84	0,00	0,00	0,00
160	Gmax	Combination	0,00	0,00	12,05	0,00	0,00	0,00
161	Gmax	Combination	0,00	0,00	43,98	0,00	0,00	0,00
162	Gmax	Combination	0,00	0,00	39,80	0,00	0,00	0,00
163	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,21	0,00	0,00	0,00
164	Gmax	Combination	0,00	0,00	41,38	0,00	0,00	0,00
165	Gmax	Combination	0,00	0,00	26,57	0,00	0,00	0,00
166	Gmax	Combination	0,00	0,00	12,06	0,00	0,00	0,00
167	Gmax	Combination	0,00	0,00	26,75	0,00	0,00	0,00
168	Gmax	Combination	0,00	0,00	41,66	0,00	0,00	0,00
169	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,37	0,00	0,00	0,00
170	Gmax	Combination	0,00	0,00	44,70	0,00	0,00	0,00
171	Gmax	Combination	0,00	0,00	30,30	0,00	0,00	0,00
172	Gmax	Combination	0,00	0,00	30,31	0,00	0,00	0,00
173	Gmax	Combination	0,00	0,00	44,68	0,00	0,00	0,00
174	Gmax	Combination	0,00	0,00	27,03	0,00	0,00	0,00
175	Gmax	Combination	0,00	0,00	52,22	0,00	0,00	0,00
176	Gmax	Combination	0,00	0,00	36,56	0,00	0,00	0,00
177	Gmax	Combination	0,00	0,00	36,51	0,00	0,00	0,00
178	Gmax	Combination	0,00	0,00	51,83	0,00	0,00	0,00
179	Gmax	Combination	0,00	0,00	12,49	0,00	0,00	0,00
180	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,39	0,00	0,00	0,00
181	Gmax	Combination	0,00	0,00	46,89	0,00	0,00	0,00
182	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,79	0,00	0,00	0,00
183	Gmax	Combination	0,00	0,00	32,55	0,00	0,00	0,00
184	Gmax	Combination	0,00	0,00	17,17	0,00	0,00	0,00
185	Gmax	Combination	0,00	0,00	32,51	0,00	0,00	0,00
186	Gmax	Combination	0,00	0,00	17,14	0,00	0,00	0,00
187	Gmax	Combination	0,00	0,00	46,56	0,00	0,00	0,00
188	Gmax	Combination	0,00	0,00	24,19	0,00	0,00	0,00
189	Gmax	Combination	0,00	0,00	51,32	0,00	0,00	0,00
190	Gmax	Combination	0,00	0,00	27,18	0,00	0,00	0,00

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
191	Gmax	Combination	0,00	0,00	35,63	0,00	0,00	0,00
192	Gmax	Combination	0,00	0,00	35,59	0,00	0,00	0,00
193	Gmax	Combination	0,00	0,00	50,98	0,00	0,00	0,00

A tensão no solo será determinada pela equação:

$$\sigma_{solo} = \frac{P_{concreto} + P_{agua} + SC}{A}$$

Conforme somatório da coluna F3 que são as reações em z e equivale ao somatório do numerador da equação, temos 6095,63 kN. A área do apoio no solo é de 65,63 m². Temos uma tensão no solo de:

$$\sigma = \frac{6095,63}{65,63} = 92,88 \frac{kN}{m^2} = 0,93 \frac{kgf}{cm^2} \leq 5,60 \frac{kgf}{cm^2} (ok)$$

Logo a fundação poderá ser do tipo direta.

A Figura 15 a Figura 18 apresentam os momentos fletores nas lajes e paredes.

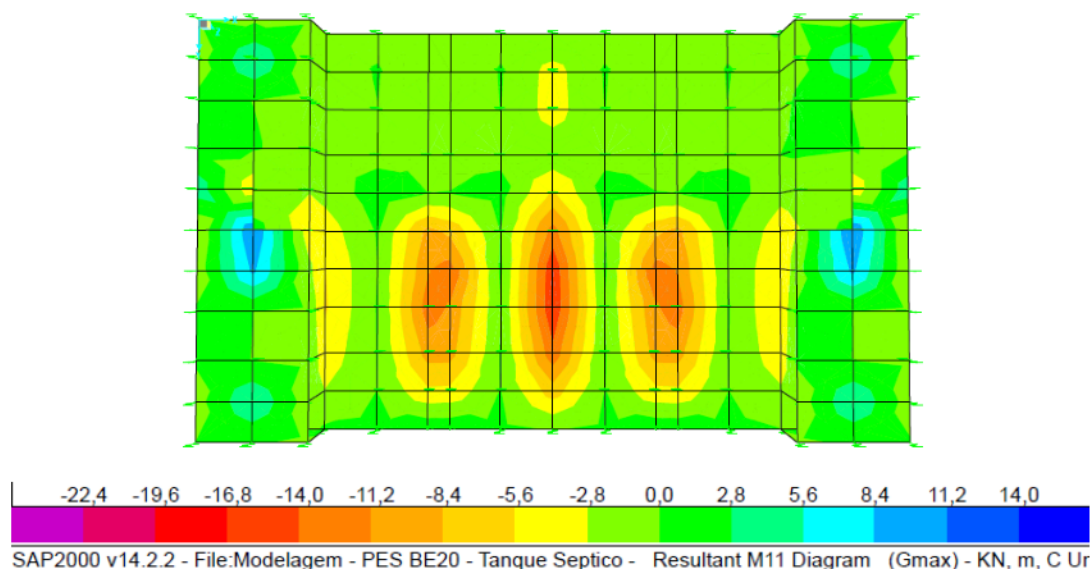


Figura 15 – Momento na direção X na laje de fundo.

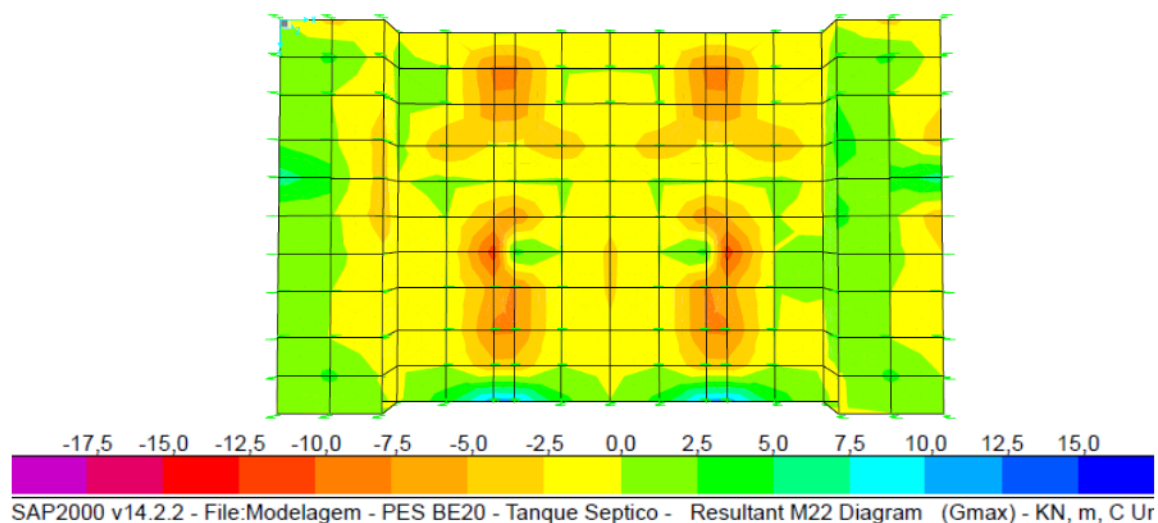


Figura 16 – Momento na direção Y na laje de fundo.

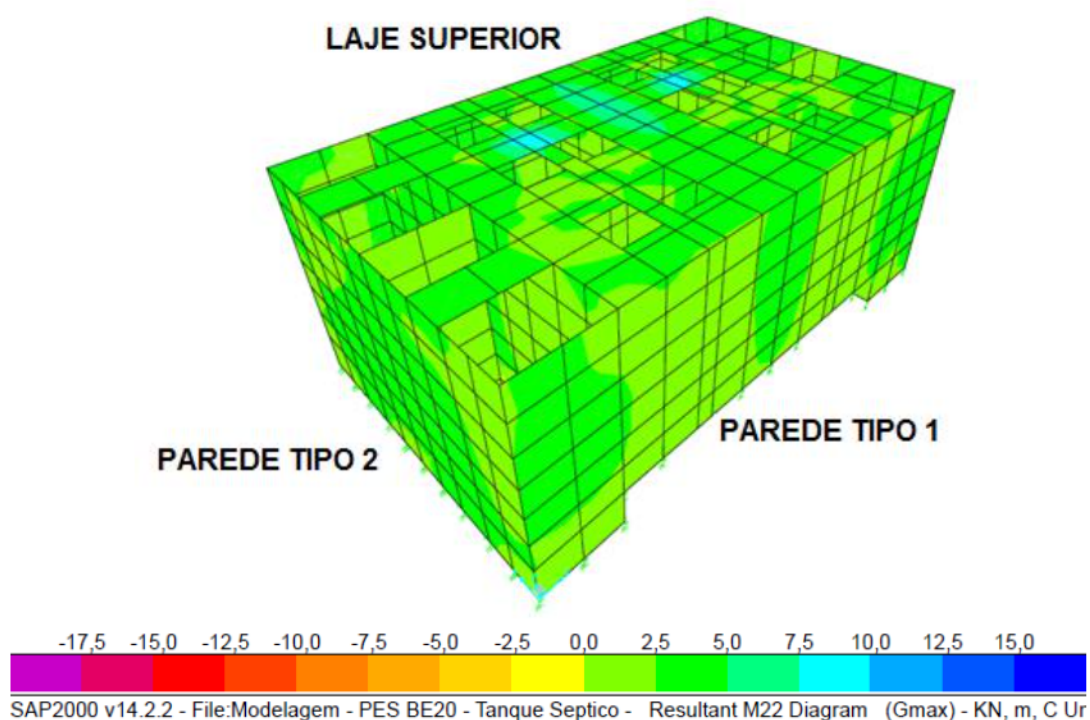


Figura 17 – Momento na direção X nas lajes superiores e paredes.

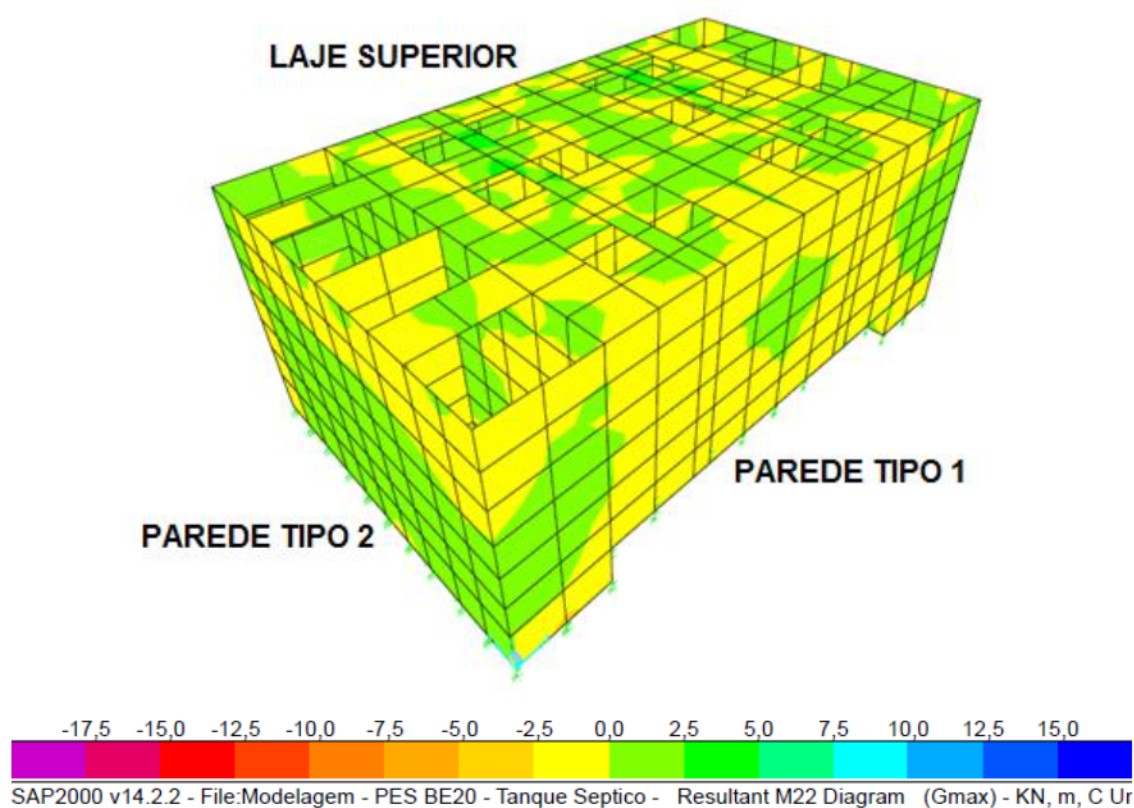


Figura 18 – Momento na direção Y nas lajes superiores e paredes.

As tabelas a seguir apresentam o resumo das reações.

a) Caixa de Areia

Tabela 9 – Momento Fletores.

Elementos	Momento Fletores (kN.m/m)			
	-M'x	+Mx	-M'y	+My
Laje Superior	-	4,58	-	3,83
Lajes Intermediária h=10		3,13		4,99
Lajes Intermediária h=25		8,08		11,75
Paredes Tipo 1	17,83	5,64	4,18	1,30
Paredes Tipo 2	20,97	13,04	14,04,	4,83
Laje de Fundo	11,03	18,24	8,97	15,23

Tabela 10 – Força Normal de Tração.

Elementos	Força Normal de Tração (kN/m)	
	Parede	Fundo
Paredes Tipo 1	43,25	24,15
Paredes Tipo 2	55,97	27,85

4.4. Armação lajes de fundo

Nas lajes de fundo os esforços de tração e flexão atuam em conjunto ocasionando flexo-tração, logo a área de aço deve ser calculada em função das duas solicitações, desta forma conforme a Tabela 9 e a Tabela 10.

$$\text{Flexão em X} \rightarrow \begin{cases} -M'x = 11,03 \text{ kNm/m} \\ +Mx = 18,24 \text{ kN m/m} \end{cases}$$

$$\text{Flexão em Y} \rightarrow \begin{cases} -M'y = 8,97 \text{ kNm/m} \\ +My = 15,23 \text{ kN m/m} \end{cases}$$

$$\text{Tração} \rightarrow \begin{cases} Nx = 51,33 \text{ kNm/m} \\ Ny = 56,27 \text{ kN m/m} \end{cases}$$

As figuras a seguir apresentam os resultados do dimensionamento.

a) Direção X -M'x

$$M_s = -M'x - Nx(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 19 \text{ cm}$$

$$h = 25 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 11,00 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL

b	100	cm
h	25	cm
d"	6,0	cm
d'	6,0	cm
d	19	cm

MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO

M _d	11,0	kNm
----------------	------	-----

M _d /M _{d,lim}	0,06	M _d /M _{d,lim}
armadura	SIMPLES	SE(M _d /M _{d,lim} ≤ 1; "SIMPLES"; "DUPLA")

MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES

k _{duc}	0,45	SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
x _{lim}	8,55	cm
M _{d,lim}	194,1	kNm
A _{s,lim}	28,65	cm ²
ρ _{lim}	1,51%	A _{s,lim} /(b·d)

ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES

d _{lim}	4,5	cm
RAIZ(M _d /((k _{duc} ·λ·η·(1-k _{duc} ·λ/2)·b·f _{cd})))		
h _{lim}	10,5	cm
d _{lim} +d"		

PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA

x	0,40	cm
SE(armadura="SIMPLES"; (d/λ)·RAIZ(1-2M _d /((b·d ² ·η·f _{cd})))·x _{lim})		
λ·x	0,32	cm
λ·x		

ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO

A _{s,cal}	1,34	cm ²
b·λ·x·η·f _{cd} /f _{yd} +A _s ·σ _s /f _{yd}		
A _{s,min} /(b·h)	0,150%	MÁXIMO(0,15%; 0,25f _{ctm} /f _{yk})
A _{s,min}	3,75	cm ²
(A _{s,min} /(b·h))·b·h		
A _s	3,75	cm ²
MÁXIMO(A _{s,cal} ; A _{s,min})		
ρ	0,197%	A _s /(b·d)

ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO

ε _s	0,104%	ε _{cu} (x _{lim} -d')/x _{lim}
σ _s	21,92	kN/cm ²
SE(ε _s < ε _{sy} ; E _s ·ε _s ; f _{yd})		
ΔM _d	0,0	kNm
MÁXIMO(M _d -M _{d,lim} ; 0)		
A _s	0,00	cm ²
ΔM _d /(σ _s '·(d-d'))		
ρ'	0,000%	A _s '/(b·d)

ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL

A _{s,max} /(b·h)	4,0%	
(A _s +A _s ')/(b·h)	0,15%	(A _s +A _s ')/(b·h)
ρ/ρ _{mdt}	0,04	✓

A taxa de aço é 3,75 cm²/m. Será utilizada armadura de ø10.0 c/15 que equivale a 5,33 cm²/m.

b) Direção X +Mx

$$M_s = +Mx - Nx(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 19 \text{ cm}$$

$$h = 25 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 18,21 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL

b	100	cm
h	25	cm
d"	6,0	cm
d'	6,0	cm
d	19	cm

MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO

M _d	18,2	kNm
----------------	------	-----

M _d /M _{d,lim}	0,09	M _d /M _{d,lim}
armadura	SIMPLES	SE(M _d /M _{d,lim} ≤ 1; "SIMPLES"; "DUPLA")

MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES

k _{duc}	0,45	SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
x _{lim}	8,55	cm
M _{d,lim}	194,1	kNm
A _{s,lim}	28,65	cm ²
ρ _{lim}	1,51%	A _{s,lim} /(b·d)

ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES

d _{lim}	5,8	cm
h _{lim}	11,8	cm

PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA

x	0,67	cm
λ·x	0,53	cm

ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO

A _{s,cal}	2,24	cm ²
A _{s,mín} /(b·h)	0,150%	MÁXIMO(0,15%; 0,25f _{ctm} /f _{yk})
A _{s,mín}	3,75	cm ²
A _s	3,75	cm ²
ρ	0,197%	A _s /(b·d)

ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO

ε' _s	0,104%	ε _{cu} (x _{lim} -d')/x _{lim}
σ' _s	21,92	kN/cm ²
ΔM _d	0,0	kNm
A' _s	0,00	cm ²
ρ'	0,000%	A' _s /(b·d)

ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL

A _{s,máx} /(b·h)	4,0%	
(A _s +A' _s)/(b·h)	0,15%	(A _s +A' _s)/(b·h)
ρ/ρ _{máx}	0,04	✓

A taxa de aço é 3,75 cm²/m. Será utilizada armadura de ø10.0 c/15 que equivale a 5,33 cm²/m.

c) Direção Y -M'y

$$M_s = -M'y - Ny(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 19 \text{ cm}$$

$$h = 25 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 8,93 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL			
b	100	cm	
h	25	cm	
d"	6,0	cm	
d'	6,0	cm	
d	19	cm	
MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO			
M _o	8,9	kNm	
M _o /M _{o,lim}	0,05		M _o /M _{o,lim}
armadura	SIMPLES		SE(M _o /M _{o,lim} ≤ 1; "SIMPLES"; "DUPLA")
MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES			
k _{ouc}	0,45		SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
x _{lim}	8,55	cm	k _{ouc} d
M _{o,lim}	194,1	kNm	b λ x _{lim} η f _{cd} (d - λ x _{lim} / 2)
A _{s,lim}	28,65	cm ²	A _{s,lim} / (b d)
ρ _{lim}	1,51%		
ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES			
d _{lim}	4,1	cm	RAIZ(M _o / (k _{ouc} λ η (1 - k _{ouc} λ / 2) b f _{cd}))
h _{lim}	10,1	cm	d _{lim} + d"
PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA			
x	0,33	cm	SE(armadura = "SIMPLES"; (d / λ) RAIZ(1 - 2M _o / (b d ² η f _{cd})); x _{lim})
λ x	0,26	cm	λ x
ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO			
A _{s,cal}	1,09	cm ²	b λ x η f _{cd} / f _{yd} + A' _s σ' _s / f _{yd}
A _{s,min} / (b h)	0,150%		MÁXIMO(0,15%; 0,25 f _{ctm} / f _{yk})
A _{s,min}	3,75	cm ²	(A _{s,min} / (b h)) b h
A _s	3,75	cm ²	MÁXIMO(A _{s,cal} ; A _{s,min})
ρ	0,197%		A _s / (b d)
ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO			
ε' _s	0,104%		ε _{cu} (x _{lim} - d') / x _{lim}
σ' _s	21,92	kN/cm ²	SE(ε' _s ≤ ε _{sy} ; E _s ε' _s ; f _{yd})
ΔM _o	0,0	kNm	MÁXIMO(M _o - M _{o,lim} ; 0)
A' _s	0,00	cm ²	ΔM _o / (σ' _s (d - d'))
ρ'	0,000%		A' _s / (b d)
ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL			
A _{s,max} / (b h)	4,0%		
(A _s + A' _s) / (b h)	0,15%		(A _s + A' _s) / (b h)
ρ / ρ _{máx}	0,04	✓	

A taxa de aço é 3,75 cm²/m. Será utilizada armadura de ø10.0 c/15 que equivale a 5,33 cm²/m.

d) Direção Y +My

$$M_s = +My - Ny(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 19 \text{ cm}$$

$$h = 25 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 15,17 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL

b	100	cm
h	25	cm
d"	6,0	cm
d'	6,0	cm
d	19	cm

MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO

M _d	15,2	kNm
----------------	------	-----

M _d /M _{d,lim}	0,08
------------------------------------	------

M _d /M _{d,lim}	SE(M _d /M _{d,lim} ≤ 1; "SIMPLES"; "DUPLA")
------------------------------------	--

MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES

k _{duc}	0,45	SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
x _{lim}	8,55	cm
M _{d,lim}	194,1	kNm
A _{s,lim}	28,65	cm ²
ρ _{lim}	1,51%	A _{s,lim} /(b·d)

ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES

d _{lim}	5,3	cm	RAIZ(M _d /(k _{duc} ·λ·η·(1-k _{duc} ·λ/2)·b·f _{cd}))
h _{lim}	11,3	cm	d _{lim} +d"

PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA

x	0,55	cm	SE(armadura="SIMPLES"; (d/λ)·RAIZ(1-2M _d /(b·d ² ·η·f _{cd})); x _{lim})
λ·x	0,44	cm	λ·x

ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO

$A_{s,cal}$	1,86	cm ²	$b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd} / f_{yd} + A'_s \cdot \sigma'_s / f_{yd}$
$A_{s,min}/(bh)$	0,150%		MÁXIMO(0,15%; 0,25f _{ctm} /f _{yk})
$A_{s,min}$	3,75	cm ²	($A_{s,min}/(bh)$)bh
A_s	3,75	cm ²	MÁXIMO($A_{s,cal}$; $A_{s,min}$)
ρ	0,197%		$A_s/(b \cdot d)$

ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO

ε' _s	0,104%	ε _{cu} (x _{lim} -d')/x _{lim}
σ' _s	21,92	kN/cm ² SE(ε' _s ≤ ε _{sg} ; E _s ·ε' _s ; f _{yd})
ΔM _d	0,0	kNm MÁXIMO(M _d -M _{d,lim} ; 0)
A' _s	0,00	cm ² ΔM _d /(σ' _s ·(d-d'))
ρ'	0,000%	A' _s /(b·d)

ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL

A _{s,min} /(b·h)	4,0%	
(A _s +A' _s)/(b·h)	0,15%	(A _s +A' _s)/(b·h)
ρ/ρ _{máx}	0,04	✓

A taxa de aço é 3,75 cm²/m. Será utilizada armadura de ø10.0 c/15 que equivale a 5,33 cm²/m.

4.5. Armação lajes superiores

As lajes superiores terão somente flexão simples, logo sua armadura será calculada como laje. Conforme a Tabela 9 e a Tabela 10 temos:

A figura a seguir apresenta os resultados do dimensionamento

a) Direção X +Mx

SEÇÃO TRANSVERSAL			
b	100	cm	
h	15	cm	
d"	6,0	cm	
d'	6,0	cm	
d	9	cm	
MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO			
M _d	4,6	kNm	
M _d /M _{d,lim}	0,11		M _d /M _{d,lim}
armadura	SIMPLES		SE(M _d /M _{d,lim} ≤ 1;"SIMPLES";"DUPLA")
MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES			
K _{duc}	0,45		SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
X _{lim}	4,05	cm	K _{duc} d
M _{d,lim}	43,6	kNm	bλX _{lim} ηf _{cd} (d-λX _{lim} /2)
A _{s,lim}	13,57	cm ²	
ρ _{lim}	1,51%		A _{s,lim} /(bd)
ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES			
d _{lim}	2,9	cm	RAIZ(M _d /((K _{duc} λη(1-K _{duc} λ/2)bf _{cd})))
h _{lim}	8,9	cm	d _{lim} +d"
PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA			
x	0,36	cm	SE(armadura="SIMPLES";(d/λ)RAIZ(1-2M _d /((bd ² ηf _{cd})));X _{lim})
λx	0,29	cm	λx
ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO			
A _{s,cal}	1,20	cm ²	bλxηf _{cd} /f _{yd} +A' _s σ' _s /f _{yd}
A _{s,min} /(bh)	0,150%		MÁXIMO(0,15%;0,25f _{ctm} /f _{yk})
A _{s,min}	2,25	cm ²	(A _{s,min} /(bh))bh
A _s	2,25	cm ²	MÁXIMO(A _{s,cal} ;A _{s,min})
ρ	0,250%		A _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO			
ε' _s	-0,169%		ε _{cu} (X _{lim} -d')/X _{lim}
σ' _s	-35,39	kN/cm ²	SE(ε' _s ≤ ε _{sy} ; E _s ε' _s ; f _{yd})
ΔM _d	0,0	kNm	MÁXIMO(M _d -M _{d,lim} ; 0)
A' _s	0,00	cm ²	ΔM _d /(σ' _s (d-d'))
ρ'	0,000%		A' _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL			
A _{s,mín} /(bh)	4,0%		
(A _s +A' _s)/(bh)	0,15%		(A _s +A' _s)/(bh)
ρ/ρ _{máx}	0,04		✓

A taxa de aço é 2,25 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

b) Direção Y +My

SEÇÃO TRANSVERSAL

b	100	cm
h	15	cm
d"	6,0	cm
d'	6,0	cm
d	9	cm

MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO

M_d	3,9	kNm
-------	-----	-----

$M_d/M_{d,lim}$	0,09	$M_d/M_{d,lim}$
armadura	SIMPLES	SE($M_d/M_{d,lim} \leq 1$; "SIMPLES"; "DUPLA")

MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES

k_{duc}	0,45	SE($f_{ck} \leq 50$; 0,45; 0,35)
x_{lim}	4,05	cm $k_{duc}d$
$M_{d,lim}$	43,6	kNm $b \lambda x_{lim} \eta f_{cd} (d - \lambda x_{lim}/2)$
$A_{s,lim}$	13,57	cm ²
ρ_{lim}	1,51%	$A_{s,lim}/(bd)$

ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES

d_{lim}	2,7	cm $RAIZ(M_d/(k_{duc} \lambda \eta (1 - k_{duc} \lambda/2) b f_{cd}))$
h_{lim}	8,7	cm $d_{lim} + d''$

PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA

x	0,30	cm $SE(\text{armadura} = \text{"SIMPLES"}; (d/\lambda) RAIZ(1 - 2M_d/(bd^2 \eta f_{cd})); x_{lim})$
λx	0,24	cm λx

ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO

$A_{s,cal}$	1,00	cm ² $b \lambda x \eta f_{cd}/f_{yd} + A'_s \sigma'_s/f_{yd}$
$A_{s,min}/(bh)$	0,150%	MÁXIMO(0,15%; 0,25 f_{ctm}/f_{yk})
$A_{s,min}$	2,25	cm ² $(A_{s,min}/(bh))bh$
A_s	2,25	cm ² MÁXIMO($A_{s,cal}$; $A_{s,min}$)
ρ	0,250%	$A_s/(bd)$

ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO

ϵ_s	-0,169%	$\epsilon_{cu}(x_{lim} - d'')/x_{lim}$
σ'_s	-35,39	kN/cm ² SE($\epsilon'_s < \epsilon_{ys}$; $E_s \epsilon'_s$; f_{yd})
ΔM_d	0,0	kNm MÁXIMO($M_d - M_{d,lim}$; 0)
A'_s	0,00	cm ² $\Delta M_d/(\sigma'_s (d - d''))$
ρ'	0,000%	$A'_s/(bd)$

ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL

$A_{s,max}/(bh)$	4,0%	
$(A_s + A'_s)/(bh)$	0,15%	$(A_s + A'_s)/(bh)$
ρ/ρ_{max}	0,04	✓

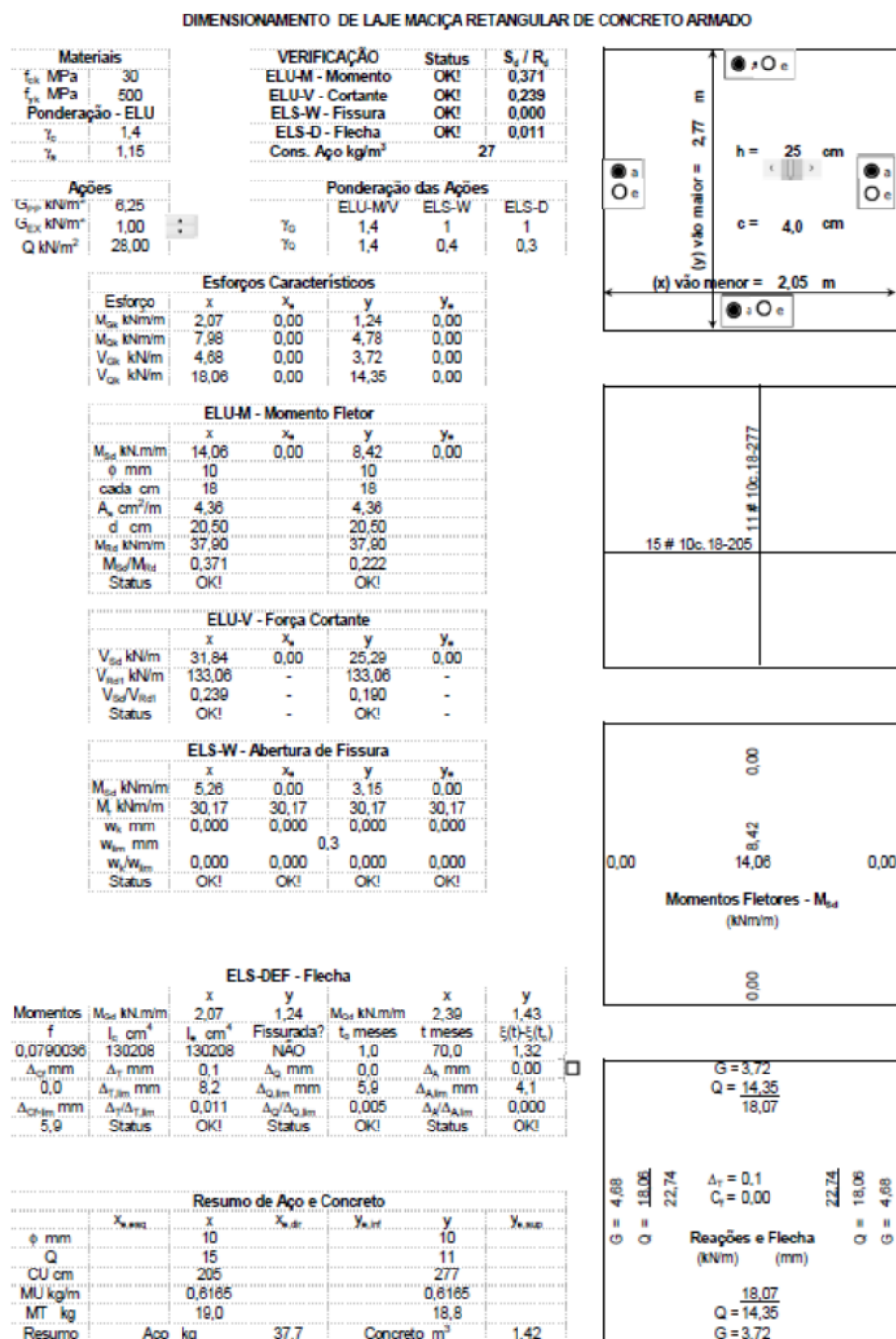
A taxa de aço é 2,25 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

4.6. Armadura nas lajes intermediárias

As lajes intermediárias terão somente flexão simples, logo sua armadura será calculada como laje. Conforme a Tabela 9 e a Tabela 10 temos:

A figura a seguir apresenta os resultados do dimensionamento.

a) H = 25 Direção X e Y



Será utilizada armadura de $\phi 10.0$ c/15 em X e Y.

b) H=10 Direção X e Y

DIMENSIONAMENTO DE LAJE MACIÇA RETANGULAR DE CONCRETO ARMADO

Materiais		VERIFICAÇÃO		Status	S_d / R_d
f_{ck} MPa	30	ELU-M - Momento	OK!	0,993	
f_{yk} MPa	500	ELU-V - Cortante	OK!	0,298	
Ponderação - ELU		ELS-W - Fissura	OK!	0,000	
γ_c	1,4	ELS-D - Flecha	OK!	0,075	
γ_s	1,15	Cons. Aço kg/m³		32	

Ações		Ponderação das Ações			
$G_{k,per}$ kN/m²	2,50	ELU-MV	1,4	1	1
$G_{k,ex}$ kN/m²	1,00	ELS-W	1,4	0,4	0,3
Q kN/m²	11,00				

Esforços Característicos				
Esforço	x	x_u	y	y_u
M_{ed} kN/m	1,00	0,00	0,60	0,00
M_{ed} kN/m	3,13	0,00	1,88	0,00
V_{ed} kN/m	2,28	0,00	1,79	0,00
V_{ed} kN/m	7,10	0,00	5,64	0,00

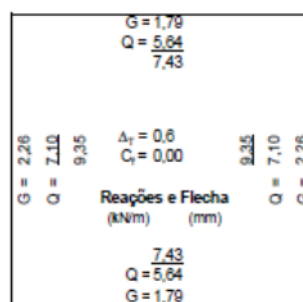
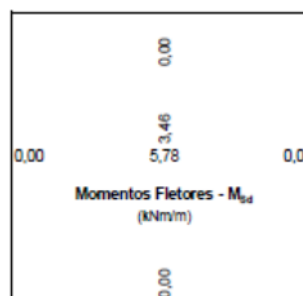
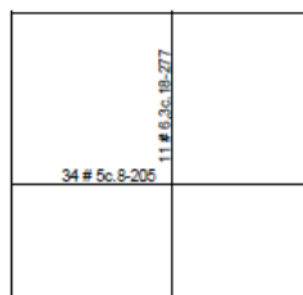
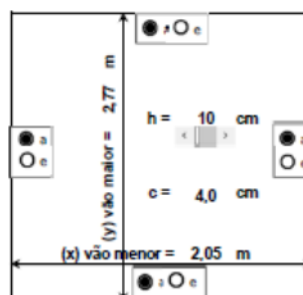
ELU-M - Momento Fletor				
	x	x_u	y	y_u
M_{ed} kN/m	5,78	0,00	3,46	0,00
ϕ mm	5		6,3	
cada cm	8		18	
A_s cm²/m	2,45		1,73	
d cm	5,75		5,69	
M_{ed} kN/m	5,82		4,12	
M_{ed}/M_{td}	0,993		0,840	
Status	OK!		OK!	

ELU-V - Força Cortante				
	x	x_u	y	y_u
V_{ed} kN/m	13,10	0,00	10,40	0,00
V_{td} kN/m	44,02	-	41,99	-
V_{ed}/V_{td}	0,298	-	0,248	-
Status	OK!	-	OK!	-

ELS-W - Abertura de Fissura				
	x	x_u	y	y_u
M_{ed} kN/m	2,25	0,00	1,35	0,00
M_t kN/m	4,83	4,83	4,83	4,83
w_k mm	0,000	0,000	0,000	0,000
w_{lim} mm			0,3	
w_k/w_{lim}	0,000	0,000	0,000	0,000
Status	OK!	OK!	OK!	OK!

ELS-DEF - Flecha						
Momentos	M_{ed} kN/m	x	y	M_{ed} kN/m	x	y
f	I_c cm⁴	I_c cm⁴	Fissurada?	t_0 meses	t meses	$\xi(t)-\xi(t_0)$
0,0790036	8333	8333	NAO	1,0	70,0	1,32
Δ_{cr} mm	Δ_{cr} mm	Δ_{cr} mm	Δ_{cr} mm	Δ_{cr} mm	Δ_{cr} mm	Δ_{cr} mm
0,0	0,0	8,2	5,9	4,1		
$\Delta_{cr,lim}$ mm	$\Delta_{cr,lim}$ mm	0,075	0,030	0,000		
5,9	Status	OK!	Status	OK!	Status	OK!

Resumo de Aço e Concreto						
	$x_{s,req}$	x	$x_{s,dir}$	$y_{s,inf}$	y	$y_{s,sup}$
ϕ mm		5			6,3	
CU cm		34			11	
MU kg/m		0,1541			0,2447	
MT kg		10,7			7,5	
Resumo		Aço kg	18,2	Concreto m³	0,57	



Será utilizada armadura de $\phi 6.3$ c/15 em X e Y.

4.7. Armação nas paredes

Nas paredes os esforços de tração e flexão atuam em conjunto, ocasionando flexo-tração, logo a área de aço deve ser calculada em função das duas solicitações, desta forma conforme a Tabela 9 e a Tabela 10.

4.7.1. Paredes Tipo 1

$$\text{Flexão em X} \rightarrow \begin{cases} -M'_x = 17,83 \text{ kNm/m} \\ +M_x = 5,64 \text{ kN m/m} \end{cases}$$

$$\text{Flexão em Y} \rightarrow \begin{cases} -M'_y = 4,18 \text{ kNm/m} \\ +M_y = 1,30 \text{ kN m/m} \end{cases}$$

$$\text{Tração} \rightarrow \{N_x = 43,25 \text{ kN/m}\}$$

As figuras a seguir apresentam os resultados do dimensionamento.

a) Direção X -M'x

$$M_s = -M'x - Nx(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 19 \text{ cm}$$

$$h = 25 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 17,81 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL

b	100	cm
h	25	cm
d"	6,0	cm
d'	6,0	cm
d	19	cm

MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO

M _d	17,8	kNm
----------------	------	-----

M _d /M _{d,lim}	0,09
------------------------------------	------

M _d /M _{d,lim}	
------------------------------------	--

armadura	SIMPLES
----------	---------

SE(M _d /M _{d,lim} <= 1; "SIMPLES"; "DUPLA")	
---	--

MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES

k _{duc}	0,45	SE(f _{ck} <= 50; 0,45; 0,35)
------------------	------	---------------------------------------

x _{lim}	8,55	cm
------------------	------	----

k _{duc} d	
--------------------	--

M _{d,lim}	194,1	kNm
--------------------	-------	-----

bλx _{lim} ηf _{cd} (d-λx _{lim} /2)	
--	--

A _{s,lim}	28,65	cm ²
--------------------	-------	-----------------

ρ _{lim}	1,51%
------------------	-------

A _{s,lim} /(bd)	
--------------------------	--

ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES

d _{lim}	5,8	cm
------------------	-----	----

RAIZ(M _d /(k _{duc} λη(1-k _{duc} λ/2)bf _{cd}))	
--	--

h _{lim}	11,8	cm
------------------	------	----

d _{lim} +d"	
----------------------	--

PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA

x	0,65	cm
---	------	----

SE(armadura="SIMPLES"; (d/λ)RAIZ(1-2M _d /(bd ² ηf _{cd})); x _{lim})	
--	--

λx	0,52	cm
----	------	----

λx	
----	--

ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO

A _{s,cal}	2,19	cm ²
--------------------	------	-----------------

bλxηf _{cd} /f _{yd} +A' _s σ' _s /f _{yd}	
--	--

A _{s,min} /(bh)	0,150%
--------------------------	--------

MÁXIMO(0,15%; 0,25f _{ctm} /f _{yk})	
---	--

A _{s,min}	3,75	cm ²
--------------------	------	-----------------

(A _{s,min} /(bh))bh	
------------------------------	--

A _s	3,75	cm ²
----------------	------	-----------------

MÁXIMO(A _{s,cal} ; A _{s,min})	
--	--

ρ	0,197%
---	--------

A _s /(bd)	
----------------------	--

ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO

ε' _s	0,104%
-----------------	--------

ε _{cu} (x _{lim} -d')/x _{lim}	
---	--

σ' _s	21,92	kN/cm ²
-----------------	-------	--------------------

SE(ε' _s < ε _{cu} ; E _s ε' _s ; f _{yd})	
---	--

ΔM _d	0,0	kNm
-----------------	-----	-----

MÁXIMO(M _d -M _{d,lim} ; 0)	
--	--

A' _s	0,00	cm ²
-----------------	------	-----------------

ΔM _d /(σ' _s (d-d'))	
---	--

ρ'	0,000%
----	--------

A' _s /(bd)	
-----------------------	--

ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL

A _{s,max} /(bh)	4,0%
--------------------------	------

(A _s +A' _s)/(bh)	0,15%
---	-------

(A _s +A' _s)/(bh)	
---	--

ρ/ρ _{max}	0,04
--------------------	------



A taxa de aço é 3,75 cm²/m. Será utilizada armadura de ø10.0 c/15 que equivale a 5,33 cm²/m.

b) Direção X +Mx

$$M_s = +Mx - Nx(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 19 \text{ cm}$$

$$h = 25 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 5,63 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL

b	100	cm
h	25	cm
d"	6,0	cm
d'	6,0	cm
d	19	cm

MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO

M _d	5,6	kNm
----------------	-----	-----

M _d /M _{d,lim}	0,03	M _d /M _{d,lim}
armadura	SIMPLES	SE(M _d /M _{d,lim} ≤ 1; "SIMPLES"; "DUPLA")

MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES

k _{duc}	0,45	SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
x _{lim}	8,55	cm
M _{d,lim}	194,1	kNm
A _{s,lim}	28,65	cm ²
ρ _{lim}	1,51%	A _{s,lim} /(b·d)

ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES

d _{lim}	3,2	cm
h _{lim}	9,2	cm

PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA

x	0,20	cm
λ·x	0,16	cm

ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO

A _{s,cal}	0,68	cm ²
A _{s,min} /(b·h)	0,150%	MÁXIMO(0,15%; 0,25f _{ctm} /f _{yk})
A _{s,min}	3,75	cm ²
A _s	3,75	cm ²
ρ	0,197%	A _s /(b·d)

ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO

ε _s	0,104%	ε _{cu} (x _{lim} -d')/x _{lim}
σ _s	21,92	kN/cm ²
ΔM _d	0,0	kNm
A' _s	0,00	cm ²
ρ'	0,000%	A' _s /(b·d)

ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL

A _{s,max} /(b·h)	4,0%	
(A _s +A' _s)/(b·h)	0,15%	(A _s +A' _s)/(b·h)
ρ/ρ _{max}	0,04	✓

A taxa de aço é 3,75 cm²/m. Será utilizada armadura de ø10.0 c/15 que equivale a 5,33 cm²/m.

c) Direção Y -M'y

As paredes na direção Y terão somente flexão simples.

SEÇÃO TRANSVERSAL			
b	100	cm	
h	25	cm	
d"	6,0	cm	
d'	6,0	cm	
d	19	cm	
MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO			
M _d	4,2	kNm	
M _d /M _{d,lim}	0,02		M _d /M _{d,lim}
armadura	SIMPLES		SE(M _d /M _{d,lim} ≤ 1;"SIMPLES";"DUPLA")
MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES			
k _{duc}	0,45		SE(f _{ck} ≤ 50;0,45;0,35)
x _{lim}	8,55	cm	k _{duc} d
M _{d,lim}	194,1	kNm	bλx _{lim} ηf _{cd} (d-λx _{lim} /2)
A _{s,lim}	28,65	cm ²	
ρ _{lim}	1,51%		A _{s,lim} /(bd)
ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES			
d _{lim}	2,8	cm	RAIZ(M _d /(k _{duc} λ·η(1-k _{duc} λ/2)bf _{cd}))
h _{lim}	8,8	cm	d _{lim} +d"
PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA			
x	0,15	cm	SE(armadura="SIMPLES";(d/λ)RAIZ(1-2M _d /(bd ² ηf _{cd}));x _{lim})
λx	0,12	cm	λx
ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO			
A _{s,cal}	0,51	cm ²	bλxηf _{cd} /f _{yd} +A' _s σ' _{s0} /f _{yd}
A _{s,min} /(bh)	0,150%		MÁXIMO(0,15%;0,25f _{ctm} /f _{yk})
A _{s,min}	3,75	cm ²	(A _{s,min} /(bh))bh
A _s	3,75	cm ²	MÁXIMO(A _{s,cal} ;A _{s,min})
ρ	0,197%		A _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO			
ε _s	0,104%		ε _{cu} (x _{lim} -d')/x _{lim}
σ' _s	21,92	kN/cm ²	SE(ε _s ≤ ε _{sg} ;E _s ε' _s ;f _{yd})
ΔM _d	0,0	kNm	MÁXIMO(M _d -M _{d,lim} ;0)
A' _s	0,00	cm ²	ΔM _d /(σ' _{s0} (d-d'))
ρ'	0,000%		A' _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL			
A _{s,max} /(bh)	4,0%		
(A _s +A' _s)/(bh)	0,15%		(A _s +A' _s)/(bh)
ρ/ρ _{max}	0,04		✓

A taxa de aço é 3,75 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

d) Direção Y +My

As paredes na direção Y terão somente flexão simples.

SEÇÃO TRANSVERSAL			
b	100	cm	
h	25	cm	
d"	6,0	cm	
d'	6,0	cm	
d	19	cm	
MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO			
M _d	1,3	kNm	
M _d /M _{d,lim}	0,01		M _d /M _{d,lim}
armadura	SIMPLES		SE(M _d /M _{d,lim} ≤ 1;"SIMPLES";"DUPLA")
MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES			
k _{duc}	0,45		SE(f _{ck} ≤ 50;0,45;0,35)
x _{lim}	8,55	cm	k _{duc} d
M _{d,lim}	194,1	kNm	bλx _{lim} ηf _{cd} (d-λx _{lim} /2)
A _{s,lim}	28,65	cm ²	
ρ _{lim}	1,51%		A _{s,lim} /(bd)
ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES			
d _{lim}	1,6	cm	RAIZ(M _d /(k _{duc} λη(1-k _{duc} λ/2)bf _{cd}))
h _{lim}	7,6	cm	d _{lim} +d"
PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA			
x	0,05	cm	SE(armadura="SIMPLES";(d/λ)RAIZ(1-2M _d /(bd ² ηf _{cd}));x _{lim})
λx	0,04	cm	λx
ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO			
A _{s,cal}	0,16	cm ²	bλxηf _{cd} /f _{yd} +A' _s σ' _s /f _{yd}
A _{s,min} /(bh)	0,150%		MÁXIMO(0,15%;0,25f _{ctm} /f _{yk})
A _{s,min}	3,75	cm ²	(A _{s,min} /(bh))bh
A _s	3,75	cm ²	MÁXIMO(A _{s,cal} ;A _{s,min})
ρ	0,197%		A _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO			
ε' _s	0,104%		ε _{cu} (x _{lim} -d')/x _{lim}
σ' _s	21,92	kN/cm ²	SE(ε' _s ≤ ε _{sd} ;E _s ε' _s ;f _{yd})
ΔM _d	0,0	kNm	MÁXIMO(M _d -M _{d,lim} ;0)
A' _s	0,00	cm ²	ΔM _d /(σ' _s (d-d'))
ρ'	0,000%		A' _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL			
A _{s,min} /(bh)	4,0%		
(A _s +A' _s)/(bh)	0,15%		(A _s +A' _s)/(bh)
ρ/ρ _{máx}	0,04	✓	

A taxa de aço é 3,75 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

4.7.2. Paredes Tipo 2

$$\text{Flexão em X} \rightarrow \begin{cases} -M'_x = 20,97 \text{ kNm/m} \\ +M_x = 13,04 \text{ kN m/m} \end{cases}$$

$$\text{Flexão em Y} \rightarrow \begin{cases} -M'_y = 14,14 \text{ kNm/m} \\ +M_y = 4,83 \text{ kN m/m} \end{cases}$$

$$\text{Tração} \rightarrow \{N_x = 55,97 \text{ kN/m}\}$$

As figuras a seguir apresentam os resultados do dimensionamento.

a) Direção X -M'x

$$M_s = -M'x - Nx(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 19 \text{ cm}$$

$$h = 25 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 20,94 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL		
b	100	cm
h	25	cm
d"	6,0	cm
d'	6,0	cm
d	19	cm
MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO		
M _d	20,9	kNm
M _d /M _{d,lim}	0,11	M _d /M _{d,lim}
armadura	SIMPLES	SE(M _d /M _{d,lim} ≤ 1;"SIMPLES";"DUPLA")
MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES		
k _{ouc}	0,45	SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
x _{lim}	8,55	cm k _{ouc} d
M _{d,lim}	194,1	kNm bλx _{lim} ηf _{cd} (d-λx _{lim} /2)
A _{s,lim}	28,65	cm ²
ρ _{lim}	1,51%	A _{s,lim} /(bd)
ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES		
d _{lim}	6,2	cm RAIZ(M _d /(k _{ouc} λη(1-k _{ouc} λ/2)bf _{cd}))
h _{lim}	12,2	cm d _{lim} +d"
PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA		
x	0,77	cm SE(armadura="SIMPLES";(d/λ)RAIZ(1-2M _d /(bd ² ηf _{cd}));x _{lim})
λx	0,62	cm λx
ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO		
A _{s,cal}	2,58	cm ² bλxηf _{cd} /f _{yd} +A' _s σ' _s /f _{yd}
A _{s,mín} /(bh)	0,150%	MÁXIMO(0,15%; 0,25f _{ctm} /f _{yk})
A _{s,mín}	3,75	cm ² (A _{s,mín} /(bh))bh
A _s	3,75	cm ² MÁXIMO(A _{s,cal} ;A _{s,mín})
ρ	0,197%	A _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO		
ε' _s	0,104%	ε _{cu} (x _{lim} -d')/x _{lim}
σ' _s	21,92	kN/cm ² SE(ε' _s ≤ ε _{sd} ; E _s ε' _s ; f _{yd})
ΔM _d	0,0	kNm MÁXIMO(M _d -M _{d,lim} ; 0)
A' _s	0,00	cm ² ΔM _d /(σ' _s d'(d-d'))
ρ'	0,000%	A' _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL		
A _{s,máx} /(bh)	4,0%	
(A _s +A' _s)/(bh)	0,15%	(A _s +A' _s)/(bh)
ρ/ρ _{máx}	0,04	✓

A taxa de aço é 3,75 cm²/m. Será utilizada armadura de ø10.0 c/15 que equivale a 5,33 cm²/m.

b) Direção X +Mx

$$M_s = +Mx - Nx(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 19 \text{ cm}$$

$$h = 25 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 12,99 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL

b	100	cm
h	25	cm
d"	6,0	cm
d'	6,0	cm
d	19	cm

MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO

M_d	13,0	kNm
-------	------	-----

$M_d/M_{d,lim}$	0,07	$M_d/M_{d,lim}$
armadura	SIMPLES	SE($M_d/M_{d,lim} \leq 1$; "SIMPLES"; "DUPLA")

MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES

k_{duc}	0,45	SE($f_{ck} \leq 50$; 0,45; 0,35)
x_{lim}	8,55	cm
$M_{d,lim}$	194,1	kNm
$A_{s,lim}$	28,65	cm ²
ρ_{lim}	1,51%	$A_{s,lim}/(bd)$

ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES

d_{lim}	4,9	cm
h_{lim}	10,9	cm
		RAIZ($M_d/(k_{duc} \cdot \eta \cdot (1 - k_{duc} \cdot \eta/2) \cdot b \cdot f_{cd})$)
		$d_{lim} + d''$

PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA

x	0,47	cm
$\lambda \cdot x$	0,38	cm
		SE(armadura="SIMPLES"; $(d/\lambda) \cdot \text{RAIZ}(1 - 2M_d/(bd^2 \cdot \eta \cdot f_{cd}))$; x_{lim})
		$\lambda \cdot x$

ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO

$A_{s,cal}$	1,59	cm ²
$A_{s,min}/(bh)$	0,150%	MÁXIMO(0,15%; 0,25 f_{ctd}/f_{yk})
$A_{s,min}$	3,75	cm ²
A_s	3,75	cm ²
ρ	0,197%	$A_s/(bd)$

ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO

ϵ'_s	0,104%	$\epsilon_{cu}(x_{lim} - d'')/x_{lim}$
σ'_s	21,92	kN/cm ²
ΔM_d	0,0	kNm
A'_s	0,00	cm ²
ρ'	0,000%	$\Delta M_d/(\sigma'_s(d - d''))$
		$A'_s/(bd)$

ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL

$A_{s,max}/(bh)$	4,0%	
$(A_s + A'_s)/(bh)$	0,15%	$(A_s + A'_s)/(bh)$
ρ/ρ_{max}	0,04	✓

A taxa de aço é 3,75 cm²/m. Será utilizada armadura de $\varnothing 10.0$ c/15 que equivale a 5,33 cm²/m.

c) Direção Y -M'y

As paredes na direção Y terão somente flexão simples.

SEÇÃO TRANSVERSAL			
b	100	cm	
h	25	cm	
d"	6,0	cm	
d'	6,0	cm	
d	19	cm	
MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO			
M _d	14,1	kNm	
M _d /M _{d,lim}	0,07		M _d /M _{d,lim}
armadura	SIMPLES		SE(M _d /M _{d,lim} ≤ 1;"SIMPLES";"DUPLA")
MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES			
k _{duc}	0,45		SE(f _{ck} ≤ 50;0,45;0,35)
x _{lim}	8,55	cm	k _{duc} d
M _{d,lim}	194,1	kNm	bλx _{lim} ηf _{cd} (d-λx _{lim} /2)
A _{s,lim}	28,65	cm ²	
ρ _{lim}	1,51%		A _{s,lim} /(bd)
ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES			
d _{lim}	5,1	cm	RAIZ(M _d /((k _{duc} λ·η(1-k _{duc} λ/2)bf _{cd})))
h _{lim}	11,1	cm	d _{lim} +d"
PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA			
x	0,52	cm	SE(armadura="SIMPLES";(d/λ)·RAIZ(1-2M _d /(bd ² ηf _{cd})));x _{lim}
λx	0,41	cm	λx
ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO			
A _{s,cal}	1,73	cm ²	bλxηf _{cd} /f _{yd} +A' _s σ' _s /f _{yd}
A _{s,min} /(bh)	0,150%		MÁXIMO(0,15%;0,25f _{ctm} /f _{yk})
A _{s,min}	3,75	cm ²	(A _{s,min} /(bh))bh
A _s	3,75	cm ²	MÁXIMO(A _{s,cal} ;A _{s,min})
ρ	0,197%		A _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO			
ε' _s	0,104%		ε _{cu} (x _{lim} -d')/x _{lim}
σ' _s	21,92	kN/cm ²	SE(ε' _s < ε _{sd} ;E _s ε' _s ;f _{yd})
ΔM _d	0,0	kNm	MÁXIMO(M _d -M _{d,lim} ;0)
A' _s	0,00	cm ²	ΔM _d /(σ' _s (d-d'))
ρ'	0,000%		A' _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL			
A _{s,mín} /(bh)	4,0%		
(A _s +A' _s)/(bh)	0,15%		(A _s +A' _s)/(bh)
ρ/ρ _{mín}	0,04		✓

A taxa de aço é 3,75 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

d) Direção Y +My

As paredes na direção Y terão somente flexão simples.

SEÇÃO TRANSVERSAL			
b	100	cm	
h	25	cm	
d"	6,0	cm	
d'	6,0	cm	
d	19	cm	
MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO			
M _d	4,8	kNm	
M _d /M _{d,lim}	0,02		M _d /M _{d,lim}
armadura	SIMPLES		SE(M _d /M _{d,lim} ≤ 1;"SIMPLES";"DUPLA")
MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES			
k _{duc}	0,45		SE(f _{ck} ≤ 50;0,45;0,35)
x _{lim}	8,55	cm	k _{duc} d
M _{d,lim}	194,1	kNm	bλx _{lim} ηf _{cd} (d-λx _{lim} /2)
A _{s,lim}	28,65	cm ²	A _{s,lim} /(bd)
ρ _{lim}	1,51%		
ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES			
d _{lim}	3,0	cm	RAIZ(M _d /((k _{duc} λ·η(1-k _{duc} λ/2)bf _{cd})))
h _{lim}	9,0	cm	d _{lim} +d"
PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA			
x	0,18	cm	SE(armadura="SIMPLES";(d/λ)·RAIZ(1-2M _d /((bd ² ηf _{cd})));x _{lim})
λx	0,14	cm	λx
ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO			
A _{s,cal}	0,59	cm ²	bλxηf _{cd} /f _{yd} +A' _s σ' _s /f _{yd}
A _{s,min} /(bh)	0,150%		MÁXIMO(0,15%;0,25f _{ctm} /f _{yk})
A _{s,min}	3,75	cm ²	(A _{s,min} /(bh))bh
A _s	3,75	cm ²	MÁXIMO(A _{s,cal} ;A _{s,min})
ρ	0,197%		A _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO			
ε' _s	0,104%		ε _{cu} (x _{lim} -d')/x _{lim}
σ' _s	21,92	kN/cm ²	SE(ε' _s ≤ ε _{ys} ;E _s ε' _s ;f _{yd})
ΔM _d	0,0	kNm	MÁXIMO(M _d -M _{d,lim} ;0)
A' _s	0,00	cm ²	ΔM _d /(σ' _s (d-d'))
ρ'	0,000%		A' _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL			
A _{s,max} /(bh)	4,0%		
(A _s +A' _s)/(bh)	0,15%		(A _s +A' _s)/(bh)
ρ/ρ _{max}	0,04		✓

A taxa de aço é 3,75 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

5. DIMENSIONAMENTO – DECANTADOR

5.1. Modelagem estrutural

O decantador é uma estrutura prismática paralelepípedo semi-enterrada (Figura 19).



Figura 19 – Posicionamento do decantador em relação ao solo.

Para dimensionamento foi considerado como lajes engastadas as paredes do decantador, estas são engastadas em três bordas e engastada na laje superior de acesso ao decantador. As paredes serão submetidas à atuação da força hidrostática correspondente a altura interna total no reservatório e o empuxo do solo na parte externa que se encontra enterrado.

A laje de fundo atua como fundações, em função disto, estrutura foi calculada associando a um meio elástico. Para a interação solo estrutura o coeficiente de recalque vertical será determinado pela relação empírica de Alonso (1943), Teixeira e Godoy (1996).

$$s = 0.2SPT_{médio} (kgf/cm^2)$$

Conforme furo SP-03 temos na camada de apoio $N_{SPT} = 15$. Conforme Alonso (1946) temos:

$$\sigma_{adm} = \frac{N_{SPT}}{5} = \frac{15}{5} = 3,00 \text{ kgf/cm}^2$$

Utilizando a tabela de Morrison (1993) temos

Para $\sigma_{adm} = 3,00 \text{ kgf/cm}^2$ temos $K_v = 6,00 \text{ kgf/cm}^3$

Na estrutura atuam esforços de tração e flexão.

A modelagem estrutural foi feita no software SAP-2000 (Figura 20 e Figura 21) considerando os parâmetros apresentados no item 2.

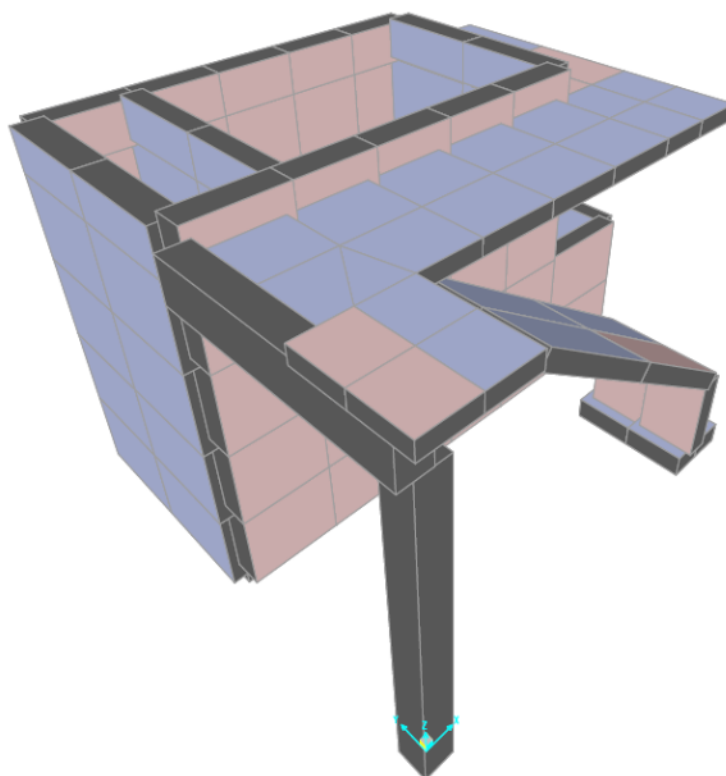


Figura 20 – Modelo estrutural 3D – Vista 1.

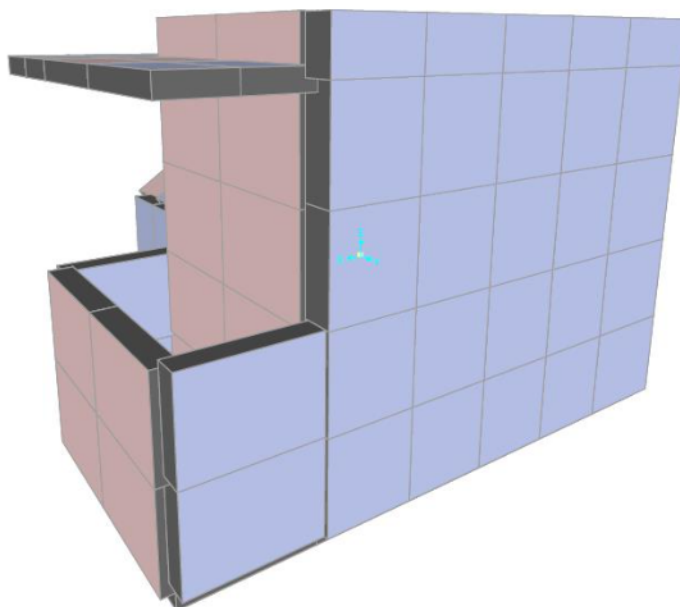


Figura 21 – Modelo estrutural 3D – Vista 2.

Os carregamentos utilizados no dimensionamento foram:

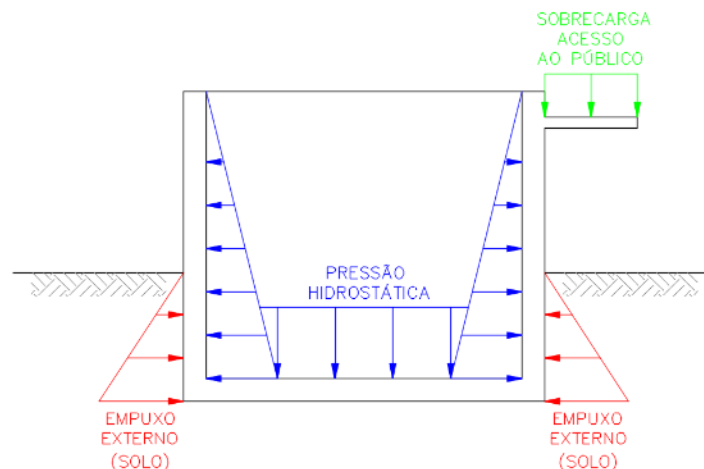


Figura 22 – Cargas aplicadas.

Pressão hidrostática: Carga triangular

$$P_h = \gamma_{\text{agua}} \cdot h = 10,00 \times 2,50 = 25,00 \text{ kN/m}^2$$

Sobrecarga na laje superior: $SC = 3,00 \text{ kN/m}^2$

Empuxo externo solo: $E_{\text{solo}} = \gamma_t \cdot h = 18,00 \times 1,12 = 20,16 \text{ kN/m}^2$

- Cargas Permanentes (CP):
 - Peso próprio.
- Sobrecargas (SC):
 - Carregamento na laje superior (SC-LS);
 - Carga hidrostática laje de fundo e nas paredes lado interno (SC-HI);
 - Carregamento do solo nas paredes lado externo (SC-SO).

Combinação para dimensionamento:

Comb 1: $1,4CP + 1,4SCLS$

Comb 2: $1,4CP + 1,4SCLS + 1,4SCHI$

Comb 3: $1,4CP + 1,4SCLS + 1,4SCHI + 1,4SCSO$

5.2. Resultados da análise estrutural

Conforme informado no item anterior, a análise estrutural foi feita utilizando o software SAP 2000. A Tabela 11 a seguir apresenta os resultados do dimensionamento

eletrônico. Cada área representa uma seção da malha de elementos finitos. Os diagramas de momentos fletores serão apresentados posteriormente na Figura 24 a Figura 27.

Tabela 11 – Esforços nas placas.

Area Text	OutputCase Text	CaseType Text	Fx KN/m	Fy KN/m	Mx KN-m/m	My KN-m/m	T KN-m/m
1	Gmax	Combination	28,86	49,02	-1,16	-1,33	3,62
1	Gmax	Combination	15,96	-14,94	-5,37	0,23	4,29
1	Gmax	Combination	-35,36	-25,26	3,10	17,84	-0,25
1	Gmax	Combination	-22,43	38,72	5,82	38,48	-0,94
2	Gmax	Combination	19,61	3,32	-1,55	-3,27	2,59
2	Gmax	Combination	-10,00	-2,62	0,48	1,40	0,29
2	Gmax	Combination	-10,15	-3,32	1,59	-1,41	-1,13
2	Gmax	Combination	19,47	2,61	-3,75	8,31	1,15
3	Gmax	Combination	26,36	-4,31	-2,68	-5,68	5,11
3	Gmax	Combination	-39,96	-17,41	3,35	16,84	2,85
3	Gmax	Combination	-41,77	-26,45	3,27	17,89	2,07
3	Gmax	Combination	24,47	-13,30	-4,03	0,50	4,31
4	Gmax	Combination	25,24	-9,24	2,16	3,09	4,67
4	Gmax	Combination	-10,69	-16,48	6,23	0,64	2,81
4	Gmax	Combination	-3,86	17,87	-2,99	-0,98	3,16
4	Gmax	Combination	32,05	25,11	6,13	9,96	5,02
5	Gmax	Combination	5,10	-5,30	-2,92	-1,70	6,12
5	Gmax	Combination	-20,80	-10,56	0,60	5,40	4,09
5	Gmax	Combination	-21,28	-13,81	3,38	16,84	3,50
5	Gmax	Combination	4,60	-8,55	-2,94	-5,73	5,57
6	Gmax	Combination	6,05	-1,02	3,15	2,87	5,69
6	Gmax	Combination	13,79	0,53	4,45	-0,33	5,39
6	Gmax	Combination	11,27	-12,06	5,89	0,57	4,52
6	Gmax	Combination	3,54	-13,60	2,41	3,13	4,82
7	Gmax	Combination	-3,02	6,43	1,39	-1,22	5,91
7	Gmax	Combination	-14,08	4,28	1,46	3,75	5,24
7	Gmax	Combination	-17,17	-9,69	-0,08	5,28	5,19
7	Gmax	Combination	-6,00	-7,52	-2,68	-1,66	5,86
8	Gmax	Combination	-5,09	-3,45	-1,50	0,69	5,96
8	Gmax	Combination	13,10	0,19	-3,09	1,26	6,51
8	Gmax	Combination	13,14	0,40	4,70	-0,28	6,40
8	Gmax	Combination	-5,05	-3,24	2,91	2,83	5,86
9	Gmax	Combination	-3,41	6,33	1,90	-1,12	5,29
9	Gmax	Combination	-6,78	-10,66	10,75	1,89	3,53
9	Gmax	Combination	-5,94	-10,36	0,48	0,31	2,92
9	Gmax	Combination	-2,64	6,69	0,70	3,60	4,68
10	Gmax	Combination	-5,53	-4,73	-10,65	-1,29	2,63

Area Text	OutputCase Text	CaseType Text	Fx KN/m	Fy KN/m	Mx KN-m/m	My KN-m/m	T KN-m/m
10	Gmax	Combination	1,15	-3,39	-32,20	-5,76	2,22
10	Gmax	Combination	1,17	-2,17	-2,29	1,42	5,32
10	Gmax	Combination	-5,63	-3,53	-2,00	0,59	5,71
11	Gmax	Combination	3,84	-8,47	7,24	1,19	0,79
11	Gmax	Combination	5,66	0,62	-1,36	-0,48	-0,37
11	Gmax	Combination	1,00	-0,31	0,24	0,02	-0,41
11	Gmax	Combination	-0,82	-9,40	-0,03	0,20	0,75
12	Gmax	Combination	5,04	-2,51	1,33	0,33	-0,03
12	Gmax	Combination	1,84	-3,15	-0,48	-0,11	-0,34
12	Gmax	Combination	1,83	-3,23	-6,20	-0,56	-0,17
12	Gmax	Combination	5,02	-2,59	-7,12	-0,59	0,14
13	Gmax	Combination	-5,68	-15,08	0,12	-0,40	-0,02
13	Gmax	Combination	-1,46	6,02	0,40	0,33	-0,16
13	Gmax	Combination	1,92	6,69	-0,26	-0,68	-0,01
13	Gmax	Combination	-2,30	-14,41	-0,44	-0,51	0,12
14	Gmax	Combination	-4,30	-21,42	-0,67	-1,28	-0,49
14	Gmax	Combination	-2,92	-14,53	-1,32	-0,69	-0,19
14	Gmax	Combination	0,55	-13,84	0,16	-0,39	0,07
14	Gmax	Combination	-0,83	-20,73	0,24	-0,48	-0,23
15	Gmax	Combination	-0,82	0,60	-0,01	-0,10	-0,06
15	Gmax	Combination	-0,86	0,41	0,60	0,55	-0,14
15	Gmax	Combination	0,82	0,74	-0,14	0,32	0,20
15	Gmax	Combination	0,85	0,93	0,02	-0,01	0,28
16	Gmax	Combination	0,28	-0,60	-0,01	0,06	0,32
16	Gmax	Combination	1,16	3,53	0,89	-0,48	0,27
16	Gmax	Combination	-0,28	3,26	0,43	-0,30	-0,14
16	Gmax	Combination	-1,15	-0,87	0,01	0,00	-0,09
17	Gmax	Combination	-0,93	0,39	1,01	0,63	0,10
17	Gmax	Combination	-0,81	1,06	-0,01	-0,11	0,05
17	Gmax	Combination	0,88	1,39	0,01	-0,07	-0,31
17	Gmax	Combination	0,75	0,73	0,53	0,46	-0,26
18	Gmax	Combination	1,12	3,53	1,46	-0,37	-0,25
18	Gmax	Combination	0,47	-0,04	-0,02	0,02	-0,32
18	Gmax	Combination	-1,07	-0,32	0,01	-0,01	0,07
18	Gmax	Combination	-0,41	3,24	0,84	-0,22	0,14
19	Gmax	Combination	18,41	3,72	2,74	-3,13	-1,99
19	Gmax	Combination	5,71	-59,78	-3,48	-3,80	-1,70
19	Gmax	Combination	-44,43	-69,81	-2,79	-24,02	-3,23
19	Gmax	Combination	-31,73	-6,31	-3,21	-15,27	-3,51
20	Gmax	Combination	1,97	-8,91	1,23	2,28	2,11
20	Gmax	Combination	-4,99	-43,69	0,76	1,10	1,96
20	Gmax	Combination	9,51	-40,79	-3,97	-6,26	-0,13

Area Text	OutputCase Text	CaseType Text	Fx KN/m	Fy KN/m	Mx KN-m/m	My KN-m/m	T KN-m/m
20	Gmax	Combination	16,46	-6,02	4,50	5,64	0,02
21	Gmax	Combination	-2,95	-61,52	-2,98	-3,70	-1,92
21	Gmax	Combination	1,52	-39,18	-3,63	-7,21	-1,07
21	Gmax	Combination	-46,14	-48,71	-3,72	-13,34	0,53
21	Gmax	Combination	-50,61	-71,05	-4,04	-24,27	-0,32
22	Gmax	Combination	0,39	-42,61	0,83	1,12	-0,04
22	Gmax	Combination	0,16	-43,77	1,38	0,78	-1,31
22	Gmax	Combination	0,62	-43,68	-3,68	-7,46	-1,67
22	Gmax	Combination	0,85	-42,52	-3,48	-6,16	-0,40
23	Gmax	Combination	0,42	-22,24	-1,02	-4,79	-0,38
23	Gmax	Combination	1,19	-18,43	1,20	1,35	-0,28
23	Gmax	Combination	0,02	-18,66	1,34	4,00	1,67
23	Gmax	Combination	-0,74	-22,47	0,66	-0,56	1,57
24	Gmax	Combination	9,15	-16,84	1,84	1,48	1,17
24	Gmax	Combination	7,31	-26,05	-2,21	0,08	1,66
24	Gmax	Combination	3,55	-26,81	1,13	-0,47	0,54
24	Gmax	Combination	5,39	-17,59	1,41	4,02	0,05
25	Gmax	Combination	6,44	8,84	-0,01	2,24	0,79
25	Gmax	Combination	2,36	-11,55	0,04	-0,73	1,05
25	Gmax	Combination	2,57	-11,51	0,76	-0,87	-0,42
25	Gmax	Combination	6,65	8,88	0,70	3,76	-0,68
26	Gmax	Combination	8,33	-10,35	-0,50	-0,83	0,29
26	Gmax	Combination	8,71	-8,45	-0,39	0,38	0,32
26	Gmax	Combination	10,92	-8,01	-1,98	1,21	1,17
26	Gmax	Combination	10,54	-9,91	1,39	-0,75	1,14
27	Gmax	Combination	0,70	-1,61	-0,75	-3,62	-0,42
27	Gmax	Combination	0,84	-0,91	0,06	1,19	-0,46
27	Gmax	Combination	4,64	-0,15	0,58	2,01	0,79
27	Gmax	Combination	4,50	-0,85	-1,81	-6,76	0,82
28	Gmax	Combination	12,10	1,34	-0,50	1,08	0,56
28	Gmax	Combination	11,21	-3,12	-0,18	-0,25	0,57
28	Gmax	Combination	9,72	-3,42	-0,49	-0,15	0,20
28	Gmax	Combination	10,61	1,04	0,04	1,90	0,18
29	Gmax	Combination	-7,35	-40,95	-4,28	-7,34	0,45
29	Gmax	Combination	-10,31	-55,76	-1,42	-3,65	1,55
29	Gmax	Combination	-30,52	-59,80	-1,35	-14,00	1,98
29	Gmax	Combination	-27,56	-44,99	-2,14	-13,03	0,87
30	Gmax	Combination	-3,51	-42,89	1,30	-1,86	0,27
30	Gmax	Combination	0,44	-23,15	-1,62	-0,70	-0,49
30	Gmax	Combination	-3,97	-24,01	-1,53	-4,22	-0,03
30	Gmax	Combination	-7,92	-43,75	-3,83	-5,09	0,73
31	Gmax	Combination	7,61	-27,51	-2,02	1,90	-0,98

Area Text	OutputCase Text	CaseType Text	Fx KN/m	Fy KN/m	Mx KN-m/m	My KN-m/m	T KN-m/m
31	Gmax	Combination	10,40	-13,54	-0,42	0,14	-0,39
31	Gmax	Combination	2,03	-15,21	-1,62	-0,66	-0,42
31	Gmax	Combination	-0,77	-29,19	1,27	-2,00	-1,02
32	Gmax	Combination	11,12	-7,97	-0,34	0,39	0,35
32	Gmax	Combination	11,09	-8,15	-0,48	0,18	-0,02
32	Gmax	Combination	11,49	-8,07	-0,38	0,34	-0,33
32	Gmax	Combination	11,53	-7,89	-2,16	1,18	0,04
33	Gmax	Combination	16,05	-2,15	-0,29	-0,27	0,19
33	Gmax	Combination	16,45	-0,18	-0,25	0,08	0,02
33	Gmax	Combination	12,52	-0,96	-0,45	0,32	0,11
33	Gmax	Combination	12,13	-2,93	-0,45	-0,15	0,28
34	Gmax	Combination	-1,31	6,35	-2,16	-4,30	-0,03
34	Gmax	Combination	-6,18	-18,00	0,37	-1,02	1,27
34	Gmax	Combination	-6,18	-18,05	4,35	-4,89	0,20
34	Gmax	Combination	-1,29	6,40	0,77	2,17	-1,09
35	Gmax	Combination	-2,06	-23,65	-1,25	-0,62	-0,56
35	Gmax	Combination	1,76	-4,58	0,38	-0,46	-0,57
35	Gmax	Combination	-3,70	-5,67	0,32	-1,27	-0,06
35	Gmax	Combination	-7,52	-24,74	-2,17	-4,34	-0,04
36	Gmax	Combination	3,25	-14,97	-0,66	0,10	-0,45
36	Gmax	Combination	5,21	-5,14	0,23	0,07	-0,49
36	Gmax	Combination	1,50	-5,88	0,37	-0,52	-0,59
36	Gmax	Combination	-0,47	-15,71	-1,24	-0,59	-0,55
37	Gmax	Combination	9,43	-8,48	-0,36	0,20	-0,22
37	Gmax	Combination	11,36	1,16	0,29	0,18	-0,29
37	Gmax	Combination	6,27	0,14	0,25	0,15	-0,39
37	Gmax	Combination	4,34	-9,50	-0,62	0,29	-0,33
38	Gmax	Combination	14,89	-0,49	-0,27	0,08	-0,03
38	Gmax	Combination	14,85	-0,68	0,36	-0,10	-0,13
38	Gmax	Combination	10,83	-1,48	0,26	0,00	-0,21
38	Gmax	Combination	10,86	-1,29	-0,33	0,34	-0,12
39	Gmax	Combination	-0,59	-16,89	1,09	-0,87	0,86
39	Gmax	Combination	4,83	10,20	3,03	0,27	0,33
39	Gmax	Combination	-1,97	8,84	-0,04	0,12	1,74
39	Gmax	Combination	-7,38	-18,25	0,57	-5,65	2,27
40	Gmax	Combination	3,73	-4,18	0,19	-0,49	-0,20
40	Gmax	Combination	5,59	5,08	2,34	0,09	0,14
40	Gmax	Combination	3,73	4,71	2,96	-0,11	0,31
40	Gmax	Combination	1,88	-4,55	1,04	-1,13	-0,03

5.3. Verificação das tensões no solo

A Tabela 12 a seguir apresenta as reações das placas no solo. Cada junta representa um ponto da malha de elementos finitos da laje de fundo que está em contato com o solo Figura 23.

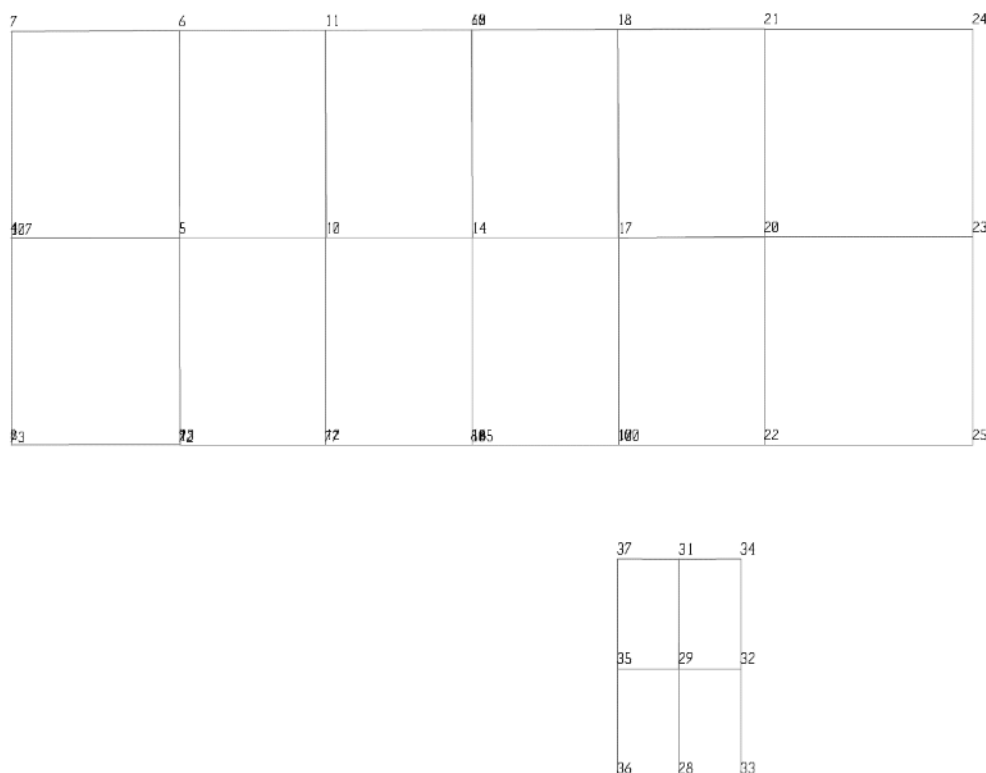


Figura 23 – Numeração dos nós na laje de fundo.

Tabela 12 – Reações no solo.

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
4	Gmax	Combination	0,00	0,00	23,70	0,00	0,00	0,00
5	Gmax	Combination	0,00	0,00	40,13	0,00	0,00	0,00
6	Gmax	Combination	0,00	0,00	25,79	0,00	0,00	0,00
7	Gmax	Combination	0,00	0,00	15,28	0,00	0,00	0,00
8	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,29	0,00	0,00	0,00
9	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,34	0,00	0,00	0,00
10	Gmax	Combination	0,00	0,00	35,47	0,00	0,00	0,00
11	Gmax	Combination	0,00	0,00	21,93	0,00	0,00	0,00
12	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,49	0,00	0,00	0,00
13	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,56	0,00	0,00	0,00
14	Gmax	Combination	0,00	0,00	34,53	0,00	0,00	0,00
15	Gmax	Combination	0,00	0,00	19,92	0,00	0,00	0,00
16	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,67	0,00	0,00	0,00
17	Gmax	Combination	0,00	0,00	34,24	0,00	0,00	0,00
18	Gmax	Combination	0,00	0,00	17,96	0,00	0,00	0,00

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
19	Gmax	Combination	0,00	0,00	16,53	0,00	0,00	0,00
20	Gmax	Combination	0,00	0,00	39,90	0,00	0,00	0,00
21	Gmax	Combination	0,00	0,00	19,25	0,00	0,00	0,00
22	Gmax	Combination	0,00	0,00	20,87	0,00	0,00	0,00
23	Gmax	Combination	0,00	0,00	19,37	0,00	0,00	0,00
24	Gmax	Combination	0,00	0,00	9,19	0,00	0,00	0,00
25	Gmax	Combination	0,00	0,00	10,20	0,00	0,00	0,00
28	Gmax	Combination	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00
29	Gmax	Combination	0,00	0,00	2,97	0,00	0,00	0,00
31	Gmax	Combination	0,00	0,00	2,38	0,00	0,00	0,00
32	Gmax	Combination	0,00	0,00	1,03	0,00	0,00	0,00
33	Gmax	Combination	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00
34	Gmax	Combination	0,00	0,00	0,96	0,00	0,00	0,00
35	Gmax	Combination	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00	0,00
36	Gmax	Combination	0,00	0,00	0,53	0,00	0,00	0,00
37	Gmax	Combination	0,00	0,00	1,42	0,00	0,00	0,00

A tensão no solo será determinada pela equação:

$$\sigma_{solo} = \frac{P_{concreto} + P_{agua} + SC}{A}$$

Conforme somatório da coluna F3 que são as reações em z e equivale ao somatório do numerador da equação, temos 464,47 kN. A área do apoio no solo é de 7,46 m². Temos uma tensão no solo de:

$$\sigma = \frac{464,47}{7,46} = 62,26 \frac{kN}{m^2} = 0,63 \frac{kgf}{cm^2} \leq 3,00 \frac{kgf}{cm^2} (ok)$$

Logo a fundação poderá ser do tipo direta.

A Figura 24 a Figura 27 apresentam os momentos fletores nas lajes e paredes.

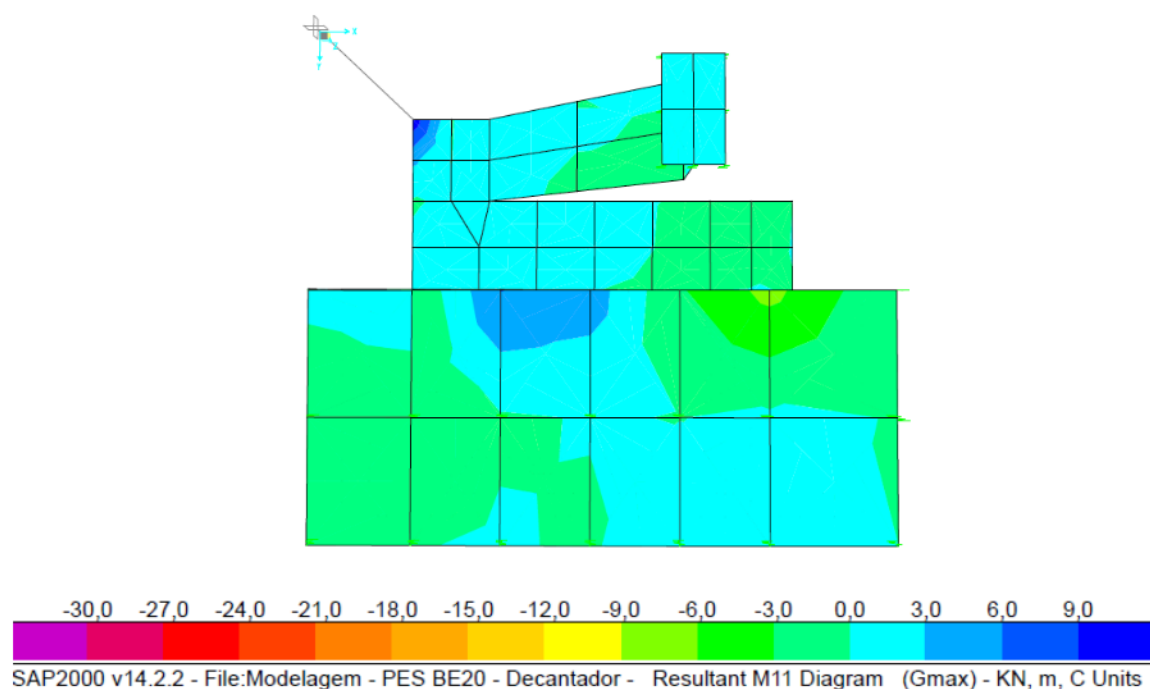


Figura 24 – Momento na direção X na laje de fundo.

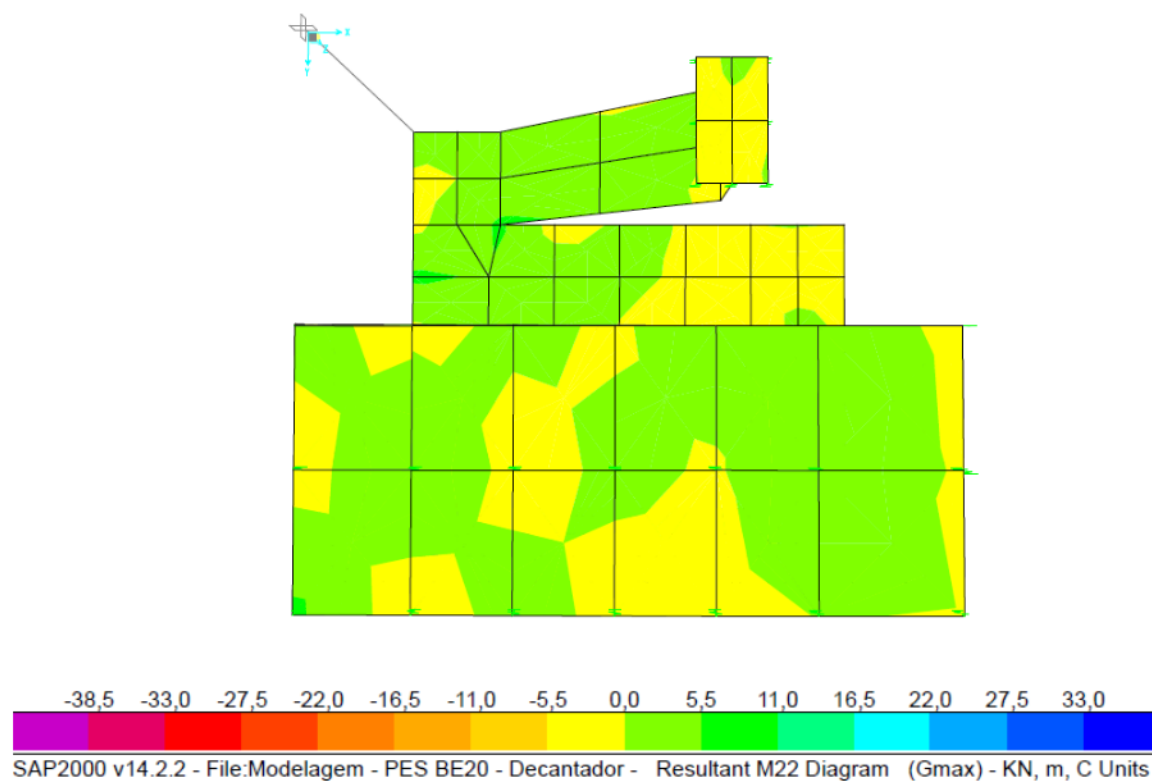


Figura 25 – Momento na direção Y na laje de fundo.

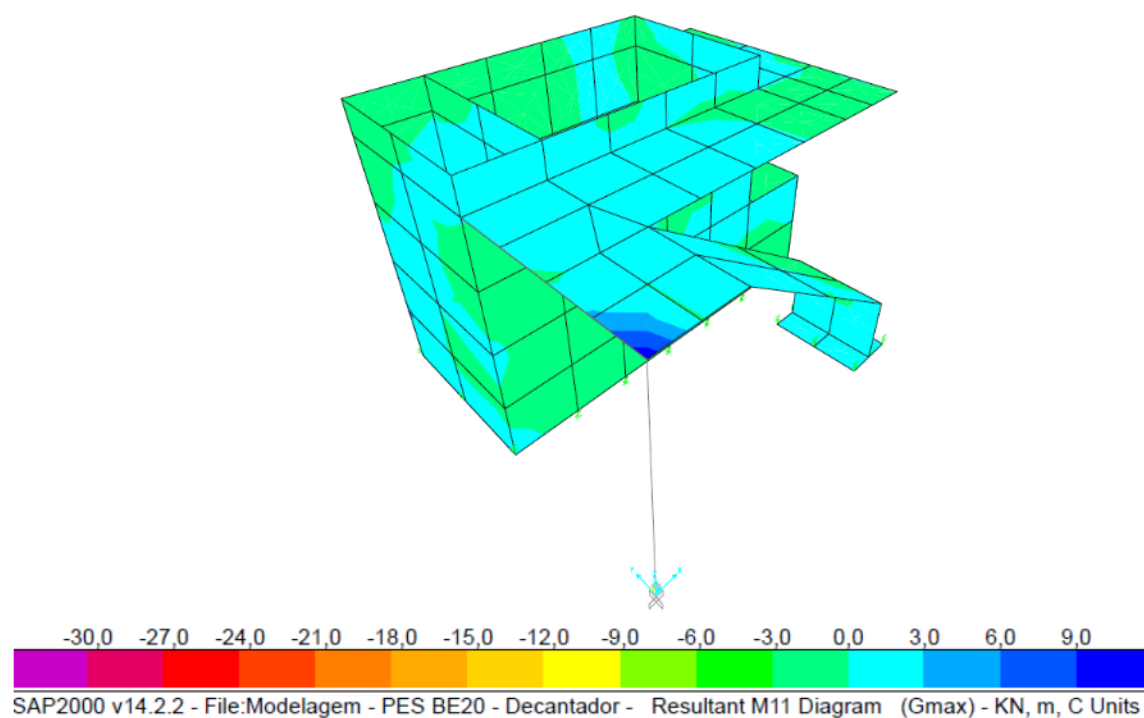


Figura 26 – Momento na direção X nas lajes superiores e paredes.

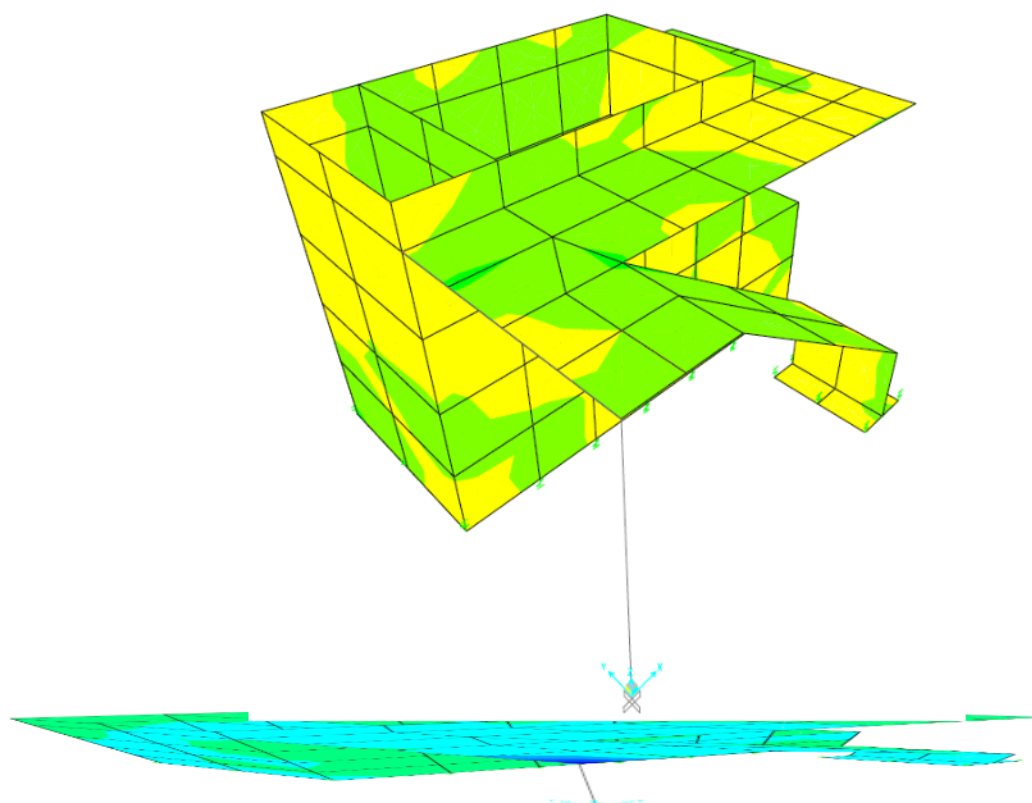


Figura 27 – Momento na direção Y nas lajes superiores e paredes.

As tabelas a seguir apresentam o resumo das reações, cujos maiores esforços nas paredes são devido à pressão hidrostática.

Tabela 13 – Momento Fletores.

Elementos	Momento Fletores (kN.m/m)			
	-M'x	+Mx	-M'y	+My
Laje superior	-	-	8,75	4,32
Paredes	11,23	8,95	15,17	12,10
Laje de Fundo	6,15	5,86	3,99	3,57

Tabela 14 – Força Normal de Tração.

Elementos	Força Normal de Tração (kN/m)	
	Parede	Fundo
Paredes	21,18	22,48

5.4. Armação lajes de fundo

Nas lajes de fundo os esforços de tração e flexão atuam em conjunto ocasionando flexo-tração, logo a área de aço deve ser calculada em função das duas solicitações, desta forma conforme a Tabela 13 e a Tabela 14.

$$\text{Flexão em X} \rightarrow \begin{cases} -M'x = 6,15 \text{ kNm/m} \\ +Mx = 5,86 \text{ kN m/m} \end{cases}$$

$$\text{Flexão em Y} \rightarrow \begin{cases} -M'y = 3,99 \text{ kNm/m} \\ +My = 3,57 \text{ kN m/m} \end{cases}$$

$$\text{Tração} \rightarrow \begin{cases} Nx = 21,18 \text{ kNm/m} \\ Ny = 22,48 \text{ kN m/m} \end{cases}$$

As figuras a seguir apresentam os resultados do dimensionamento.

a) Direção -M'x

$$M_s = -M'x - Nx(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 14 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 6,14 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL

b	100	cm
h	20	cm
d"	6,0	cm
d'	6,0	cm
d	14	cm

MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO

M _d	6,1	kNm
----------------	-----	-----

M _d /M _{d,lim}	0,06	M _d /M _{d,lim}
armadura	SIMPLES	SE(M _d /M _{d,lim} ≤ 1; "SIMPLES"; "DUPLA")

MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES

k _{duc}	0,45	SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
x _{lim}	6,30	cm
M _{d,lim}	105,4	kNm
A _{s,lim}	21,11	cm ²
ρ _{lim}	1,51%	A _{s,lim} /(b·d)

ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES

d _{lim}	3,4	cm
h _{lim}	9,4	cm

PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA

x	0,30	cm
λ·x	0,24	cm

ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO

A _{s,cal}	1,02	cm ²
A _{s,min} /(b·h)	0,150%	MÁXIMO(0,15%; 0,25f _{ctd} /f _{yk})
A _{s,min}	3,00	cm ²
A _s	3,00	cm ²
ρ	0,214%	A _s /(b·d)

ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO

ε' _s	0,017%	ε _{cu} (x _{lim} -d')/x _{lim}
σ' _s	3,50	kN/cm ²
ΔM _d	0,0	kNm
A' _s	0,00	cm ²
ρ'	0,000%	A' _s /(b·d)

ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL

A _{s,max} /(b·h)	4,0%	
(A _s +A' _s)/(b·h)	0,15%	(A _s +A' _s)/(b·h)
ρ/ρ _{máx}	0,04	✓

A taxa de aço é 3,00 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

b) Direção +Mx

$$M_s = +Mx - Nx(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 14 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 5,83 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL		
b	100	cm
h	20	cm
d"	6,0	cm
d'	6,0	cm
d	14	cm
MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO		
M _g	5,8	kNm
M _g /M _{g,lim}	0,06	
armadura	SIMPLES	SE(M _g /M _{g,lim} ≤ 1; "SIMPLES"; "DUPLA")
MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES		
k _{duc}	0,45	SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
x _{lim}	6,30	cm
M _{g,lim}	105,4	kNm
A _{s,lim}	21,11	cm ²
ρ _{lim}	1,51%	A _{s,lim} /(bd)
ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES		
d _{lim}	3,3	cm
h _{lim}	9,3	cm
PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA		
x	0,29	cm
λx	0,23	cm
ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO		
A _{s,cal}	0,96	cm ²
A _{s,min} /(bh)	0,150%	MÁXIMO(0,15%; 0,25f _{ctm} /f _{yk})
A _{s,min}	3,00	cm ²
A _s	3,00	cm ²
ρ	0,214%	A _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO		
ε _s	0,017%	ε _{cu} (x _{lim} -d')/x _{lim}
σ _s	3,50	kN/cm ²
ΔM _g	0,0	kNm
A' _s	0,00	cm ²
ρ'	0,000%	A' _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL		
A _{s,min} /(bh)	4,0%	
(A _s +A' _s)/(bh)	0,15%	(A _s +A' _s)/(bh)
ρ/ρ _{máx}	0,04	✓

A taxa de aço é 3,00 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

c) Direção -M'y

$$M_s = -M'y - Ny(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 14 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 3,97 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL			
b	100	cm	
h	20	cm	
d"	6,0	cm	
d'	6,0	cm	
d	14	cm	
MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO			
M _G	4,0	kNm	
M _G /M _{d,lim}	0,04		M _G /M _{d,lim}
armadura	SIMPLES		SE(M _G /M _{d,lim} <= 1;"SIMPLES";"DUPLA")
MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES			
k _{duo}	0,45		SE(f _{ck} <= 50; 0,45; 0,35)
x _{lim}	6,30	cm	k _{duo} d
M _{d,lim}	105,4	kNm	bλx _{lim} ηf _{cd} (d-λx _{lim} /2)
A _{s,lim}	21,11	cm ²	
ρ _{lim}	1,51%		A _{s,lim} /(bd)
ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES			
d _{lim}	2,7	cm	RAIZ(M _G /(k _{duo} λη(1-k _{duo} λ/2)bf _{cd}))
h _{lim}	8,7	cm	d _{lim} +d"
PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA			
x	0,20	cm	SE(armadura="SIMPLES";(d/λ)RAIZ(1-2M _G /(bd ² ηf _{cd}));x _{lim})
λx	0,16	cm	λx
ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO			
A _{s,cal}	0,66	cm ²	bλxηf _{cd} /f _{yd} +A' _s σ' _s /f _{yd}
A _{s,min} /(bh)	0,150%		MÁXIMO(0,15%; 0,25f _{ctm} /f _{yk})
A _{s,min}	3,00	cm ²	(A _{s,min} /(bh))bh
A _s	3,00	cm ²	MÁXIMO(A _{s,cal} ; A _{s,min})
ρ	0,214%		A _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO			
ε' _s	0,017%		ε _{cu} (x _{lim} -d')/x _{lim}
σ' _s	3,50	kN/cm ²	SE(ε' _s < ε _{sg} ; E _s ε' _s ; f _{yd})
ΔM _G	0,0	kNm	MÁXIMO(M _G -M _{d,lim} ; 0)
A' _s	0,00	cm ²	ΔM _G /(σ' _s (d-d'))
ρ'	0,000%		A' _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL			
A _{s,max} /(bh)	4,0%		
(A _s +A' _s)/(bh)	0,15%		(A _s +A' _s)/(bh)
ρ/ρ _{máx}	0,04		✓

A taxa de aço é 3,00 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

d) Direção +My

$$M_s = +My - Ny(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 14 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 3,56 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL

b	100	cm
h	20	cm
d"	6,0	cm
d'	6,0	cm
d	14	cm

MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO

M _d	3,6	kNm
----------------	-----	-----

$$M_d/M_{d,lim} = 0,03$$

armadura **SIMPLES**

$$M_d/M_{d,lim}$$

SE(M_d/M_{d,lim} ≤ 1; "SIMPLES"; "DUPLA")

MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES

k _{duc}	0,45	SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
x _{lim}	6,30	cm
M _{d,lim}	105,4	kNm
A _{s,lim}	21,11	cm ²
ρ _{lim}	1,51%	A _{s,lim} /(b·d)

ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES

d _{lim}	2,6	cm
RAIZ(M _d /((k _{duc} ·λ·η·(1-k _{duc} ·λ/2)·b·f _{cd}))		
h _{lim}	8,6	cm
d _{lim} +d"		

PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA

x	0,18	cm
SE(armadura="SIMPLES"; (d/λ)·RAIZ(1-2M _d /(b·d ² ·η·f _{cd}))		
λ·x	0,14	cm
λ·x		

ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO

A _{s,cal}	0,59	cm ²
b·λ·x·η·f _{cd} /f _{yd} +A _s ·σ _s /f _{yd}		
MÁXIMO(0,15%; 0,25f _{ctm} /f _{yk})		
A _{s,min} /(b·h)	0,150%	
(A _{s,min} /(b·h))·b·h		
A _s	3,00	cm ²
MÁXIMO(A _{s,cal} ; A _{s,min})		
ρ	0,214%	A _s /(b·d)

ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO

ε _s	0,017%	ε _{cu} (x _{lim} -d')/x _{lim}
σ _s	3,50	kN/cm ²
SE(ε _s ≤ ε _{sd} ; E _s ·ε _s ; f _{yd})		
ΔM _d	0,0	kNm
MÁXIMO(M _d -M _{d,lim} ; 0)		
A _s	0,00	cm ²
ΔM _d /(σ _s ·(d-d'))		
ρ'	0,000%	A _s '/(b·d)

ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL

A _{s,max} /(b·h)	4,0%	
(A _s +A _s ')/(b·h)	0,15%	(A _s +A _s ')/(b·h)
ρ/ρ _{max}	0,04	✓

A taxa de aço é 3,00 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

5.5. Armação lajes superiores

As lajes superiores para acesso terão somente flexão simples, logo sua armadura será calculada como laje. Conforme a Tabela 13 e a Tabela 14 temos:

A figura a seguir apresenta os resultados do dimensionamento.

a) Direção -M'y

SEÇÃO TRANSVERSAL

b	100	cm
h	12	cm
d"	4,0	cm
d'	4,0	cm
d	8	cm

MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO

M_d	8,8	kNm
$M_d/M_{d,lim}$	0,26	$M_d/M_{d,lim}$
armadura	SIMPLES	SE($M_d/M_{d,lim} \leq 1$; "SIMPLES"; "DUPLA")

MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES

k_{duc}	0,45	SE($f_{ck} \leq 50$; 0,45; 0,35)
x_{lim}	3,60	cm $k_{duc}d$
$M_{d,lim}$	34,4	kNm $b \lambda x_{lim} \eta f_{cd} (d - \lambda x_{lim}/2)$
$A_{s,lim}$	12,07	cm ²
ρ_{lim}	1,51%	$A_{s,lim}/(bd)$

ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES

d_{lim}	4,0	cm $RAIZ(M_d/(k_{duc} \lambda \eta (1 - k_{duc} \lambda/2) b f_{cd}))$
h_{lim}	8,0	cm $d_{lim} + d''$

PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA

x	0,79	cm $SE(armadura="SIMPLES"; (d/\lambda) RAIZ(1 - 2M_d/(b d^2 \eta f_{cd}))); x_{lim}$
λx	0,63	cm λx

ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO

$A_{s,cal}$	2,63	cm ² $b \lambda x \eta f_{cd}/f_{yd} + A'_s \sigma'_s/\sigma'_s f_{yd}$
$A_{s,min}/(bh)$	0,150%	MÁXIMO(0,15%; 0,25 f_{ctm}/f_{yk})
$A_{s,min}$	1,80	cm ² $(A_{s,min}/(bh))bh$
A_s	2,63	cm ² MÁXIMO($A_{s,cal}$; $A_{s,min}$)
ρ	0,329%	$A_s/(bd)$

ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO

ϵ'_s	-0,039%	$\epsilon_{cu}(x_{lim} - d'')/x_{lim}$
σ'_s	-8,17	kN/cm ² SE($\epsilon'_s < \epsilon_{yd}$; $E_s \epsilon'_s$; f_{yd})
ΔM_d	0,0	kNm MÁXIMO($M_d - M_{d,lim}$; 0)
A'_s	0,00	cm ² $\Delta M_d/(\sigma'_s (d - d'))$
ρ'	0,000%	$A'_s/(bd)$

ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL

$A_{s,max}/(bh)$	4,0%	
$(A_s + A'_s)/(bh)$	0,22%	$(A_s + A'_s)/(bh)$
ρ/ρ_{max}	0,05	✓

A taxa de aço é 2,63 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

b) Direção +M'y

SEÇÃO TRANSVERSAL

b	100	cm
h	12	cm
d"	4,0	cm
d'	4,0	cm
d	8	cm

MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO

M_d	4,3	kNm
$M_d/M_{d,lim}$	0,13	$M_d/M_{d,lim}$
armadura	SIMPLES	SE($M_d/M_{d,lim} \leq 1$; "SIMPLES"; "DUPLA")

MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES

k_{duc}	0,45	SE($f_{ck} \leq 50$; 0,45; 0,35)
x_{lim}	3,60	cm $k_{duc}d$
$M_{d,lim}$	34,4	kNm $b \lambda x_{lim} \eta f_{cd} (d - \lambda x_{lim}/2)$
$A_{s,lim}$	12,07	cm ²
ρ_{lim}	1,51%	$A_{s,lim}/(bd)$

ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES

d_{lim}	2,8	cm $RAIZ(M_d/(k_{duc} \lambda \eta (1 - k_{duc} \lambda/2) b f_{cd}))$
h_{lim}	6,8	cm $d_{lim} + d''$

PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA

x	0,38	cm $SE(armadura = "SIMPLES"; (d/\lambda) RAIZ(1 - 2M_d/(b d^2 \eta f_{cd})); x_{lim})$
λx	0,30	cm λx

ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO

$A_{s,cal}$	1,27	cm ² $b \lambda x \eta f_{cd}/f_{yd} + A'_s \sigma'_s/\sigma'_s/f_{yd}$
$A_{s,min}/(bh)$	0,150%	MÁXIMO(0,15%; 0,25 f_{ctm}/f_{yk})
$A_{s,min}$	1,80	cm ² $(A_{s,min}/(bh))bh$
A_s	1,80	cm ² MÁXIMO($A_{s,cal}$; $A_{s,min}$)
ρ	0,225%	$A_s/(bd)$

ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO

ϵ'_s	-0,039%	$\epsilon_{cu}(x_{lim} - d'')/x_{lim}$
σ'_s	-8,17	kN/cm ² $SE(\epsilon'_s < \epsilon_{yd}; E_s \epsilon'_s; f_{yd})$
ΔM_d	0,0	kNm MÁXIMO($M_d - M_{d,lim}$; 0)
A'_s	0,00	cm ² $\Delta M_d/(\sigma'_s (d - d''))$
ρ'	0,000%	$A'_s/(bd)$

ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL

$A_{s,max}/(bh)$	4,0%	
$(A_s + A'_s)/(bh)$	0,15%	$(A_s + A'_s)/(bh)$
ρ/ρ_{max}	0,04	✓

A taxa de aço é 1,80 cm²/m. Será utilizada armadura de $\phi 6.3$ c/15 que equivale a 2,10 cm²/m.

5.6. Armação nas paredes

Nas paredes os esforços de tração e flexão atuam em conjunto, ocasionando flexo-tração, logo a área de aço deve ser calculada em função das duas solicitações, desta forma conforme a Tabela 13 e a Tabela 14.

$$\text{Flexão em X} \rightarrow \begin{cases} -M'_x = 11,23 \text{ kNm/m} \\ +M_x = 8,95 \text{ kN m/m} \end{cases}$$

$$\text{Flexão em Y} \rightarrow \begin{cases} -M'_y = 15,17 \text{ kNm/m} \\ +M_y = 12,10 \text{ kN m/m} \end{cases}$$

$$\text{Tração} \rightarrow \{N_x = 21,18 \text{ kN/m}$$

As figuras a seguir apresentam os resultados do dimensionamento.

a) Direção -M'x

$$M_s = -M'x - Nx(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 14 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 11,22 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL

b	100	cm
h	12	cm
d"	4,0	cm
d'	4,0	cm
d	8	cm

MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO

M _d	11,2	kNm
----------------	------	-----

M _d /M _{d,lim}	0,33
------------------------------------	------

M _d /M _{d,lim}	SE(M _d /M _{d,lim} ≤ 1; "SIMPLES"; "DUPLA")
------------------------------------	--

armadura **SIMPLES**

MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES

k _{duc}	0,45	SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
x _{lim}	3,60	cm
M _{d,lim}	34,4	kNm
A _{s,lim}	12,07	cm ²
ρ _{lim}	1,51%	A _{s,lim} /(b·d)

ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES

d _{lim}	4,6	cm
RAIZ(M _d /(k _{duc} ·η·(1-k _{duc} ·j/2)·b·f _{cd}))		
h _{lim}	8,6	cm
d _{lim} +d"		

PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA

x	1,01	cm
SE(armadura="SIMPLES"; (d/λ)·RAIZ(1-2M _d /(b·d ² ·η·f _{cd})))		
λ·x	0,81	cm
λ·x		

ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO

A _{s,cal}	3,40	cm ²
b·λ·x·η·f _{cd} /f _{yd} +A' _s ·σ' _s /f _{yd}		
A _{s,min} /(b·h)	0,150%	MÁXIMO(0,15%; 0,25·f _{ctm} /f _{yk})
A _{s,min}	1,80	cm ²
(A _{s,min} /(b·h))·b·h		
A _s	3,40	cm ²
MÁXIMO(A _{s,cal} ; A _{s,min})		
ρ	0,425%	A _s /(b·d)

ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO

ε _s	-0,039%	ε _{cu} (x _{lim} -d')/x _{lim}
σ' _s	-8,17	kN/cm ²
SE(ε _s ≤ ε _{sd} ; E _s ·ε _s ; f _{yd})		
ΔM _d	0,0	kNm
MÁXIMO(M _d -M _{d,lim} ; 0)		
A' _s	0,00	cm ²
ΔM _d /(σ' _s ·(d-d'))		
ρ'	0,000%	A' _s /(b·d)

ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL

A _{s,máx} /(b·h)	4,0%	
(A _s +A' _s)/(b·h)	0,28%	(A _s +A' _s)/(b·h)
ρ/ρ _{máx}	0,07	✓

A taxa de aço é 3,00 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

b) Direção +Mx

$$M_s = +Mx - Nx(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 14 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 8,93 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL

b	100	cm
h	12	cm
d"	4,0	cm
d'	4,0	cm
d	8	cm

MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO

M _d	8,9	kNm
----------------	-----	-----

M _d /M _{d,lim}	0,26
------------------------------------	------

M _d /M _{d,lim}

armadura **SIMPLES**

SE(M_d/M_{d,lim} ≤ 1; "SIMPLES"; "DUPLA")

MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES

K _{duc}	0,45	SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
------------------	------	--------------------------------------

x _{lim}	3,60	cm
------------------	------	----

K _{duc} d

M _{d,lim}	34,4	kNm
--------------------	------	-----

b · λ · x _{lim} · η · f _{cd} (d - λ · x _{lim} / 2)

A _{s,lim}	12,07	cm ²
--------------------	-------	-----------------

A _{s,lim} / (bd)

ρ _{lim}	1,51%
------------------	-------

A _{s,lim} / (bd)

ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES

d _{lim}	4,1	cm
------------------	-----	----

RAIZ(M _d / (K _{duc} · λ · η · (1 - K _{duc} · λ / 2) · b · f _{cd}))

h _{lim}	8,1	cm
------------------	-----	----

d _{lim} + d"

PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA

x	0,80	cm
---	------	----

SE(armadura = "SIMPLES"; (d / λ) · RAIZ(1 - 2M _d / (b · d ² · η · f _{cd})); x _{lim})
--

λ · x	0,64	cm
-------	------	----

λ · x

ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO

A _{s,cal}	2,67	cm ²
--------------------	------	-----------------

b · λ · x · η · f _{cd} / f _{yd} + A _s · σ _s ' / f _{yd}

A _{s,min} / (bh)	0,150%
---------------------------	--------

MÁXIMO(0,15%; 0,25f _{ctm} / f _{yk})
--

A _{s,min}	1,80	cm ²
--------------------	------	-----------------

(A _{s,min} / (bh)) · bh

A _s	2,67	cm ²
----------------	------	-----------------

MÁXIMO(A _{s,cal} ; A _{s,min})
--

ρ	0,334%
---	--------

A _s / (bd)

ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO

ε _s	-0,039%
----------------	---------

ε _{cu} (x _{lim} - d') / x _{lim}
--

σ _s	-8,17	kN/cm ²
----------------	-------	--------------------

SE(ε _s < ε _{yk} ; E _s · ε _s ; f _{yd})

ΔM _d	0,0	kNm
-----------------	-----	-----

MÁXIMO(M _d - M _{d,lim} ; 0)

A _s	0,00	cm ²
----------------	------	-----------------

ΔM _d / (σ _s ' · (d - d'))

ρ'	0,000%
----	--------

A _s ' / (bd)

ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL

A _{s,max} / (bh)	4,0%
---------------------------	------

(A _s + A _s ') / (bh)	0,22%
--	-------

(A _s + A _s ') / (bh)
--

ρ / ρ _{máx}	0,06
----------------------	------



A taxa de aço é 3,00 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

c) Direção -M'y

Na direção de y não há ação do esforço de tração.

Logo:

$$M_s = 3,98 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL			
b	100	cm	
h	12	cm	
d"	4,0	cm	
d'	4,0	cm	
d	8	cm	
MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO			
M _d	4,0	kNm	
M _d /M _{d,lim}	0,12		M _d /M _{d,lim}
armadura	SIMPLES		SE(M _d /M _{d,lim} ≤ 1; "SIMPLES"; "DUPLA")
MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES			
K _{duc}	0,45		SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
X _{lim}	3,60	cm	K _{duc} d
M _{d,lim}	34,4	kNm	b · X _{lim} · η · f _{cd} · (d - X _{lim} /2)
A _{s,lim}	12,07	cm ²	
ρ _{lim}	1,51%		A _{s,lim} /(b · d)
ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES			
d _{lim}	2,7	cm	RAIZ(M _d /(K _{duc} · λ · η · (1 - K _{duc} · λ/2) · b · f _{cd}))
h _{lim}	6,7	cm	d _{lim} + d"
PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA			
x	0,35	cm	SE(armadura = "SIMPLES"; (d/λ) · RAIZ(1 - 2M _d /(b · d ² · η · f _{cd})); X _{lim})
λ · x	0,28	cm	λ · x
ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO			
A _{s,cal}	1,16	cm ²	b · λ · x · η · f _{cd} / f _{yd} + A' _s · σ' _{s0} / f _{yd}
A _{s,min} /(b · h)	0,150%		MÁXIMO(0,15%; 0,25f _{ctm} /f _{yk})
A _{s,min}	1,80	cm ²	(A _{s,min} /(b · h)) · b · h
A _s	1,80	cm ²	MÁXIMO(A _{s,cal} ; A _{s,min})
ρ	0,225%		A _s /(b · d)
ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO			
ε _s	-0,039%		ε _{cu} (X _{lim} - d')/X _{lim}
σ' _s	-8,17	kN/cm ²	SE(ε _s ≤ ε _{sy0} ; E _s · ε _s ; f _{yd})
ΔM _d	0,0	kNm	MÁXIMO(M _d - M _{d,lim} ; 0)
A' _s	0,00	cm ²	ΔM _d /(σ' _{s0} · (d - d'))
ρ'	0,000%		A' _s /(b · d)
ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL			
A _{s,min} /(b · h)	4,0%		
(A _s + A' _s)/(b · h)	0,15%		(A _s + A' _s)/(b · h)
ρ/ρ _{máx}	0,04		✓

A taxa de aço é 3,00 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

d) Direção +My

Na direção de y não há ação do esforço de tração.

Logo:

$$M_s = 3,56 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL			
b	100	cm	
h	12	cm	
d"	4,0	cm	
d'	4,0	cm	
d	8	cm	
MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO			
M _o	3,6	kNm	
M _o /M _{o,lim}	0,10		
armadura	SIMPLES		SE(M _o /M _{o,lim} ≤ 1;"SIMPLES";"DUPLA")
MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES			
k _{oac}	0,45		SE(f _{ck} ≤ 50;0,45;0,35)
x _{lim}	3,60	cm	k _{oac} d
M _{o,lim}	34,4	kNm	bλx _{lim} ηf _{cd} (d-λx _{lim} /2)
A _{s,lim}	12,07	cm ²	
ρ _{lim}	1,51%		A _{s,lim} /(bd)
ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES			
d _{lim}	2,6	cm	RAIZ(M _o /(k _{oac} λη(1-k _{oac} λ/2)bf _{cd}))
h _{lim}	6,6	cm	d _{lim} +d"
PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA			
x	0,31	cm	SE(armadura="SIMPLES";(d/λ)RAIZ(1-2M _o /(bd ² ηf _{cd}));x _{lim})
λx	0,25	cm	λx
ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO			
A _{s,cal}	1,04	cm ²	bλxηf _{cd} /f _{yd} +A' _s σ' _s /f _{yd}
A _{s,min} /(bh)	0,150%		MÁXIMO(0,15%;0,25f _{ctm} /f _{yk})
A _{s,min}	1,80	cm ²	(A _{s,min} /(bh))bh
A _s	1,80	cm ²	MÁXIMO(A _{s,cal} ;A _{s,min})
ρ	0,225%		A _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO			
ε' _s	-0,039%		ε _{cu} (x _{lim} -d')/x _{lim}
σ' _s	-8,17	kN/cm ²	SE(ε' _s ≤ ε _{sy} ;E _s ε' _s ;f _{yd})
ΔM _o	0,0	kNm	MÁXIMO(M _o -M _{o,lim} ;0)
A' _s	0,00	cm ²	ΔM _o /(σ' _s (d-d'))
ρ'	0,000%		A' _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL			
A _{s,max} /(bh)	4,0%		
(A _s +A' _s)/(bh)	0,15%		(A _s +A' _s)/(bh)
ρ/ρ _{máx}	0,04		✓

A taxa de aço é 3,00 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

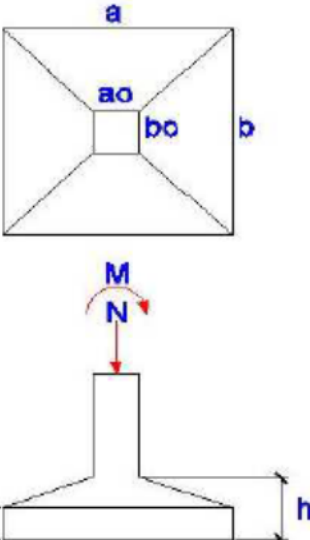
5.7. Fundações

A Tabela 15 apresenta o quadro de cargas dos pilares. As fundações serão do tipo diretas em sapatas, cujo dimensionamento será apresentado a seguir.

Tabela 15 - Quadro de cargas

PLANO DE CARGAS								
PILAR	DIMENSÕES (cm)	CASO	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kN.m)	My (kN.m)	Mz (kN.m)
P01	20x20	Gmax	0,00	0,00	36,91	3,27	-0,78	0,00
		gmin	0,00	0,00	26,35	2,34	-0,56	0,00

a) Sapatas Grupo I

DIMENSIONAMENTO DE SAPATAS ISOLADAS			
CLIENTE: CESAN			
OBRA: DECANADOR - ETE BOA ESPERANÇA km 20		FOLHA 01/04	
SAPATA: S01		SONDAGEM: SP-03	DATA: 18/06/2019
1) PARÂMETROS DE ENTRADA Nota: Editar somente células verdes			
Dimensões do pilar	$a_0 = 20 \text{ cm}$ $b_0 = 20 \text{ cm}$		
Esforços	$N = 36,91 \text{ kN}$ $M = 3,27 \text{ kN.m}$		
Tensão admissível	$\sigma_{adm} = 3,00 \text{ kgf/cm}^2$		
Concreto	$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$		
Aço a ser utilizado	CA 50		
Cobrimento	$c = 4,0 \text{ cm}$		
2) DETERMINAÇÃO DAS DIMENSÕES EM PLANTA			
$S = \frac{1,10N}{\sigma_{adm}} = 1353,37 \text{ cm}^2$			
$a = \left(\frac{a_0 - b_0}{2} \right) + \sqrt{\frac{(a_0 - b_0)^2}{4} + S} = 37 \text{ cm}$			
$b = \frac{S}{a_0} = 37 \text{ cm}$			
Adotar as dimensões superiores múltiplas de 5 cm			
$a = 60 \text{ cm}$ $b = 60 \text{ cm}$			
3) VERIFICAÇÃO DO TOMBAMENTO			
3.1) Cálculo da Excentricidade			
$e = \frac{M}{N} = 0,09$			
Se $e \leq \frac{a}{6}$ não há tensões de tração na sapata e aforça normal se encontra no núcleo central, caso contrário deverá aumentar a e b			
$\frac{a}{6} = 10,00$			
3.2) Cálculo das Tensões Máximas e Mínimas			
$\left. \begin{matrix} \sigma_{max} \\ \sigma_{min} \end{matrix} \right\} = \frac{N}{S} \times \left(1 \pm \frac{6e}{a} \right) \Rightarrow$			
$\sigma_{max} = 1,93 \text{ kgf/cm}^2$ $1,3\sigma_{adm} = 3,90 \text{ kgf/cm}^2$ $\sigma_{min} = 0,12 \text{ kgf/cm}^2$ $\frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} = 1,03 \text{ kgf/cm}^2$			
Condições:			
Se $\sigma_{max} \leq 1,3\sigma_{adm}$ e $\frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \leq \sigma_{adm}$ ok, caso contrário aumentar a e b			
Valores finais das dimensões da sapata			
$a = 60 \text{ cm}$ $b = 60 \text{ cm}$			

DIMENSIONAMENTO DE SAPATAS ISOLADAS		
CLIENTE: CESAN		
OBRA: DECANTADOR - ETE BOA ESPERANÇA km 20	FOLHA 02/04	
SAPATA: S01	SONDAGEM: SP-03	DATA: 18/06/2019

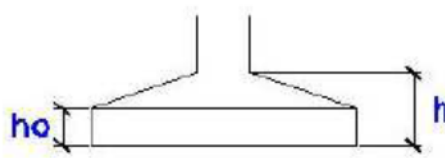
4) DETERMINAÇÃO DA ALTURA h

$$d \geq \begin{cases} \frac{a - a_0}{3} = 13,33 \text{ cm} \\ \frac{b - b_0}{3} = 13,33 \text{ cm} \\ 1,44 \sqrt{\frac{1,96 \times N}{0,85 f_{ck}}} = 7,67 \text{ cm} \end{cases}$$

Adotar $d = 14 \text{ cm}$

$h = d + \text{cobrimento} = 18,00 \text{ cm}$

Adotar $h = 20 \text{ cm}$



$h_0 = \frac{h}{3} = 6,67 \text{ cm}$
 Adotar $h_0 = 15 \text{ cm}$

5) DETERMINAÇÃO DA ARMADURA LONGITUDINAL

5.1) Cálculo do Momento Fletor

5.1.1) Direção Paralela a "a"

$$Lx = \frac{a - a_0}{2} = 0,20 \text{ m}$$

$$La = Lx + 0,15a_0 = 0,23 \text{ m}$$

Módulo de resistência a flexão

$$W = \frac{a^2 \times b}{6} = 0,036 \text{ m}^3$$

Tensões máximas e mínimas

$$\begin{cases} \sigma_{max} = \frac{1,10 \times N_d}{S} + \frac{M_d}{W} \\ \sigma_{min} = \frac{1,10 \times N_d}{S} - \frac{M_d}{W} \end{cases}$$

$\sigma_{max} = 285,06 \text{ kN/m}^2$ $\sigma_{min} = 30,73 \text{ kN/m}^2$

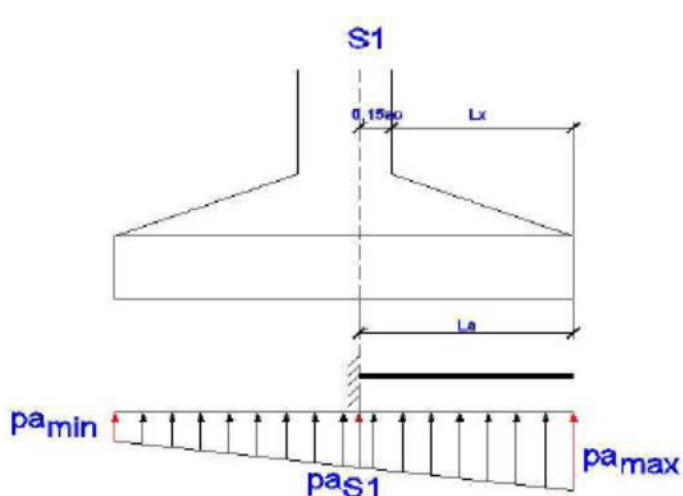
$pa_{max} = \sigma_{max} \times b = 171,04 \text{ kN/m}$ $pa_{min} = \sigma_{min} \times b = 18,44 \text{ kN/m}$

Por semelhança geométrica $pa_{s1} = 76,93 \text{ kN/m}$

Logo:

$$M_{Sda} = \frac{pa_{s1} \cdot La^2}{2} + \left(\frac{\sigma_{max} - pa_{s1}}{2} \right) \times \frac{2}{3} La^2$$

$M_{Sda} = 3,69 \text{ kN.m}$



DIMENSIONAMENTO DE SAPATAS ISOLADAS														
CLIENTE: CESAN														
OBRA: DECANTADOR - ETE BOA ESPERANÇA km 20	FOLHA 03/04													
SAPATA: S01	SONDAGEM: SP-03	DATA: 18/06/2019												
5.1.2) Direção Paralela a "b" $L_y = \frac{b - b_0}{2} = 0,20 \text{ m}$ $L_b = L_y + 0,15b_0 = 0,23 \text{ m}$ Tensões máximas e mínimas $\sigma_{max} = \sigma_{min} = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} = 157,9 \text{ kN/m}^2$ $pb_{max} = pb_{min} = \sigma_{max} \times a = 94,7 \text{ kN/m}$ Logo: $M_{Sdb} = \frac{pb_{S1} \cdot L_b^2}{2} \qquad M_{Sdb} = 2,51 \text{ kN.m}$ 5.2) Cálculo da Armadura 5.2.1) Direção Paralela a "a" $A_{sa} = \frac{M_d}{0,8 \cdot d \cdot f_{yd}} = 1,06 \text{ cm}^2$ $A_{smin} = 0,15\% \cdot b \cdot h = 1,80 \text{ cm}^2$ Será adotada, como base, a armadura de mínima se $A_{smin} > A_{sa}$ Armadura adotada = 1,80 cm² Aço a ser utilizado: <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Ø (mm)</th> <th>Nº de Barras</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>8,0</td><td>4</td></tr> <tr><td>10,0</td><td>3</td></tr> <tr><td>12,5</td><td>2</td></tr> <tr><td>16,0</td><td>1</td></tr> <tr><td>20,0</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> Ø da barra escolhida = 8 Nº de Barras = 4 Avaliação do espaçamento $s = \frac{b - 2(c + \phi_{barra})}{N^\circ \text{ de barras} - 1} = 16,80 \text{ cm}$ $s_{max} = \begin{cases} 20 \text{ cm} \\ 2 \cdot h = 40 \text{ cm} \end{cases}$ Escolher o menor valor e comparar com s calculado: Se $s \leq s_{max}$ "ok" caso contrário escolher uma barra de maior diâmetro			Ø (mm)	Nº de Barras	8,0	4	10,0	3	12,5	2	16,0	1	20,0	1
Ø (mm)	Nº de Barras													
8,0	4													
10,0	3													
12,5	2													
16,0	1													
20,0	1													

DIMENSIONAMENTO DE SAPATAS ISOLADAS																												
CLIENTE: CESAN																												
OBRA: DECANTADOR - ETE BOA ESPERANÇA km 20	FOLHA 04/04																											
SAPATA: S01	SONDAGEM: SP-03	DATA: 18/06/2019																										
5.2.2) Direção Paralela a "b" $A_{sb} = \frac{M_d}{0,8 \cdot d \cdot f_{yd}} = 0,59 \text{ cm}^2$ $A_{smin} = 0,15\% \cdot b \cdot h = 1,80 \text{ cm}^2$ Será adotada, como base, a armadura de mínima se $A_{smin} > A_{sb}$ Armadura adotada = 1,8 cm² Aço a ser utilizado: <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Ø (mm)</th> <th>Nº de Barras</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>8,0</td><td>4</td></tr> <tr><td>10,0</td><td>3</td></tr> <tr><td>12,5</td><td>2</td></tr> <tr><td>16,0</td><td>1</td></tr> <tr><td>20,0</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> Ø da barra escolhida = 8 Nº de Barras = 4 Avaliação do espaçamento $s = \frac{b - 2(c + \phi_{barra})}{N^\circ \text{ de barras} - 1} = 16,80 \text{ cm}$ $s_{max} = \begin{cases} 20 \text{ cm} \\ 2 \cdot h = 40 \text{ cm} \end{cases}$ Escolher o menor valo e comparar com s calculado: Se $s \leq s_{max}$ "ok" caso contrário escolher uma barra de maior diâmetro <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tbody> <tr> <td style="width: 20%;">Direção a</td> <td style="width: 10%;">4</td> <td style="width: 10%;">Ø</td> <td style="width: 10%;">8</td> <td style="width: 10%;">C/</td> <td style="width: 10%;">13</td> <td style="width: 10%;">cm</td> </tr> <tr> <td>Direção b</td> <td>4</td> <td>Ø</td> <td>8</td> <td>C/</td> <td>12</td> <td>cm</td> </tr> </tbody> </table>			Ø (mm)	Nº de Barras	8,0	4	10,0	3	12,5	2	16,0	1	20,0	1	Direção a	4	Ø	8	C/	13	cm	Direção b	4	Ø	8	C/	12	cm
Ø (mm)	Nº de Barras																											
8,0	4																											
10,0	3																											
12,5	2																											
16,0	1																											
20,0	1																											
Direção a	4	Ø	8	C/	13	cm																						
Direção b	4	Ø	8	C/	12	cm																						

6. DIMENSIONAMENTO – LEITO DE SECAGEM

6.1. Modelagem estrutural

O leito de secagem é uma estrutura prismática paralelepípedo apoiada (Figura 28).



Figura 28 - Posicionamento do leito de secagem em relação ao solo.

Para dimensionamento foi considerado as paredes em bloco estrutural família 14x19x39 cm, submetidas à atuação da força hidrostática correspondente a altura interna total no leito de secagem.

A laje de fundo atua como fundações, em função disto, estrutura foi calculada associando a um meio elástico. Para a interação solo estrutura o coeficiente de recalque vertical será determinado pela relação empírica de Alonso (1943), Teixeira e Godoy (1996).

$$s = 0.2SPT_{médio} (kgf/cm^2)$$

Conforme furo SP-04 temos na camada de apoio $N_{SPT} = 19$. Conforme Alonso (1946) temos:

$$\sigma_{adm} = \frac{N_{SPT}}{5} = \frac{19}{5} = 3,80 \text{ kgf/cm}^2$$

Utilizando a tabela de Morrison (1993) temos:

Para $\sigma_{adm} = 3,80 \text{ kgf/cm}^2$ temos $K_v = 7,60 \text{ kgf/cm}^3$

Na estrutura atuam esforços de tração e flexão.

A modelagem estrutural foi feita no software SAP-2000 (Figura 29 e Figura 30) considerando os parâmetros apresentados no item 2.

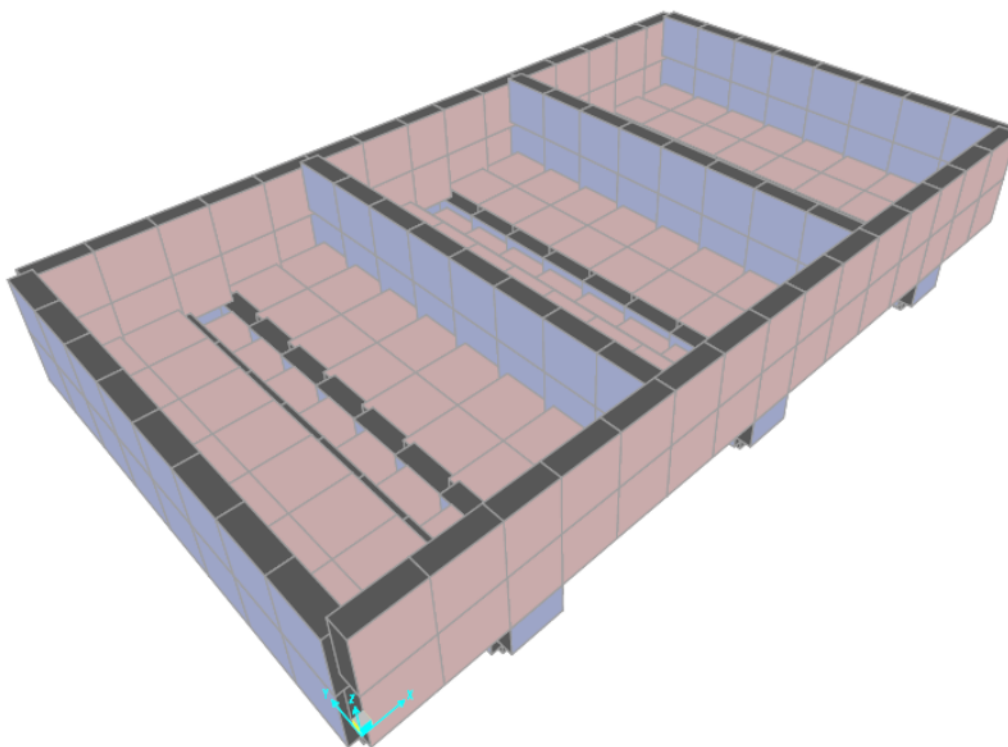


Figura 29 - Modelo estrutural 3D - Vista 1.

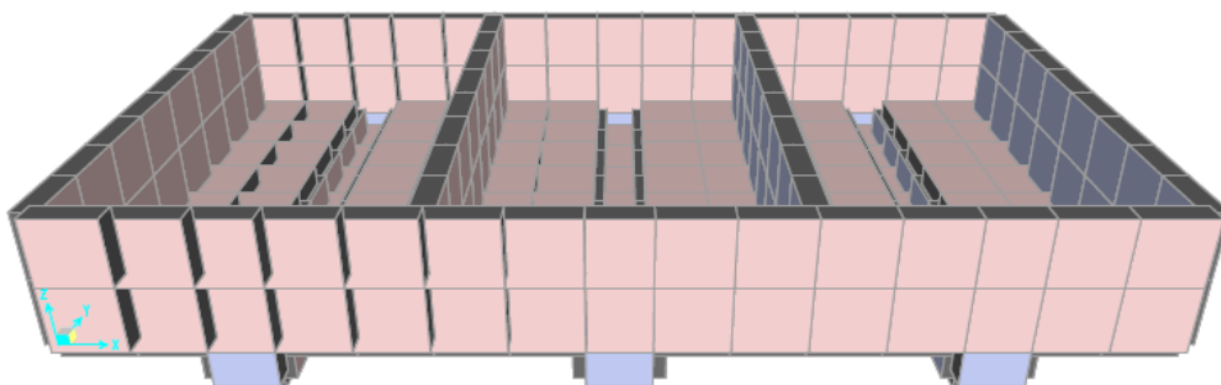


Figura 30 - Modelo estrutural 3D - Vista 2.

Os carregamentos utilizados no dimensionamento foram:



Figura 31 - Cargas aplicadas.

Carga permanente colchão de brita: $CP_{brita} = 0,73 \times 22,00 = 16,06 \text{ kN/m}^2$

Pressão hidro. (interna): Carga triangular $P_{agua} = \gamma_{agua} \cdot h = 10,00 \times 0,60 = 6,00 \text{ kN/m}^2$

Pressão hidro. Laje de fundo: $P_{agua} = 6,00 \text{ kN/m}^2$

- Cargas Permanentes (CP):
 - Peso próprio.
- Sobrecargas (SC):
 - Carregamento na laje de fundo (SC-LF);
 - Carregamento nas paredes lado interno (SC-LI);

Combinação para dimensionamento:

Comb 1: $1,4CP + 1,4SCLF$

Comb 2: $1,4CP + 1,4SCLF + 1,4SCLI$

6.2. Resultados da análise estrutural

Conforme informado no item anterior, a análise estrutural foi feita utilizando o software SAP 2000. A Tabela 16 a seguir apresenta os resultados do dimensionamento eletrônico. Cada área representa uma seção da malha de elementos finitos. Os diagramas de momentos fletores serão apresentados posteriormente na Figura 33 e Figura 34.

Tabela 16 - Esforços nas placas

Area	OutputCase	CaseType	Fx	Fy	Mx	My	T
Text	Text	Text	KN/m	KN/m	KN-m/m	KN-m/m	KN-m/m
1	Gmax	Combination	-3,54	0,95	0,51	0,46	1,10
1	Gmax	Combination	-4,71	0,72	-0,15	-1,30	0,90
1	Gmax	Combination	-4,44	2,08	-0,26	-0,01	0,81
1	Gmax	Combination	-3,26	2,32	-1,07	-0,26	1,01
2	Gmax	Combination	-4,46	-1,09	1,75	1,40	0,53

99

Area Text	OutputCase Text	CaseType Text	Fx KN/m	Fy KN/m	Mx KN-m/m	My KN-m/m	T KN-m/m
2	Gmax	Combination	-4,05	-1,01	0,39	-1,85	0,53
2	Gmax	Combination	-3,66	0,93	-0,51	-1,37	0,83
2	Gmax	Combination	-4,08	0,84	0,59	0,47	0,82
3	Gmax	Combination	-2,66	-6,56	0,07	0,45	0,02
3	Gmax	Combination	-1,91	-6,41	0,05	-0,04	0,00
3	Gmax	Combination	-2,01	-6,91	-0,14	-0,19	0,02
3	Gmax	Combination	-2,76	-7,06	0,22	0,66	0,03
4	Gmax	Combination	-5,76	0,58	0,04	0,28	-0,71
4	Gmax	Combination	-3,01	1,13	-0,19	-0,88	-0,66
4	Gmax	Combination	-3,84	-3,05	-0,04	-1,68	-0,45
4	Gmax	Combination	-6,60	-3,60	1,59	1,20	-0,49
5	Gmax	Combination	-4,89	-1,78	-1,44	-0,02	-0,40
5	Gmax	Combination	-11,01	-3,00	0,15	-0,24	-0,28
5	Gmax	Combination	-10,49	-0,37	-0,20	-0,88	-0,61
5	Gmax	Combination	-4,36	0,85	0,05	0,28	-0,73
6	Gmax	Combination	-2,45	5,61	1,12	0,54	0,74
6	Gmax	Combination	-2,61	5,58	0,53	0,56	0,91
6	Gmax	Combination	-1,51	11,09	-1,06	-0,24	0,96
6	Gmax	Combination	-1,34	11,13	-1,41	-0,28	0,79
7	Gmax	Combination	-4,42	8,16	2,39	1,19	0,34
7	Gmax	Combination	-2,54	8,53	1,64	0,82	0,43
7	Gmax	Combination	-3,15	5,47	0,61	0,57	0,67
7	Gmax	Combination	-5,03	5,10	1,09	0,53	0,58
8	Gmax	Combination	-5,49	-30,09	0,16	0,66	-0,02
8	Gmax	Combination	-7,44	-30,48	0,01	0,18	-0,01
8	Gmax	Combination	-7,23	-29,40	0,08	-0,04	0,04
8	Gmax	Combination	-5,27	-29,01	0,47	0,90	0,02
9	Gmax	Combination	-6,83	-0,57	0,15	0,35	-0,50
9	Gmax	Combination	-5,95	-0,40	0,08	0,46	-0,59
9	Gmax	Combination	-4,04	9,18	1,52	0,84	-0,40
9	Gmax	Combination	-4,92	9,00	2,38	1,12	-0,32
10	Gmax	Combination	-4,20	-2,09	-2,81	-0,20	-0,25
10	Gmax	Combination	-4,98	-2,25	-1,52	-0,43	-0,36
10	Gmax	Combination	-4,56	-0,12	0,09	0,46	-0,61
10	Gmax	Combination	-3,78	0,04	0,17	0,35	-0,50
11	Gmax	Combination	-2,68	10,12	1,27	0,53	0,39
11	Gmax	Combination	-1,50	10,36	1,15	0,66	0,57
11	Gmax	Combination	-0,28	16,42	-1,44	-0,40	0,60
11	Gmax	Combination	-1,47	16,18	-1,41	-0,31	0,42
12	Gmax	Combination	-5,32	8,62	2,89	1,30	0,24
12	Gmax	Combination	-4,28	8,83	2,32	0,82	0,32
12	Gmax	Combination	-4,08	9,84	1,12	0,65	0,45

Area Text	OutputCase Text	CaseType Text	Fx KN/m	Fy KN/m	Mx KN-m/m	My KN-m/m	T KN-m/m
12	Gmax	Combination	-5,12	9,64	1,27	0,53	0,37
13	Gmax	Combination	-7,56	-42,06	0,28	0,64	-0,02
13	Gmax	Combination	-7,89	-42,13	0,17	0,68	-0,02
13	Gmax	Combination	-7,40	-39,66	0,41	0,62	0,03
13	Gmax	Combination	-7,07	-39,59	0,59	0,80	0,03
14	Gmax	Combination	-8,10	1,25	0,05	0,32	-0,30
14	Gmax	Combination	-6,40	1,59	0,18	0,49	-0,38
14	Gmax	Combination	-4,86	9,29	2,34	0,92	-0,29
14	Gmax	Combination	-6,56	8,96	2,91	1,24	-0,22
15	Gmax	Combination	-5,47	-3,46	-3,45	-0,38	-0,11
15	Gmax	Combination	-4,43	-3,26	-2,89	-0,59	-0,21
15	Gmax	Combination	-3,34	2,20	0,20	0,50	-0,35
15	Gmax	Combination	-4,37	2,00	0,06	0,32	-0,25
16	Gmax	Combination	-2,56	12,25	1,33	0,59	0,08
16	Gmax	Combination	-2,24	12,32	1,28	0,59	0,24
16	Gmax	Combination	-0,84	19,32	-1,42	-0,35	0,25
16	Gmax	Combination	-1,16	19,25	-1,41	-0,35	0,09
17	Gmax	Combination	-6,08	6,97	3,03	1,21	0,04
17	Gmax	Combination	-5,63	7,06	2,86	1,15	0,15
17	Gmax	Combination	-4,68	11,83	1,28	0,59	0,20
17	Gmax	Combination	-5,12	11,74	1,32	0,58	0,08
18	Gmax	Combination	-8,51	-46,21	0,34	0,67	-0,01
18	Gmax	Combination	-8,39	-46,18	0,29	0,65	0,00
18	Gmax	Combination	-7,78	-43,16	0,56	0,64	0,02
18	Gmax	Combination	-7,90	-43,18	0,65	0,75	0,01
19	Gmax	Combination	-8,23	2,07	0,01	0,36	-0,06
19	Gmax	Combination	-7,92	2,13	0,06	0,39	-0,16
19	Gmax	Combination	-6,92	7,13	2,90	1,19	-0,14
19	Gmax	Combination	-7,23	7,07	3,07	1,21	-0,04
20	Gmax	Combination	-6,22	-3,50	-3,65	-0,51	-0,01
20	Gmax	Combination	-5,44	-3,35	-3,49	-0,58	-0,09
20	Gmax	Combination	-4,20	2,87	0,07	0,39	-0,14
20	Gmax	Combination	-4,97	2,72	0,02	0,36	-0,06
21	Gmax	Combination	-2,24	12,32	1,28	0,59	-0,24
21	Gmax	Combination	-2,56	12,25	1,33	0,59	-0,08
21	Gmax	Combination	-1,16	19,25	-1,41	-0,35	-0,09
21	Gmax	Combination	-0,84	19,32	-1,42	-0,35	-0,25
22	Gmax	Combination	-5,63	7,06	2,86	1,15	-0,15
22	Gmax	Combination	-6,08	6,97	3,03	1,21	-0,04
22	Gmax	Combination	-5,12	11,74	1,32	0,58	-0,08
22	Gmax	Combination	-4,68	11,83	1,28	0,59	-0,20
23	Gmax	Combination	-8,39	-46,18	0,29	0,65	0,00

Area Text	OutputCase Text	CaseType Text	Fx KN/m	Fy KN/m	Mx KN-m/m	My KN-m/m	T KN-m/m
23	Gmax	Combination	-8,51	-46,21	0,34	0,67	0,01
23	Gmax	Combination	-7,90	-43,18	0,65	0,75	-0,01
23	Gmax	Combination	-7,78	-43,16	0,56	0,64	-0,02
24	Gmax	Combination	-7,92	2,13	0,06	0,39	0,16
24	Gmax	Combination	-8,23	2,07	0,01	0,36	0,06
24	Gmax	Combination	-7,23	7,07	3,07	1,21	0,04
24	Gmax	Combination	-6,92	7,13	2,90	1,19	0,14
25	Gmax	Combination	-5,44	-3,35	-3,49	-0,58	0,09
25	Gmax	Combination	-6,22	-3,50	-3,65	-0,51	0,01
25	Gmax	Combination	-4,97	2,72	0,02	0,36	0,06
25	Gmax	Combination	-4,20	2,87	0,07	0,39	0,14
26	Gmax	Combination	-1,50	10,36	1,15	0,66	-0,57
26	Gmax	Combination	-2,68	10,12	1,27	0,53	-0,39
26	Gmax	Combination	-1,47	16,18	-1,41	-0,31	-0,42
26	Gmax	Combination	-0,28	16,42	-1,44	-0,40	-0,60
27	Gmax	Combination	-4,28	8,83	2,32	0,82	-0,32
27	Gmax	Combination	-5,32	8,62	2,89	1,30	-0,24
27	Gmax	Combination	-5,12	9,64	1,27	0,53	-0,37
27	Gmax	Combination	-4,08	9,84	1,12	0,65	-0,45
28	Gmax	Combination	-7,89	-42,13	0,17	0,68	0,02
28	Gmax	Combination	-7,56	-42,06	0,28	0,64	0,02
28	Gmax	Combination	-7,07	-39,59	0,59	0,80	-0,03
28	Gmax	Combination	-7,40	-39,66	0,41	0,62	-0,03
29	Gmax	Combination	-6,40	1,59	0,18	0,49	0,38
29	Gmax	Combination	-8,10	1,25	0,05	0,32	0,30
29	Gmax	Combination	-6,56	8,96	2,91	1,24	0,22
29	Gmax	Combination	-4,86	9,29	2,34	0,92	0,29
30	Gmax	Combination	-4,43	-3,26	-2,89	-0,59	0,21
30	Gmax	Combination	-5,47	-3,46	-3,45	-0,38	0,11
30	Gmax	Combination	-4,37	2,00	0,06	0,32	0,25
30	Gmax	Combination	-3,34	2,20	0,20	0,50	0,35
31	Gmax	Combination	-2,61	5,58	0,53	0,56	-0,91
31	Gmax	Combination	-2,45	5,61	1,12	0,54	-0,74
31	Gmax	Combination	-1,34	11,13	-1,41	-0,28	-0,79
31	Gmax	Combination	-1,51	11,09	-1,06	-0,24	-0,96
32	Gmax	Combination	-2,54	8,53	1,64	0,82	-0,43
32	Gmax	Combination	-4,42	8,16	2,39	1,19	-0,34
32	Gmax	Combination	-5,03	5,10	1,09	0,53	-0,58
32	Gmax	Combination	-3,15	5,47	0,61	0,57	-0,67
33	Gmax	Combination	-7,44	-30,48	0,01	0,18	0,01
33	Gmax	Combination	-5,49	-30,09	0,16	0,66	0,02
33	Gmax	Combination	-5,27	-29,01	0,47	0,90	-0,02

Area Text	OutputCase Text	CaseType Text	Fx KN/m	Fy KN/m	Mx KN-m/m	My KN-m/m	T KN-m/m
33	Gmax	Combination	-7,23	-29,40	0,08	-0,04	-0,04
34	Gmax	Combination	-5,95	-0,40	0,08	0,46	0,59
34	Gmax	Combination	-6,83	-0,57	0,15	0,35	0,50
34	Gmax	Combination	-4,92	9,00	2,38	1,12	0,32
34	Gmax	Combination	-4,04	9,18	1,52	0,84	0,40
35	Gmax	Combination	-4,98	-2,25	-1,52	-0,43	0,36
35	Gmax	Combination	-4,20	-2,09	-2,81	-0,20	0,25
35	Gmax	Combination	-3,78	0,04	0,17	0,35	0,50
35	Gmax	Combination	-4,56	-0,12	0,09	0,46	0,61
36	Gmax	Combination	-4,71	0,72	-0,15	-1,30	-0,90
36	Gmax	Combination	-3,54	0,95	0,51	0,46	-1,10
36	Gmax	Combination	-3,26	2,32	-1,07	-0,26	-1,01
36	Gmax	Combination	-4,44	2,08	-0,26	-0,01	-0,81
37	Gmax	Combination	-4,05	-1,01	0,39	-1,85	-0,53
37	Gmax	Combination	-4,46	-1,09	1,75	1,40	-0,53
37	Gmax	Combination	-4,08	0,84	0,59	0,47	-0,82
37	Gmax	Combination	-3,66	0,93	-0,51	-1,37	-0,83
38	Gmax	Combination	-1,91	-6,41	0,05	-0,04	0,00
38	Gmax	Combination	-2,66	-6,56	0,07	0,45	-0,02
38	Gmax	Combination	-2,76	-7,06	0,22	0,66	-0,03
38	Gmax	Combination	-2,01	-6,91	-0,14	-0,19	-0,02
39	Gmax	Combination	-3,01	1,13	-0,19	-0,88	0,66
39	Gmax	Combination	-5,76	0,58	0,04	0,28	0,71
39	Gmax	Combination	-6,60	-3,60	1,59	1,20	0,49
39	Gmax	Combination	-3,84	-3,05	-0,04	-1,68	0,45
40	Gmax	Combination	-11,01	-3,00	0,15	-0,24	0,28
40	Gmax	Combination	-4,89	-1,78	-1,44	-0,02	0,40
40	Gmax	Combination	-4,36	0,85	0,05	0,28	0,73
40	Gmax	Combination	-10,49	-0,37	-0,20	-0,88	0,61

6.3. Verificação das tensões no solo

A Tabela 17 a seguir apresenta as reações das placas no solo. Cada junta representa um ponto da malha de elementos finitos da laje de fundo que está em contato com o solo Figura 32.

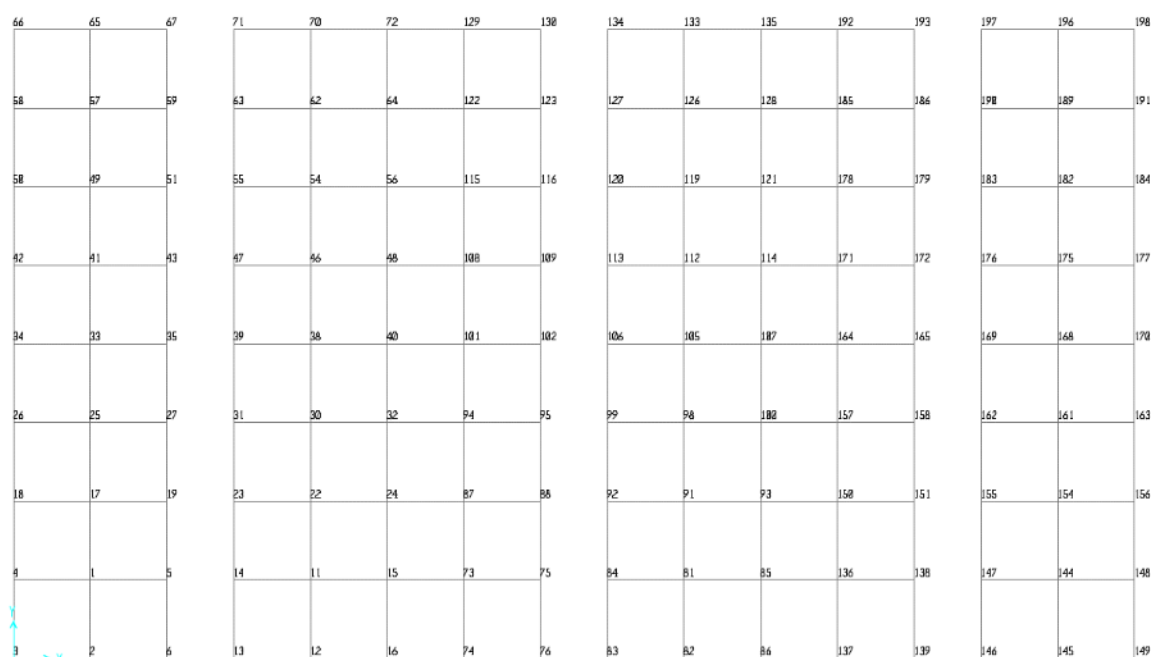


Figura 32 – Numeração dos nós na laje de fundo.

Tabela 17 - Reações no solo

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
1	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,70	0,00	0,00	0,00
2	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,55	0,00	0,00	0,00
3	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,85	0,00	0,00	0,00
4	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,74	0,00	0,00	0,00
5	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,04	0,00	0,00	0,00
6	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,70	0,00	0,00	0,00
7	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,04	0,00	0,00	0,00
8	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,17	0,00	0,00	0,00
9	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,21	0,00	0,00	0,00
10	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,12	0,00	0,00	0,00
11	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,02	0,00	0,00	0,00
12	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,23	0,00	0,00	0,00
13	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,65	0,00	0,00	0,00
14	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,95	0,00	0,00	0,00
15	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,12	0,00	0,00	0,00
16	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,16	0,00	0,00	0,00
17	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,36	0,00	0,00	0,00
18	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,76	0,00	0,00	0,00
19	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,75	0,00	0,00	0,00
20	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,79	0,00	0,00	0,00
21	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,87	0,00	0,00	0,00
22	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,64	0,00	0,00	0,00

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
23	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,66	0,00	0,00	0,00
24	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,95	0,00	0,00	0,00
25	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,17	0,00	0,00	0,00
26	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,78	0,00	0,00	0,00
27	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,57	0,00	0,00	0,00
28	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,63	0,00	0,00	0,00
29	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,71	0,00	0,00	0,00
30	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,42	0,00	0,00	0,00
31	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,48	0,00	0,00	0,00
32	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,84	0,00	0,00	0,00
33	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,10	0,00	0,00	0,00
34	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,79	0,00	0,00	0,00
35	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,51	0,00	0,00	0,00
36	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,58	0,00	0,00	0,00
37	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,66	0,00	0,00	0,00
38	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,35	0,00	0,00	0,00
39	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,42	0,00	0,00	0,00
40	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,81	0,00	0,00	0,00
41	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,17	0,00	0,00	0,00
42	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,78	0,00	0,00	0,00
43	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,57	0,00	0,00	0,00
44	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,63	0,00	0,00	0,00
45	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,71	0,00	0,00	0,00
46	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,42	0,00	0,00	0,00
47	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,48	0,00	0,00	0,00
48	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,84	0,00	0,00	0,00
49	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,36	0,00	0,00	0,00
50	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,76	0,00	0,00	0,00
51	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,75	0,00	0,00	0,00
52	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,79	0,00	0,00	0,00
53	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,87	0,00	0,00	0,00
54	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,64	0,00	0,00	0,00
55	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,66	0,00	0,00	0,00
56	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,95	0,00	0,00	0,00
57	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,70	0,00	0,00	0,00
58	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,74	0,00	0,00	0,00
59	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,04	0,00	0,00	0,00
60	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,04	0,00	0,00	0,00
61	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,12	0,00	0,00	0,00
62	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,02	0,00	0,00	0,00
63	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,95	0,00	0,00	0,00
64	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,12	0,00	0,00	0,00

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
65	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,55	0,00	0,00	0,00
66	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,85	0,00	0,00	0,00
67	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,70	0,00	0,00	0,00
68	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,17	0,00	0,00	0,00
69	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,21	0,00	0,00	0,00
70	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,23	0,00	0,00	0,00
71	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,65	0,00	0,00	0,00
72	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,16	0,00	0,00	0,00
73	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,87	0,00	0,00	0,00
74	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,12	0,00	0,00	0,00
75	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,81	0,00	0,00	0,00
76	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,54	0,00	0,00	0,00
77	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,92	0,00	0,00	0,00
78	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,08	0,00	0,00	0,00
79	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,08	0,00	0,00	0,00
80	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,92	0,00	0,00	0,00
81	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,87	0,00	0,00	0,00
82	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,12	0,00	0,00	0,00
83	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,54	0,00	0,00	0,00
84	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,81	0,00	0,00	0,00
85	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,12	0,00	0,00	0,00
86	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,16	0,00	0,00	0,00
87	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,58	0,00	0,00	0,00
88	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,59	0,00	0,00	0,00
89	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,73	0,00	0,00	0,00
90	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,73	0,00	0,00	0,00
91	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,58	0,00	0,00	0,00
92	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,59	0,00	0,00	0,00
93	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,95	0,00	0,00	0,00
94	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,41	0,00	0,00	0,00
95	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,46	0,00	0,00	0,00
96	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,61	0,00	0,00	0,00
97	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,61	0,00	0,00	0,00
98	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,41	0,00	0,00	0,00
99	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,46	0,00	0,00	0,00
100	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,84	0,00	0,00	0,00
101	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,36	0,00	0,00	0,00
102	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,42	0,00	0,00	0,00
103	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,58	0,00	0,00	0,00
104	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,58	0,00	0,00	0,00
105	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,36	0,00	0,00	0,00
106	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,42	0,00	0,00	0,00

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
107	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,81	0,00	0,00	0,00
108	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,41	0,00	0,00	0,00
109	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,46	0,00	0,00	0,00
110	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,61	0,00	0,00	0,00
111	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,61	0,00	0,00	0,00
112	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,41	0,00	0,00	0,00
113	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,46	0,00	0,00	0,00
114	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,84	0,00	0,00	0,00
115	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,58	0,00	0,00	0,00
116	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,59	0,00	0,00	0,00
117	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,73	0,00	0,00	0,00
118	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,73	0,00	0,00	0,00
119	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,58	0,00	0,00	0,00
120	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,59	0,00	0,00	0,00
121	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,95	0,00	0,00	0,00
122	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,87	0,00	0,00	0,00
123	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,81	0,00	0,00	0,00
124	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,92	0,00	0,00	0,00
125	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,92	0,00	0,00	0,00
126	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,87	0,00	0,00	0,00
127	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,81	0,00	0,00	0,00
128	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,12	0,00	0,00	0,00
129	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,12	0,00	0,00	0,00
130	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,54	0,00	0,00	0,00
131	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,08	0,00	0,00	0,00
132	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,08	0,00	0,00	0,00
133	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,12	0,00	0,00	0,00
134	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,54	0,00	0,00	0,00
135	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,16	0,00	0,00	0,00
136	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,02	0,00	0,00	0,00
137	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,23	0,00	0,00	0,00
138	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,95	0,00	0,00	0,00
139	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,65	0,00	0,00	0,00
140	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,12	0,00	0,00	0,00
141	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,21	0,00	0,00	0,00
142	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,17	0,00	0,00	0,00
143	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,04	0,00	0,00	0,00
144	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,70	0,00	0,00	0,00
145	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,55	0,00	0,00	0,00
146	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,70	0,00	0,00	0,00
147	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,04	0,00	0,00	0,00
148	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,74	0,00	0,00	0,00

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
149	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,85	0,00	0,00	0,00
150	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,64	0,00	0,00	0,00
151	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,66	0,00	0,00	0,00
152	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,87	0,00	0,00	0,00
153	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,79	0,00	0,00	0,00
154	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,36	0,00	0,00	0,00
155	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,75	0,00	0,00	0,00
156	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,76	0,00	0,00	0,00
157	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,42	0,00	0,00	0,00
158	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,48	0,00	0,00	0,00
159	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,71	0,00	0,00	0,00
160	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,63	0,00	0,00	0,00
161	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,17	0,00	0,00	0,00
162	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,57	0,00	0,00	0,00
163	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,78	0,00	0,00	0,00
164	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,35	0,00	0,00	0,00
165	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,42	0,00	0,00	0,00
166	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,66	0,00	0,00	0,00
167	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,58	0,00	0,00	0,00
168	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,10	0,00	0,00	0,00
169	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,51	0,00	0,00	0,00
170	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,79	0,00	0,00	0,00
171	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,42	0,00	0,00	0,00
172	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,48	0,00	0,00	0,00
173	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,71	0,00	0,00	0,00
174	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,63	0,00	0,00	0,00
175	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,17	0,00	0,00	0,00
176	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,57	0,00	0,00	0,00
177	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,78	0,00	0,00	0,00
178	Gmax	Combination	0,00	0,00	13,64	0,00	0,00	0,00
179	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,66	0,00	0,00	0,00
180	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,87	0,00	0,00	0,00
181	Gmax	Combination	0,00	0,00	5,79	0,00	0,00	0,00
182	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,36	0,00	0,00	0,00
183	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,75	0,00	0,00	0,00
184	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,76	0,00	0,00	0,00
185	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,02	0,00	0,00	0,00
186	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,95	0,00	0,00	0,00
187	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,12	0,00	0,00	0,00
188	Gmax	Combination	0,00	0,00	6,04	0,00	0,00	0,00
189	Gmax	Combination	0,00	0,00	14,70	0,00	0,00	0,00
190	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,04	0,00	0,00	0,00

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
191	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,74	0,00	0,00	0,00
192	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,23	0,00	0,00	0,00
193	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,65	0,00	0,00	0,00
194	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,21	0,00	0,00	0,00
195	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,17	0,00	0,00	0,00
196	Gmax	Combination	0,00	0,00	7,55	0,00	0,00	0,00
197	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,70	0,00	0,00	0,00
198	Gmax	Combination	0,00	0,00	3,85	0,00	0,00	0,00

A tensão no solo será determinada pela equação:

$$\sigma_{solo} = \frac{P_{concreto} + P_{agua} + SC}{A}$$

Conforme somatório da coluna F3 que são as reações em z e equivale ao somatório do numerador da equação, temos 1622,56 kN. A área do apoio no solo é de 39,48 m². Temos uma tensão no solo de:

$$\sigma = \frac{1622,56}{39,48} = 41,10 \frac{kN}{m^2} = 0,41 \frac{kgf}{cm^2} \leq 3,80 \frac{kgf}{cm^2} (ok)$$

Logo a fundação poderá ser do tipo direta.

A Figura 33 e a Figura 34 apresentam os momentos fletores nas lajes e paredes.

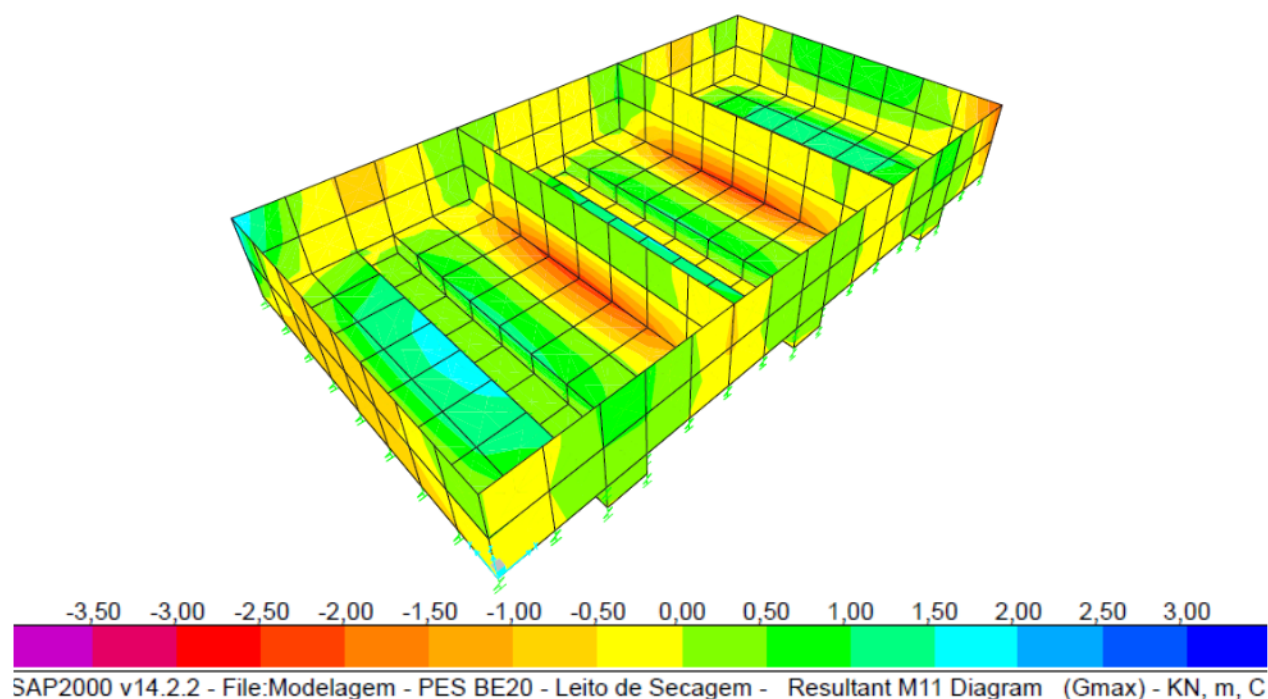


Figura 33 – Momento na direção X nas lajes e paredes.

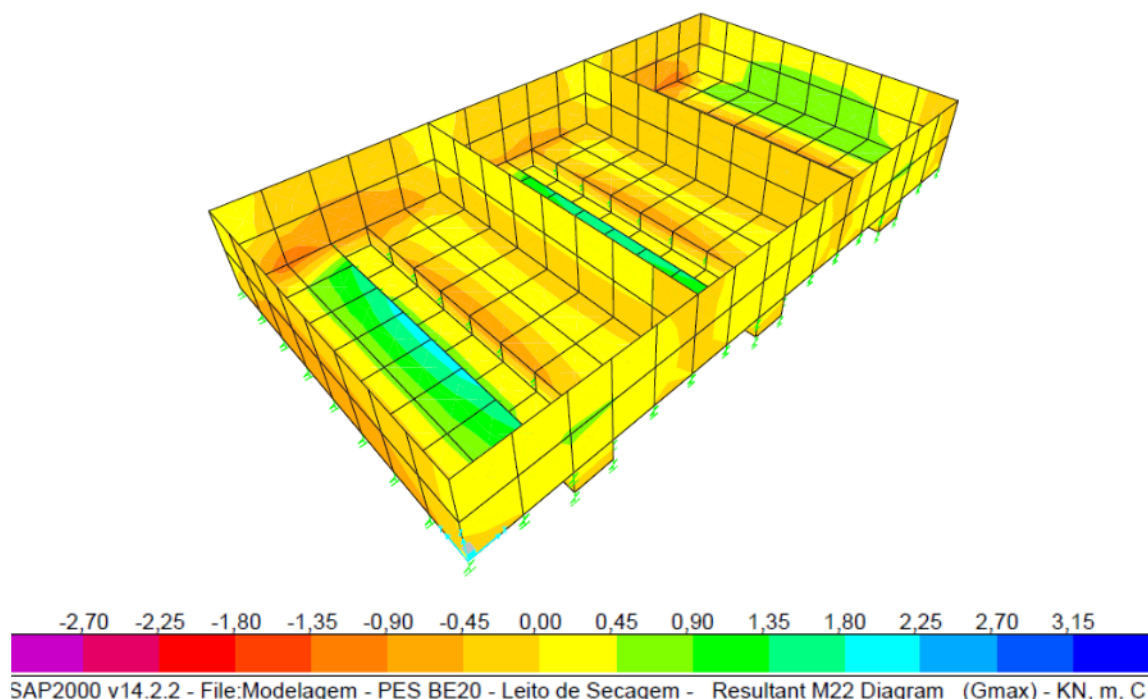


Figura 34 - Momento na direção Y nas lajes e paredes.

As tabelas a seguir apresentam o resumo das reações nas paredes e laje de fundo.

Tabela 18 - Momento Fletores

Elementos	Momento Fletores (kN.m/m)			
	-M'x	+Mx	-M'y	+My
Parede Alvenaria	3,07	2,95	3,07	2,93
Laje de Fundo	3,07	2,95	3,15	3,08

Tabela 19 - Força Normal de Tração

Elementos	Força Normal de Tração (kN/m)	
	Parede	Fundo
Parede Alvenaria	25,90	35,60

6.4. Armação lajes de fundo

Nas lajes de fundo os esforços de tração e flexão atuam em conjunto ocasionando flexo-tração, logo a área de aço deve ser calculada em função das duas solicitações, desta forma conforme a Tabela 18 e a Tabela 19.

$$\text{Flexão em X} \rightarrow \begin{cases} -M'x = 3,07 \text{ kNm/m} \\ +Mx = 2,95 \text{ kN m/m} \end{cases}$$

$$\text{Flexão em Y} \rightarrow \begin{cases} -M'y = 3,07 \text{ kNm/m} \\ +My = 2,93 \text{ kN m/m} \end{cases}$$

$$\text{Tração} \rightarrow \begin{cases} N_x = 30,22 \text{ kNm/m} \\ N_y = 31,27 \text{ kN m/m} \end{cases}$$

As figuras a seguir apresentam os resultados do dimensionamento.

a) Direção -M'x/-M'y

$$M_s = -M'x - Nx(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 14 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 3,06 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL

b	100	cm
h	20	cm
d"	6,0	cm
d'	6,0	cm
d	14	cm

MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO

M _d	3,1	kNm
----------------	-----	-----

M _d /M _{d,lim}	0,03
------------------------------------	------

M _d /M _{d,lim}	
------------------------------------	--

armadura **SIMPLES**

SE(M_d/M_{d,lim} ≤ 1; "SIMPLES"; "DUPLA")

MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES

k _{duc}	0,45	SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
------------------	------	--------------------------------------

x _{lim}	6,30	cm
------------------	------	----

k _{duc} d	
--------------------	--

M _{d,lim}	105,4	kNm
--------------------	-------	-----

b · λ · x _{lim} · η · f _{cd} · (d - λ · x _{lim} / 2)	
---	--

A _{s,lim}	21,11	cm ²
--------------------	-------	-----------------

A _{s,lim} / (b · d)	
------------------------------	--

ρ _{lim}	1,51%
------------------	-------

ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES

d _{lim}	2,4	cm
------------------	-----	----

RAIZ(M _d / (k _{duc} · λ · η · (1 - k _{duc} · λ / 2) · b · f _{cd}))	
---	--

h _{lim}	8,4	cm
------------------	-----	----

d _{lim} + d"	
-----------------------	--

PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA

x	0,15	cm
---	------	----

SE(armadura = "SIMPLES"; (d / λ) · RAIZ(1 - 2M _d / (b · d ² · η · f _{cd})); x _{lim})	
--	--

λ · x	0,12	cm
-------	------	----

λ · x	
-------	--

ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO

A _{s,cal}	0,51	cm ²
--------------------	------	-----------------

b · λ · x · η · f _{cd} / f _{yd} + A _s · σ _s / f _{yd}	
---	--

A _{s,mín} / (b · h)	0,150%
------------------------------	--------

MÁXIMO(0,15%; 0,25f _{ctm} / f _{yk})	
--	--

A _{s,mín}	3,00	cm ²
--------------------	------	-----------------

(A _{s,mín} / (b · h)) · b · h	
--	--

A _s	3,00	cm ²
----------------	------	-----------------

MÁXIMO(A _{s,cal} ; A _{s,mín})	
--	--

ρ	0,214%
---	--------

A _s / (b · d)	
--------------------------	--

ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO

ε _s	0,017%
----------------	--------

ε _{cu} · (x _{lim} - d') / x _{lim}	
--	--

σ _s	3,50	kN/cm ²
----------------	------	--------------------

SE(ε _s ≤ ε _{sd} ; E _s · ε _s ; f _{yd})	
---	--

ΔM _d	0,0	kNm
-----------------	-----	-----

MÁXIMO(M _d - M _{d,lim} ; 0)	
---	--

A _s	0,00	cm ²
----------------	------	-----------------

ΔM _d / (σ _s · d · (d - d'))	
---	--

ρ'	0,000%
----	--------

A _s / (b · d)	
--------------------------	--

ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL

A _{s,mín} / (b · h)	4,0%
------------------------------	------

(A _s + A _s ') / (b · h)	
---	--

(A _s + A _s ') / (b · h)	0,15%
---	-------

(A _s + A _s ') / (b · h)	
---	--

ρ / ρ _{máx}	0,04
----------------------	------



A taxa de aço é 3,00 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.

b) Direção +Mx/+My

$$M_s = +M_x - N_x(d - h/2)$$

Onde:

$$d = 14 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

Logo:

$$M_s = 2,94 \text{ kNm}$$

SEÇÃO TRANSVERSAL			
b	100	cm	
h	20	cm	
d"	6,0	cm	
d'	6,0	cm	
d	14	cm	
MOMENTO FLETOR SOLICITANTE DE CÁLCULO			
M _d	2,9	kNm	
M _d /M _{d,lim}	0,03		M _d /M _{d,lim}
armadura	SIMPLES		SE(M _d /M _{d,lim} ≤ 1; "SIMPLES"; "DUPLA")
MOMENTO FLETOR MÁXIMO COM ARMADURA SIMPLES			
k _{duc}	0,45		SE(f _{ck} ≤ 50; 0,45; 0,35)
x _{lim}	6,30	cm	k _{duc} d
M _{d,lim}	105,4	kNm	bλx _{lim} ηf _{cd} (d - λx _{lim} /2)
A _{s,lim}	21,11	cm ²	A _{s,lim} /(bd)
ρ _{lim}	1,51%		
ALTURA MÍNIMA PARA ARMADURA SIMPLES			
d _{lim}	2,3	cm	RAIZ(M _d /(k _{duc} λη(1 - k _{duc} λ/2)bf _{cd}))
h _{lim}	8,3	cm	d _{lim} + d"
PROFUNDIDADE DA LINHA NEUTRA			
x	0,14	cm	SE(armadura="SIMPLES"; (d/λ)RAIZ(1 - 2M _d /(bd ² ηf _{cd})); x _{lim})
λx	0,12	cm	λx
ARMADURA LONGITUDINAL DE TRAÇÃO			
A _{s,cal}	0,49	cm ²	bλxηf _{cd} /f _{yd} + A' _s σ' _s /f _{yd}
A _{s,min} /(bh)	0,150%		MÁXIMO(0,15%; 0,25f _{ctm} /f _{yk})
A _{s,min}	3,00	cm ²	(A _{s,min} /(bh))bh
A _s	3,00	cm ²	MÁXIMO(A _{s,cal} ; A _{s,min})
ρ	0,214%		A _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL DE COMPRESSÃO			
ε' _s	0,017%		ε _{cu} (x _{lim} - d')/x _{lim}
σ' _s	3,50	kN/cm ²	SE(ε' _s ≤ ε _{sd} ; E _s ε' _s ; f _{yd})
ΔM _d	0,0	kNm	MÁXIMO(M _d - M _{d,lim} ; 0)
A' _s	0,00	cm ²	ΔM _d /(σ' _s (d - d'))
ρ'	0,000%		A' _s /(bd)
ARMADURA LONGITUDINAL TOTAL			
A _{s,min} /(bh)	4,0%		
(A _s + A' _s)/(bh)	0,15%		(A _s + A' _s)/(bh)
ρ/ρ _{máx}	0,04		✓

A taxa de aço é 3,00 cm²/m. Será utilizada armadura de ø8.0 c/15 que equivale a 3,33 cm²/m.



CESAN

qualidade em saneamento



PRÓ-RURAL



CONTRATO 174/2015
AS 026/2018

**MUNICÍPIO DE BOA ESPERANÇA
DISTRITO DE SANTO ANTÔNIO**

**COMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA O
KM 20**

VOLUME V – PROJETO ESTRUTURAL

TOMO B – DESENHOS

GANEM
Engenharia Ltda

JULHO/2019

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do contrato nº 174/2015, celebrado entre a **GANEM Engenharia EPP Ltda** e a **Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN)**.

Este contrato visa atender as demandas de análise operacional e projetos da **Gerência do Interior (O-GIN)**, da **Diretoria Operacional (D-OP)**, e está sendo acompanhado pela **Divisão de Projetos Operacionais (E-DPO)**, da **Gerência de Projetos e Programas Estratégicos (E-GPP)**, da **Diretoria de Engenharia e Meio Ambiente (D-EM)**.

Quanto a operação do sistema a Gerência do Interior está dividida em quatro divisões, nomeadamente a **Divisão de Operação e Manutenção Noroeste (O-DNO)**, **Divisão de Operação e Manutenção Centro Norte (O-DCN)**, **Divisão de Operação e Manutenção Serrana (O-DSE)**, e **Divisão de Operação e Manutenção Sul (O-DSU)**. As divisões encontram-se ainda subdivididas em 9 polos de operação, conforme segue: Divisão Noroeste (Polo Barra de São Francisco e Polo São Gabriel da Palha); Divisão Centro Norte (Polo Nova Venécia, Polo Montanha e Polo Conceição da Barra); Divisão Serrana (Polo Santa Teresa e Polo Venda Nova do Imigrante); e Divisão Sul (Polo Muqui e Polo Castelo).

A **GANEM Engenharia EPP Ltda.** apresenta a seguir os desenhos do projeto estrutural do sistema de esgotamento sanitário para o KM 20, no distrito de Santo Antônio, localizado no município de Boa Esperança / ES.

O projeto completo da complementação do projeto de esgotamento sanitário para o KM 20 está apresentado conforme descrito abaixo:

- Volume I – Topografia:
 - Tomo A: Caderneta Topográfica (C-011-001-90-1-CT-0001);
 - Tomo B: Desenhos.
- Volume II – Projeto Hidráulico:
 - Tomo A: Memorial Descritivo e de Cálculo (C-011-001-90-5-MD-0001);
 - Tomo B: Desenhos.
- Volume III – Sondagem: Relatório Técnico (C-011-001-90-3-SD-0001).
- Volume IV – Projeto Terraplenagem:
 - Tomo A: Memorial Descritivo e de Cálculo (C-011-001-92-1-MD-0001);
 - Tomo B: Desenhos.

- Volume V – Projeto Estrutural:
 - Tomo A: Memorial de Cálculo (C-011-001-92-4-MC-0001);
 - Tomo B: Desenhos.
- Volume VI – Orçamento (C-011-001-90-0-OR-0001):
 - Planilha Orçamentária (C-011-001-90-0-PL-0001).

Seguem listados abaixo os desenhos produzidos nesse volume e apresentado no Tomo B deste projeto.

	Número da CESAN	Referência do Desenho
01	C-011-001-92-4-XX-0001	Decantador – Plantas, cortes e detalhes – Forma e armação
02	C-011-001-92-4-XX-0002	Decantador – Plantas e vista – Armação
03	C-011-001-92-4-XX-0003	Leito de Secagem – Plantas e corte – Armação
04	C-011-001-92-4-XX-0004	Tanque Séptico – Plantas – Forma
05	C-011-001-92-4-XX-0005	Tanque Séptico – Planta e cortes – Forma
06	C-011-001-92-4-XX-0006	Tanque Séptico – Lajes –Armação
07	C-011-001-92-4-XX-0007	Tanque Séptico – Paredes – Armação
08	C-011-001-92-4-XX-0008	Tratamento Primário – Plantas, corte e detalhes – Forma e armação
09	C-011-001-92-4-XX-0009	Tratamento Primário – Lajes e sapatas corridas – Forma e armação
10	C-011-001-92-4-XX-0010	Tratamento Primário – Paredes – Armação
11	C-011-001-92-4-XX-0011	Travessia – Planta e cortes – Forma e armação
12	C-011-001-92-4-XX-0012	Escada e Dispositivos de Drenagem – Plantas e cortes – Forma e armação

.

DESENHOS