

Companhia de Água e Esgoto do Ceará

DEN - Diretoria de Engenharia

GPROJ - Gerência de Projetos de Engenharia

Horizonte, Pacajus e Chorozinho - CE

Projeto Estrutural Básico Hidráulico-Sanitário para
Ampliação do Sistema Integrado de Abastecimento de
Água Tratada das Cidades de Horizonte,
Pacajus e Chorozinho

VOLUME VIII - TOMO VII
Projeto Estrutural

Cagece

OUTUBRO/2018



EQUIPE TÉCNICA

Produto: Projeto Estrutural Básico Hidráulico-Sanitário para Ampliação do Sistema Integrado de Abastecimento de Água Tratada das Cidades de Horizonte, Pacajus e Chorozinho.

Gerente de Projetos de Engenharia

Eng^o. Raul Tigre de Arruda Leitão

Coordenação de Projetos Técnicos

Eng^o. Gerardo Frota Neto

Coordenação de Serviços Técnicos de Apoio

Eng^o. Bruno Cavalcante de Queiroz

Engenheiro Projetista

Eng^o. Carlos Raphael Monteiro de Lemos

Eng^o. Antonio Agnaldo Araujo Mendes

Desenhos

Gustavo Andrade

Edição Final

Janis Joplin Saara Moura Queiroz

Sibelle Mendes Lima

Colaboração

Ana Beatriz Caetano de Oliveira

Gleiciane Cavalcante Gomes

Arquivo Técnico

Patrícia Santos Silva

I – APRESENTAÇÃO

O presente relatório tem o objetivo apresentar o memorial descritivo do Projeto Básico Hidráulico-Sanitário para Ampliação do “Sistema Integrado de Abastecimento de Água Tratada das cidades de Horizonte, Pacajus e Chorozinho, incluindo também os distritos de Queimadas (Horizonte) e Triângulo (Chorozinho) – SAA HOR–PAC–CHO”, no estado do Ceará.

Este trabalho se pautou no Anteprojeto de Engenharia de mesmo teor, selecionado pelo Ministério das Cidades, em maio/2013, para fazer parte do elenco de obras a serem financiadas pelo Governo Federal do Brasil, dentro da linha de financiamento prevista no Programa de Aceleração do Crescimento.

O Plano de concepção da “Ampliação Geral do Sistema Integrado” se compõe da execução das obras do Projeto ora apresentado, que se define como Meta 01, das obras previstas no “Projeto de Melhorias do Sistema Existente”, em execução pela CAGECE, e ainda, de uma futura etapa que prevê a elaboração de projeto e a execução de obras de subadução e de distribuição de água para Pacajus, Chorozinho e Triângulo, que se define como “META 02” do plano de ampliação do sistema.

O escopo da “Meta 01”, conforme os memoriais com informações básicas, elementos de planejamento, diagnóstico do sistema existente, concepção do sistema proposto, dimensionamentos, orçamentos, plantas e desenhos dos projetos, contemplam as unidades de captação, adução e tratamento, que abrangem todas as localidades cobertas pelo “sistema integrado”, e mais especificamente, obras de distribuição para atender de imediato a cidade de Horizonte.

Na “Meta 02”, se incluirão os descritivos técnicos, as plantas e os desenhos, e as obras referentes à expansão complementar de reservatórios e das redes de distribuição para todas as localidades do sistema integrado, e as unidades de subadução de Chorozinho e distrito de Triângulo.

O quadro atual da situação operacional do Sistema do Existente, quando comparado com o diagnóstico que se apresentou à época do Anteprojeto, em maio de 2013, permanece inalterado, apresentando ainda uma situação “de abastecimento populacional considerado crítico, uma vez que se registram índices de abastecimento à população com per capita da ordem de 60,0L/hab./dia (Julho de 2012), o que representa cerca de 40,0% do valor comumente aceito para sistemas de porte médio a grande”, como é o caso ora estudado, uma vez que se trata de cidades situadas na região metropolitana de Fortaleza, numa condição de polo econômico-industrial em franca expansão, o que justifica e exige a inserção do poder

público, na promoção da implantação das obras previstas no Projeto ora apresentado.

O alcance final do Plano de Ampliação, num horizonte aproximado de 20 anos, é o ano de 2040.

Este documento é parte integrante do seguinte conjunto:

- Volume I – Memorial Descritivo;
- Volume II – Anexos;
- Volume III – Peças Gráficas:
 - Tomo I;
 - Tomo II;
 - Tomo III;
 - Tomo IV;
 - Tomo V;
 - Tomo VI;
 - Tomo VII;
 - Tomo VIII;
 - Tomo IX;
 - Tomo X.
- Volume IV – Especificações Técnicas:
 - Tomo I;
 - Tomo II.
- Volume V – Projeto Elétrico;
- Volume VI – Projeto de Automação;
- Volume VII – Sondagem:
 - Tomo I;
 - Tomo II;
 - Tomo III.
- **Volume VIII – Projeto Estrutural:**
 - Tomo I;
 - Tomo II;
 - Tomo III;
 - Tomo IV;
 - Tomo V;
 - Tomo VI;
 - **Tomo VII.**

II – SUMÁRIO

1. PROJETO ESTRUTURAL	6
1.1 Tanque Hidropneumático Cap.5000L e Macromedidor para o Sistema de Pacajus-CE	7



Projeto Estrutural

1. PROJETO ESTRUTURAL

1.1 Tanque Hidropneumático Cap.5000L e Macromedidor para o Sistema de Pacajus-CE

CAGECE – COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ

**MEMORIA DE CÁLCULO – TANQUE HIDROPNEUMÁTICO CAP.5000L
E MACROMEDIDOR PARA O SISTEMA DE PACAJUS-CE**



Cagece

Serra/ES

25 de julho de 2017

ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.1	OBJETIVO.....	3
1.2	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	3
1.3	INTRODUÇÃO	3
1.4	CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PROJETO	3
2.0	MODELO DE CÁLCULO	6
2.1	CARGAS E COMBINAÇÕES	7
2.2	DIMENSIONAMENTO DAS SEÇÕES	9
2.3	SEÇÕES DE CONCRETO UTILIZADAS.....	10
2.4	FUNDAÇÕES.....	10
3.0	RESERVATÓRIOS SEMI-ENTERRADO.....	12
3.1	PAR1	12
3.2	PAR2	14
3.3	PAR3	19
3.4	PAR4	22
3.5	PAR5	26
3.6	PAR6	30
3.7	TAMPA.....	34
3.8	FUNDO	38

1.1 OBJETIVO

Este presente trabalho visa desenvolver o projeto estrutural do Tanque Hidropneumático cap.5000l e Macromedidor para o sistema de Pacajus-CE.

1.2 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:

- 024B - SAA Pacajus - Tanque Hidropneumático e Macromedidor

1.3 INTRODUÇÃO

O presente trabalho complementa as pranchas de armação e formas relativas à: tanque Hidropneumático cap.5000l e Macromedidor para o sistema de Pacajus-CE

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 2011

1.4 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PROJETO

- Fck: 30 MPa
- Fator água-cimento: 0.45 (máximo)
- Aço CA 50 e CA 60
- Es: 210 GPa
- Deformação limite do aço para dimensionamento: 10%.
- Grau de agressividade do Meio Ambiente: IV (NBR 6118/2014)
- 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%

➤ Classe de Agressividade Ambiental NBR6118:2014

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

➤ Cobrimento de acordo com a Classe de Agressividade Ambiental NBR6118:2014

Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

- Limite de Abertura de Fissuras de acordo com a Classe de Agressividade Ambiental NBR6118:2014

Tabela 13.4 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

- Fator Água-Cimento de acordo com a Classe de Agressividade Ambiental NBR6118:2014

Tabela 7.1 – Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

Concreto ^a	Tipo ^{b, c}	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$

^a O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.

^b CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.

^c CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

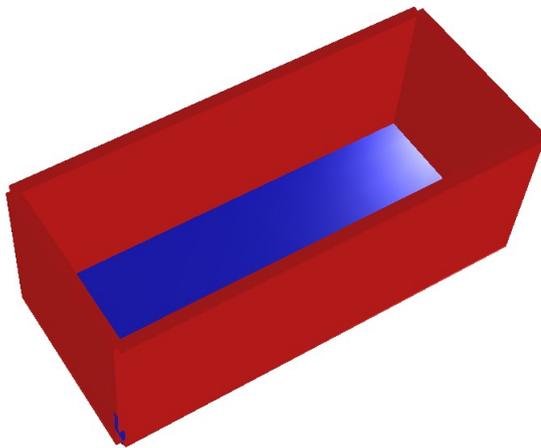
- Dimensão máxima do agregado graúdo - NBR6118:2014

7.4.7.6 A dimensão máxima característica do agregado graúdo utilizado no concreto não pode superar em 20 % a espessura nominal do cobrimento, ou seja:

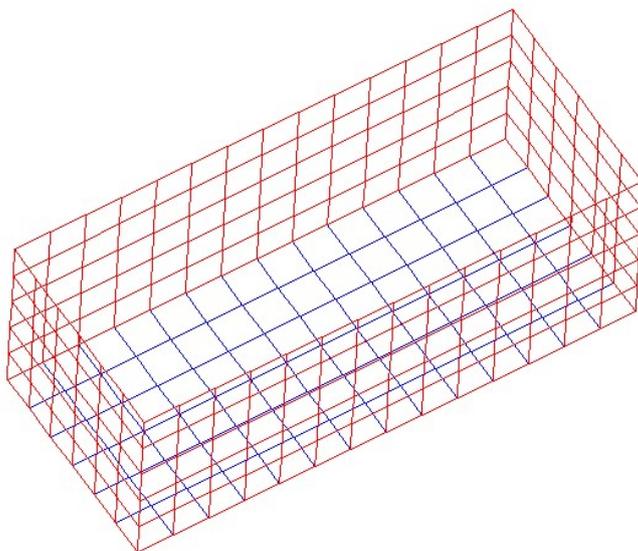
$$d_{\text{máx}} \leq 1,2 c_{\text{nom}}$$

2.0 MODELO DE CÁLCULO

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



PERSPECTIVA 3D - Macromedidor



PERSPECTIVA 3D da malha - Macromedidor

2.1 CARGAS E COMBINAÇÕES

Ações Permanentes:

- g1 - Peso próprio do concreto (permanente direta)
- g2 - Empuxo de terra (permanente direta)
- q1 - Água

Ações Variáveis Acidentais:

- q2 - Sobrecarga

Coefficientes de ponderação (γ_g, γ_q), fatores de combinação (ψ_q), e fatores de redução (ψ_1, ψ_2) para:

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

Argila com areia fina cor variegada

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

$\phi = 0^\circ$ $K_0 = 1,00$ $K_0 = 1 - \text{sen } \phi$

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

- g3 - Enchimentos = Volume do elemento multiplicado pelo peso específico do material. Unidades: peso em tf e volume em m³.
- g4 - Retração: Não Consideramos uma retração em toda a estrutura
- q1 - 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 1tf/m³ multiplicado pela altura da lamina d'água.
- q2 - Sobrecarga: Nas lajes de tampa e escadas foram consideradas sobrecargas de utilização iguais a 0,3 tf/m².
- q3 - gradiente térmico: Não foi considerado, as estruturas estão enterradas e as partes expostas tem pequenas dimensões e em consequência as deformações devido ao gradiente térmico são insignificantes.

Combinações:

Estado Limite Último - ELU-CN (cheio):

$$C01 = 1,40.(g1+g3)+g2+1,40.q1+1,20.q2$$

$$C02 = 1,40.(g1+g3)+g2+1,40.q2+1,20.q1$$

Estado Limite Último - ELU-CN (vazio):

$$C03 = 1,40.(g1+g2+g3)+1,40.q2$$

Estado Limite de Serviço ELS-CF (cheio)

$$C05 = 1,00.(g1+g2+g3)+0,70.q1+0,60.q2$$

$$C06 = 1,00.(g1+g2+g3)+0,70.q2+0,60.q1$$

Estado Limite de Serviço ELS-CF (vazio)

$$C07 = 1,00.(g1+g2+g3)+0,70.q2$$

Especial, para verificação da flutuação

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

2.2 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 (ESTÁDIO I e II):

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

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

- $h=15\text{cm}$; $M_r = 3,45\text{tf}\cdot\text{m}$
- $h=20\text{cm}$; $M_r = 4,50\text{tf}\cdot\text{m}$
- $h=25\text{cm}$; $M_r = 4,50\text{tf}\cdot\text{m}$
- $h=30\text{cm}$; $M_r = 5,19\text{tf}\cdot\text{m}$
- $h=35\text{cm}$; $M_r = 6,03\text{tf}\cdot\text{m}$
- $h=40\text{cm}$; $M_r = 6,90\text{tf}\cdot\text{m}$

Armadura mínima prevista em norma:

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

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

Forma da seção	Valores de $\rho_{min}^{(1)}$ ($A_{s,min}/A_c$) %							
	f_{ck} 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 $f_{ck} = 30\text{MPa}$, $b=100\text{cm}$, seção retangular e h variado igual à:

- $h=15\text{cm}$; $A_{s,min} = 3,45\text{cm}^2/\text{m}$ $\varnothing 8 \text{ C}/18$
- $h=20\text{cm}$; $A_{s,min} = 4,50\text{cm}^2/\text{m}$ $\varnothing 8 \text{ C}/12$ ou $\varnothing 10 \text{ C}/20$
- $h=25\text{cm}$; $A_{s,min} = 4,50\text{cm}^2/\text{m}$ $\varnothing 8 \text{ C}/10$ ou $\varnothing 10 \text{ C}/18$
- $h=30\text{cm}$; $A_{s,min} = 5,19\text{cm}^2/\text{m}$ $\varnothing 10 \text{ C}/15$
- $h=35\text{cm}$; $A_{s,min} = 6,03\text{cm}^2/\text{m}$ $\varnothing 10 \text{ C}/12$
- $h=40\text{cm}$; $A_{s,min} = 6,90\text{cm}^2/\text{m}$ $\varnothing 10 \text{ C}/10$

2.3 SEÇÕES DE CONCRETO UTILIZADAS

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

- Hidroball:
Paredes: 20 cm
Fundo: 18 cm
- Macromedidor:
Parede: 20 cm
Tampa: 15 cm

2.4 FUNDAÇÃO

Para a estrutura do Reservatório utilizamos a laje de fundo apoiada diretamente sobre o solo. Como modelo de cálculo adotamos um sistema de molas de resposta linear. 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 K_v por correlação, utilizando a tabela abaixo:

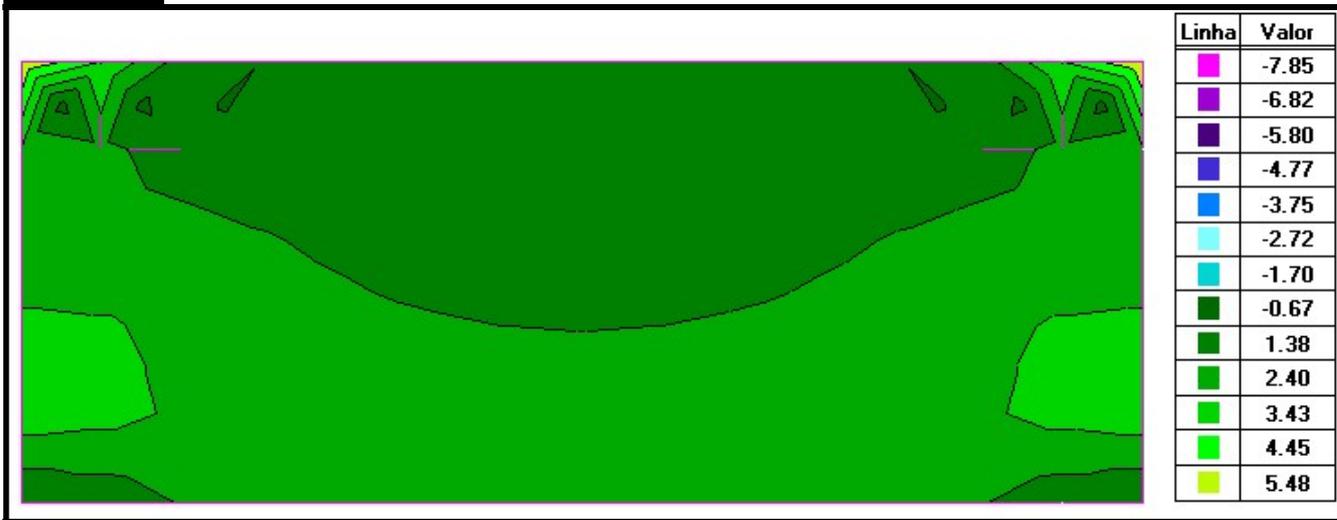
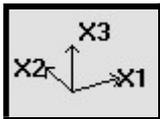
Tensão admissível (kgf/cm ²)	Kv (kgf/cm ³)	Tensão admissível (kgf/cm ²)	Kv (kgf/cm ³)
0,25	0,65	2,15	4,30
0,30	0,78	2,20	4,40
0,35	0,91	2,25	4,50
0,40	1,04	2,30	4,60
0,45	1,17	2,35	4,70
0,50	1,30	2,40	4,80
0,55	1,39	2,45	4,90
0,60	1,48	2,50	5,00
0,65	1,57	2,55	5,10
0,70	1,66	2,60	5,20
0,75	1,75	2,65	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)

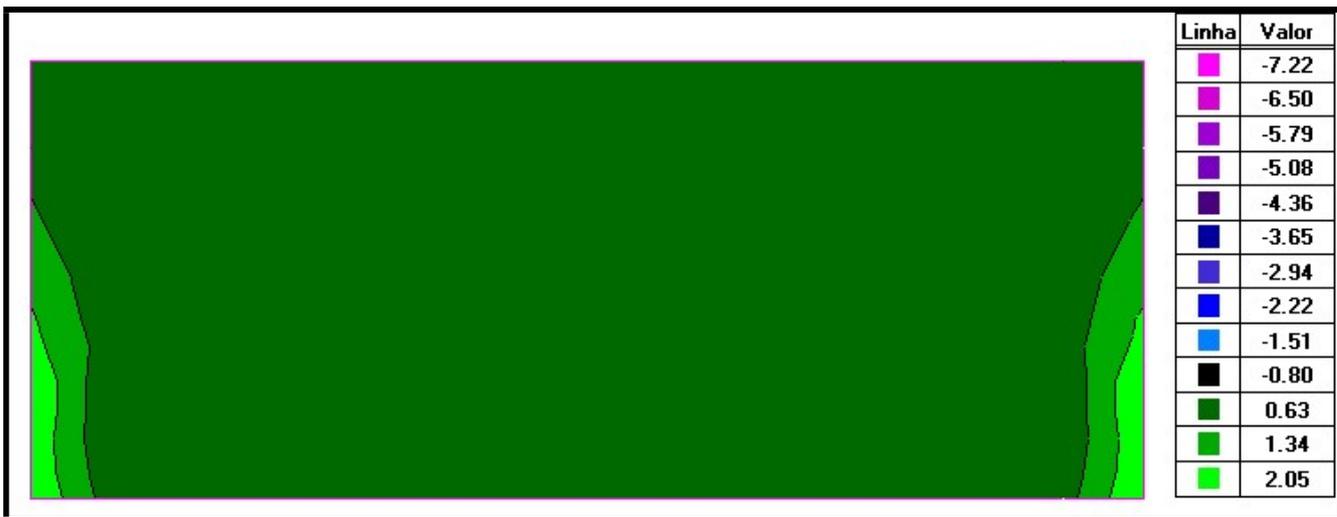
Adotamos uma taxa de solo de 2Kgf/cm², conforme sondagem fornecida. Com coeficiente de mola de x3=1000tf/m

3.0 TANQUE HIDROPNEUMÁTICO CAP.5000L E MACROMEDIDOR PARA O SISTEMA DE PACAJUS-CE

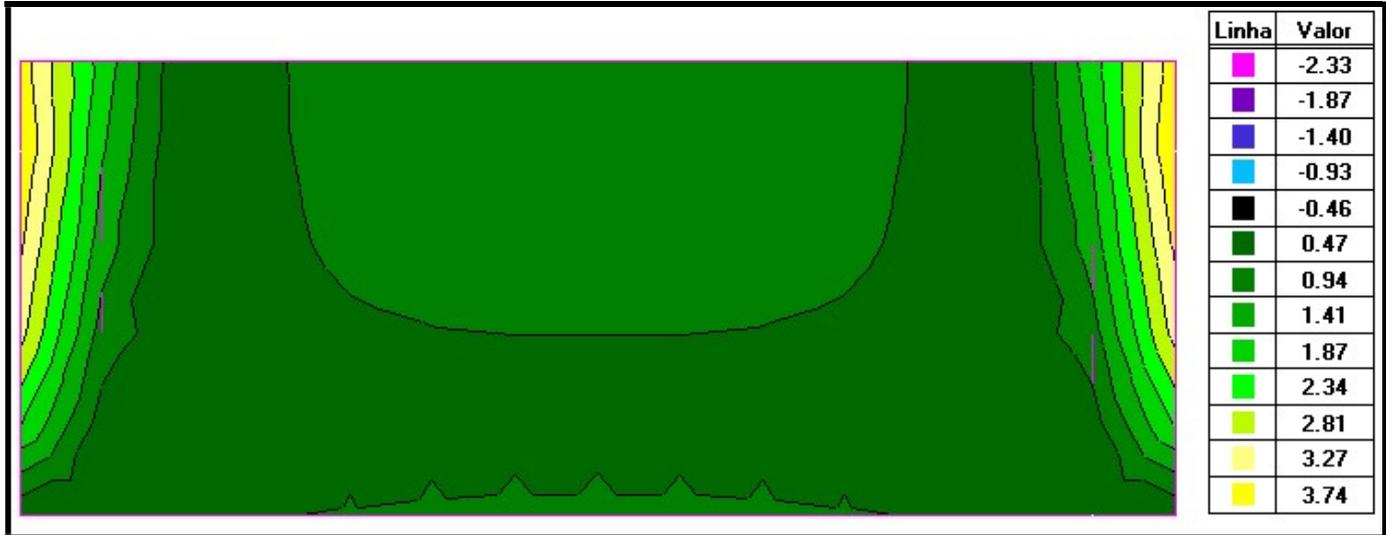
3.1 PAR 1=PAR2



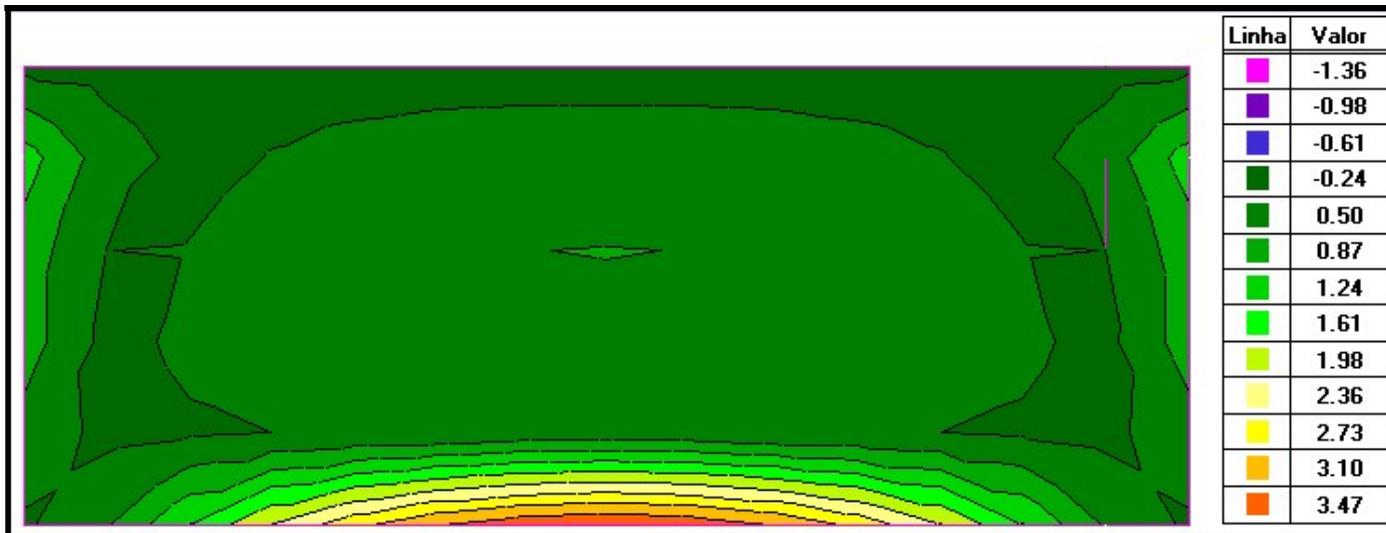
PAR1=PAR2 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - FORÇAS NA DIREÇÃO DE X (tf/m)



PAR1=PAR2 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - FORÇAS NA DIREÇÃO DE Y (tf/m)



PAR1=PAR2 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX – MOMENTO NA DIREÇÃO DE X (tf.m/m)



PAR1=PAR2 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y (tf.m/m)

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 (cm ² /m)	γc	γs	γf	Classe Agres.
500	30	2,34	5,48	20	4,9	0,5	3,46	1,40	1,15	1,40	Classe IV

ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica			
Arranjo			
Armadura necessária	Φ (mm)	Esp. (cm)	As,tot (cm ² /m)
As1 (cm ² /m)	8	12,0	4,19
As2 (cm ² /m)	8	12,0	4,19

Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω1	ω2
Zona D	0,116	0,000	0,065

Verificação Fissuras - LAJES - FLEXÃO COMPOSTA - ARM. SIMPLES- CONCRETO ARMADO									
Materiais			Esforços			Seção			
Aço (fyk)	fck (Mpa)	Mfr (tf.m/m)	Mfr (tf.m/m)	Nfr (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	Bitola ø	Esp. (cm)	
500	30	2,34	2,34	5,48	20	4,9	8	12,0	
Cálculo									
As (cm ² /m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η1	hi (cm)	bi (cm)	Acric (cm ²)		
4,19	210.000	26.072	2,90	2,25	10,90	12,00	130,80		
as	pri	ξ	x (cm)	σsi (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)		
8,05	0,003842927	0,222	3,35	316,37	0,00	0,14041591	0,465318326		

PAR1=PAR2 – FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE X

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_{\max} .	As,min (cm ² /m)	γ_c	γ_s	γ_f	Classe Agres.
500	30	1,98	2,05	20	4,9	0,5	3,46	1,40	1,15	1,40	Classe IV

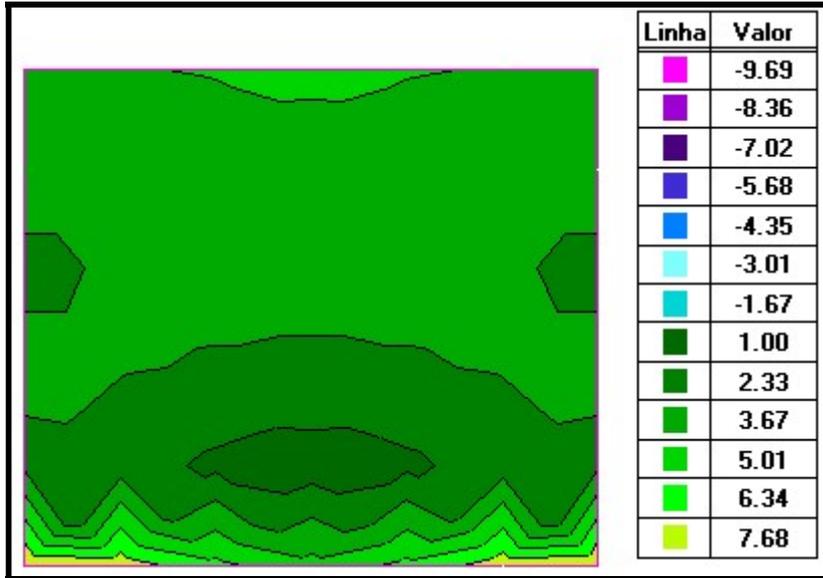
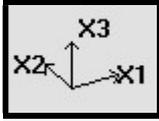
ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica		
Armadura necessária	Arranjo	
	Φ (mm)	Esp. (cm) As,tot (cm ² /m)
As1 (cm ² /m)	8	12,0 4,19
As2 (cm ² /m)	8	12,0 4,19

Resumo - ELU		
Zona	ξ	ω
Zona D	0,091	0,000 0,062

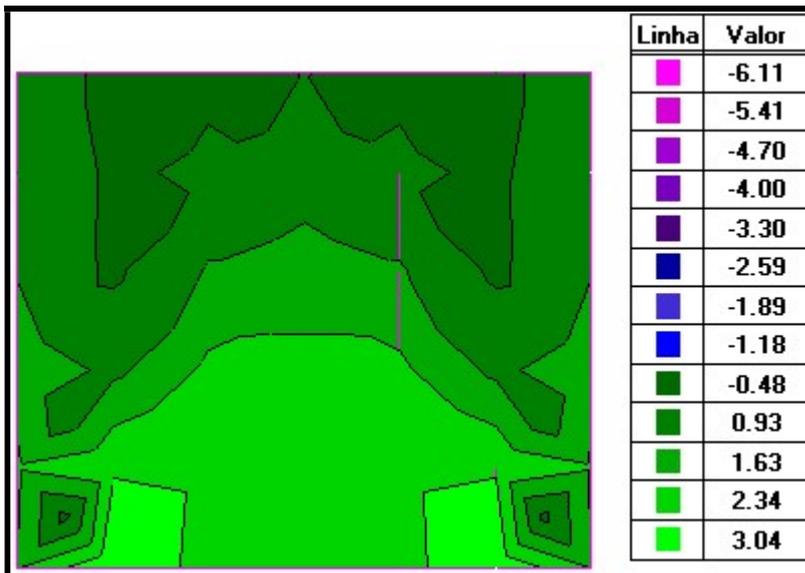
Verificação Fissuras - LAJES - FLEXÃO COMPOSTA - ARM. SIMPLES- CONCRETO ARMADO										
Materiais			Esforços			Seção				
Aço (fyk)	fck (Mpa)	Mfr (tf.m/m)	Nfr (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	Bitola ϕ	h (cm)	hi (cm)	bi (cm)	Acrici (cm ²)
500	30	1,98	2,05	20	4,9	8	20	10,90	12,00	130,80
Cálculo										
As (cm ² /m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η_1	hi (cm)	bi (cm)	σ_{si} (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)
4,19	210.000	26.072	2,90	2,25	10,90	12,00	304,58	0,00	0,13015065	0,447986742
as	pri	ξ	x (cm)							
8,05	0,003842927	0,203	3,07							

PAR1=PAR2 – FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y

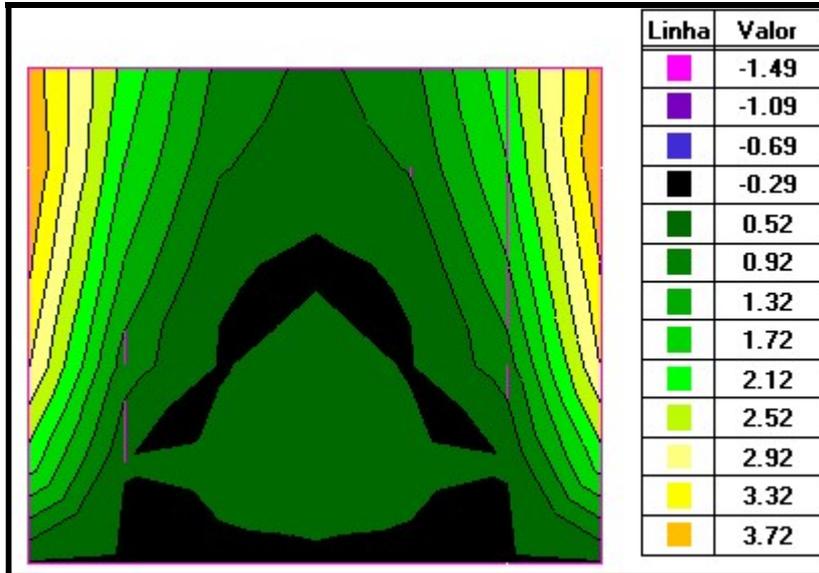
3.2 PAR 3=PAR4



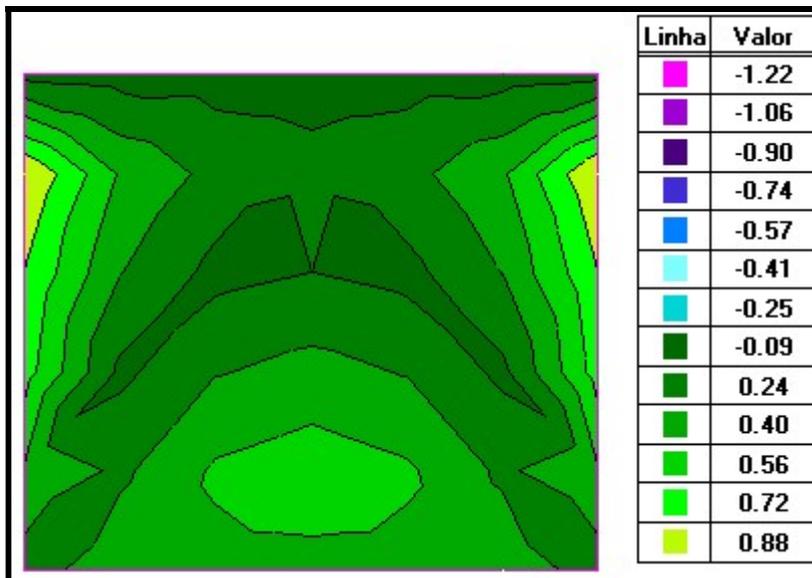
PAR3=PAR4 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - FORÇAS NA DIREÇÃO DE X (tf/m)



PAR3=PAR4 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MIN - FORÇAS NA DIREÇÃO DE Y (tf/m)



PAR3=PAR4 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX- MOMENTO NA DIREÇÃO DE X (tf.m/m)



PAR3=PAR4 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - MOMENTO MAX NA DIREÇÃO DE Y (tf.m/m)

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)	$\xi_{m\acute{a}x.}$	As,min (cm ² /m)	γ_c	γ_s	γ_f	Classe Agres.
500	30	2,12	7,68	20	4,9	0,5	3,46	1,40	1,15	1,40	Classe IV

Resumo - ELU		
Zona	ξ	ω_2
Zona D	0,111	0,000

ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica			
Armadura necessária	Arranjo		
	Φ (mm)	Esp. (cm)	As,tot (cm ² /m)
As1 (cm ² /m)	8	12,0	4,19
As2 (cm ² /m)	8	12,0	4,19

Verificação Fissuras - LAJES - FLEXÃO COMPOSTA - ARM. SIMPLES- CONCRETO ARMADO						
Materiais		Esforços				
Aço (fyk)	fck (Mpa)	Mfr (tf.m/m)	Nfr (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	Bitola \emptyset
500	30	2,12	7,68	20	4,9	8

Cálculo						
As (cm ² /m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η_1	hi (cm)	bi (cm)
4,19	210.000	26.072	2,90	2,25	10,90	12,00
as	pri	ξ	x (cm)	σ_{si} (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)
8,05	0,003842927	0,243	3,66	248,68	0,00	0,08675515
						Wk2 (mm)
						0,365754461

PAR3=PAR4 – FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE X

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)	$\xi_{\text{máx.}}$	As,min (cm ² /m)	γ_c	γ_s	γ_f	Classe Agres.	
500	30	0,88	3,04	20	4,9	0,5	3,46	1,40	1,15	1,40	Classe IV	

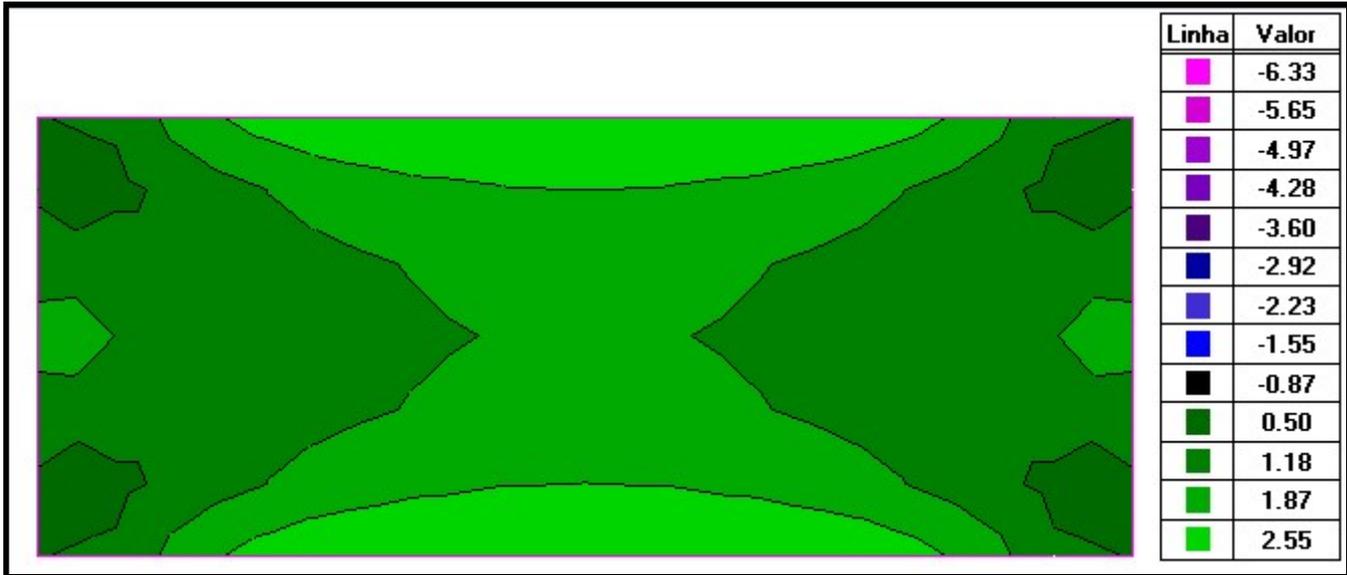
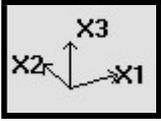
ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica		
Arranjo		
Armadura necessária	Φ (mm)	As,tot (cm ² /m)
As1 (cm ² /m)	8	4,19
As2 (cm ² /m)	8	4,19

Resumo - ELU		
Zona	ξ	ω
Zona D	0,044	0,020

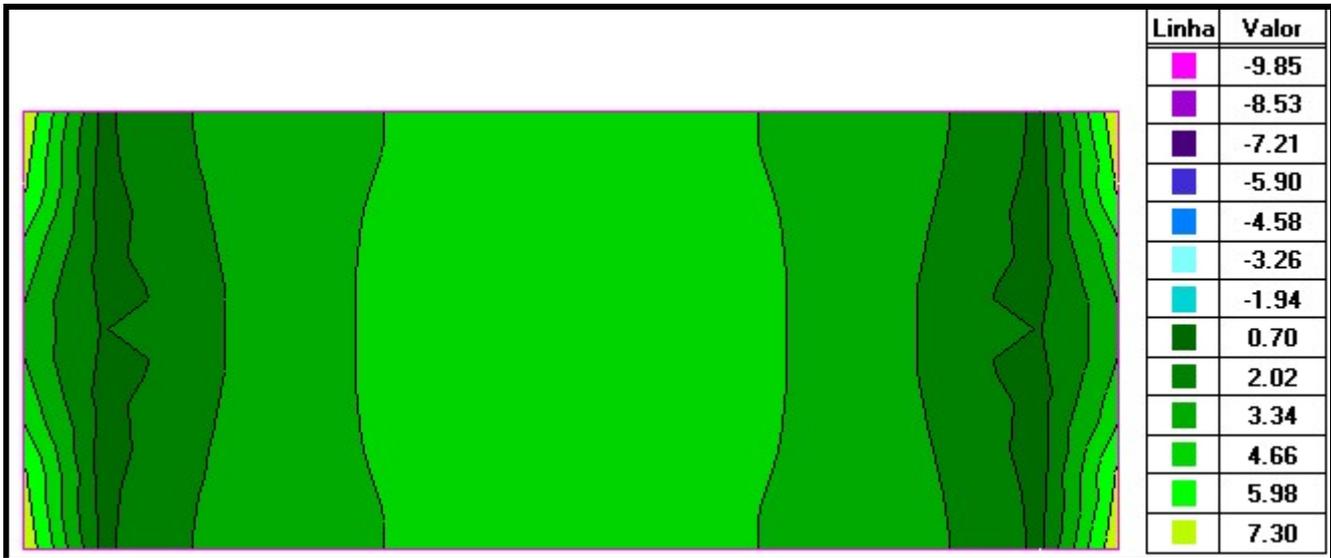
Verificação Fissuras - LAJES - FLEXÃO COMPOSTA - ARM. SIMPLES- CONCRETO ARMADO									
Materiais				Esforços			Seção		
Aço (fyk)	fck (Mpa)	Mfr (tf.m/m)	Nfr (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	Bitola ϕ	h (cm)	hi (cm)	Acri (cm ²)
500	30	0,88	3,04	20	4,9	8	20	10,90	130,80
Cálculo									
As (cm ² /m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η_1	hi (cm)	bi (cm)	σ_i (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)
4,19	210.000	26.072	2,90	2,25	10,90	12,00	105,27	0,00	0,154832393
as	pri	ξ	x (cm)						Wk2 (mm)
8,05	0,003842927	0,240	3,62						0,154832393

PAR3=PAR4 – FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y

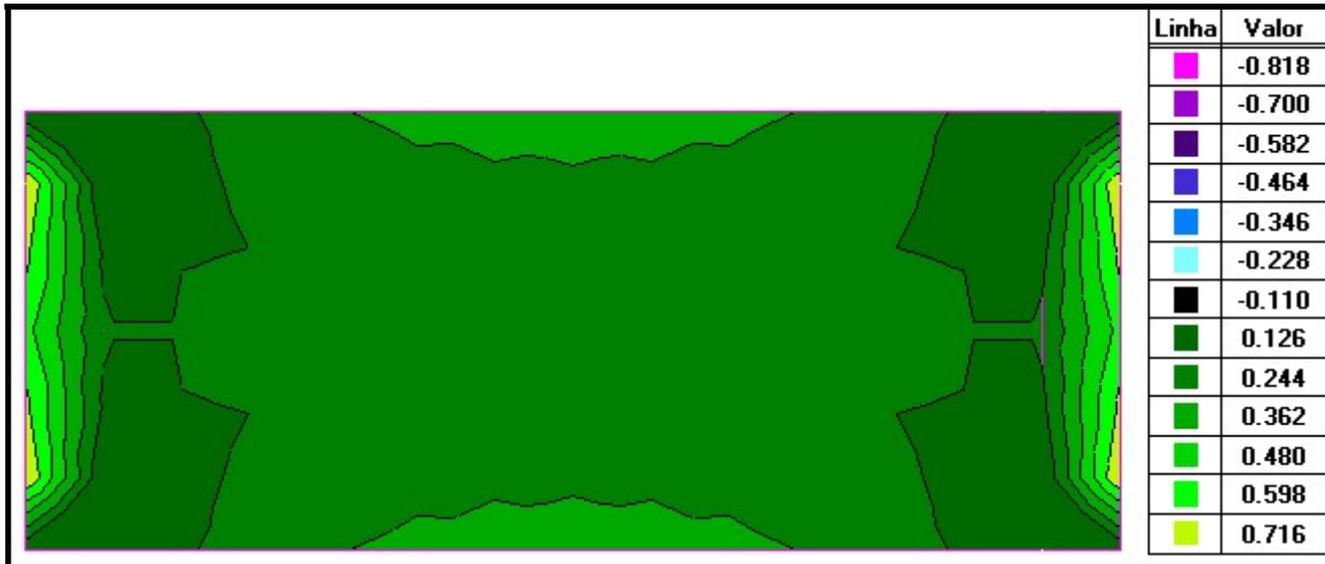
3.3 FUNDO



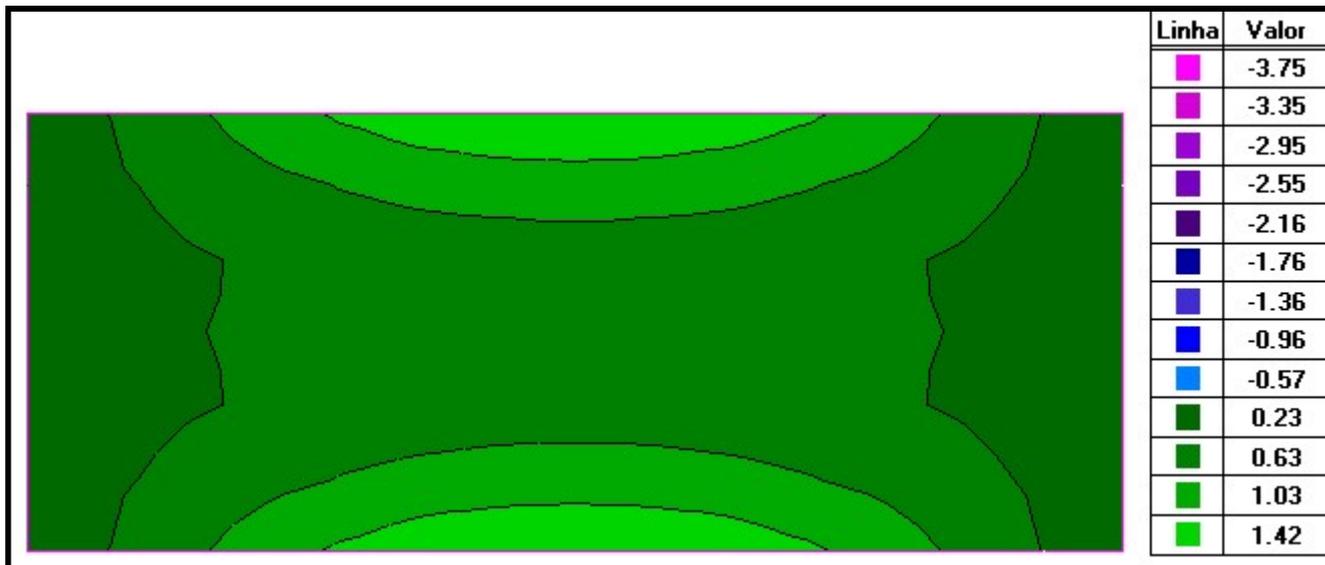
FUNDO – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - FORÇAS NA DIREÇÃO DE X (tf/m)



FUNDO – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - FORÇAS NA DIREÇÃO DE Y (tf/m)



FUNDO – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - MOMENTO NA DIREÇÃO DE X (tf.m/m)



FUNDO – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y (tf.m/m)

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)	$\xi_{m\acute{a}x.}$	As,min (cm ² /m)	γ_c	γ_s	γ_f	Classe Agres.	
500	30	0,72	2,55	20	4,9	0,5	3,46	1,40	1,15	1,40	Classe IV	

ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica		
Arranjo		
As1 (cm ² /m)	Φ (mm)	Esp. (cm)
-	8	12,0
As2 (cm ² /m)	8	12,0

Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω_1	ω_2
Zona D	0,036	0,000	0,016

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 ϕ	h (cm)	d' (cm)	Esp. (cm)
500	30	0,716	2,55	20	4,9	8	20	4,9	12,0

Cálculo									
As (cm ² /m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η_1	hi (cm)	bi (cm)	Acri (cm ²)	σ_s (Mpa)	Erro
4,19	210.000	26.072	2,90	2,25	10,90	12,00	130,80	84,59	0,00
as	pri	ξ	x (cm)	σ_s (Mpa)	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)	Wk2 (mm)	Wk2 (mm)	Wk2 (mm)
8,05	0,003842927	0,241	3,65	84,59	0,01003895	0,124418851	0,124418851	0,124418851	0,124418851

FUNDO – FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE X

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 (cm ² /m)	γ _c	γ _f	Classe Agres.
500	30	1,42	7,30	20	4,9	0,5	3,46	1,40	1,15	Classe IV

Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω ₁	ω ₂
Zona D	0,078	0,000	0,025

ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica		
Armadura necessária	Arranjo	
	Φ (mm)	Esp. (cm) As,tot (cm ² /m)
As1 (cm ² /m)	8	12,0 4,19
As2 (cm ² /m)	8	12,0 4,19

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	1,42	7,3	20	4,9	8	12,0

Cálculo							
As (cm ² /m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η ₁	hi (cm)	bi (cm)	Acri (cm ²)
4,19	210.000	26.072	2,90	2,25	10,90	12,00	130,80
as	pri	ξ	x (cm)	σ _{si} (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)
8,05	0,003842927	0,272	4,10	137,31	0,00	0,02645228	0,201963814

FUNDO – FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y

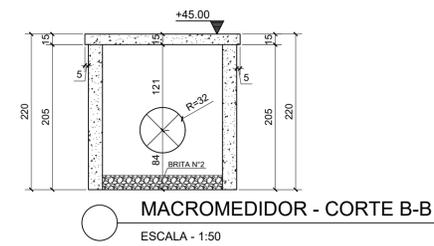
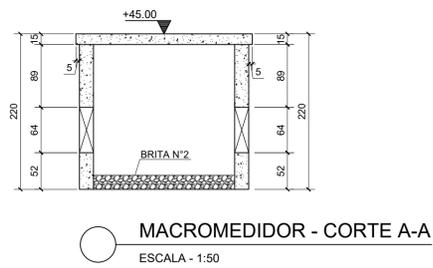
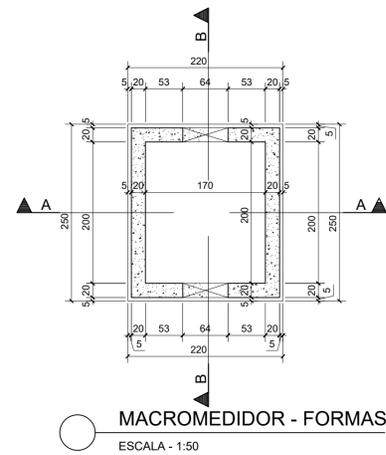


CARLOS RAPHAEL MONTEIRO DE LEMOS

CREA-ES 011840/D

HIDROBALL - CONCRETO ESTRUTURAL - Fck = 30 MPa			
	PAREDES	LAJES	TOTAL
VOLUME (m ³)	12,00	4,50	16,50
FÔRMA (m ²)	119,00	0,00	119,00
,			
HIDROBALL - CONCRETO DE REGULARIZAÇÃO - Fck = 15 MPa			
VOLUME (m ³)	1,20		
,			
HIDROBALL - LAJES			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
50A	8	2765	1106
TOTAL		2765	1106
,			
MACROMEDIDOR - CONCRETO ESTRUTURAL - Fck = 30 MPa			
	PAREDES	LAJES	TOTAL
VOLUME (m ³)	4,50	1,00	5,50
FÔRMA (m ²)	40,00	7,00	47,00
,			
MACROMEDIDOR - CONCRETO DE REGULARIZAÇÃO - Fck = 15 MPa			
VOLUME (m ³)	0,30		
,			
MACROMEDIDOR - LAJES E PAREDES (ARMAÇÃO ÚNICA)			
AÇO	BIT (mm)	COMPR (m)	PESO (kg)
50A	8	820	328
TOTAL		820	328

CARLOS RAPHAEL MONTEIRO DE LEMOS
CREA-ES 011840/D



NOTAS :

1 - COTAS E DIMENSÕES EM CM.	LAJES: 5,0CM	SAPATAS: 5,0CM
2 - CONCRETO : FCK = 30MPA	PILARES: 5,0CM	VIGAS: 5,0CM
MÓDULO DE ELASTICIDADE : ECS = 26GPA	BLOCOS: 5,0CM	TUBULÃO: 5,0CM
FATOR ÁGUA CIMENTO : A/C ≤ 0,45	RADIER: 5,0CM	
CONSUMO DE CIMENTO : 350KG/M3	13 - NORMA DE FORMAS E ESCORAMENTOS : NBR 15696/2009	
3 - ACOS : CA-50 - FYK = 500 MPA	FORMAS E ESCORAMENTOS PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO	
CA-60 - FYK = 600 MPA	PROJETO, DIMENSIONAMENTO E PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS	
4 - CONCRETO DE REGULARIZAÇÃO:	14 - NORMA DE CARGAS : NBR 6120/1980	
MÓDULO DE ELASTICIDADE : ECS = 18,5GPA	CARGAS PARA CÁLCULO DE ESTRUTURAS EM EDIFICAÇÕES	
ESPESSURA : 5,0CM	15 - NORMA DE CÁLCULO : NBR 6118/2014	
CONSUMO DE CIMENTO : 250KG/M3	PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO - PROCEDIMENTO	
5 - AS COTAS PREVALECEM SOBRE O DESENHO	16 - NORMA DE FUNDACÕES : NBR 6122/2010	
6 - CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL = IV	PROJETO E EXECUÇÃO DE FUNDACÕES	
7 - FATOR DO TERRENO S1 = 1,0	17 - NORMA DE INCÊNDIO EM CONCRETO : NBR 15200/2012	
8 - CATEGORIA DE RUGOSIDADES S2 = 1	PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO	
9 - CLASSE DA EDIFICAÇÃO S2 = C	18 - NORMA DE EXECUÇÃO DE CONCRETO : NBR 14931/2004	
10 - FATOR ESTATÍSTICO S3 = 1,00	EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO - PROCEDIMENTO	
11 - VELOCIDADE BÁSICA DO VENTO V = 30MS	19 - AS NORMAS CITADAS ACIMA DEVEM SER SEGUIDAS	
12 - COBRIMENTO DAS ARMADURAS :	TANTO NA ELABORAÇÃO DOS PROJETOS QUANTO NA EXECUÇÃO DAS OBRAS	

Nº	DESCRIÇÃO	DATA	PROJETADO	DESENHADO

REVISÃO

	COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ DIRETORIA DE ENGENHARIA GERÊNCIA DE PROJETOS DE ENGENHARIA	DESENHO	FRANCHA Nº
		14	01/02
	SISTEMA INTEGRADO DE ABASTECIMENTO D'ÁGUA DE HORIZONTE, PACAJUS E CHOROZINHO PROJETO EXECUTIVO PROJETO ESTRUTURAL MACROMEDIDOR PARA O SISTEMA DE PACAJUS FORMAS		

GERÊNCIA:	ENGº RAUL TIGRE DE ARRUDA LEITÃO
COORDENAÇÃO:	GPROJ TEC - ENG. CELSO LIRA XIMENES JÚNIOR - CREA 0611862050
PROJETO:	ENGº CARLOS RAPHAEL MONTEIRO DE LEMOS - CREA/ES: 011840
DESENHO:	GUSTAVO ANDRADE
ARQUIVO:	0530ST-001-EST-R00.DWG
DATA:	JULHO/2017

