



Projeto de Ampliação da Estação de Tratamento de Água de Catalão

Sistema de Abastecimento de Água – SAA

**Volume V - Projeto Estrutural
Memorial Descritivo e de Cálculo**



PREFEITURA MUNICIPAL DE CATALÃO - GO
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
AMPLIAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

ART nº 0720220091722

RESUMO:

Projeto de Engenharia da Ampliação do Sistema de Produção de Água Tratada, ETA, com melhorias nas unidades existentes. Envolvendo Projeto Hidromecânico, Projeto Elétrico, Projeto Estrutural e Orçamento da: ETA Pré-fabricada de 300 L/s ciclo completo, Estrutura de Distribuição de Água Bruta, Nova Calha Parshall da ETA Existente, Novo Tanque de Contato da ETA Existente, Estruturas de Controles de vazão e nível, Reservatório Pulmão 2000 m³, Tratamento do Lodo Gerado (UTR), Nova Elevatória de Água Tratada, Nova Rede de Drenagem descarte de Águas Servidas, Novas Câmaras de Manobras e Interligações com medição de vazão.

PROJETISTA:

Pedro Henrique Silva Barbosa
Engenheiro Civil
Fone/ e-mail: (61) 3963-7215 / arkis@terra.com.br

COORDENADOR(ES) DO PROJETO:

Paulo Ricardo Silva Mendes/ Carlos Joadir Mendes
Engenheiro Civil
Fone/ e-mail: (62) 3963-7215 / paulorsm@terra.com.br

VOLUME:

VOLUME V - PROJETO ELÉTRICO
Memorial de Descritivo e de Cálculo

REFERÊNCIA:

Novembro / 2022

<i>Revisão</i>	<i>Descrição</i>	<i>Data</i>
0	Emissão Inicial	11/2022

SAE – SUPERINTENDÊNCIA MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO

CATALÃO -GO

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA - SAA

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - CATALÃO

VOLUME I/I

ESTRUTURAL

MEMÓRIA TÉCNICA E DESENHOS

NOVEMBRO/2022

1. MEMORIAL DESCRITIVO

1.1 ESPECIFICAÇÕES DO CONCRETO

- Concreto: $f_{ck} = 25$ MPa, com aditivo cristalizante e sílica ativa (4% a 8%);
- Módulo de Elasticidade inicial (E_{ci}): 28,0 GPa;
- Cimento: CP-II ou CP-IV
- Consumo mínimo de cimento: 280 kg/m³ de concreto;
- Aço: CA 50 ou CA 60, conforme definido nos resumos de armadura;
- Fator água/cimento: 0,60;
- Recobrimento da armadura geral: 3,0 cm;
- Estado de fissuração do concreto: 0,3 mm.

1.2 ESPECIFICAÇÕES

- Concreto: $f_{ck} = 40$ MPa com de aditivo cristalizante e sílica ativa (4% a 8%);
- Módulo de Elasticidade inicial (E_{ci}): 35,42 GPa;
- Cimento: CP-II ou CP-IV
- Consumo mínimo de cimento: 360 kg/m³ de concreto;
- Aço: CA 50 ou CA 60, conforme definido nos resumos de armadura;
- Fator água/cimento: 0,45;
- Recobrimento da armadura geral: 5,0 cm;
- Estado de fissuração do concreto: 0,2 mm.

1.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, Urbano – **Exercícios de Fundações**. Editora Edgar Blücher Ltda, São Paulo, 1983.

ALONSO, Urbano Rodrigues – **Dimensionamento de Fundações Profundas**. Editora Edgar Blücher Ltda, São Paulo, 1989.

FUSCO, Péricles Brasiliense – **Estruturas de Concreto. Solicitações Normais**. Editora LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, 1981.

FUSCO, Péricles Brasiliense – **Técnicas de Armar Estruturas de Concreto**. Editora Pini, São Paulo, 1994.

HACHICH, Waldemar, FALCONI, Frederico F., SAES, José Luiz, FROTA, Régis G. Q., CARVALHO, Celso S., NIYAMA, Sussumo – **Fundações: Teoria e Prática**, Editora Pini Ltda, São Paulo, São Paulo, 1998.

MORAES, Marcello da Cunha – **Estruturas de Fundação**, MAKRON Books do Brasil Editora Ltda, São Paulo, 1976.

ROCHA, Anderson Moreira da – **Concreto Armado** – 4 vols. Livraria Nobel S.A., São Paulo, 1991.

SÜSSEKIND, José Carlos – **Curso de Concreto** - 2 vols. Editora Globo. Rio de Janeiro, 1979.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **Cargas para o cálculo de estruturas de edificações** – NBR 6120/2019.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **Projeto de estruturas de concreto armado – Procedimento** – NBR 6118/2014.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS – **Projeto e execução de fundações** – NBR 6122/2019.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS – **Forças devido ao vento em edificações** – NBR 6123/1988.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS – **Projetos de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios** – NBR 8800/2008.

2. CAIXA DA VÁLVULA DE CONTROLE DE CHEGADA NO RAP METÁLICO

2.1 Descrição da Estrutura

Estrutura em concreto armado, com dimensões em planta de 4,98 x 2,60 m e profundidade máxima de 1,95 m.

2.2 Carregamentos Fase Vazia

a) Empuxo do solo:

$$Q1 = Sc \cdot ka$$

ka: coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q1 = 500 \cdot 0,33 = 165,00 \text{ kgf/m}^2.$$

$$Q2 = Ys \cdot h \cdot ka + Sc \cdot ka$$

Ys: Peso específico do solo saturado = 2.100,00 kgf/m³

h: Altura do solo = 1,95 m (Para efeito de cálculo foi considerada a estrutura completamente enterrada).

ka: Coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: Sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q2 = 2.100,00 \cdot 1,95 \cdot 0,33 + 500 \cdot 0,33 = 1.516,35 \text{ kgf/m}^2.$$

b) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q3):

$$Q3 = (\text{Per. Pesp. Alt. } Y_{\text{conc}}) / \text{Árealaje}$$

Per: Perímetro da caixa = (4,98m x 2 + 2,60m x 2) = 15,16 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,15 m

Alt: Altura das paredes = 1,80 m

Y_{conc}: Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = (4,98 x 2,60 m) = 12,95 m²

$$Q3 = (15,16 \cdot 0,15 \cdot 1,80 \cdot 2.500) / 12,95 = 790,19 \text{ kgf/m}^2.$$

2.3 Carregamentos Fase Cheia

a) Empuxo do solo:

$$Q1 = Sc \cdot ka$$

ka: coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q1 = 500 \cdot 0,33 = 165,00 \text{ kgf/m}^2.$$

$$Q2 = Ys \cdot h \cdot ka + Sc \cdot ka$$

Ys: Peso específico do solo saturado = 2.100,00 kgf/m³

h: Altura do solo = 1,95 m (Para efeito de cálculo foi considerada a estrutura completamente enterrada).

ka: Coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: Sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q2 = 2.100,00 \cdot 1,95 \cdot 0,33 + 500 \cdot 0,33 = 1.516,35 \text{ kgf/m}^2.$$

b) Empuxo da água:

$$Q3 = Y_{\text{agua}} \cdot h$$

h: altura da água = 1,80 m

Y_{agua}: Peso específico da água = 1.000,00 kgf/m³

$$Q3 = 1.000,00 \cdot 1,80 = 1.800,00 \text{ kgf/m}^2.$$

c) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q4):

$$Q4 = (\text{Per. Pesp. Alt. } Y_{\text{conc}}) / \text{Árealaje}$$

Per: Perímetro da caixa = (4,98m x 2 + 2,60m x 2) = 15,16 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,15 m

Alt: Altura das paredes = 1,80 m

Y_{conc}: Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = (4,98 x 2,60 m) = 12,95 m²

$$Q4 = (15,16 \cdot 0,15 \cdot 1,80 \cdot 2.500) / 12,95 = 790,19 \text{ kgf/m}^2.$$

2.4 Determinação dos Esforços nas Paredes e Laje de fundo

Para a determinação dos esforços solicitantes, foi considerado o carregamento na fase vazia da estrutura, ou seja, o caso mais desfavorável. Utilizando os casos 6, 10 e 22 das tabelas '2.3c', '2.3e' e '2.4e' do autor Libânio M. Pinheiro, obteve-se assim os resultados apresentados adiante.

Para as verificações no ELU e ELS, foram adotados os seguintes coeficientes para as combinações de carregamento:

Coeficientes Y_c e Y_s :

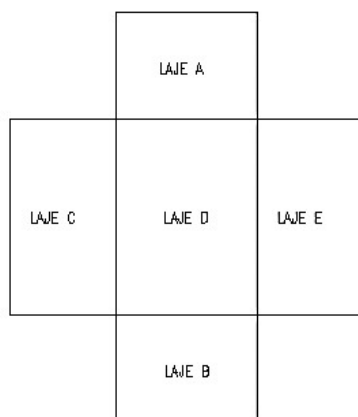
Combinação	Concreto Y_c	Aço Y_s
Normal	1,40	1,15

Coeficientes $Y_f = Y_{f1} * Y_{f2}$:

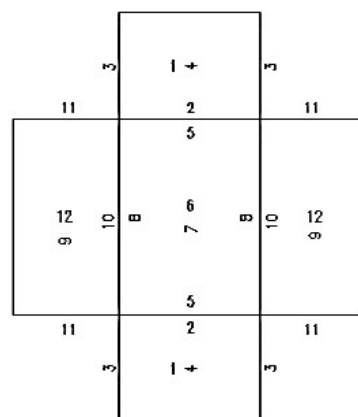
Combinação de Ações	Ações			
	Permanente		Variável	
Normal	D	F	G	T
	1,40	1,00	1,40	1,20

D – Desfavorável; F – Favorável; G – Carga variável em geral; T – Temperatura;

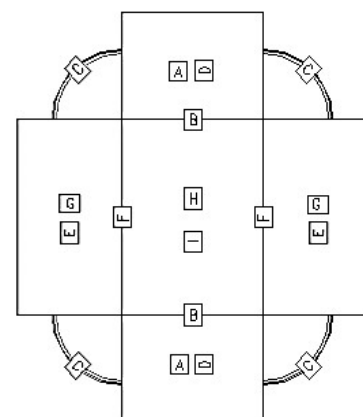
IDENTIFICAÇÃO DAS LAJES



LOCALIZAÇÃO DOS MOMENTOS OBTIDOS



LOCALIZAÇÃO DOS MOMENTOS COMPATIBILIZADOS



MOMENTOS OBTIDOS

LAJE A	tf.m/m	LAJE B	tf.m/m	LAJE C	tf.m/m	LAJE E	tf.m/m	LAJE D	tf.m/m
M1	0,074	M1	0,074	M9	0,011	M9	0,011	M5	0,331
M2	0,323	M2	0,323	M10	0,854	M10	0,854	M6	0,058
M3	0,262	M3	0,262	M11	0,670	M11	0,670	M7	0,233
M4	0,133	M4	0,133	M12	0,222	M12	0,222	M8	0,480

MOMENTOS COMPATIBILIZADOS

MOM.	TF.M/M
MA	0,074
MB	0,327
MC	0,536
MD	0,133
ME	0,182
MF	0,683
MG	0,356
MH	0,062
MI	0,233

2.5 Cálculo e Detalhamento das Armaduras

Título do Esforço	DADOS											
	h cm	d' cm	d cm	Fck Mpa	bw cm	Momento tf.m/m	Mom. de Fissuração	X cm	KX	As cm ² /m	As Mínimo cm ² /m	As Adotado cm ² /m
MA	15	3,5	11,5	25	100	0,07	0,41	0,07	0,01	0,21	2,25	2,25
MB	15	3,5	11,5	25	100	0,33	0,41	0,33	0,03	0,93	2,25	2,25
MC	15	3,5	11,5	25	100	0,54	0,41	0,55	0,05	1,53	2,25	2,25
MD	15	3,5	11,5	25	100	0,13	0,41	0,13	0,01	0,37	2,25	2,25
ME	15	3,5	11,5	25	100	0,18	0,41	0,18	0,02	0,51	2,25	2,25
MF	15	3,5	11,5	25	100	0,68	0,41	0,70	0,06	1,96	2,25	2,25
MG	15	3,5	11,5	25	100	0,36	0,41	0,36	0,03	1,01	2,25	2,25
MH	15	3,5	11,5	25	100	0,06	0,41	0,06	0,01	0,17	2,25	2,25
MI	15	3,5	11,5	25	100	0,23	0,41	0,24	0,02	0,66	2,25	2,25

Título do Esforço	DETALHAMENTO	
	BITOLA (mm)	Espaçamento (cm)
MA	6.3	13
MB	6.3	13
MC	6.3	13
MD	6.3	13
ME	6.3	13
MF	6.3	13
MG	6.3	13
MH	6.3	13
MI	6.3	13

2.6 Verificação da Tensão Transmitida ao Solo

A estrutura terá fundação direta, considerando que o solo local deverá apresentar tensão admissível de no mínimo 0,32 kgf/cm², devendo ser verificada por engenheiro geotécnico ou sondagem antes da execução da estrutura, conforme demonstram os cálculos abaixo:

Tensão solicitante = Carga total da Caixa / Área de contato com o solo

Tensão solicitante = ((Volume de Concreto * Peso específico do concreto) + (Volume de Água * Peso específico da água)) / Área de contato com solo.

Tensão solicitante = (5,94 * 2,5 + 19,38 * 1,00) / 12,95 = 2,64 tf/m² = 0,26 kgf/cm²

Coefficiente de segurança = 1,20

Tensão admissível mínima = Tensão solicitante * 1,20 = 0,26 * 1,20 = 0,32 kgf/cm²

Coefficiente de segurança = Tensão admissível / Tensão solicitante

= 0,32 / 0,26 = 1,23 ≥ 1,20 – OK!

3. CAIXA DA VÁLVULA DE CONTROLE DE NÍVEL DE CHEGADA

3.1 Descrição da Estrutura

Estrutura em concreto armado, com dimensões em planta de 4,98 x 2,60 m e profundidade máxima de 1,95 m.

3.2 Carregamentos Fase Vazia

a) Empuxo do solo:

$$Q1 = Sc \cdot ka$$

ka: coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q1 = 500 \cdot 0,33 = 165,00 \text{ kgf/m}^2.$$

$$Q2 = Ys \cdot h \cdot ka + Sc \cdot ka$$

Ys: Peso específico do solo saturado = 2.100,00 kgf/m³

h: Altura do solo = 1,95 m (Para efeito de cálculo foi considerada a estrutura completamente enterrada).

ka: Coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: Sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q2 = 2.100,00 \cdot 1,95 \cdot 0,33 + 500 \cdot 0,33 = 1.516,35 \text{ kgf/m}^2.$$

b) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q3):

$$Q3 = (\text{Per. Pesp. Alt. } Y_{\text{conc}}) / \text{Árealaje}$$

Per: Perímetro da caixa = (4,98m x 2 + 2,60m x 2) = 15,16 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,15 m

Alt: Altura das paredes = 1,80 m

Y_{conc}: Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = (4,98 x 2,60 m) = 12,95 m²

$$Q3 = (15,16 \cdot 0,15 \cdot 1,80 \cdot 2.500) / 12,95 = 790,19 \text{ kgf/m}^2.$$

3.3 Carregamentos Fase Cheia

a) Empuxo do solo:

$$Q1 = Sc \cdot ka$$

ka: coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q1 = 500 \cdot 0,33 = 165,00 \text{ kgf/m}^2.$$

$$Q2 = Ys \cdot h \cdot ka + Sc \cdot ka$$

Ys: Peso específico do solo saturado = 2.100,00 kgf/m³

h: Altura do solo = 1,95 m (Para efeito de cálculo foi considerada a estrutura completamente enterrada).

ka: Coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: Sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q2 = 2.100,00 \cdot 1,95 \cdot 0,33 + 500 \cdot 0,33 = 1.516,35 \text{ kgf/m}^2.$$

b) Empuxo da água:

$$Q3 = Y_{\text{agua}} \cdot h$$

h: altura da água = 1,80 m

Y_{agua}: Peso específico da água = 1.000,00 kgf/m³

$$Q3 = 1.000,00 \cdot 1,80 = 1.800,00 \text{ kgf/m}^2.$$

c) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q4):

$$Q4 = (\text{Per. Pesp. Alt. } Y_{\text{conc}}) / \text{Árealaje}$$

Per: Perímetro da caixa = (4,98m x 2 + 2,60m x 2) = 15,16 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,15 m

Alt: Altura das paredes = 1,80 m

Y_{conc}: Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = (4,98 x 2,60 m) = 12,95 m²

$$Q4 = (15,16 \cdot 0,15 \cdot 1,80 \cdot 2.500) / 12,95 = 790,19 \text{ kgf/m}^2.$$

3.4 Determinação dos Esforços nas Paredes e Laje de fundo

Para a determinação dos esforços solicitantes, foi considerado o carregamento na fase vazia da estrutura, ou seja, o caso mais desfavorável. Utilizando os casos 6, 10 e 22 das tabelas '2.3c', '2.3e' e '2.4e' do autor Libânio M. Pinheiro, obteve-se assim os resultados apresentados adiante.

Para as verificações no ELU e ELS, foram adotados os seguintes coeficientes para as combinações de carregamento:

Coeficientes Y_c e Y_s :

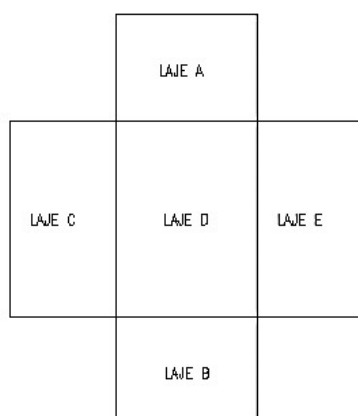
Combinação	Concreto Y_c	Aço Y_s
Normal	1,40	1,15

Coeficientes $Y_f = Y_{f1} * Y_{f2}$:

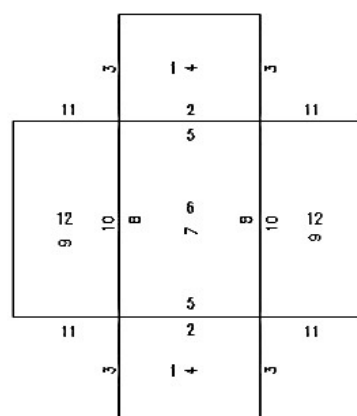
Combinação de Ações	Ações			
	Permanente		Variável	
Normal	D	F	G	T
	1,40	1,00	1,40	1,20

D – Desfavorável; F – Favorável; G – Carga variável em geral; T – Temperatura;

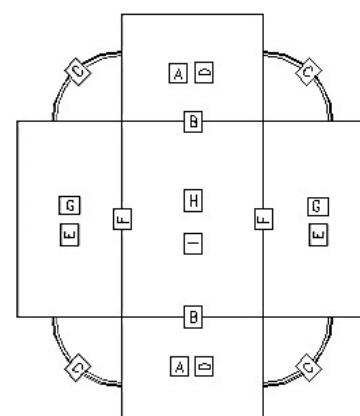
IDENTIFICAÇÃO DAS LAJES



LOCALIZAÇÃO DOS MOMENTOS OBTIDOS



LOCALIZAÇÃO DOS MOMENTOS COMPATIBILIZADOS



MOMENTOS OBTIDOS

LAJE A	tf.m/m	LAJE B	tf.m/m	LAJE C	tf.m/m	LAJE E	tf.m/m	LAJE D	tf.m/m
M1	0,074	M1	0,074	M9	0,011	M9	0,011	M5	0,331
M2	0,323	M2	0,323	M10	0,854	M10	0,854	M6	0,058
M3	0,262	M3	0,262	M11	0,670	M11	0,670	M7	0,233
M4	0,133	M4	0,133	M12	0,222	M12	0,222	M8	0,480

MOMENTOS COMPATIBILIZADOS

MOM.	TF.M/M
MA	0,074
MB	0,327
MC	0,536
MD	0,133
ME	0,182
MF	0,683
MG	0,356
MH	0,062
MI	0,233

3.5 Cálculo e Detalhamento das Armaduras

Título do Esforço	DADOS											
	h cm	d' cm	d cm	Fck Mpa	bw cm	Momento tf.m/m	Mom. de Fissuração	X cm	KX	As cm ² /m	As Mínimo cm ² /m	As Adotado cm ² /m
MA	15	3,5	11,5	25	100	0,07	0,41	0,07	0,01	0,21	2,25	2,25
MB	15	3,5	11,5	25	100	0,33	0,41	0,33	0,03	0,93	2,25	2,25
MC	15	3,5	11,5	25	100	0,54	0,41	0,55	0,05	1,53	2,25	2,25
MD	15	3,5	11,5	25	100	0,13	0,41	0,13	0,01	0,37	2,25	2,25
ME	15	3,5	11,5	25	100	0,18	0,41	0,18	0,02	0,51	2,25	2,25
MF	15	3,5	11,5	25	100	0,68	0,41	0,70	0,06	1,96	2,25	2,25
MG	15	3,5	11,5	25	100	0,36	0,41	0,36	0,03	1,01	2,25	2,25
MH	15	3,5	11,5	25	100	0,06	0,41	0,06	0,01	0,17	2,25	2,25
MI	15	3,5	11,5	25	100	0,23	0,41	0,24	0,02	0,66	2,25	2,25

Título do Esforço	DETALHAMENTO	
	BITOLA (mm)	Espaçamento (cm)
MA	6.3	13
MB	6.3	13
MC	6.3	13
MD	6.3	13
ME	6.3	13
MF	6.3	13
MG	6.3	13
MH	6.3	13
MI	6.3	13

3.6 Verificação da Tensão Transmitida ao Solo

A estrutura terá fundação direta, considerando que o solo local deverá apresentar tensão admissível de no mínimo 0,32 kgf/cm², devendo ser verificada por engenheiro geotécnico ou sondagem antes da execução da estrutura, conforme demonstram os cálculos abaixo:

Tensão solicitante = Carga total da Caixa / Área de contato com o solo

Tensão solicitante = ((Volume de Concreto * Peso específico do concreto) + (Volume de Água * Peso específico da água)) / Área de contato com solo.

Tensão solicitante = (5,94 * 2,5 + 19,38 * 1,00) / 12,95 = 2,64 tf/m² = 0,26 kgf/cm²

Coefficiente de segurança = 1,20

Tensão admissível mínima = Tensão solicitante * 1,20 = 0,26 * 1,20 = 0,32 kgf/cm²

Coefficiente de segurança = Tensão admissível / Tensão solicitante

= 0,32 / 0,26 = 1,23 ≥ 1,20 – OK!

4. CAIXA DA VÁLVULA DE CONTROLE RSE EXISTENTE

4.1 Descrição da Estrutura

Estrutura em concreto armado, com dimensões em planta de 7,30 x 3,65 m e profundidade máxima de 2,35 m.

4.2 Carregamentos Fase Vazia

a) Empuxo do solo:

$$Q1 = Sc \cdot ka$$

ka: coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q1 = 500 \cdot 0,33 = 165,00 \text{ kgf/m}^2.$$

$$Q2 = Ys \cdot h \cdot ka + Sc \cdot ka$$

Ys: Peso específico do solo saturado = 2.100,00 kgf/m³

h: Altura do solo = 2,35 m (Para efeito de cálculo foi considerada a estrutura completamente enterrada).

ka: Coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: Sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q2 = 2.100,00 \cdot 2,35 \cdot 0,33 + 500 \cdot 0,33 = 1.793,55 \text{ kgf/m}^2.$$

b) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q3):

$$Q3 = (\text{Per. Pesp. Alt. } Y_{\text{conc}}) / \text{Árealaje}$$

Per: Perímetro da caixa = (7,30m x 2 + 3,65m x 2) = 21,90 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,20 m

Alt: Altura das paredes = 2,20 m

Y_{conc}: Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = (7,30 x 3,65 m) = 26,65 m²

$$Q3 = (21,90 \cdot 0,20 \cdot 2,20 \cdot 2.500) / 26,65 = 903,94 \text{ kgf/m}^2.$$

4.3 Carregamentos Fase Cheia

a) Empuxo do solo:

$$Q1 = Sc \cdot ka$$

ka: coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q1 = 500 \cdot 0,33 = 165,00 \text{ kgf/m}^2.$$

$$Q2 = Y_s \cdot h \cdot k_a + S_c \cdot k_a$$

Y_s : Peso específico do solo saturado = 2.100,00 kgf/m³

h : Altura do solo = 2,35 m (Para efeito de cálculo foi considerada a estrutura completamente enterrada).

k_a : Coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

S_c : Sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q2 = 2.100,00 \cdot 2,35 \cdot 0,33 + 500 \cdot 0,33 = 1.793,55 \text{ kgf/m}^2.$$

b) Empuxo da água:

$$Q3 = Y_{\text{agua}} \cdot h$$

h : altura da água = 2,20 m

Y_{agua} : Peso específico da água = 1.000,00 kgf/m³

$$Q3 = 1.000,00 \cdot 2,20 = 2.200,00 \text{ kgf/m}^2.$$

c) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q4):

$$Q4 = (\text{Per. Pesp. Alt. } Y_{\text{conc}}) / \text{Árealaje}$$

Per: Perímetro da caixa = (7,30m x 2 + 3,65m x 2) = 21,90 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,20 m

Alt: Altura das paredes = 2,20 m

Y_{conc} : Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = (7,30 x 3,65 m) = 26,65 m²

$$Q4 = (21,90 \cdot 0,20 \cdot 2,20 \cdot 2.500) / 26,65 = 903,94 \text{ kgf/m}^2.$$

4.4 Determinação dos Esforços nas Paredes e Laje de fundo

Para a determinação dos esforços solicitantes, foi considerado o carregamento na fase vazia da estrutura, ou seja, o caso mais desfavorável. Utilizando os casos 6, 10 e 22 das tabelas '2.3c', '2.3e' e '2.4e' do autor Libânio M. Pinheiro, obteve-se assim os resultados apresentados adiante.

Para as verificações no ELU e ELS, foram adotados os seguintes coeficientes para as combinações de carregamento:

Coeficientes Y_c e Y_s :

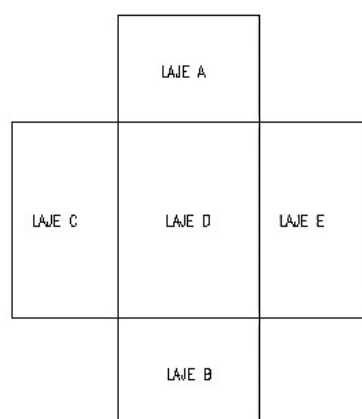
Combinação	Concreto Y_c	Aço Y_s
Normal	1,40	1,15

Coeficientes $Y_f = Y_{f1} * Y_{f2}$:

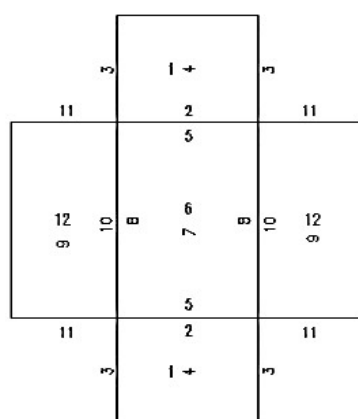
Combinação de Ações	Ações			
	Permanente		Variável	
Normal	D	F	G	T
	1,40	1,00	1,40	1,20

D – Desfavorável; F – Favorável; G – Carga variável em geral; T – Temperatura;

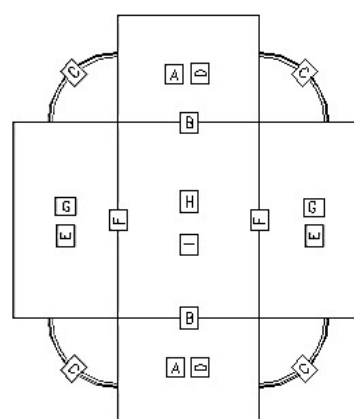
IDENTIFICAÇÃO DAS LAJES



LOCALIZAÇÃO DOS MOMENTOS OBTIDOS



LOCALIZAÇÃO DOS MOMENTOS COMPATIBILIZADOS



MOMENTOS OBTIDOS

LAJE A	tf.m/m	LAJE B	tf.m/m	LAJE C	tf.m/m	LAJE E	tf.m/m	LAJE D	tf.m/m
M1	0,124	M1	0,124	M9	0,052	M9	0,052	M5	0,736
M2	0,789	M2	0,789	M10	1,581	M10	1,581	M6	0,124
M3	0,617	M3	0,617	M11	1,166	M11	1,166	M7	0,521
M4	0,292	M4	0,292	M12	0,343	M12	0,343	M8	1,072

MOMENTOS COMPATIBILIZADOS

MOM.	TF.M/M
MA	0,150
MB	0,763
MC	0,933
MD	0,292
ME	0,052
MF	1,326
MG	0,577
MH	0,124
MI	0,521

4.5 Cálculo e Detalhamento das Armaduras

Título do Esforço	DADOS											
	h cm	d' cm	d cm	Fck Mpa	bw cm	Momento tf.m/m	Mom. de Fissuração	X cm	KX	As cm ² /m	As Mínimo cm ² /m	As Adotado cm ² /m
MA	20	3,5	16,5	25	100	0,15	0,60	0,11	0,01	0,29	3,00	3,00
MB	20	3,5	16,5	25	100	0,76	0,60	0,54	0,03	1,51	3,00	3,00
MC	20	3,5	16,5	25	100	0,93	0,60	0,66	0,04	1,85	3,00	3,00
MD	20	3,5	16,5	25	100	0,29	0,60	0,21	0,01	0,57	3,00	3,00
ME	20	3,5	16,5	25	100	0,05	0,60	0,04	0,00	0,10	3,00	3,00
MF	20	3,5	16,5	25	100	1,33	0,60	0,95	0,06	2,65	3,00	3,00
MG	20	3,5	16,5	25	100	0,58	0,60	0,41	0,02	1,14	3,00	3,00
MH	20	3,5	16,5	25	100	0,12	0,60	0,09	0,01	0,24	3,00	3,00
MI	20	3,5	16,5	25	100	0,52	0,60	0,37	0,02	1,03	3,00	3,00

Título do Esforço	DETALHAMENTO	
	BITOLA (mm)	Espaçamento (cm)
MA	8.0	16
MB	8.0	16
MC	8.0	16
MD	8.0	16
ME	8.0	16

MF	8.0	16
MG	8.0	16
MH	8.0	16
MI	8.0	16

4.6 Determinação dos Esforços na Laje de Cobertura

a) Carregamento para dimensionamento da Laje (Q1):

Sobrecarga = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

hlaje: altura da laje = 0,15 m

Yconc: Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Q1 = 500 + 0,15 * 2.500 = 875,00 kgf/m².

Para dimensionamento da laje de cobertura, foi adotado os seguintes parâmetros:

Lx = 1,90

Ly = 3,60

Carregamento = 875,00 kgf/m²

Tipo	Coeficientes	
λ	mx	my
1,89	9,54	3,29

Momentos (tf.m/m)	
Mx	My
0,30	0,10

Asmín = 0,179% * bw * h = 0,179% * 1 * 15 = 2,69 cm²/m

H (cm)	d'(cm)	d (cm)	FCK (Mpa)	BW (cm)	MOMENTO (tf.m/m)	X (cm)	KX	AS cm ² /m	AS MÍNIMO cm ² /m	AS ADOTADO cm ² /m
15	5,5	9,5	40	100	0,30	0,23	0,02	1,03	2,69	2,69

Adotou-se As = 2,69 cm²/m – Φ6.3 mm a cada 11 cm.

4.7 Verificação da Tensão Transmitida ao Solo

A estrutura terá fundação direta, considerando que o solo local deverá apresentar tensão admissível de no mínimo 0,36 kgf/cm², devendo ser verificada por engenheiro geotécnico ou sondagem antes da execução da estrutura, conforme demonstram os cálculos abaixo:

Tensão solicitante = Carga total da Caixa / Área de contato com o solo

Tensão solicitante = ((Volume de Concreto * Peso específico do concreto) + (Volume de Água * Peso específico da água)) / Área de contato com solo.

Tensão solicitante = (11,30 * 2,5 + 51,66 * 1,00) / 26,68 = 2,99 tf/m² = 0,30 kgf/cm²

Coefficiente de segurança = 1,20

Tensão admissível mínima = Tensão solicitante * 1,20 = 0,30 * 1,20 = 0,36 kgf/cm²

Coefficiente de segurança = Tensão admissível / Tensão solicitante
= 0,36 / 0,30 = 1,20 ≥ 1,20 – OK!

5. MEDIDOR DE VAZÃO DN700 E DN500

5.1 Descrição da Estrutura

Estrutura em concreto armado, com dimensões em planta de 2,30 x 3,15 m e profundidade máxima de 2,75 m, com tampa em concreto armado, e paredes a ser composta por alvenaria estrutural de blocos tipo canaleta com dimensões 14 cm x 19 cm x 39 cm, preenchidos com concreto de 25Mpa.

5.2 Carregamentos Fase Vazia

a) Empuxo do solo:

$$Q1 = Sc * ka$$

ka: coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q1 = 500 * 0,33 = 165,00 \text{ kgf/m}^2.$$

$$Q2 = Y_s \cdot h \cdot k_a + S_c \cdot k_a$$

Y_s: Peso específico do solo saturado = 2.100,00 kgf/m³

h: Altura do solo = 2,75 m (Para efeito de cálculo foi considerada a estrutura completamente enterrada).

k_a: Coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

S_c: Sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q2 = 2.100,00 \cdot 2,75 \cdot 0,33 + 500 \cdot 0,33 = 2.070,75 \text{ kgf/m}^2.$$

b) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q3):

$$Q3 = (\text{Per. Pesp. Alt. } Y_{\text{conc}}) / \text{Árealaje}$$

Per: Perímetro da caixa = (2,30m x 2 + 3,15m x 2) = 10,90 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,15 m

Alt: Altura das paredes = 2,50 m

Y_{conc}: Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = (2,30 x 3,15 m) = 7,25 m²

$$Q3 = (10,90 \cdot 0,15 \cdot 2,50 \cdot 2.500) / 7,25 = 1.409,48 \text{ kgf/m}^2.$$

5.3 Carregamentos Fase Cheia

a) Empuxo do solo:

$$Q1 = S_c \cdot k_a$$

k_a: coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

S_c: sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q1 = 500 \cdot 0,33 = 165,00 \text{ kgf/m}^2.$$

$$Q2 = Y_s \cdot h \cdot k_a + S_c \cdot k_a$$

Y_s: Peso específico do solo saturado = 2.100,00 kgf/m³

h: Altura do solo = 2,75 m (Para efeito de cálculo foi considerada a estrutura completamente enterrada).

k_a: Coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

S_c: Sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q2 = 2.100,00 \cdot 2,75 \cdot 0,33 + 500 \cdot 0,33 = 2.070,75 \text{ kgf/m}^2.$$

b) Empuxo da água:

$$Q3 = Y_{\text{agua}} \cdot h$$

h: altura da água = 2,50 m

Y_{agua} : Peso específico da água = 1.000,00 kgf/m³

$$Q3 = 1.000,00 \cdot 2,50 = 2.500,00 \text{ kgf/m}^2.$$

c) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q4):

$$Q4 = (\text{Per. Pesp. Alt. } Y_{\text{conc}}) / \text{Árealaje}$$

Per: Perímetro da caixa = (2,30m x 2 + 3,15m x 2) = 10,90 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,15 m

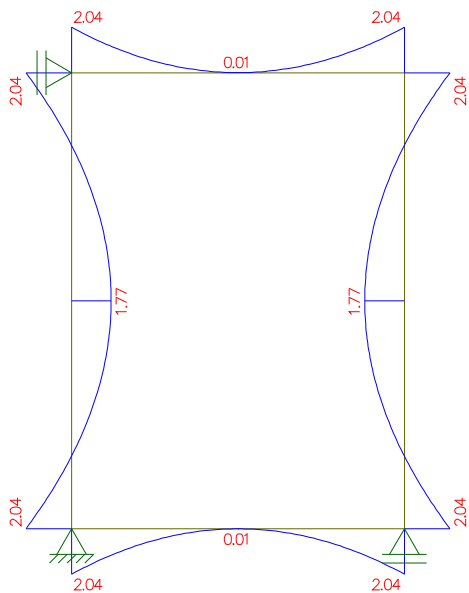
Alt: Altura das paredes = 2,50 m

Y_{conc} : Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = (2,30 x 3,15 m) = 7,25 m²

$$Q4 = (10,90 \cdot 0,15 \cdot 2,50 \cdot 2.500) / 7,25 = 1.409,48 \text{ kgf/m}^2.$$

Diagrama de Momento Fletor (tf.m/m):



Dimensionamento:

Paredes:

Engastes (encontro das paredes):

$F_{bk} = 14 \text{ Mpa};$

Aço = CA-50;

Matuante = 2,04 tf.m/m (ver diagrama dos esforços);

$d = 15 \text{ cm};$

$\gamma_m = 2,50$ (Coeficiente parcial de segurança relativo a alvenária estrutural);

$\gamma_s = 1,15$ (Coeficiente parcial de segurança relativo ao aço);

Adotando 2 Φ 6.3 mm, temos:

$A_s(\text{adotada}) = 0,63 \text{ cm}^2 / 0,19 \text{ m}$

$A_s(\text{adotada}) = 3,32 \text{ cm}^2/\text{m}$

$F_d = f_{bk} / \gamma_m = (1,40 \text{ kN/cm}^2) / 2,50$

$F_d = 0,56 \text{ kN/cm}^2$

$A_s(\text{adotada}) = (f_d * b * d * (1 - \sqrt{1 - 2k'})) / f_{yd}$

$0,63 = (0,56 * 100 * 15 * (1 - \sqrt{1 - 2k'})) / 43,50$

$k' = 0,045$

$\alpha = 1 - \sqrt{1 - 2k'} = 0,046$

$y = \alpha * d = 0,69 \text{ cm}$

$M_{\text{resist}} = A_s * f_{yd} * (d - (y / 2))$

$M_{\text{resist}} = 0,63 * 43,50 * (15 - (0,69 / 2))$

$M_{\text{resist}} = 2113,78 \text{ kN.cm} = 21,14 \text{ kN.m} / \text{m}$

Matuante < M_{resist} – Ok!

2,04 tf.m/m < 2,11 tf.m/m – Ok!

5.4 Laje de fundo:

Conforme o item 17.3.5.2.1 da NBR 6118/2014, a armadura de tração mínima para elementos estruturais submetidos à tração é:

$A_{s\text{mín}} = 0,150\% * b_w * h = 0,150\% * 1 * 15 = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m}$

Título do Esforço	DADOS											
	h cm	d' cm	d cm	Fck Mpa	bw cm	Momento tf.m/m	Mom. de Fissuração	X cm	KX	As cm ² /m	As Mínimo cm ² /m	As Adotado cm ² /m
MA	15	3,5	11,5	25	100	0,78	0,41	0,80	0,07	2,25	2,25	2,25

Adotou-se a armadura de Φ 6.3 mm a cada 14 cm.

Comparando os momentos obtidos para laje de fundo e paredes, com o momento que conduz a armadura mínima, conclui-se que todos os esforços vão conduzir a armadura mínima.

5.5 Laje de Cobertura

$$P_{laje} = \text{Esp} * A * B * \gamma_c + H_{solo} * \gamma_{solo} + S_c * A * B$$

Esp = Espessura da laje = 0,10 m

A = Comprimento Do Maior Lado = 2,30 m

B = Comprimento Do Menor Lado = 0,79 m

γ_c = Peso Especifico do Concreto Armado: 2.500 Kgf/m³

S_c = Sobrecarga Atuante Sobre o Terreno: 500 Kgf/m²

$$P_{laje} = 0,10 * 2,30 * 0,79 * 2.500 + 500,00 * 2,30 * 0,79 = 1.362,75 \text{ Kgf}$$

$$Q_{laje} = P_{laje} / \text{Área da Laje} = 1.362,75 / (2,30 * 0,79) = 750,00 \text{ kgf/m}^2$$

$$L_x = 0,79$$

$$L_y = 2,30$$

$$M_x = 0,06 \text{ tf.m/m}$$

$$M_y = 0,015 \text{ tf.m/m}$$

Título do esforço	Dados											
	H	D'	D	Fck	Bw	Momento	Momento de fissuração	X	Kx	As	As mínimo	As adotado
Mx	10	3,5	6,5	25	100	0,06	0,32	0,11	0,02	0,30	1,50	1,50
My	10	3,5	6,5	25	100	0,015	0,32	0,03	0,01	0,07	1,50	1,50

Foi adotada para a laje uma armação de 6.3 mm a cada 15 cm.

5.6 Verificação da Tensão Transmitida ao Solo

A estrutura terá fundação direta, considerando que o solo local deverá apresentar tensão admissível de no mínimo 0,47 kgf/cm², devendo ser verificada por engenheiro geotécnico ou sondagem antes da execução da estrutura, conforme demonstram os cálculos abaixo:

Tensão solicitante = Carga total da Caixa / Área de contato com o solo

Tensão solicitante = ((Volume de Concreto * Peso específico do concreto) + (Volume de Água * Peso específico da água)) / Área de contato com solo.

Tensão solicitante = (5,68 * 2,5 + 14,25 * 1,00) / 7,25 = 3,92 tf/m² = 0,39 kgf/cm²

Coefficiente de segurança = 1,20

Tensão admissível mínima = Tensão solicitante * 1,20 = 0,39 * 1,20 = 0,47 kgf/cm²

Coefficiente de segurança = Tensão admissível / Tensão solicitante
= 0,47 / 0,39 = 1,20 ≥ 1,20 – OK!

6. MEDIDOR DE VAZÃO DN200

6.1 Descrição da Estrutura

Estrutura em concreto armado, com dimensões em planta de 1,60 x 2,30 m e profundidade máxima de 2,75 m, com tampa em concreto armado, e paredes a ser composta por alvenaria estrutural de blocos tipo canaleta com dimensões 14 cm x 19 cm x 39 cm, preenchidos com concreto de 25Mpa.

6.2 Carregamentos Fase Vazia

a) Empuxo do solo:

$$Q1 = Sc * ka$$

ka: coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q1 = 500 * 0,33 = 165,00 \text{ kgf/m}^2.$$

$$Q2 = Ys * h * ka + Sc * ka$$

Ys: Peso específico do solo saturado = 2.100,00 kgf/m³

h: Altura do solo = 2,75 m (Para efeito de cálculo foi considerada a estrutura completamente enterrada).

ka: Coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: Sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q2 = 2.100,00 \cdot 2,75 \cdot 0,33 + 500 \cdot 0,33 = 2.070,75 \text{ kgf/m}^2.$$

b) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q3):

$$Q3 = (\text{Per. Pesp. Alt. } \gamma_{\text{conc}}) / \text{Árealaje}$$

Per: Perímetro da caixa = (1,60m x 2 + 2,30m x 2) = 7,80 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,15 m

Alt: Altura das paredes = 2,50 m

γ_{conc} : Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = (1,60 x 2,30 m) = 3,68 m²

$$Q3 = (7,80 \cdot 0,15 \cdot 2,50 \cdot 2.500) / 3,68 = 1.987,09 \text{ kgf/m}^2.$$

6.3 Carregamentos Fase Cheia

a) Empuxo do solo:

$$Q1 = Sc \cdot ka$$

ka: coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q1 = 500 \cdot 0,33 = 165,00 \text{ kgf/m}^2.$$

$$Q2 = \gamma_s \cdot h \cdot ka + Sc \cdot ka$$

γ_s : Peso específico do solo saturado = 2.100,00 kgf/m³

h: Altura do solo = 2,75 m (Para efeito de cálculo foi considerada a estrutura completamente enterrada).

ka: Coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: Sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q2 = 2.100,00 \cdot 2,75 \cdot 0,33 + 500 \cdot 0,33 = 2.070,75 \text{ kgf/m}^2.$$

b) Empuxo da água:

$$Q3 = \gamma_{\text{agua}} \cdot h$$

h: altura da água = 2,50 m

Y_{água}: Peso específico da água = 1.000,00 kgf/m³

Q₃ = 1.000,00 * 2,50 = 2.500,00 kgf/m².

c) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q₄):

Q₄ = (Per. Pesp. Alt. Y_{conc})/Árealaje

Per: Perímetro da caixa = (1,60m x 2 + 2,30m x 2) = 7,80 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,15 m

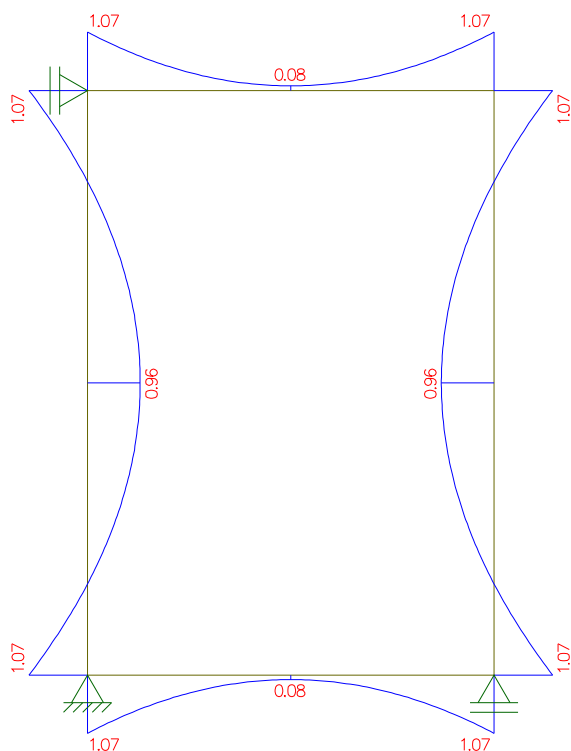
Alt: Altura das paredes = 2,50 m

Y_{conc}: Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = (1,60 x 2,30 m) = 3,68 m²

Q₄ = (7,80*0,15*2,50*2.500) / 3,68 = 1.987,09 kgf/m².

Diagrama de Momento Fletor (tf.m/m):



Dimensionamento:

Paredes:

Engastes (encontro das paredes):

$$F_{bk} = 14 \text{ Mpa};$$

$$\text{Aço} = \text{CA-50};$$

$$\text{Matuante} = 1,07 \text{ tf.m/m (ver diagrama dos esforços)};$$

$$d = 15 \text{ cm};$$

$$\gamma_m = 2,50 \text{ (Coeficiente parcial de segurança relativo a alvenária estrutural)};$$

$$\gamma_s = 1,15 \text{ (Coeficiente parcial de segurança relativo ao aço)};$$

Adotando 2 Φ 6.3 mm, temos:

$$A_s(\text{adotada}) = 0,63 \text{ cm}^2 / 0,19 \text{ m}$$

$$A_s(\text{adotada}) = 3,32 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$F_d = f_{bk} / \gamma_m = (1,40 \text{ kN/cm}^2) / 2,50$$

$$F_d = 0,56 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_s(\text{adotada}) = (f_d * b * d * (1 - \sqrt{1 - 2k'})) / f_{yd}$$

$$0,63 = (0,56 * 100 * 15 * (1 - \sqrt{1 - 2k'})) / 43,50$$

$$k' = 0,045$$

$$\alpha = 1 - \sqrt{1 - 2k'} = 0,046$$

$$y = \alpha * d = 0,69 \text{ cm}$$

$$M_{\text{resist}} = A_s * f_{yd} * (d - (y / 2))$$

$$M_{\text{resist}} = 0,63 * 43,50 * (15 - (0,69 / 2))$$

$$M_{\text{resist}} = 2113,78 \text{ kN.cm} = 21,14 \text{ kN.m / m}$$

Matuante < M_{resist} – Ok!

1,07 tf.m/m < 2,11 tf.m/m – Ok!

6.4 Laje de fundo:

Conforme o item 17.3.5.2.1 da NBR 6118/2014, a armadura de tração mínima para elementos estruturais submetidos à tração é:

$$A_{s\text{mín}} = 0,150\% * b_w * h = 0,150\% * 1 * 15 = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Título do Esforço	DADOS											
	h cm	d' cm	d cm	Fck Mpa	bw cm	Momento tf.m/m	Mom. de Fissuração	X cm	KX	As cm ² /m	As Mínimo cm ² /m	As Adotado cm ² /m
MA	15	3,5	11,5	25	100	0,78	0,41	0,80	0,07	2,25	2,25	2,25

Adotou-se a armadura de Φ 6.3 mm a cada 14 cm.

Comparando os momentos obtidos para laje de fundo e paredes, com o momento que conduz a armadura mínima, conclui-se que todos os esforços vão conduzir a armadura mínima.

6.5 Laje de Cobertura

$$P_{laje} = Esp * A * B * Y_c + H_{solo} * Y_{solo} + S_c * A * B$$

Esp = Espessura da laje = 0,10 m

A = Comprimento Do Maior Lado = 1,60 m

B = Comprimento Do Menor Lado = 0,77 m

Y_c = Peso Especifico do Concreto Armado: 2.500 Kgf/m³

S_c = Sobrecarga Atuante Sobre o Terreno: 500 Kgf/m²

$$P_{laje} = 0,10 * 1,60 * 0,77 * 2.500 + 500,00 * 1,60 * 0,77 = 924,00 \text{ Kgf}$$

$$Q_{laje} = P_{laje} / \text{Área da Laje} = 924,00 / (1,60 * 0,77) = 750,00 \text{ kgf/m}^2$$

$$L_x = 0,77$$

$$L_y = 1,60$$

$$M_x = 0,06 \text{ tf.m/m}$$

$$M_y = 0,015 \text{ tf.m/m}$$

Título do esforço	Dados											
	H	D'	D	Fck	Bw	Momento	Momento de fissuração	X	Kx	As	As mínimo	As adotado
M _x	10	3,5	6,5	25	100	0,06	0,32	0,11	0,02	0,30	1,50	1,50
M _y	10	3,5	6,5	25	100	0,015	0,32	0,03	0,01	0,07	1,50	1,50

Foi adotada para a laje uma armação de 6.3 mm a cada 15 cm.

6.6 Verificação da Tensão Transmitida ao Solo

A estrutura terá fundação direta, considerando que o solo local deverá apresentar tensão admissível de no mínimo 0,50 kgf/cm², devendo ser verificada por engenheiro geotécnico ou sondagem antes da execução da estrutura, conforme demonstram os cálculos abaixo:

Tensão solicitante = Carga total da Caixa / Área de contato com o solo

Tensão solicitante = ((Volume de Concreto * Peso específico do concreto) + (Volume de Água * Peso específico da água)) / Área de contato com solo.

Tensão solicitante = (3,62 * 2,5 + 6,50 * 1,00) / 3,68 = 4,22 tf/m² = 0,42 kgf/cm²

Coefficiente de segurança = 1,20

Tensão admissível mínima = Tensão solicitante * 1,20 = 0,42 * 1,20 = 0,50 kgf/cm²

Coefficiente de segurança = Tensão admissível / Tensão solicitante
= 0,50 / 0,42 = 1,20 ≥ 1,20 – OK!

7. MEDIDOR DE VAZÃO DN100

7.1 Descrição da Estrutura

Estrutura em concreto armado, com dimensões em planta de 1,75 x 2,40 m e profundidade máxima de 1,85 m, com tampa em concreto armado, e paredes a ser composta por alvenaria estrutural de blocos tipo canaleta com dimensões 14 cm x 19 cm x 39 cm, preenchidos com concreto de 25Mpa.

7.2 Carregamentos Fase Vazia

a) Empuxo do solo:

$$Q1 = Sc * ka$$

ka: coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q1 = 500 * 0,33 = 165,00 \text{ kgf/m}^2.$$

$$Q2 = Ys * h * ka + Sc * ka$$

Ys: Peso específico do solo saturado = 2.100,00 kgf/m³

h: Altura do solo = 1,85 m (Para efeito de cálculo foi considerada a estrutura completamente enterrada).

ka: Coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: Sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q2 = 2.100,00 \cdot 1,85 \cdot 0,33 + 500 \cdot 0,33 = 1.447,05 \text{ kgf/m}^2.$$

b) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q3):

$$Q3 = (\text{Per. Pesp. Alt. } \gamma_{\text{conc}}) / \text{Árealaje}$$

Per: Perímetro da caixa = (1,75m x 2 + 2,40m x 2) = 8,30 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,15 m

Alt: Altura das paredes = 1,60 m

γ_{conc} : Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = (1,75 x 2,40 m) = 4,20 m²

$$Q3 = (8,30 \cdot 0,15 \cdot 1,60 \cdot 2.500) / 4,20 = 1.185,71 \text{ kgf/m}^2.$$

7.3 Carregamentos Fase Cheia

a) Empuxo do solo:

$$Q1 = Sc \cdot ka$$

ka: coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q1 = 500 \cdot 0,33 = 165,00 \text{ kgf/m}^2.$$

$$Q2 = \gamma_s \cdot h \cdot ka + Sc \cdot ka$$

γ_s : Peso específico do solo saturado = 2.100,00 kgf/m³

h: Altura do solo = 1,85 m (Para efeito de cálculo foi considerada a estrutura completamente enterrada).

ka: Coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: Sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q2 = 2.100,00 \cdot 1,85 \cdot 0,33 + 500 \cdot 0,33 = 1.447,05 \text{ kgf/m}^2.$$

b) Empuxo da água:

$$Q3 = \gamma_{\text{agua}} \cdot h$$

h: altura da água = 1,60 m

Yagua: Peso específico da água = 1.000,00 kgf/m³

Q3= 1.000,00 * 1,60 = 1.600,00 kgf/m².

c) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q4):

Q4 = (Per. Pesp. Alt. Yconc)/Árealaje

Per: Perímetro da caixa = (1,75m x 2 + 2,40m x 2) = 8,30 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,15 m

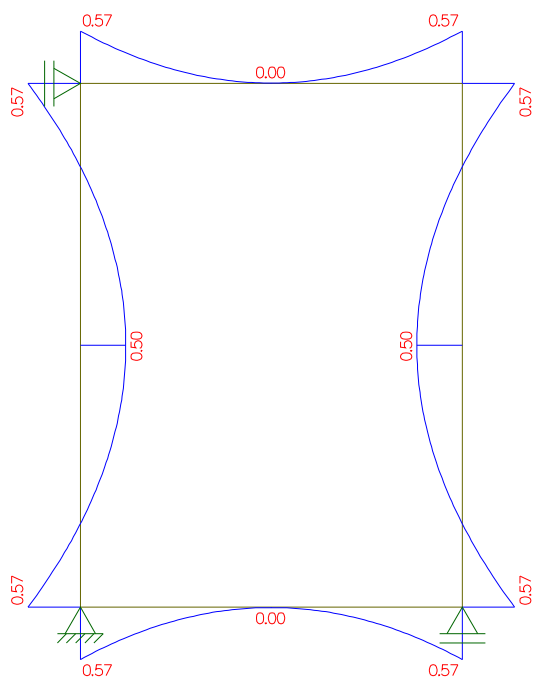
Alt: Altura das paredes = 1,60 m

Yconc: Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = (1,75 x 2,40 m) = 4,20 m²

Q4 = (8,30*0,15*1,60*2.500) / 4,20 = 1.185,71 kgf/m².

Diagrama de Momento Fletor (tf.m/m):



Dimensionamento:

Paredes:

Engastes (encontro das paredes):

$F_{bk} = 14 \text{ Mpa};$

Aço = CA-50;

Matuante = 0,57 tf.m/m (ver diagrama dos esforços);

$d = 15 \text{ cm};$

$\gamma_m = 2,50$ (Coeficiente parcial de segurança relativo a alvenária estrutural);

$\gamma_s = 1,15$ (Coeficiente parcial de segurança relativo ao aço);

Adotando 2 Φ 6.3 mm, temos:

$A_s(\text{adotada}) = 0,63 \text{ cm}^2 / 0,19 \text{ m}$

$A_s(\text{adotada}) = 3,32 \text{ cm}^2/\text{m}$

$F_d = f_{bk} / \gamma_m = (1,40 \text{ kN/cm}^2) / 2,50$

$F_d = 0,56 \text{ kN/cm}^2$

$A_s(\text{adotada}) = (f_d * b * d * (1 - \sqrt{1 - 2k'})) / f_{yd}$

$0,63 = (0,56 * 100 * 15 * (1 - \sqrt{1 - 2k'})) / 43,50$

$k' = 0,045$

$\alpha = 1 - \sqrt{1 - 2k'} = 0,046$

$y = \alpha * d = 0,69 \text{ cm}$

$M_{\text{resist}} = A_s * f_{yd} * (d - (y / 2))$

$M_{\text{resist}} = 0,63 * 43,50 * (15 - (0,69 / 2))$

$M_{\text{resist}} = 2113,78 \text{ kN.cm} = 21,14 \text{ kN.m} / \text{m}$

Matuante < M_{resist} – Ok!

0,57 tf.m/m < 2,11 tf.m/m – Ok!

7.4 Laje de fundo:

Conforme o item 17.3.5.2.1 da NBR 6118/2014, a armadura de tração mínima para elementos estruturais submetidos à tração é:

$A_{s\text{mín}} = 0,150\% * b_w * h = 0,150\% * 1 * 15 = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m}$

	DADOS
--	-------

Título do Esforço	h cm	d' cm	d cm	Fck Mpa	bw cm	Momento tf.m/m	Mom. de Fissuração	X cm	KX	As cm ² /m	As Mínimo cm ² /m	As Adotado cm ² /m
MA	15	3,5	11,5	25	100	0,78	0,41	0,80	0,07	2,25	2,25	2,25

Adotou-se a armadura de Φ 6.3 mm a cada 14 cm.

Comparando os momentos obtidos para laje de fundo e paredes, com o momento que conduz a armadura mínima, conclui-se que todos os esforços vão conduzir a armadura mínima.

7.5 Laje de Cobertura

$$Plaje = Esp * A * B * Yc + Hsolo * Ysolo + Sc * A * B$$

Esp = Espessura da laje = 0,10 m

A = Comprimento Do Maior Lado = 1,75 m

B = Comprimento Do Menor Lado = 0,80 m

Yc = Peso Especifico do Concreto Armado: 2.500 Kgf/m³

Sc = Sobrecarga Atuante Sobre o Terreno: 500 Kgf/m²

$$Plaje = 0,10 * 1,75 * 0,80 * 2.500 + 500,00 * 1,75 * 0,80 = 1.050,00 \text{ Kgf}$$

$$QLaje = PLaje / \text{Área da Laje} = 1.050,00 / (1,75 * 0,80) = 750,00 \text{ kgf/m}^2$$

$$Lx = 0,80$$

$$Ly = 1,75$$

$$Mx = 0,06 \text{ tf.m/m}$$

$$My = 0,015 \text{ tf.m/m}$$

Título do esforço	Dados											
	H	D'	D	Fck	Bw	Momento	Momento de fissuração	X	Kx	As	As mínimo	As adotado
Mx	10	3,5	6,5	25	100	0,06	0,32	0,11	0,02	0,30	1,50	1,50
My	10	3,5	6,5	25	100	0,015	0,32	0,03	0,01	0,07	1,50	1,50

Foi adotada para a laje uma armação de 6.3 mm a cada 15 cm.

7.6 Verificação da Tensão Transmitida ao Solo

A estrutura terá fundação direta, considerando que o solo local deverá apresentar tensão admissível de no mínimo 0,35 kgf/cm², devendo ser verificada por engenheiro geotécnico ou sondagem antes da execução da estrutura, conforme demonstram os cálculos abaixo:

Tensão solicitante = Carga total da Caixa / Área de contato com o solo

Tensão solicitante = ((Volume de Concreto * Peso específico do concreto) + (Volume de Água * Peso específico da água)) / Área de contato com solo.

Tensão solicitante = (2,90 * 2,5 + 4,88 * 1,00) / 4,20 = 2,89 tf/m² = 0,29 kgf/cm²

Coefficiente de segurança = 1,20

Tensão admissível mínima = Tensão solicitante * 1,20 = 0,29 * 1,20 = 0,35 kgf/cm²

Coefficiente de segurança = Tensão admissível / Tensão solicitante
= 0,35 / 0,29 = 1,20 ≥ 1,20 – OK!

8. CALHA PARSHALL

8.1 Descrição da Estrutura

Estrutura em concreto armado, com dimensões em planta de 12,57 x 2,40 m e profundidade máxima de 3,20 m.

8.2 Carregamentos Fase Vazia

a) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q1):

$Q1 = (\text{Per. Pesp. Alt. } \gamma_{\text{conc}}) / \text{Árealaje}$

Per: Perímetro da caixa = (12,57m x 2 + 2,40m x 2) = 29,94 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,20 m

Alt: Altura das paredes = 3,00 m

γ_{conc} : Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = (12,57 x 2,40 m) = 30,17 m²

$Q1 = (29,94 * 0,20 * 3,00 * 2.500) / 30,17 = 1.488,56 \text{ kgf/m}^2$.

8.3 Carregamentos Fase Cheia

a) Empuxo da água:

$$Q1 = Y_{\text{agua}} \cdot h$$

h: altura da água = 3,00 m

Y_{agua}: Peso específico da água = 1.000,00 kgf/m³

$$Q1 = 1.000,00 \cdot 3,00 = 3.000,00 \text{ kgf/m}^2.$$

b) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q2):

$$Q2 = (\text{Per. Pesp. Alt. } \gamma_{\text{conc}}) / \text{Árealaje}$$

Per: Perímetro da caixa = (12,57m x 2 + 2,40m x 2) = 29,94 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,20 m

Alt: Altura das paredes = 3,00 m

γ_{conc} : Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = (12,57 x 2,40 m) = 30,17 m²

$$Q2 = (29,94 \cdot 0,20 \cdot 3,00 \cdot 2.500) / 30,17 = 1.488,56 \text{ kgf/m}^2.$$

8.4 Determinação dos Esforços nas Paredes e Laje de fundo

Para a determinação dos esforços solicitantes, foi considerado o carregamento na fase vazia da estrutura, ou seja, o caso mais desfavorável. Utilizando os casos 6, 10 e 22 das tabelas '2.3c', '2.3e' e '2.4e' do autor Libânio M. Pinheiro, obteve-se assim os resultados apresentados adiante.

Para as verificações no ELU e ELS, foram adotados os seguintes coeficientes para as combinações de carregamento:

Coeficientes γ_c e γ_s :

Combinação	Concreto γ_c	Aço γ_s
Normal	1,40	1,15

Coeficientes $\gamma_f = \gamma_{f1} \cdot \gamma_{f2}$:

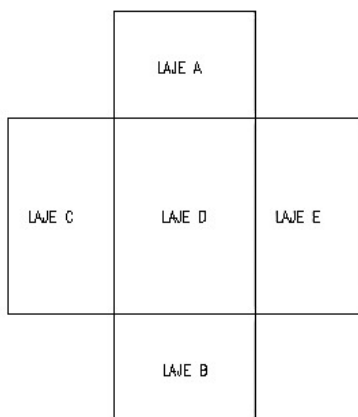
Combinação de Ações	Ações			
	Permanente		Variável	
Normal	D	F	G	T

PROJETO ESTRUTURAL
MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO

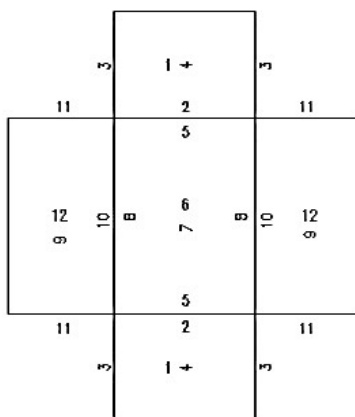
	1,40	1,00	1,40	1,20
--	------	------	------	------

D – Desfavorável; F – Favorável; G – Carga variável em geral; T – Temperatura;

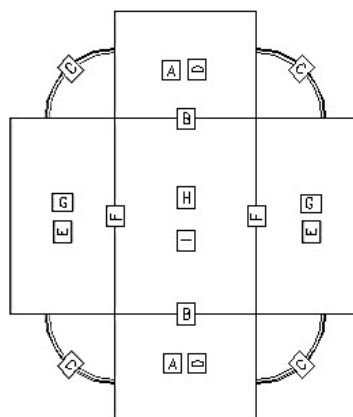
IDENTIFICAÇÃO DAS LAJES



LOCALIZAÇÃO DOS MOMENTOS OBTIDOS



LOCALIZAÇÃO DOS MOMENTOS COMPATIBILIZADOS



MOMENTOS OBTIDOS

LAJE A	tf.m/m	LAJE B	tf.m/m	LAJE C	tf.m/m	LAJE E	tf.m/m	LAJE D	tf.m/m
M1	0,132	M1	0,132	M9	0,691	M9	0,691	M5	0,840
M2	0,517	M2	0,517	M10	2,764	M10	2,764	M6	0,141
M3	0,476	M3	0,476	M11	1,529	M11	1,529	M7	0,612
M4	0,204	M4	0,204	M12	0,443	M12	0,443	M8	1,224

MOMENTOS
COMPATIBILIZADOS

MOM.	TF.M/M
MA	0,132
MB	0,679
MC	1,223
MD	0,204
ME	0,691
MF	2,211
MG	0,748
MH	0,303
MI	0,612

8.5 Cálculo e Detalhamento das Armaduras

Título do Esforço	DADOS											
	h cm	d' cm	d cm	Fck Mpa	bw cm	Momento tf.m/m	Mom. de Fissuração	X cm	KX	As cm ² /m	As Mínimo cm ² /m	As Adotado cm ² /m
MA	20	5,5	14,5	40	100	0,13	1,18	0,07	0,00	0,29	3,58	3,58
MB	20	5,5	14,5	40	100	0,68	1,18	0,34	0,02	1,52	3,58	3,58
MC	20	5,5	14,5	40	100	1,22	1,18	0,62	0,04	2,76	3,58	3,58
MD	20	5,5	14,5	40	100	0,20	1,18	0,10	0,01	0,45	3,58	3,58
ME	20	5,5	14,5	40	100	0,69	1,18	0,34	0,02	1,52	3,58	3,58
MF	20	5,5	14,5	40	100	2,21	1,18	1,13	0,08	5,07	3,58	5,07
MG	20	5,5	14,5	40	100	0,75	1,18	0,38	0,03	1,68	3,58	3,58
MH	20	5,5	14,5	40	100	0,30	1,18	0,15	0,01	0,67	3,58	3,58
MI	20	5,5	14,5	40	100	0,61	1,18	0,31	0,02	1,37	3,58	3,58

Título do Esforço	DETALHAMENTO	
	BITOLA (mm)	Espaçamento (cm)
MA	8.0	12
MB	8.0	12
MC	8.0	12
MD	8.0	12
ME	8.0	12
MF	8.0	12
MG	8.0	12
MH	8.0	12
MI	8.0	12

8.6 Fundação

9. CAIXA DE MANOBRA 2

9.1 Descrição da Estrutura

Estrutura em concreto armado, com dimensões em planta de 7,70 x 4,00 m e profundidade máxima de 3,45 m.

9.2 Carregamentos Fase Vazia

a) Empuxo do solo:

$$Q1 = Sc \cdot ka$$

ka: coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q1 = 500 \cdot 0,33 = 165,00 \text{ kgf/m}^2.$$

$$Q2 = Ys \cdot h \cdot ka + Sc \cdot ka$$

Ys: Peso específico do solo saturado = 2.100,00 kgf/m³

h: Altura do solo = 3,45 m (Para efeito de cálculo foi considerada a estrutura completamente enterrada).

ka: Coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: Sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q2 = 2.100,00 \cdot 3,45 \cdot 0,33 + 500 \cdot 0,33 = 2.555,85 \text{ kgf/m}^2.$$

b) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q3):

$$Q3 = (\text{Per. Pesp. Alt. } Y_{\text{conc}}) / \text{Árealaje}$$

Per: Perímetro da caixa = (7,70m x 2 + 4,00m x 2) = 23,40 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,20 m

Alt: Altura das paredes = 3,25 m

Y_{conc}: Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = (7,70 x 4,00 m) = 30,80 m²

$$Q3 = (23,40 \cdot 0,20 \cdot 3,25 \cdot 2.500) / 30,80 = 1.234,58 \text{ kgf/m}^2.$$

9.3 Carregamentos Fase Cheia

a) Empuxo do solo:

$$Q1 = Sc \cdot ka$$

ka: coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q1 = 500 \cdot 0,33 = 165,00 \text{ kgf/m}^2.$$

$$Q2 = Ys \cdot h \cdot ka + Sc \cdot ka$$

Ys: Peso específico do solo saturado = 2.100,00 kgf/m³

h: Altura do solo = 3,45 m (Para efeito de cálculo foi considerada a estrutura completamente enterrada).

ka: Coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: Sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q2 = 2.100,00 \cdot 3,45 \cdot 0,33 + 500 \cdot 0,33 = 2.555,85 \text{ kgf/m}^2.$$

b) Empuxo da água:

$$Q3 = Y_{\text{agua}} \cdot h$$

h: altura da água = 3,25 m

Y_{agua}: Peso específico da água = 1.000,00 kgf/m³

$$Q3 = 1.000,00 \cdot 3,25 = 3.250,00 \text{ kgf/m}^2.$$

c) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q4):

$$Q4 = (\text{Per. Pesp. Alt. } Y_{\text{conc}}) / \text{Árealaje}$$

Per: Perímetro da caixa = (7,70m x 2 + 4,00m x 2) = 23,40 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,20 m

Alt: Altura das paredes = 3,25 m

Y_{conc}: Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = (7,70 x 4,00 m) = 30,80 m²

$$Q4 = (23,40 \cdot 0,20 \cdot 3,25 \cdot 2.500) / 30,80 = 1.234,58 \text{ kgf/m}^2.$$

9.4 Determinação dos Esforços nas Paredes e Laje de fundo

Para a determinação dos esforços solicitantes, foi considerado o carregamento na fase vazia da estrutura, ou seja, o caso mais desfavorável. Utilizando os casos 6, 10 e 22 das tabelas '2.3c', '2.3e' e '2.4e' do autor Libânio M. Pinheiro, obteve-se assim os resultados apresentados adiante.

Para as verificações no ELU e ELS, foram adotados os seguintes coeficientes para as combinações de carregamento:

Coeficientes Y_c e Y_s :

Combinação	Concreto Y_c	Aço Y_s
Normal	1,40	1,15

Coeficientes $Y_f = Y_{f1} * Y_{f2}$:

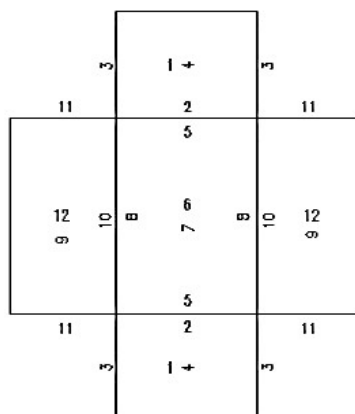
Combinação de Ações	Ações			
	Permanente		Variável	
Normal	D	F	G	T
	1,40	1,00	1,40	1,20

D – Desfavorável; F – Favorável; G – Carga variável em geral; T – Temperatura;

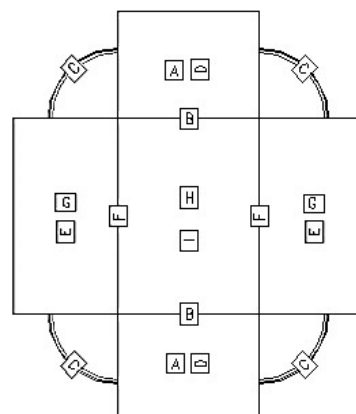
IDENTIFICAÇÃO DAS LAJES



LOCALIZAÇÃO DOS MOMENTOS OBTIDOS



LOCALIZAÇÃO DOS MOMENTOS COMPATIBILIZADOS



MOMENTOS OBTIDOS

LAJE A	tf.m/m	LAJE B	tf.m/m	LAJE C	tf.m/m	LAJE E	tf.m/m	LAJE D	tf.m/m
M1	0,362	M1	0,362	M9	0,161	M9	0,161	M5	1,199
M2	1,354	M2	1,354	M10	3,811	M10	3,811	M6	0,212
M3	1,174	M3	1,174	M11	3,000	M11	3,000	M7	0,843
M4	0,512	M4	0,512	M12	1,066	M12	1,066	M8	1,738

MOMENTOS COMPATIBILIZADOS

MOM.	TF.M/M
MA	0,439
MB	1,277
MC	2,400
MD	0,512
ME	0,924
MF	3,048
MG	1,666
MH	0,212
MI	0,843

9.5 Cálculo e Detalhamento das Armaduras

Título do Esforço	DADOS											
	h cm	d' cm	d cm	Fck Mpa	bw cm	Momento tf.m/m	Mom. de Fissuração	X cm	KX	As cm ² /m	As Mínimo cm ² /m	As Adotado cm ² /m
MA	20	3,5	16,5	25	100	0,44	0,60	0,31	0,02	0,86	3,00	3,00
MB	20	3,5	16,5	25	100	1,28	0,60	0,91	0,06	2,55	3,00	3,00
MC	20	3,5	16,5	25	100	2,40	0,60	1,75	0,11	4,89	3,00	4,89
MD	20	3,5	16,5	25	100	0,51	0,60	0,36	0,02	1,01	3,00	3,00
ME	20	3,5	16,5	25	100	0,92	0,60	0,66	0,04	1,83	3,00	3,00
MF	20	3,5	16,5	25	100	3,05	0,60	2,25	0,14	6,29	3,00	6,29
MG	20	3,5	16,5	25	100	1,67	0,60	1,20	0,07	3,35	3,00	3,35
MH	20	3,5	16,5	25	100	0,21	0,60	0,15	0,01	0,41	3,00	3,00
MI	20	3,5	16,5	25	100	0,84	0,60	0,60	0,04	1,67	3,00	3,00

Título do Esforço	DETALHAMENTO	
	BITOLA (mm)	Espaçamento (cm)
MA	8.0	16
MB	8.0	16
MC	8.0	10
MD	8.0	16
ME	8.0	16
MF	10.0	12
MG	8.0	15
MH	8.0	16
MI	8.0	16

9.6 Verificação da Tensão Transmitida ao Solo

A estrutura terá fundação direta, considerando que o solo local deverá apresentar tensão admissível de no mínimo 0,56 kgf/cm², devendo ser verificada por engenheiro geotécnico ou sondagem antes da execução da estrutura, conforme demonstram os cálculos abaixo:

Tensão solicitante = Carga total da Caixa / Área de contato com o solo

Tensão solicitante = ((Volume de Concreto * Peso específico do concreto) + (Volume de Água * Peso específico da água)) / Área de contato com solo.

Tensão solicitante = (22,08 * 2,5 + 85,41 * 1,00) / 30,80 = 4,56 tf/m² = 0,46 kgf/cm²

Coefficiente de segurança = 1,20

Tensão admissível mínima = Tensão solicitante * 1,20 = 0,46 * 1,20 = 0,56 kgf/cm²

Coefficiente de segurança = Tensão admissível / Tensão solicitante

= 0,56 / 0,46 = 1,21 ≥ 1,20 – OK!

10. CAIXA DE DISTRIBUIÇÃO DO LODO

10.1 Descrição da Estrutura

Estrutura em concreto armado, com dimensões em planta de 3,25 x 5,15 m e profundidade máxima de 2,00 m.

10.2 Carregamentos Fase Vazia

a) Empuxo do solo:

$$Q1 = Sc \cdot ka$$

ka: coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q1 = 500 \cdot 0,33 = 165,00 \text{ kgf/m}^2.$$

$$Q2 = Ys \cdot h \cdot ka + Sc \cdot ka$$

Ys: Peso específico do solo saturado = 2.100,00 kgf/m³

h: Altura do solo = 2,00 m (Para efeito de cálculo foi considerada a estrutura completamente enterrada).

ka: Coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: Sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q2 = 2.100,00 \cdot 2,00 \cdot 0,33 + 500 \cdot 0,33 = 1.551,00 \text{ kgf/m}^2.$$

b) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q3):

$$Q3 = (\text{Per. Pesp. Alt. } Y_{\text{conc}}) / \text{Árealaje}$$

Per: Perímetro da caixa = (3,25m x 2 + 5,15m x 2) = 16,80 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,25 m

Alt: Altura das paredes = 1,75 m

Y_{conc}: Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = (3,25 x 5,15 m) = 16,74 m²

$$Q3 = (16,80 \cdot 0,25 \cdot 1,75 \cdot 2.500) / 16,74 = 1.097,67 \text{ kgf/m}^2.$$

10.3 Carregamentos Fase Cheia

a) Empuxo do solo:

$$Q1 = Sc \cdot ka$$

ka: coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q1 = 500 \cdot 0,33 = 165,00 \text{ kgf/m}^2.$$

$$Q2 = Ys \cdot h \cdot ka + Sc \cdot ka$$

Ys: Peso específico do solo saturado = 2.100,00 kgf/m³

h: Altura do solo = 2,00 m (Para efeito de cálculo foi considerada a estrutura completamente enterrada).

ka: Coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: Sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q2 = 2.100,00 \cdot 2,00 \cdot 0,33 + 500 \cdot 0,33 = 1.551,00 \text{ kgf/m}^2.$$

b) Empuxo da água:

$$Q3 = Y_{\text{água}} \cdot h$$

h: altura da água = 1,75 m

Y_{água}: Peso específico da água = 1.000,00 kgf/m³

$$Q3 = 1.000,00 \cdot 1,75 = 1.750,00 \text{ kgf/m}^2.$$

c) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q4):

$$Q4 = (\text{Per. Pesp. Alt. } Y_{\text{conc}}) / \text{Árealaje}$$

Per: Perímetro da caixa = (3,25m x 2 + 5,15m x 2) = 16,80 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,25 m

Alt: Altura das paredes = 1,75 m

Y_{conc}: Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = (3,25 x 5,15 m) = 16,74 m²

$$Q4 = (16,80 \cdot 0,25 \cdot 1,75 \cdot 2.500) / 16,74 = 1.097,67 \text{ kgf/m}^2.$$

10.4 Determinação dos Esforços nas Paredes e Laje de fundo

Para a determinação dos esforços solicitantes, foi considerado o carregamento na fase vazia da estrutura, ou seja, o caso mais desfavorável. Utilizando os casos 6, 10 e 22 das tabelas '2.3c', '2.3e' e '2.4e' do autor Libânio M. Pinheiro, obteve-se assim os resultados apresentados adiante.

Para as verificações no ELU e ELS, foram adotados os seguintes coeficientes para as combinações de carregamento:

Coeficientes Y_c e Y_s :

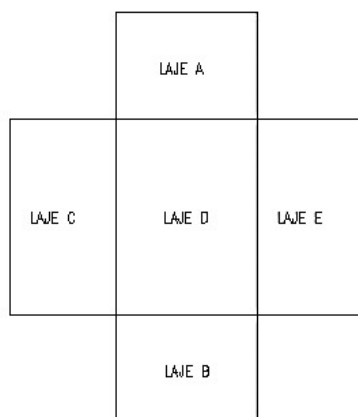
Combinação	Concreto Y_c	Aço Y_s
Normal	1,40	1,15

Coeficientes $Y_f = Y_{f1} * Y_{f2}$:

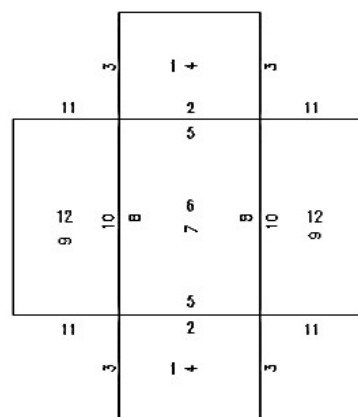
Combinação de Ações	Ações			
	Permanente		Variável	
Normal	D	F	G	T
	1,40	1,00	1,40	1,20

D – Desfavorável; F – Favorável; G – Carga variável em geral; T – Temperatura;

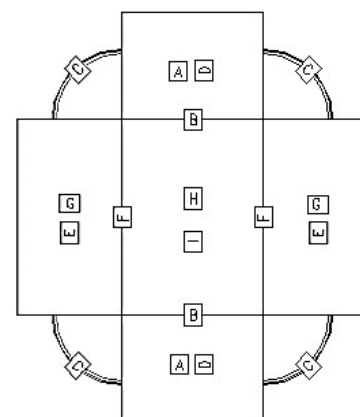
IDENTIFICAÇÃO DAS LAJES



LOCALIZAÇÃO DOS MOMENTOS OBTIDOS



LOCALIZAÇÃO DOS MOMENTOS COMPATIBILIZADOS



MOMENTOS OBTIDOS

LAJE A	tf.m/m	LAJE B	tf.m/m	LAJE C	tf.m/m	LAJE E	tf.m/m	LAJE D	tf.m/m
M1	0,078	M1	0,078	M9	0,012	M9	0,012	M5	0,758
M2	0,501	M2	0,501	M10	0,916	M10	0,916	M6	0,190
M3	0,402	M3	0,402	M11	0,717	M11	0,717	M7	0,489
M4	0,189	M4	0,189	M12	0,238	M12	0,238	M8	1,032

**MOMENTOS
COMPATIBILIZADOS**

MOM.	TF.M/M
MA	0,078
MB	0,630
MC	0,574
MD	0,189
ME	0,012
MF	0,974
MG	0,381
MH	0,318
MI	0,547

10.5 Cálculo e Detalhamento das Armaduras

Título do Esforço	DADOS											
	h cm	d' cm	d cm	Fck Mpa	bw cm	Momento tf.m/m	Mom. de Fissuração	X cm	KX	As cm ² /m	As Mínimo cm ² /m	As Adotado cm ² /m
MA	25	5,5	19,5	40	100	0,08	1,49	0,03	0,00	0,13	4,48	4,48
MB	25	5,5	19,5	40	100	0,63	1,49	0,23	0,01	1,04	4,48	4,48
MC	25	5,5	19,5	40	100	0,57	1,49	0,21	0,01	0,95	4,48	4,48
MD	25	5,5	19,5	40	100	0,19	1,49	0,07	0,00	0,31	4,48	4,48
ME	25	5,5	19,5	40	100	0,01	1,49	0,00	0,00	0,02	4,48	4,48
MF	25	5,5	19,5	40	100	0,97	1,49	0,36	0,02	1,62	4,48	4,48
MG	25	5,5	19,5	40	100	0,38	1,49	0,14	0,01	0,63	4,48	4,48
MH	25	5,5	19,5	40	100	0,32	1,49	0,12	0,01	0,53	4,48	4,48
MI	25	5,5	19,5	40	100	0,55	1,49	0,20	0,01	0,91	4,48	4,48

Título do Esforço	DETALHAMENTO	
	BITOLA (mm)	Espaçamento (cm)
MA	8.0	11
MB	8.0	11
MC	8.0	11
MD	8.0	11
ME	8.0	11
MF	8.0	11
MG	8.0	11
MH	8.0	11
MI	8.0	11

10.6 Verificação da Tensão Transmitida ao Solo

A estrutura terá fundação direta, considerando que o solo local deverá apresentar tensão admissível de no mínimo 0,36 kgf/cm², devendo ser verificada por engenheiro geotécnico ou sondagem antes da execução da estrutura, conforme demonstram os cálculos abaixo:

Tensão solicitante = Carga total da Caixa / Área de contato com o solo

Tensão solicitante = ((Volume de Concreto * Peso específico do concreto) + (Volume de Água * Peso específico da água)) / Área de contato com solo.

Tensão solicitante = (11,00 * 2,5 + 22,38 * 1,02) / 16,74 = 3,00 tf/m² = 0,30 kgf/cm²

Coefficiente de segurança = 1,20

Tensão admissível mínima = Tensão solicitante * 1,20 = 0,30 * 1,20 = 0,36 kgf/cm²

Coefficiente de segurança = Tensão admissível / Tensão solicitante

= 0,36 / 0,30 = 1,20 ≥ 1,20 – OK!

11. TANQUE DE LODO

11.1 Descrição da Estrutura

Estrutura em concreto armado, com dimensões em planta de 20,95 x 17,25 m e profundidade máxima de 4,60 m.

11.2 Carregamentos Fase Vazia

a) Empuxo do solo:

$$Q1 = Sc \cdot ka$$

ka: coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q1 = 500 \cdot 0,33 = 165,00 \text{ kgf/m}^2.$$

$$Q2 = Ys \cdot h \cdot ka + Sc \cdot ka$$

Ys: Peso específico do solo saturado = 2.100,00 kgf/m³

h: Altura do solo = 4,60 m (Para efeito de cálculo foi considerada a estrutura completamente enterrada).

ka: Coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: Sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q2 = 2.100,00 \cdot 4,60 \cdot 0,33 + 500 \cdot 0,33 = 3.352,80 \text{ kgf/m}^2.$$

b) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q3):

$$Q3 = (\text{Per. Pesp. Alt. } Y_{\text{conc}}) / \text{Árealaje}$$

Per: Perímetro da caixa = 76,40 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,25 m

Alt: Altura das paredes = 4,35 m

Y_{conc}: Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = 352,16 m²

$$Q3 = (76,40 \cdot 0,25 \cdot 4,35 \cdot 2.500) / 352,16 = 589,82 \text{ kgf/m}^2.$$

11.3 Carregamentos Fase Cheia

a) Empuxo do solo:

$$Q1 = Sc \cdot ka$$

ka: coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q1 = 500 \cdot 0,33 = 165,00 \text{ kgf/m}^2.$$

$$Q2 = Y_s \cdot h \cdot k_a + S_c \cdot k_a$$

Y_s : Peso específico do solo saturado = 2.100,00 kgf/m³

h : Altura do solo = 4,60 m (Para efeito de cálculo foi considerada a estrutura completamente enterrada).

k_a : Coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

S_c : Sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q2 = 2.100,00 \cdot 4,60 \cdot 0,33 + 500 \cdot 0,33 = 3.352,80 \text{ kgf/m}^2.$$

b) Empuxo da água:

$$Q3 = Y_{\text{agua}} \cdot h$$

h : altura da água = 4,35 m

Y_{agua} : Peso específico da água = 1.000,00 kgf/m³

$$Q3 = 1.000,00 \cdot 4,35 = 4.350,00 \text{ kgf/m}^2.$$

c) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q4):

$$Q4 = (\text{Per. Pesp. Alt. } Y_{\text{conc}}) / \text{Árealaje}$$

Per: Perímetro da caixa = 76,40 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,25 m

Alt: Altura das paredes = 4,35 m

Y_{conc} : Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = 352,16 m²

$$Q4 = (76,40 \cdot 0,25 \cdot 4,35 \cdot 2.500) / 352,16 = 589,82 \text{ kgf/m}^2.$$

11.4 Determinação dos Esforços nas Paredes e Laje de fundo

Para a determinação dos esforços solicitantes, foi considerado o carregamento na fase vazia da estrutura, ou seja, o caso mais desfavorável. Utilizando os casos 6, 10 e 22 das tabelas '2.3c', '2.3e' e '2.4e' do autor Libânio M. Pinheiro, obteve-se assim os resultados apresentados adiante.

Para as verificações no ELU e ELS, foram adotados os seguintes coeficientes para as combinações de carregamento:

Coeficientes Y_c e Y_s :

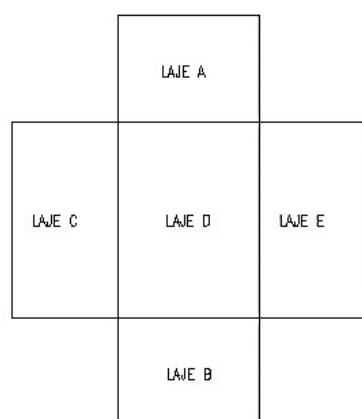
Combinação	Concreto Y_c	Aço Y_s
Normal	1,40	1,15

Coeficientes $Y_f = Y_{f1} * Y_{f2}$:

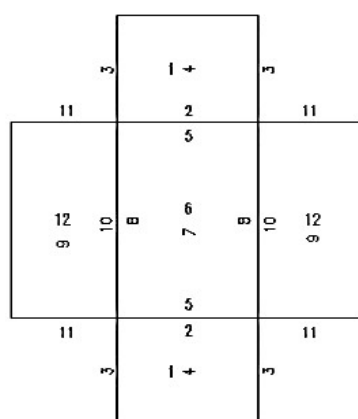
Combinação de Ações	Ações			
	Permanente		Variável	
Normal	D	F	G	T
	1,40	1,00	1,40	1,20

D – Desfavorável; F – Favorável; G – Carga variável em geral; T – Temperatura;

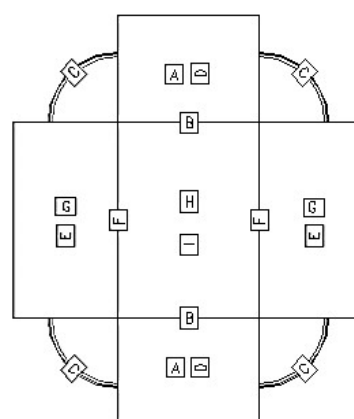
IDENTIFICAÇÃO DAS LAJES



LOCALIZAÇÃO DOS MOMENTOS OBTIDOS



LOCALIZAÇÃO DOS MOMENTOS COMPATIBILIZADOS



MOMENTOS OBTIDOS

LAJE A	tf.m/m	LAJE B	tf.m/m	LAJE C	tf.m/m	LAJE E	tf.m/m	LAJE D	tf.m/m
M1	3,249	M1	3,249	M9	3,249	M9	3,249	M5	10,200
M2	12,990	M2	12,990	M10	12,990	M10	12,990	M6	3,418
M3	7,511	M3	7,511	M11	7,511	M11	7,511	M7	5,371
M4	2,104	M4	2,104	M12	2,104	M12	2,104	M8	12,063

MOMENTOS
COMPATIBILIZADOS

MOM.	TF.M/M
MA	3,249
MB	11,595
MC	7,511
MD	2,104
ME	3,249
MF	12,527
MG	2,104
MH	3,418
MI	5,371

11.5 Cálculo e Detalhamento das Armaduras

Título do Esforço	DADOS											
	h cm	d' cm	d cm	Fck Mpa	bw cm	Momento tf.m/m	Mom. de Fissuração	X cm	KX	As cm ² /m	As Mínimo cm ² /m	As Adotado cm ² /m
MA	25	5,5	19,5	40	100	3,25	1,49	1,17	0,06	5,24	4,48	4,48
MB	25	5,5	19,5	40	100	11,60	1,49	4,75	0,24	21,20	4,48	21,20
MC	25	5,5	19,5	40	100	7,51	1,49	2,95	0,15	13,20	4,48	13,20
MD	25	5,5	19,5	40	100	2,10	1,49	0,79	0,04	3,53	4,48	4,48
ME	25	5,5	19,5	40	100	3,25	1,49	1,17	0,06	5,24	4,48	4,48
MF	25	5,5	19,5	40	100	12,53	1,49	5,18	0,27	23,13	4,48	23,13
MG	25	5,5	19,5	40	100	2,10	1,49	0,79	0,04	3,53	4,48	4,48
MH	25	5,5	19,5	40	100	3,42	1,49	1,30	0,07	5,80	4,48	5,80
MI	25	5,5	19,5	40	100	5,37	1,49	2,07	0,11	9,26	4,48	9,26

Título do Esforço	DETALHAMENTO	
	BITOLA (mm)	Espaçamento (cm)
MA	10.0	15
MB	10.0	15
MC	10.0	15
MD	10.0	15
ME	10.0	15
MF	10.0	15
MG	10.0	15
MH	10.0	15
MI	10.0	15

11.6 Verificação da Tensão Transmitida ao Solo

A estrutura terá fundação direta, considerando que o solo local deverá apresentar tensão admissível de no mínimo 0,65 kgf/cm², devendo ser verificada por engenheiro geotécnico ou sondagem antes da execução da estrutura, conforme demonstram os cálculos abaixo:

Tensão solicitante = Carga total da Caixa / Área de contato com o solo

Tensão solicitante = ((Volume de Concreto * Peso específico do concreto) + (Volume de Água * Peso específico da água)) / Área de contato com solo.

Tensão solicitante = (231,65 * 2,5 + 1.295,15 * 1,02) / 352,16 = 5,40 tf/m² = 0,54 kgf/cm²

Coefficiente de segurança = 1,20

Tensão admissível mínima = Tensão solicitante * 1,20 = 0,54 * 1,20 = 0,65 kgf/cm²

Coefficiente de segurança = Tensão admissível / Tensão solicitante

= 0,65 / 0,54 = 1,20 ≥ 1,20 – OK!

12. CAIXA DE MANOBRA

12.1 Descrição da Estrutura

Estrutura em concreto armado, com dimensões em planta de 9,00 x 4,85 m e profundidade máxima de 2,95 m.

12.2 Carregamentos Fase Vazia

a) Empuxo do solo:

$$Q1 = Sc \cdot ka$$

ka: coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q1 = 500 \cdot 0,33 = 165,00 \text{ kgf/m}^2.$$

$$Q2 = Ys \cdot h \cdot ka + Sc \cdot ka$$

Ys: Peso específico do solo saturado = 2.100,00 kgf/m³

h: Altura do solo = 2,95 m (Para efeito de cálculo foi considerada a estrutura completamente enterrada).

ka: Coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: Sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q2 = 2.100,00 \cdot 2,95 \cdot 0,33 + 500 \cdot 0,33 = 2.209,35 \text{ kgf/m}^2.$$

b) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q3):

$$Q3 = (\text{Per. Pesp. Alt. } Y_{\text{conc}}) / \text{Árealaje}$$

Per: Perímetro da caixa = 27,70 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,20 m

Alt: Altura das paredes = 2,75 m

Y_{conc}: Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = 43,65 m²

$$Q3 = (27,70 \cdot 0,20 \cdot 2,75 \cdot 2.500) / 43,65 = 872,56 \text{ kgf/m}^2.$$

12.3 Carregamentos Fase Cheia

a) Empuxo do solo:

$$Q1 = Sc \cdot ka$$

ka: coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

Sc: sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q1 = 500 \cdot 0,33 = 165,00 \text{ kgf/m}^2.$$

$$Q2 = Y_s \cdot h \cdot k_a + S_c \cdot k_a$$

Y_s : Peso específico do solo saturado = 2.100,00 kgf/m³

h : Altura do solo = 2,95 m (Para efeito de cálculo foi considerada a estrutura completamente enterrada).

k_a : Coeficiente de empuxo horizontal = 0,33

S_c : Sobrecarga atuante sobre o terreno = 500 kgf/m² (Veículos e Equipamentos)

$$Q2 = 2.100,00 \cdot 2,95 \cdot 0,33 + 500 \cdot 0,33 = 2.209,35 \text{ kgf/m}^2.$$

b) Empuxo da água:

$$Q3 = Y_{\text{agua}} \cdot h$$

h : altura da água = 2,75 m

Y_{agua} : Peso específico da água = 1.000,00 kgf/m³

$$Q3 = 1.000,00 \cdot 2,75 = 2.750,00 \text{ kgf/m}^2.$$

c) Carga das Paredes na Laje de Fundo - (Q4):

$$Q4 = (\text{Per. Pesp. Alt. } Y_{\text{conc}}) / \text{Árealaje}$$

Per: Perímetro da caixa = 27,70 m

Pesp: Espessura das paredes = 0,20 m

Alt: Altura das paredes = 2,75 m

Y_{conc} : Peso específico do concreto armado = 2.500 kgf/m³

Árealaje: Área da laje de fundo = 43,65 m²

$$Q4 = (27,70 \cdot 0,20 \cdot 2,75 \cdot 2.500) / 43,65 = 872,56 \text{ kgf/m}^2.$$

12.4 Determinação dos Esforços nas Paredes e Laje de fundo

Para a determinação dos esforços solicitantes, foi considerado o carregamento na fase vazia da estrutura, ou seja, o caso mais desfavorável. Utilizando os casos 6, 10 e 22 das tabelas '2.3c', '2.3e' e '2.4e' do autor Libânio M. Pinheiro, obteve-se assim os resultados apresentados adiante.

Para as verificações no ELU e ELS, foram adotados os seguintes coeficientes para as combinações de carregamento:

Coeficientes Y_c e Y_s :

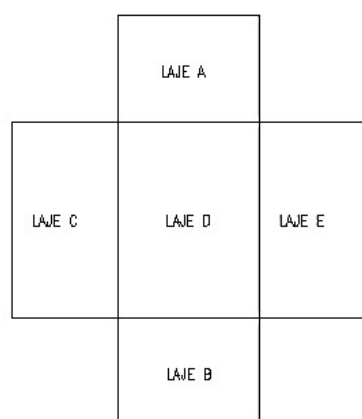
Combinação	Concreto Y_c	Aço Y_s
Normal	1,40	1,15

Coeficientes $Y_f = Y_{f1} * Y_{f2}$:

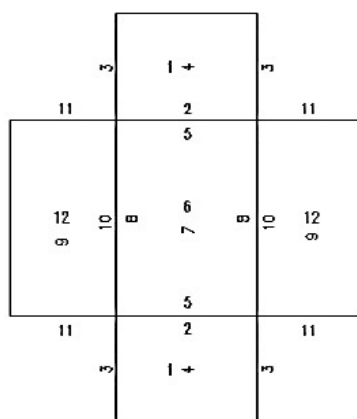
Combinação de Ações	Ações			
	Permanente		Variável	
Normal	D	F	G	T
	1,40	1,00	1,40	1,20

D – Desfavorável; F – Favorável; G – Carga variável em geral; T – Temperatura;

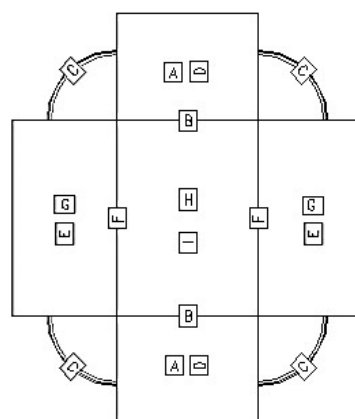
IDENTIFICAÇÃO DAS LAJES



LOCALIZAÇÃO DOS MOMENTOS OBTIDOS



LOCALIZAÇÃO DOS MOMENTOS COMPATIBILIZADOS



MOMENTOS OBTIDOS

LAJE A	tf.m/m	LAJE B	tf.m/m	LAJE C	tf.m/m	LAJE E	tf.m/m	LAJE D	tf.m/m
M1	0,238	M1	0,238	M9	0,094	M9	0,094	M5	1,259
M2	1,507	M2	1,507	M10	2,986	M10	2,986	M6	0,236
M3	1,139	M3	1,139	M11	2,172	M11	2,172	M7	0,879
M4	0,544	M4	0,544	M12	0,643	M12	0,643	M8	1,814

MOMENTOS COMPATIBILIZADOS

MOM.	TF.M/M
MA	0,361
MB	1,383
MC	1,737
MD	0,544

ME	0,094
MF	2,400
MG	1,078
MH	0,236
MI	0,879

12.5 Cálculo e Detalhamento das Armaduras

Título do Esforço	DADOS											
	h cm	d' cm	d cm	Fck Mpa	bw cm	Momento tf.m/m	Mom. de Fissuração	X cm	KX	As cm ² /m	As Mínimo cm ² /m	As Adotado cm ² /m
MA	20	5,5	14,5	40	100	0,36	1,18	0,18	0,01	0,81	3,58	3,58
MB	20	5,5	14,5	40	100	1,38	1,18	0,70	0,05	3,13	3,58	3,58
MC	20	5,5	14,5	40	100	1,74	1,18	0,88	0,06	3,95	3,58	3,95
MD	20	5,5	14,5	40	100	0,54	1,18	0,27	0,02	1,22	3,58	3,58
ME	20	5,5	14,5	40	100	-0,09	1,18	-0,05	0,00	-0,21	3,58	3,58
MF	20	5,5	14,5	40	100	2,40	1,18	1,23	0,09	5,52	3,58	5,52
MG	20	5,5	14,5	40	100	1,08	1,18	0,54	0,04	2,43	3,58	3,58
MH	20	5,5	14,5	40	100	0,24	1,18	0,12	0,01	0,52	3,58	3,58
MI	20	5,5	14,5	40	100	0,88	1,18	0,44	0,03	1,97	3,58	3,58

Título do Esforço	DETALHAMENTO	
	BITOLA (mm)	Espaçamento (cm)
MA	8.0	14
MB	8.0	14
MC	8.0	12
MD	8.0	14
ME	8.0	14
MF	10.0	14
MG	8.0	14
MH	8.0	14
MI	8.0	14

12.6 Verificação da Tensão Transmitida ao Solo

A estrutura terá fundação direta, considerando que o solo local deverá apresentar tensão admissível de no mínimo 0,47 kgf/cm², devendo ser verificada por engenheiro geotécnico ou sondagem antes da execução da estrutura, conforme demonstram os cálculos abaixo:

Tensão solicitante = Carga total da Caixa / Área de contato com o solo

Tensão solicitante = ((Volume de Concreto * Peso específico do concreto) + (Volume de Água * Peso específico da água)) / Área de contato com solo.

Tensão solicitante = (24,31 * 2,5 + 105,27 * 1,02) / 43,65 = 3,85 tf/m² = 0,39 kgf/cm²

Coefficiente de segurança = 1,20

Tensão admissível mínima = Tensão solicitante * 1,20 = 0,39 * 1,20 = 0,47 kgf/cm²

Coefficiente de segurança = Tensão admissível / Tensão solicitante

= 0,47 / 0,39 = 1,20 ≥ 1,20 – OK!

13. IMPERMEABILIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS

Para as estruturas que estão submetidas as classes de agressividades III e IV, deverá ser adotado as seguintes impermeabilizações, além de seguir uma rígido controle de execução e de qualidade.

Para as peças em contato direto com o efluente:

- PAREDES E TAMPAS: Executar revestimento de proteção e impermeabilização de base mineral com baixo teor de aluminato tri-cálcico (MR-RIM F ou Similar);
- PISOS: Executar revestimento de proteção e impermeabilização de base mineral com baixo teor de aluminato tri-cálcico (MR-RIM H ou Similar);

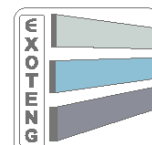
Para as peças em contato com o solo executar pintura betuminosa (Neutrol da Vedacit ou Similar) ao longo de toda a face em contato com o solo.

SONDAGEM

RELATÓRIO DE SONDAGEM A PERCUSSÃO

SENHA ENGENHARIA SS

ETA – Estação de Tratamento de Água
Catalão - GO



Exoteng
ENGENHARIA PROJETOS E CONSULTORIA LTDA

Goiânia, 15 de Dezembro de 2014

A SENHA ENGENHARIA

11ª avenida, número 817, Setor Leste Universitário
Goiânia - GO, 74.605-060

Apresentamos nosso relatório referente aos serviços de SONDAGEM A PERCUSSÃO para simples reconhecimento do subsolo, conforme solicitação de Vossa Senhoria.

Cidade: Catalão - GO

Foram realizadas, 09 unidades de pesquisa por sondagem a percussão, para simples reconhecimento do subsolo, em conformidade com a locação emitida.

Foi usada a sonda padrão do tipo "TRIPÉ", com sistema de percussão manual com utilização de peso padrão de 65,00 kg, caindo de uma altura também padrão de 75,00 cm, necessários para cravar 45,00 cm, em três módulos de 15,00 cm, os quais em seus dois primeiros e dois últimos golpes, somados, respectivamente, nos deram os resultados de penetração, inicial e final, no espaço analisado.

O avanço do nível 45,00 cm a 100,00 cm, e seus pares, foram feitos sem se anotar os valores percussivos.

Foi usado um tubo de revestimento de 63,55 mm de diâmetro interno e, extraído-se as amostras por meio de um amostrador de TERZAGHI, com 35,60 mm e 50,80 mm de diâmetros interno e externo, respectivamente.

O número de golpes necessários para cravar 15,00 cm, por vez, não se considerando o avanço (55,00 cm), foi anotado, de maneira que se pôde determinar o grau de compactação, para o caso de solos arenosos, e compressibilidade, para o caso de solos argilosos.

O material coletado pelo amostrador foi analisado à luz da ABNT, para a sua devida classificação.

O nível de água do lençol freático, quando verificado, foi anotado sua constatação.

Os materiais resgatados no ensaio foram posteriormente analisados conforme indicação da ABNT, quanto à sua qualificação.

Acompanham anexo os seguintes relatórios:

1. Perfis individuais dos ensaios de sondagem realizados.
2. Locações dos furos realizados.

Colocamo-nos a Vosso inteiro dispor, atenciosamente:

EXOTENG ENGENHARIA LTDA.
Eng. Jorge Luiz Felipe - CREA 14.657/D-GO



MODELO REPRESENTATIVO DOS SOLOS

SOLOS	branco	cinza	preto	varieg	vermel	amarel	azul	roxo	verde	rosa	marron
Argila	|||||	|||||	|||||	|||||	|||||	|||||	|||||	|||||	|||||	|||||	|||||
Argila arenosa	/:/:/	/:/:/	/:/:/	/:/:/	/:/:/	/:/:/	/:/:/	/:/:/	/:/:/	/:/:/	/:/:/
Argila siltosa	\\V\\V	\\V\\V	\\V\\V	\\V\\V	\\V\\V	\\V\\V	\\V\\V	\\V\\V	\\V\\V	\\V\\V	\\V\\V
Argila organica	|c|c	|c|c	|c|c	|c|c	|c|c	|c|c	|c|c	|c|c	|c|c	|c|c	|c|c
Areia	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Areia argilosa	:/:/	:/:/	:/:/	:/:/	:/:/	:/:/	:/:/	:/:/	:/:/	:/:/	:/:/
Areia siltosa	:|:|	:|:|	:|:|	:|:|	:|:|	:|:|	:|:|	:|:|	:|:|	:|:|	:|:|
Areia organica	:C:C	:C:C	:C:C	:C:C	:C:C	:C:C	:C:C	:C:C	:C:C	:C:C	:C:C
Silte	|||||	|||||	|||||	|||||	|||||	|||||	|||||	|||||	|||||	|||||	|||||
Silte argiloso	\\V\\V	\\V\\V	\\V\\V	\\V\\V	\\V\\V	\\V\\V	\\V\\V	\\V\\V	\\V\\V	\\V\\V	\\V\\V
Silte arenoso	|:|:	|:|:	|:|:	|:|:	|:|:	|:|:	|:|:	|:|:	|:|:	|:|:	|:|:
Silte micáceo	|m|m	|m|m	|m|m	|m|m	|m|m	|m|m	|m|m	|m|m	|m|m	|m|m	|m|m
Silte organico	|c|c	|c|c	|c|c	|c|c	|c|c	|c|c	|c|c	|c|c	|c|c	|c|c	|c|c

Pedreg. canga	0+0+0	0+0+0	0+0+0	0+0+0	0+0+0	0+0+0	0+0+0	0+0+0	0+0+0	0+0+0	0+0+0
Pedreg. quartzo	0-0-0	0-0-0	0-0-0	0-0-0	0-0-0	0-0-0	0-0-0	0-0-0	0-0-0	0-0-0	0-0-0
Pedreg. laterita	0=0=0	0=0=0	0=0=0	0=0=0	0=0=0	0=0=0	0=0=0	0=0=0	0=0=0	0=0=0	0=0=0

ROCHA	branco	cinza	preto	varieg	vermel	amarel	azul	roxo	verde	rosa	marron
Basalto	><><	><><	><><	><><	><><	><><	><><	><><	><><	><><	><><
Granito	###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	###
Micaxisto	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>
Quartzo	0>0>	0>0>	0>0>	0>0>	0>0>	0>0>	0>0>	0>0>	0>0>	0>0>	0>0>
Rocha alterada	a*a*a	a*a*a	a*a*a	a*a*a	a*a*a	a*a*a	a*a*a	a*a*a	a*a*a	a*a*a	a*a*a
Folhelho	f/f/f/f	f/f/f/f	f/f/f/f	f/f/f/f	f/f/f/f	f/f/f/f	f/f/f/f	f/f/f/f	f/f/f/f	f/f/f/f	f/f/f/f
Mica	m-m	m-m	m-m	m-m	m-m	m-m	m-m	m-m	m-m	m-m	m-m
Matações	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000

Cliente:

Senha Engenharia

Obra:

Estação de Tratamento de Água

Endereço:

Av. São Salvador c/ Rua São Miguel, Vila Cruzeiro, Catalão, GO

Responsável Técnico:



RELATÓRIO DE SONDAGEM - SPT

PROF. CAMADA	NÍVEL DE ÁGUA	INICIAL (0-30)	FINAL (15-45)	MATERIAL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL ENCONTRADO	GRÁFICO
1,00		AVANÇO		\:\:	Argila arenosa, marrom	
1,45		5	4	\:\:	Argila muito arenosa, mole, marrom com pedregulho	
2,45		7	8	\:\:	Argila muito arenosa, média, marrom com pedregulho	
3,45		7	8	|:|:	Silte arenoso, pouco compacto, variegado	
4,45		7	8	|:|:	Idem	
5,45		24	32	|:|:	Silte arenoso, compacto, variegado	
6,45		39	49	|:|:	Silte arenoso, muito compacto, variegado	
<p>Motivo da Paralisação: Sondagem atingiu camada impenetrável a percussão.</p>						
<p>Obs.</p>						<p>Inicial: <u> </u></p> <p>Final: <u> </u></p> <p><small>Importante: O nível do lençol freático poderá variar de acordo com o mês do ano.</small></p>

Cliente: Senha Engenharia	Método do SPT	Leitura NA	Sondagem
Obra: Estação de Tratamento de Água	Peso: 65 kg	Data: 10/12/14	Data: 10/12/14
Endereço: Av. São Salvador c/ Rua São Miguel, Vila Cruzeiro, Catalão, GO	h queda: 75 cm	Cota (m): Furo Seco	Cota (m): -
Responsável Técnico: _____	Ø interno: 34,9 mm	Data 24h: 11/12/14	Sondador: Rosildo
Jorge Luiz Felipe - Eng. Civil - CREA 14.657/D-GO	Ø externo: 50,8 mm	Cota 24h (m): Furo Seco	Sondagem: SP-01



RELATÓRIO DE SONDAGEM - SPT

PROF. CAMADA	NÍVEL DE ÁGUA	INICIAL (0-30)	FINAL (15-45)	MATERIAL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL ENCONTRADO	GRÁFICO
1,00		AVANÇO		\:\:	Argila arenosa, marrom com pedregulho	
1,45		2	2	\:\:	Argila arenosa, muito mole, marrom com pedregulho	
2,45		9	11	|:|:	Silte muito arenoso, medianamente compacto, variegado	
3,45		14	18	|:|:	Idem	
4,45		28	36	|:|:	Idem	
5,45		48	50	|:|:	Silte muito arenoso, muito compacto, variegado	
<p>Motivo da Paralisação: Sondagem atingiu camada impenetrável a percussão.</p>						
<p>Obs.</p>						<p>Inicial: <u> </u></p> <p>Final: <u> </u></p> <p><small>Importante: O nível do lençol freático poderá variar de acordo com o mês do ano.</small></p>

Cliente: Senha Engenharia	Método do SPT	Leitura NA	Sondagem
Obra: Estação de Tratamento de Água	Peso: 65 kg	Data: 10/12/14	Data: 10/12/14
Endereço: Av. São Salvador c/ Rua São Miguel, Vila Cruzeiro, Catalão, GO	h queda: 75 cm	Cota (m): Furo Seco	Cota (m): -
Responsável Técnico: _____	Ø interno: 34,9 mm	Data 24h: 11/12/14	Sondador: Rosildo
Jorge Luiz Felipe - Eng. Civil - CREA 14.657/D-GO	Ø externo: 50,8 mm	Cota 24h (m): Furo Seco	Sondagem: SP-02



RELATÓRIO DE SONDAGEM - SPT

PROF. CAMADA	NÍVEL DE ÁGUA	INICIAL (0-30)	FINAL (15-45)	MATERIAL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL ENCONTRADO	GRÁFICO
1,00		AVANÇO		\:\:	Argila arenosa, marrom com pedregulho	
1,45		6	7	\:\:	Argila arenosa, média, marrom com pedregulho	
2,45		7	10	|:|:	Silte muito arenoso, medianamente compacto, variegado	
3,45		13	20	|:|:	Silte muito arenoso, compacto, variegado	
4,45		36	41	|:|:	Silte muito arenoso, muito compacto, variegado	
5,45		48	50	|:|:	Idem	
<p>Motivo da Paralisação: Sondagem atingiu camada impenetrável a percussão.</p>						
<p>Obs.</p>						<p>Inicial: <u> </u></p> <p>Final: <u> </u></p> <p><small>Importante: O nível do lençol freático poderá variar de acordo com o mês do ano.</small></p>

Cliente: Senha Engenharia	Método do SPT	Leitura NA	Sondagem
Obra: Estação de Tratamento de Água	Peso: 65 kg	Data: 11/12/14	Data: 11/12/14
Endereço: Av. São Salvador c/ Rua São Miguel, Vila Cruzeiro, Catalão, GO	h queda: 75 cm	Cota (m): Furo Seco	Cota (m): -
Responsável Técnico: _____	Ø interno: 34,9 mm	Data 24h: 12/12/14	Sondador: Rosildo
Jorge Luiz Felipe - Eng. Civil - CREA 14.657/D-GO	Ø externo: 50,8 mm	Cota 24h (m): Furo Seco	Sondagem: SP-04



RELATÓRIO DE SONDAGEM - SPT

PROF. CAMADA	NÍVEL DE ÁGUA	INICIAL (0-30)	FINAL (15-45)	MATERIAL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL ENCONTRADO	GRÁFICO
1,00		AVANÇO		\:\:	Argila arenosa, marrom	
1,45		5	6	\:\:	Argila muito arenosa, média, marrom com pedregulho	
2,45		5	4	\:\:	Argila muito arenosa, mole, marrom com pedregulho	
3,45		8	8	|:|:	Silte muito arenoso, pouco compacto, variegado com pedregulho	
4,45		7	8	|:|:	Idem	
5,45		31	36	|:|:	Silte muito arenoso, compacto, variegado	
6,45		37	47	|:|:	Silte muito arenoso, muito compacto, variegado	
7,45		43	51	|:|:	Idem	
<p>Motivo da Paralisação: Sondagem atingiu camada impenetrável a percussão.</p>						
<p>Obs.</p>						<p>Inicial: <u> </u></p> <p>Final: <u> </u></p> <p><small>Importante: O nível do lençol freático poderá variar de acordo com o mês do ano.</small></p>

Cliente:	Método do SPT	Leitura NA	Sondagem
Senha Engenharia			
Obra: Estação de Tratamento de Água	Peso: 65 kg	Data: 10/12/14	Data: 10/12/14
Endereço: Av. São Salvador c/ Rua São Miguel, Vila Cruzeiro, Catalão, GO	h queda: 75 cm	Cota (m): Furo Seco	Cota (m): -
Responsável Técnico: _____	Ø interno: 34,9 mm	Data 24h: 11/12/14	Sondador: Rosildo
Jorge Luiz Felipe - Eng. Civil - CREA 14.657/D-GO	Ø externo: 50,8 mm	Cota 24h (m): Furo Seco	Sondagem: SP-05



RELATÓRIO DE SONDAGEM - SPT

PROF. CAMADA	NÍVEL DE ÁGUA	INICIAL (0-30)	FINAL (15-45)	MATERIAL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL ENCONTRADO	GRÁFICO
1,00		AVANÇO		\\:\\:	Argila muito arenosa, marrom com pedregulho	
1,45		3	4	\\:\\:	Argila muito arenosa, mole, marrom com pedregulho	
2,45		34	36	||:|:	Silte muito arenoso, compacto, variegado	
3,45		36	38	||:|:	Idem	
4,45		42	44	||:|:	Silte muito arenoso, muito compacto, variegado	
5,45		48	51	||:|:	Idem	
<p>Motivo da Paralisação: Sondagem atingiu camada impenetrável a percussão.</p> <p>Obs.</p>						<p>Inicial: <u> </u></p> <p>Final: <u> </u></p> <p><small>Importante: O nível do lençol freático poderá variar de acordo com o mês do ano.</small></p>

Cliente: Senha Engenharia	Método do SPT	Leitura NA	Sondagem
Obra: Estação de Tratamento de Água	Peso: 65 kg	Data: 10/12/14	Data: 10/12/14
Endereço: Av. São Salvador c/ Rua São Miguel, Vila Cruzeiro, Catalão, GO	h queda: 75 cm	Cota (m): Furo Seco	Cota (m): -
Responsável Técnico: _____	Ø interno: 34,9 mm	Data 24h: 11/12/14	Sondador: Rosildo
Jorge Luiz Felipe - Eng. Civil - CREA 14.657/D-GO	Ø externo: 50,8 mm	Cota 24h (m): Furo Seco	Sondagem: SP-06



RELATÓRIO DE SONDAGEM - SPT

PROF. CAMADA	NÍVEL DE ÁGUA	INICIAL (0-30)	FINAL (15-45)	MATERIAL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL ENCONTRADO	GRÁFICO
1,00		AVANÇO		\:\:	Argila muito arenosa, marrom	
1,45		9	12	\:\:	Argila muito arenosa, rija, marrom com pedregulho	
2,45		4	4	\:\:	Argila arenosa, mole, marrom	
3,45		10	13	|:|:	Silte muito arenoso, medianamente compacto, variegado	
4,45		24	31	|:|:	Silte muito arenoso, compacto, variegado	
5,45		30	36	|:|:	Idem	
6,45		41	49	|:|:	Silte muito arenoso, muito compacto, variegado	
<p>Motivo da Paralisação: Sondagem atingiu camada impenetrável a percussão.</p> <p>Obs.</p>						<p>Inicial: <u> </u></p> <p>Final: <u> </u></p> <p><small>Importante: O nível do lençol freático poderá variar de acordo com o mês do ano.</small></p>

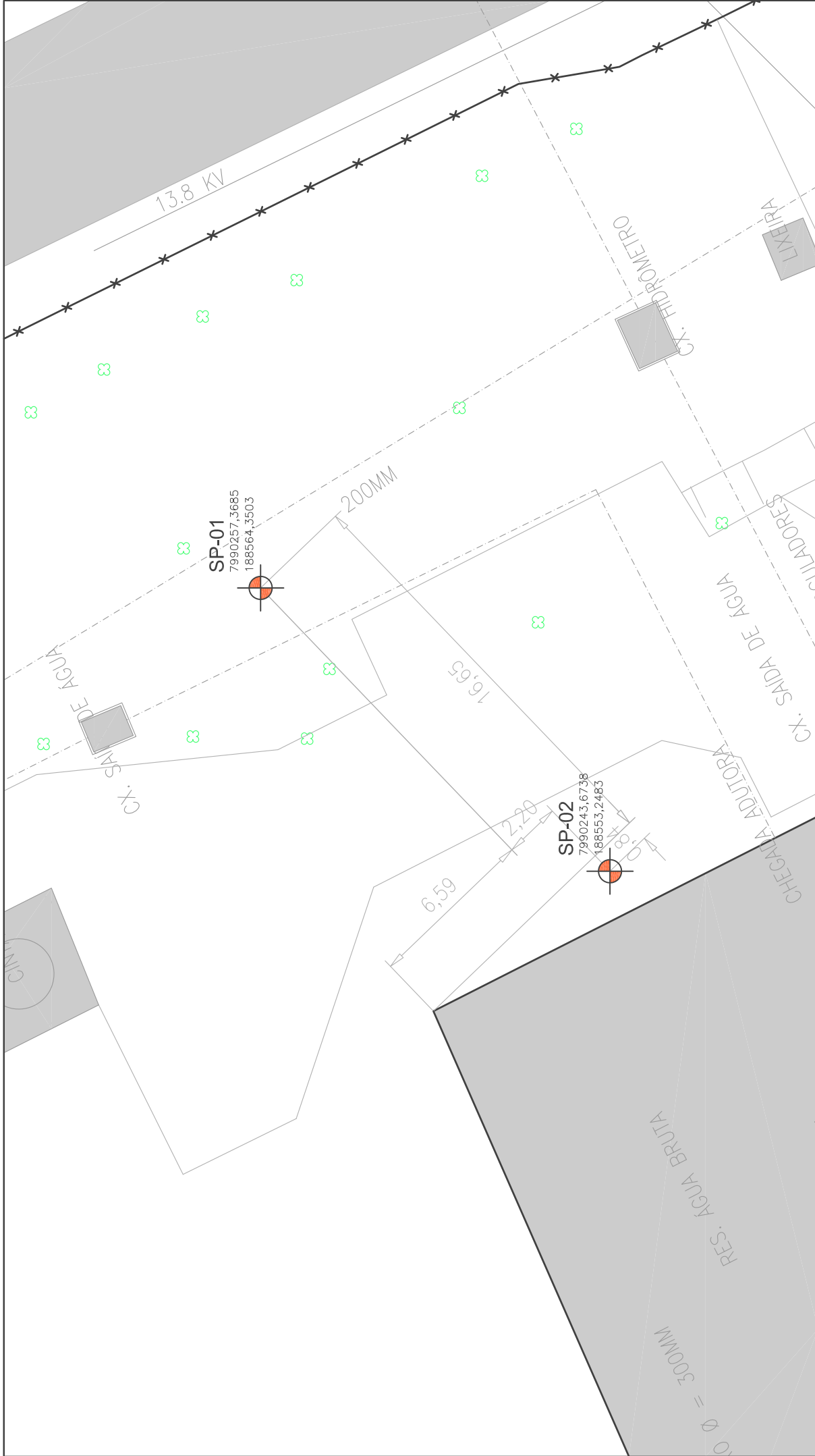
Cliente: Senha Engenharia	Método do SPT	Leitura NA	Sondagem
Obra: Estação de Tratamento de Água	Peso: 65 kg	Data: 12/12/14	Data: 12/12/14
Endereço: Av. São Salvador c/ Rua São Miguel, Vila Cruzeiro, Catalão, GO	h queda: 75 cm	Cota (m): Furo Seco	Cota (m): -
Responsável Técnico: <div style="text-align: center; border-top: 1px solid black; width: 100px; margin: 0 auto;"> Jorge Luiz Felipe - Eng. Civil - CREA 14.657/D-GO </div>	Ø interno: 34,9 mm Ø externo: 50,8 mm	Data 24h: 13/12/14 Cota 24h (m): Furo Seco	Sondador: Rosildo Sondagem: SP-07



RELATÓRIO DE SONDAGEM - SPT

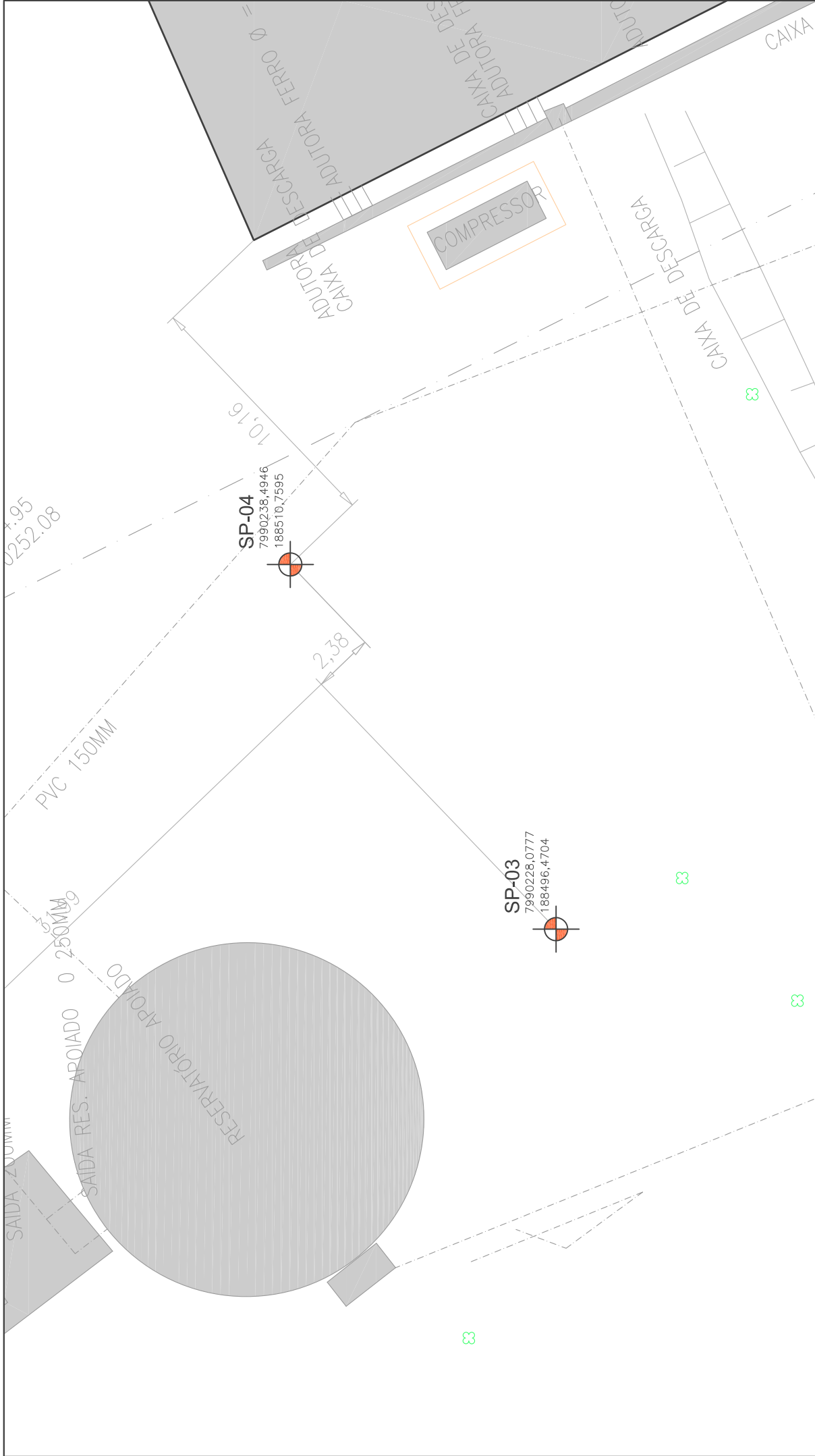
PROF. CAMADA	NÍVEL DE ÁGUA	INICIAL (0-30)	FINAL (15-45)	MATERIAL	DESCRIÇÃO DO MATERIAL ENCONTRADO	GRÁFICO
1,00		AVANÇO		\:\:	Argila arenosa, marrom com pedregulho	
1,45		6	5	\:\:	Argila arenosa, pouco compacta, variegada com pedregulho	
2,45		6	7	|:|:	Silte muito arenoso, pouco compacto, variegado	
3,45		11	12	|:|:	Silte muito arenoso, medianamente compacto, variegado	
4,45		15	20	|:|:	Silte muito arenoso, compacto, variegado	
5,45		30	35	|:|:	Idem	
6,45		42	49	|:|:	Silte muito arenoso, muito compacto, variegado	
<p>Motivo da Paralisação: Sondagem atingiu camada impenetrável a percussão.</p> <p>Obs.</p>						<p>Inicial: <u> </u></p> <p>Final: <u> </u></p> <p><small>Importante: O nível do lençol freático poderá variar de acordo com o mês do ano.</small></p>

Cliente: Senha Engenharia	Método do SPT	Leitura NA	Sondagem
Obra: Estação de Tratamento de Água	Peso: 65 kg	Data: 11/12/14	Data: 11/12/14
Endereço: Av. São Salvador c/ Rua São Miguel, Vila Cruzeiro, Catalão, GO	h queda: 75 cm	Cota (m): Furo Seco	Cota (m): -
Responsável Técnico: _____	Ø interno: 34,9 mm	Data 24h: 12/12/14	Sondador: Rosildo
Jorge Luiz Felipe - Eng. Civil - CREA 14.657/D-GO	Ø externo: 50,8 mm	Cota 24h (m): Furo Seco	Sondagem: SP-09



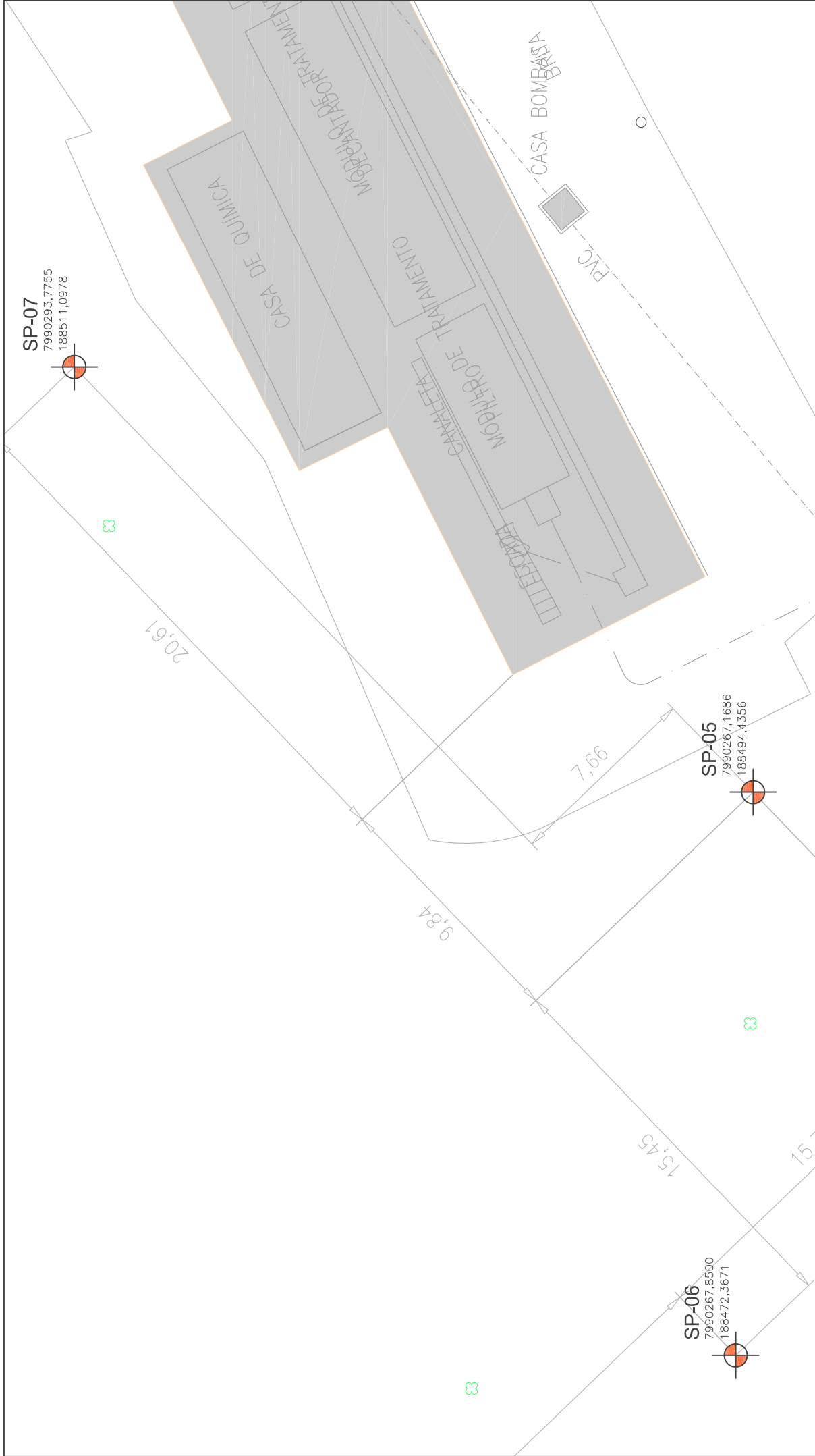
ELABORADO POR:
EXOTENG ENGENHARIA LTDA
 AV. PARÁ, 308, CAMPINAS, GOIÂNIA – GO, CEP 74520–100
 FONE: 62 3233 8183
<http://www.exoteng.com.br>

Cliente: Senha Engenharia S.S.	Data: Dezembro / 2014
Obra: Estação de Tratamento de Água	Folha: 01 de 04
Local: Av. S. Salvador c/ Rua S. Miguel, Vila Cruzeiro	Cidade: Catalão – GO
Responsável Técnico: Jorge Luiz Felipe CREA 14.657/D-GO	Visto:



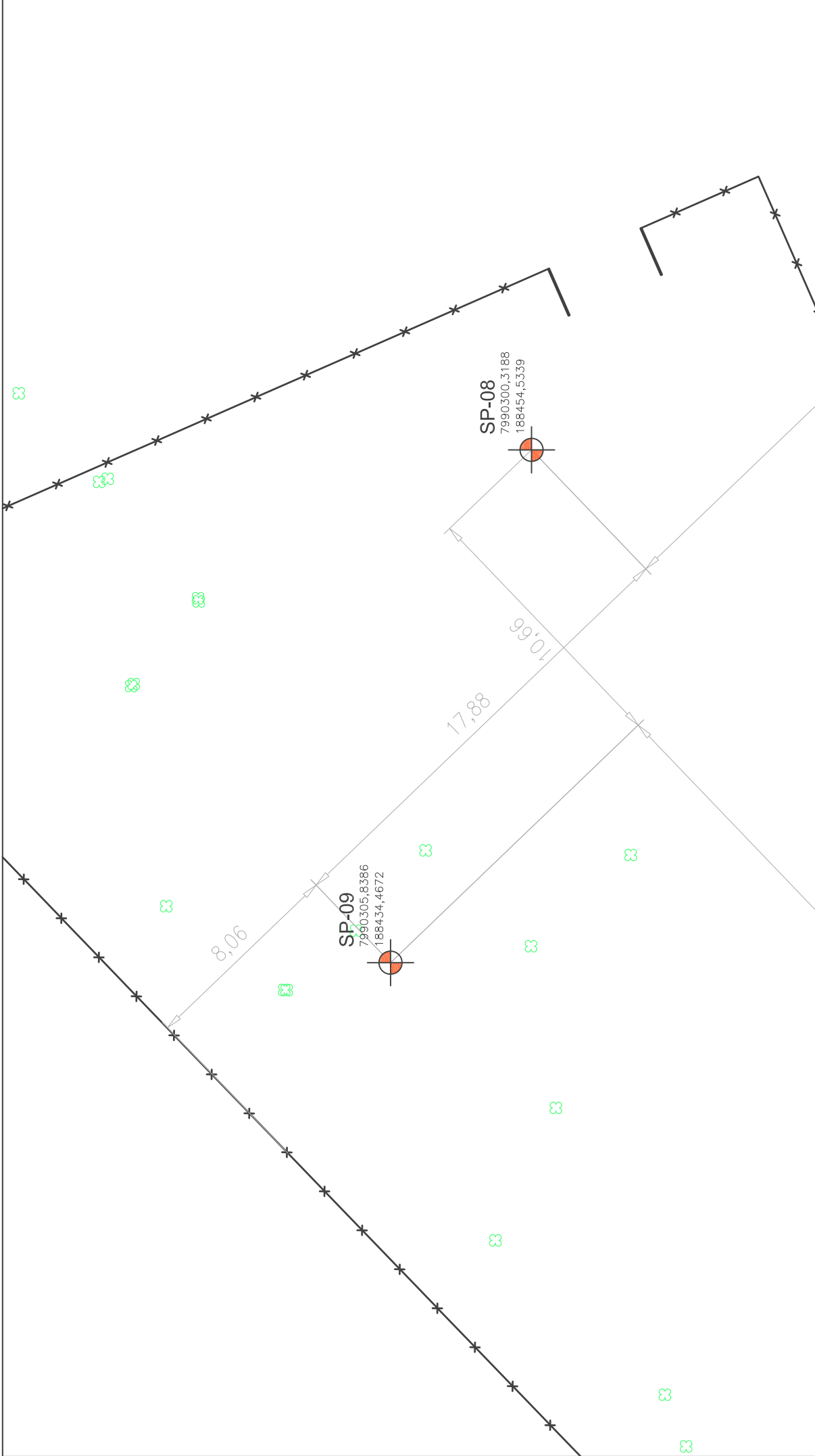
ELABORADO POR:
EXOTENG ENGENHARIA LTDA
 AV. PARÁ, 308, CAMPINAS, GOIÂNIA – GO, CEP 74520-100
 FONE: 62 3233 8183
<http://www.exoteng.com.br>

Cliente: Senha Engenharia S.S.	Data: Dezembro / 2014
Obra: Estação de Tratamento de Água	Folha: 02 de 04
Local: Av. S. Salvador c/ Rua S. Miguel, Vila Cruzeiro	Cidade: Catalão – GO
Responsável Técnico: Jorge Luiz Felipe CREA 14.657/D-GO	Visto:



ELABORADO POR:
EXOTENG ENGENHARIA LTDA
 AV. PARÁ, 308, CAMPINAS, GOIÂNIA – GO, CEP 74520–100
 FONE: 62 3233 8183
<http://www.exoteng.com.br>

Cliente: Senha Engenharia S.S.	Data: Dezembro / 2014
Obra: Estação de Tratamento de Água	Folha: 03 de 04
Local: Av. S. Salvador c/ Rua S. Miguel, Vila Cruzeiro	Cidade: Catalão – GO
Responsável Técnico: Jorge Luiz Felipe CREA 14.657/D-GO	Visto:



ELABORADO POR:
EXOTENG ENGENHARIA LTDA
 AV. PARÁ, 308, CAMPINAS, GOIÂNIA – GO, CEP 74520–100
 FONE: 62 3233 8183
<http://www.exoteng.com.br>

Cliente:	Senha Engenharia S.S.	Data:	Dezembro / 2014
Obra:	Estação de Tratamento de Água	Folha:	04 de 04
Local:	Av. S. Salvador c/ Rua S. Miguel, Vila Cruzeiro	Cidade:	Catalão – GO
Responsável Técnico:	Jorge Luiz Felipe CREA 14.657/D-GO	Visto:	