

CAGECE – COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ

MEMORIA DE CÁLCULO – TANQUE DE CONTATO



Cagece

Serra/ES

29 de agosto 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
5.0	TANQUE DE CONTATO.....	12
5.1	FUNDO	12
5.2	PAR1	16
5.3	PAR2	20
5.4	PAR3	24
5.5	PAR4	25
5.6	PAR5	32
5.7	PAR6=PAR7=PAR8.....	36
5.8	PAR 9.....	40

1.1 OBJETIVO

Este presente trabalho visa desenvolver o projeto estrutural do Tanque de Contato.

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:

- 9_SES_Palmeira Comprida_T. de Contato e Cxs. de Entrada e Saida da Lagoa_01.03

1.3 INTRODUÇÃO

O presente trabalho complementa as pranchas de armação e formas relativas à: do Tanque de Contato.

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	Frac	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.					

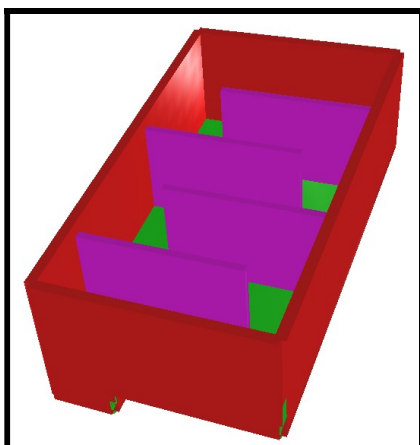
- Dimensão máxima do agregado graúdo - NBR6118:2014

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:

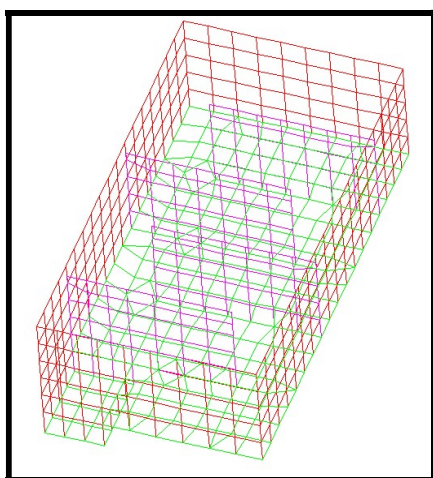
$$d_{\text{máx}} \leq 1,2 c_{\text{nom}}$$

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 - Tanque Apoiado sobre Base Elástica



PERSPECTIVA 3D - Tanque Apoiado sobre Base Elástica

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 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

Argila com areia fina cor variegada

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

$\phi = 0^\circ$ $K_0 = 1,00$ $K_0 = 1 - \tan \phi$

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

- 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

Tabela 17.3 - Taxas mínimas de armadura de flexão para vigas								
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:

- Tanque de Contato:

Paredes: 15cm e 20cm

Fundo: 20 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:

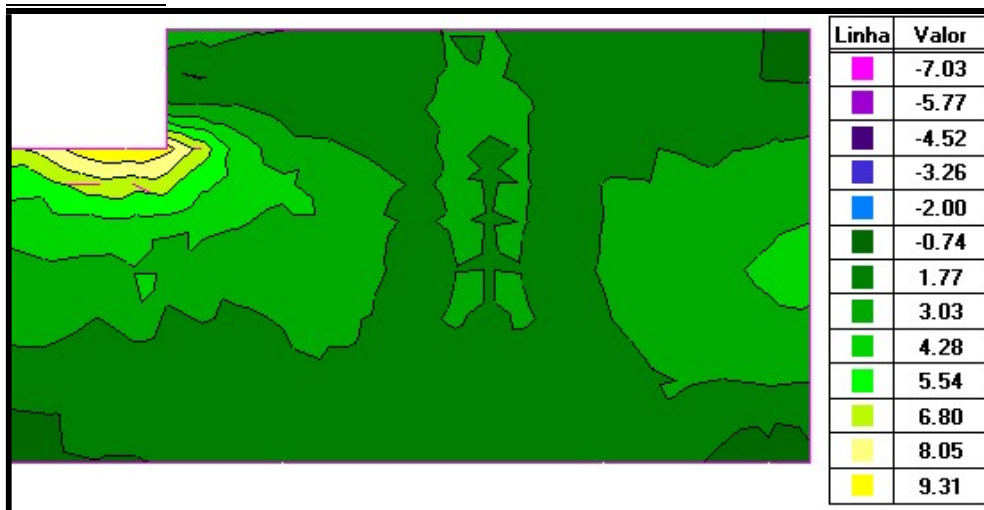
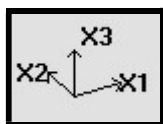
Tensão admissível (kgf/cm ²)	Kv (kgf/cm ³)	Tensão admissível (kgf/cm ²)	Kv (kgf/cm ³)
0,25	0,65	2,15	4,30
0,30	0,78	2,20	4,40
0,35	0,91	2,25	4,50
0,40	1,04	2,30	4,60
0,45	1,17	2,35	4,70
0,50	1,30	2,40	4,80
0,55	1,39	2,45	4,90
0,60	1,48	2,50	5,00
0,65	1,57	2,55	5,10
0,70	1,66	2,60	5,20
0,75	1,75	2,65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

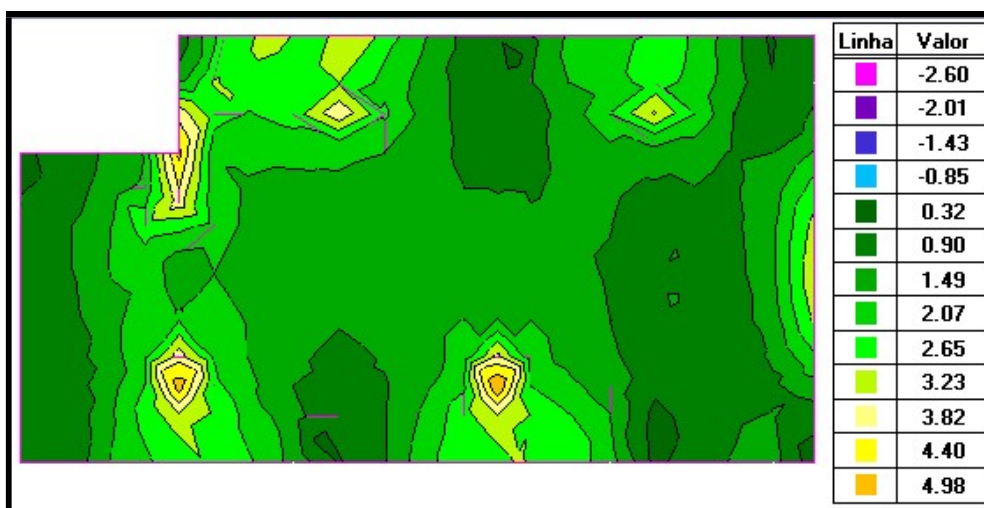
Adotamos uma taxa de solo de 4Kgf/cm², conforme sondagem fornecida. Com coeficiente de mola de $x_3=2000\text{tf/m}$

3.0 TANQUE DE CONTATO

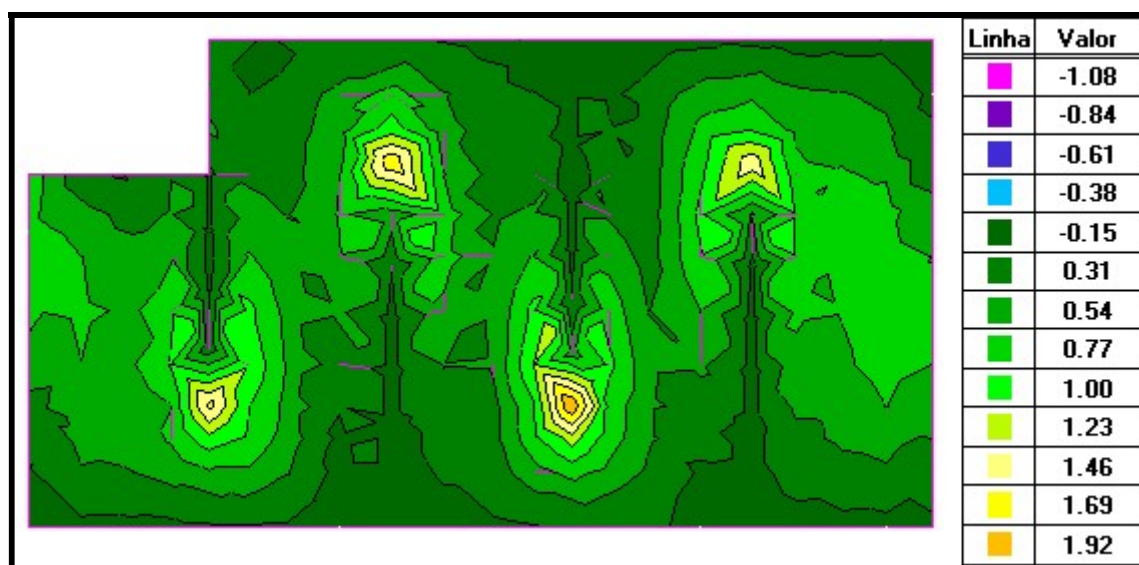
3.1 FUNDO



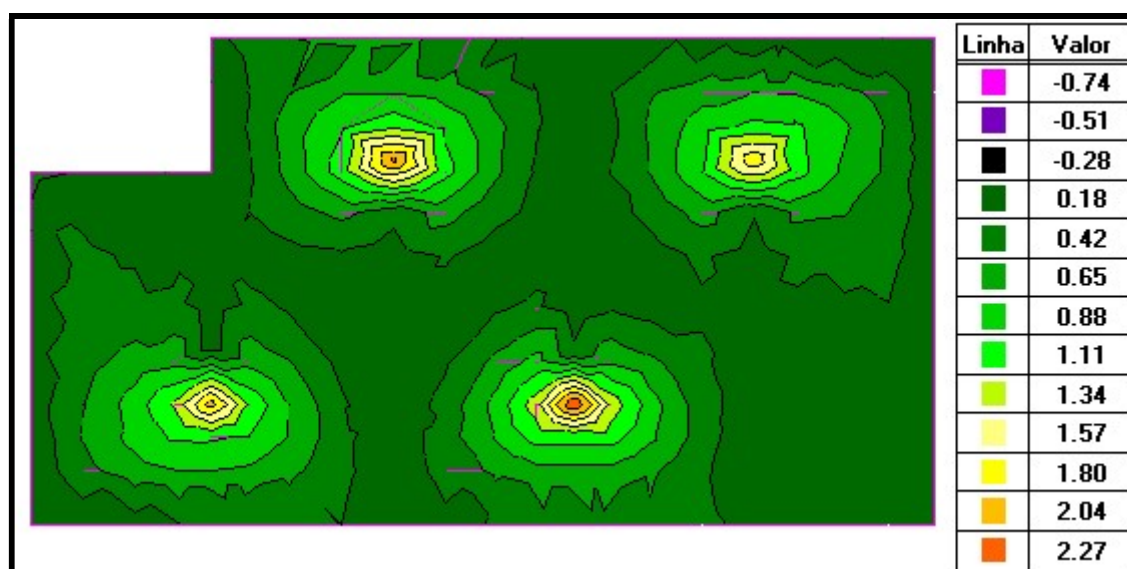
FUNDO - ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - FORÇAS NA DIREÇÃO DE X (tf/m)



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										
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)	γ _c	γ _s	γ _f
500	30	1,23	6,80	20	4,9	0,5	3,46	1,40	1,15	1,40
Classe IV										

ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica										
Armadura necessária			Arranjo							
As1 (cm²/m)	As2 (cm²/m)	Φ (mm)	Esp. (cm)	As,tot (cm²/m)	h (cm)	d' (cm)	ξ _{máx.}	As,min (cm²/m)	γ _c	γ _f
-	1,27	8	12,0	4,19	20	4,9	0,5	3,46	1,40	1,40
4,19	1,27	8	12,0	4,19	20	4,9	0,5	3,46	1,40	1,40

Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω1	ω2
Zona D	0,068	0,000	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 ø	Esp. (cm)	bi (cm)	hi (cm)	Acri (cm²)
500	30	1,23	6,8	20	4,9	8	12,0	12,00	130,80	130,80
Cálculo										
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η1	hi (cm)	bi (cm)	Acri (cm²)	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)	Wk2 (mm)
4,19	210.000	26.072	2,90	2,25	10,90	12,00	130,80	130,80	130,80	130,80
as	pri	ξ	x (cm)	osi (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)	Wk2 (mm)	Wk2 (mm)	Wk2 (mm)
8,05	0,003842927	0,280	4,23	112,64	0,00	0,01779993	0,16567279	0,16567279	0,16567279	0,16567279

FUNDO – FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE X

Lajes Maciças em Concreto Armado									
Materiais			Esforços			Seção		SEGURANÇA	
Aço (fyk)	fck (Mpa)	Mk (tf.m/m)	Nk (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	$\xi_{máx.}$	$A_{s,min}$ (cm ² /m)	γ_c	Classe Agres.
500	30	1,34	3,82	20	4,9	0,5	3,46	1,40	Classe IV

ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica									
Armadura necessária			Arranjo						
As1 (cm ² /m)	As2 (cm ² /m)	Φ (mm)	Esp. (cm)	As,tot (cm ² /m)					
-	2,13	8	10,0	5,03					
		8	10,0	5,03					

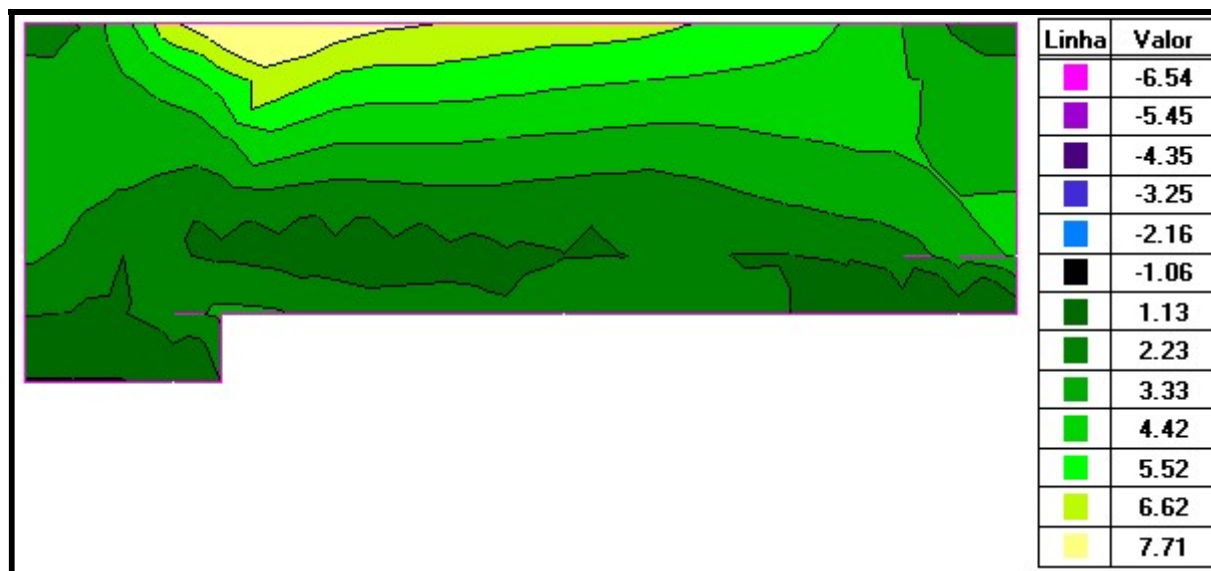
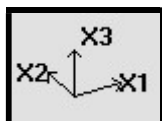
Resumo - ELU				
Zona	ξ	ω_1	ω_2	
Zona D	0,066	0,000	0,034	

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	Esp. (cm)		
500	30	1,34	3,82	20	4,9	8	10,0		

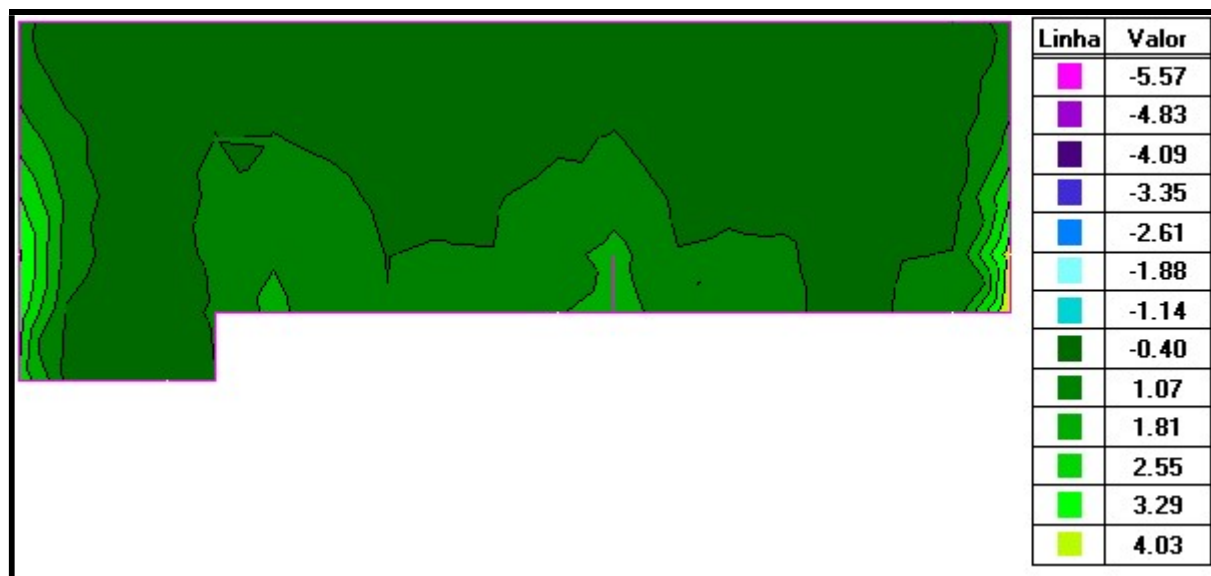
Cálculo									
As (cm ² /m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η_1	hi (cm)	bi (cm)	Acri (cm ²)		
5,03	210.000	26.072	2,90	2,25	10,90	10,00	109,00		
as	pri	ξ	x (cm)	σ_{si} (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)		
8,05	0,004611512	0,248	3,75	144,45	0,00	0,02927107	0,178510908		

FUNDO - FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y

3.2 PAR 1



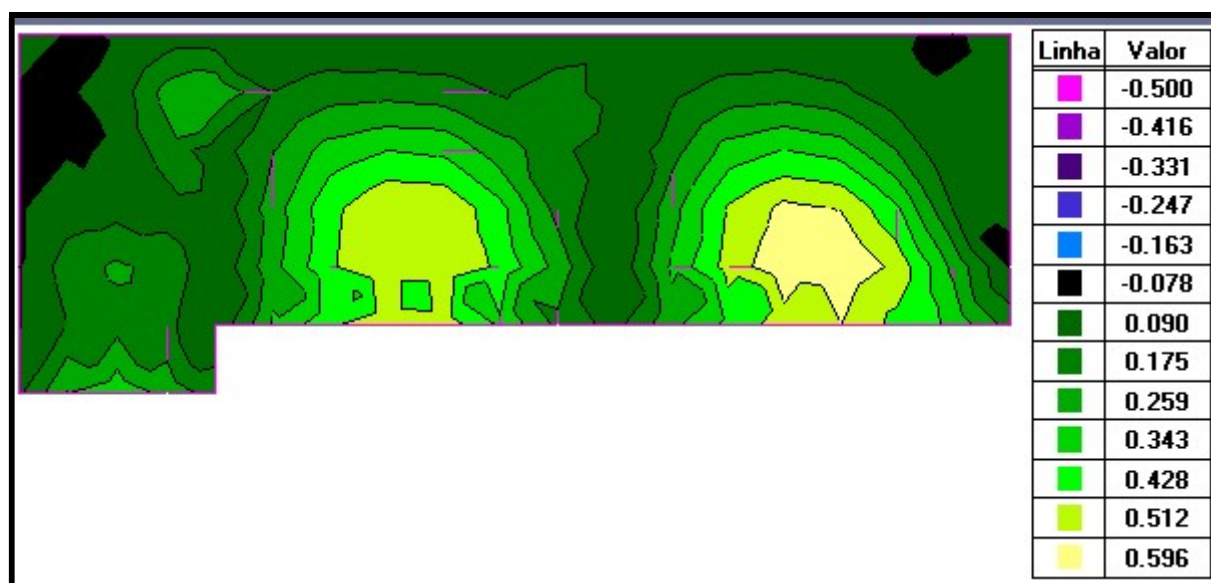
PAR1 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - FORÇAS NA DIREÇÃO DE X (tf/m)



PAR1 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MIN - FORÇAS NA DIREÇÃO DE Y (tf/m)



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



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

Lajes Maciças em Concreto Armado											
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	γs	γf	Classe Agres.
500	30	0,61	4,42	20	4,9	0,5	3,46	1,40	1,15	1,40	Classe IV

ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica											
Armadura necessária			Arranjo								
As1 (cm²/m)	Φ (mm)	Esp. (cm)	As,tot (cm²/m)	As2 (cm²/m)	Φ (mm)	Esp. (cm)	As,tot (cm²/m)				
-	8	12,0	4,19	0,38	8	12,0	4,19				

Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω1	ω2
Zona D	0,036	0,000	0,006

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	0,61	4,42	20	4,9	8	12,0				

Cálculo											
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η1	hi (cm)	bi (cm)	Acri (cm²)				
4,19	210.000	26.072	2,90	2,25	10,90	12,00	130,80				
αs	pri	ξ	x (cm)	σsi (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)				
8,05	0,003842927	0,324	4,89	42,56	0,00	0,00254137	0,062600209				

PAR1 – FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE X

Lajes Maciças em Concreto Armado											
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	γs	γf	Classe Agres.
500	30	0,52	3,29	20	4,9	0,5	3,46	1,40	1,15	1,40	Classe IV

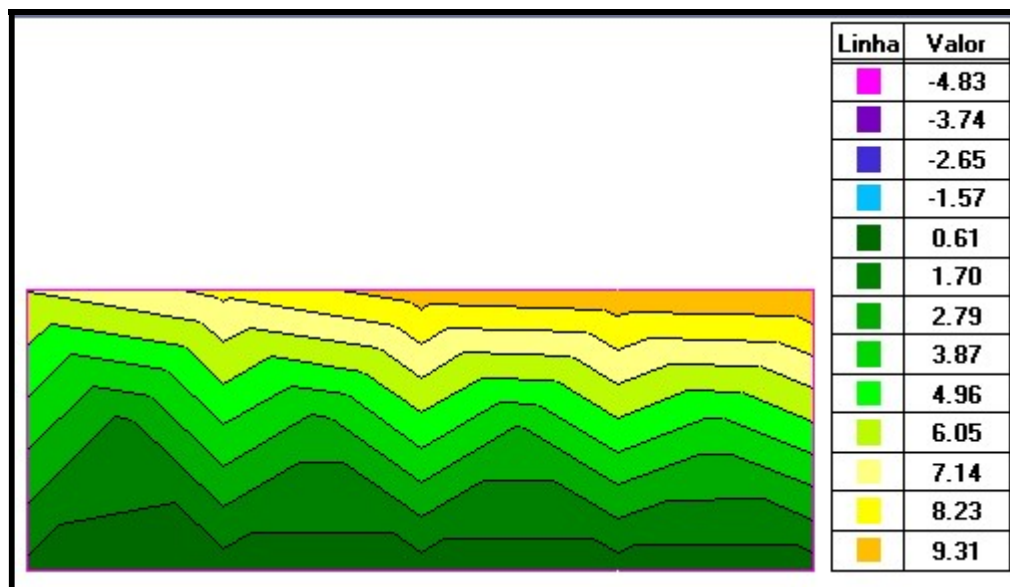
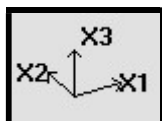
ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica			
Armadura necessária	Arranjo		
	Φ (mm)	Esp. (cm)	As,tot (cm²/m)
As1 (cm²/m)	8	12,0	4,19
As2 (cm²/m)	8	12,0	4,19

Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω1	ω2
Zona D	0,029	0,000	0,007

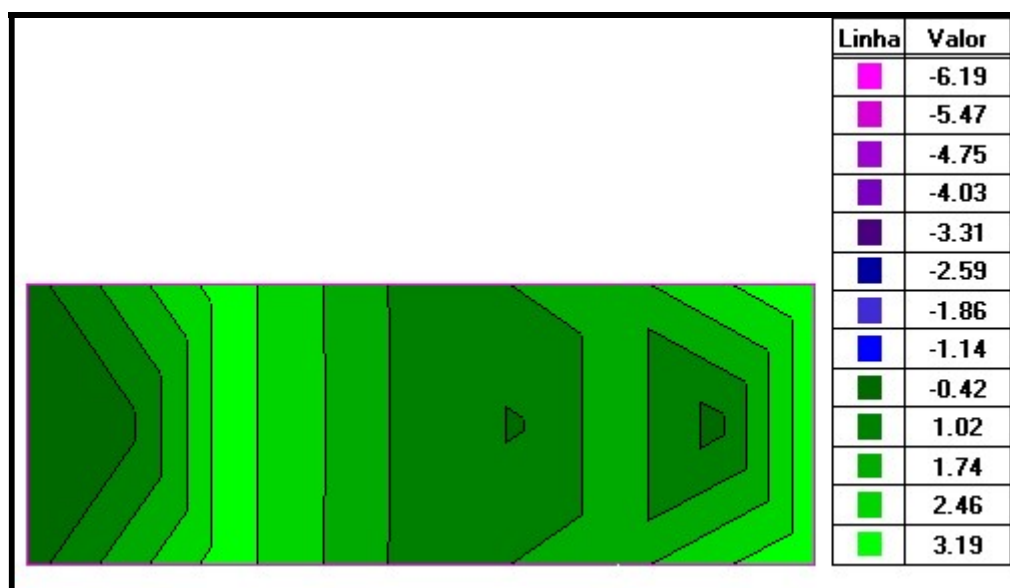
Verificação Fissuras - LAJES - FLEXÃO COMPOSTA - ARM. SIMPLES- CONCRETO ARMADO											
Materiais			Esforços			Seção					
Aço (fyk)	fck (Mpa)	Mfr (tf.m/m)	Nrr (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	Bitola ø	Esp. (cm)				
500	30	0,52	3,29	20	4,9	8	12,0				
Cálculo											
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η1	hi (cm)	bi (cm)	Acri (cm²)				
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	0,299	4,52	42,25	0,00	0,00250371	0,062134706				

PAR1 – FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y

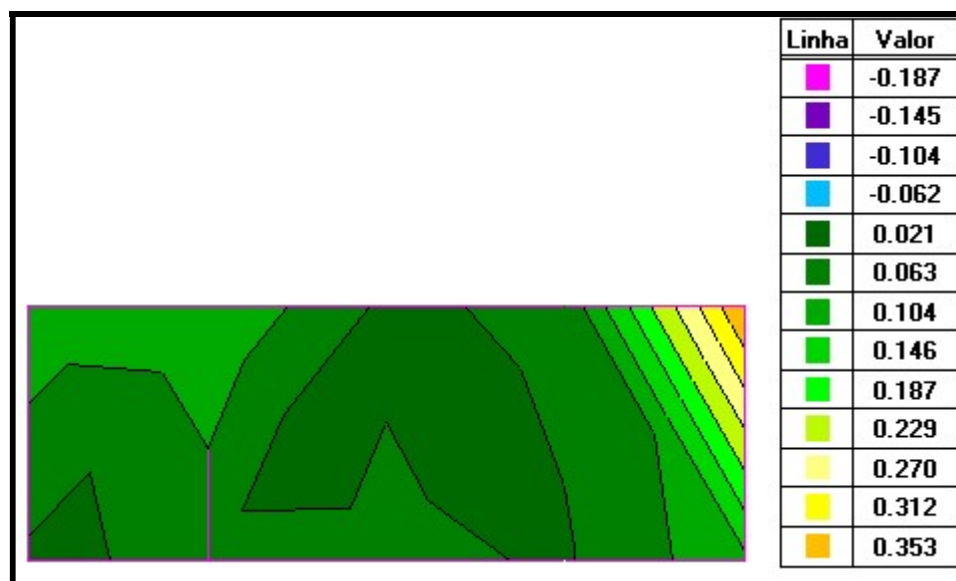
3.3 PAR 2



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



PAR2 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MIN - FORÇAS NA DIREÇÃO DE Y (tf/m)



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



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

Lajes Maciças em Concreto Armado											
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	0,31	4,96	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 (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 O	-	0,000	0,000

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	0,31	4,96	20	4,9	8	12,0			
Cálculo										
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η1	hi (cm)	bi (cm)	Acric (cm²)			
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	0,781	11,80	1,93	0,00	5,2176E-06	0,002836455			

PAR2 – FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE X

Lajes Maciças em Concreto Armado											
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)	γ _c	γ _s	γ _f	Classe Agres.
500	30	0,21	2,46	20	4,9	0,5	3,46	1,40	1,15	1,40	Classe IV

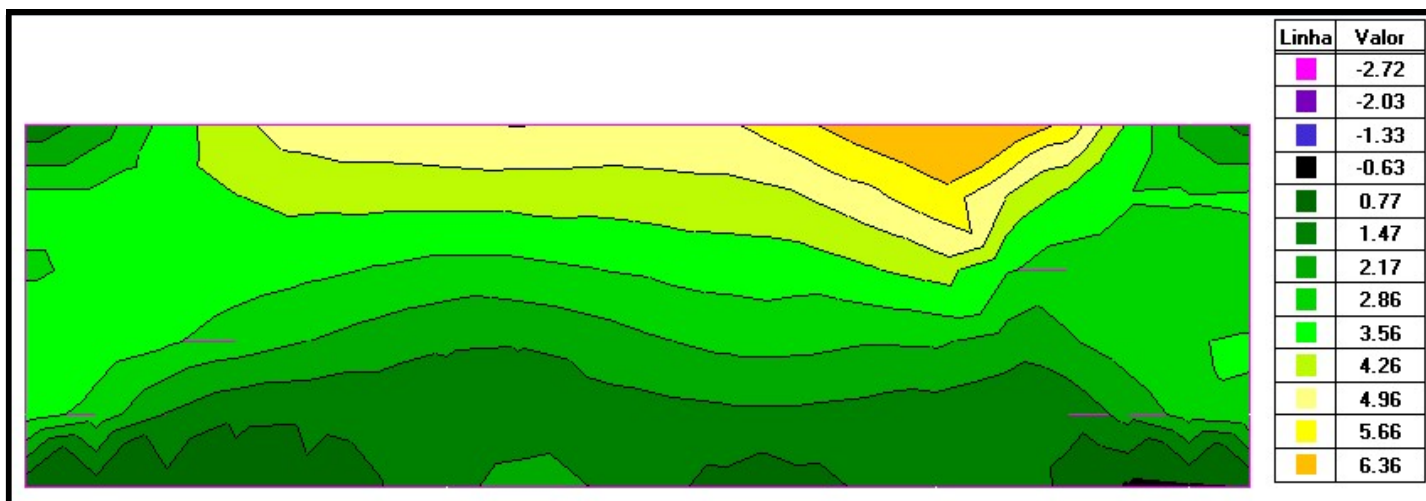
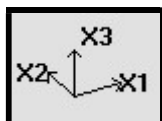
ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica			
Armadura necessária		Arranjo	
		Φ (mm)	As,tot (cm²/m)
As1 (cm²/m)	-	8	4,19
As2 (cm²/m)	-	8	4,19

Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω1	ω2
Zona O	-	0,000	0,000

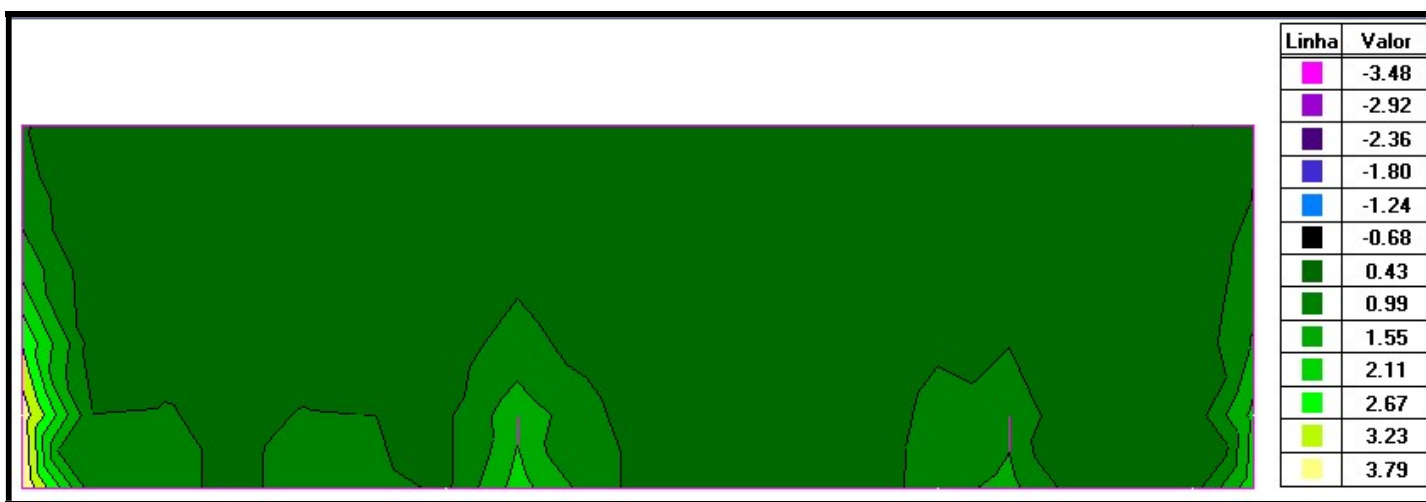
Verificação Fissuras - LAJES - FLEXÃO COMPOSTA - ARM. SIMPLES- CONCRETO ARMADO										
Materiais		Esforços		Seção						
Aço (fyk)	fck (Mpa)	Mfr (tf.m/m)	Nfr (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	Bitola ø	Esp. (cm)			
500	30	0,21	2,46	20	4,9	8	12,0			
Cálculo										
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η1	hi (cm)	bi (cm)	Acrl (cm²)			
4,19	210.000	26.072	2,90	2,25	10,90	12,00	130,80 <th colspan="3"></th>			
as	pri	ξ	x (cm)	σsi (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)			
8,05	0,003842927	0,514	7,76	5,27	0,00	3,8935E-05	0,007748429 <th colspan="3"></th>			

PAR2 – FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y

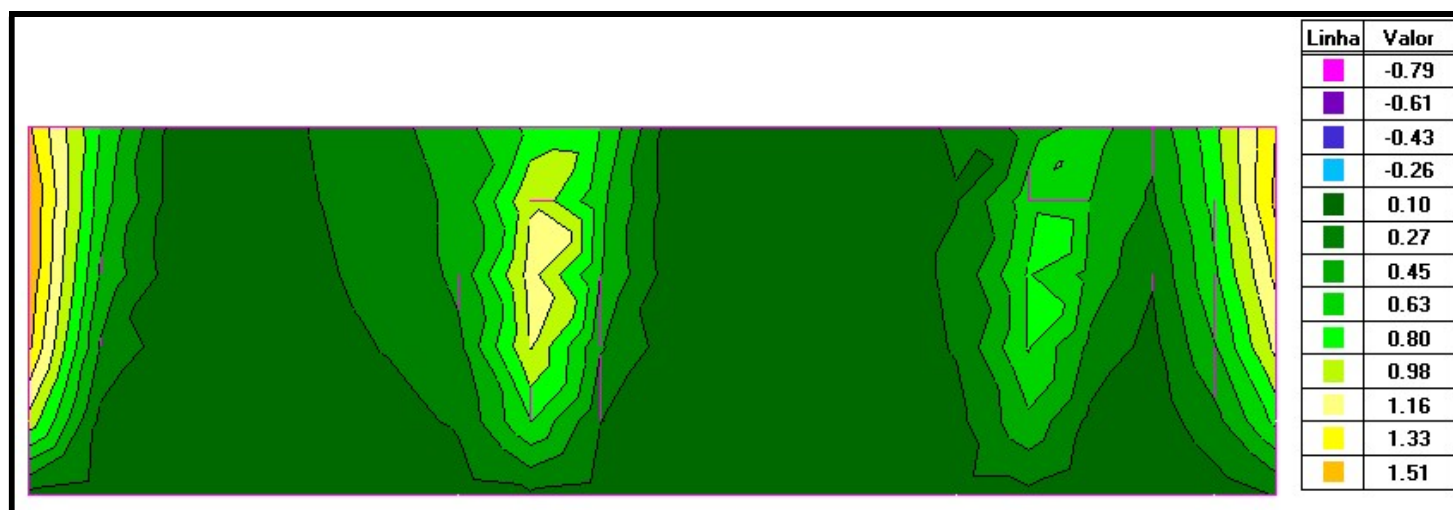
3.4 PAR 3



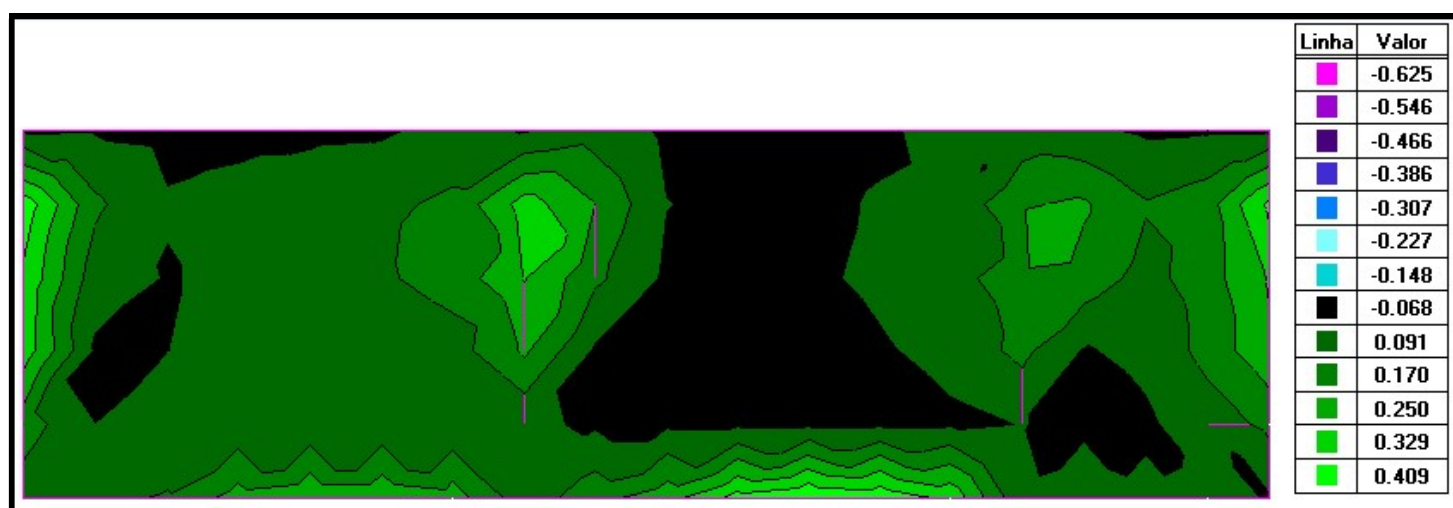
PAR 3 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - FORÇAS NA DIREÇÃO DE X (tf/m)



PAR 3 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MIN - FORÇAS NA DIREÇÃO DE Y (tf/m)



PAR 3 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - MOMENTO NA DIREÇÃO DE X (tf.m/m)



PAR 3 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y (tf.m/m)

Lajes Maciças em Concreto Armado												
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	γs	γf	Classe Agres.
500	30		1,16	4,26	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 (cm²/m)
As1 (cm²/m)	-	8	12,0	4,19
As2 (cm²/m)	1,64	8	12,0	4,19

Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω1	ω2
Zona D	0,059	0,000	0,026

Verificação Fissuras - LAJES - FLEXÃO COMPOSTA - ARM. SIMPLES- CONCRETO ARMADO											
Materiais			Esforços			Seção					
Aço (fyk)	fck (Mpa)		Mfr (tf.m/m)	Nrr (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	Bitola ø	Esp. (cm)			
500	30		1,16	4,26	20	4,9	8	12,0			
Cálculo											
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η1	hi (cm)	bi (cm)	Acri (cm²)				
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	0,243	3,68	135,27	0,00	0,02567068	0,198957665				

PAR 3 – FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE X

Lajes Maciças em Concreto Armado												
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		0,33	3,23	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 (cm²/m)
As1 (cm²/m)	-	8	12,0	4,19
As2 (cm²/m)	0,02	8	12,0	4,19

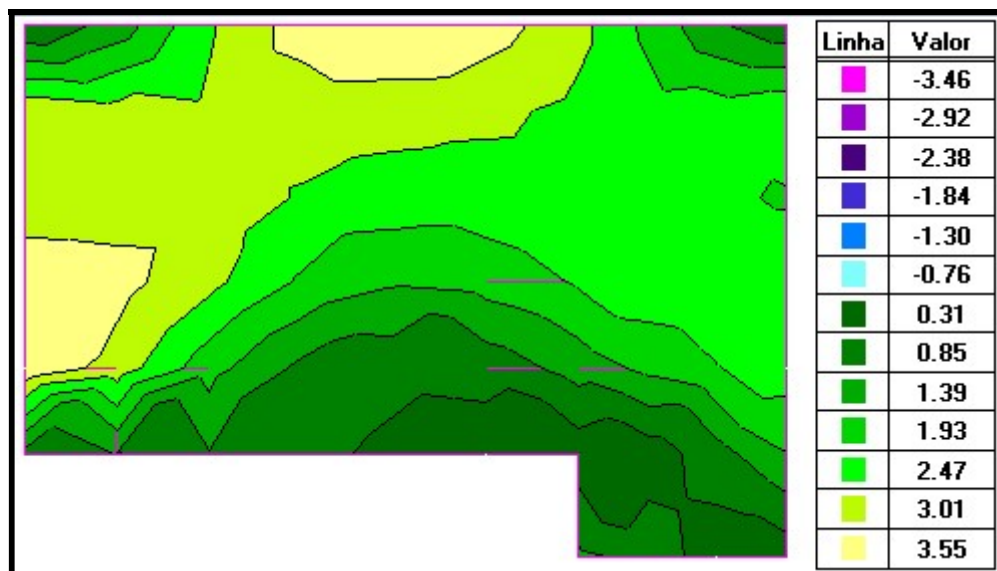
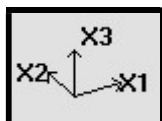
Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω1	ω2
Zona D	0,021	0,000	0,000

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		0,33	3,23	20	4,9	8	12,0			
Cálculo											
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η1	hi (cm)	bi (cm)	Acri (cm²)				
4,19	210.000	26.072	2,90	2,25	10,90	12,00	130,80 <th colspan="4"></th>				
as	pri	ξ	x (cm)	osi (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)				
8,05	0,003842927	0,416	6,28	13,70	0,00	0,00026322	0,020146735 <th colspan="4"></th>				

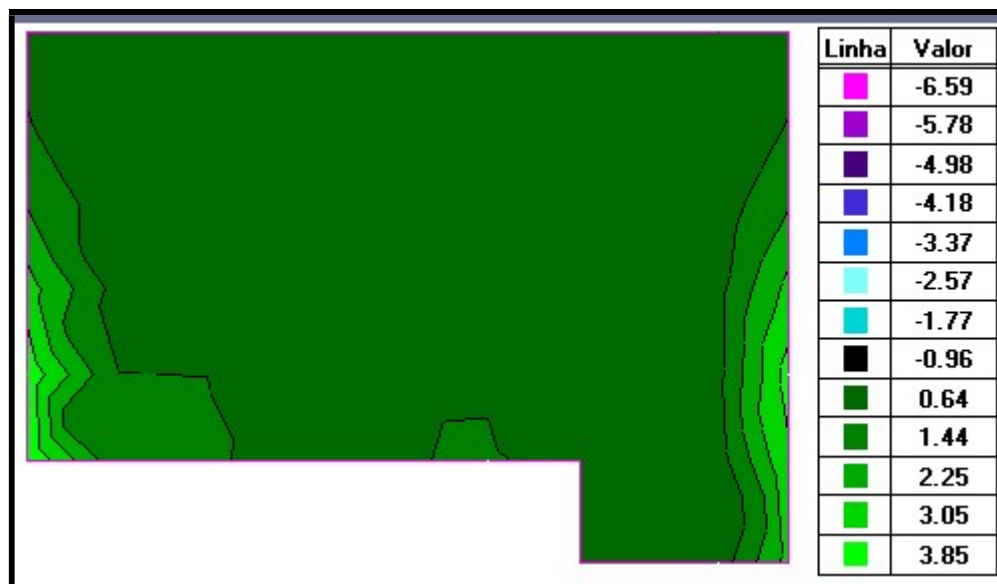
PAR 3 – FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y

3.5

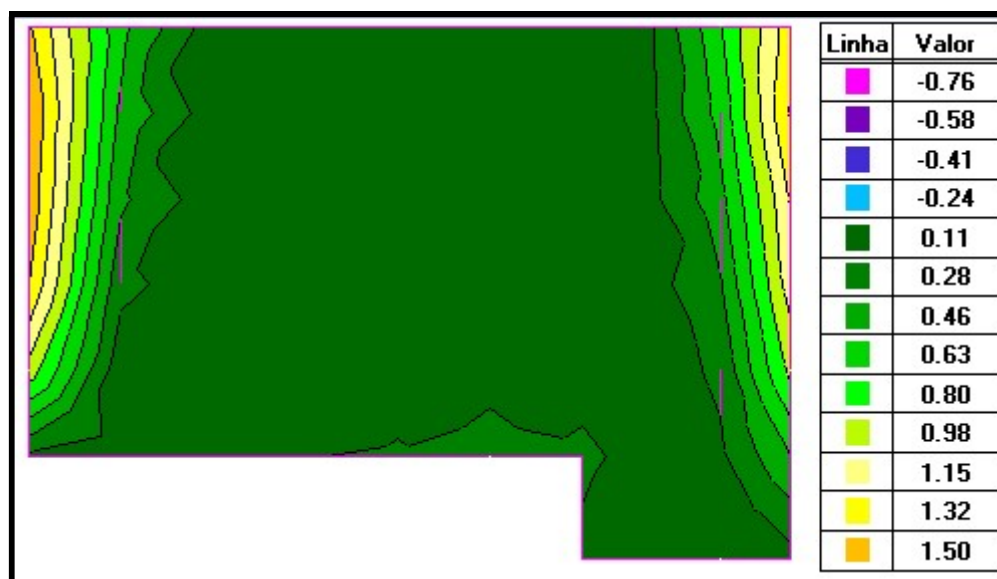
PAR 4



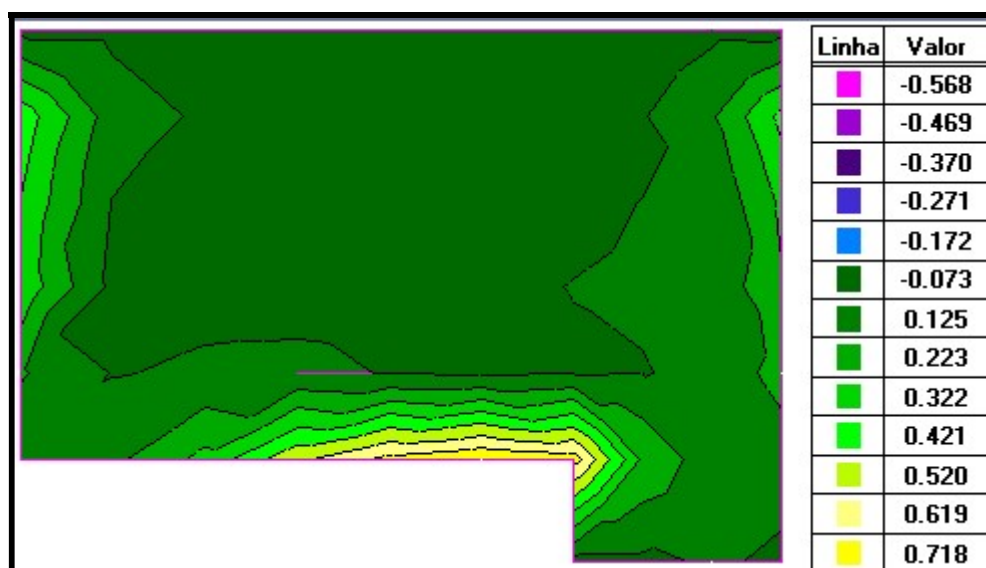
PAR 4 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - FORÇAS NA DIREÇÃO DE X (tf/m)



PAR 4 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MIN - FORÇAS NA DIREÇÃO DE Y (tf/m)



PAR 4 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - MOMENTO NA DIREÇÃO DE X (tf.m/m)



PAR 4 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y (tf.m/m)

Lajes Maciças em Concreto Armado										
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	γs
500	30		0,98	2,47	20	4,9	0,5	3,46	1,40	1,15
									1,40	1,40
										Classe IV

ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica										
Armadura necessária			Arranjo							
As1 (cm²/m)			Φ (mm)	Esp. (cm)	As,tot (cm²/m)					
	-		8	12,0	4,19					
As2 (cm²/m)	1,61		8	12,0	4,19					

Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω1	ω2
Zona D	0,048	0,000	0,025

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		0,98	2,47	20	4,9	8	12,0		

Cálculo										
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η1	hi (cm)	bi (cm)	Acri (cm²)			
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	0,224	3,39	130,03	0,00	0,0237193	0,191246237			

PAR4 – FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE X

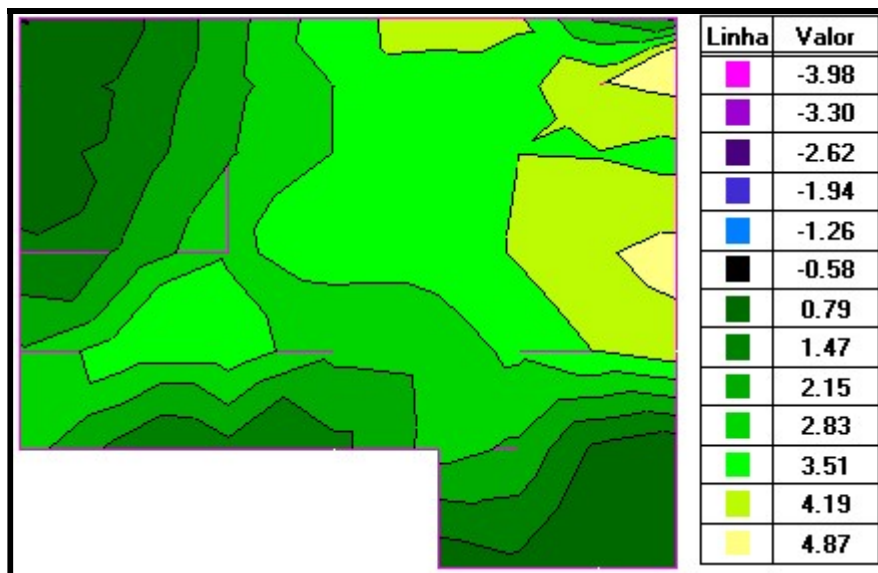
Lajes Maciças em Concreto Armado												
Materiais			Esforços		Seção			SEGURANÇA				
Aço (fyk)	fck (Mpa)		Mk (tf.m/m)	Nk (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	ξmáx.	As,min (cm²/m)	γc	γs	γf	Classe Agres.
500	30		0,52	3,05	20	4,9	0,5	3,46	1,40	1,15	1,40	Classe IV

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

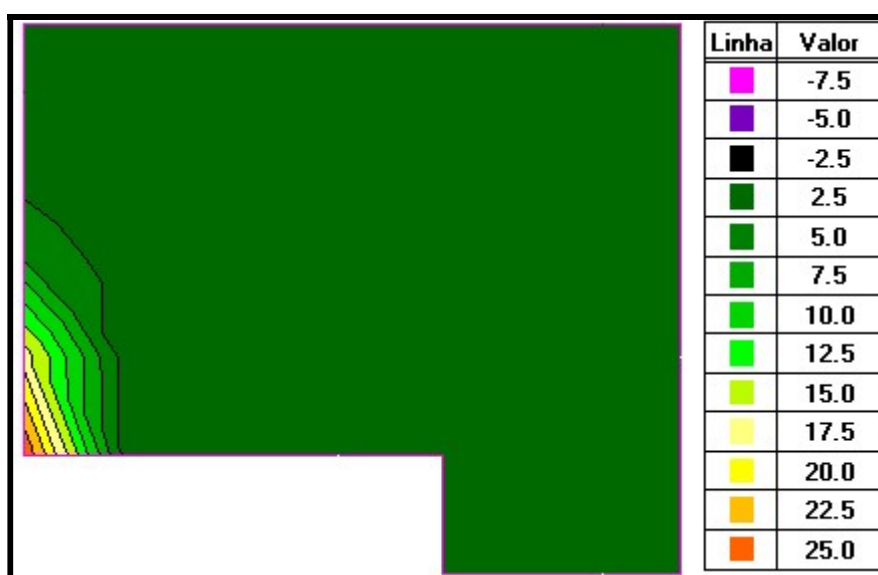
Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω1	ω2
Zona D	0,029	0,000	0,008

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	0,52	3,05	20	4,9	8	12,0		
Cálculo									
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η1	hi (cm)	bi (cm)	Acri (cm²)		
4,19	210.000	26.072	2,90	2,25	10,90	12,00	130,80		
αs	pri	ξ	x (cm)	σsi (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)		
8,05	0,003842927	0,288	4,35	45,33	0,00	0,00288305	0,066675749		

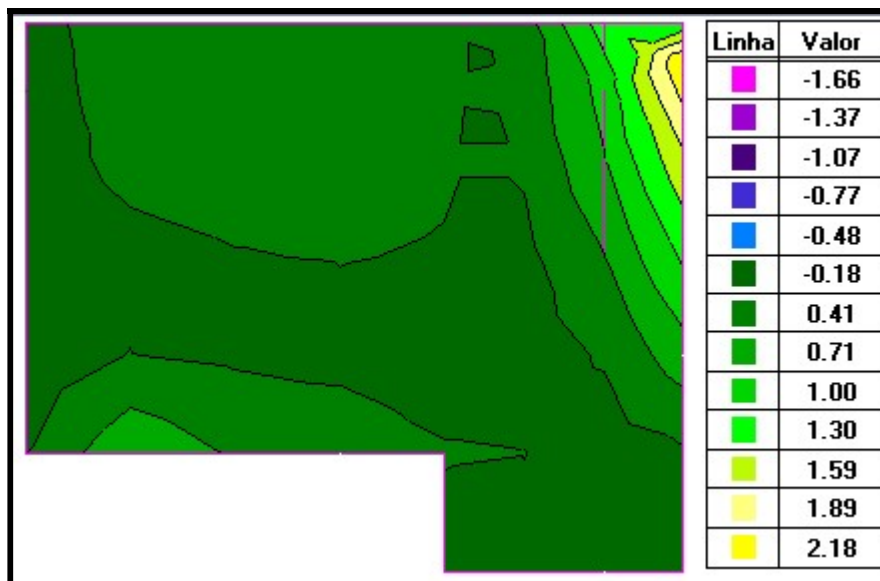
PAR4 – FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y



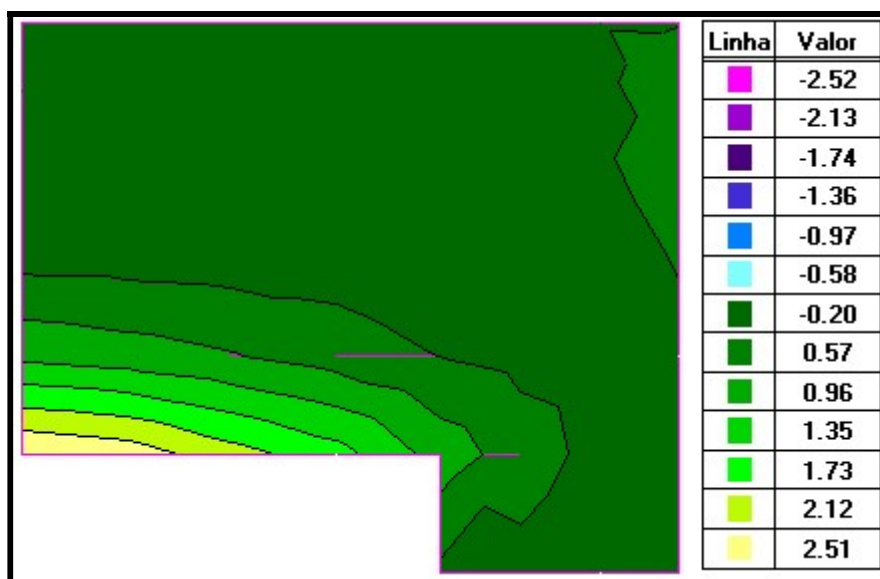
PAR 5 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - FORÇAS NA DIREÇÃO DE X (tf/m)



PAR 5 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - FORÇAS NA DIREÇÃO DE Y (tf/m)



PAR 5 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - MOMENTO NA DIREÇÃO DE X (tf.m/m)



PAR 5 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y (tf.m/m)

Lajes Maciças em Concreto Armado											
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	γs	γf	Classe Agres.
500	30	1,00	4,19	15	4,9	0,5	2,60	1,40	1,15	1,40	Classe IV

ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica				
Armadura necessária	Arranjo			
	Φ (mm)	Esp. (cm)	As,tot (cm²/m)	
As1 (cm²/m)	8	10,0	5,03	
As2 (cm²/m)	8	10,0	5,03	

Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω1	ω2
Zona D	0,109	0,000	0,055

Verificação Fissuras - LAJES - FLEXÃO COMPOSTA - ARM. SIMPLES- CONCRETO ARMADO							
Materiais		Esforços			Seção		
Aço (fyk)	fck (Mpa)	Mfr (tf.m/m)	Nrr (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	Bitola ø	Esp. (cm)
500	30	1	4,19	15	4,9	8	10,0
Cálculo							
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η1	hi (cm)	bi (cm)	Acri (cm²)
5,03	210.000	26.072	2,90	2,25	10,90	10,00	109,00
as	pri	ξ	x (cm)	σsi (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)
8,05	0,004611512	0,294	2,97	158,79	0,00	0,03537423	0,196240637

PAR 5 – FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE X

Lajes Maciças em Concreto Armado											
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	1,35	15,00	15	4,9	0,5	2,60	1,40	1,15	1,40	Classe IV

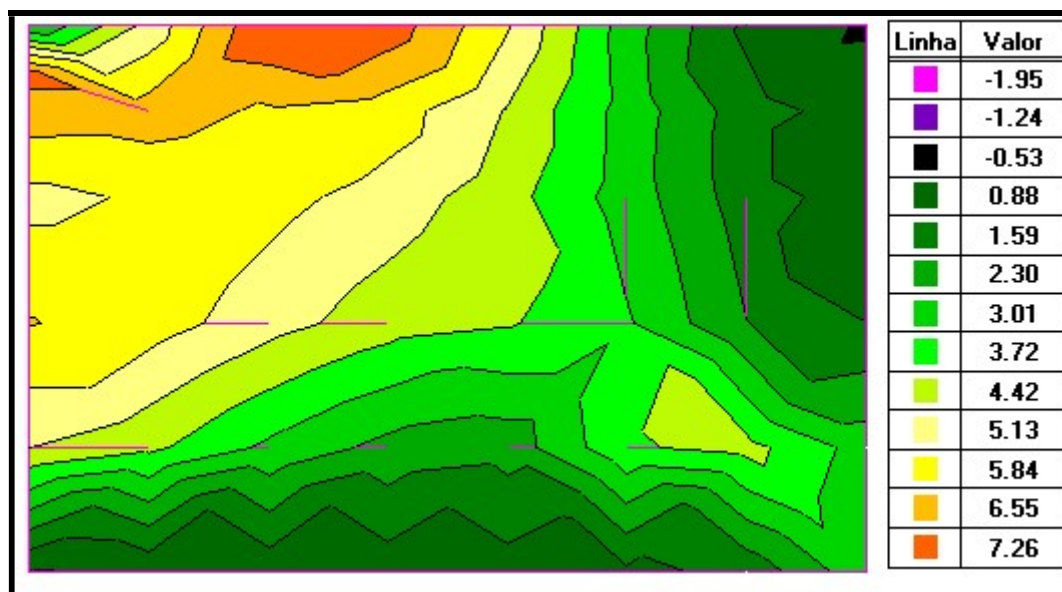
ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica			
Armadura necessária		Arranjo	
As1 (cm²/m)	Φ (mm)	Esp. (cm)	As,tot (cm²/m)
-	8	10,0	5,03
As2 (cm²/m)	8	10,0	5,03

Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω1	ω2
Zona D	0,176	0,000	0,027

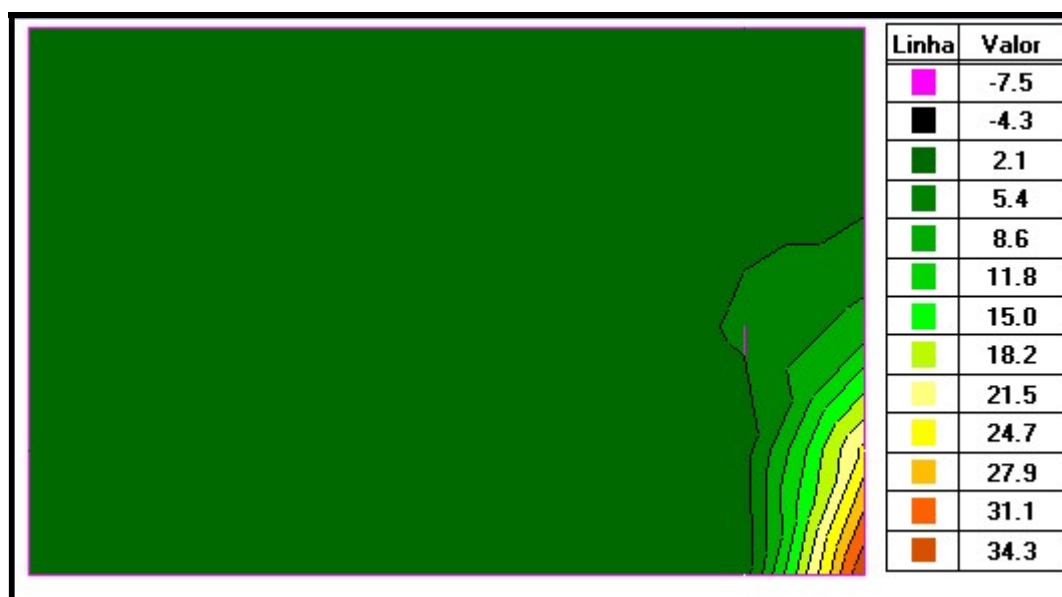
Verificação Fissuras - LAJES - FLEXÃO COMPOSTA - ARM. SIMPLES- CONCRETO ARMADO									
Materiais		Esforços			Seção				
Aço (fyk)	fck (Mpa)	Mfr (tf.m/m)	Nfr (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	Bitola ø	Esp. (cm)		
500	30	1,35	15	15	4,9	8	10,0		
Cálculo									
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η1	hi (cm)	bi (cm)	Acri (cm²)		
5,03	210.000	26.072	2,90	2,25	10,90	10,00	109,00		
as	pri	ξ	x (cm)	σsi (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)		
8,05	0,004611512	0,426	4,31	101,09	0,00	0,01433764	0,124935032		

PAR 5 – FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y

3.7 PAR6=PAR7=PAR8



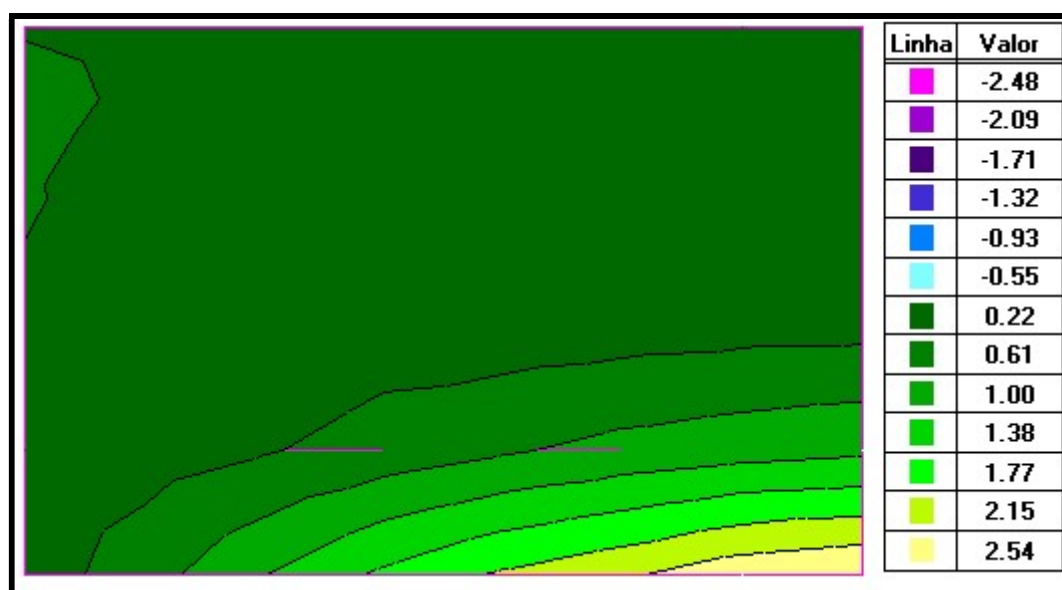
PAR6=PAR7=PAR8 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - FORÇAS NA DIREÇÃO DE X (tf/m)



PAR6=PAR7=PAR8 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - FORÇAS NA DIREÇÃO DE Y (tf/m)



PAR6=PAR7=PAR8 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - MOMENTO NA DIREÇÃO DE X (tf.m/m)



PAR6=PAR7=PAR8 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y (tf.m/m)

Lajes Maciças em Concreto Armado											
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	γs	γf	Classe Agres.
500	30	1,02	5,84	15	4,9	0,5	2,60	1,40	1,15	1,40	Classe IV

ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica			
Armadura necessária	Arranjo		
	Φ (mm)	Esp. (cm)	As,tot (cm²/m)
As1 (cm²/m)	8	10,0	5,03
As2 (cm²/m)	8	10,0	5,03

Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω1	ω2
Zona D	0,116	0,000	0,048

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	1,02	5,84	15	4,9	8	10,0				
Cálculo											
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η1	hi (cm)	bi (cm)	Acri (cm²)				
5,03	210.000	26.072	2,90	2,25	10,90	10,00	109,00				
as	pri	ξ	x (cm)	σsi (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)				
8,05	0,004611512	0,316	3,19	141,80	0,00	0,02821023	0,175246282				

PAR6=PAR7=PAR8 – FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE X

Lajes Maciças em Concreto Armado												
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)	γ _c	γ _s	γ _f	Classe Agres.
500	30		1,38	15,00	15	4,9	0,5	2,60	1,40	1,15	1,40	Classe IV

ELU - Flexão Composta - Arm. Assimétrica				
Armadura necessária		Arranjo		
		Φ (mm)	Esp. (cm)	As,tot (cm²/m)
As1 (cm²/m)	-	8	10,0	5,03
As2 (cm²/m)	1,25	8	10,0	5,03

Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω1	ω2
Zona D	0,180	0,000	0,030

Verificação Fissuras - LAJES - FLEXÃO COMPOSTA - ARM. SIMPLES- CONCRETO ARMADO												
Materiais			Esforços			Seção						
Aço (fyk)	fck (Mpa)		Mfrr (tf.m/m)	Nfrr (tf/m)	h (cm)	d' (cm)	Bitola ø	Esp. (cm)				
500	30		1,38	15	15	4,9	8	10,0				
Cálculo												
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η1	hi (cm)	bi (cm)	Acri (cm²)					
5,03	210.000	26.072	2,90	2,25	10,90	10,00	109,00					
as	pri	ξ	x (cm)	σsi (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)					
8,05	0,004611512	0,420	4,24	106,96	0,00	0,0160504	0,132186895					

PAR6=PAR7=PAR8 – FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y

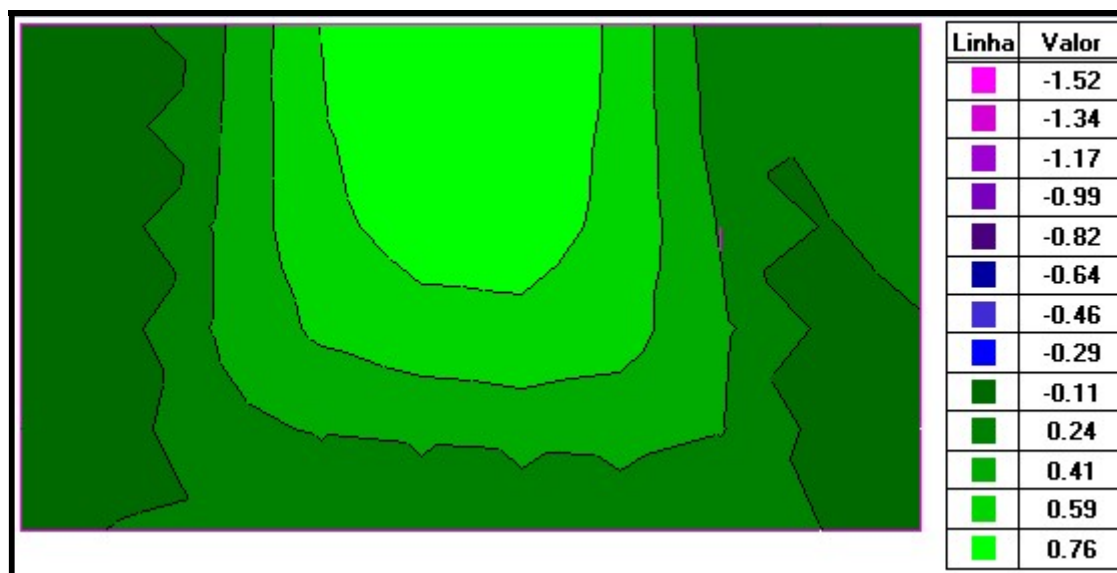
3.8 PAR 9



PAR 9 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - FORÇAS NA DIREÇÃO DE X (tf/m)



PAR 9 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - FORÇAS NA DIREÇÃO DE Y (tf/m)



PAR 9 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - MOMENTO NA DIREÇÃO DE X (tf.m/m)



PAR 9 – ENVOLTÓRIA DE CARREGAMENTOS MAX - MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y (tf.m/m)

Lajes Maciças em Concreto Armado											
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	γs	γf	Classe Agres.
500	30	0,99	3,30	20	4,9	0,5	3,46	1,40	1,15	1,40	Classe IV

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

Resumo - ELU			
Zona	ξ	ω1	ω2
Zona D	0,050	0,000	0,023

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	0,99	3,3	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	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	0,238	3,59	120,09	0,00	0,02023345	0,176635067				

PAR 9 – FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE X

Lajes Maciças em Concreto Armado											
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	0,41	3,45	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 (cm²/m)						
As1 (cm²/m)	-	8	12,0	4,19							
As2 (cm²/m)	0,15	8	12,0	4,19							
Resumo - ELU											
Zona			ξ	ω1	ω2						
Zona D			0,025	0,000	0,002						
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	0,409	3,45	20	4,9	8	12,0				
Cálculo											
As (cm²/m)	Es (Mpa)	Ecs (Mpa)	fctm (Mpa)	η1	hi (cm)	bi (cm)	Acri (cm²)				
4,19	210.000	26.072	2,90	2,25	10,90	12,00	130,80				
as	pri	ξ	x (cm)	osi (Mpa)	Erro	Wk1 (mm)	Wk2 (mm)				
8,05	0,003842927	0,362	5,47	22,82	0,00	0,00073084	0,033570194				

PAR 9 – FORÇA E MOMENTO NA DIREÇÃO DE Y



CARLOS RAPHAEL MONTEIRO DE LEMOS
CREA-ES 011840/D