

Cliente:

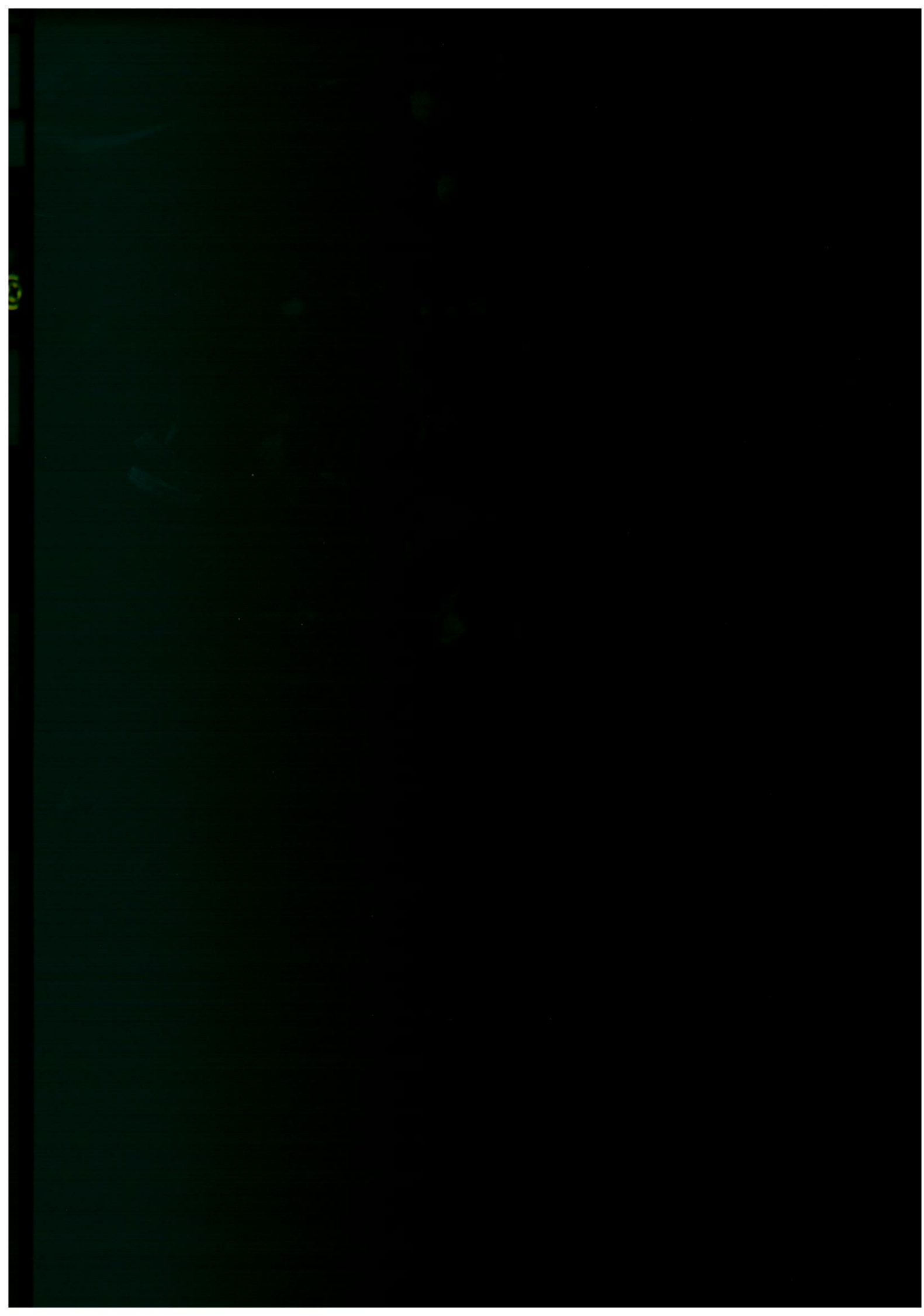
CESAN
COMPANHIA ESPIRITO SANTENSE DE SANEAMENTO

CONTRATO 219/2013

Codificação SAMON:	Codificação CESAN:	Revisão: 00	Data de Emissão: AGOSTO/15
--------------------	--------------------	-----------------------	--------------------------------------

**PROJETO ESTRUTURAL DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO BRUTO -
EEEB-E - PANCAS / E.S.****VOLUME 1 - PROJETO ESTRUTURAL****TOMO - A****MEMORIAL DESCRITIVO, DE CÁLCULO E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS.**

Emitido por: SAMON SANEAMENTO E MONTAGENS EIRELI	Local: Vitória-ES
--	-----------------------------



ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	OBJETIVO	3
2.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	3
3.0	INTRODUÇÃO	3
3.1	APRESENTAÇÃO	3
3.2	CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PROJETO	3
4.0	MODELO DE CÁLCULO	4
4.1	CARGAS E COMBINAÇÕES	6
4.2	DIMENSIONAMENTO DAS SEÇÕES	8
4.3	SEÇÕES DE CONCRETO UTILIZADAS	9
4.4	FUNDAÇÃO	10
4.5	TENSÕES NO SOLO:	11
4.6	CÁLCULO DO COMPRIMENTO DE ANCORAGEM (LB).....	11
5.0	RESULTADOS.....	11
5.1	POÇO DE SUCÇÃO	12
5.2	CAIXA DE AREIA.....	14



1.0 OBJETIVO

Este presente trabalho visa desenvolver o projeto estrutural de uma elevatória de esgoto incluindo poço de sucção, pv de entrada, biofiltro e caixa de areia.

2.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Os documentos relacionados foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele. Devem ser utilizados na sua revisão mais recente.

3.0 INTRODUÇÃO

3.1 APRESENTAÇÃO

O presente trabalho complementa as pranchas de armação e formas relativas à:

- Elevatória de esgoto de água bruta
 - Pv de entrada
 - Biofiltro
 - Caixa de areia
 - Poço de sucção

O dimensionamento dos elementos citados fora executado tomando como base as normas que seguem:

- NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos
- NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações
- NBR 6122 – Projeto e execução de fundações
- NBR 6123 – Força devidas ao vento em edificações
- NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas – Procedimentos.

Documentos técnicos e livros como:

- Resistência do Materiais, V. Feodosiev
- Curso de Concreto Armado, José Milton de Araújo

Além dos softwares de dimensionamento e análise hiperestática:

- STRAP

3.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PROJETO

- Fck: 30 MPa
 - E_{sec}: 23800 MPa



- Fator água-cimento: 0.5 (máximo)
- Aço CA 50 e CA 60
 - E_s : 210 GPa
 - Deformação limite do aço para dimensionamento: 10‰
- Grau de agressividade do Meio Ambiente: IV (NBR 6118/2007)
- Limite de abertura de Fissuras: 0.2 mm
- Dimensão máxima do agregado graúdo: 25 mm
- Método para análise de 2° Ordem Global: Gama Z
- Compactação com Proctor normal à 100%

4.0 MODELO DE CÁLCULO

Laje de piso da elevatória apoiada sobre base elástica. O campo de deslocamentos e tensões foi calculada adotando-se a metodologia implementada pelo software comercial STRAP VERSÃO 2011.

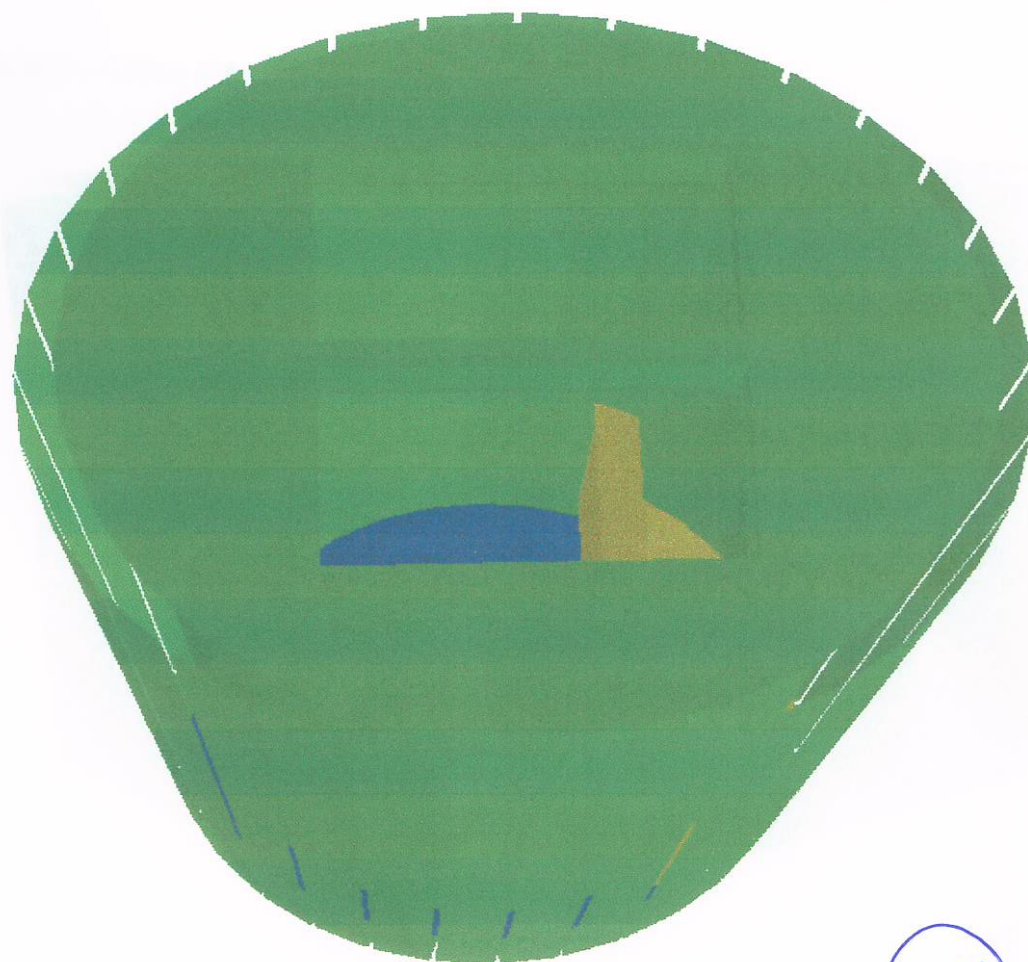


Figura 1 – Elevatória apoiado sobre base elástica



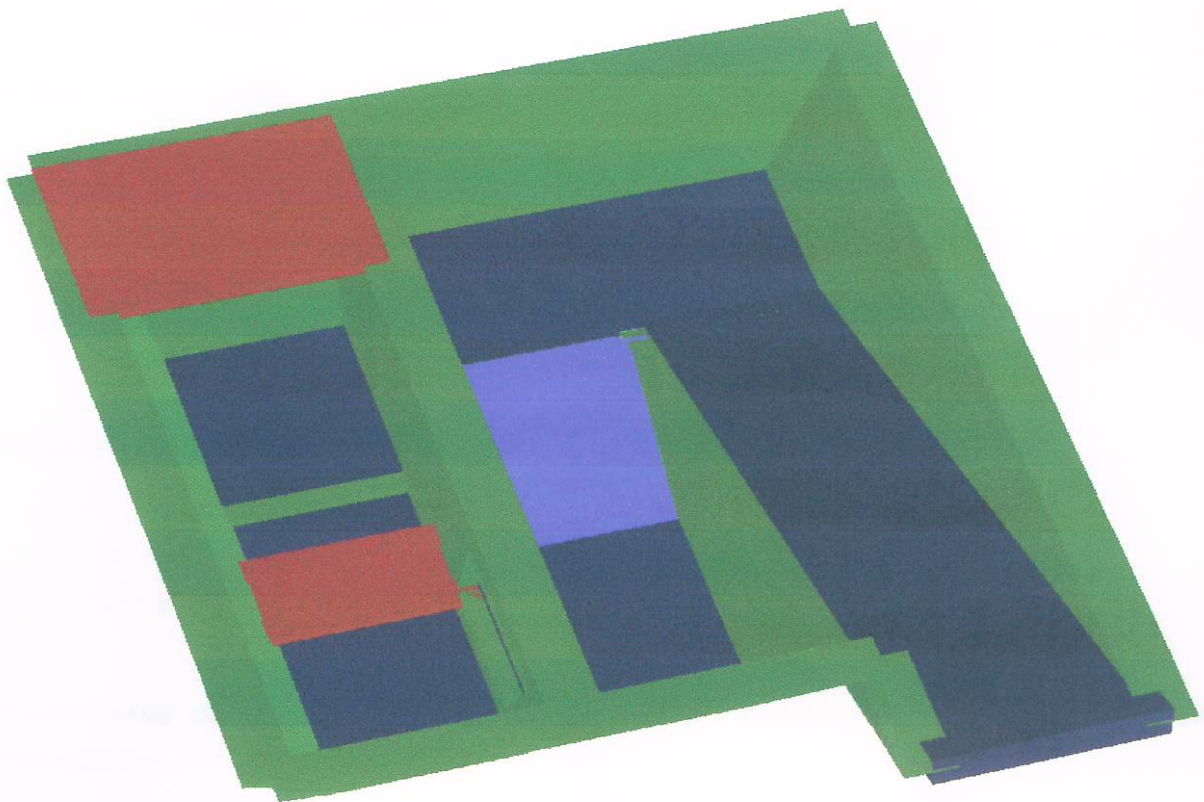


Figura 2 – Caixa de areia apoiada sobre base elástica.

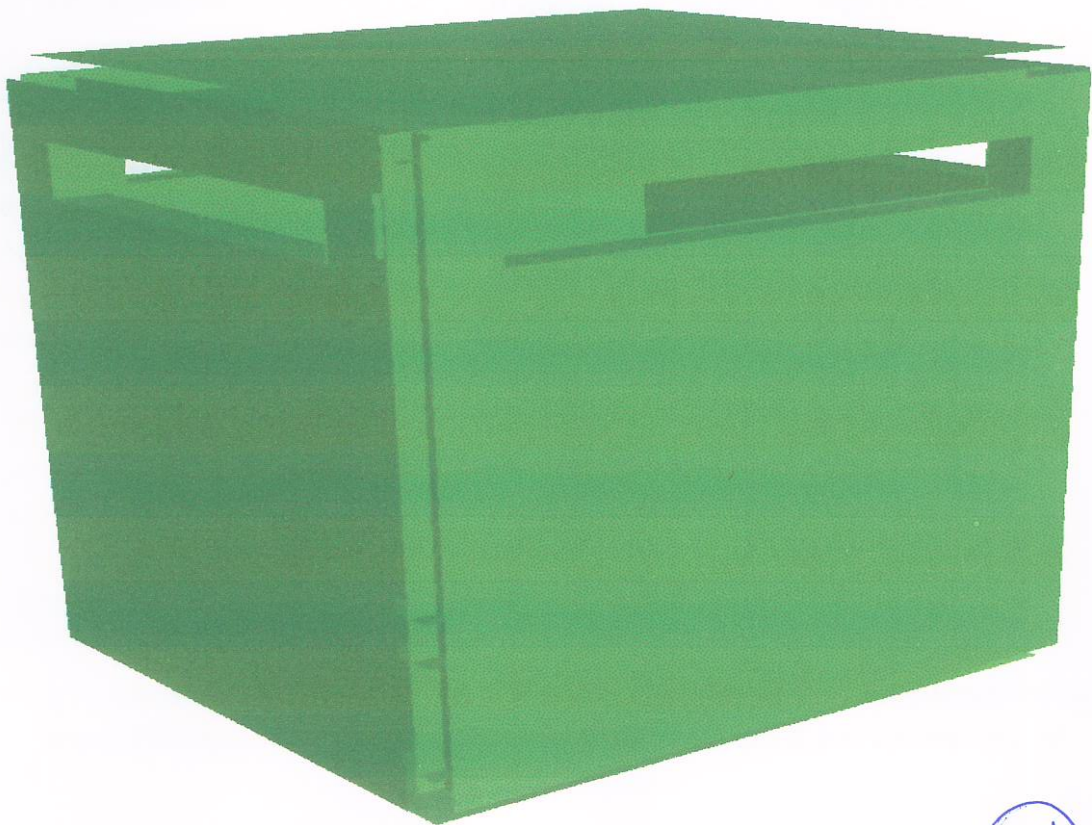


Figura 3 – Biofiltro com piso apoiado sobre base elástica



4.1 CARGAS E COMBINAÇÕES

Ações Permanentes:

- g1 - Peso próprio do concreto (permanente direta)
- g2 - Empuxo de terra (permanente direta)
- g3 – Enchimentos (permanente direta)
- g4 – Retração (permanente indireta)
- g5 – Peso próprio do tanque de aço (permanente direta)

Ações Variáveis Acidentais:

- q1 - Empuxo hidrostático
- q2 - Sobrecarga
- q3 - gradiente térmico

Coefficientes de ponderação (γ_g , γ_q), fatores de combinação (ψ_q), e fatores de redução (ψ_1 , ψ_1) para:

- Combinação Normal (CN) em Estado Limite de Utilização (ELU);
- Combinação Quase Permanente (CQP) em Estado Limite de Serviço (ELS);
- Combinação Frequente (CF) em Estado Limite de Serviço (ELS).

	CN-ELU	CQP-ELS	CF-ELS
Ações Permanentes:	γ_g	γ_g	γ_g
Cargas permanentes	1,4	1	1
Retração	1,2	1	1
Ações Variáveis (qdo. princ.):	γ_q	γ_q	γ_q
Sobrecarga	1,4	1	1
Empuxo hidrostático	1,4	1	1
Gradiente térmico	1,2	1	1
Ações Variáveis (qdo. secnd.):	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga	0,8	0,7	0,6
Empuxo hidrostático	0,8	0,7	0,6
Gradiente térmico	0,6	0,5	0,3

Grandezas Físicas das Ações:

- g1 - Peso próprio do concreto = Volume dos elementos multiplicado pelo peso específico do concreto armado. Unidades: peso em tf e o volume em m³.
- g2 -Empuxo de terra

Nspt,med = 4 Argila com areia fina cor variegada



$\gamma_t = 18,00 \text{ kN/m}^3$ Godoy, 1972

$\phi = 0^\circ$

$K_0 = 1,00 \quad K_0 = 1 - \sin \phi$

$p = K_0 \cdot \gamma_t \cdot h$

- g_1 - Enchimentos = Volume do elemento multiplicado pelo peso específico do material. Unidades: peso em tf e volume em m^3 .
- g_2 - Retração: Não Consideramos uma retração em toda a estrutura
- q_3 - Empuxo Hidrostático interno: Em todas as faces internas estão sendo aplicada uma pressão de base ao topo. O peso específico utilizado no cálculo destas pressões é o da água, igual a 1 tf/m^3 multiplicado pela altura da lamina d'água.
- q_4 - Sobrecarga: Nas lajes de tampa e escadas foram consideradas sobrecargas de utilização iguais a $0,3 \text{ tf/m}^2$.

Combinações:

Estado Limite Último - ELU-CN (cheio):

$C01 = 1,40 \cdot (g_1 + g_3) + g_2 + 1,40 \cdot q_1 + 1,20 \cdot q_2$

$C02 = 1,40 \cdot (g_1 + g_3) + g_2 + 1,40 \cdot q_2 + 1,20 \cdot q_1$

Estado Limite Último - ELU-CN (vazio):

$C03 = 1,40 \cdot (g_1 + g_2 + g_3) + 1,40 \cdot q_2$

Estado Limite de Serviço ELS-CF (cheio)

$C05 = 1,00 \cdot (g_1 + g_2 + g_3) + 0,70 \cdot q_1$

$C06 = 1,00 \cdot (g_1 + g_2 + g_3) + 0,70 \cdot q_2 + 0,60 \cdot q_1$

Estado Limite de Serviço ELS-CF (vazio)

$C07 = 1,00 \cdot (g_1 + g_2 + g_3) + 0,70 \cdot q_1 + 0,60 \cdot q_2$

$C08 = 1,00 \cdot (g_1 + g_2 + g_3) + 0,70 \cdot q_2 + 0,60 \cdot q_1$



Especial, para verificação da flutuação

$$C08 = 1,00.(g1+g3)+1,00.q4$$

4.2 DIMENSIONAMENTO DAS SEÇÕES

Os cálculos de paredes e lajes de fundo e tampas foram considerados um elemento estrutural de 100 cm de largura e altura h , para o dimensionamento a flexo-tração com a força da envoltória máxima nas direções x e y e momentos da envoltória máxima e mínima nas direções x e y . A compressão aqui foi desprezada por entender que a sollicitação máxima acontece quando o elemento estrutural em questão é tracionado junto com a flexão.

Após a verificação da flexo-tração o elemento foi verificado com relação à formação de fissuras.

Momento mínimo para a dispensa de análise de fissuração (ESTADIO I):

$$M_R = a f_{ct} I_o / y_t [tf.m] \quad (1)$$

Calculando teremos, M_r para um $f_{ck} = 30$ MPa e h variado igual à:

- $h=15\text{cm}$; $M_r = 1,69tf.m$
- $h=20\text{cm}$; $M_r = 3,00tf.m$
- $h=25\text{cm}$; $M_r = 4,69tf.m$
- $h=30\text{cm}$; $M_r = 6,75tf.m$

Como os momentos das combinações frequente do estado limite de serviço não ultrapassaram os valores acima descritos para suas respectivas espessuras, algumas as paredes, fundos e tampas das seguintes estruturas foram armadas com a armadura mínima:

Armadura mínima prevista em norma:

$$A_{s,min} = \rho_{min} 100h \left[\frac{cm^2}{m} \right] \quad (2)$$

Sendo ρ_{min} taxa de armadura mínima conforme a NBR 6118:2003



Tabela 17.3 - Taxas mínimas de armadura de flexão para vigas

Forma da seção	Valores de $\rho_{min}^{1)}$ ($A_{s,min}/A_c$) %							
	ω_{min}	20	25	30	35	40	45	50
Retangular	0,035	0,150	0,150	0,173	0,201	0,230	0,259	0,288
T (mesa comprimida)	0,024	0,150	0,150	0,150	0,150	0,158	0,177	0,197
T (mesa tracionada)	0,031	0,150	0,150	0,153	0,178	0,204	0,229	0,255
Circular	0,070	0,230	0,288	0,345	0,403	0,460	0,518	0,575

¹⁾ Os valores de ρ_{min} estabelecidos nesta tabela pressupõem o uso de aço CA-50, $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$. Caso esses fatores sejam diferentes, ρ_{min} deve ser recalculado com base no valor de ω_{min} dado.

NOTA - Nas seções tipo T, a área da seção a ser considerada deve ser caracterizada pela alma acrescida da mesa colaborante.

Calculando teremos, $A_{s,min}$ para um $f_{ck} = 30$ MPa, $b=100$ cm, seção retangular e h variado igual à:

- $h=15$ cm ; $A_{s,min} = 2,25\text{cm}^2/\text{m}$ Ø8 C/15
- $h=20$ cm ; $A_{s,min} = 3,00\text{cm}^2/\text{m}$ Ø8 C/15
- $h=25$ cm ; $A_{s,min} = 3,75\text{cm}^2/\text{m}$ Ø10 C/20 ou Ø8 C/12
- $h=30$ cm ; $A_{s,min} = 4,50\text{cm}^2/\text{m}$ Ø8 C/10 ou Ø10 C/15

4.3 SEÇÕES DE CONCRETO UTILIZADAS

Foram utilizadas as seguintes seções de concreto para as respectivas estruturas:

- Caixa de areia:

Tampas: 15cm

Paredes: 20cm

Fundo: 20cm

Cocho: 15cm

- Poço de sucção:

Tampas: 15cm

Parede Cilíndrica: 25cm

Fundo: 20cm

Parede divisória: 15cm



4.4 FUNDAÇÃO

Utilizamos para as estruturas a laje de fundo apoiada diretamente sobre o solo. Como modelo de cálculo adotamos um sistema de molas de resposta linear obtida através do ensaio de SPT. Para obter a tensão média admissível a partir desse ensaio, utiliza-se o número médio de golpes aplicando a seguinte fórmula:

$$s = 0,20 * \text{SPT Médio (kgf/m}^2\text{)}$$

A partir dos valores de tensão média admissível é possível obter o valor de Kv por correlação, utilizando a tabela abaixo:

Tensão admissível (kgf/cm ²)	Kv (kgf/cm ²)	Tensão admissível (kgf/cm ²)	Kv (kgf/cm ²)
0,25	0,65	2,15	4,30
0,30	0,78	2,20	4,40
0,35	0,91	2,25	4,50
0,40	1,04	2,30	4,60
0,45	1,17	2,35	4,70
0,50	1,30	2,40	4,80
0,55	1,39	2,45	4,90
0,60	1,48	2,50	5,00
0,65	1,57	2,55	5,10
0,70	1,66	2,60	5,20
0,75	1,75	2,65	5,30
0,80	1,84	2,70	5,40
0,85	1,93	2,75	5,50
0,90	2,02	2,80	5,60
0,95	2,11	2,85	5,70
1,00	2,20	2,90	5,80
1,05	2,29	2,95	5,90
1,10	2,38	3,00	6,00
1,15	2,47	3,05	6,10
1,20	2,56	3,10	6,20
1,25	2,65	3,15	6,30
1,30	2,74	3,20	6,40
1,35	2,83	3,25	6,50
1,40	2,92	3,30	6,60
1,45	3,01	3,35	6,70
1,50	3,10	3,40	6,80
1,55	3,19	3,45	6,90
1,60	3,28	3,50	7,00
1,65	3,37	3,55	7,10
1,70	3,46	3,60	7,20
1,75	3,55	3,65	7,30
1,80	3,64	3,70	7,40
1,85	3,73	3,75	7,50
1,90	3,82	3,80	7,60
1,95	3,91	3,85	7,70
2,00	4,00	3,90	7,80
2,05	4,10	3,95	7,90
2,10	4,20	4,00	8,00

Fonte: Safe, Morrison (1993)



4.5 TENSÕES NO SOLO:

4.5.1 Poço de sucção:

Tensão máxima no solo (combinação - C1)

$$P = 1,40\text{kgf/cm}^2 \text{ "OK"}$$

$$N_{spt} = 10$$

$$P_{adm} = N_{spt} \cdot 0,2$$

$$P_{adm} = 2,0\text{kgf/cm}^2$$

4.5.2 Caixa de Areia:

$$P = 0,68\text{kgf/cm}^2 \text{ "OK"}$$

$$N_{spt} = 5$$

$$P_{adm} = N_{spt} \cdot 0,2$$

$$P_{adm} = 1,00\text{kgf/cm}^2$$

4.6 CÁLCULO DO COMPRIMENTO DE ANCORAGEM (LB)

- Assumindo tensão de escoamento do aço (Estádio 3 de deformação)
- Barras nervuradas, com bitola menor que 32 mm
- Laje menor que 30 cm, logo, região de boa aderência

$$l_b = \frac{\emptyset}{4} \frac{500/1.15}{0.42 \left(\frac{30}{1.4} \right)^{2/3}} \cong 25 \text{ cm}$$

5.0 RESULTADOS

O software usado foi o STRAP VERSÃO 2011 que considera as lajes e paredes como placas de 50 à 40 centímetros (espaçamento adotado mediante critérios definidos). Os carregamentos das lajes e paredes são lançados diretamente sobre os elementos.

As paredes e lajes das estruturas foram tratadas com lajes de comprimento unitário e altura h dimensionadas sobre flexo-compressão ou flexo-tração e foram armadas para resistir aos momentos e trações ou compressão da envoltória de combinações máximas e mínimas.

5.1 POÇO DE SUCÇÃO

5.1.1 CILINDRO

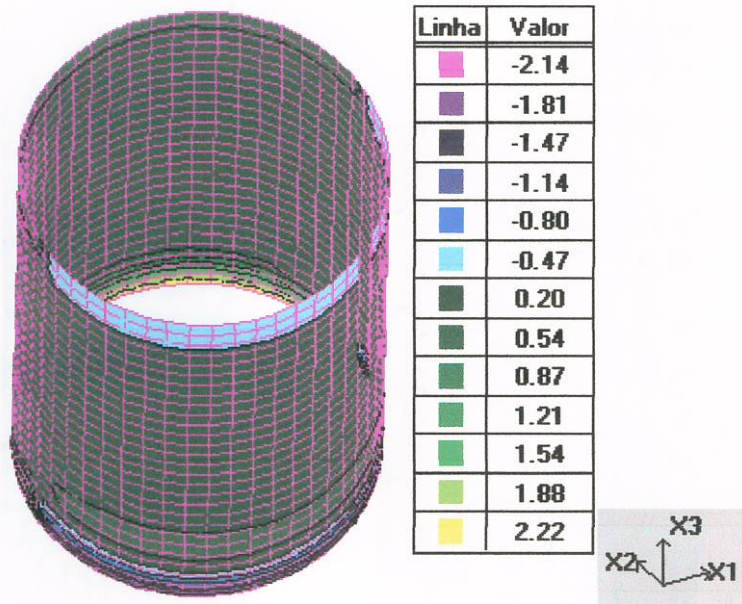


Figura 4 - ENVOLTÓRIA MIN – MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y (tf.m/m)

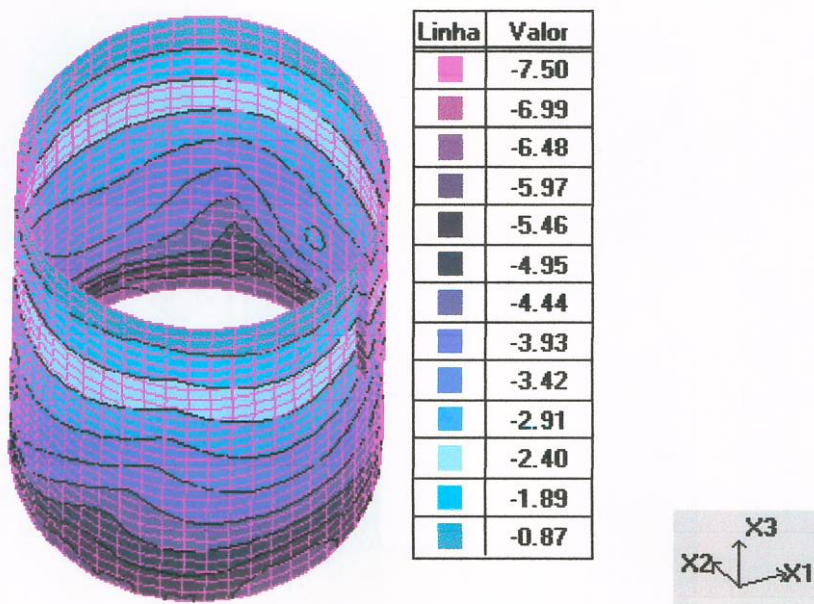


Figura 5 - ENVOLTÓRIA MAX – FORÇA NA DIREÇÃO DE Y (tf/m)

[Handwritten signature]

Lajes Maciças em Concreto Armado - NBR 6118/2003											
Materiais			Esforços		Seção			SEGURANÇA			
Aço (fyk)	fck (Mpa)		Mk (tf.m/m)	Nk (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	ξ máx.	As,min (cm²/m)	γc	γf	Classe Agres.
500	30		1,60	3,00	25	4,9	0,5	3,75	1,40	1 15	Classe IV

ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica				
Armadura necessária	Φ (mm)	Arranjo		
		Esp. (cm)	As (cm)	As,tot (cm²/m)
As1 (cm²/m)	8	12,0		4,19
As2 (cm²/m)	8	12,0		4,19

Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω1	ω2
Zona D	0,053	0,000	0,029

Verificação Fissuras - LAJES - FLEXÃO COMPOSTA - ARM. SIMPLES- CONCRETO ARMADO									
Materiais			Esforços			Seção			
Aço (fyk)	fck (Mpa)		Mfr (tf.m/m)	Nfr (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	Bitola ø	Esp. (cm)	
500	30		1,6	3	25	4,9	8	12,0	
Cálculo									
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η1	hi (cm)	bi (cm)	Acr1 (cm²)		
4,19	210.000	23.800	2,56	2,25	10,90	12,00	130,80		
as	pri	ξ	x (cm)	osi (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)		
8,82	0,003842927	0,205	4,13	161,45	0,00	0,04129631	0,237467334		



5.2 CAIXA DE AREIA

5.2.1 PAREDE 1

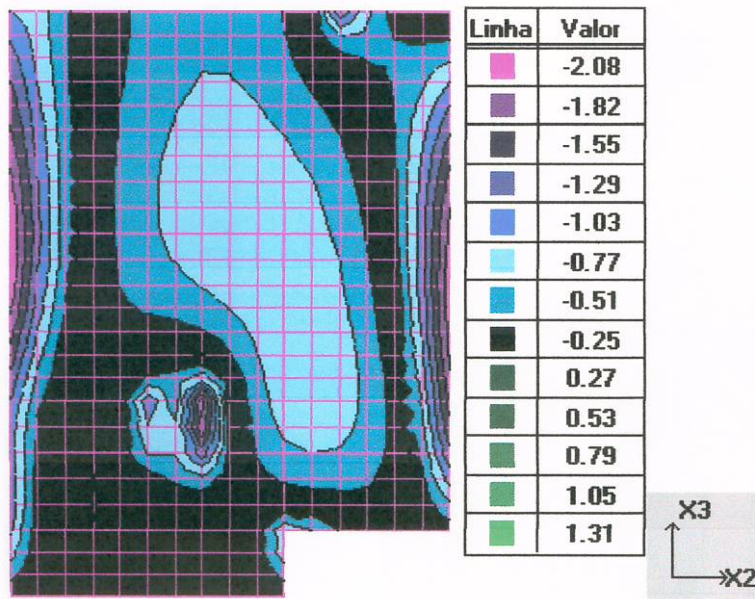


Figura 6 - ENVOLTÓRIA MIN – MOMENTO NA DIREÇÃO DE X (tf.m/m)

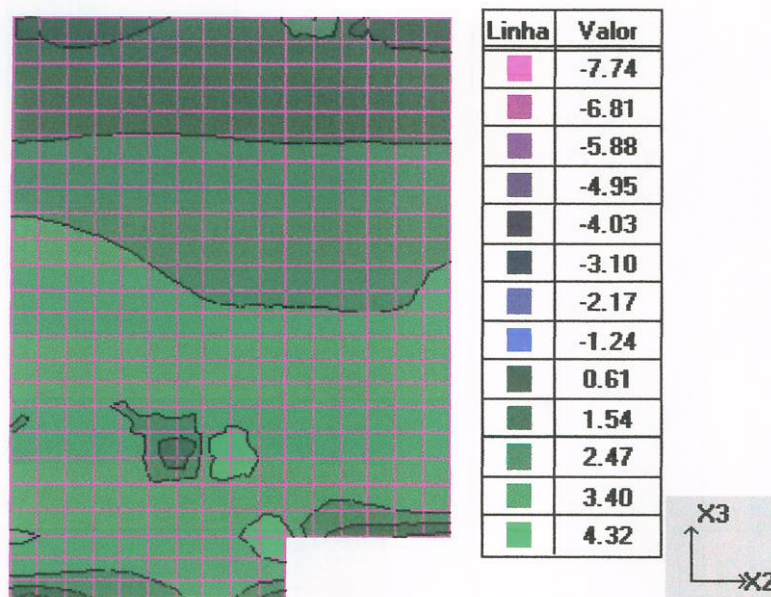


Figura 7 - ENVOLTÓRIA MAX – FORÇA NA DIREÇÃO DE X (tf/m)

[Handwritten signature]

Lajes Maciças em Concreto Armado - NBR 6118/2003													
Materiais			Esforços			Seção				SEGURANÇA			
Aço (fyk)	fck (Mpa)		Mk (tf.m/m)	Nk (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	ξmáx.	As,min (cm²/m)	γc	γs	γf	Classe Agres.	
500	30		1,48	-3,09	20	4,9	0,5	3,00	1,40	1,15	1,40	Classe IV	

Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω_1	ω_2
Zona D	0,069	0,000	0,074

Verificação Fissuras - LAJES - FLEXÃO COMPOSTA - ARM. SIMPLES- CONCRETO ARMADO									
Materiais			Esforços			Seção			
Aço (fyk)	fck (Mpa)	Mrr (tf.m/m)	Nrr (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	Bitola ø	Esp. (cm)		
500	30	1,48	-3,09	20	4,9	8	12,0		
Cálculo									
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η1	hi (cm)	bi (cm)	Acrt (cm²)		
4,19	210.000	23.800	2,56	2,25	10,90	12,00	130,80		
αs	pri	ξ	x (cm)	σsi (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)		
8,82	0,003842927	0,174	2,63	295,73	0,00	0,13855118	0,434964049		