



PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA O MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DAS PALMEIRAS – PARANÁ

VOLUME VI – TOMO II PROJETO ESTRUTURAL DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

MAIO/2019

INDÍCE

DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO.....	4
Corte esquemático	4
Localização	4
NORMA EM USO.....	4
SOFTWARE UTILIZADO.....	4
MATERIAIS.....	5
Concreto	5
Módulo de elasticidade	5
Aço de armadura passiva.....	5
PARÂMETRO DE DURABILIDADE.....	5
Classe de agressividade	5
Cobrimentos gerais.....	5
AÇÕES E COMBINAÇÕES.....	6
Carga vertical	6
Vento	6
Resumo de combinações no modelo global	7
Lista de combinações no modelo global	7
MODELO ESTRUTURAL	7
Explicações	7
Modelo estrutural dos pavimentos	8
Modelo estrutural global	8
Critérios de projeto.....	9
Modelo ELU	9
Modelo ELS.....	9
Consideração das fundações	9
Modelo 3D	10
Esforços de cálculo	10
ESTABILIDADE GLOBAL	10
Listagem completa dos parâmetros de instabilidade	11
Classificação da estrutura	11
COMPORTAMENTO EM SERVIÇO - ELS	12
Deslocamentos do modelo estrutural global.....	12



PROJETO ESTRUTURAL LABORATÓRIO – SÃO JOSÉ DAS PALMEIRAS - PR

Listagem completa dos deslocamentos do modelo global do edifício.....	12
Flecha máxima do pavimento cobertura	13
CONSIDERAÇÕES FINAIS	13
BIBLIOGRAFIA UTILIZADA	14

DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

O edifício LABORATORIO é constituído por 3 pavimentos: 1 fundação; 1 térreo; 1 cobertura. A seguir é apresentado um quadro com detalhes de cada um destes pavimentos.

Pavimentos	Piso a Piso (m)	Cota (m)	Área (m ²)
COBERTURA	3.10	288.55	43.53
TERREO	0.15	285.45	0.23
FUNDAÇÃO	0.00	285.30	4.07
TOTAL	---	---	47.8

A altura total do edifício é de 3.25 m.

Corte esquemático

Na Fig 1 é apresentado um corte esquemático do edifício. Nele é possível visualizar as distancias entre pavimentos, cotas e nomenclaturas utilizadas:

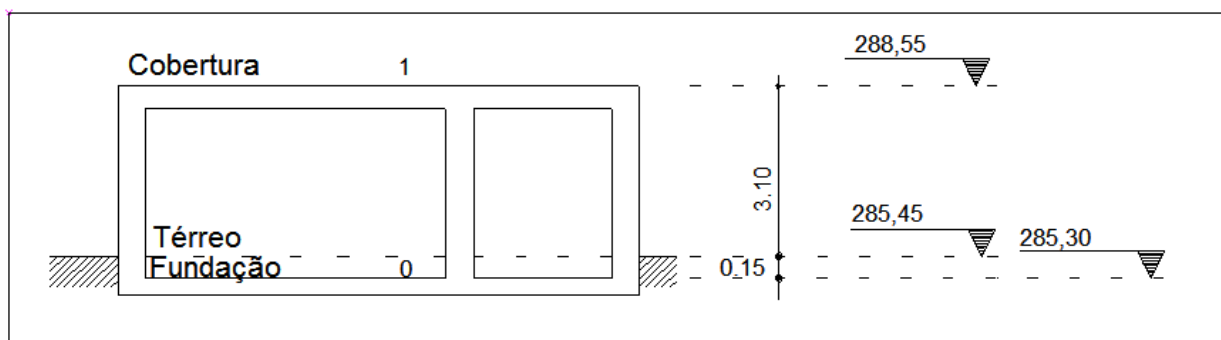


Fig 1 Corte esquemático

Localização

Esta estrutura faz parte da ETE, a ser feita na cidade de São José das Palmeiras - PR

NORMA EM USO

Na análise, dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais deste edifício foram utilizadas as prescrições indicadas pelas seguintes normas:

- NBR6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos;
- NBR6120:1980 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações - Procedimentos;
- NBR6123:1988 - Forças devidas ao vento em edificações – Procedimentos;
- NBR8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas – Procedimentos.

SOFTWARE UTILIZADO

Para a análise estrutural e dimensionamento e detalhamento estrutural foi utilizado o sistema CAD/TQS.

MATERIAIS

Concreto

A seguir são apresentados os valores de f_{ck} , em MPa, utilizados para cada um dos elementos estruturais, para cada um dos pavimentos:

Pavimento	Lajes	Vigas	Fundações
TIP	30	30	30
TERREO	30	30	30
Fundacao	30	30	30

Piso	Pavimento	f_{ck} do pilar (MPa)
2	COBERTURA	30
1	TÉRREO	30
0	FUNDAÇÃO	30

Módulo de elasticidade

O módulo de elasticidade, em tf/m², utilizado para cada um dos concretos utilizados é listado a seguir:

	E_{cs}	E_{ci}
C30	2607159	3067246

Aço de armadura passiva

Foram utilizadas as seguintes características para o aço estrutural utilizado no projeto:

Tipo de barra	$E_{cs}(GPa)$	$f_{yk}(MPa)$	Massa específica(kg/m ³)		
CA-50	210	500	7.850		
CA-60	210	600	7.850		

PARÂMETRO DE DURABILIDADE

Classe de agressividade

Para o dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais foi considerada a seguinte Classe de Agressividade Ambiental no projeto: **II - Moderada**, conforme definido pelo item 6 da NBR6118:2014.

Cobrimentos gerais

A definição dos cobrimentos foi feita com base na Classe de Agressividade Ambiental definida anteriormente e de acordo com o item 7.4.7 e seus subitens.

Foi considerado que durante a execução do edifício será feito um rígido controle de qualidade e tolerância de medidas. Deste modo, cabe ao executor da obra a obediência do item 7.4.7.4 da NBR6118:2014.

A seguir são apresentados os valores de cobrimento utilizados para os diversos elementos estruturais existentes no projeto:

Elemento Estrutural	Cobrimento (cm)
Lajes convencionais (superior / inferior)	2.0 / 2.0
Vigas	2.5
Pilares	2.5
Fundações	4.0

AÇÕES E COMBINAÇÕES

Carga vertical

A seguir são apresentadas as cargas médias utilizadas em cada um dos pavimentos para o dimensionamento da estrutura.

A “carga média” de um pavimento é a razão entre as todas as cargas verticais características (peso-próprio, permanentes ou acidentais) pela área total estimada do pavimento.

Pavimento	Peso Próprio (tf/m²)	Permanente (tf/m²)	Acidental (tf/m²)
COBERTURA	0.30	0.10	0.05
TÉRREO	0.18	0.20	0.00
FUNDAÇÃO	0.00	0.00	0.00

Vento

A seguir são apresentados os fatores de cálculo utilizados para definição das ações de vento incidentes sobre a estrutura.

- Velocidade básica (m/s): 42.0;
- Fator topográfico (S1): 1.0;
- Categoria de rugosidade (S2): II - Terrenos abertos com poucos obstáculos. Árvores, edificações baixas, zonas costeiras, vegetação rala, pradaria;
- Classe da edificação (S2): A - Maior dimensão horizontal ou vertical < 20m;
- Fator estatístico (S3): 1.00 - Edificações em geral. Hotéis, residências, comércio e indústria com alta taxa de ocupação.

Na tabela que se segue são apresentados os valores de coeficiente de arrasto, área de projeção do edifício e pressão calculada com os fatores apresentados anteriormente:

Caso	Ângulo (°)	Coef. arrasto	Área (m²)	Pressão (tf/m²)
5	90	1.13	21.3	0.091
6	270	1.13	21.3	0.091
7	0	1.02	19.7	0.082
8	180	1.02	19.7	0.082

Resumo de combinações no modelo global

No modelo estrutural global foram consideradas as seguintes combinações:

Tipo	Descrição	N. Combinações
ELU1	Verificações de estado limite último - Vigas e lajes	18
ELU2	Verificações de estado limite último - Pilares e fundações	18
ELS	Verificações de estado limite de serviço	12
COMBFLU	Cálculo de fluência (método geral)	2

Lista de combinações no modelo global

No modelo estrutural global foram consideradas as seguintes combinações: Combinações de ELU para vigas e lajes

```
=====
Caso Prefixo Título
14 ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+ACID+0.6VENT1
15 ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+ACID+0.6VENT2
16 ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+ACID+0.6VENT3
17 ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+ACID+0.6VENT4
18 ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.5ACID+VENT1
19 ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.5ACID+VENT2
20 ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.5ACID+VENT3
21 ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.5ACID+VENT4
25 ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT1
26 ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT2
27 ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT3
28 ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT4
29 ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.5ACID_V+VENT1
30 ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.5ACID_V+VENT2
31 ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.5ACID_V+VENT3
32 ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.5ACID_V+VENT4
```

Combinações de ELU para pilares e fundações

```
=====
Caso Prefixo Título
14 ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+ACID+0.6VENT1
15 ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+ACID+0.6VENT2
16 ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+ACID+0.6VENT3
17 ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+ACID+0.6VENT4
18 ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.5ACID+VENT1
19 ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.5ACID+VENT2
20 ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.5ACID+VENT3
21 ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.5ACID+VENT4
25 ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT1
26 ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT2
27 ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT3
28 ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT4
29 ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.5ACID_V+VENT1
30 ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.5ACID_V+VENT2
31 ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.5ACID_V+VENT3
32 ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.5ACID_V+VENT4
```

MODELO ESTRUTURAL

Explicações

Na análise estrutural do edifício foi utilizado o 'Modelo 4' do sistema CAD/TQS. Este modelo consiste em dois modelos de cálculo:

- Modelo de grelha para os pavimentos;
- Modelo de pórtico espacial para a análise global.

O edifício será modelado por um único pórtico espacial mais os modelos dos pavimentos. O pórtico será composto apenas por barras que simulam as vigas e pilares da estrutura, com o efeito de diafragma rígido das lajes devidamente incorporado ao modelo. Os efeitos oriundos das ações verticais e horizontais nas vigas e pilares serão calculados com o pórtico espacial.

Nas lajes, somente os efeitos gerados pelas ações verticais serão calculados. Nos pavimentos simulados por grelha de lajes, os esforços resultantes das barras de lajes sobre as vigas serão transferidas como cargas para o pórtico espacial, ou seja, há uma 'certa' integração entre ambos os modelos (pórtico e grelha). Para os demais tipos de modelos de pavimentos, as cargas das lajes serão transferidas para o pórtico por meio de quinhos de carga.

Modelo estrutural dos pavimentos

A análise do comportamento estrutural dos pavimentos foi realizada através de modelos de grelha ou pórtico plano. Nestes modelos as lajes foram integralmente consideradas, junto com as vigas e os apoios formados pelos pilares existentes.

A seguir são apresentados o tipo de modelo estrutural utilizado em cada um dos pavimentos:

Pavimento	Descrição do Modelo	Modelo Estrutural
COBERTURA	Modelo de lajes planas	Pórtico (6 graus de liberdade)
TÉRREO	Modelo de lajes planas	Grelha (3 graus de liberdade)
FUNDAÇÃO	Modelo de lajes planas	Grelha (3 graus de liberdade)

Para a avaliação das deformações dos pavimentos em serviço, também foram realizadas análises considerando a não-linearidade física, onde através de incrementos de carga, as inércias reais das seções são estimadas considerando as armaduras de projeto e a fissuração nos estádios I, II ou III.

Os esforços obtidos dos modelos estruturais dos pavimentos foram utilizados para o dimensionamento das lajes à flexão e cisalhamento.

Nestes modelos foi utilizado o módulo de elasticidade secante do concreto. A seguir são apresentados os valores utilizados para cada um dos pavimentos:

Pavimento	Módulo de elasticidade adotado (tf/m²)
COBERTURA	2607159
TÉRREO	2607159
FUNDAÇÃO	2607159

Modelo estrutural global

No modelo de pórtico foram incluídos todos os elementos principais da estrutura, ou seja, pilares e vigas, além da consideração do diafragma rígido formado nos planos de cada pavimento (lajes). A rigidez à flexão das lajes foi desprezada na análise de esforços horizontais (vento).

Os pórticos espaciais foram modelados com todos os pavimentos do edifício, para a avaliação dos efeitos das ações horizontais e os efeitos de redistribuição de esforços em toda a estrutura devido aos carregamentos verticais.

As cargas verticais atuantes nas vigas e pilares do pórtico foram extraídas de modelos de grelha de cada um dos pavimentos.

Foram utilizados dois modelos de pórtico espacial: um específico para análises de Estado Limite Último - ELU e outro para o Estado Limite de Serviço - ELS.

Critérios de projeto

A seguir são apresentadas algumas considerações de projeto utilizadas para a análise estrutura do edifício em questão:

- Flexibilização das ligações viga/pilar : Sim;
- Método para análise de 2ª. Ordem global: P-Delta

Modelo ELU

O modelo ELU foi utilizado para obtenção dos esforços necessários para o dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais.

Apenas no neste modelo foram utilizados os coeficientes de não linearidade física conforme indicados pelo item 15.7.3 da NBR6118:2014. A seguir são apresentados estes valores:

Elemento estrutural	Coef. NLF
Pilares	0.80
Vigas	0.40
Lajes	0.30

O módulo de elasticidade utilizado no modelo foi de secante, de acordo com o f_{ck} do elemento estrutural (já apresentado anteriormente).

Modelo ELS

O modelo ELS foi utilizado para análise de deslocamento do edifício.

Neste modelo a inércia utilizada para os elementos estruturais foi a bruta.

Consideração das fundações

Todos os pilares foram considerados rigidamente conectados à fundação (sapatas) e a resistência do terreno maior a 0,15 MPa.

Modelo 3D

Na Fig 2, apresenta-se uma vista tri-dimensional da solução estrutural proposta.

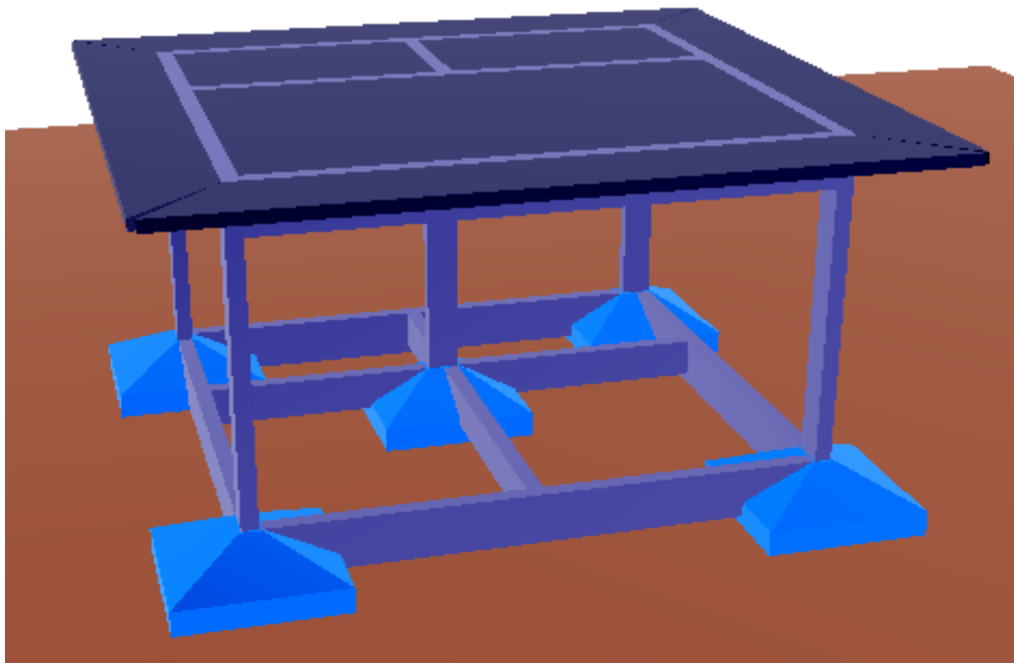


Fig 2 Vista tri-dimensional da estrutura proposta.

Esforços de cálculo

Os esforços obtidos na análise de pórtico foram utilizados para o dimensionamento de vigas e pilares, onde um conjunto de combinações conciliando os esforços de cargas verticais e de vento são agrupados e ponderados segundo as prescrições das normas NBR8681:2003 e NBR6118:2014.

No dimensionamento das armaduras das vigas é utilizada uma envoltória de esforços solicitantes de todas as combinações pertencentes ao grupo ELU1. Para o dimensionamento de armaduras dos pilares são utilizadas todas as hipóteses de solicitações (combinações do grupo ELU2).

ESTABILIDADE GLOBAL

A seguir são apresentados os principais parâmetros de instabilidade obtidos da análise estrutural do edifício.

Parâmetro	Valor
<i>GamaZ</i>	1.03
<i>FAVt</i>	1.03
<i>Alfa</i>	0.40

Na tabela anterior são apresentados somente os valores máximos obtidos para os coeficientes.

GamaZ é o parâmetro para avaliação da estabilidade de uma estrutura. Ele NÃO considera os deslocamentos horizontais provocados pelas cargas verticais (calculado p/ casos de vento), conforme definido no item 15.5.3 da NBR 6118:2014.

FAVt é o fator de amplificação de esforços horizontais que pode considerar os deslocamentos horizontais gerados pelas cargas verticais (calculado p/ combinações ELU com a mesma formulação do GamaZ).

Alfa é o parâmetro de instabilidade de uma estrutura reticulada conforme definido pelo item 15.5.2 da NBR 6118:2014.

Listagem completa dos parâmetros de instabilidade

A seguir são apresentados a listagem completa dos parâmetros de instabilidade para as combinações apresentadas anteriormente:

Parâmetro de estabilidade (GamaZ) para os carregamentos simples de vento

Caso	Ang	CTot	M2	CHor	M1	Mig	GamaZ	Alfa	Obs
5	90.	56.9	.1	1.9	3.3	.3	1.020	.297	
6	270.	56.9	.1	1.9	3.3	.3	1.020	.297	
7	0.	56.9	.1	1.6	2.7	.3	1.027	.348	
8	180.	56.9	.1	1.6	2.7	.3	1.027	.348	

Parâmetro de estabilidade (RM2M1) para combinações de ELU - vigas e lajes

Caso	Ang	CTot	M2	CHor	M1	MultH	RM2M1	Alfa	Obs
14	90.	56.9	.0	1.2	2.0	1.000	1.028	.355	
15	270.	56.9	.0	1.2	2.0	1.000	1.012	.235	
16	0.	56.9	.0	1.0	1.6	1.000	1.023	.328	
17	180.	56.9	.0	1.0	1.6	1.000	1.031	.377	
18	90.	56.9	.1	1.9	3.3	1.000	1.024	.332	
19	270.	56.9	.0	1.9	3.3	1.000	1.015	.265	
20	0.	56.9	.1	1.6	2.7	1.000	1.025	.339	
21	180.	56.9	.1	1.6	2.7	1.000	1.029	.367	
25	90.	56.9	.0	1.2	2.0	1.000	1.028	.355	
26	270.	56.9	.0	1.2	2.0	1.000	1.012	.235	
27	0.	56.9	.0	1.0	1.6	1.000	1.023	.328	
28	180.	56.9	.0	1.0	1.6	1.000	1.031	.377	
29	90.	56.9	.1	1.9	3.3	1.000	1.024	.332	
30	270.	56.9	.0	1.9	3.3	1.000	1.015	.265	
31	0.	56.9	.1	1.6	2.7	1.000	1.025	.339	
32	180.	56.9	.1	1.6	2.7	1.000	1.029	.367	

Parâmetro de estabilidade (RM2M1) para combinações de ELU - pilares e fundações

Caso	Ang	CTot	M2	CHor	M1	MultH	RM2M1	Alfa	Obs
14	90.	56.9	.0	1.2	2.0	1.000	1.028	.355	
15	270.	56.9	.0	1.2	2.0	1.000	1.012	.235	
16	0.	56.9	.0	1.0	1.6	1.000	1.023	.328	
17	180.	56.9	.0	1.0	1.6	1.000	1.031	.377	
18	90.	56.9	.1	1.9	3.3	1.000	1.024	.332	
19	270.	56.9	.0	1.9	3.3	1.000	1.015	.265	
20	0.	56.9	.1	1.6	2.7	1.000	1.025	.339	
21	180.	56.9	.1	1.6	2.7	1.000	1.029	.367	
25	90.	56.9	.0	1.2	2.0	1.000	1.028	.355	
26	270.	56.9	.0	1.2	2.0	1.000	1.012	.235	
27	0.	56.9	.0	1.0	1.6	1.000	1.023	.328	
28	180.	56.9	.0	1.0	1.6	1.000	1.031	.377	
29	90.	56.9	.1	1.9	3.3	1.000	1.024	.332	
30	270.	56.9	.0	1.9	3.3	1.000	1.015	.265	
31	0.	56.9	.1	1.6	2.7	1.000	1.025	.339	
32	180.	56.9	.1	1.6	2.7	1.000	1.029	.367	

Classificação da estrutura

Baseado nos valores apresentados acima, a estrutura pode ser avaliada da seguinte forma:

- Parâmetro adotado na análise do edifício (GamaZ): 1.03;
- Tipo da estrutura (Alfa): 0.38

COMPORTAMENTO EM SERVIÇO - ELS

Deslocamentos do modelo estrutural global

Para o edifício em questão temos os seguintes valores:

- Altura total do edifício - H (m): 3.25;
- Altura entre pisos - Hi (m): 3.25.

Listagem completa dos deslocamentos do modelo global do edifício

A seguir são apresentados a listagem completa dos parâmetros de instabilidade para as combinações apresentadas anteriormente:

Legenda para a tabela de deslocamentos máximos
=====

Legenda	Valor
Caso	Caso de carregamento de ELS
DeslH	Máximo deslocamento horizontal absoluto (cm)
Relat1	Valor relativo à altura total do edifício
Piso	Piso de deslocamento máximo relativo
DeslHp	Máximo deslocamento horizontal entre pisos (cm)
Relat3	Valor relativo ao pé-direito do pavimento
Obs	Observações (A/B/C..). Quando definidas, ver significado a seguir.

Deslocamentos máximos

Caso	DeslH	Relat1	Obs
5	.05	H/6697.	
6	.05	H/6697.	
7	.06	H/5881.	D
8	.06	H/5881.	

Deslocamentos máximos entre pisos

Caso	Piso	DeslHp	Relat3	Obs
5	2	.05	Hi/6455.	
6	2	.05	Hi/6455.	
7	2	.05	Hi/5680.	DE
8	2	.05	Hi/5680.	

Com os resultados obtidos pela análise estrutural obteve-se os seguintes valores de deslocamentos horizontais do modelo estrutural global:

Deslocamento	Valor máximo	Referência
Topo do edifício (cm)	(H / 5881) 0.06	(H / 1700) 0.19
Entre pisos (cm)	(Hi / 5680) 0.05	(Hi / 850) 0.36

Os valores de referência utilizados são prescritos pelo NBR 6118:2014 através do item 13.3.

Flecha máxima do pavimento cobertura

A seguir é apresentada a flecha máxima na laje do pavimento cobertura:

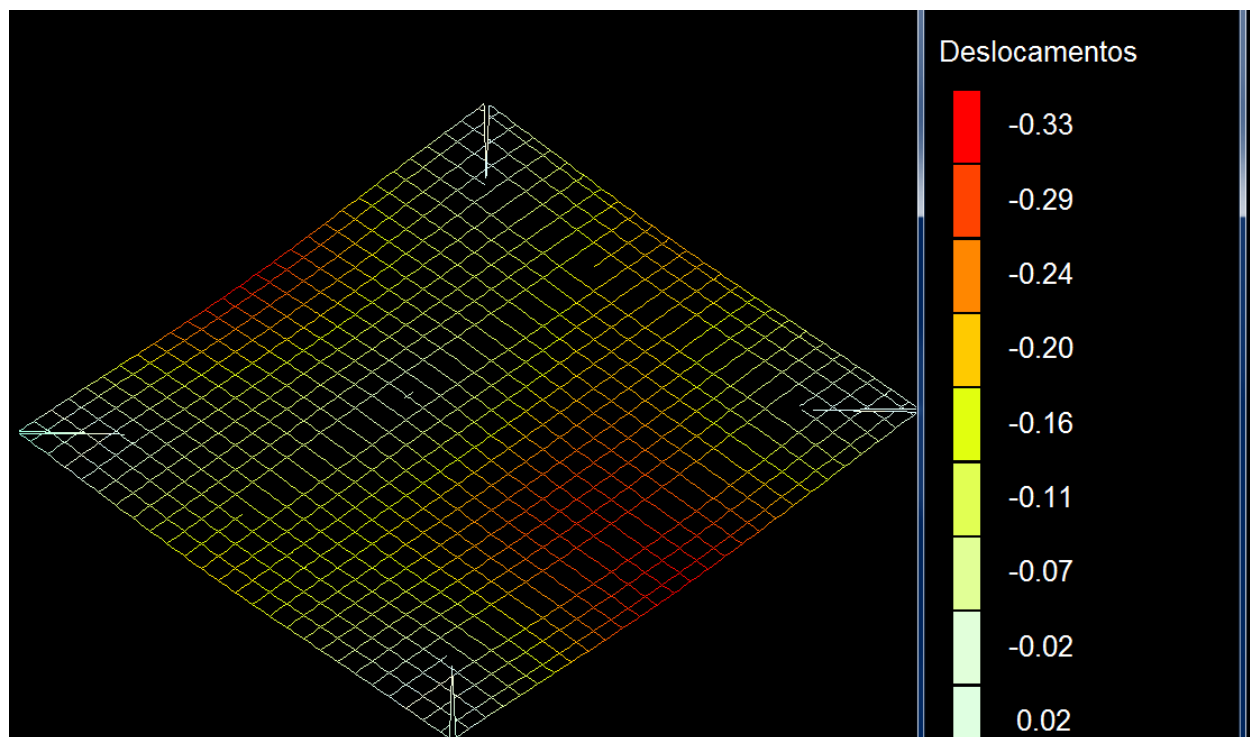


Fig No 3 Flecha máxima (cm) na laje da cobertura

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Consideramos a estrutura e o projeto exequível.

Este projeto deverá ser executado por empresa e/ou profissional habilitado realizando todos os registros na prefeitura e CREA-regional.

Todas as normas de controle tecnológico do concreto deverão ser seguidas, assim como as normas de execução de estruturas.

BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

ABNT NBR 6118:2014, Projeto de estruturas de concreto - Procedimento;

ABNT NBR 6120:1980, Cargas para o cálculo de estruturas de edificações - Procedimento;

ABNT NBR 6122:1996, Projeto e execução de fundações - Procedimento;

ABNT NBR 12655:1996, Concreto - Preparo, controle e recebimento - Procedimento;

ABNT NBR 8681:2003, Ações e segurança nas estruturas - Procedimento;

Curso de Concreto Armado, José Milton de Araújo, Editora DUNAS, 2003, v 1, 2, 3, 4 2ª Ed.;

Estruturas de Concreto Armado, João Teatini de Souza, Ed. Universidade de Brasília: Finatec, 2008, 2ª Ed.;

Exercícios de Fundações, Alonso U.R. Editora Edgard Blucher Ltda. 12 re-impressão-2001.