

**UNIDADE DE ATENÇÃO PRIMÁRIA E
ATENDIMENTO IMEDIATO
PROJETO PADRÃO**

MEMORIAL DE CÁLCULO

PROJETO DE ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES

ABRIL / 2022
VERSÃO R02



MEP Arquitetura e Planejamento Ltda. – EPP

CNPJ: 06.164.906/0001-28

Rua Milton Gavetti, 369 – Jd. Universitário

CEP: 86.050-720 – Londrina / PR

Fone: (43) 3328-1020

mep@meparquitetura.arq.br

www.meparquitetura.arq.br

ASSUNTO:	MEMORIAL DE CÁLCULO PROJETO DE ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES	
OBRA:	UNIDADE DE ATENÇÃO PRIMÁRIA E ATENDIMENTO IMEDIATO	
LOCAL:	DIVERSOS	
PROPRIETÁRIO:	DIVERSOS MUNICÍPIOS	DIVERSOS MUNICÍPIOS

<p>QUADROS DE ÁREAS:</p> <hr/> <p>ÁREA DO TERRENO 2,400,00 m²</p> <hr/> <p>PAVIMENTO TÉRREO</p> <p>ÁREA A CONSTRUIR 568,92m²</p> <p>SUBTOTAL 568,92m²</p> <hr/> <p>ANEXOS</p> <p>CENTRAL DE RESÍDUOS 8,15 m²</p> <p>CENTRAL DE GASES 15,64 m²</p> <p>CENTRAL DE GASES ODONTOLÓGICOS 0,89 m²</p> <p>SUBTOTAL 24,68 m²</p> <hr/> <p>ÁREA COMPUTÁVEL</p> <p>MARQUISES 59,83 m²</p> <p>SUBTOTAL 59,83 m²</p> <hr/> <p>ÁREA TOTAL CONSTRUIDA 653,43 m²</p>	<hr/> <p>PROPRIETÁRIO: SECRETARIA DO ESTADO DA SAÚDE - SESA</p> <hr/> <p><i>Thiago F.S. Xavier</i></p> <hr/> <p>AUTOR DO MEMORIAL: Thiago Fernando Segá Xavier Engenheiro Civil – CREA: 105125/D MEP – ARQUITETURA E PLANEJAMENTO LTDA CNPJ: 06.164.906/0001-28</p> <hr/> <p>RESPONSÁVEL TÉCNICO EAS: A DEFINIR PELO MUNICÍPIOS</p> <hr/> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none; text-align: center; vertical-align: middle;"> <p>ESCALA: INDICADA</p> </td> <td style="width: 50%; border: none; text-align: center; vertical-align: middle;"> <p>DATA: ABRIL / 2022</p> </td> </tr> </table> <hr/> <p>TEXTO: MEP ARQUITETURA E PLANEJAMENTO VERSÃO R02</p>	<p>ESCALA: INDICADA</p>	<p>DATA: ABRIL / 2022</p>
<p>ESCALA: INDICADA</p>	<p>DATA: ABRIL / 2022</p>		

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	4
ACRÔNIMOS E ABREVIações	7
1 INTRODUÇÃO.....	7
2 BASES DE REFERÊNCIA DO DOCUMENTO.....	8
2.1 Referências Técnicas	8
3 PREMISSAS DE CÁLCULO	10
3.1 Parâmetros Gerais.....	10
3.1.1 Sistema de Unidades.....	10
3.1.2 Modelagem Matemática.....	10
3.1.3 Materiais.....	10
3.2 Condições Ambientais	11
3.2.1 Temperatura e Retração.....	11
3.2.2 Ventos	11
3.2.3 Condições Sísmicas	13
3.3 Durabilidade.....	14
3.3.1 Classe de Agressividade Ambiental	14
3.3.2 Características do Concreto	14
3.3.3 Cobrimentos Mínimos	15
3.4 Carregamentos	16
3.4.1 Peso próprio.....	16
3.4.2 Sobrecargas acidentais	16
3.4.3 Cargas Permanentes	19
3.4.4 Equipamentos Especiais.....	21
3.4.5 Cargas Decorrentes do Processo Construtivo	21
3.5 Combinações e Fatores Parciais.....	22
3.6 Critérios de Modelagem Estrutural.....	24
3.7 Cálculo de Fundação.....	24
3.7.1 Caso de Fundação Profunda.....	24
3.7.2 Coeficiente de Segurança Global de Fundações.....	25
3.8 Exigências de Incêndio.....	25
4 MODELOS ESTRUTURAIS	27
4.1 Estrutura de Concreto Armado.....	27
5 FUNDAÇÕES.....	33
5.1 Tabela de Carga dos pilares e respectivas cargas máximas nas estacas.....	33

5.2	Cálculo das armaduras dos fustes das estacas.....	37
5.2.1	Armaduras Longitudinais	37
5.3	Blocos de fundação	38
6	ESFORÇOS ATUANTES	40
6.1	Análise Global da Estrutura	40
6.2	Prédio Principal.....	40
6.2.1	Flexão em Lajes.....	40
6.2.2	Flexão em Vigas	41
6.2.3	Força Normal em Pilares	42
6.3	Anexos	43
6.3.1	Central de Resíduos	43
6.3.2	Central de Gases	44
6.3.3	Central de Vácuo Clínico	45
7	DIMENSIONAMENTO	46
7.1	Prédio Principal.....	46
7.1.1	Vigas	46
7.1.2	Pilares	49
8	CONCLUSÃO	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Isopletas de velocidade básica do vento	11
Figura 2: Ábaco Coeficiente de Arrasto	12
Figura 3: Mapeamento de Aceleração Sísmica	13
Figura 4: Classes de Agressividade	14
Figura 5: Características do Concreto Armado	15
Figura 6: Cobrimento x Classe de Agressividade	15
Figura 7: Cargas gerais acidentais - Área Hospitalar	17
Figura 8: Cargas gerais acidentais – Coberturas em geral (sem estrutura metálica e telha inclinada) - (kN/m ²)	18
Figura 9: Cargas gerais acidentais – Coberturas com estrutura metálica e telha	18
Figura 10: Cargas gerais – Paredes em alvenaria	19
Figura 11: Cargas Permanentes Gerais dos pavimentos	20
Figura 12: Cargas Permanentes Gerais de cobertura	21
Figura 13: Parâmetros e Combinações	22
Figura 14: AOKI-VELLOSO (parâmetros)	24
Figura 15– Parâmetros Decóurt Quaresma	25
Figura 16: Coeficientes de Segurança	25
Figura 17: Exigências para edificações do grupo H-3	25
Figura 18: Vista tridimensional do modelo – Prédio Principal	29
Figura 19: Vista tridimensional – Central de Resíduos	30
Figura 20: Vista tridimensional do modelo – Central de Gases	30
Figura 21: Vista tridimensional – Central de Vácuo Clínico	31
Figura 22: Vista tridimensional – Central de Vácuo Odonto	31
Figura 23: Vista tridimensional – Central de Compressor	32
Figura 24: Tabela de cargas – Prédio Principal	34
Figura 25: Tabela de cargas – Central de Resíduos	35
Figura 26: Tabela de cargas – Central de Gases	36
Figura 27: Tabela de cargas – Central de Vácuo Clínico	36
Figura 28: Armadura mínima de estacas	37
Figura 29: Cálculo dos blocos do Prédio Principal – Blocos de 1 estaca (32x)	38
Figura 30: Cálculo dos blocos do Prédio Principal – Blocos de 2 estacas (12x)	38
Figura 31: Cálculo dos blocos do Prédio Principal – Blocos de 2 estacas (6x)	39
Figura 32: Cálculo dos blocos dos Anexos	39

Figura 33: Momento fletor nas lajes da Cobertura.....	40
Figura 34: Momento fletor em vigas.....	41
Figura 35: Força Normal em pilares.....	42
Figura 36: Diagramas de momento fletor nas vigas - Central de Resíduos (tfm).....	43
Figura 37: Esforços axiais nos pilares - Central de Resíduos (tfm).	43
Figura 38: Diagramas de momento fletor nas vigas - Central de Gases (tfm).....	44
Figura 39: Esforços axiais nos pilares - Central de Gases (tfm).	44
Figura 40: Diagramas de momento fletor nas vigas - Central de Vácuo Clínico (tfm).....	45
Figura 41: Esforços axiais nos pilares - Central de Vácuo Clínico (tfm).	45

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Coeficiente de não linearidade física.....	28
Tabela 2: Resumo de dimensionamento de vigas - Pav. Térreo	46
Tabela 3: Resumo de dimensionamento de vigas - Primeiro Pav.....	47
Tabela 4: Resumo de dimensionamento de vigas - Platibanda	47
Tabela 5: Tabela de dimensionamento de vigas – Caixa d'água.....	48
Tabela 6: Resumo de dimensionamento de pilares.....	49

ACRÔNIMOS E ABREVIações

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira

1 INTRODUÇÃO

O presente documento refere-se ao memorial de cálculo do projeto para UM - Unidade de Atenção Primária e Atendimento Imediato que serão destinadas através de convenio entre a SESA/PR e alguns Municípios do Paraná. Este memorial tem como objetivo descrever o projeto padrão das estruturas de concreto. Em relação à localização e fundações, estas serão determinadas conforme dados e implantação de cada município.

2 BASES DE REFERÊNCIA DO DOCUMENTO

2.1 Referências Técnicas

Considera-se como referências técnicas para a elaboração os seguintes documentos, sendo todas as normas citadas nas versões mais atuais:

Normas:

- NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento;
- NBR 6122 – Projeto e Execução de Fundações;
- NBR 6123 – Forças Devido ao Vento em Edificações;
- NBR 8681 – Ações e Segurança nas Estruturas;
- NBR 8800 – Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios;
- NBR 6120 – Ações para o cálculo de estruturas de edificações;
- NBR 15421 – Projeto de estruturas resistentes a sismos – Procedimento;
- NBR 15200 – Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio.
- NBR 14762 - Dimensionamento de estrutura de aço constituída por perfis formado a frio;

Referências Bibliográficas:

- Hormigón Armado, por P.J. Montoya, A.G. Meseguer, F.M. Cabré;
- Construções de Concreto, por F. Leonhardt e E. Monninig;
- VELLOSO, Dirceu de Alencar. Fundações, Volume 1. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011;
- VELLOSO, Dirceu de Alencar. Fundações, Volume 2. Nova ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010;
- GUIDICINI, Guido. Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação. 2 ed. São Paulo: Editora Blucher, 1983;
- CINTRA, José Carlos. Fundações por Estacas. Nova ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010;
- VARGAS, Milton. Introdução à Mecânica dos Solos. Nova ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977;

- CAPUTO, Homero Pinto. Mecânica dos Solos e suas Aplicações. 5 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1974.
- Estrutura de aço: Dimensionamento de perfis formados a frio por Carlos Eduardo Javaroni.
- Edifícios estruturais em aço, Projeto e cálculo por Ildony H. Bellei.

3 PREMISSAS DE CÁLCULO

A concepção da estrutura de concreto armado se deu de acordo com os parâmetros delimitados na norma brasileira NBR 6118, as fundações seguiram os conceitos descritos na NBR 6122.

3.1 Parâmetros Gerais

3.1.1 Sistema de Unidades

Todos os valores apresentados estão em:

- Forças: kN ou tf;
- Comprimentos: m ou cm;
- Temperatura: °C;

Exceto onde expressamente indicado ou em situações em que há unidades consagradas pela prática.

3.1.2 Modelagem Matemática

Os modelos estruturais foram elaborados no seguinte software:

- a) TQS v22: Elaboração do projeto para estruturas de concreto armado;

3.1.3 Materiais

- a) CONCRETO C-30 (GERAL E ESTACAS)

Resistência característica (f_{ck}) maior ou igual a 30 MPa aos 28 dias. O Módulo de elasticidade de Young (E) do material é calculado de acordo com a relação dada na NBR 6118:

- Concretos de classe até C50:

$$E_{ci} = \alpha_E * 5600 * \sqrt{f_{ck}}$$

O parâmetro α_E é definido em relação ao tipo de agregado e pode variar entre 0,7 e 1,2.

- a) AÇO PARA CONCRETO ARMADO:

Aço CA-50: Tensão de escoamento (f_y) de 500 MPa, nervurado e com características que permitam seu uso em conjunto com o concreto, em bitolas de Ø6,3 mm ou superiores;

Aço CA-60: Tensão de escoamento (f_y) de 600 MPa, sem nervuras, em bitolas de Ø5 mm ou inferiores.

3.2 Condições Ambientais

3.2.1 Temperatura e Retração

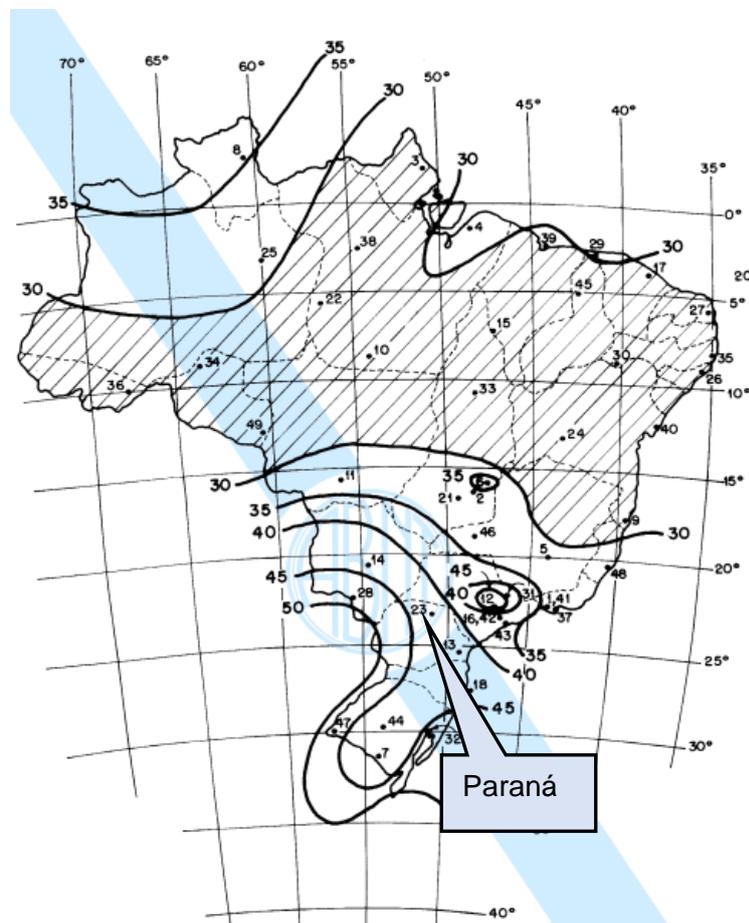
Foi considerada uma variação térmica de $\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ para os efeitos de temperatura e de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para o fenômeno de retração onde for justificável a análise no projeto.

3.2.2 Ventos

As cargas de vento seguiram a NBR 6123, a partir da qual os seguintes parâmetros serão adotados:

- Velocidade básica (Paraná): para o cálculo das cargas do vento, utilizou-se o pior caso da região (Foz do Iguaçu), sendo assim, $V_0 = 50\text{ m/s}$ (ver mapa de isopletras a seguir).

Figura 1: Isopletras de velocidade básica do vento



Fonte: NBR 6123

- Fator topográfico - $S_1 = 1,0$
- Rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura sobre o terreno - S_2 :
 - Categoria III;
 - Classe C;
 - $Z \sim 8m$.

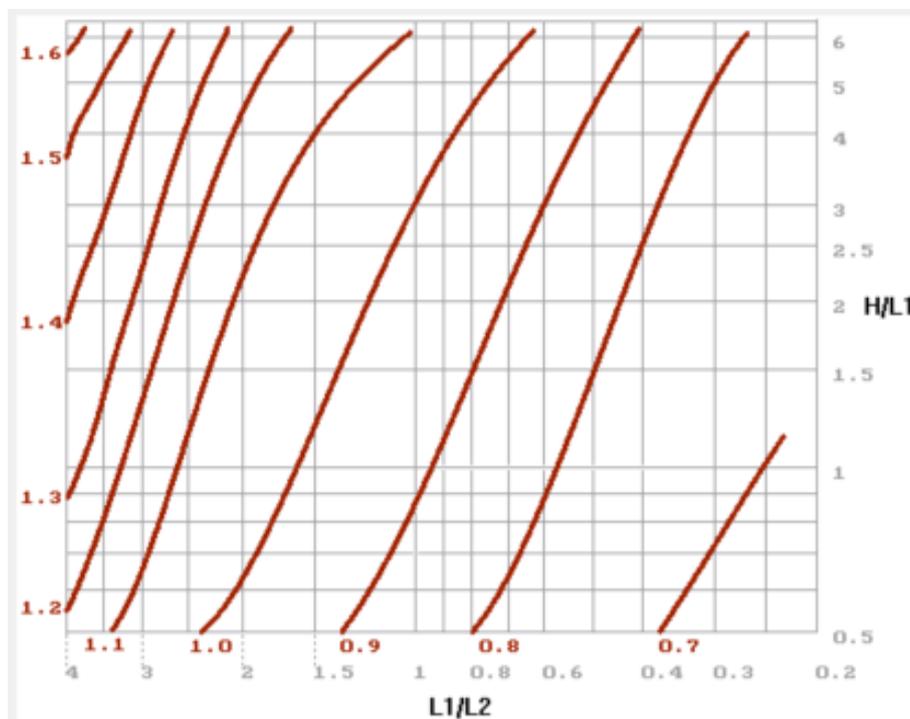
Portanto, $S_2 = 0,86$.

- Fator estatístico - $S_3: 1,1$

Portanto: $V_k = 1,0 \times 0,86 \times 1,1 \times 50 = 47,4 \text{ m/s}$.

Os coeficientes de arrasto serão calculados de acordo com o Ábaco a seguir, definido para ventos de alta turbulência:

Figura 2: Ábaco Coeficiente de Arrasto



Fonte: NBR 6123

Onde:

H = Altura da Edificação (m);

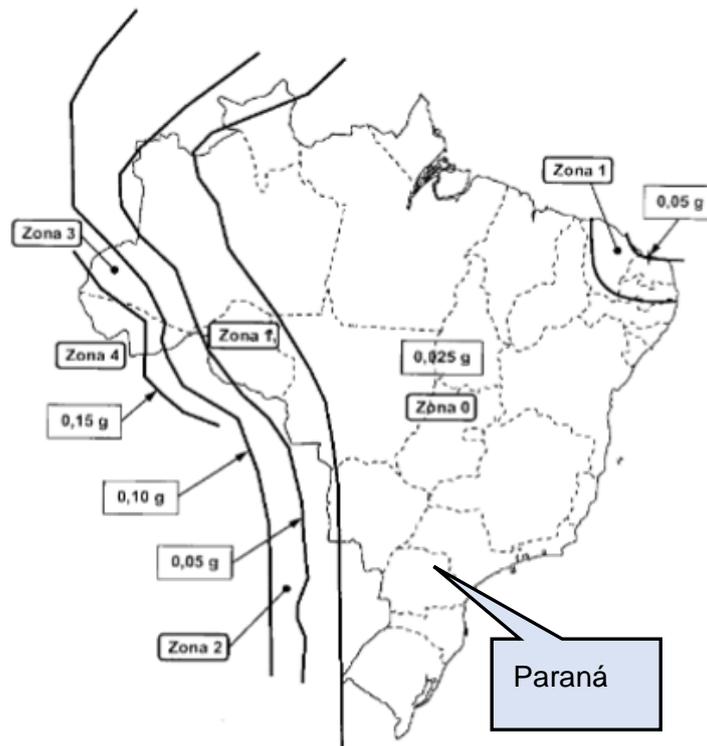
L1 e L2: Comprimento/largura (Lados da edificação - m).

3.2.3 Condições Sísmicas

De acordo com a NBR 15421, item 7.3.1 é descrito que: (...) “7.3.1 Requisitos de análise para categoria sísmica A (...) Para as estruturas localizadas na zona sísmica 0, nenhum requisito de resistência sísmica é exigido.” (...)

No mapeamento de aceleração sísmica (Figura 3) fica claro que as cidades do Paraná se enquadram na zona 0, que está dentro da categoria sísmica A, ou seja, não há necessidade de avaliação sísmica.

Figura 3: Mapeamento de Aceleração Sísmica



Fonte: NBR 15421

3.3 Durabilidade

3.3.1 Classe de Agressividade Ambiental

Considerando-se as recomendações e indicações da norma 6118 vigente, verifica-se que as estruturas de concreto armado em questão se encontram inseridas na classe de agressividade ambiental descrita como CAA II (Urbana).

Figura 4: Classes de Agressividade

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.

Fonte: NBR 6118

3.3.2 Características do Concreto

Uma vez que a estrutura de concreto armado foi classificada na classe de agressividade II, utilizando a tabela 7.1, da NBR 6118, entende-se que o concreto armado em geral deverá ter as seguintes características mínimas:

- Relação água/cimento (concreto armado CA): $\leq 0,60$;
- Classe do concreto (NBR 8953): $\geq C25$ (25MPa) → **Adotado 30MPa**;

A tabela a seguir apresenta a relação entre a classe de agressividade e as características do concreto.

Figura 5: Características do Concreto Armado

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	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ 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.

Fonte: NBR 6118

3.3.3 Cobrimentos Mínimos

A tabela 7.2 da NBR 6118 indica os cobrimentos mínimos para tolerância de execução (Δc) de 10mm.

Figura 6: Cobrimento x Classe de Agressividade

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

Fonte: NBR 6118

Entretanto, o item 7.4.7.4 da NBR6118 diz que “ (...) Quando houver um controle adequado de qualidade e limites rígidos de tolerância da variabilidade das medidas durante a execução, pode ser adotado o valor $\Delta c = 5$ mm, mas a exigência de controle rigoroso deve ser explicitada nos desenhos de projeto. Permite-se, então, a redução dos cobrimentos nominais, prescritos na Tabela 7.2, em 5 mm (...).

No presente projeto foi informado nos desenhos de formas a necessidade de controle rigoroso de tolerância da variabilidade das medidas. Desta forma, tem-se os seguintes cobrimentos a serem utilizados no projeto:

a) Concreto Armado:

Laje: 25mm – 5mm = **20mm**

Viga/Pilar: 30mm – 5mm = **25mm**

Para estaca escavada adotou-se 4,0cm.

3.4 Carregamentos

A seguir serão apresentados os carregamentos que foram considerados no projeto:

3.4.1 Peso próprio

Será adotado o peso específico de 25 kN/m³ para o concreto armado e de 78,5 kN/m³ para o aço.

3.4.2 Sobrecargas acidentais

As seguintes sobrecargas, quando aplicável, foram adotadas de acordo com a utilização de cada ambiente:

a) Área hospitalar:

Figura 7: Cargas gerais acidentais - Área Hospitalar

	Local	Carga uniformemente distribuída kN/m ²	Carga concentrada kN
Hospitais As cargas devem ser validadas caso a caso, porém com os valores mínimos indicados nesta Tabela.	Dormitórios, enfermaria, sala de recuperação, sanitários	2	–
	Sala de raios X, sala de cirurgia	3 ^a	–
	Laboratório	3 ^a	–
	Corredores	3	–
	Sala de refeições, café, restaurante	3 ^a	–
	Depósitos	20 kN/m ² até 3 m de altura de estoque + 5 kN/m ² por metro de altura de estoque excedente ^{a,p}	–
	Salas administrativas Áreas técnicas (ver item nesta Tabela)	2,5	–
Escadas e passarelas ^t	Hospitais	3	–
	Residenciais, hotéis (dentro de unidades autônomas)	2,5	–
	Residenciais, hotéis (uso comum)	3	–
	Edifícios comerciais, clubes, escritórios, bibliotecas	3	–
	Centros de exposição	5	–
	Centros de convenções e locais de reunião de pessoas, teatros, igrejas	5	–
	Escolas	3	–
	Cinemas, centros comerciais, <i>shopping centers</i>	4	–
	Servindo arquibancadas	5	–
	Com acesso público	3	–
Sem acesso público	2,5	–	
Vestíbulos (acessos) ^a	Sem acesso público	1,5	–
	Com acesso público	3	–
	Residenciais, hotéis, hospitais (uso comum)	3	–
	Edifícios comerciais, clubes, escritórios, escolas, bibliotecas	3	–
	Centros de convenções e locais de reunião de pessoas, teatros, igrejas	5	–
	Cinemas, centros comerciais, <i>shopping centers</i> Servindo arquibancadas	5	–

Balcões, sacadas, varandas e terraços ^{i,j}	Residencial	2,5	–
	Comercial, corporativos e escritórios	3	–
	Com acesso público (hotéis, hospitais, escolas, teatros etc.)	4	–

Fonte: NBR 6120

b) Cobertura em geral:

As sobrecargas das coberturas sobre pavimentos de concreto armado estão, quando aplicável, apresentadas a seguir:

Figura 8: Cargas gerais acidentais – Coberturas em geral (sem estrutura metálica e telha inclinada) - (kN/m²)

Coberturas ^{a,g,n,o} Cargas para estruturas de concreto armado, mistas de aço e concreto e alvenaria estrutural. Outras coberturas: ver 6.4	Com acesso apenas para manutenção ou inspeção	1	g
	Com placas de aquecimento solar ou fotovoltaicas	1,5	g
	Outros usos: conforme o item pertinente desta Tabela.		

Fonte: NBR 6120.

Figura 9: Cargas gerais acidentais – Coberturas com estrutura metálica e telha

As demais coberturas devem ser projetadas para suportar uma carga variável uniformemente distribuída conforme a expressão a seguir:

$$q = 0,50 \times \alpha \quad \text{onde} \quad 0,25 \text{ kN/m}^2 \leq q \leq 0,50 \text{ kN/m}^2$$

$$\alpha = \begin{cases} 1,0 & 1\% < i \leq 2\% \\ 2,0 - 0,5 \times i & 2\% < i < 3\% \\ 0,5 & i \geq 3\% \end{cases}$$

onde

i é a inclinação da cobertura, medida entre a cumeeira e a extremidade mais baixa, expressa em porcentagem (%);

Fonte: NBR 6120

3.4.3 Cargas Permanentes

a) Paredes em alvenaria (blocos cerâmicos vazados)

As cargas provenientes das paredes em alvenaria foram consideradas com revestimento de 2cm, de acordo com a tabela a seguir:

Figura 10: Cargas gerais – Paredes em alvenaria

Alvenaria	Espessura nominal do elemento cm	Peso - Espessura de revestimento por face kN/m ²		
		0 cm	1 cm	2 cm
Bloco cerâmico vazado (Furo horizontal - ABNT NBR 15270-1)	9	0,7	1,1	1,6
	11,5	0,9	1,3	1,7
	14	1,1	1,5	1,9
	19	1,4	1,8	2,3

Fonte: NBR 6120

b) Paredes em *drywall*:

Para as paredes em *dry-wall* não se considerou a carga linear posicionada de acordo com a arquitetura. Visto que é possível a alteração de *layout* e mudança de posição deste tipo de parede ao longo do período de utilização do edifício, adotou-se um acréscimo de 70 kgf/m² de carga distribuída em área sobre as lajes, para compreender os esforços proveniente deste tipo de parede.

c) Cargas permanentes gerais dos pavimentos:

Para as cargas permanentes gerais dos pavimentos, quando aplicável, foi considerado 130kgf/m², cuja composição é a seguinte:

Carga permanente distribuída: 100kgf/m² (regularização + revestimento) + 30kgf/m² (forro + instalações).

A parcela de 100 kgf/m² foi extraída da NBR6120, a seguir:

Figura 11: Cargas Permanentes Gerais dos pavimentos

Material	Espessura cm	Peso kN/m ²
Impermeabilização com manta asfáltica simples (apenas manta com 15 % de sobreposição e pintura asfáltica, sem camada de regularização nem proteção mecânica)	0,3	0,08
	0,4	0,10
	0,5	0,11
Piso elevado interno com placas de aço, sem revestimento (até 30 cm de altura)	–	0,5
Piso elevado interno com placas de polipropileno, sem revestimento (até 30 cm de altura)	–	0,15
Revestimentos de pisos de edifícios residenciais e comerciais ($\gamma_{ap-m} = 20 \text{ kN/m}^3$)	5	1,0
	7	1,4
Revestimentos de pisos de edifícios industriais ($\gamma_{ap-m} = 34 \text{ kN/m}^3$)	5	1,7
	7	2,4
Impermeabilizações em coberturas com manta asfáltica e proteção mecânica, sem revestimento ($\gamma_{ap-m} = 18 \text{ kN/m}^3$)	10	1,8
	15	2,7
NOTA Calcular caso a caso, considerando a espessura dos componentes do revestimento de pisos e seus respectivos pesos específicos. Na falta de informações mais precisas, podem ser considerados os pesos específicos médios indicados.		

Fonte: NBR 6120

d) Cargas permanentes de cobertura:

As cargas permanentes de cobertura serão consideradas de acordo com tabela a seguir, somado a 30 kgf/m² (forro + instalações):

Figura 12: Cargas Permanentes Gerais de cobertura

Coberturas com telhas:

Composição	Peso na superfície horizontal kN/m ²
Com telhas cerâmicas em geral (exceto tipo germânica e colonial) e estrutura de madeira com inclinação $\leq 40\%$	0,7
Com telhas cerâmicas (tipo germânica e colonial) e estrutura de madeira com inclinação $\leq 40\%$.	0,85
Com telhas de fibrocimento onduladas (com espessura até 5 mm) e estrutura de madeira	0,4
Com telhas de alumínio (com espessura até 0,8 mm) e estrutura metálica de aço	0,3
Com telhas de alumínio (com espessura até 0,8 mm) e estrutura metálica de alumínio	0,2
Com telhas de fibrocimento tipo canaleta (com espessura 8 mm) e estrutura de madeira	0,35
NOTA: Peso por metro quadrado de telhado, na superfície horizontal, incluindo a estrutura de suporte (tesouras, terças, caibros e ripas).	

Coberturas com impermeabilização:

Material	Espessura cm	Peso kN/m ²
Impermeabilizações em coberturas com manta asfáltica e proteção mecânica, sem revestimento ($\gamma_{ap-m} = 18 \text{ kN/m}^3$)	10	1,8
	15	2,7

Fonte: NBR 6120

3.4.4 Equipamentos Especiais

Cargas provenientes de equipamentos especiais foram avaliados caso-a-caso, a depender do projeto das demais disciplinas envolvidas.

3.4.5 Cargas Decorrentes do Processo Construtivo

Cargas provenientes do processo construtivo, quando aplicável, foram avaliadas no projeto.

3.5 Combinações e Fatores Parciais

As combinações seguiram o preconizado na NBR 6118, cujos parâmetros estão descritos a seguir:

Figura 13: Parâmetros e Combinações

Peso Próprio

Gama F - ponderador de ações

Ponderador favorável

Esforços de 2a ordem

Gama F3 - parcela de desvios

Cargas Permanentes

Gama F - ponderador de ações

Ponderador favorável

Ponderadores e redutores de sobrecargas ✕

Ponderadores ELU

Gama F - ponderador de ações

Ponderador favorável

Cargas acidentais de edifícios

Valores definidos

Locais em que não há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas

Locais em que há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevadas concentrações de pessoas

Bibliotecas, arquivos, oficinas e garagens.

Fatores de redução ELU e ELS

	ELU	ELS-Fr	ELS-QP
Psi0	<input style="width: 50px;" type="text" value="0.7"/>	<input style="width: 50px;" type="text" value="0.6"/>	<input style="width: 50px;" type="text" value="0.4"/>

Ponderadores e redutores de vento ✕

Ponderadores ELU

Gama F - ponderador de ações

Ponderador favorável

Fatores de redução ELU e ELS

	ELU	ELS-Fr	ELS-QP
Psi0	<input style="width: 50px;" type="text" value="0.6"/>	<input style="width: 50px;" type="text" value="0.3"/>	<input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>

Casos de carregamento simples

Sufixo "_R" Carga accidental reduzida
Sufixo "_V" Vigas de transição c/inércia normal
Sufixo "_E" Engastado, com caso correspondente articulado

Num	Prefixo	Título
1	TODAS	Todas permanentes e accidentais dos pavimentos
2	PP	Peso Próprio
3	PERM	Cargas permanentes
4	ACID	Cargas accidentais
5	VENT1	Vento (1) 90°
6	VENT2	Vento (2) 270°
7	VENT3	Vento (3) 0°
8	VENT4	Vento (4) 180°
9	TODAS_V	Todas permanentes e accidentais dos pavimentos - VTN
10	PP_V	Peso Próprio - VTN
11	PERM_V	Cargas permanentes - VTN
12	ACID_V	Cargas accidentais - VTN

Num	AC	VT	Título
13			ELU1/PERMACID/PP+PERM+ACID
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+0.7ACID+VENT1
19			ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.7ACID+VENT2
20			ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.7ACID+VENT3
21			ELU1/ACIDCOMB/PP+PERM+0.7ACID+VENT4
22			FOGO/PERMVAR/PP+PERM+0.4ACID
23			ELS/CFREQ/PP+PERM+0.6ACID
24			ELS/CFREQ/PP+PERM+0.4ACID+0.3VENT1
25			ELS/CFREQ/PP+PERM+0.4ACID+0.3VENT2
26			ELS/CFREQ/PP+PERM+0.4ACID+0.3VENT3
27			ELS/CFREQ/PP+PERM+0.4ACID+0.3VENT4
28			ELS/CQPERM/PP+PERM+0.4ACID
29			COMBFLU/COMBFLU/PP+PERM+0.4ACID
30	X		ELU1/PERMACID/PP_V+PERM_V+ACID_V
31	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT1
32	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT2
33	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT3
34	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+ACID_V+0.6VENT4
35	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.7ACID_V+VENT1
36	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.7ACID_V+VENT2
37	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.7ACID_V+VENT3
38	X		ELU1/ACIDCOMB/PP_V+PERM_V+0.7ACID_V+VENT4
39	X		FOGO/PERMVAR/PP_V+PERM_V+0.4ACID_V
40	X		ELS/CFREQ/PP_V+PERM_V+0.6ACID_V
41	X		ELS/CFREQ/PP_V+PERM_V+0.4ACID_V+0.3VENT1
42	X		ELS/CFREQ/PP_V+PERM_V+0.4ACID_V+0.3VENT2
43	X		ELS/CFREQ/PP_V+PERM_V+0.4ACID_V+0.3VENT3
44	X		ELS/CFREQ/PP_V+PERM_V+0.4ACID_V+0.3VENT4
45	X		ELS/CQPERM/PP_V+PERM_V+0.4ACID_V
46	X		COMBFLU/COMBFLU/PP_V+PERM_V+0.4ACID_V

Fonte: Do Autor

3.6 Critérios de Modelagem Estrutural

Os seguintes critérios foram seguidos na modelagem do TQS:

- Flexibilização das ligações viga/pilar: Sim;
- Modelo enrijecido para viga de transição: Sim;
- Método de análise de 2ª Ordem global: P-Delta;
- Plastificação do momento negativo e redistribuição de esforços: Sim. Redistribuído conforme critérios da norma 6118, limitado a 10%.

3.7 Cálculo de Fundação

O cálculo das fundações foi para o tipo profunda e seguiu a teoria indicada a seguir:

3.7.1 Caso de Fundação Profunda

Para o cálculo das cargas admissíveis das fundações profundas adotou-se o método de AOKI-VELLOSO, cujos parâmetros de cálculo são apresentados a seguir:

Figura 14: AOKI-VELLOSO (parâmetros)

MÉTODO AOKI VELLOSO (1975)					
Coeficiente K e razão de atrito α			Fatores de correção F, e F2		
	K (MPa)	α (%)	Tipo de estaca	F1	F2
Areia	1.00	1.4	Franki	2.50	5.00
Areia siltoosa	0.80	2.0	Metálica	1.75	3.50
Areia siltoargilosa	0.70	2.4	Pré-moldada	1+D/0,80	2 F1
Areia argilosa	0.60	3.0	Escavada	3.00	6.00
Areia argilossiltosa	0.50	2.8	Raiz, Hélice Contínua, Ômega	2.00	4.00
Silte	0.40	3.0	Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010)		
Silte arenoso	0.55	2.2			
Silte arenoargiloso	0.45	2.8			
Silte argiloso	0.23	3.4			
Silte argiloarenoso	0.25	3.0			
Argila	0.20	6.0			
Argila arenosa	0.35	2.4			
Argila arenossiltosa	0.30	2.8			
Argila siltoosa	0.22	4.0			
Argila siltoarenosa	0.33	3.0			
Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010)					

Fonte: Do autor

Também se fez a verificação pelo método de DÉCOURT-QUARESMA, cujos parâmetros estão apresentados a seguir:

Figura 15– Parâmetros Decóurt Quaresma

MÉTODO DECÓURT QUARESMA (1978)					
<i>Valores do fator α em função do tipo de estaca e do tipo de solo</i>					
Tipo de solo	Escavada em geral	Escavada (betonita)	Hélice Contínua	Raiz	Injetada
Argilas	0.85	0.85	0.3	0.85	1
Solos intermediários	0.6	0.6	0.3	0.6	1
Areias	0.5	0.5	0.3	0.5	1
Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010)					
<i>Valores do fator β em função do tipo de estaca e do tipo de solo</i>					
Tipo de solo	Escavada em geral	Escavada (betonita)	Hélice Contínua	Raiz	Injetada
Argilas	0.8	0.9	1	1.5	3
Solos intermediários	0.65	0.75	1	1.5	3
Areias	0.5	0.6	1	1.5	3
Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010)					
<i>Coefficiente característico do solo</i>					
Tipo de solo	C (kPa)				
Argila	120				
Silte argiloso	200				
Silte arenoso	250				
Areia	400				
Fonte: AOKI N., CINTRA J. C. (2010)		<div style="border: 1px solid orange; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block; background-color: #f4a460; color: white;">Voltar no Método</div>			

Fonte: Do autor

3.7.2 Coeficiente de Segurança Global de Fundações

O coeficiente de segurança global foi obtido conforme norma vigente de fundações 6122, de acordo com a figura a seguir:

Figura 16: Coeficientes de Segurança

Condição	Fator de segurança	
Capacidade de carga de fundações superficiais	3,0	
Capacidade de carga de estacas ou tubulões sem prova de carga	2,0	
Capacidade de carga de estacas ou tubulões com prova de carga	1,6	Valor adotado

Fonte: Do autor

3.8 Exigências de Incêndio

Figura 17: Exigências para edificações do grupo H-3

H	Serviços de saúde e institucionais	H-3	Hospitais e assemelhados Hospitais, casa de saúde, prontos-socorros, clínicas com internação, ambulatórios e postos de atendimento de urgência, postos de saúde e puericultura e outros
---	------------------------------------	-----	--

EXIGÊNCIAS PARA EDIFICAÇÕES DO GRUPO “H” - DIVISÃO “H-3” E “H-4”

RL - ÁREA SUPERIOR A 1.500m² E/OU ALTURA SUPERIOR A 9,0m
RM / RE - ÁREA SUPERIOR A 1.000m² E/OU ALTURA SUPERIOR A 6,0m

Grupo de Ocupação e Uso	GRUPO H – SERVIÇOS DE SAÚDE E INSTITUCIONAL											
	H-3						H-4 ¹⁰					
Divisão	Classificação Quanto à altura (em metros)						Classificação quanto à altura (em metros)					
	Térrea	H ≤ 6	6 < H ≤ 12	12 < H ≤ 23	23 < H ≤ 30	Acima de 30	Térrea	H ≤ 6	6 < H ≤ 12	12 < H ≤ 23	23 < H ≤ 30	Acima de 30
Acesso de Viatura na Edificação	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Segurança Estrutural contra Incêndio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Compartimentação Horizontal (áreas)	-	X ⁷	X ⁷	X ⁷	X ⁷	X	-	-	-	-	-	-
Compartimentação Vertical	-	-	X ⁰	X ³	X ³	X ⁸	-	-	-	X ³	X ³	X ⁸
Controle de Materiais de Acabamento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Plano de Emergência	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-
Saídas de Emergência	X	X	X	X ⁴	X ⁴	X ⁴	X	X	X	X	X	X ⁵
Brigada de Incêndio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Iluminação de Emergência	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Deteção de Incêndio	X ¹	X ¹	X ¹	X ¹	X ¹	X	-	-	-	-	-	-
Alarme de Incêndio	X ²	X ²	X ²	X ²	X ²	X ²	X	X	X	X	X	X
Sinalização de Emergência	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Extintores	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hidrante e Mangotinhos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Chuveiros Automáticos	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X
Controle de Fumaça	-	-	-	-	-	X ⁶	-	-	-	-	-	X ⁹

Fonte: CSCIP – Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico.

Como a área das estruturas são menores que 1000 m², está dispensado a verificação da estrutura em relação a segurança estrutural contra incêndio.

4 MODELOS ESTRUTURAIS

Para a análise dos esforços na estrutura foi utilizada a modelagem matemática a partir do software TQS, para a estrutura de concreto armado.

4.1 Estrutura de Concreto Armado

Os modelos foram elaborados no software TQS, adotando as premissas de cálculo já informadas anteriormente. Após inserção dos dados no modelo, procedeu-se o dimensionamento conforme normas vigentes. A seguir são apresentadas explicações do modelo.

I) Tipo do Modelo Estrutural

Na análise estrutural do edifício foi utilizado o 'Modelo 4' do sistema 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 principal foi modelado por um pórtico espacial. Foi realizado um modelo específico para cada anexo. 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).

Os edifícios anexos seguiram as mesmas premissas de modelagem.

II) Avaliação de deformações

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.

III) Descrição do modelo

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. As características de cada um destes modelos são apresentadas a seguir.

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. A seguir são apresentados estes valores:

Tabela 1: Coeficiente de não linearidade física.

<i>Elemento estrutural</i>	<i>Coef. NLF</i>
<i>Pilares</i>	0,80
<i>Vigas</i>	0,40
<i>Lajes</i>	0,30

Fonte: Do Autor.

O módulo de elasticidade utilizado no modelo foi de secante, de acordo com o fck do elemento estrutural.

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.

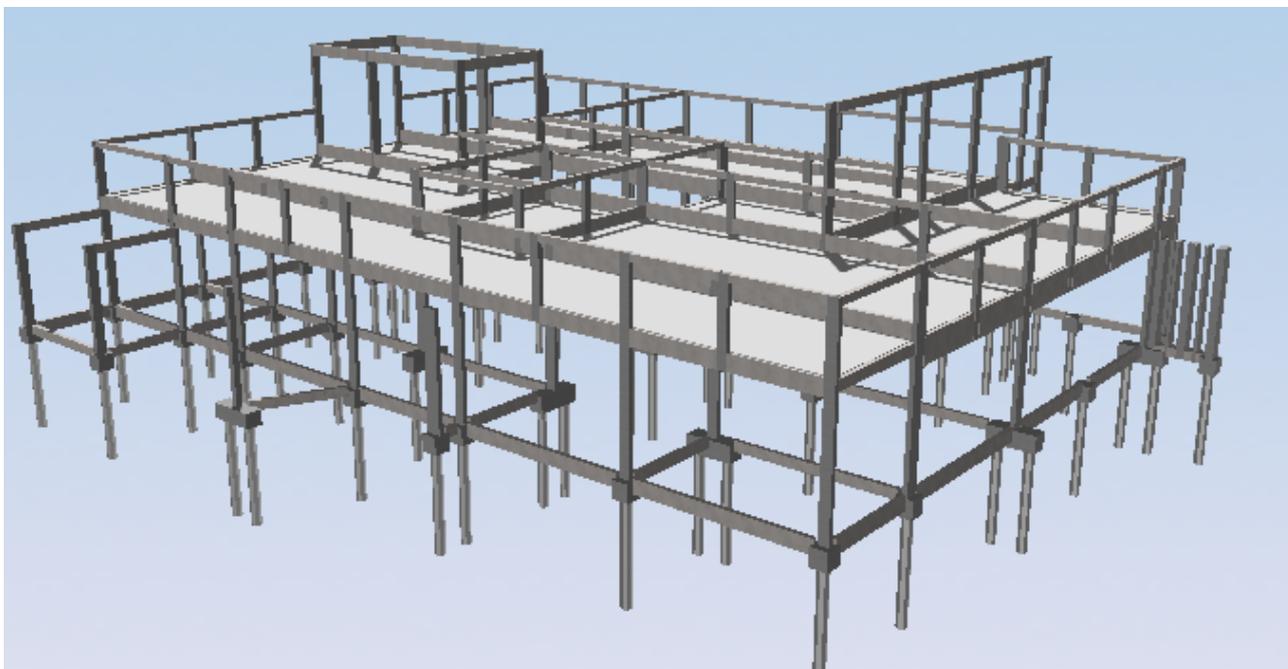
IV) Esforços de cálculo

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 e NBR6118.

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).

As figuras a seguir foram extraídas do modelo estrutural e representam as estruturas analisadas do prédio principal. Serão expostas a seguir para efeito de registro:

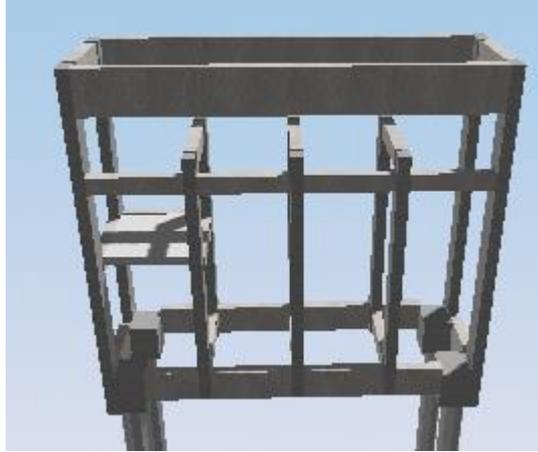
Figura 18: Vista tridimensional do modelo – Prédio Principal



Fonte: Do Autor.

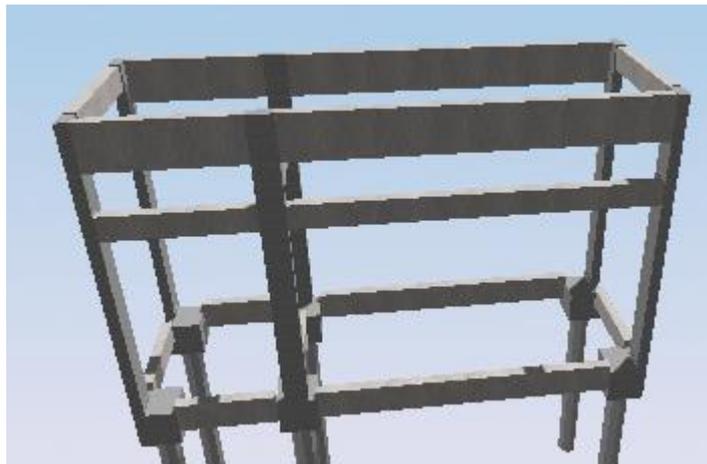
Já a seguir são apresentadas as estruturas (modelos estruturais) dos anexos.

Figura 19: Vista tridimensional – Central de Resíduos



Fonte: Do Autor.

Figura 20: Vista tridimensional do modelo – Central de Gases



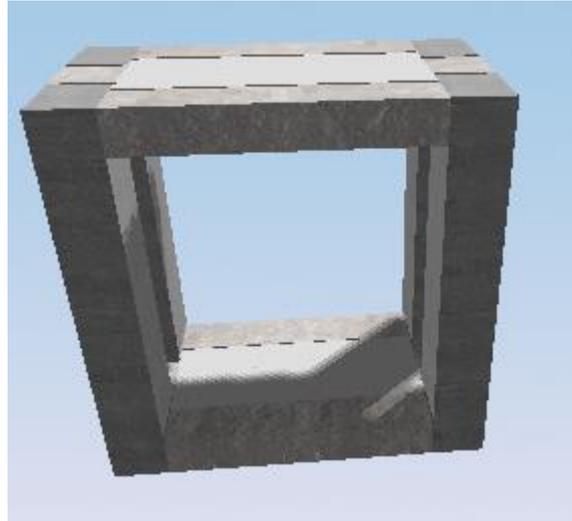
Fonte: Do Autor.

Figura 21: Vista tridimensional – Central de Vácuo Clínico



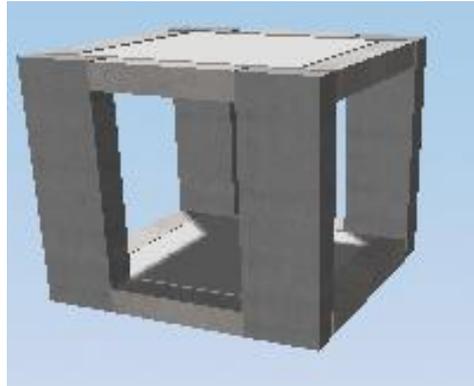
Fonte: Do Autor.

Figura 22: Vista tridimensional – Central de Vácuo Odonto



Fonte: Do Autor.

Figura 23: Vista tridimensional – Central de Compressor



Fonte: Do Autor.

5 FUNDAÇÕES

Este projeto padrão foi elaborado sem qualquer sondagem. Caberá ao responsável pela implantação deste empreendimento no terreno e cidade escolhida realizar sondagens para posterior definição do tipo de fundação e todas as características pertinentes.

5.1 Tabela de Carga dos pilares e respectivas cargas máximas nas estacas

A seguir são apresentadas as tabelas de carga características de todas as estruturas modeladas (extraídas do software TQS), juntamente com as respectivas cargas máximas nas estacas.

Para a verificação das cargas de vento atuando como ação variável principal, os valores da capacidade de carga admissível das estacas podem ser majorados em 15%, como é estabelecido pela NBR 6122 (2019), no item 6.3.2.

Figura 24: Tabela de cargas – Prédio Principal

Bloco	Dimensões (cm)			Estaca(s)	Tipo	Diâmetro (cm)	Esforços/Estaca (tf)		
	X	Y	Altura				FEq	FMX	FMn
B1	50	50	50	1	Retangular	30	2.68	2.68	2.68
B2	50	50	50	1	Retangular	30	8.05	8.05	8.05
B3	50	50	50	1	Retangular	30	9.15	9.15	9.05
B4	50	50	50	1	Retangular	30	11.35	11.35	11.20
B5	140	50	50	2	Retangular	30	21.53	10.77	10.42
B6	140	50	50	2	Retangular	30	17.58	8.79	6.53
B7	50	50	50	1	Retangular	30	6.55	6.55	6.42
B8	140	50	50	2	Retangular	30	23.17	11.59	8.72
B9	50	50	50	1	Retangular	30	3.43	3.43	3.43
B10	50	50	50	1	Retangular	30	11.39	11.39	11.34
B11	50	50	50	1	Retangular	30	8.12	8.12	7.92
B12	140	50	50	2	Retangular	30	29.04	14.52	12.57
B13	140	50	50	2	Retangular	30	18.81	9.40	8.42
B14	50	50	50	1	Retangular	30	11.24	11.24	11.13
B15	50	50	50	1	Retangular	30	10.22	10.22	10.16
B16	50	50	50	1	Retangular	30	7.04	7.04	6.80
B17	140	50	50	2	Retangular	30	22.74	11.37	7.67
B18	140	50	50	2	Retangular	30	18.12	9.06	6.21
B19	50	50	50	1	Retangular	30	10.24	10.24	10.18
B20	50	50	50	1	Retangular	30	7.02	7.02	6.85
B21	140	50	45	2	Retangular	30	2.29	1.15	0.90
B22	50	50	50	1	Retangular	30	7.41	7.41	7.36
B23	50	50	50	1	Retangular	30	8.39	8.39	8.39
B24	140	50	50	2	Retangular	30	16.24	8.12	7.63
B25	50	50	50	1	Retangular	30	11.89	11.89	11.61
B26	50	50	50	1	Retangular	30	7.56	7.56	7.32
B27	50	50	50	1	Retangular	30	10.90	10.90	10.87
B28	50	50	50	1	Retangular	30	7.79	7.79	7.77
B29	50	50	50	1	Retangular	30	10.27	10.27	10.17

B30	140	50	50	2	Retangular	30	22.82	11.41	8.05
B31	140	50	50	2	Retangular	30	21.02	10.51	8.18
B32	50	50	50	1	Retangular	30	11.67	11.67	11.66
B33	140	50	50	2	Retangular	30	14.98	7.49	7.31
B34	50	50	50	1	Retangular	30	8.11	8.11	8.05
B35	50	50	50	1	Retangular	30	12.97	12.97	12.80
B36	140	50	50	2	Retangular	30	27.90	13.95	11.34
B37	140	50	50	2	Retangular	30	24.92	12.46	9.30
B38	50	50	50	1	Retangular	30	9.64	9.64	9.32
B39	50	50	50	1	Retangular	30	6.56	6.56	6.53
B40	140	50	50	2	Retangular	30	12.90	6.45	6.16
B41	50	50	50	1	Retangular	30	7.65	7.65	7.53
B42	50	50	50	1	Retangular	30	11.98	11.98	11.81
B43	140	50	50	2	Retangular	30	21.28	10.64	10.38
B44	140	50	50	2	Retangular	30	21.18	10.59	9.83
B45	50	50	50	1	Retangular	30	1.39	1.39	0.48
B46	140	50	50	2	Retangular	30	2.83	1.42	1.31
B47	50	50	50	1	Retangular	30	2.37	2.37	2.30
B48	50	50	50	1	Retangular	30	0.81	0.81	0.81
B102	50	50	50	1	Retangular	30	2.46	2.46	2.44
B103	50	50	50	1	Retangular	30	3.76	3.76	3.73

Fonte: Do Autor.

Figura 25: Tabela de cargas – Central de Resíduos

	Fz
	tf
B1RE	5.15
B2RE	4.51
B3RE	5.04
B4RE	4.85

Fonte: Do Autor.

Figura 26: Tabela de cargas – Central de Gases

	Fz tf
B1GA	1.78
B2GA	5.64
B3GA	3.80
B4GA	1.94
B5GA	5.96
B6GA	4.12
B7GA	0.56
B8GA	0.55

Fonte: Do Autor.

Figura 27: Tabela de cargas – Central de Vácuo Clínico

	Fz tf
B1VC	2.31
B2VC	2.23
B3VC	2.31
B4VC	2.31

Fonte: Do Autor.

5.2 Cálculo das armaduras dos fustes das estacas

5.2.1 Armaduras Longitudinais

Uma vez que os esforços nas estacas são predominantemente esforços normais de compressão, as armaduras dos fustes das estacas foram calculadas com base na armadura mínima preconizada na NBR6122, conforme tabela a seguir.

Vale lembrar que somente o concreto é suficiente para resistir aos esforços de compressão, sem armadura. Entretanto, a armadura longitudinal do fuste, mínima preconizada em norma, tem a função de equilibrar pequenos momentos fletores residuais da interação solo-estaca.

Figura 28: Armadura mínima de estacas

Tabela 4 – Estacas moldadas *in loco* e tubulões: parâmetros para dimensionamento

Tipo de estaca	Classe de agressividade ambiental (CAA) conforme ABNT NBR 6118	Classe de concreto/resistência característica da argamassa ou concreto	γ_c	% de armadura mínima e comprimento útil mínimo (incluindo trecho de ligação com o bloco)		Tensão de compressão simples atuante abaixo da qual não é necessário armar (exceto ligação com o bloco) MPa	Anexo onde se encontram definidos concreto/ argamassa
				Armadura %	Comprimento m		
Hélice/hélice de deslocamento/hélice com trado segmentado ^a	I, II	C30	2,7	0,4	4,0	6,0	N / O / P
	III, IV	C40	3,6				
Escavadas sem fluido	I, II	C25	3,1	0,4	2,0	5,0	I
	III, IV	C40	5,0				

Fonte: NBR 6122:2019

5.3 Blocos de fundação

Abaixo são apresentados os cálculos de blocos de coroamento das estacas, cujo relatório foi extraído do software TQS.

Figura 29: Cálculo dos blocos do Prédio Principal – Blocos de 1 estaca (32x)

TOTAL DE CARREGAMENTOS = 2 / CARREGAMENTOS PRINCIPAIS:							
Caso	Nk[tf]	Mxk[tf.m]	Myk[tf.m]	Fxk[tf]	Fyk[tf]	Mx*[tf.m]	My*[tf.m]
1(Dim)	2.38	0.00	0.00	-0.544	0.707	-0.35	-0.27
2(Rmin)	2.37	0.00	0.00	-0.579	0.707	-0.35	-0.29
2(TEst)	2.37	0.00	0.00	-0.579	0.707	-0.35	-0.29
GEOMETRIA[cm,m2,m3]		CARGAS[tf,m]		TENSOES[kgf/cm2]		VERIF.[cm, graus]	
Estacas= 1 fi = 30.0		FN= 2.4		Bielas		Altura/Ang.Biela	
Xbl = 50.0 Ybl = 50.0		MX= -0.4		TensLimP= 448.8		dmin = 15.0	
Alt = 50.0 Vol = 0.125		MY= -0.3		TensPil = 7.0		d = 40.5	
Xpil= 30.0 Ypil= 19.0		FEq= 2.7		TensLimE= 270.0			
Área de forma: 1.00		Fmx= 2.7		TensEst = 6.4			
Altb= 5.0 DisF= 25.0		Fmn= 2.7					
ARMADURAS [cm2,cm]		Peso Próprio: 0.3 tf (x1)					
Prin.X:	0.1 = 4 { 8.0 C/ 15.0(d)	Prin.Y:	0.1 = 4 { 8.0 C/ 15.0(d)				
AsXfdZ:	0.2	AsYfdZ:	0.2				
AsCin :	0.0	Laterl:	0.6 = 3 { 6.3 C/ 20.0(d)				

Fonte: Do Autor.

Figura 30: Cálculo dos blocos do Prédio Principal – Blocos de 2 estacas (12x)

TOTAL DE CARREGAMENTOS = 2 / CARREGAMENTOS PRINCIPAIS:							
Caso	Nk[tf]	Mxk[tf.m]	Myk[tf.m]	Fxk[tf]	Fyk[tf]	Mx*[tf.m]	My*[tf.m]
1(Dim)	20.33	0.00	-0.07	-0.075	-1.058	0.53	-0.11
2(Rmin)	20.13	0.00	-0.08	-0.081	-1.080	0.54	-0.12
2(TEst)	20.13	0.00	-0.08	-0.081	-1.080	0.54	-0.12
GEOMETRIA[cm,m2,m3]		CARGAS[tf,m]		TENSOES[kgf/cm2]		VERIF.[cm, graus]	
Estacas= 2 fi = 30.0		FN= 20.3		Bielas		Altura/Ang.Biela	
DisX= 90.0		MX= 0.5		TensLimP= 160.3		zmin = 41.5	
Xbl = 140.0 Ybl = 50.0		MY= -0.1		TensPil = 144.6		zmax = 58.9	
Alt = 50.0 Vol = 0.350				TensLimE= 135.8		z = 40.5	
Xpil= 14.0 Ypil= 35.0		FEq= 21.5		TensEst = 40.7		AnguloX= 44.3	
Área de forma: 1.90		Fmx= 10.7					
Altb= 5.0 DisF= 25.0		Fmn= 10.4				y = 0.0	
*****						****	
ARMADURAS [cm2,cm]		Peso Próprio: 0.9 tf (x1)					
Prin.X:	4.2 = 4 { 12.5 C/ 15.0(d)	Susp.Y:	2.1 = 7 { 6.3 C/ 20.0(d)				
P.Estr:	0.8 = 4 { 5.0 C/ 15.0(d)	Laterl:	0.8 = 3 { 6.3 C/ 20.0(d)				

*OBS: Adotou-se o mesmo dimensionamento para os blocos
B5=B8=B12=B13=B17=B24=B30=B31=B36=B37=B43=B44

Fonte: Do Autor.

Figura 31: Cálculo dos blocos do Prédio Principal – Blocos de 2 estacas (6x)

TOTAL DE CARREGAMENTOS = 2 / CARREGAMENTOS PRINCIPAIS:							
Caso	Nk[tf]	Mxk[tf.m]	Myk[tf.m]	Fxk[tf]	Fyk[tf]	Mx*[tf.m]	My*[tf.m]
1 (Dim)	14.43	0.00	-0.83	-0.415	0.758	-0.38	-1.04
2 (Rmin)	14.31	0.00	-0.82	-0.395	0.702	-0.35	-1.02
1 (TEst)	14.43	0.00	-0.83	-0.415	0.758	-0.38	-1.04
GEOMETRIA [cm,m2,m3]		CARGAS [tf,m]		TENSOES [kgf/cm2]		VERIF. [cm, graus]	
Estacas= 2 fi = 30.0		FN= 14.4		TensLimP= 160.3		zmin = 37.5	
DisX= 90.0		MX= -0.4		TensPil = 124.3		zmax = 53.2	
Xbl = 140.0 Ybl = 50.0		MY= -1.0		TensLimE= 135.8		z = 40.5	
Alt = 50.0 Vol = 0.350		FEq= 17.6		TensEst = 30.3		AnguloX= 47.2	
Xpil= 30.0 Ypil= 14.0		Fmx= 8.8					
Área de forma: 1.90		Fmn= 6.5				y = 0.0	
Altb= 5.0 DisF= 25.0							
ARMADURAS [cm2,cm]		Peso Próprio:		0.9 tf (x1)			
Prin.X:	3.2 = 4 { 10.0 C/ 15.0(d)	Susp.Y:	2.1 = 7 { 6.3 C/ 20.0(d)				
P.Estr:	0.8 = 4 { 5.0 C/ 15.0(d)	Laterl:	0.6 = 3 { 6.3 C/ 20.0(d)				

*OBS: Adotou-se o mesmo dimensionamento para os blocos B6=B18=B21=B33=B40.

Fonte: Do Autor.

Figura 32: Cálculo dos blocos dos Anexos

TOTAL DE CARREGAMENTOS = 2 / CARREGAMENTOS PRINCIPAIS:							
Caso	Nk[tf]	Mxk[tf.m]	Myk[tf.m]	Fxk[tf]	Fyk[tf]	Mx*[tf.m]	My*[tf.m]
2 (Dim)	5.04	0.00	0.00	3.550	0.824	-0.41	1.78
1 (Rmin)	4.85	0.00	0.00	0.376	0.914	-0.46	0.19
1 (TEst)	4.85	0.00	0.00	0.376	0.914	-0.46	0.19
GEOMETRIA [cm,m2,m3]		CARGAS [tf,m]		TENSOES [kgf/cm2]		VERIF. [cm, graus]	
Estacas= 1 fi = 30.0		FN= 5.0		TensLimP= 541.2		dmin = 15.0	
Xbl = 50.0 Ybl = 50.0		MX= -0.4		TensPil = 20.2		d = 40.5	
Alt = 50.0 Vol = 0.125		MY= 1.8		TensLimE= 270.0			
Xpil= 14.0 Ypil= 30.0		FEq= 5.4		TensEst = 12.9			
Área de forma: 1.00		Fmx= 5.4					
Altb= 5.0 DisF= 25.0		Fmn= 5.2					
ARMADURAS [cm2,cm]		Peso Próprio:		0.3 tf (x1)			
Prin.X:	0.3 = 4 { 8.0 C/ 15.0(d)	Prin.Y:	0.3 = 4 { 8.0 C/ 15.0(d)				
AsXfdZ:	0.5	AsYfdZ:	0.5				
AsCin :	0.0	Laterl:	0.6 = 3 { 6.3 C/ 20.0(d)				

Fonte: Do Autor.

6 ESFORÇOS ATUANTES

A seguir são apresentados os principais esforços solicitantes obtidos após o cálculo das estruturas, bem como os deslocamentos dos elementos estruturais.

6.1 Análise Global da Estrutura

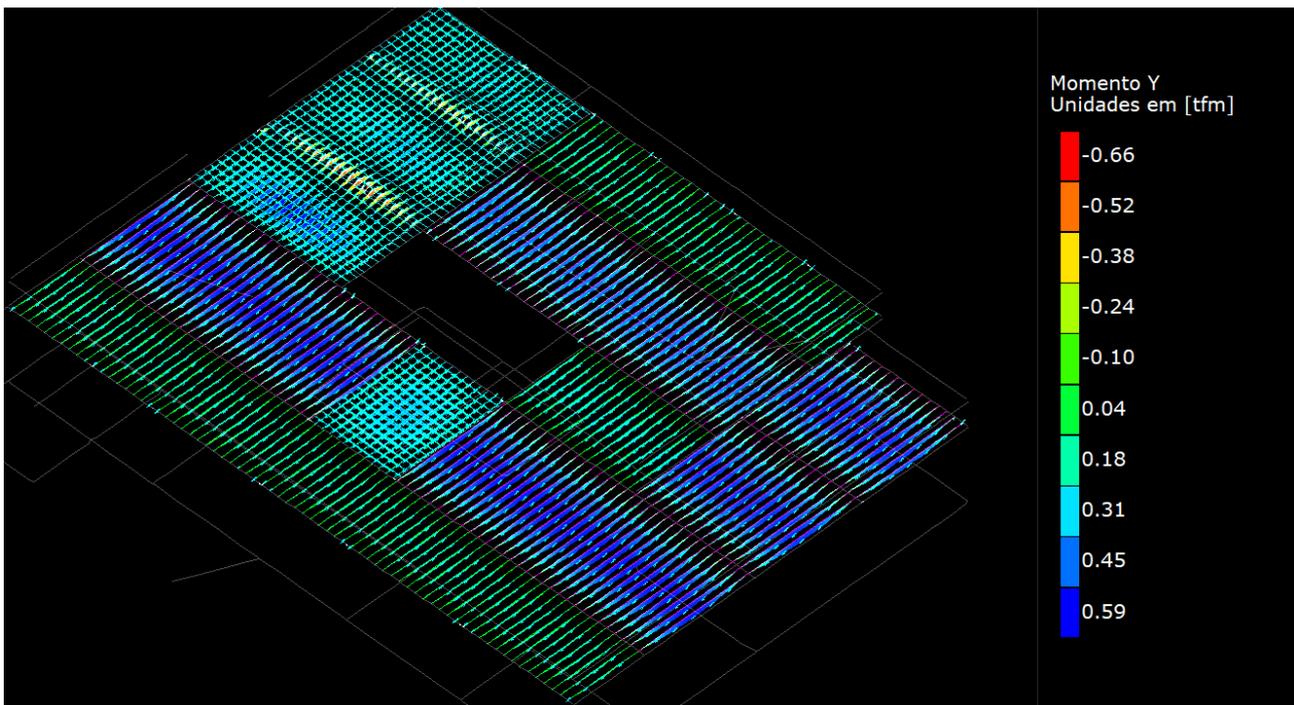
As análises e verificações de estabilidade global da estrutura foram realizadas por meio do P-Delta (análise linear não geométrica).

6.2 Prédio Principal

6.2.1 Flexão em Lajes

Esforços de flexão em lajes para combinação de todas as cargas permanentes e acidentais gravitacionais (em tfm):

Figura 33: Momento fletor nas lajes da Cobertura

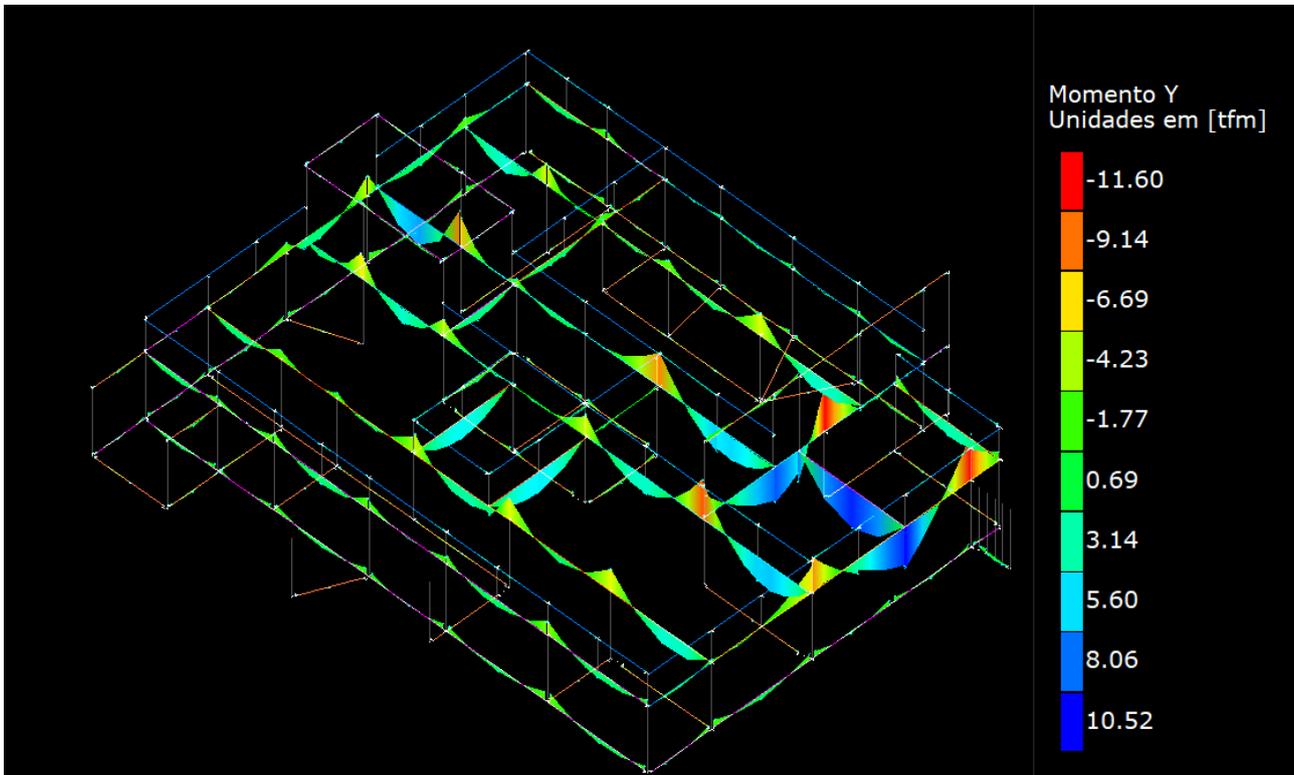


Fonte: Do Autor.

6.2.2 Flexão em Vigas

Esforços de flexão em vigas para combinação de todas as cargas permanentes e acidentais gravitacionais (em tfm):

Figura 34: Momento fletor em vigas

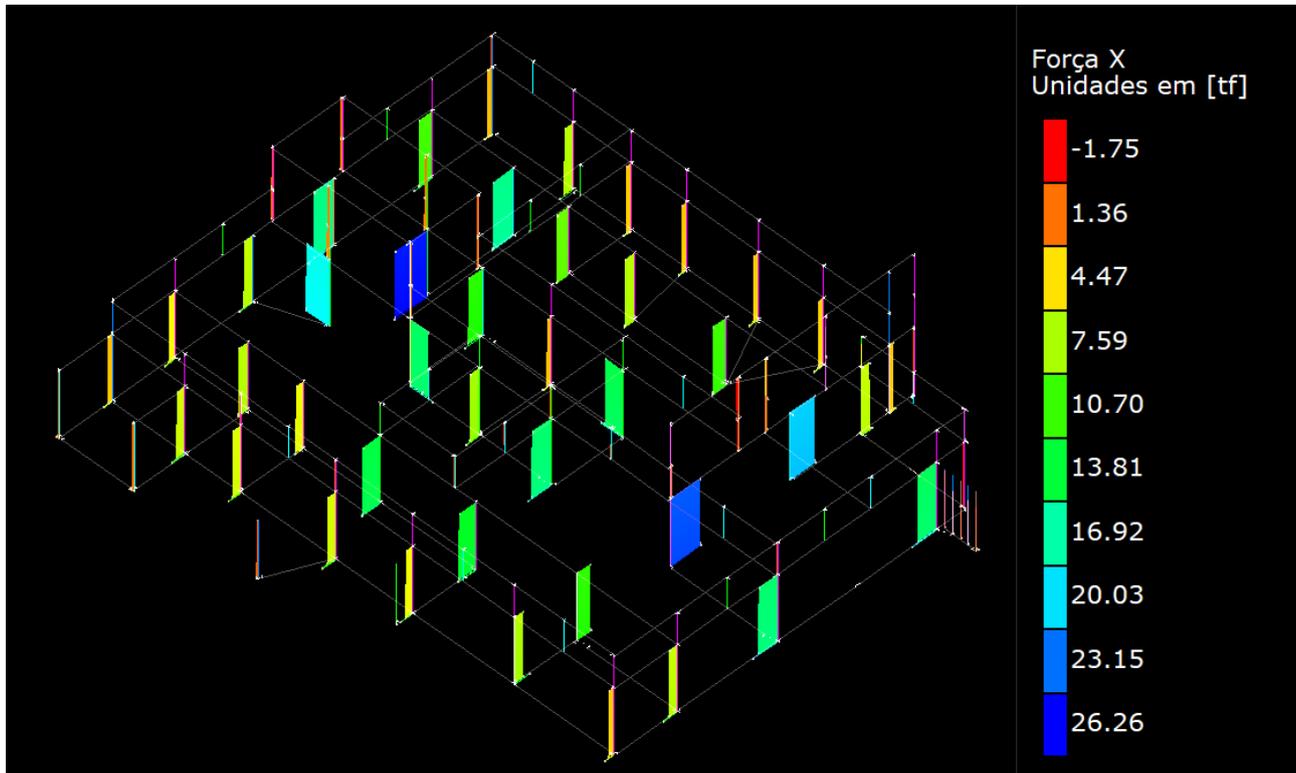


Fonte: Do Autor.

6.2.3 Força Normal em Pilares

Força Normal em Pilares para combinação de todas as cargas permanentes e acidentais gravitacionais (em tf):

Figura 35: Força Normal em pilares



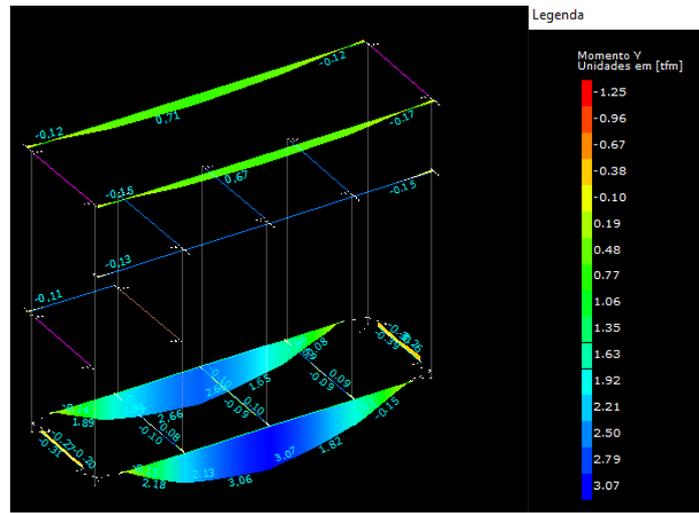
Fonte: Do Autor

6.3 Anexos

Apresentam-se aqui os diagramas e valores de esforços relevantes para o cálculo e dimensionamento dos anexos:

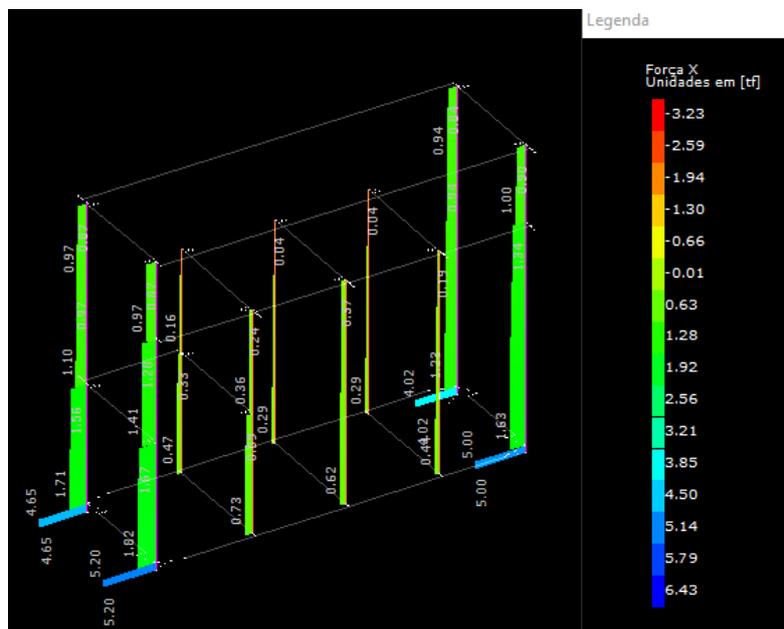
6.3.1 Central de Resíduos

Figura 36: Diagramas de momento fletor nas vigas - Central de Resíduos (tfm).



Fonte: Do Autor.

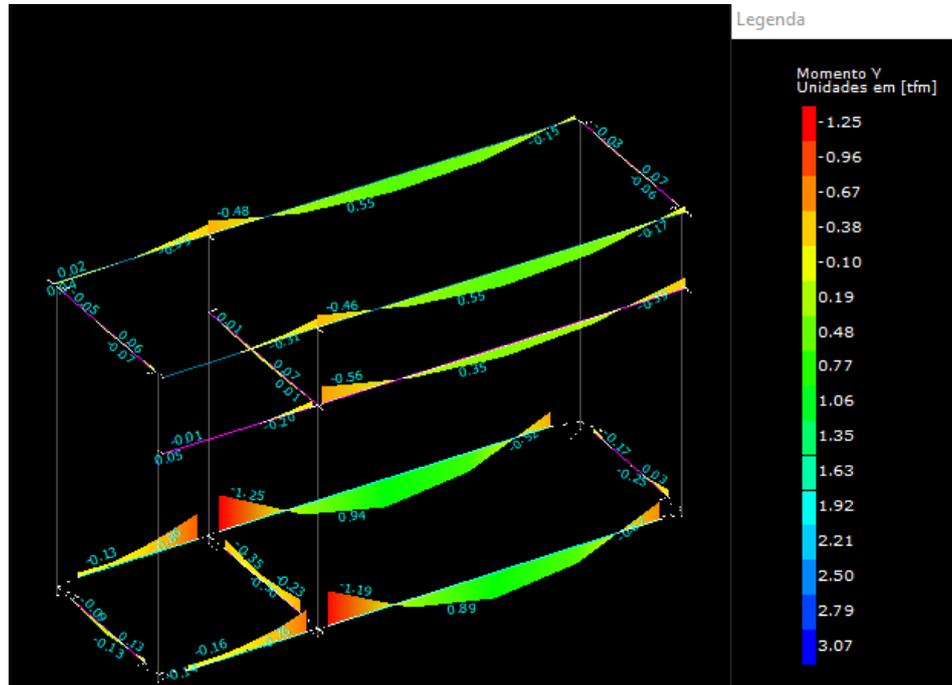
Figura 37: Esforços axiais nos pilares - Central de Resíduos (tfm).



Fonte: Do Autor.

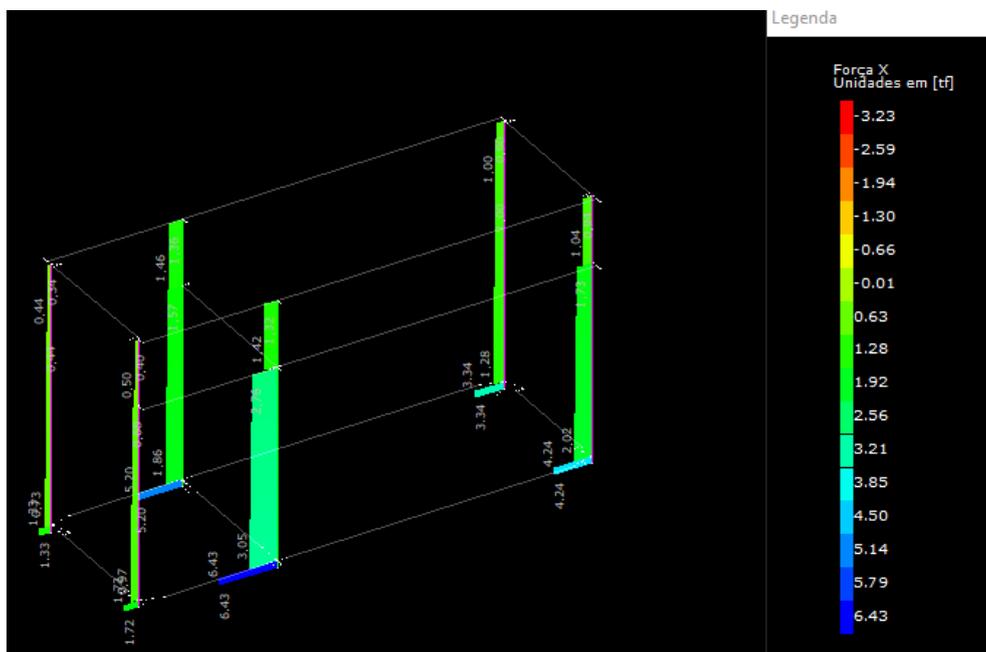
6.3.2 Central de Gases

Figura 38: Diagramas de momento fletor nas vigas - Central de Gases (tfm).



Fonte: Do Autor.

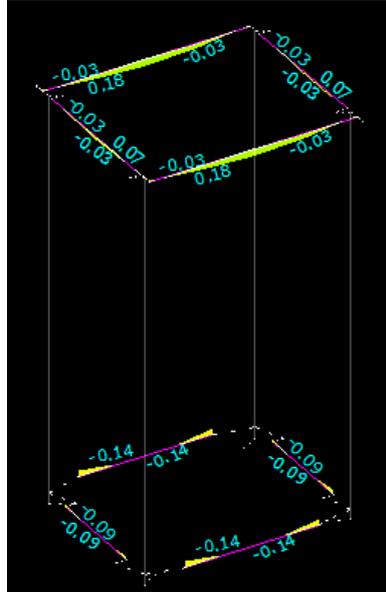
Figura 39: Esforços axiais nos pilares - Central de Gases (tfm).



Fonte: Do Autor.

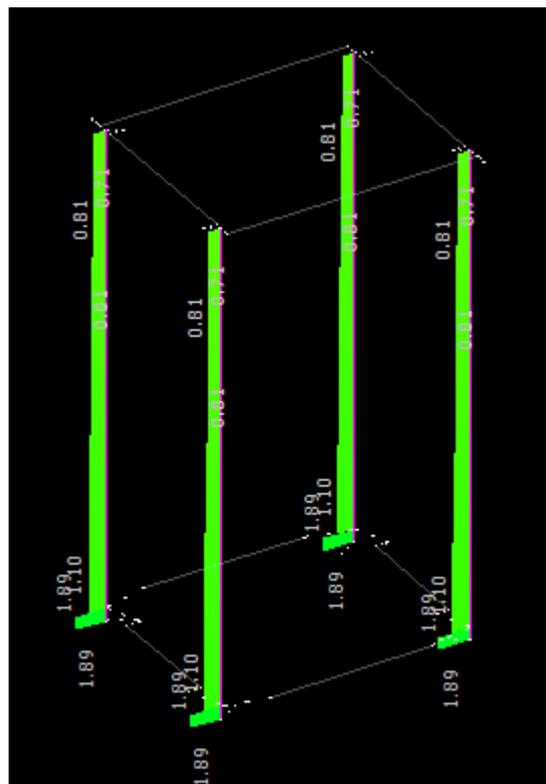
6.3.3 Central de Vácuo Clínico

Figura 40: Diagramas de momento fletor nas vigas - Central de Vácuo Clínico (tfm).



Fonte: Do Autor.

Figura 41: Esforços axiais nos pilares - Central de Vácuo Clínico (tfm).



Fonte: Do Autor.

7 DIMENSIONAMENTO

Abaixo, serão mostrados os relatórios de dimensionamento para os elementos estruturais em concreto armado:

7.1 Prédio Principal

7.1.1 Vigas

Tabela 2: Resumo de dimensionamento de vigas - Pav. Térreo

Viga	L (cm)	Vãos	Seção (cm)	H/L (%)	ρ_s (%)	ρ_{sw} (%)	Taxa de aço (kgf/m ³)
V1	274 a 514.3	6	14X40	7.78 a 14.6	0.18 a 0.64 <input type="checkbox"/>	0.33 a 0.33 <input type="checkbox"/>	46.2 <input type="checkbox"/>
V2	260 a 318	2	14X30	9.43 a 11.54	0.39 a 0.39 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	47.8 <input type="checkbox"/>
V3	372 a 372	1	14X30	8.06 a 8.06	0.47 a 0.61 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	62.7 <input type="checkbox"/>
VP1	117.5 a 117.5	1	45X30	25.53 a 25.53	0.3 a 0.3 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	30.2 <input type="checkbox"/>
V6	359 a 359	1	14X30	8.36 a 8.36	0.47 a 0.75 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	69.5 <input type="checkbox"/>
V7	108 a 347	3	14X30	8.65 a 27.78	0.15 a 0.48 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	44.2 <input type="checkbox"/>
V9	138.5 a 532.5	5	14X40	7.51 a 28.88	0.18 a 0.7 <input type="checkbox"/>	0.33 a 0.33 <input type="checkbox"/>	46.6 <input type="checkbox"/>
V10	284.5 a 538.5	6	14X40	7.43 a 14.06	0.18 a 0.7 <input type="checkbox"/>	0.33 a 0.33 <input type="checkbox"/>	48.7 <input type="checkbox"/>
V11	312.8 a 319.7	2	14X30	9.38 a 9.59	0.48 a 0.48 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	49.5 <input type="checkbox"/>
V12	307.8 a 337.8	2	14X30	8.88 a 9.75	0.37 a 0.85 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	57.4 <input type="checkbox"/>
V13	256.7 a 256.7	2	14X30	11.69 a 11.69	0.15 a 0.39 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	47.0 <input type="checkbox"/>
V15	277.5 a 414.7	6	14X30	7.23 a 10.81	0.24 a 0.93 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	60.5 <input type="checkbox"/>
VT9	360.7 a 360.7	1	14X30	8.32 a 8.32	0.33 a 0.39 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	47.4 <input type="checkbox"/>
VT1	297.9 a 297.9	1	14X30	10.07 a 10.07	0.39 a 0.39 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	48.7 <input type="checkbox"/>
VT2	318 a 452	2	14X30	6.64 a 9.43	0.15 a 0.48 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	47.3 <input type="checkbox"/>
VT3	318 a 318	1	14X30	9.43 a 9.43	0.33 a 0.48 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	48.3 <input type="checkbox"/>
VT4	318 a 318	1	14X30	9.43 a 9.43	0.33 a 0.48 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	48.3 <input type="checkbox"/>
VT5	289.8 a 289.8	1	14X30	10.35 a 10.35	0.33 a 0.48 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	46.5 <input type="checkbox"/>
VT6	372 a 372	1	14X30	8.06 a 8.06	0.33 a 0.39 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	46.6 <input type="checkbox"/>
VT7	321.7 a 321.7	1	14X30	9.33 a 9.33	0.33 a 0.48 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	48.9 <input type="checkbox"/>
VT8	351.6 a 351.6	1	14X30	8.53 a 8.53	0.33 a 0.48 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	46.4 <input type="checkbox"/>
VT10	58 a 273	2	14X30	10.99 a 51.72	0.15 a 0.39 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	40.8 <input type="checkbox"/>
VT11	318 a 318	1	14X30	9.43 a 9.43	0.33 a 0.48 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	48.3 <input type="checkbox"/>
VT12	387 a 387	1	14X30	7.75 a 7.75	0.33 a 0.39 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	48.5 <input type="checkbox"/>
VT13	488.5 a 488.5	1	14X30	6.14 a 6.14	0.33 a 0.39 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	45.3 <input type="checkbox"/>
VT14	278.5 a 498.3	4	14X30	6.02 a 10.77	0.15 a 0.48 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	47.2 <input type="checkbox"/>
VT15	521.5 a 521.5	1	14X30	5.75 a 5.75	0.33 a 0.39 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	45.0 <input type="checkbox"/>
VT16	332.5 a 482.5	2	14X30	6.22 a 9.02	0.15 a 0.48 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	46.5 <input type="checkbox"/>

Tabela 3: Resumo de dimensionamento de vigas - Primeiro Pav.

Viga	L (cm)	Vãos	Seção (cm)	H/L (%)	ρ_s (%)	ρ_{sw} (%)	Taxa de aço (kgf/m ³)
V101	288 a 288	1	14X30	10.42 a 10.42	0.33 a 0.48	0.45 a 0.45	51.9
V102	340.5 a 536.2	5	Com variação	8.39 a 13.22	0.29 a 1.17	0.26 a 0.91	54.7
V103	286 a 286	1	14X30	10.49 a 10.49	0.39 a 0.39	0.45 a 0.45	55.0
V104	404 a 404	1	14X40	9.9 a 9.9	0.35 a 0.6	0.33 a 0.33	57.2
V105	350 a 484	2	14X50	10.33 a 14.29	0.28 a 0.5	0.25 a 0.25	47.4
V106	545.5 a 545.5	1	14X50	9.17 a 9.17	0.58 a 0.75	0.25 a 0.25	67.0
V107	545.5 a 545.5	1	14X50	9.17 a 9.17	0.63 a 0.8	0.25 a 0.25	74.5
V108	383 a 383	1	14X40	10.44 a 10.44	0.25 a 0.43	0.33 a 0.33	40.3
V109	128 a 671.5	4	Com variação	8.94 a 23.44	0.37 a 1.68	0.21 a 0.69	103.6
V110	164.5 a 888	4	Com variação	8.33 a 44.98	0.3 a 0.9	0.17 a 0.45	78.7
V111	307.5 a 561.5	6	14X45	8.01 a 14.63	0.25 a 0.69	0.29 a 0.29	49.1
V112	310.5 a 565.5	6	14X50	8.84 a 16.1	0.34 a 1.16	0.25 a 0.52	63.8
V113	311.5 a 653	6	14X60	9.19 a 19.26	0.37 a 1.38	0.21 a 0.35	60.7
V114	308 a 642	5	14X60	9.35 a 19.48	0.37 a 1.35	0.21 a 0.59	64.7
V115	598.5 a 598.5	1	14X60	10.03 a 10.03	0.82 a 0.82	0.21 a 0.21	87.0
V116	307.5 a 565	5	14X50	8.85 a 16.26	0.28 a 1.05	0.25 a 0.52	60.0
V117	572.5 a 572.5	1	14X50	8.73 a 8.73	0.41 a 0.69	0.25 a 0.25	59.1
V118	300.5 a 442.3	6	14X35	7.91 a 11.65	0.21 a 0.96	0.38 a 0.38	57.8

Tabela 4: Resumo de dimensionamento de vigas - Platibanda

Viga	L (cm)	Vãos	Seção (cm)	H/L (%)	ρ_s (%)	ρ_{sw} (%)	Taxa de aço (kgf/m ³)
V201	264.7 a 332	3	14X20	6.02 a 7.56	0.5 a 0.72	0.75 a 0.75	82.5
V202	234 a 332	3	14X20	6.02 a 8.55	0.58 a 0.58	0.75 a 0.75	84.1
V203	268 a 268	3	14X20	7.46 a 7.46	0.58 a 0.92	0.75 a 0.75	84.7
V204	264.7 a 264.7	2	14X20	7.56 a 7.56	0.58 a 1.08	0.75 a 0.75	111.6
V205	264.7 a 376	3	14X20	5.32 a 7.56	0.5 a 1.48	0.75 a 0.75	103.2
V207	149.5 a 342.8	7	14X20	5.83 a 13.38	0.5 a 0.94	0.75 a 0.75	85.7
V208	249 a 414	9	14X20	4.83 a 8.03	0.5 a 0.83	0.75 a 0.75	81.5
V209	392.8 a 392.8	1	14X20	5.09 a 5.09	0.5 a 0.72	0.75 a 0.75	84.7
V210	283.3 a 385.3	6	14X20	5.19 a 7.06	0.5 a 0.94	0.75 a 0.75	86.4
V211	313 a 404.8	4	14X20	4.94 a 6.39	0.5 a 1.28	0.75 a 0.75	94.5
V212	270.3 a 270.3	2	14X20	7.4 a 7.4	0.58 a 0.94	0.75 a 0.75	95.4
V213	211.4 a 381.2	7	14X20	5.25 a 9.46	0.5 a 0.92	0.75 a 0.75	82.2

Tabela 5: Tabela de dimensionamento de vigas – Caixa d'água

Viga	L (cm)	Vãos	Seção (cm)	H/L (%)	ρ_s (%)	ρ_{sw} (%)	Taxa de aço (kgf/m ³)
V301	382 a 382	1	14X40	10.47 a 10.47	0.25 a 0.43 <input type="checkbox"/>	0.33 a 0.33 <input type="checkbox"/>	43.6 <input type="checkbox"/>
V302	372 a 372	1	14X40	10.75 a 10.75	0.25 a 0.43 <input type="checkbox"/>	0.33 a 0.33 <input type="checkbox"/>	42.9 <input type="checkbox"/>
V303	311.5 a 451.5	2	14X40	8.86 a 12.84	0.25 a 0.43 <input type="checkbox"/>	0.33 a 0.33 <input type="checkbox"/>	41.7 <input type="checkbox"/>
V304	291.5 a 455.5	2	14X40	8.78 a 13.72	0.18 a 0.43 <input type="checkbox"/>	0.33 a 0.33 <input type="checkbox"/>	39.1 <input type="checkbox"/>
V305	128 a 361	5	14X30	8.31 a 23.44	0.24 a 1.08 <input type="checkbox"/>	0.45 a 0.45 <input type="checkbox"/>	69.3 <input type="checkbox"/>

7.1.2 Pilares

Os resumos de detalhamento aqui apresentados representam as condições necessárias de armaduras para os pilares devido ao cálculo de esforços. Essas podem ter sido alteradas ao longo do dimensionamento.

Tabela 6: Resumo de dimensionamento de pilares

Pilar	Lances	Seção (cm)	σ (kgf/cm ²)	ν	λ	ρ	Taxa de aço (kgf/m ³)
P1	1 a 1	19X30	5.8 a 5.8	0.027 a 0.027	38 a 124	0.55 a 0.55	79.9
P2	1 a 2	14X30	1.8 a 32.2	0.008 a 0.15	22 a 90	0.75 a 0.75	102.0
P3	1 a 2	14X30	1.6 a 36.4	0.007 a 0.17	19 a 90	0.75 a 0.75	102.0
P4	1 a 1	14X30	45.4 a 45.4	0.212 a 0.212	42 a 96	0.75 a 0.75	103.3
P5	1 a 1	14X35	72.9 a 72.9	0.34 a 0.34	36 a 94	1.28 a 1.28	154.4
P6	1 a 2	14X30	2.1 a 60.5	0.01 a 0.282	19 a 90	0.75 a 0.75	102.0
P7	1 a 2	14X30	2 a 24.9	0.009 a 0.116	22 a 91	0.75 a 0.75	102.0
P8	1 a 2	14X40	0 a 60.6	0.033 a 0.283	33 a 100	0 a 1.12	129.7
P9	1 a 1	19X30	7.5 a 7.5	0.035 a 0.035	38 a 124	0.55 a 0.55	79.9
P10	1 a 2	14X30	1.8 a 45.4	0.009 a 0.212	22 a 80	0.75 a 0.75	102.0
P11	1 a 1	14X30	32.5 a 32.5	0.152 a 0.152	46 a 96	0.75 a 0.75	110.8
P12	1 a 3	14X40	6 a 82.3	0.028 a 0.384	14 a 116	0.84 a 2.15	201.4
P13	1 a 1	14X35	60.5 a 60.5	0.282 a 0.282	39 a 94	0.96 a 0.96	142.1
P14	1 a 2	14X30	2.3 a 44.9	0.011 a 0.209	22 a 94	0.75 a 0.75	102.0
P15	1 a 2	14X30	2.2 a 41.3	0.01 a 0.193	22 a 95	0.75 a 0.75	102.0
P16	1 a 1	14X30	27 a 27	0.126 a 0.126	46 a 96	0.75 a 0.75	110.8
P17	1 a 3	14X35	5.5 a 65.3	0.026 a 0.305	37 a 90	0.96 a 0.96	132.0
P18	1 a 3	14X35	4.3 a 51.4	0.02 a 0.24	15 a 98	0.96 a 0.96	132.0
P19	1 a 1	14X30	41.4 a 41.4	0.193 a 0.193	46 a 98	0.75 a 0.75	110.8
P20	1 a 2	14X30	2 a 26.6	0.009 a 0.124	22 a 98	0.75 a 0.75	102.0
P21	1 a 1	19X19	4.9 a 4.9	0.023 a 0.023	62 a 62	0.87 a 0.87	116.3
P22	1 a 2	14X30	1.8 a 28.9	0.008 a 0.135	22 a 95	0.75 a 0.75	102.0
P23	1 a 1	14X30	33.7 a 33.7	0.157 a 0.157	46 a 96	0.75 a 0.75	110.8
P24	1 a 2	14X40	2.2 a 47.1	0.01 a 0.22	14 a 98	1.31 a 1.31	167.2
P25	1 a 2	14X40	2.6 a 35.3	0.012 a 0.165	13 a 98	1.31 a 1.31	167.2
P26	1 a 2	14X30	1.9 a 29.2	0.009 a 0.136	18 a 96	0.75 a 0.75	102.0
P27	1 a 2	14X30	2.3 a 44.1	0.011 a 0.206	22 a 95	0.75 a 0.75	102.0
P28	1 a 2	14X30	1.9 a 30.5	0.009 a 0.142	22 a 95	0.75 a 0.75	102.0
P29	1 a 2	14X30	2.2 a 41.1	0.01 a 0.192	22 a 95	0.75 a 0.75	102.0
P30	1 a 2	14X40	3.5 a 57.9	0.016 a 0.27	13 a 98	1.75 a 1.75	219.4

P32	1 a 1	14X30	47.3 a 47.3	0.221 a 0.221 	46 a 96 	0.75 a 0.75 	110.8 
P33	1 a 1	14X30	58.1 a 58.1	0.271 a 0.271 	46 a 95 	0.75 a 0.75 	110.8 
P34	1 a 2	14X30	1.8 a 31.8	0.009 a 0.148 	22 a 95 	0.75 a 0.75 	102.0 
P35	1 a 2	14X30	2.5 a 52.7	0.012 a 0.246 	22 a 95 	0.75 a 0.75 	102.0 
P36	1 a 3	14X40	3.3 a 76.6	0.015 a 0.358 	33 a 121 	0.84 a 2.19 	190.8 
P37	1 a 1	14X35	75 a 75	0.35 a 0.35 	38 a 100 	2 a 2 	251.1 
P38	1 a 2	14X40	1.6 a 27.8	0.008 a 0.129 	17 a 100 	0.84 a 0.84 	116.9 
P39	1 a 3	14X30	2.2 a 25.4	0.01 a 0.119 	23 a 121 	0.75 a 0.75 	100.6 
P40	1 a 1	14X30	49 a 49	0.229 a 0.229 	46 a 95 	0.75 a 0.75 	110.8 
P41	1 a 2	14X30	2 a 30	0.01 a 0.14 	22 a 92 	0.75 a 0.75 	102.0 
P42	1 a 2	14X40	1.4 a 35.9	0.006 a 0.168 	18 a 98 	0.84 a 0.84 	116.9 
P43	1 a 2	14X40	2.7 a 63	0.013 a 0.294 	18 a 100 	1.12 a 2.19 	234.9 
P44	1 a 2	14X40	1.8 a 62.5	0.008 a 0.292 	18 a 96 	0.84 a 2.19 	215.5 
P45	1 a 2	14X30	-4.1 a 2.3	-0.019 a 0.011 	22 a 87 	1.5 a 1.5 	176.4 
P46	1 a 3	14X40	0.7 a 5.4	0.003 a 0.025 	17 a 95 	0.84 a 0.84 	115.3 
P47	1 a 1	25X45	2.6 a 2.6	0.012 a 0.012 	53 a 95 	0.42 a 0.42 	65.3 
P48	1 a 1	14X45	1.5 a 1.5	0.007 a 0.007 	53 a 169 	0.75 a 0.75 	108.8 

8 CONCLUSÃO

Por fim, entende-se que as premissas e o dimensionamento geral das estruturas seguiram as normas técnicas vigentes e a boa prática da engenharia.