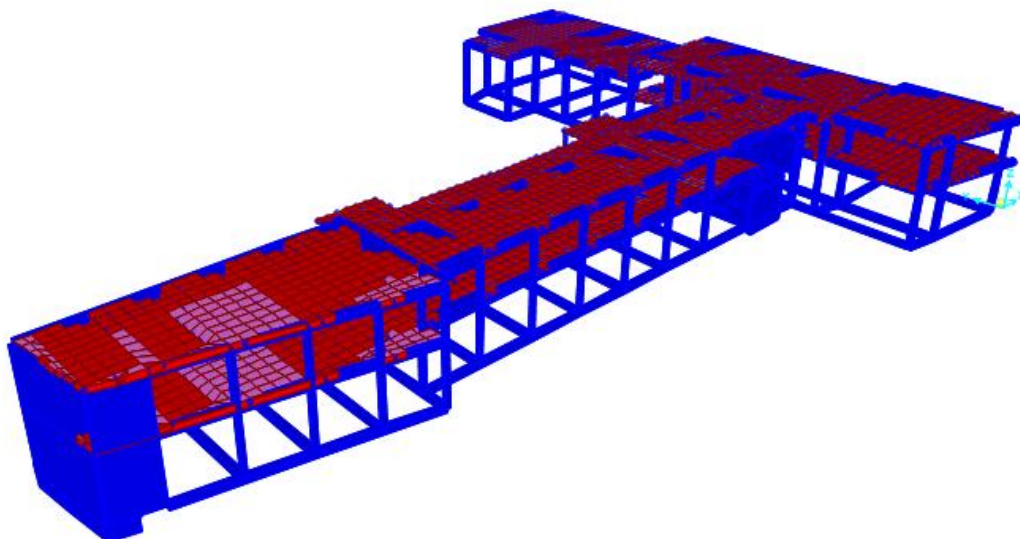




INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



**Projeto de fundações e estrutura de ampliação de escola
nos Açores utilizando os Eurocódigos Estruturais**

SUZI MIRANDA

(Licenciada em Engenharia Civil)

**Trabalho de Projeto para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na área de
Especialização de Estruturas**

Orientador:

Mestre António Carlos Teles de Sousa Gorgulho, Prof. Adjunto (ISEL)

Júri:

Presidente: Mestre Cristina Ferreira Xavier de Brito Machado, Prof. Coordenadora (ISEL)

Vogais:

Mestre António Carlos Teles de Sousa Gorgulho, Prof. Adjunto (ISEL)

Doutora Ana Rita Gamito Reis, Eq. Ass. 2º Triénio (ISEL)

Dezembro 2014

Resumo

O objetivo deste trabalho final de mestrado é a execução do projeto estrutural de ampliação de uma escola nos Açores obedecendo às imposições descritas nos Eurocódigos Estruturais.

A necessidade de uniformizar o mais possível, na Europa, não só materiais de construção como processos construtivos foi o ponto de partida para a publicação dos Eurocódigos estruturais.

Os Eurocódigos aplicam-se a projetos de edifícios e outras obras de engenharia civil incluindo também aspetos geotécnicos, proteção antifogo, estruturas temporárias ou proteção antissísmica.

Este projeto considera as definições de base descritas no Eurocódigo 0 e 1 no que diz respeito às ações e regras gerais. Relativamente à conceção da estrutura e sendo esta escola a dimensionar no concelho da Ribeira Grande, S. Miguel Açores, zona bastante instável sismicamente devido à junção tripla das placas tectónicas Euro-Asiática, Africana e Americana, são utilizados, não só, o Eurocódigo 2, projeto de estruturas de betão, como também o Eurocódigo 8, projeto de estruturas para resistência aos sismos.

A aplicação das regras impostas pelo Eurocódigo 8 veio aumentar a complexidade no dimensionamento da estrutura em estudo. No entanto a escolha deste projeto e conseqüentemente as opções de dimensionamento que foram tomadas ao longo da sua execução, tiveram como objetivo principal aumentar os conhecimentos acerca da regulamentação que cada vez mais será documentação de referência nos estados membros da União Europeia.

O dimensionamento do edifício foi realizado com o apoio de um programa de elementos finitos tridimensional para a modelação da estrutura.

Palavras-Chave: Eurocódigos Estruturais, Projeto de Estruturas, Análise Sísmica, Modelação da Estrutura.

Abstract

The objective of this master's degree final work is the execution of the structural design of a school enlargement in Azores according to the impositions described in the Structural Eurocodes.

The need to standardize, as much as possible, not only building materials but also construction processes in Europe, was the starting point for the publication of the Structural Eurocodes.

The Eurocodes are applied in projects of buildings and other civil engineering works including geotechnical aspects, fireproof protection, temporary structures or earthquake protection. This project considers the base definitions described in the Eurocode 0 and 1 in what concerns the actions and the general rules. Regarding the design of the structure and being this the school to size in the municipality of Ribeira Grande, São Miguel, Azores, quite an unstable seismic zone due to the triple junction of tectonic plates Eurasian, African and American, not only the Eurocode 2, design of concrete structures, but also the Euro-code 8, design of structures for earthquake resistance, are used.

The application of the rules imposed by the Eurocode 8 increased the complexity of sizing the structure under study. However, the choice of this project and consequently the sizing options that were taken in the course of its implementation, had the main objective of increasing the knowledge about the regulations that increasingly will be the reference documentation in the Member States of the European Union.

The sizing of the building was carried out with the support of a three-dimensional finite element program for the structure modelling.

Keywords: Structural Eurocodes, Design of Structures, Seismic Analysis, Structure Modelling.

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer ao Eng.º António Gorgulho, meu orientador, pela disponibilidade e cuidado que sempre demonstrou.

Agradeço também às pessoas que influenciaram e contribuíram para o meu sucesso neste percurso académico, professores e colegas do ISEL.

Um agradecimento especial à minha família, pois sem o seu apoio teria sido impossível chegar aqui.

Índice

Índice.....	VII
Índice de Figuras.....	IX
Índice de Quadros.....	X
Lista de abreviaturas.....	XIV
1 Introdução.....	1
1.1 Considerações Gerais.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Estrutura do Trabalho.....	2
1.4 Definição da Estrutura, Bases Arquitetônicas.....	2
1.5 Descrição Estrutural.....	3
2 Materiais.....	4
2.1 Betão.....	4
2.2 Aço.....	5
3 Ações.....	5
3.1 Ações Permanentes.....	6
3.2 Sobrecargas.....	7
3.3 Ação Sísmica.....	8
3.3.1 Requisitos Fundamentais.....	8
3.3.2 Condições do Terreno.....	9
3.3.3 Zonas Sísmicas.....	9
3.3.4 Classes de Importância e Coeficientes de Importância.....	10
3.3.5 Representação básica da ação sísmica.....	10
3.4 Combinação de Ações.....	13
3.4.1 Estados Limites Últimos.....	13
3.4.2 Estados Limites de Serviço.....	13
4 Pré-dimensionamento.....	14
4.1 Lajes.....	14
4.2 Vigas.....	15

4.3	Pilares	15
5	Análise Sísmica	15
5.1	Elementos sísmicos primários e secundários	16
5.2	Classes de ductilidade	16
5.2.1	Limitações geométricas para a classe DCM	17
5.3	Rigidez de torção mínima	19
5.4	Critérios de regularidade estrutural	24
5.4.1	Regularidade em planta.....	24
5.4.2	Regularidade em altura.....	25
5.5	Coeficiente de comportamento	26
5.6	Espectro de cálculo para a análise elástica	27
5.7	Efeitos da torção.....	27
5.8	Efeitos de 2ª ordem.....	30
6	Dimensionamento da Estrutura.....	31
6.1	Estados Limites Últimos	32
6.1.1	Vigas	32
6.1.2	Pilares	42
6.1.3	Paredes.....	50
6.1.4	Lajes Maciças Vigadas	56
6.1.5	Lajes Maciças Fungiformes	60
6.1.6	Fundações.....	64
6.2	Estados Limites de Utilização	67
6.2.1	Limitação das deformações	67
6.2.2	Limitação de danos.....	79
7	Conclusão.....	81
8	Bibliografia.....	82
9	Anexos	83

Índice de Figuras

Figura 3.1 – Zonamento Sísmico de Portugal	9
Figura 3.2 – Espectro de resposta elástica horizontal para coeficiente de amortecimento 5%	11
Figura 5.1 – Espectro de cálculo.....	27
Figura 6.1 – Armaduras transversais na zona crítica das vigas	35
Figura 6.2 – Valores de cálculo pela capacidade real dos esforços transversos das vigas	39
Figura 6.3 – Diagrama retangular	40
Figura 6.4 – Valores de cálculo pela capacidade real do esforço transversal em pilares	47
Figura 6.5 – Espessura mínima dos elementos de extremidade confinados	52
Figura 6.6 – Modelo para a verificação do punçoamento no ELU - Planta	60
Figura 6.7 – Contorno de controlo de referência para pilares interiores circulares	61
Figura 6.8 – Dimensões de uma sapata rígida.....	65
Figura 6.9 – Esquema de cálculo de armaduras de sapatas centradas	65
Figura 6.10 – Deslocamentos do corpo 1, CQP	68
Figura 6.11 – Variáveis para o cálculo do momento de inércia, secção retangular	69
Figura 6.13 – Deslocamentos do Corpo 2, CQP	74
Figura 6.14 – Deslocamentos no pavilhão multiusos, CQP.....	77

Índice de Quadros

Quadro 2.1 – Características fundamentais do betão C30/37	5
Quadro 2.2 – Características fundamentais do Aço A400NR SD	5
Quadro 3.1 – Cargas relativas à <i>RCP</i>	6
Quadro 3.2 – <i>RCP</i> relativas às paredes exteriores e interiores.....	7
Quadro 3.3 – Resumo dos valores e categorias das sobrecargas	8
Quadro 3.4 – Resumo das características do espectro de resposta do edifício	12
Quadro 5.1 – Limitação geométrica das vigas	18
Quadro 5.2 – Largura e comprimento em planta do edifício	21
Quadro 5.3 – Raio de giração	21
Quadro 5.4 – Centro de rigidez da estrutura	22
Quadro 5.5 – Determinação da rigidez de translação e torção para cada corpo da estrutura	22
Quadro 5.6 – Valores do raio de torção	23
Quadro 5.7 – Classificação do sistema estrutural	23
Quadro 5.8 – Esbelteza do edifício	25
Quadro 5.9 – Valores do coeficiente k_w	26
Quadro 5.10 – Características do espectro de cálculo.....	27
Quadro 5.11 – Excentricidade accidental.....	28
Quadro 5.12 – Massa do edifício	29
Quadro 5.13 – Força de corte na base.....	29
Quadro 5.14 – Forças horizontais no piso.....	29
Quadro 5.15 – Momento torsor	29
Quadro 5.16 – Deslocamento relativo entre pisos.....	31
Quadro 5.17 – Coeficiente de sensibilidade ao deslocamento relativo.....	31
Quadro 6.1 – Ductilidade em curvatura.....	34
Quadro 6.2 – Taxa de armadura máxima de tração	34

Quadro 6.3 - Espaçamento máximo da armadura transversal na zona crítica da viga V18.0	35
Quadro 6.4- Diâmetro máximo das armaduras longitudinais nos nós	36
Quadro 6.5- Espaçamentos máximos da armadura transversal	38
Quadro 6.6 – Características da viga V18.0.....	40
Quadro 6.7 – Área de armadura da viga V18.0.....	41
Quadro 6.8 - Determinação da posição da linha neutra e do momento resistente	41
Quadro 6.9 – Esforço transverso máximo atuante na viga V18.0.....	41
Quadro 6.10 – Armadura transversal da viga V18.0.....	41
Quadro 6.11 – Esforço transverso resistente de cálculo para a viga V18.0.....	42
Quadro 6.12 – Esforço transverso resistente máximo na viga 18.0.....	42
Quadro 6.13- Comprimento crítico do pilar P46.1	44
Quadro 6.14 – Espaçamento máximo na zona crítica	44
Quadro 6.15 – Determinação do coeficiente de eficácia, α – dados gerais, pilar P46.1	46
Quadro 6.16 – Taxa mecânica volumétrica de cintas na zona crítica do pilar P46.1 ...	46
Quadro 6.17- Coeficiente de eficácia do confinamento, pilar P46.1	46
Quadro 6.18 – Cálculo do momento resistente do pilar exemplificativo, P46.1	48
Quadro 6.19 – Cálculo do esforço transverso condicionante do pilar P46.1	48
Quadro 6.20 – Cálculo do esforço resistente para o pilar P46.1.....	49
Quadro 6.21 – Altura, espessura e comprimento crítico da parede PD1	52
Quadro 6.22 – Cálculo de esforços para os elementos de extremidade da parede PD1	54
Quadro 6.23 – Armadura vertical dos pilares fictícios da parede PD1	54
Quadro 6.24 - Armadura vertical da alma da parede PD1	54
Quadro 6.25 – Valor de esforço transverso de cálculo da parede PD1	55
Quadro 6.26 - Valor de esforço transverso máximo da parede PD1	55
Quadro 6.27 – Verificação de segurança ao esforço transverso	55
Quadro 6.28 - Taxa mecânica das armaduras verticais de alma parede PD1	55

Quadro 6.29 – Cálculo da armadura de cintagem na zona de confinamento da parede PD1	55
Quadro 6.30 – Espaçamento máximo da armadura transversal nas zonas críticas da parede PD1	56
Quadro 6.31 – Armadura transversal de confinamento PD1	56
Quadro 6.32 – Verificação da armadura transversal de confinamento da parede PD1	56
Quadro 6.33 – Armadura mínima nas lajes	57
Quadro 6.34 – Verificação do esforço transversal da armadura de laje sobre o alinhamento de vigas	59
Quadro 6.35 - Verificação do esforço transversal da armadura geral da laje	59
Quadro 6.36- Cálculo da resistência máxima ao punçoamento na laje maciça fungiforme	62
Quadro 6.37 – Determinação do coeficiente β na laje fungiforme	62
Quadro 6.38 – Valor de resistência ao punçoamento do pilar P35, 1ª condição	62
Quadro 6.39 - Valor de resistência ao punçoamento do pilar P35, 2ª condição	63
Quadro 6.40 – Valor de cálculo de resistência ao punçoamento da laje maciça fungiforme.....	63
Quadro 6.41 – Verificação das deformações - Características da laje teto piso 0, Corpo 1	69
Quadro 6.42 - Verificação das deformações - Armadura da laje teto piso 0, Corpo 1 .	69
Quadro 6.43 - Verificação das deformações – Betão da laje teto piso 0, Corpo 1	69
Quadro 6.44 – Momentos de inércia em secções retangulares de betão armado	70
Quadro 6.45 – Momentos de inércia em secções retangulares de betão armado	72
Quadro 6.46 – Verificação das deformações - Características da laje teto piso 0, Corpo 2	74
Quadro 6.47 - Verificação das deformações - Armadura da laje teto piso 0, Corpo 2 .	74
Quadro 6.48 - Verificação das deformações – Betão da laje teto piso 0, Corpo 2	75
Quadro 6.49 – Verificação das deformações - Características da laje teto pavilhão, Corpo 2.....	77

Quadro 6.50 - Verificação das deformações - Armadura da laje teto pavilhão, Corpo 2	77
Quadro 6.51 - Verificação das deformações – Betão da laje teto pavilhão, Corpo 2 ...	78
Quadro 6.52 – Verificação da limitação de danos	80

Lista de abreviaturas

- Letras maiúsculas latinas

A_c	Área da secção transversal de um elemento de betão
A_{Ed}	Valor de cálculo da ação sísmica
A_{Ek}	Valor característico da ação sísmica para o período de retorno de referência
A_s	Área da secção de uma armadura para betão armado
$A_{s,min}$	Área mínima de uma armadura para betão armado
A_{sv}	Área da armadura vertical na alma
$A_{s,min}$	Área mínima de uma armadura para betão armado
CP	Carga permanente
CQC	Combinação Quadrática Completa
EC	Eurocódigo
E_c	Módulo de elasticidade do betão
E_{cm}	Módulo de elasticidade secante do betão
ELS	Estados Limites de Serviço
ELU	Estados Limites Últimos
F	Ação
F_b	Força de corte basal
F_c	Força no betão
F_s	Força nas armaduras ordinárias
I	Momento de inércia
I_I	Momento de inércia (secção não fendilhada)
I_{pCM}	Momento polar de inércia em relação ao centro de massa do piso
K	Rigidez
K_l	Rigidez lateral
K_θ	Rigidez de torção
L	Comprimento
L_i	Dimensão do piso na direção perpendicular à direção do movimento sísmico
$L_{máx}$	Maior dimensão em planta do edifício medidas em direções ortogonais
$L_{mín}$	Menor dimensão em planta do edifício medidas em direções ortogonais
M	Momento Fletor
$M1u, M2u$	Momento resistente nas extremidades das vigas
M_{cr}	Momento de fendilhação

M_{Ed}	Momento atuante de cálculo
M_{qp}	Momento devido à combinação quase-permanente de ações
M_{Rb}, M_{Rc}	Momentos resistentes em vigas e momentos resistentes em colunas, respectivamente
M_{Rd}	Momento resistente de cálculo
NA	Anexo Nacional
N_{Ed}	Valor de cálculo do esforço normal
$Q_{k,1}$	Valor característico de uma ação variável base
$Q_{k,i}$	Valor característico de uma ação variável
RCP	Restante carga permanente
SC	Sobrecarga
$S_d(T)$	Espectro de cálculo
T	Período de vibração de um sistema linear com um grau de liberdade
T_1	Período fundamental da estrutura para movimentos horizontais no plano de flexão associado à curvatura em causa
T_B	Limite inferior do período no patamar de aceleração espectral constante
T_C	Limite superior do período no patamar de aceleração espectral constante
T_D	Valor que define no espectro o início do ramo de deslocamento constante
T_k	Período de vibração do modo k
TNCR	Período de retorno de referência da ação sísmica para o requisito de não ocorrência de colapso
V	Esforço transverso
V_{Ed}	Valor de cálculo do esforço transverso
V_{Rd}	Esforço transverso resistente de cálculo
V_{total}	Esforço transverso total ao nível do piso em análise
X_{CR}, Y_{CR}	Coordenadas do centro de rigidez

- Letras minúsculas latinas

a_g	Valor de cálculo da aceleração à superfície de um terreno do tipo A
a_{gR}	Valor de referência da aceleração máxima à superfície de um terreno do tipo A
a_{vg}	Valor de cálculo da aceleração à superfície do terreno na direção vertical
b	Largura da secção transversal, ou largura real do banzo de uma viga

	em T ou L
b_c	Dimensão da secção transversal do pilar
b_i	Distâncias medidas a eixo entre varões travados consecutivos
b_o	Largura do elemento confinado, medida entre cintas
b_w	Largura da alma de vigas
b_w	Espessura das zonas confinadas
b_{wo}	Espessura da alma de uma parede
c_{min}	Recobrimento mínimo
$c_{min,b}$	Recobrimento mínimo para os requisitos de aderência
$c_{min,dur}$	Recobrimento mínimo relativo às condições ambientais
c_{nom}	Recobrimento nominal
d	Altura útil de uma secção transversal
d	Deslocamento dos pisos
d_{bl}	Diâmetro de um varão longitudinal
d_{bw}	Diâmetro de uma cinta
d_r	Valor de cálculo do deslocamento relativo entre pisos
d_s	Deslocamentos reais da estrutura
e	Excentricidade
e_{oi}	Distância entre o centro de rigidez e o centro de massa
f_{cd}	Valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão
f_{ck}	Valor característico de rotura do betão à compressão aos 28 dias de idade
f_{ctd}	Valor de cálculo da tensão de rotura do betão à tração
f_{cm}	Valor médio da tensão de rotura do betão à tração simples
f_{yd}	Valor de cálculo da tensão de cedência à tração do aço das armaduras para betão armado
f_{yk}	Valor característico da tensão de cedência à tração do aço das armaduras para betão armado
f_{ywd}	Valor de cálculo da tensão de cedência do aço das armaduras de esforço transversal
g	Aceleração devida à gravidade
h	Altura entre pisos
h_0	Altura do núcleo confinado
h_c	Altura da secção transversal de um pilar na direção considerada
h_c	Comprimento da alma da secção da parede

h_{cr}	Altura da zona crítica nas paredes
h_s	Altura livre entre pisos
h_w	Altura de uma parede ou altura da secção transversal de uma viga
k_w	Coeficiente que reflete o modo de rotura predominante nos sistemas estruturas de paredes
l	Comprimento ou vão
l_o	Comprimento de emenda
$l_{b,rqd}$	Comprimento de amarração de referência
l_{bd}	Comprimento de amarração
l_c	Comprimento da zona crítica na extremidade das paredes
l_{cr}	Comprimento da zona crítica
l_s	Raio de giração
l_w	Maior dimensão da parede em planta
m	Massa
n	Número de pisos da fundação ou do nível superior de uma cave rígida
q	Coeficiente de comportamento
q_o	Valor básico do coeficiente de comportamento
r_i	Raio de torção
s	Espaçamento das armaduras transversais
$s_{cl,max}$	Espaçamento máximo das armaduras transversais ao longo do pilar
$s_{l,max}$	Espaçamento máximo entre estribos
$s_{máx,slabs}$	Espaçamento máximo entre varões nas lajes
$s_{t,max}$	Espaçamento transversal máximo entre ramos de estribos
u	Deslocamento dos pisos
z_i	Altura do piso i medida a partir do nível da aplicação da ação sísmica

- Letras minúsculas gregas

α	Coeficiente de homogeneização
α	Coeficiente de eficiência do confinamento
α	Coeficiente de homogeneização
α_n	Relação entre a área efetivamente confinada e a área no interior das cintas
α_s	Relação entre a área da secção efetivamente confinada a meia distância entre cintas e a área no interior das cintas

β	Coeficiente correspondente ao limite inferior do espectro de cálculo
ϵ_{cu2}	Extensão última no betão não confinado
$\epsilon_{cu2,c}$	Extensão última no betão confinado
$\epsilon_{sy,d}$	Valor de cálculo da extensão de cedência à tração do aço
γ_c	Coeficiente parcial de segurança relativo ao betão
γ_G	Coeficiente parcial relativo às ações permanentes
γ_I	Coeficiente de importância
γ_Q	Coeficiente parcial relativo às ações variáveis
λ	Parâmetro adimensional
μ_θ	Valor necessário do fator de ductilidade em curvatura
ν	Coeficiente de poisson do solo
ν	Coeficiente de redução da ação sísmica
ν_1	Coeficiente de redução da resistência do betão fendilhado por esforço transversal
ν_d	Esforço normal reduzido para a situação de projeto sísmico
$\phi_{m,min}$	Diâmetro mínimo de dobragem de varões
ρ'	Taxa de armadura de compressão
ρ_{min}	Taxa mínima de armadura
σ_{adm}	Tensão admissível do solo
ω_v	Taxa mecânica da armadura vertical na alma
ω_{od}	Taxa mecânica volumétrica de cintas nas zonas críticas
ψ_0, ψ_1, ψ_2	Coeficientes de combinação
θ	Índice de sensibilidade de deslocamentos entre pisos
ν_d	Esforço axial normalizado

1 Introdução

1.1 Considerações Gerais

O desenvolvimento de um projeto de estruturas é por si só um desafio interessante, na quantificação das ações a considerar, na escolha e definição de cada elemento que constituirá o sistema estrutural, na análise, dimensionamento e pormenorização final da estrutura. Se introduzirmos a análise dinâmica imposta pela sismicidade da zona de implantação do projeto de estrutura obtém-se um trabalho estimulante e com várias soluções possíveis.

A dificuldade na previsão e consequências dos sismos torna esta análise mais complicada. No entanto nos últimos anos muitos investigadores têm trabalhado para que as simulações se aproximem cada vez mais da realidade de modo a que seja possível projetar e construir estruturas resistentes à ação de sismos de grande magnitude, por norma sismos com consequências devastadoras.

Nesse sentido surgiu a necessidade de, por um lado, tornar as regulamentações mais uniformes em todos os estados membros da União Europeia, por outro, criar regras mais específicas e metodologias de conceção mais pormenorizadas, com maior detalhe. É com esse objetivo que surge o Eurocódigo 8 – Projeto de estruturas para resistência aos sismos.

Se analisarmos a distribuição das placas tectónicas, as falhas, em suma, a morfologia geológica da Europa percebemos que os países têm características diferentes e nesse sentido cada país rege-se não só pelas normas definidas no EC8 como também pelas especificações que estão incluídas no Anexo Nacional de cada país.

O projeto a desenvolver neste trabalho final de mestrado situa-se na ilha de São Miguel, pertencente ao grupo oriental do arquipélago dos Açores. Esta região é bastante instável devido à junção tripla das placas tectónicas Euro-Asiática, Africana e Americana. Esta união forma um T cuja direção WNW-ESE é conhecida por Rife da Terceira e passa pela parte mais ocidental da ilha de São Miguel bem como pelas ilhas Terceira e Graciosa. Aos outros dois ramos que se situam na direção N-S dá-se o nome de Dorsal Média do Atlântico.

O recurso a programas de cálculo automático vem possibilitar a obtenção de resultados de uma forma rápida, rigorosa e até simplificada de problemas bastante complexos tornando estas ferramentas fundamentais no dimensionamento de estruturas, neste trabalho recorreu-se ao programa “SAP 2000, versão 17.0.0”.

1.2 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é o dimensionamento da estrutura de uma escola tendo como base de referência os Eurocódigos Estruturais, no âmbito do trabalho final de mestrado para a obtenção do grau de mestre em engenharia civil, ramo estruturas.

Como a escola se encontra numa zona sismicamente instável é necessário seguir as definições impostas pelo Eurocódigo 8 no que diz respeito à análise sísmica, definição da estrutura e estudo do dimensionamento pela capacidade real, sendo então também objetivo deste projeto desenvolver conhecimentos sobre a regulamentação que substituirá a atual em vigor a curto prazo.

1.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho inicia-se pela definição dos materiais e ações a considerar neste projeto, uma vez que a conceção e sistema estrutural já integravam a solução de arquitetura fornecida.

Após estas definições segue-se o pré-dimensionamento da estrutura.

O ponto 5 deste trabalho apresenta a análise sísmica, no que diz respeito à definição dos elementos primários, classe de ductilidade, regularidade estrutural, classificação da estrutura, coeficiente de comportamento.

Depois da caracterização da estrutura realiza-se o seu dimensionamento de acordo com os Eurocódigos 2 e 8, considerando os estados limites últimos.

As últimas partes dizem respeito à verificação dos estados limites de utilização e à apresentação de conclusões.

1.4 Definição da Estrutura, Bases Arquitetónicas

O edifício em estudo representa a ampliação de uma escola básica com arquitetura tradicional e comum a diversas escolas.

Esta ampliação desenvolve-se nas traseiras e lateralmente ao edifício existente, sendo assim, o projeto a dimensionar tem uma configuração em L.

Para o dimensionamento considerou-se a estrutura dividida em dois corpos, cada parte do L, tendo em conta uma junta para permitir a separação do edifício.

A escola é constituída por piso térreo e piso 1, estruturalmente bastante semelhantes.

O corpo 1 apresenta uma área bruta de 459.186m² em cada um dos pisos, com uma extensão máxima de 55.11m. O teto do piso 0 encontra-se todo ao mesmo nível, porém a cota do teto do piso 1 é superior em 0.5m na zona da sala de informática, eixos A a F.

O corpo 2 tem uma área bruta no piso 0 de 494.896m² que inclui a área do pavilhão multiusos com 135.40m². O piso 1 tem área de 216.18m². A extensão máxima do corpo 2 é de 46.97m.

As plantas de arquitetura mostram detalhadamente todas as descrições apresentadas.

1.5 Descrição Estrutural

O edifício é constituído por lajes maciças vigadas maioritariamente com espessura de 0,20m, excetuando as lajes entre os eixos 11 a 13, no corpo 2, em ambos os pisos, que apresentam espessura de 0.25m. Também as lajes entre os eixos A e F do corpo 1, em ambos os pisos, apresentam uma espessura de 0.35m, devido ao extenso comprimento de vãos.

Nos eixos F e 11 encontra-se uma diferença de cota no teto do piso 1 de 0.50m, como já foi referido atrás, assim as vigas nesta zona têm altura de 1m para uma ligação entre pisos mais eficaz do ponto de vista estrutural. As restantes vigas têm altura de 0.50m ou 0.75m dependendo do seu comprimento. A largura é de 0.30m igual à largura das paredes.

Os pilares foram pré-dimensionados com secção 0.30mx0.30m, no entanto, no decorrer do dimensionamento estrutural houve necessidade de aumentar a secção de alguns pilares, como pode ser observado nos desenhos nº3 e nº6 das peças desenhadas.

Existem ainda pilares circulares de diâmetro 0.30m na zona de passagem, entre os eixos 8 a 9 e F a M. A laje desta parte da estrutura é uma laje maciça fungiforme de espessura 0.20m.

Incluíram-se nesta estrutura, 11 paredes resistentes como se indica nos desenhos nº3 e nº10.

2 Materiais

Os materiais necessários à execução da estrutura em estudo são fundamentalmente o betão e o aço.

Em primeiro lugar há a necessidade de definir o tempo de vida útil de projeto do edifício. Considerando o quadro 2.1 da NP EN 1990-1: 2009, (EC0), e o respetivo anexo nacional no artigo NA-4.4.1.2 (5), concluímos que a escola a projetar se insere na categoria S4, estruturas de edifícios e outras estruturas correntes, com tempo de vida útil de projeto de 50 anos.

A escolha de materiais está condicionada pelas imposições da NP EN 1992-1:2010, (EC2) e da NP EN 1998-1:2010, (EC8).

2.1 Betão

O Decreto-Lei n.º 301/2007, de 23 de Agosto, vem estabelecer as condições a que deve obedecer a especificação e produção dos betões de ligantes hidráulicos, assim como as disposições relativas à execução das estruturas de betão. O artigo 4º torna obrigatório que o betão destinado a ser colocado no mercado nacional seja especificado e produzido em conformidade com a norma NP EN 206-1 – “Betão. Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade” e mais à frente, o artigo 6º, confirma a obrigatoriedade da aplicação da NP EN 13670-1 – “Execução de estruturas em betão. Parte 1: Regras gerais”.

Assim, considerando que a escola a projetar se situa na Ribeira Grande, S. Miguel, Açores, de acordo com a NP EN 206-1 a classe de exposição ambiental a considerar tem de ter em conta a corrosão induzida por cloretos da água do mar sendo então a classe XS1, que diz respeito a estruturas sob influencia de ar transportando sais marinhos mas sem contacto direto com a água do mar.

A classe de consistência é S4 para facilitar o bombeamento e aplicação do betão.

O anexo E do EC2 apresenta no quadro E.1N classes indicativas de resistência considerando as classes de exposição ambiental definidas. Desta forma a classe de resistência a adotar é C30/37. Em resumo, o betão a aplicar apresenta a seguinte designação:

NP EN206-1:C30/37·XS1 (P) ·CL0,20·D_{máx} 22· S4

Com as características apresentadas no quadro 1.

BETÃO C30/37	
$f_{ck} =$	30 MPa
$E_{cm} =$	33 Gpa
$\gamma_c =$	25 kN/m ³
$\nu_c =$	0,2

Quadro 2.1 – Características fundamentais do betão C30/37

2.2 Aço

O aço a adotar é o **A400 NR SD**, seguindo o disposto no anexo nacional do EC2, N.A.4.3 e do quadro C.1, anexo C, que corresponde a aço da classe C. Cumprindo desta forma os requisitos impostos pelo Eurocódigo 8, que recomenda aços da classe B ou C nas zonas críticas dos elementos primários e apenas permite a utilização de varões nervurados.

As características principais deste tipo de aço apresentam-se no quadro 2:

AÇO A400 NR SD	
$f_{yk} =$	400 MPa
$f_{yd} =$	348 MPa
$E_s =$	200 Gpa
$\gamma_s =$	25 kN/m ³
$\epsilon_{yd} =$	0,00174
$\epsilon_{uk} \geq$	7,5

Quadro 2.2 – Características fundamentais do Aço A400NR SD

Os coeficientes parciais relativos aos materiais a adotar para os estados limites últimos são os descritos no quadro 2.1N do Eurocódigo 2, $\gamma_c = 1,5$ e $\gamma_s = 1,15$, para situação de projeto persistente.

3 Ações

As ações e combinação de ações a ter em conta na elaboração deste projeto estrutural encontram-se definidas no Eurocódigo 0 e Eurocódigo 1 e seus respetivos anexos nacionais.

3.1 Ações Permanentes

As cargas permanentes a considerar são o peso próprio da estrutura, (*PP*), e as denominadas por restante carga permanente, (*RCP*), que se referem às ações impostas pelos materiais não estruturais como são os revestimentos e alvenarias. O quadro seguinte mostra um resumo dos valores destas cargas.

RCP	CARGA (kN/m²) g_p
Revestimento dos Pisos	1.0
Revestimento de Cobertura	2.5
Paredes Exteriores:	
Alvenaria de Blocos de Cimento com parede dupla de 0,10m e 0,15m de espessura	3.8
Paredes Interiores:	
Alvenaria de Blocos de Cimento com parede de 0,15m de espessura	2.3
Alvenaria de Blocos de Cimento com parede de 0,28m de espessura	3.1

Quadro 3.1 – Cargas relativas à RCP

No modelo do SAP 2000 simulou-se a alvenaria de paredes interiores pela aplicação de uma carga uniformemente distribuída na laje de pavimento no caso das paredes exteriores aplicou-se uma carga linear e uniforme nas respetivas vigas que as suportam.

Esta carga a aplicar é condicionada pelo peso próprio e altura da parede, e, ainda pelo coeficiente de distribuição, CD¹, que representa uma redução devida à presença de aberturas nas paredes exteriores.

No caso das paredes interiores considerou-se a carga uniformemente distribuída no pavimento a partir de 30% do peso daquelas

Efetuando a multiplicação destas parcelas obtém-se os seguintes valores de cargas a aplicar em cada piso da estrutura:

¹ – O coeficiente de distribuição apresenta valor 0,8 para paredes exteriores com mais de uma abertura.

PAREDES INTERIORES ² Carga Distribuída no Piso (kN/m ²)		Espessura da parede (m)	PISO	h (m)
2.42	3.26	0.15	0	3.5
3.26		0.30		
1.79	2.42	0.15	1	2.6
2.42		0.30		
PAREDES EXTERIORES Carga Uniformemente Distribuída (kN/m)		ZONA	PISO	h (m)
19.2		Eixos 1 a 6	0	5.06
10.6		Eixos 6 a 11		3.5
10.0		Eixos 11 a 13		3.3
10.0		Eixos A a F		3.3
4.0		Eixos F a N		3.5
-		-	1	
7.9		Eixos 6 a 11		2.6
9.3		Eixos 11 a 13		3.07
9.3		Eixos A a F		3.07
7.9		Eixos F a N		2.6

Quadro 3.2 – RCP relativas às paredes exteriores e interiores

3.2 Sobrecargas

As sobrecargas a adotar baseiam-se nas recomendações do Eurocódigo 1 e do seu Anexo Nacional.

O quadro 6.1 define as categorias da estrutura de acordo com a utilização prevista. Assim, a escola a dimensionar enquadra-se na categoria C2, locais de reunião, zonas com assentos fixos, ex. salas de aulas.

As coberturas estão definidas no quadro 6.09, sendo esta uma cobertura não acessível, exceto para operações de manutenção, pertence à categoria H.

O valor da sobrecarga a adotar para a categoria C2 está definido no quadro NA-6.2, do Anexo Nacional do EC1, e é 4 kN/m². Para a cobertura considera-se o quadro NA-6.10 do mesmo Anexo e apresenta o valor de sobrecarga para a categoria H de 0,4 kN/m². Apresenta-se no quadro seguinte o resumo das sobrecargas a adotar.

² Como as paredes interiores com espessura de 0,30m são as predominantes, considerou-se o seu valor de carga distribuída no piso.

SOBRECARGAS	CARGA (kN/m²)	CATEGORIA
Piso 0	4.0	C2
Piso 1	4.0	C2
Cobertura	0.4	H

Quadro 3.3 – Resumo dos valores e categorias das sobrecargas

3.3 Ação Sísmica

Para o estudo da ação sísmica a considerar no projeto de dimensionamento de uma estrutura é necessário recorrer às definições apresentadas pelo Eurocódigo 8, que refere os aspetos relativos à definição das ações e consequente verificação da segurança em estruturas não só de betão, como metálicas, mistas, de alvenaria e madeira.

3.3.1 Requisitos Fundamentais

O Eurocódigo 8 aplica-se ao projeto e construção de edifícios e outras obras de engenharia civil em regiões sísmicas.

Os seus principais objetivos são que, de acordo com o artigo 1.1.1 (1) P, em caso de ocorrência de sismo:

- As vidas humanas sejam protegidas;
- Os danos sejam limitados;
- As estruturas com importância para a proteção civil se mantenham operacionais.

Os requisitos fundamentais a verificar pelas estruturas projetadas e construídas em regiões de significativa ação sísmica são:

- *Requisito de não ocorrência de colapso* - a estrutura deverá manter a sua integridade estrutural e uma capacidade resistente residual após a ocorrência do sismo, está associado aos Estados Limites Últimos.
- *Requisito de limitação de danos* - garantir a não ocorrência de danos e limitação de utilização da estrutura, por exemplo em edifícios com funções de proteção civil em caso de ocorrência de um sismo ou outras estruturas cuja rotura ou colapso têm consequências ou custos muito elevados. Este requisito está associado aos Estados Limites de Utilização.

3.3.2 Condições do Terreno

A ação sísmica é condicionada pelo tipo de terreno onde a estrutura em causa se encontra implantada. Como tal o EC8 apresenta no quadro 3.1 a identificação dos tipos de terreno de acordo com o conjunto de características das camadas que o constituem.

Neste projeto considera-se um terreno do tipo C, cuja descrição do perfil estratigráfico referido no EC8 diz englobarem-se neste tipo, os depósitos de areia compacta ou medianamente compacta, de seixo ou de argila rija com espessura entre várias dezenas e as centenas de metros.

3.3.3 Zonas Sísmicas

O território nacional divide-se em zonas sísmicas consoante a sismicidade do local. O zonamento sísmico é estabelecido para cada concelho de acordo com o anexo NA.I. As figuras NA.I, NA.II E NA.III do EC8 mostram este zonamento de forma ilustrada, como podemos ver representado na figura 1.

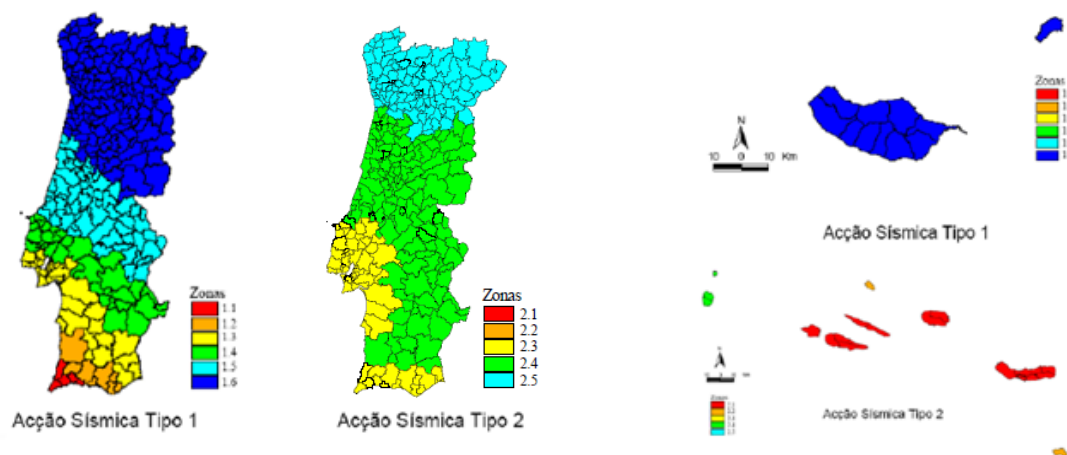


Figura 3.1 – Zonamento Sísmico de Portugal

O Eurocódigo 8 distingue a ação sísmica em Tipo 1 e Tipo 2 que se diferenciam essencialmente pela duração e magnitude do sismo.

- **AÇÃO SÍSMICA TIPO 1** – Sismo afastado, (sismo interplaca) - Refere-se aos sismos com epicentro na região Atlântica, com elevada magnitude e a grande distância focal, de elevada duração e baixas frequências;

- AÇÃO SÍSMICA TIPO 2 – Sismo próximo, (sismo intraplaca) – Diz respeito aos sismos que têm epicentro no território Continental, ou no Arquipélago dos Açores, com magnitude moderada e a pequena distância focal de curta duração e elevada frequência.

Como podemos observar na figura 1, representativa do zonamento nacional, a zona a considerar para este projeto é a 2.1, uma vez que a escola a dimensionar se situa na Ribeira Grande, ilha de São Miguel no arquipélago dos Açores.

3.3.4 Classes de Importância e Coeficientes de Importância

Os riscos inerentes ao colapso de uma estrutura em caso da ocorrência de um sismo têm consequências diferentes consoante as funções que essa construção desempenha. Por isso o EC8 classifica as estruturas de engenharia civil, segundo o artigo 4.2.5. (1), em função das consequências do colapso no que diz respeito a vidas humanas, na importância da estrutura para a proteção civil e segurança pública após a ocorrência de um sismo, tem também em conta o aspeto económico e ou social que a construção representa.

Assim, de acordo com o quadro 4.3 do EC8, verifica-se que a escola a dimensionar pertence à classe de importância III, edifícios cuja resistência sísmica é importante tendo em vista as consequências associadas ao colapso.

O coeficiente de importância, (γ_I), estabelece a relação com o período de retorno de referencia. Os valores para o território nacional vêm descritos no anexo nacional e variam consoante a perigosidade sísmica associada a cada região.

Então, para a classe de importância III, ação sísmica do tipo 2 nos Açores, como já verificámos nos pontos anteriores, o quadro NA.II do anexo nacional do EC8 diz que o coeficiente de importância, (γ_I), a adotar é 1,15.

3.3.5 Representação básica da ação sísmica

O movimento sísmico, de acordo com o EC8, é representado por um espectro de resposta elástica da aceleração à superfície do terreno.

A figura 2 mostra o espectro de resposta elástica para o valor de referência do coeficiente de amortecimento em estruturas de betão armado, $\xi = 5\%$.

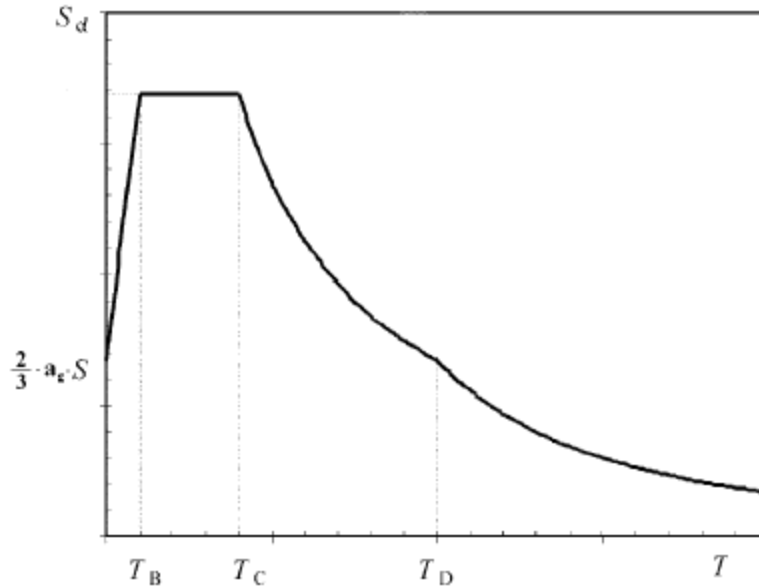


Figura 3.2 – Espectro de resposta elástica horizontal para coeficiente de amortecimento 5%

O espectro de cálculo, $S_d(T)$, é definido pelas expressões apresentadas no EC8, no artigo 3.2.2.4:

$$0 \leq T \leq T_B: S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad (3.1)$$

$$T_B \leq T \leq T_C: S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \quad (3.2)$$

$$T_C \leq T \leq T_D: S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (3.3)$$

$$T_D \leq T: S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (3.4)$$

Em que,

- $S_d(T)$ – Espectro de resposta de cálculo;
- T – Período de vibração de um sistema linear com um grau de liberdade;
- a_g – Valor de cálculo da aceleração à superfície para um terreno do tipo A ($a_g = \gamma_1 \cdot a_{gR}$);
 - a_{gR} – Valor de referência da aceleração máxima à superfície de um terreno do tipo A (Tabela 3.1 do EC8 e NA-3.2.1(2));
 - γ_1 – Coeficiente de importância (NA-4.2.5(5)P);

- T_B – Limite inferior do período no patamar de aceleração espectral constante (NA-3.2.2.2(2)P);
- T_C – Limite superior do período no patamar de aceleração espectral constante (NA-3.2.2.2(2)P);
- T_D – Valor que define no espectro o início do ramo de deslocamento constante (NA-3.2.2.2(2)P);
- S – Coeficiente de solo (NA-3.2.2.2(2)P);
- β – Coeficiente correspondente ao limite inferior do espectro de cálculo horizontal (valor recomendado de 0,2);
- q – Coeficiente de comportamento.

No quadro NA.1 do EC8 podemos encontrar os valores da aceleração máxima de referência, a_{gr} , para as diferentes zonas sísmicas.

O quadro NA-3.3 do EC8 apresenta os valores dos parâmetros que definem o espectro de resposta para ação sísmica do tipo 2.

Apresenta-se no quadro seguinte um resumo dos valores necessários para a determinação do espectro de resposta, sendo que faltará ainda a determinação do coeficiente de comportamento, q , cujo objetivo é introduzir no cálculo uma redução nas forças obtidas numa análise linear de modo a ter em conta a resposta não linear da estrutura.

Ação Sísmica	a_{gr} (m/s ²)	γ_I	Tipo de Terreno	$S_{m\acute{a}x.}$	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
Tipo 2.1	2,5	1,15	C	1,6	0,1	0,25	2

Quadro 3.4 – Resumo das características do espectro de resposta do edifício

Sabendo que o valor de aceleração à superfície, a_g , é dado pela seguinte expressão,

$$a_g = a_{gr} \times \gamma_I \quad (3.5)$$

- a_g – Valor de cálculo da aceleração à superfície para um terreno do tipo A ($a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$);
- a_{gR} – Valor de referência da aceleração máxima à superfície de um terreno do tipo A (Tabela 3.1 do EC8 e NA-3.2.1(2));
- γ_I – Coeficiente de importância (NA-4.2.5 (5) P);

Considerando o quadro anterior obtém-se para a estrutura em estudo $a_g = 2,88\text{m/s}^2$.

Relativamente à componente vertical da ação sísmica ela deve ser tida em conta se o valor da aceleração vertical à superfície, a_{vg} , for superior a $2,5 \text{ m/s}^2$ para os casos mencionados no ponto 4.3.3.5.2 do EC8.

O quadro NA-3.4 do anexo nacional do EC8 mostra os valores para os parâmetros que definem o espectro de resposta vertical. No caso da escola que se pretende dimensionar, influenciada por ação sísmica do tipo 2, a relação a_{vg}/a_g é igual a 0,95. Sabendo que neste caso $a_g=2,88 \text{ m/s}^2$, tem-se que $a_{vg}= 2,73 \text{ m/s}^2$.

No entanto esta escola é um edifício com vãos máximos de cerca de 10m, não tem elementos em consola, não tem aplicação de pré-esforço, nem pilares suportados por vigas como tal não será necessário considerar a componente vertical da ação sísmica no dimensionamento.

3.4 Combinação de Ações

3.4.1 Estados Limites Últimos

- *Combinação Fundamental (Eurocódigo 0, artigo 6.4.3.2)*

$$E_d = E\{\gamma_{G,j}G_{k,j}; \gamma_p P; \gamma_{Q,1}Q_{k,1}; \gamma_{Q,i}\psi_{0,i}Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (3.6)$$

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j}G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1}Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i}\psi_{0,i}Q_{k,i}$$

- *Ação Sísmica (Eurocódigo 0, artigo 6.4.3.4)*

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; A_{Ed}; \psi_{2,i}Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (3.7)$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i}Q_{k,i}$$

3.4.2 Estados Limites de Serviço

- *Combinação Rara (Eurocódigo 0, artigo 6.5.3 (a))*

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; Q_{k,1}; \psi_{0,i}Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (3.8)$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i}Q_{k,i}$$

- *Combinação Quase-Permanente (Eurocódigo 0, artigo 6.5.3 (c))*

$$E_d = E \left\{ G_{k,j}; P; \psi_{2,i} Q_{k,i} \right\} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (3.9)$$

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- E_d – Valor de dimensionamento para o efeito de uma ação;
- G_k – Valor característico de uma ação permanente;
- $Q_{k,i}$ – Valor característico de uma ação variável;
- $Q_{k,1}$ – Valor característico de uma ação variável base;
- P – Valor representativo de uma ação de pré-esforço;
- γ_G – Coeficiente parcial para as ações permanentes;
- γ_Q – Coeficiente parcial para as ações variáveis;
- γ_P – Coeficiente parcial para as ações de pré-esforço;
- ψ_0 – Coeficiente de combinação para as ações variáveis;
- ψ_1 – Coeficiente de combinação frequente para as ações variáveis;
- ψ_2 – Coeficiente de combinação quase-permanente para as ações variáveis;
- “+” – Significa “combinado com”.
- A_{Ed} – Valor de cálculo para a ação sísmica ($A_{ed} = \gamma_1 \cdot A_{Ek}$);
 - γ_1 – Coeficiente de importância;
 - A_{Ek} – Valor característico da ação sísmica de acordo com o período de retorno de referência.

4 Pré-dimensionamento

Depois de definida a solução estrutural a adotar para o edifício é necessário efetuar o pré-dimensionamento dos vários elementos estruturais.

4.1 Lajes

Para o dimensionamento das lajes da escola a projetar, foi considerada a seguinte expressão, de acordo com o quadro 7.4N do Eurocódigo 2, considerando betão pouco comprimido,

$$d \geq \frac{l_x}{coef. \times \frac{500}{f_{yk}}} \quad (4.1)$$

- d – altura útil

- l_x – comprimento do menor vão
- *Coefficiente:*
 - 26 – Painel lateral de lajes contínuas armadas numa ou nas duas direções
 - 20 – Lajes simplesmente apoiadas, armadas em uma ou duas direções
- f_{yk} – valor característico da tensão de cedência à tração do aço das armaduras de betão armado

A aplicação da expressão anterior conduziu a espessuras de laje de 0.20m para a maior parte do edifício, uma laje de 0.25m e uma laje de 0.35m na sala de informática, piso1 e refeitório, piso 0, por terem um vão significativo.

4.2 Vigas

Para o pré-dimensionamento das vigas recorreu-se à expressão seguinte que se refere a vigas apoiadas em pilares, em que a altura da viga corresponde a cerca de um décimo do seu comprimento.

$$h = \frac{l}{10 \text{ a } 12} \quad (4.2)$$

No edifício encontram-se vigas de 0.30mx0.50m, 0.3mx0.75m, 0.3mx1.00m e vigas de fundação de 0.30mx0.50m.

4.3 Pilares

Os pilares foram pré-dimensionados seguindo a definição presente nas plantas de arquitetura quanto à posição e dimensão. Nesta fase foram considerados pilares de 0.30mx0.30m e pilares circulares com 0.30m de diâmetro no átrio de entrada.

5 Análise Sísmica

Nos edifícios localizados em zonas de atividade sísmica considerável há a ter em conta na fase de conceção um conjunto de princípios que têm por finalidade minimizar os danos estruturais em caso de ocorrência de um sismo.

Estes princípios vêm descritos no Eurocódigo 8, no artigo 4.2.1 (2) e são:

- Simplicidade estrutural;
- Uniformidade, simetria e redundância da estrutura;

- Resistência e rigidez nas duas direções;
- Resistência e rigidez à torção;
- Ação de diafragma ao longo dos pisos;
- Fundação adequada;

Uma estrutura projetada de acordo com estes princípios poderá responder mais eficazmente à ação sísmica.

5.1 Elementos sísmicos primários e secundários

O Eurocódigo 8 permite a definição de alguns elementos da estrutura como elementos sísmicos secundários, ou seja, não fazem parte do sistema resistente do edifício à ação sísmica.

Para os elementos secundários despreza-se a sua capacidade resistente e não é necessário que verifiquem as condições impostas nas secções do Eurocódigo 8 que definem as regras a cumprir pelos edifícios de betão. No entanto têm de ser dimensionados de forma a garantir a capacidade de carga para as ações gravíticas quando sujeitos aos deslocamentos impostos pela ação sísmica. Devem ser ainda tidos em conta os efeitos de segunda ordem.

De acordo com o artigo 4.2.2 (5), do Eurocódigo 8, não é possível escolher elementos estruturais como sendo secundários com o intuito de alterar a classificação da estrutura de não regular para regular.

Os elementos sísmicos primários são o sistema resistente às forças laterais, devem ser modelados para a situação de projeto sísmica, seguindo as regras preconizadas nas secções do Eurocódigo 8 correspondentes.

No caso específico deste projeto todos os elementos estruturais são considerados primários, minimizando fragilidades em termos resistentes que os elementos secundários podem apresentar.

5.2 Classes de ductilidade

O Eurocódigo 8 define que os edifícios projetados em zonas de atividade sísmica considerável devem garantir uma capacidade de dissipação de energia e um comportamento dúctil global.

Na mesma secção o Eurocódigo distingue três classes de ductilidade:

- Classe de Ductilidade Baixa (DCL) – Caracteriza estruturas com um comportamento linear em regime elástico, a capacidade resistente à ação sísmica é garantida pelos elementos resistentes da estrutura e não pela sua ductilidade. Unicamente recomendado em casos de baixa sismicidade.
- Classe de Ductilidade Média (DCM) – Corresponde, em conjunto com a classe de ductilidade alta, a estruturas com grande dissipação histerética de energia quando sujeitas a ações repetidas sem que ocorram roturas frágeis. A classe DCM aplica-se a estruturas com elevada plasticidade permitindo uma resposta em regime não elástico.
- Classe de Ductilidade Alta (DCH) – O dimensionamento destas estruturas é bastante complexo garantindo elevados níveis de plasticidade. As limitações geométricas e de materiais bem como as regras específicas de dimensionamento permitem alcançar elevados níveis de dissipação de energia.

5.2.1 Limitações geométricas para a classe DCM

Para o edifício em estudo adotou-se a classe de ductilidade média. O Eurocódigo 8 define, na secção 5.4, as regras a considerar para projetos de acordo com a classe DCM.

As primeiras considerações dizem respeito aos materiais a utilizar que devem observar as seguintes condições:

- Nos elementos sísmicos primários o betão deverá ser de classe superior a C16/20;
- A armadura deve ser constituída por varões nervurados, exceção feita a estribos fechados e ganchos;
- As armaduras deverão ser da classe B ou C;

As restrições geométricas têm como objetivo permitir a transmissão de esforços entre os elementos estruturais de forma a manter o equilíbrio, evitando fenómenos de instabilidade na estrutura.

O Eurocódigo 8, (5.4.1.2), define algumas expressões a verificar na escolha de secções de vigas, pilares e paredes estruturais:

- **Vigas**

A excentricidade do eixo da viga em relação ao eixo do pilar é limitada por $\frac{1}{4}$ de b_c , sendo esta a maior dimensão da secção transversal do pilar perpendicular relativamente ao eixo longitudinal da viga.

$$b_w \leq \min \{b_c + h_w; 2b_c\} \quad (5.1)$$

- b_w - Largura da viga;
- b_c - Largura dos pilares;
- h_w - Altura da viga.

b_c	h_w	b_w
0.3	0.5	0.6

Quadro 5.1 – Limitação geométrica das vigas

O quadro apresenta a limitação geométrica para o caso mais desfavorável do projeto em estudo, sendo então 0.60m a largura máxima a adotar nas vigas com 0.50m de altura e assentes em pilares com 0.30 m de largura.

Relativamente à condição de excentricidade não se verifica por todos os pilares serem centrados com as vigas.

- **Pilares**

Para $\theta > 0.1$, quando os efeitos de 2ª ordem não puderem ser desprezados, ver secção 5.8 do presente documento, a largura do pilar deve ser superior a um décimo da sua altura. Sendo θ , o coeficiente de sensibilidade ao deslocamento relativo entre pisos.

- **Paredes**

$$b_{w0} \geq \max \{0.15; h_s/20\} \quad (5.2)$$

- b_{w0} - Espessura da alma da parede;
- h_s - Altura livre do piso.

Para que se garanta a ductilidade local, os elementos de extremidade confinados de paredes devem ter espessura superior a 0.20m, 5.4.3.4.2 (10) do EC8.

Para este projeto a espessura das paredes deve ser igual ou superior a 0.15m, e as paredes adotadas têm maioritariamente espessura de 0.20m, sendo que apenas as paredes laterais das escadas têm espessura 0.15m.

5.3 Rigidez de torção mínima

Após a definição dos elementos primários e secundários, da verificação das limitações geométricas e materiais a utilizar consoante a classe de ductilidade em causa, os próximos passos passam pela verificação dos critérios de regularidade estrutural, quer em planta ou em altura, e pela determinação do coeficiente de comportamento para que possamos então definir o espectro de resposta de cálculo a considerar na análise sísmica da estrutura a dimensionar.

No entanto para que se possa verificar a regularidade da estrutura é necessário classificá-la quanto ao seu tipo. O Eurocódigo 8, no artigo 5.2.2.1, identifica-as quanto ao seu comportamento à ação sísmica horizontal:

- a) Sistema porticado
- b) Sistema misto, equivalente a um sistema porticado ou de paredes
- c) Sistema de paredes dúcteis
- d) Sistemas de paredes de grandes dimensões de betão fracamente armado
- e) Sistemas de pendulo invertido
- f) Sistema torsionalmente flexível

De acordo com o artigo 5.2.2.1 (4) P, os quatro primeiros tipos devem possuir uma rigidez de torção mínima que satisfaça a seguinte condição, apresentada na expressão seguinte:

$$r_{\theta} \geq l_s \quad (5.3)$$

Em que:

- r_{θ} – Raio de torção
- l_s – Raio de giração

Para a verificação desta condição surge a necessidade da determinação destes dois parâmetros dados pelas expressões seguintes,

O raio de giração, l_s , é dado por:

$$l_s = \sqrt{\frac{I_{pCM}}{m}} \quad (5.4)$$

- I_{pCM} – Momento polar de inércia em relação ao centro de massa do piso;
- m – Massa do piso.

Sendo a planta do piso aproximadamente retangular, admite-se uma distribuição de massas uniforme, podemos então obter o momento polar de inércia do centro de massa pela seguinte expressão:

$$I_{pCM} = \rho \times \left[\frac{a \times b^3}{12} + \frac{a^3 \times b}{12} \right] = \frac{m}{12} (a^2 + b^2) \quad (5.5)$$

Desta forma o raio de giração pode ser calculado de forma simplificada,

$$l_s = \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{12}} \quad (5.6)$$

- a – Largura em planta do piso;
- b – Comprimento em planta do piso;
- ρ – Massa por metro quadrado do piso;
- m – Massa do piso, considerando que é aproximadamente retangular é dada por $m = \rho \times a \times b$.

A determinação do raio de torção, r_θ , terá de ser efetuada em ambas as direções e é dado por,

$$r_x = \sqrt{\frac{K_\theta}{K_y}} \quad (5.7)$$

$$r_y = \sqrt{\frac{K_\theta}{K_x}} \quad (5.8)$$

- r_x, r_y – Raio de torção na direção x e y;
- K_x, K_y – Rigidez lateral nas direções x e y;
- K_θ – Rigidez de torção.

Para determinar o raio de torção foi dividida a estrutura não só no corpo 1 e 2 como também se separou no corpo 2 a área correspondente ao pavilhão, porque a sua laje

de teto é a uma altura intermédia relativamente aos pisos 0 e 1 do resto da estrutura e como tal apresenta um comportamento diferenciado.

Obtiveram-se os seguintes resultados pela aplicação das fórmulas anteriores.

	Corpo 1	Corpo 2 (Escola)	Corpo 2 (Pavilhão)
a [m]	8.16	10.33	10.00
b [m]	54.88	27.15	18.75

Quadro 5.2 – Largura e comprimento em planta do edifício

	Corpo 1	Corpo 2 (Escola)	Corpo 2 (Pavilhão)
	Is [m]	Is [m]	Is [m]
PISO 1	16.017	8.386	6.134
PISO 2	16.017	8.386	

Quadro 5.3 – Raio de giração

Para a determinação da rigidez de torção e da rigidez de translação recorre-se à expressão que relaciona a força com o deslocamento,

$$F = k \times u \quad (5.9)$$

Em que,

- F – força aplicada
- k – rigidez
- u – deslocamento da estrutura

Os valores de deslocamento são obtidos aplicando no centro de rigidez do modelo estrutural definido no “SAP2000” uma força na direção em estudo.

O cálculo do centro de rigidez fez-se considerando as seguintes expressões:

$$X_{CR} = \frac{\sum(I_x \times x_i)}{\sum I_x} \quad (5.10)$$

$$Y_{CR} = \frac{\sum(I_y \times y_i)}{\sum I_y} \quad (5.11)$$

- I_x e I_y - Inércia do elemento na direção considerada;

- x_i e y_i - Distância do centro do elemento à origem do referencial considerado.

Obtiveram-se os centros de rigidez apresentados no quadro seguinte:

	CORPO 1	CORPO 2 (Escola)	CORPO 2 (Pavilhão)
X_{CR} (m)	48.606	4.041	5.360
Y_{CR} (m)	12.105	27.846	27.913

Quadro 5.4 – Centro de rigidez da estrutura

Aplicando a expressão (5.7) determinam-se os valores de rigidez para cada eixo da estrutura,

	CORPO 1			CORPO 2 (Escola)		
	F_1 [kN]	u_1 [m]	K_1 [kN/m]	F_1 [kN]	u_1 [m]	K_1 [kN/m]
PISO 0	1000	0.0015	6.67E+05	1000	0.0017	5.88E+05
PISO 1	1000	0.0040	2.50E+05	1000	0.0043	2.33E+05
	F_2 [kN]	u_2 [m]	K_2 [kN/m]	F_2 [kN]	u_2 [m]	K_2 [kN/m]
PISO 0	1000	0.0035	2.86E+05	1000	0.0061	1.64E+05
PISO 1	1000	0.0048	2.08E+05	1000	0.0104	9.62E+04
	M_3 [kN.m]	u_3 [rad]	K_3 [kN.m/rad]	M_3 [kN.m]	u_3 [rad]	K_3 [kN.m/rad]
PISO 0	1000	0.0032	3.14E+05	1000	0.0001	1.67E+07
PISO 1	1000	0.0031	3.18E+05	1000	0.0001	1.11E+07
	CORPO 2 (Pavilhão)					
	F_1 [kN]	u_1 [m]	K_1 [kN/m]			
Pavilhão	1000	0.0029	3.45E+05			
	F_2 [kN]	u_2 [m]	K_2 [kN/m]			
Pavilhão	1000	0.0354	2.82E+04			
	M_3 [kN.m]	u_3 [rad]	K_3 [kN.m/rad]			
Pavilhão	1000	0.0004	2.50E+06			

Quadro 5.5 – Determinação da rigidez de translação e torção para cada corpo da estrutura

Considerando os resultados obtidos para o raio de torção, apresentados no quadro 5.6, e comparando-os com os valores, do quadro 5.3, para o raio de giração constatamos que a estrutura não verifica a rigidez de torção mínima na sua globalidade, embora verifique para a direção x no corpo 2, ou seja, quanto ao seu tipo a estrutura é um sistema torsionalmente flexível.

	CORPO 1		CORPO 2 (Escola)		CORPO 2 (Pavilhão)	
	r ₁ [m]	r ₂ [m]	r ₁ [m]	r ₂ [m]	r ₁ [m]	r ₂ [m]
PISO 0	1.05	0.69	10.08	5.32	9.41	2.69
PISO 1	1.24	1.13	10.75	6.91	-	-

Quadro 5.6 – Valores do raio de torção

Os sistemas torsionalmente flexíveis englobam os sistemas mistos ou os sistemas de paredes que não tem uma rigidez à torção mínima.

É necessário verificar se o edifício é um sistema de paredes ou um sistema misto porque, de acordo com o artigo 4.4.2.3 (4) do Eurocódigo 8 que se refere à verificação das condições de ductilidade global ou local do sistema estrutural, se a estrutura for porticada ou equivalente a pórtico é necessário garantir a equação 4.29, ou seja, a soma dos valores de cálculo dos momentos resistentes dos pilares ligados ao nó têm de ser 30% superiores à soma dos valores de cálculo dos momentos resistentes das vigas ligadas ao nó.

Para a classificação do sistema estrutural do edifício aplicou-se uma força de 1000 kN no centro de rigidez de cada piso em ambas as direções, x e y, e quantificou-se o valor das reações de apoio dos pilares e das paredes como se apresenta no quadro 5.7.

		PISO 0				PISO 1			
		Direção x		Direção y		Direção x		Direção y	
		F (kN)	%	F (kN)	%	F (kN)	%	F (kN)	%
CORPO 1	PAREDES	752.00	75%	789.59	79%	697.62	70%	833.40	83%
	PILARES	248.00	25%	210.41	21%	302.38	30%	166.60	17%
	TOTAL	1000.00	100%	1000.00	100%	1000.00	100%	1000.00	100%
CORPO 2	PAREDES	961.17	96%	498.55	50%	917.29	92%	479.20	48%
	PILARES	38.83	4%	501.45	50%	82.71	8%	520.80	52%
	TOTAL	1000.00	100%	1000.00	100%	1000.00	100%	1000.00	100%

Quadro 5.7 – Classificação do sistema estrutural

Podemos concluir que o corpo 1 é um sistema de paredes, dado que a resistência de corte na base assegurada pelas paredes é superior a 65% da resistência de todo o sistema estrutural. No corpo 2 a direção x é um sistema de paredes na direção y considera-se um sistema misto equivalente a paredes, por a resistência das paredes às forças de corte ser aproximadamente 50%.

5.4 Critérios de regularidade estrutural

De acordo com o Eurocódigo 8 as estruturas distinguem-se em regulares e não regulares o que terá implicações em projeto traduzidas em reduções ou simplificações.

5.4.1 Regularidade em planta

O EC8 apresenta, no artigo 4.2.3.2, um conjunto de condições a satisfazer para que uma estrutura possa ser considerada regular em planta.

- A estrutura do edifício deve ser aproximadamente simétrica relativamente à distribuição de massas e rigidez lateral, considerando dois eixos ortogonais;
- Cada piso deve ser delimitado por uma linha poligonal convexa originando uma configuração em planta compacta, poderão existir reentrâncias em relação a esta linha desde que a área verificada e a área da linha poligonal não exceda os 5% da área do piso;
- A rigidez dos pisos no plano deve ser tal relativamente à rigidez lateral que garanta um efeito reduzido da deformação do piso na distribuição de forças entre elementos.
- A esbelteza do edifício em planta, ou seja a razão entre a maior e menor dimensão em planta, não deve ser superior a 4.
- Para cada nível e em cada direção no plano a excentricidade estrutural e o raio de torção devem verificar as seguintes condições, expressas para a direção de cálculo y:

$$e_{ox} \geq 0.30 \times r_x \quad (5.12)$$

$$r_x \geq l_s \quad (5.13)$$

Sendo:

- e_{ox} - Distância entre o centro de rigidez e o centro de gravidade, medida segundo a direção x, perpendicular à direção de cálculo;
- r_x - Raio de torção, $r_x = \sqrt{\frac{K_\theta}{K_y}}$;

- l_s - Raio de giração da massa do piso em planta, $l_s = \sqrt{\frac{I_{pCM}}{m}}$.

O edifício não é regular em planta, não verifica a condição de esbelteza como se pode verificar no quadro 5.8.

	$L_{m\acute{a}x}$	$L_{m\acute{i}n}$	λ
CORPO 1	54.88	8.16	6.73
CORPO 2	45.90	10.33	4.44

Quadro 5.8 – Esbelteza do edifício

5.4.2 Regularidade em altura

De acordo com a secção 4.2.3.3 do EC8, um edifício para que seja considerado regular em altura terá de satisfazer todas as condições a seguir enunciadas:

- Todos os sistemas resistentes a ações laterais são contínuos desde a fundação até ao topo da estrutura ou até ao ponto considerado se existirem andares recuados;
- A rigidez lateral e a massa de cada piso são constantes ou sofrem uma redução gradual sem alterações bruscas;
- Para edifícios porticados a relação entre a resistência real do piso e a requerida pelo cálculo não deve variar de forma desproporcional entre pisos adjacentes;
- Quando os edifícios têm recuos, há a verificar as seguintes condições adicionais:
 - a. O recuo em qualquer piso não deve ser superior a 20% da dimensão em planta do nível inferior ao recuo, para recuos que mantêm simetria axial;
 - b. Se existir apenas um recuo nos 15 % inferiores de altura total da estrutura, o recuo deve ser inferior a 50 % da dimensão em planta do piso inferior. Neste caso, a estrutura da zona inferior, que se encontra na projeção vertical dos pisos superiores, deve ser analisada e calculada para resistir a, pelo menos 75 % das forças horizontais que se desenvolvem nessa zona de um edifício semelhante sem o aumento da base;

- c. No caso dos vários pisos não apresentarem simetria, a zona de recuos de todos os pisos em cada face, não deve ser superior a 30 % da dimensão do primeiro piso acima da fundação e cada recuo não deve ser superior a 10 % da dimensão em planta do piso inferior.

Ambos os corpos são regulares em altura porque o seu sistema estrutural é uniforme.

5.5 Coeficiente de comportamento

Tendo em consideração os resultados obtidos na classificação da estrutura pode-se determinar o coeficiente de comportamento, q , pela expressão seguinte,

$$q = q_0 \times k_w \geq 1.5 \quad (5.14)$$

- q_0 - Valor básico do coeficiente de comportamento, função do tipo de sistema estrutural e da sua regularidade em altura;
- k_w - Coeficiente que reflete o modo de rotura predominante nos sistemas estruturais de paredes.

Pelo quadro 5.1 do EC8, temos que para a classe DCM e para sistemas torsionalmente flexíveis, $q_0 = 2.0$.

Na secção 5.2.2.2 (11) P é dada a expressão para determinar o valor de k_w , $k_w = (1 + \alpha_0) / 3 \leq 1$, sendo α_0 a esbelteza predominante dada pela razão entre o somatório das alturas de paredes estruturais e o somatório do comprimento das paredes resistentes do sistema estrutural.

	α_0	k_w
CORPO 1	2.21	1.07
CORPO 2	2.32	1.11

Quadro 5.9 – Valores do coeficiente k_w

Sendo o resultado de k_w superior ao máximo de 1 então este é o valor a adotar na determinação do coeficiente de comportamento.

O coeficiente de comportamento, q , a considerar para toda a estrutura é de 2.

5.6 Espectro de cálculo para a análise elástica

Substituindo as expressões da secção 3, (3.1 a 3.4), e considerando os valores do quadro seguinte obtém-se o espectro de cálculo a utilizar na análise elástica da estrutura.

Ação Sísmica	a_{gr} (m/s ²)	γ_I	a_g	Tipo de Terreno	$S_{máx}$	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)	S	ξ	S_e
Tipo 2.1	2.5	1.15	2.875	C	1.6	0.1	0.25	2	1.22	5%	4.4

Quadro 5.10 – Características do espectro de cálculo

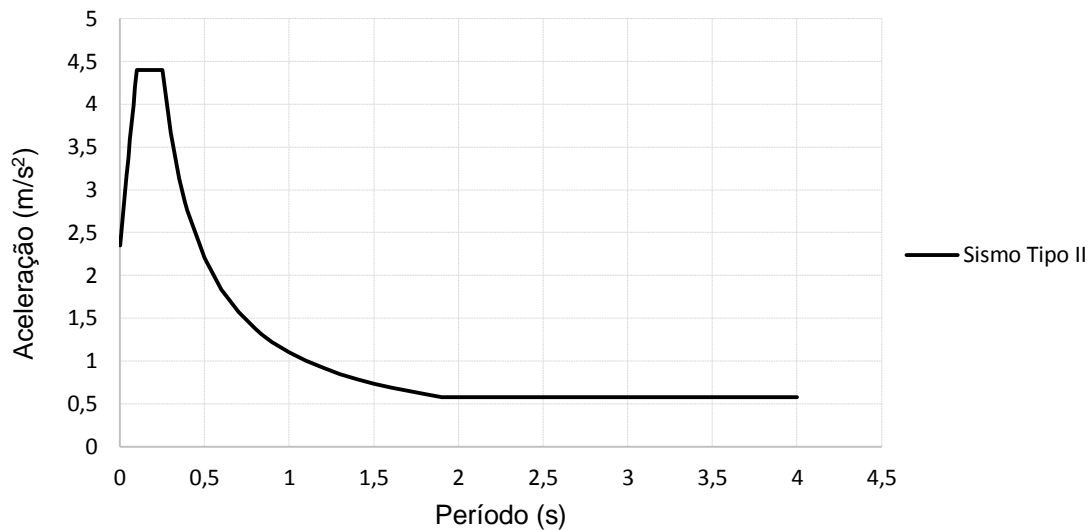


Figura 5.1 – Espectro de cálculo

5.7 Efeitos da torção

O artigo 4.3.2 do Eurocódigo 8 estabelece a necessidade de considerar os efeitos acidentais de torção para que seja tida em conta a incerteza na localização das massas e na variação do movimento sísmico, assim o centro de massa em cada piso deve ser deslocado em cada direção relativamente à sua posição,

$$e_{ai} = \pm 0.05 \times L_i \quad (5.15)$$

- e_{ai} - Excentricidade acidental da massa do piso i em relação à sua posição, aplicada na mesma direção em todos os pisos;
- L_i - Dimensão do piso na direção perpendicular à direção da ação sísmica.

Quando se utiliza um modelo de análise espacial, como é este caso de análise modal por espectro de resposta, os efeitos de torção podem ser contabilizados pela aplicação de momentos torsores de eixo vertical em cada piso, o valor deste momento pode ser determinado pela expressão descrita no artigo 4.3.3.3.3 do EC8,

$$M_{ai} = e_{ai} \times F_i \quad (5.16)$$

- M_{ai} - Momento torsor de eixo vertical aplicado no piso i;
- e_{ai} - Excentricidade accidental da massa no piso i;
- F_i - Força horizontal atuante no piso i.

A determinação da força horizontal é feita através da expressão, (4.3.3.2.3(3) EC8),

$$F_i = F_b \times \frac{z_i \times m_i}{\sum z_j \times m_j} \quad (5.17)$$

- F_b - Força de corte basal
- m_i, m_j - Massas dos pisos
- z_i, z_j - Altura das massas m_i, m_j acima do nível de aplicação da ação sísmica.

Apresentam-se de seguida os cálculos dos efeitos de torção para o edifício em estudo,

- **Excentricidade accidental**

		Direção x		Direção y	
		L _x (m)	±e _{ai,x} (m)	L _y (m)	±e _{ai,y} (m)
CORPO 1	Piso 0	54.88	2.744	8.16	0.408
	Piso 1	54.88	2.744	8.16	0.408
CORPO 2	Piso 0	10.33	0.517	27.15	1.358
	Piso 1	10.33	0.517	27.15	1.358
	Pavilhão	10.00	0.500	18.75	0.938

Quadro 5.11 – Excentricidade accidental

- **Força de corte na base**

A força de corte basal é dada pela expressão apresentada na secção 4.3.3.2.2 do EC8,

$$F_b = S_d(T_1) \times m \times \lambda \quad (5.18)$$

- $S_d(T_1)$ - Ordenada do espectro de cálculo para o período T_1 ;
- m - Massa total do edifício³, dada por, $m = \sum G_{kj} + \sum \psi_{E,i} \times Q_{k,i}$
- λ - Fator de correção, igual a 1 para esta situação.

		G	Q	$\Psi_{2,i}$	ϕ	$\Psi_{E,i}$	m (ton)
CORPO 1	Piso 0	790.309	182.660	0.600	0.800	0.480	877.986
	Piso 1	492.523	18.266	0.000	1.000	0.000	492.523
CORPO 2	Piso 0	468.044	112.963	0.600	0.800	0.480	522.266
	Piso 1	301.492	11.296	0.000	1.000	0.000	301.492
PAVILHÃO		275.919	7.648	0.000	1.000	0.000	275.919

Quadro 5.12 – Massa do edifício

		Sd(T1)	m (ton)	λ	F _b (kN)
CORPO 1	x	4.402	1370.508	1	6033.448
	y	4.402	1370.508	1	6033.448
CORPO 2	x	2.771	823.758	1	2282.491
	y	4.402	823.758	1	3626.467

Quadro 5.13 – Força de corte na base

- **Momento torsor**

		z (m)	m (m)	F _x (kN)	F _y (kN)
CORPO 1	Piso 0	3.65	877.986	2950.208	2950.208
	Piso 1	6.80	492.523	3083.240	3083.240
CORPO 2	Piso 0	3.65	522.266	805.416	1279.662
	Piso 1	6.80	301.492	866.204	1376.242
PAVILHÃO		5.24	275.919	610.870	970.563

Quadro 5.14 – Forças horizontais no piso

		M _x (kN.m)	M _y (kN.m)
CORPO 1	Piso 0	1203.685	8095.371
	Piso 1	1257.962	8460.411
CORPO 2	Piso 0	1079.661	660.945
	Piso 1	1161.147	710.829
PAVILHÃO		572.691	485.281

Quadro 5.15 – Momento torsor

³ – A massa do edifício é dada pela soma das cargas permanentes com as sobrecargas. As sobrecargas são multiplicadas pelo coeficiente de combinação, $\psi_{E,i}$, obtido pela multiplicação de $\psi_{2,i}$ por ϕ , artigo 4.2.4 EC8.

O momento tissor a aplicar no piso é o valor máximo obtido no mesmo, este será conjugado com os esforços da ação sísmica obtendo-se desta forma duas combinações de ações, ação sísmica + momento tissor e ação sísmica – momento tissor.

5.8 Efeitos de 2ª ordem

De acordo com o artigo 5.8.1 do Eurocódigo 2, os efeitos de 2ª ordem são efeitos adicionais impostos à estrutura resultantes da deformação da mesma relativamente a uma ação.

No entanto o Eurocódigo 8 prevê que possam ser desprezados estes efeitos de 2ª ordem, efeitos P-Δ, se for verificada a seguinte condição,

$$\theta = \frac{P_{tot} \times d_r}{V_{tot} \times h} \leq 0.10 \quad (5.19)$$

- θ - Coeficiente de sensibilidade ao deslocamento relativo entre pisos;
- P_{tot} - Carga gravítica total acima do piso em análise, incluindo o mesmo, para a situação de projeto sísmica;
- V_{tot} - Força de corte sísmica total para o piso em análise;
- h - Altura entre pisos
- d_r - Deslocamento relativo entre pisos, obtido pela diferença entre os deslocamentos laterais do topo e base do piso, determinados pela expressão⁴,

$$d_s = q_d \times d_e \quad (5.20)$$

- d_s - Deslocamento de um ponto do sistema estrutural devido à ação sísmica de cálculo;
- q_d - Coeficiente de comportamento em deslocamento admite-se igual a q; d_e - Deslocamento do mesmo ponto do sistema estrutural obtido por análise linear, baseada no espectro de cálculo.

⁴ – O cálculo dos deslocamentos vem descrito no artigo 4.3.4 do EC8, esta expressão permite, em análise linear, avaliar os deslocamentos com base nas deformações elásticas do sistema estrutural. O valor de d_s não tem ser superior a d_e . Na determinação de d_e devem ser considerados os efeitos de torção devidos à ação sísmica.

CORPO 1	Piso	$d_{es}(m)$	$d_{ei}(m)$	q	$d_{ss}(m)$	$d_{si}(m)$	$d_r(m)$
Direção x	0	0.0025	0.0000	2.0000	0.0050	0.0000	0.0050
	1	0.0043	0.0025	2.0000	0.0086	0.0050	0.0036
Direção y	0	0.0029	0.0000	2.0000	0.0058	0.0000	0.0058
	1	0.0034	0.0029	2.0000	0.0068	0.0058	0.0010
CORPO2							
Direção x	0	0.0013	0.0000	2.0000	0.0026	0.0000	0.0026
	1	0.0013	0.0013	2.0000	0.0026	0.0026	0.0000
	Pavilhão	0.0006	0.0000	2.0000	0.0012	0.0000	0.0012
Direção y	0	0.0056	0.0000	2.0000	0.0112	0.0000	0.0112
	1	0.0000	0.0056	2.0000	0.0000	0.0112	0.0112
	Pavilhão	0.0067	0.0000	2.0000	0.0134	0.0000	0.0134

Quadro 5.16 – Deslocamento relativo entre pisos

CORPO 1	Piso	$P_{total}(kN)$	$d_r(m)$	$V_{total}(kN)$	$h(m)$	θ
Direção x	0	13421.48	0.0050	6033.45	3.75	0.003
	1	4311.67	0.0036	3083.24	3.35	0.002
Direção y	0	13421.48	0.0058	6033.45	3.75	0.003
	1	4311.67	0.0010	3083.24	3.35	0.000
CORPO2						
Direção x	0	7722.66	0.0026	1671.62	3.75	0.003
	1	2408.20	0.0000	866.20	3.35	0.000
	Pavilhão	2130.62	0.0012	610.87	5.24	0.001
Direção y	0	7722.66	0.0112	2655.90	3.75	0.009
	1	2408.20	0.0112	1376.24	3.35	0.006
	Pavilhão	2130.62	0.0134	970.56	5.24	0.006

Quadro 5.17 – Coeficiente de sensibilidade ao deslocamento relativo

Como podemos verificar pela análise ao quadro 5.17 o coeficiente de sensibilidade ao deslocamento relativo entre pisos é inferior a 0.1 logo podem desprezar-se os efeitos de 2ª ordem.

6 Dimensionamento da Estrutura

O dimensionamento da estrutura do caso em estudo foi realizado com recurso ao *software* já referido, “SAP 2000”, de acordo com as condicionantes vistas nas secções anteriores. No entanto este capítulo apresenta as regras de dimensionamento previstas nos Eurocódigos 2 e 8, bem como o cálculo exemplificativo de cada um dos tipos de elementos estruturais.

As verificações da segurança e consequente dimensionamento da estrutura fazem-se tendo em conta os estados limites, estados a partir dos quais a estrutura deixa de satisfazer os critérios de projeto relevantes, fica prejudicada total ou parcialmente na sua capacidade de desempenhar as funções a que se destina.

Os estados limites distinguem-se em estados limites últimos e estados limites de serviço.

6.1 Estados Limites Últimos

Os estados limites últimos são aqueles a partir dos quais a estrutura, ou parte dela, entra em rotura causando danos muito severos. Para garantir o requisito da não ocorrência de colapso há que garantir as condições relativas a resistência, ductilidade, equilíbrio, estabilidade de fundações e juntas sísmicas que vêm descritas no artigo 4.4.2 do Eurocódigo 8.

O dimensionamento apresentado nos pontos seguintes segue a regra de cálculo pela capacidade real, *capacity design*, que se define por atribuir às zonas críticas, zonas onde a maior parte da energia é dissipada no decorrer de um sismo e onde se localizam as deformações inelásticas, uma certa ductilidade e resistência.

O objetivo é então evitar a formação de mecanismos de rotura frágil, 5.2.3.3 do EC8, (rotura dos nós viga-pilar, rotura por esforço transversal, roturas plásticas em pilares e plastificação de elementos que devem ser de comportamento elástico), para o dimensionamento devem determinar-se os esforços de cálculo nestas zonas admitindo áreas adjacentes onde se formam rótulas plásticas.

6.1.1 Vigas

Uma viga é um elemento estrutural cujo vão é superior a 3 vezes a altura da sua secção transversal, artigo 5.3.1.3 do Eurocódigo 2.

Apresentam-se de seguida as principais considerações, de acordo com o EC2 e EC8, no que diz respeito ao dimensionamento das armaduras longitudinais e transversais. Como exemplo mostra-se a aplicação das expressões à viga V18.0, do piso 0 no corpo 2 do edifício.

- **Armadura longitudinal**

Não deve ser inferior à área apresentada na expressão seguinte para que sejam evitadas as roturas frágeis e limitar a largura de fendas, b_t representa a largura média da zona tracionada,

$$A_{s,\min} = 0.26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times b_t \times d \geq 0.0013 \times b_t \times d \quad (6.1)$$

Relativamente à armadura máxima esta não deve ser superior a $0.04 A_c$, área da secção transversal do betão, artigo 9.2.1.1 (3).

- **Ductilidade local**

O Eurocódigo 8 define no artigo 5.4.3.1.2 as disposições construtivas para a verificação da ductilidade local.

A taxa de armadura mínima a verificar ao longo do comprimento de uma viga sísmica primária é dada por,

$$\rho_{\min} = 0.5 \times \left(\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \quad (6.2)$$

As zonas críticas das vigas têm uma extensão, l_{cr} , a partir de uma secção transversal de ligação a um nó viga-pilar ou outra secção passível de plastificação, o comprimento crítico, l_{cr} , é igual à altura da viga, h_w .

Para a viga considerada como exemplo, V18.0, o comprimento crítico será de 0.75m uma vez que é essa a altura da mesma.

O fator de ductilidade em curvatura, μ_ϕ , que garante o requisito de ductilidade local em zonas críticas das vigas é dado por, (5.2.3.4 (3) EC8),

$$\mu_\phi = 2 \times q_0 - 1 \quad \text{se } T1 \geq Tc \quad (6.3)$$

$$\mu_\phi = 1 + 2 \times (q_0 - 1) \times T_c / T_1 \quad \text{se } T1 < Tc \quad (6.4)$$

O requisito da ductilidade local considera-se garantido se a área de armadura da zona comprimida for superior a metade da área necessária para a zona tracionada, adicional a eventual armadura de compressão atribuída para que se verifique a segurança ao estado limite último na situação de projeto sísmica. E limitando a taxa de armadura de tração ao valor dado pela expressão seguinte,

$$\rho_{\max} = \rho' + \frac{0.0018}{\mu_{\phi} \times \varepsilon_{sy,d}} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad (6.5)$$

No caso da viga utilizada como exemplo, viga V18.0, piso 0 do corpo 2, apresentam-se de seguida os cálculos efetuados para verificação das disposições construtivas da ductilidade local, no corpo 2 do edifício.

Direção	q ₀	T ₁ (s)	T _c (s)	μ _φ
x	2.0	0.397	0.250	3.0
y	2.0	0.296	0.250	3.0

Quadro 6.1 – Ductilidade em curvatura

Betão	ε _{sy,d}	f _{cd} (Mpa)	f _{yd} (Mpa)	$\frac{0.0018}{\mu_{\phi} \times \varepsilon_{sy,d}} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$	ρ _{máx}
C30/37	0.00174	20	348	0.01982	ρ' + 0.01982

Quadro 6.2 – Taxa de armadura máxima de tração

- **Armadura de confinamento**

Nas zonas críticas das vigas sísmicas devem ser colocadas armaduras de confinamento que verifiquem as seguintes condições:

- O diâmetro das armaduras de confinamento, d_{bw} , deverá ser superior a 6mm;
- O espaçamento, s, das armaduras transversais não deverá ser superior a,

$$s = \min \{ h_w / 4; 24d_{bw}; 225; 8d_{bl} \} \quad (6.6)$$

- h_w - Altura da viga, em mm;
- d_{bw} - Diâmetro dos varões da armadura longitudinal, em mm;
- d_{bl} - Diâmetro das armaduras de confinamento.

Na figura seguinte podemos verificar as disposições do EC8 relativamente às armaduras transversais na zona crítica da viga. De referir que a primeira armadura de confinamento não deve estar afastada mais do que 50mm da secção de extremidade da viga.

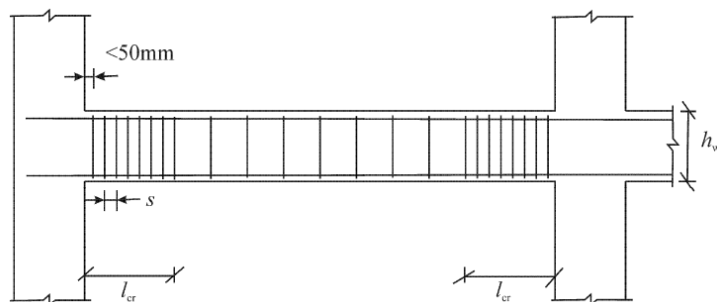


Figura 6.1 – Armaduras transversais na zona crítica das vigas

O espaçamento máximo na zona crítica, de acordo com o quadro 6.3, para a viga V18.0 será de 15 cm, (em termos conservativos).

VIGA	h_w (mm)	d_{bw} (mm)	d_{bl} (mm)	s (mm)	s (m)
V18.0	750	8	20	160	0.16

Quadro 6.3 - Espaçamento máximo da armadura transversal na zona crítica da viga V18.0

- **Amarração das armaduras, (5.6.2 EC8)**

A armadura longitudinal das vigas dobrada nos nós deve ser amarrada no interior das cintas correspondentes aos pilares. Para evitar a rotura de aderência, o diâmetro dos varões longitudinais das vigas que atravessam os nós viga-pilar devem ser limitados de acordo com,

→ **Para nós viga-pilar interiores**

$$\frac{d_{bl}}{h_c} \leq \frac{7.5 \times f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \times f_{yd}} \times \frac{1 + 0.8 \times v_d}{1 + 0.75 \times k_d \times \rho' / \rho_{max}} \quad (6.7)$$

→ **Para nós viga pilar exteriores**

$$\frac{d_{bl}}{h_c} \leq \frac{7.5 \times f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \times f_{yd}} \times (1 + 0.8 \times v_d) \quad (6.8)$$

- h_c - Largura do pilar na direção paralela aos varões;
- f_{ctm} - Valor médio da resistência do betão à tração;
- f_{yd} - Valor de cálculo da tensão de cedência do aço;

- γ_{Rd} - Coeficiente de incerteza do modelo relativo ao valor de cálculo das resistências, igual a 1.0 para a classe DCM;
- V_d - Esforço normal reduzido de cálculo do pilar, $v_d = N_{Ed} / (f_{cd} \times A_c)$, considerado com o seu valor mínimo;
- k_d - Coeficiente função da classe de ductilidade, 2/3 para a classe DCM;
- ρ' - Taxa de armadura de compressão da viga que atravessa o nó;
- ρ_{max} - Taxa de armadura de tração máxima admissível.

As expressões anteriores podem ser simplificadas se considerarmos o esforço normal reduzido com o valor de 0.1 e segundo a disposição do requisito de ductilidade admitirmos a taxa de armadura de compressão como metade da armadura de tração máxima, assim temos para o cálculo do diâmetro máximo de varões longitudinais da viga sísmica as seguintes expressões,

→ **Para nós viga-pilar interiores**

$$\frac{d_{bl}}{h_c} \leq \frac{7.5 \times f_{ctm}}{1 \times f_{yd}} \times \frac{1 + 0.8 \times 0.1}{1 + 0.75 \times 2 / 3 \times 0.5} \rightarrow d_{bl} \leq 6.48 \times h_c \times \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} \quad (6.9)$$

→ **Para nós viga pilar exteriores**

$$\frac{d_{bl}}{h_c} \leq \frac{7.5 \times f_{ctm}}{1 \times f_{yd}} \times (1 + 0.8 \times 0.1) \rightarrow d_{bl} \leq 8.1 \times h_c \times \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} \quad (6.10)$$

Se não for possível adotar as disposições anteriores, no que diz respeito à máxima dimensão dos varões longitudinais, por a largura do pilar não o permitir, o Eurocódigo 8 prevê no artigo 5.6.2.2 (3) algumas medidas complementares de amarração das armaduras longitudinais das vigas.

Efetuaram-se os cálculos do máximo diâmetro das armaduras longitudinais de vigas que atravessam os nós viga-pilar o quadro 6.4 apresenta os resultados referentes à viga V18.0, os que dizem respeito às restantes vigas encontram-se no anexo 6.

	Nó exterior			
	esquerda	direita	esquerda	direita
VIGA	h_c	h_c	d_{bl} (mm)	d_{bl} (mm)
V18.0	0.30	0.30	20	20

Quadro 6.4- Diâmetro máximo das armaduras longitudinais nos nós

- **Armadura transversal**

A armadura transversal mínima é limitada de acordo com o artigo 9.2.2 (5) do Eurocódigo 2 de acordo com a seguinte expressão,

$$\rho_{\min} = \frac{0.08 \times \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \quad (6.11)$$

A resistência da armadura transversal é calculada tendo em conta o esforço transversal resistente dado pelo menor dos dois valores obtidos pelas expressões seguintes descritas no artigo 6.2.3 (3) do Eurocódigo 2

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \times z \times f_{ywd} \times \cot(\theta) \quad (6.12)$$

A limitação máxima ao esforço transversal para evitar o esmagamento do betão é dada pela fórmula abaixo,

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd}}{\cot(\theta) + \tan \theta} \quad (6.13)$$

- A_{sw} - Área da secção transversal das armaduras de esforço transversal;
- s - Espaçamento dos estribos;
- α_{cw} - Coeficiente que tem em conta o estado de tensão no banzo comprimido; tem o valor de 1.0 para estruturas não pré-esforçadas;
- b_w - Menor largura da secção de entre os banzos tracionado e comprimido;
- z - Braço do binário das forças interiores. Pode utilizar-se o valor aproximado de 0.9d.
- f_{ywd} - Valor de cálculo da tensão de cedência das armaduras de esforço transversal;
- f_{cd} - Valor de cálculo da força de compressão no betão na direção do eixo longitudinal do elemento;
- θ - Angulo formado pela escora comprimida do betão e o eixo da viga;

- V_1 - Coeficiente de redução da resistência do betão fendilhado por esforço transversal, dado pela expressão $v_1 = 0.6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$, expressão 6.6N do EC2.

O espaçamento longitudinal máximo entre armaduras de esforço transversal, $S_{l,max}$, não deve exceder,

$$S_{l,max} = 0.75 \times (1 + \cot \alpha) \quad (6.14)$$

- α - Inclinação das armaduras de esforço transversal em relação ao eixo longitudinal da viga.

O espaçamento transversal máximo entre ramos de estribo não deve ser superior a

$$S_{t,max} = 0.75 \times d \leq 600mm \quad (6.15)$$

Os espaçamentos máximos da armadura transversal para as vigas deste projeto encontram-se no quadro 6.5.

Altura da viga (m)	d (m)	$S_{l,max}=S_{t,max}$ (m)
0.50	0.46	0.35
0.75	0.71	0.53
1.00	0.96	0.72

Quadro 6.5- Espaçamentos máximos da armadura transversal

- **Dimensionamento**

Os valores de cálculo dos esforços transversos devem ser determinados pela regra da capacidade real, *capacity design*, considerando o equilíbrio da viga com as ações impostas de acordo com a figura seguinte,

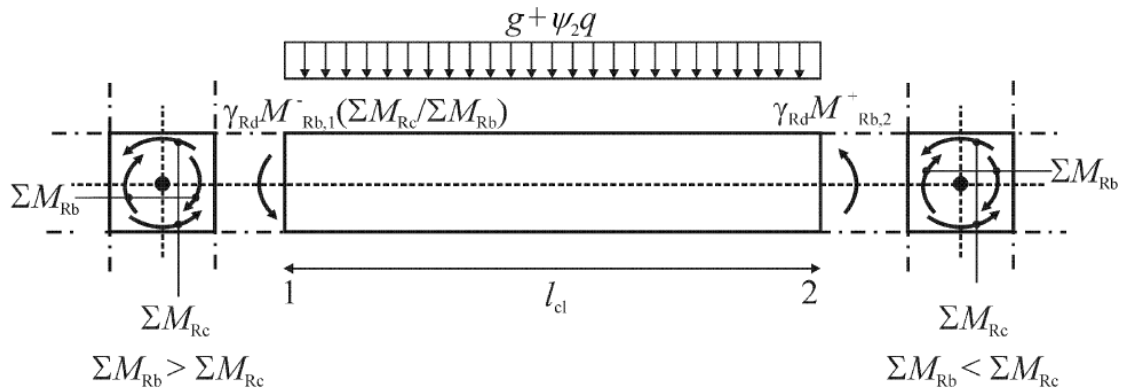


Figura 6.2 – Valores de cálculo pela capacidade real dos esforços transversos das vigas

Segundo o Eurocódigo 8, 5.4.2.2 (1), e pela interpretação da figura 6.2, pode-se apresentar de forma simplificada a expressão para obter o esforço transversal atuante nas secções de extremidade,

$$V_{ed} = \frac{(g + \psi_2 q) \times l_{cl}}{2} + \frac{M_{1,d} + M_{2,d}}{l_{cl}} \quad (6.16)$$

- $g + \psi_2 q$ - Carregamento uniforme para a combinação quase permanente de ações;
- $M_{1,d}, M_{2,d}$ - Momentos resistentes nas extremidades, pela simplificação apresentada na expressão 6.17;
- l_{cl} - Comprimento da viga.

No artigo 5.4.2.2 (2) do EC8 encontra-se a expressão para o cálculo dos momentos nas extremidades a considerar para a determinação do esforço transversal atuante,

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} \times M_{Rb,i} \times \min \left(1, \frac{\sum M_{Rc}}{\sum M_{Rb}} \right) \quad (6.17)$$

- γ_{Rd} - Coeficiente que considera a possível sobrerresistência por endurecimento do aço, para vigas DCM é igual a 1;
- $M_{Rb,i}$ - Valor de cálculo do momento resistente da viga na extremidade;
- M_{Rc}, M_{Rb} - Momentos resistentes nos pilares e nas vigas, respetivamente, que concorrem no nó.

Pode simplificar-se a expressão anterior, em termos conservativos, considerando o momento na extremidade igual ao momento resistente na viga.

A determinação do momento resistente faz-se com base no diagrama retangular, considerando o aço em cedência e partindo das equações de equilíbrio.

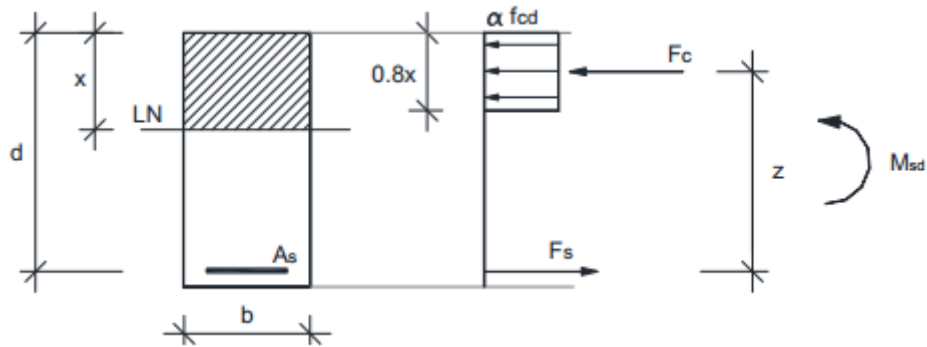


Figura 6.3 – Diagrama retangular

Equações de equilíbrio:

$$F_s = F_c \Leftrightarrow A_s \times f_{yd} = 0.8 \times x \times b \times f_{cd} \quad (6.18)$$

$$M_{Rd} = F_s \times z \quad (6.19)$$

Das equações anteriores obtemos as expressões para a determinação da posição da linha neutra, x , e do valor do momento resistente,

$$x = \frac{A_s \times f_{yd}}{0.8 \times b \times f_{cd}} \quad (6.20)$$

$$M_{Rd} = A_s \times f_{yd} \times (d - 0.4 \times x) \quad (6.21)$$

Os quadros seguintes apresentam a caracterização da viga V18.0.

VIGA	h (m)	b (m)	d (m)	L (m)	f_{yd} (MPa)	f_{cd} (MPa)
V18.0	0.75	0.30	0.69	7.5	348	20

Quadro 6.6 – Características da viga V18.0

VIGA	Área de armadura (cm ²)						
	Obtida no modelo SAP			Adotada			
	Esquerda	Meio	Direita	Esquerda	Meio	Direita	
V18.0	7.820	7.820	7.820	9.420	9.420	9.420	Superior
	7.820	10.342	7.820	9.420	12.570	9.420	Inferior

Quadro 6.7 – Área de armadura da viga V18.0

O quadro 6.8 mostra os cálculos efetuados para a determinação da posição da linha neutra e do momento resistente. A partir daqui pode-se calcular o esforço transversal pela aplicação da expressão 6.16, o resultado apresenta-se no quadro 6.9.

VIGA	Linha Neutra, x			M _{Rd} (kN.m)			
	Esquerda	Meio	Direita	Esquerda	Meio	Direita	
V18.0	0.0683	0.0683	0.0683	215.599	215.599	215.599	Superior
	0.0683	0.0911	0.0683	215.599	283.698	215.599	Inferior

Quadro 6.8 - Determinação da posição da linha neutra e do momento resistente

VIGA	M _{Rd} (kN.m)		V _{ed,CQP} (kN)		V _{ed,cal} (kN)		V _{ed,max} (kN)
	Esquerda	Direita	Esquerda	Direita	Esquerda	Direita	
V18.0	215.599	215.599	131.320	97.890	188.813	155.383	188.813

Quadro 6.9 – Esforço transversal máximo atuante na viga V18.0

Tendo em conta que o valor de cálculo da resistência ao corte é maior ou igual ao esforço transversal atuante máximo nas secções de extremidade da viga, $V_{Rd,s} \geq V_{ed,max}$, e conhecendo o valor de esforço transversal condicionante determina-se a armadura transversal.

VIGA	z (m)	f _{ywd} (MPa)	cotg (θ = 45°)	V _{Rd,s} (kN)	A _{sw/s} (cm ² /m)
V18.0	0.62	348	1	188.813	8.801

Quadro 6.10 – Armadura transversal da viga V18.0

Considerando que o estribo tem dois ramos a área a adotar é 5.03 cm²/m correspondente a $\emptyset 8//10$. A área de armadura transversal obtida pelo modelo SAP é de 8.10 cm²/m, o que se traduz também num estribo $\emptyset 8//10$ com dois ramos. O processo de cálculo segue igualmente a regra da capacidade real por isso era esperado que os resultados fossem semelhantes.

No que diz respeito às vigas falta apenas mostrar o cálculo do esforço transversal resistente, expressões 6.12 e 6.13 deste documento, para a armadura considerada e o máximo, correspondente ao esmagamento do betão.

VIGA	z (m)	f_{ywd} (MPa)	$\cotg(\theta = 45^\circ)$	A_{sw}/s (cm ² /m)	$V_{Rd,s}$ (kN)
V18.0	0.62	348	1	10.06	215.83

Quadro 6.11 – Esforço transversal resistente de cálculo para a viga V18.0

VIGA	α_{cw}	b_w	z (m)	f_{ck} (MPa)	v_1	f_{cd} (MPa)	$\cotg(\theta = 45^\circ)$	$\tg(\theta = 45^\circ)$	$V_{Rd,m\acute{a}x}$ (kN)
V18.0	1	0.30	0.62	30	0.53	20	1	1	976.54

Quadro 6.12 – Esforço transversal resistente máximo na viga 18.0

As armaduras longitudinais e transversais das restantes vigas podem ser consultadas nos anexos 7 e 8.

6.1.2 Pilares

- **Armadura longitudinal**

Os varões longitudinais devem ter diâmetro superior a 8mm. A área total de armadura do pilar não deve ser inferior à área mínima, EC2 artigo 9.5.2, dada por, sendo N_{Ed} o valor de cálculo do esforço normal de compressão,

$$A_{s,min} = \frac{0.10 \times N_{Ed}}{f_{yd}} \geq 0.002 \times A_c \quad (6.22)$$

No que diz respeito à área máxima de armadura longitudinal, $A_{s,max}$, o EC2 artigo 9.5.2 diz que esta não deve ser superior a 4% da área do pilar, A_c , excetuando zonas de sobreposição de armaduras onde pode ir até aos 8% de A_c .

O mesmo artigo do Eurocódigo 2 refere ainda a obrigatoriedade de existir um varão em cada ângulo da secção transversal. No caso de pilares circulares o número de varões não deve ser inferior a quatro.

O Eurocódigo 8 define ainda condições adicionais, no artigo 5.4.3.2.2, relativamente à taxa de armadura longitudinal, esta deve situar-se entre 0.01 e 0.04, no caso de pilares simétricos a taxa de armadura também deve ser simétrica.

Acrescenta ainda a necessidade da existência de pelo menos um varão intermédio nas faces dos pilares para que seja garantida a integridade dos nós viga-pilar.

- **Armadura transversal**

O diâmetro das armaduras transversais não deve ser inferior a 6mm, ou inferior a um quarto do diâmetro máximo dos varões longitudinais, artigo 9.5.3 do Eurocódigo 2.

O espaçamento máximo das armaduras transversais nos pilares, $s_{cl,max}$, é dado pelo menor dos seguintes valores:

- 20 x diâmetro mínimo dos varões longitudinais;
- A menor dimensão do pilar, b ;
- 400mm.

Este espaçamento pode ser reduzido por um fator de 0.6 em zonas de emendas ou sobreposição para armadura longitudinal com diâmetros superiores a 14 e nas ligações a vigas ou lajes.

Os varões longitudinais de canto devem ser travados por armaduras transversais. E nas zonas de compressão não devem existir varões localizados a mais de 150mm de um varão travado, 9.5.3 (6) EC2, os valores de espaçamento máximo das cintas dos pilares deste edifício encontram-se descritos no anexo 11.

- **Ductilidade local**

Relativamente às zonas críticas, as disposições construtivas encontram-se no artigo 5.4.3.2.2 do EC8 e definem como comprimento da zona crítica do pilar, l_{cr} , o valor obtido pela seguinte expressão,

$$l_{cr} = \max \{ h_c ; l_{cl} / 6 ; 0.45 \} \quad (6.23)$$

- h_c - Maior dimensão do pilar;
- l_{cl} - Altura livre do pilar.

No caso em que a razão entre a altura livre do pilar e a maior dimensão do pilar for inferior a 3 então a altura total do pilar sísmico é crítica e deve ser armada como tal.

De acordo com o artigo 5.9 (1) do EC8 deve considerar-se a altura total dos pilares do piso térreo como zona crítica e ser devidamente confinada.

O espaçamento das cintas deve ser tal que possa garantir a ductilidade e impeça a encurvadura de varões longitudinais, deste modo o Eurocódigo 8 no artigo 5.4.3.2.2 (11) limita o espaçamento das cintas, s , ao valor dado pela expressão,

$$s = \min \{ b_0 / 2; 175; 8 \times d_{bl} \} \quad (6.24)$$

- b_0 - Dimensão mínima do núcleo de betão, em mm;
- d_{bl} - Diâmetro mínimo dos varões longitudinais, em mm.

O pilar considerado para análise nesta secção foi o pilar P46.1, localizado no piso 1 do corpo 2. Os resultados obtidos para o comprimento crítico e espaçamento máximo das armaduras da zona crítica são os que se apresentam nos quadros seguintes. Estes cálculos encontram-se no anexo 9 para os restantes pilares.

	h_c (m)	l_{cl} (m)	l_{cl} / h_c	l_{cr}
PILAR P46.1	0.400	2.850	7.125	0.475

Quadro 6.13- Comprimento crítico do pilar P46.1

	b_0 (mm)	d_{bl} (mm)	s (mm)	s (m)
PILAR P46.1	202.0	16	101	0.10

Quadro 6.14 – Espaçamento máximo na zona crítica

- **Armadura de confinamento**

A armadura de confinamento tem como objetivo compensar a perda de resistência, devido ao destacamento do betão, por em qualquer ponto da secção transversal ter sido excedida a extensão do betão de 0.0035.

A garantia deste requisito faz-se através da expressão descrita no artigo 5.4.3.2.2 (8) do EC8,

$$\alpha \times \omega_{wd} \geq 30 \times \mu_\phi \times v_d \times \varepsilon_{sy,d} \times \frac{b_c}{b_0} - 0.035 \quad (6.25)$$

- μ_ϕ - Fator de ductilidade em curvatura;

- V_d - Esforço normal reduzido de cálculo;⁵
- $\varepsilon_{sy,d}$ - Valor de cálculo da extensão de cedência à tração do aço;
- b_c - Largura bruta da secção transversal;
- b_0 - Largura do núcleo confinado, relativamente ao eixo das cintas;
- ω_{wd} - Taxa mecânica volumétrica de cintas nas zonas críticas;
- α - Coeficiente de eficácia do confinamento.

O valor do coeficiente de eficácia do confinamento é dado por,

$$\alpha = \alpha_n \times \alpha_s \quad (6.26)$$

Para secções transversais retangulares,

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{6 \times b_0 \times h_0} \quad (6.27)$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2 \times b_0}\right) \times \left(1 - \frac{s}{2 \times h_0}\right) \quad (6.28)$$

- b_i - Distância entre varões consecutivos abraçados;
- n - Número total de varões longitudinais abraçados lateralmente por cintas ou por ganchos;
- h_0 - Altura do núcleo confinado, medido ao eixo das cintas.

A taxa mecânica volumétrica de cintas nas zonas críticas pode ser obtida por,

$$\omega_{wd} = \frac{\text{volume das cintas}}{\text{volume do núcleo de betão}} \times \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad (6.29)$$

Tendo em conta que o valor mínimo para ω_{wd} na zona crítica da base do pilar é 0.08.

⁵ - O valor do esforço normal reduzido, V_d , não deve ser superior a 0.65 para pilares sísmicos primários.

A determinação das zonas críticas pode ser efetuada como descrito no Eurocódigo 2 desde que o valor de esforço normal reduzido seja inferior a 0.2 e o valor do coeficiente de comportamento não ultrapasse 2.0.

Os quadros seguintes apresentam os cálculos para a armadura de confinamento relativamente ao pilar P46.1.

PILAR P46.1	b_0 (m)	h_0 (m)	Σb_i^2 (m)	s (m)
	0.202	0.302	0.141	0.100

Quadro 6.15 – Determinação do coeficiente de eficácia, α – dados gerais, pilar P46.1

Para a determinação da taxa volumétrica das cintas e do coeficiente de eficácia do confinamento foram aplicadas as equações 6.26, 6.27, 6.28 e 6.29.

PILAR P46.1	V_{cintas} (m ³)	$V_{betão}$ (m ³)	f_{cd} (MPa)	f_{yd} (MPa)	ω_{wd}
	5.07E-05	6.10E-03	20	348	0.1445

Quadro 6.16 – Taxa mecânica volumétrica de cintas na zona crítica do pilar P46.1

PILAR P46.1	α_n	α_s	α
	0.6157	0.6246	0.3846

Quadro 6.17- Coeficiente de eficácia do confinamento, pilar P46.1

Se aplicarmos a equação 6.25 obtemos,

$$0.3846 \times 0.1445 \geq 30 \times 3.00 \times 0.17456 \times 0.00174 \times \frac{0.300}{0.202} - 0.035$$

$$\mathbf{0.0556 > 0.0191}$$

Assim consideram-se verificadas as condições de confinamento e disposições construtivas para a ductilidade local previstas no artigo 5.4.3.2.2 do EC8.

- **Dimensionamento**

As regras para o dimensionamento de pilares encontram-se descritas no artigo 5.4.2.3 do Eurocódigo 8.

Tal como nas vigas, o valor de cálculo dos esforços transversos devem ser determinados pelo, *capacity design*, regra de cálculo pela capacidade real, considerando o equilíbrio do pilar sob ação dos momentos nas extremidades, $M_{i,d}$, onde se formam rótulas plásticas devido à ação sísmica.

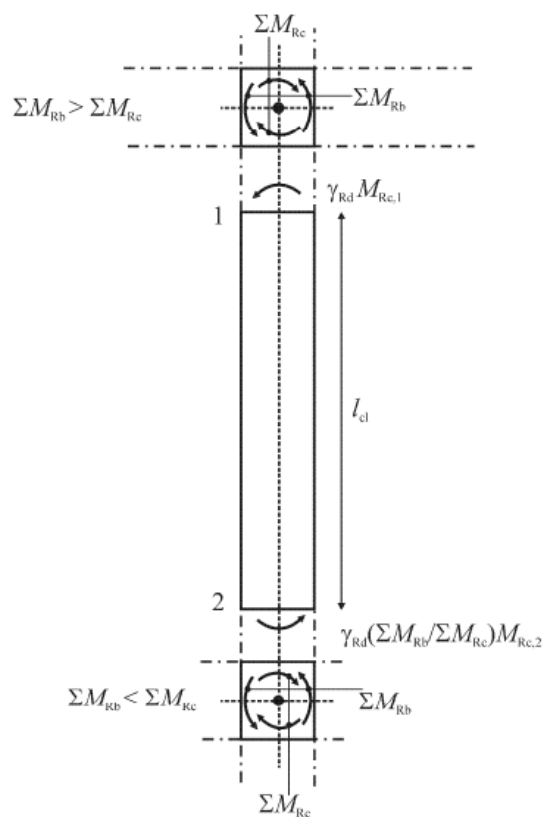


Figura 6.4 – Valores de cálculo pela capacidade real do esforço transversal em pilares

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} \times M_{Rc,i} \times \min \left(1, \frac{\sum M_{Rb}}{\sum M_{Rc}} \right) \quad (6.30)$$

- γ_{Rd} - Coeficiente que considera a possível sobrerresistência por endurecimento do aço e o confinamento do betão da zona de compressão, igual a 1.1;
- $M_{Rc,i}$ - Valor de cálculo do momento resistente no pilar na extremidade;
- M_{Rc}, M_{Rb} - Momentos resistentes nos pilares e nas vigas, respetivamente, que concorrem no nó.

Por simplificação pode dizer-se que,

$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} \times M_{Rc,i} \quad (6.31)$$

Se considerarmos a estrutura em equilíbrio o valor máximo de esforço transversal será dado pela expressão seguinte em que l_{cl} representa a altura livre do pilar,

$$V_{E,d} = \frac{M_{1,d} + M_{2,d}}{l_{cl}} \quad (6.32)$$

Tendo em conta o artigo 5.4.3.2.1 (2) do EC8, considerou-se a simplificação no dimensionamento à flexão composta desviada reduzindo a resistência a flexão em 30%, na verificação à flexão composta plana em cada direção.

O momento resistente pode ser obtido através da expressão 6.34 e os valores para ambas as direções do pilar P46.1 estão apresentados no quadro 6.18.

$$x = \frac{N + (A_{s1} - A_{s2}) \times f_{yd}}{0.8 \times b \times f_{cd}} \quad (6.33)$$

$$M_{Rd} = \left[A_{s1} \times \left(d - \frac{h}{2} \right) + A_{s2} \times \left(\frac{h}{2} - d_c \right) \right] \times f_{yd} + 0.8 \times x \times b \times f_{cd} \times \left(\frac{h}{2} - 0.4 \times x \right) \quad (6.34)$$

PILAR P46.1	x	y
N_{ed} (kN)	418.935	418.935
A_{s1} (cm²)	6.030	4.020
A_{s2} (cm²)	6.030	4.020
f_{yd} (MPa)	348	348
f_{cd} (MPa)	20	20
b (m)	0.400	0.300
h (m)	0.300	0.400
d (m)	0.239	0.339
dc (m)	0.061	0.061
Linha Neutra, x (m)	0.065	0.087
M_{Rd} (kN.m)	89.223	108.053

Quadro 6.18 – Cálculo do momento resistente do pilar exemplificativo, P46.1

Após a determinação dos momentos resistentes para as direções x e y procedeu-se ao cálculo do esforço transversal, V_{Ed}.

PILAR P46.1	M _{Rd} (kN.m)	M _{Ed} (kN.m)	l _{cl} (m)	V _{Ed} (kN)
Direção x	108.053	75.637	2.85	75.826
Direção y	89.223	62.456	2.85	62.613

Quadro 6.19 – Cálculo do esforço transversal condicionante do pilar P46.1

De acordo com o artigo 6.2.2 do Eurocódigo 2 se o valor de cálculo de esforço transversal atuante for inferior ao valor de esforço transversal resistente não é exigida armadura de esforço transversal, V_{Ed} < V_{Rd,c}, para além da mínima.

O valor de cálculo do esforço transversal resistente do elemento sem armadura de esforço transversal, $V_{Rd,c}$, é dado por,

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad (6.35)$$

Com um mínimo de,

$$V_{Rd,c} = (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (6.36)$$

- $C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c}$
- $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$
- $\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02$
- $k_1 = 0.15$
- $\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0.2 \cdot f_{cd}$
- b_w - Menor largura da secção transversal na área tracionada
- $v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$

PILAR P46.1	γ_c	1.50
	$C_{Rd,c}$	0.12
	d (mm)	339
	K (<2)	1.77
	A_{sl} (cm²)	6.03
	b_w (cm)	30
	ρ_1 (<0.02)	0.01
	f_{ck} (MPa)	30
	k_1	0.15
	N_{Ed} (kN)	418.94
	A_c (m²)	0.12
	σ_{CP} (MPa)	3.49
	v_{\min}	0.45
	$V_{Rd,c}$ (kN)	109.58
	$V_{Rd,c}$ (kN) (mínimo)	99.093
V_{Ed} (kN)	75.83	

Quadro 6.20 – Cálculo do esforço resistente para o pilar P46.1

Pela análise ao quadro anterior verifica-se que $V_{Ed} < V_{rd,c}$, $75.83 < 109.58$ kN, desta forma não é exigida armadura de esforço transverso para este pilar, EC2 artigo 6.2.1(3), para além da mínima.

Esta situação verifica-se em grande parte dos pilares do edifício. Assim, de acordo com o artigo 6.2.1 (4) do Eurocódigo 2, adotou-se uma armadura mínima de esforço transverso, fora das zonas de confinamento, de acordo com as disposições apresentadas anteriormente para as armaduras transversais em pilares.

As armaduras longitudinais e transversais dos pilares encontram-se descritas nos anexos 10 e 12.

6.1.3 Paredes

De acordo com o Eurocódigo 2, artigo 9.6, define-se parede como o elemento de betão armado cujo comprimento é 4 ou mais vezes superior à sua espessura e em que a armadura é considerada para o cálculo da capacidade resistente. Podemos encontrar uma definição similar no artigo 5.1.2 do EC8, ($l_w/b_w > 4$).

No edifício em estudo temos 11 paredes resistentes com as dimensões apresentadas no anexo 1.

- **Armadura vertical**

A área de armadura deve estar compreendida entre os valores mínimos e máximos definidos no artigo 9.6.2 do EC2 pelas seguintes expressões,

$$A_{s,v \min} \geq 0.002 \times A_c \quad (6.37)$$

$$A_{s,v \max} \geq 0.04 \times A_c \quad (6.38)$$

Nas zonas de emendas e sobreposições o valor de armadura máximo pode ser duplicado. A parede pode ter armadura superior à máxima desde que a integridade do betão não seja posta em causa.

A distância entre varões não deve ser superior ao mínimo entre $3 \times b_w$, sendo b_w a espessura da parede, ou 400mm.

- **Armadura horizontal**

As armaduras horizontais não devem ter secção inferior a, $A_{s,h\min} \geq 0.001 \times A_c$, ou 25% da armadura vertical.

A distância entre varões adjacentes não deve ser superior a 400mm.

Devem estar dispostas paralelamente a cada face da parede.

- **Armadura transversal**

Devem dispor-se armaduras transversais sob a forma de estribos ou ganchos sempre que a área total de armadura vertical nas 2 faces seja superior a $0.02 \times A_c$.

Para a amarração da armadura principal devem ser considerados pelo menos 4 estribos por m² de área de parede.

- **Armadura de confinamento**

As disposições relativas às zonas críticas das paredes encontram-se descritas no artigo 5.4.3.4.2 do EC8.

A altura crítica da parede pode ser obtida pela expressão seguinte,

$$h_{cr} = \max[l_w; h_w/6] \quad (6.39)$$

Mas sabendo que a altura critica terá de ser inferior a,

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 2 \cdot l_w \\ h_s & \text{para } n \leq 7 \text{ pisos} \\ 2 \cdot h_s & \text{para } n \geq 7 \text{ pisos} \end{cases} \quad (6.40)$$

- l_w – Maior dimensão da parede em planta;
- h_w – Altura total da parede;
- h_s – Altura livre do piso acima da fundação ou do nível superior dos pisos em cave;
- n – Número de pisos.

A espessura da parede confinada, b_w , não deve ser inferior a 200mm. No entanto devem ainda ser tidas em conta as relações entre espessura, b_w , comprimento, l_c , e altura, h_c , dos elementos de extremidade confinados, de acordo com o apresentado na figura 6.5, EC8 artigo 5.4.3.4.2 (10).

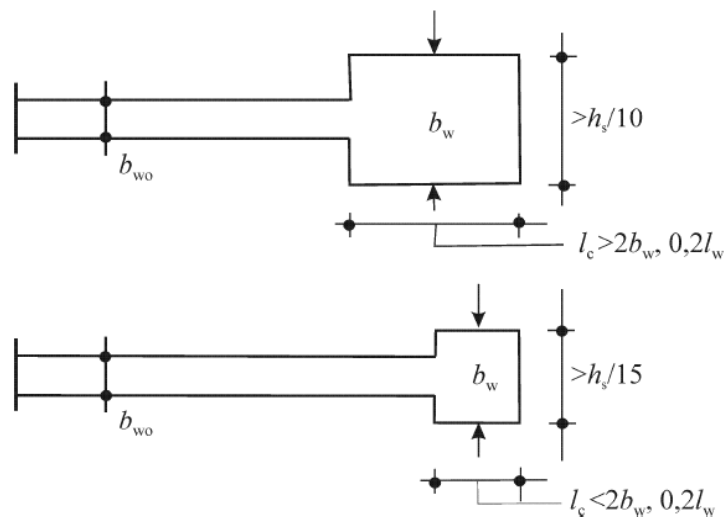


Figura 6.5 – Espessura mínima dos elementos de extremidade confinados

Apresenta-se aqui o exemplo da parede PD1, do corpo 1, do edifício em análise. Os dados relativos às outras paredes encontram-se no anexo 13.

	l_w (m)	b_{w0} (m)	h_w (m)	h_s (m)	b_w (m)	n	h_{cr} (m)	l_c (m)
PD1	5.95	0.20	7.60	4.25	0.28	2	4.25	0.55

Quadro 6.21 – Altura, espessura e comprimento crítico da parede PD1

A taxa mecânica volumétrica de armadura de confinamento, necessária nos elementos de extremidade de paredes com secção retangular deve verificar a seguinte expressão,

$$\alpha \times \omega_{wd} \geq 30 \times \mu_\phi \times (v_d + \omega_v) \times \varepsilon_{sy,d} \times \frac{b_c}{b_0} - 0.035 \quad (6.41)$$

O valor do fator de ductilidade, μ_ϕ , deverá ter um valor pelo menos igual ao calculado pelas expressões 6.3 ou 6.4, sendo que o valor básico é dado pelo produto de q_0 pelo valor máximo obtido da relação M_{Ed}/M_{Rd} .

O esforço normal reduzido não deverá ser superior a 0.4. É dado por,

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{h_c \times b_c \times f_{cd}} \quad (6.42)$$

A taxa mecânica das armaduras verticais de alma pode ser obtida pela expressão,

$$\omega_v = \frac{A_{sv}}{h_c \times b_c} \times \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad (6.43)$$

A posição do eixo neutro, x_u , correspondente à curvatura última após destacamento do betão exterior ao núcleo confinado pode ser determinada por,

$$x_u = (v_d + \omega_v) \times \frac{l_w \times b_c}{b_0} \quad (6.44)$$

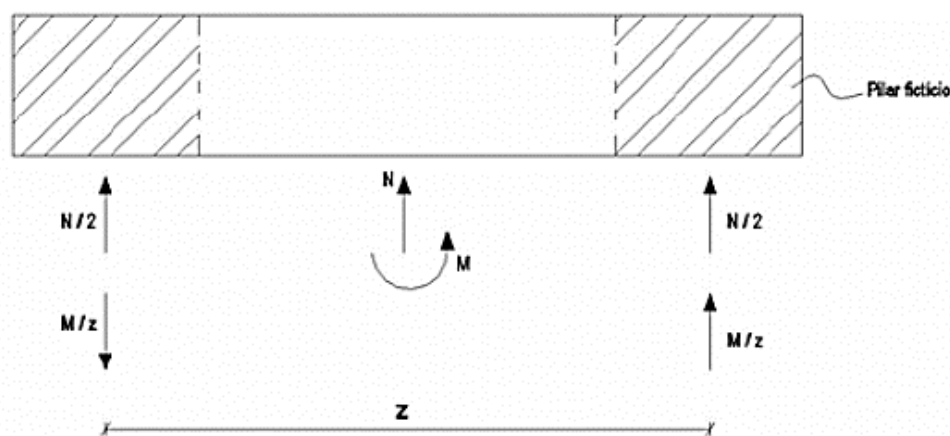
Nos elementos de extremidade da parede devem verificar-se as disposições previstas para a taxa mecânica volumétrica de armadura de confinamento na zona crítica de pilares sísmicos, de acordo com o artigo 5.4.3.4.2 (9) do Eurocódigo 8.

- **Dimensionamento**

O dimensionamento tem por base a definição de elementos de extremidade, pilares fictícios, de forma a absorverem os esforços da parede que se concentram maioritariamente nesta zona. Para a determinação das armaduras de flexão aplicam-se as seguintes expressões, considerando os valores de momento mais desfavorável,

$$F_s = \frac{M}{Z} - \frac{N}{2} \quad (6.45)$$

$$A_{sv} = \frac{F_s}{f_{yd}} \quad (6.46)$$



Assim para o dimensionamento da armadura longitudinal dos elementos de confinamento é necessário determinar os esforços de acordo com a expressão 6.45. Todos os cálculos das paredes do edifício encontram-se no anexo 14, apresenta-se aqui a título de exemplo os que se referem à parede PD1.

	l_w (m)	l_c (m)	Z (m)	Envolvente	M_{ed} (kN.m)	N_{ed} (kN)	F_s (kN)	$F_{s,max}$ (kN)	f_{yd} (MPa)	A_{sv} (cm ²)
PD 1	5.95	0.55	5.4	max.	1681.524	260.649	-441.718	441.718	348	12.693
				min.	-2179.88	-1143.9	-168.266			

Quadro 6.22 – Cálculo de esforços para os elementos de extremidade da parede PD1

Seguidamente apresentam-se os quadros de armaduras adotadas para a parede PD1, na zona confinada e na alma da parede, bem como os valores de armadura mínima e máxima.

	A_c pilar fictício (m ²)	A_{sv} (cm ²)	A_{sv} adotada	A_{sv} adotada (cm ²)	$A_{sv, min}$ (cm ²)	$A_{sv, max}$ (cm ²)
PD 1	0.156	12.693	8Ø20	18.850	3.12	62.33

Quadro 6.23 – Armadura vertical dos pilares fictícios da parede PD1

	L_w (m)	b_{w0} (m)	A_c (m ²)	$A_{sv, min}$ (cm ²)	$A_{sv, max}$ (cm ²)	A_{sv} adotada (cm ²)	A_{sv} adotada (cm ²)	s (m)
PD1	4.85	0.20	0.97	19.40	388.00	48Ø10	37.70	0.40

Quadro 6.24 - Armadura vertical da alma da parede PD1

Após a definição da armadura longitudinal procedeu-se ao dimensionamento da armadura transversal, na direção mais desfavorável.

O artigo 5.4.2.4 (6) P do EC8, refere a possibilidade de aumento do valor de esforço transversal após a plastificação na base de uma parede sísmica primária. Para prevenir esta possibilidade devem ser aumentados em 50% os esforços transversos obtidos da análise ao modelo.

Assim o quadro 6.25 apresenta os valores de esforço transversal máximo obtidos do modelo SAP e a respetiva majoração em 1.5 para a verificação de segurança ao esforço transversal da parede PD1, os cálculos relativos às outras paredes encontram-se no anexo 14.

	$V_{Ed,modelo}$ (kN)	$V_{Ed,cálculo}$ (kN)
PD1	746.496	1119.744

Quadro 6.25 – Valor de esforço transverso de cálculo da parede PD1

O valor obtido para o esforço transverso máximo indica-se no quadro 6.26, tendo sido determinado pela expressão 6.13,

PD1	α_{cw}	b_w (m)	d (m)	z (m)	f_{ck} (MPa)	v_1	f_{cd} (MPa)	\cotg ($\theta = 45^\circ$)	tg ($\theta = 45^\circ$)	$V_{Rd,máx}$ (kN)
	1.000	0.200	5.950	5.298	30.000	0.528	20.000	1.000	1.000	5595.005

Quadro 6.26 - Valor de esforço transverso máximo da parede PD1

Após esta verificação procedeu-se ao dimensionamento da armadura transversal pela expressão 6.12.

PD1	$V_{Ed,cálculo}$ (kN)	z (m)	f_{ywd} (MPa)	\cotg ($\theta = 45^\circ$)	$A_{sw/s}$ (cm ² /m)	$A_{sw/s}$ adotado (cm ² /m)	$A_{sw/s}$	$V_{Rd,s}$ (kN)
	1119.744	5.300	348.000	1.000	6.070	10.060	Ø8//10	1854.871

Quadro 6.27 – Verificação de segurança ao esforço transverso

Por último procedeu-se ao cálculo da armadura de confinamento. Pela expressão 6.43 determinou-se a taxa mecânica das armaduras verticais de alma.

	A_{sv} (cm ²)	A_c (m ²)	ρ_v %	f_{yd} (MPa)	f_{cd} (MPa)	ωv
PD1	37.70	0.97	0.389	348	20	0.068

Quadro 6.28 - Taxa mecânica das armaduras verticais de alma parede PD1

E o valor de $\alpha \times \omega_{wd}$, foi calculado de acordo com a expressão 6.41 e mostra-se no quadro seguinte.

	μ_ϕ	V_d	ω_v	$\epsilon_{s,yd}$	b_c (m)	b_0 (m)	$\alpha \omega_{wd} \geq$
PD1	3.3797	0.059	0.068	0.00174	0.20	0.18	-0.0098

Quadro 6.29 – Cálculo da armadura de cintagem na zona de confinamento da parede PD1

O valor de espaçamento máximo das armaduras transversais na zona de confinamento para a parede PD1 é de 10 cm como podemos ver pelo quadro 6.30.

	b_0 (mm)	d_{bl} (mm)	s (mm)	s (m)	s adotado(m)
PD1	177.33	20	88.67	0.09	0.10

Quadro 6.30 – Espaçamento máximo da armadura transversal nas zonas críticas da parede PD1

Apesar do espaçamento máximo obtido ser 9 cm, optou-se pelo espaçamento de 10 cm por ser mais comum, consideraram-se então os seguintes valores de armadura transversal,

	$A_{s,confinamento}$	$A_{s,confinamento}$ (cm ²)	ω_{wd}
PD1	Ø8//10	10.06	0.104

Quadro 6.31 – Armadura transversal de confinamento PD1

De acordo com a armadura transversal escolhida e relacionando-a com a área de betão da secção transversal, obteve-se a taxa de armadura transversal apresentada no quadro 6.31.

Para que se possa comparar a taxa mecânica de armadura transversal de cálculo com a que se obtém pela expressão 6.41 falta determinar o coeficiente de eficácia do confinamento, α .

	b_0 (mm)	h_0 (m)	Σb_i^2	α_n	α_s	α	ω_{wd}
PD1	0.180	0.444	0.235	0.502	0.637	0.320	-0.031

Quadro 6.32 – Verificação da armadura transversal de confinamento da parede PD1

Podemos concluir que a armadura de cintagem definida é suficiente para garantir os pressupostos do Eurocódigo 8.

As armaduras verticais e transversais das paredes podem ser consultadas nos anexos 15 e 16 respetivamente.

6.1.4 Lajes Maciças Vigadas

A estrutura da escola é constituída maioritariamente por lajes maciças vigadas, com espessura constante.

O artigo 9.3 do EC2 estabelece as quantidades mínimas e máximas de armadura que este tipo de laje deve verificar.

Deste modo a armadura mínima a adotar para as espessuras de laje deste projeto, apresenta-se no quadro seguinte, considerando a expressão 6.1 com a largura média da zona tracionada, b_t , igual a 1,0m.

e_{laje} (m)	f_{yk} (MPa)	f_{ctm} (MPa)	b_t (m)	d (m)	$A_{s,min}$ (cm ² /m)	$\geq 0.0013 \times b_t \times d$
0.20	400	2.9	1.0	0.15	2.83	1.95
0.25	400	2.9	1.0	0.20	3.77	2.60
0.35	400	2.9	1.0	0.30	5.66	3.90

Quadro 6.33 – Armadura mínima nas lajes

A armadura máxima é igual a 4% da área da secção de betão.

No que diz respeito ao espaçamento máximo dos varões, $s_{max,slabs}$, devem respeitar-se as seguintes recomendações do Eurocódigo 2,

→ **Armaduras principais**

$$s_{max,slabs} = 3h \leq 400m \quad (6.47)$$

→ **Armaduras de distribuição**

$$s_{max,slabs} = 3,5h \leq 450m \quad (6.48)$$

Em que h representa a espessura total da laje. Para zonas de momento máximo ou de cargas concentradas as disposições passam a ser,

→ **Armaduras principais**

$$s_{max,slabs} = 2h \leq 250m \quad (6.49)$$

→ **Armaduras de distribuição**

$$s_{max,slabs} = 3h \leq 400m \quad (6.50)$$

Nas lajes armadas numa direção devem utilizar-se armaduras transversais de distribuição correspondentes a pelo menos 20% da armadura principal, 9.3.1.1 (2) EC2.

- **Armaduras de esforço transversal**

Só se considera armadura de esforço transversal para lajes com espessura superior a 200mm, 9.3.2 (1) EC2.

Para os elementos em que não é exigida armadura de esforço transversal deverá ser verificada a segurança, pela expressão que permite obter o valor de cálculo do esforço transversal resistente, $V_{Rd,c}$, apresentada em 6.2.2. do EC2,

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c}k(100\rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1\sigma_{cp}]b_wd \geq (v_{min} + k_1\sigma_{cp})b_wd \quad (6.51)$$

Em que,

- $C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c}$
- $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$, com d em mm
- $\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_wd} \leq 0.02$
- A_{sl} – área de armadura de tração prolongada de pelo menos um comprimento igual a $(l_{bd}+d)$ para além da secção considerada
- b_w – menor largura da secção transversal da área tracionada
- $k_1 = 0.15$
- $\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0.2f_{cd}$ [MPa]
- N_{Ed} – esforço normal na secção devido às ações aplicadas, igual a 0 para as lajes em estudo;
- A_c – área da secção transversal de betão, em mm²
- $v_{min} = 0.035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$

Para as lajes optou-se por uma malha geral de Ø10 //15. Sobre o alinhamento das vigas considerou-se um reforço com varões Ø10//15 ou Ø12//15 em algumas zonas, como se pode observar nos desenhos nº 8 e nº 9, relativos às armaduras de lajes.

As verificações de esforço transversal para as duas situações apresentam-se nos quadros seguintes.

$e_{\text{laje}} \text{ (m)}$	0.20	0.25	0.35
γ_c	1.500	1.500	1.500
V_{min}	0.542	0.542	0.472
$C_{Rd,c}$	0.120	0.120	0.120
d (mm)	145	195	295
k	2.174	2.013	1.823
k<2	2.000	2.000	1.823
$A_{sl} \text{ (cm}^2\text{)}$	12.78	10.48	10.48
$b_w \text{ (m)}$	1.00	1.00	1.00
ρ_1	0.0088	0.0054	0.0036
$f_{ck} \text{ (MPa)}$	30	30	30
k1	0.150	0.150	0.150
$N_{Ed} \text{ (kN)}$	0.000	0.000	0.000
$\sigma_{CP} \text{ (Mpa)}$	0.000	0.000	0.000
$V_{Rd,c} \text{ (kN)}$	103.675	118.230	142.048
$V_{Rd,\text{mínimo}} \text{ (kN)}$	78.622	105.732	139.242
$V_{Ed \text{ máx}} \text{ (kN)}$	101.910	117.490	139.940

Quadro 6.34 – Verificação do esforço transversal da armadura de laje sobre o alinhamento de vigas

$e_{\text{laje}} \text{ (m)}$	0.20	0.25	0.35
γ_c	1.500	1.500	1.500
V_{min}	0.542	0.542	0.472
$C_{Rd,c}$	0.120	0.120	0.120
d (mm)	145	195	295
k	2.174	2.013	1.823
k<2	2.000	2.000	1.823
$A_{sl} \text{ (cm}^2\text{)}$	5.24	5.24	5.24
$b_w \text{ (m)}$	1.00	1.00	1.00
ρ_1	0.0036	0.0027	0.0018
$f_{ck} \text{ (MPa)}$	30	30	30
k1	0.150	0.150	0.150
$N_{Ed} \text{ (kN)}$	0.000	0.000	0.000
$\sigma_{CP} \text{ (Mpa)}$	0.000	0.000	0.000
$V_{Rd,c} \text{ (kN)}$	77.021	93.839	112.744
$V_{Rd,\text{mínimo}} \text{ (kN)}$	78.622	105.732	139.242
$V_{Ed \text{ máx}} \text{ (kN)}$	63.880	98.640	62.720

Quadro 6.35 - Verificação do esforço transversal da armadura geral da laje

6.1.5 Lajes Maciças Fungiformes

As lajes fungiformes do edifício em estudo encontram-se apenas na zona de circulação. Foram dimensionadas como elementos Shell no modelo global do sistema estrutural.

Neste tipo de lajes verifica-se uma concentração de esforços na zona dos pilares. No que diz respeito a pilares interiores, o artigo 9.4.1 (2) do EC2 prevê uma armadura superior distribuída para cada lado do pilar numa largura igual a 0,125 vezes o vão da laje, com uma área de 0.5 da área das armaduras necessárias para resistir ao momento negativo que resulta da soma dos painéis laterais junto ao pilar.

Deve ainda adotar-se, sobre os alinhamentos dos pilares interiores, uma armadura inferior, no mínimo com 2 varões, em cada direção ortogonal, devendo esta armadura atravessar o pilar.

Neste tipo de lajes, é fundamental a verificação de segurança ao punçoamento. Esta verificação deve ter em conta as regras indicadas na secção 6.4 do Eurocódigo 2.

A resistência ao esforço de corte por punçoamento deve ser verificada na face do pilar e no perímetro básico de controlo, u_1 . Se for necessária armadura de punçoamento determinar-se-á um outro contorno designado por $u_{out,ef}$ que delimitará a área a partir da qual já não será necessária esta armadura, a figura seguinte apresenta de forma esquemática a definição dos contornos descritos.

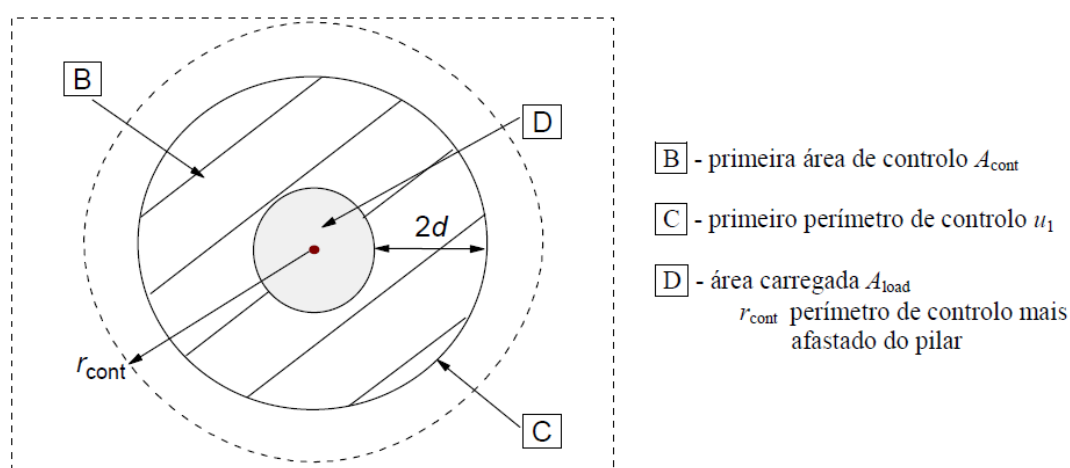


Figura 6.6 – Modelo para a verificação do punçoamento no ELU - Planta

O perímetro básico de controlo, u_1 , é definido a uma distância $2d$ da área carregada, no caso específico do edifício, pilares interiores circulares, a definição de u_1 deverá ser realizada de acordo com a figura seguinte,

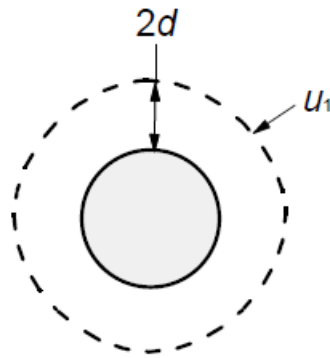


Figura 6.7 – Contorno de controlo de referência para pilares interiores circulares

Para os pilares do edifício o perímetro básico de controlo, u_1 , é dado por,

$$u_1 = \pi \times (D + 2d) = \pi \times (0.30 + 4 \times .145) = 2.764 \text{ m}$$

A verificação da resistência ao punçoamento, de acordo com o artigo 6.4.3 do EC2, deve compreender três verificações:

- a) No perímetro do pilar, ou da área carregada, não deve exceder-se o valor de tensão máxima de punçoamento dada por,

$$v_{Ed} < v_{Rd,max} \quad (6.52)$$

- b) Não é necessária armadura de punçoamento se,

$$v_{Ed} < v_{Rd,c} \quad (6.53)$$

- c) No caso de v_{Ed} exceder o valor de $v_{Rd,c}$ para a secção de controlo definida deve adotar-se armadura de punçoamento.

Para a primeira verificação os valores dos esforços podem ser obtidos pelas expressões seguintes:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_0 \cdot d} \quad (6.54)$$

$$v_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd} \quad (6.55)$$

Em que,

- $\beta = \frac{1+0.6 \cdot \pi \cdot e}{(D+4 \cdot d)}$, para pilar circular interior,
 - D – diâmetro do pilar
 - e – excentricidade, $e = \sqrt{(e_x^2 + e_y^2)}$
- u_0 - Perímetro do pilar
- $v = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$

Para o cálculo das excentricidades do pilar e determinação do esforço normal no pilar passível de causar punçoamento, extraíram-se do modelo os valores de esforço normal e os momentos em ambas as direções.

Os valores dos esforços condicionantes e verificação de segurança ao punçoamento encontram-se no anexo 18, apresentam-se de forma exemplificativa os cálculos efetuados para o pilar P35.

O valor de cálculo da resistência máxima ao punçoamento ao longo das secções de controlo, na laje fungiforme da zona de circulação é de 5280 kN/m².

f_{ck} (MPa)	v	f_{cd} (MPa)	$V_{Rd,máx}$ (kN/m ²)
30	0.5280	20	5280.0

Quadro 6.36- Cálculo da resistência máxima ao punçoamento na laje maciça fungiforme

Aplicando a expressão 6.54 obtemos o valor da tensão de corte de cálculo que se apresenta no quadro 6.38.

e_{laje} (m)	e	D (m)	d (m)	β
0.200	0.185	0.300	0.145	1.397

Quadro 6.37 – Determinação do coeficiente β na laje fungiforme

β	V_{Ed} (kN)	u_0 (m)	d (m)	v_{Ed} (kN/m ²)
1.397	89.060	0.9425	0.145	910.215

Quadro 6.38 – Valor de resistência ao punçoamento do pilar P35, 1ª condição

Verificada a primeira condição procedeu-se à verificação da segunda utilizando as seguintes expressões,

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 \cdot d} \quad (6.56)$$

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \geq v_{\min} \quad (6.57)$$

Em que,

- u_1 - Perímetro básico de controlo

- $C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c}$

- $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$

- $\rho_l = \sqrt{(\rho_x \times \rho_y)} \leq 0.02$

- $v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$

Pela análise aos quadros 6.39 e 6.40 concluímos que o pilar P35 verifica a segurança ao punçoamento pois também a segunda condição é verificada. Esta situação acontece em todos os pilares da laje para a definição de armadura considerada, uma malha geral na laje de Ø10 //15 com reforço no alinhamento dos pilares de Ø10 //15.

β	V_{Ed} (kN)	u_1 (m)	d (m)	V_{Ed} (kN/m ²)
1.397	89.060	2.765	0.145	310.301

Quadro 6.39 - Valor de resistência ao punçoamento do pilar P35, 2ª condição

e_{laje} (m)	0.200
γ_c	1.500
$C_{Rd,c}$	0.120
d (mm)	145
k	2.174
A_{sx} (cm ²)	10.480
A_{sy} (cm ²)	5.240
A_c (m ²)	1.170
ρ_{lx}	8.96E-04
ρ_{ly}	4.48E-04
ρ_l	6.33E-04
f_{ck} (MPa)	30
v_{\min}	614.681
$V_{Rd,c}$ (kN/m ²)	323.189
$V_{Rd,c}$ mínimo	614.681

Quadro 6.40 – Valor de cálculo de resistência ao punçoamento da laje maciça fungiforme

6.1.6 Fundações

Tal como os outros elementos estruturais, as fundações devem ser dimensionadas de acordo com os critérios estabelecidos nos Eurocódigos 2 e 8.

De acordo com o Eurocódigo 8, os esforços nos elementos de fundação devem ser determinados pela regra da capacidade real. Segundo o artigo 4.4.2.6 (4) do EC8 encontra-se verificada a disposição anterior se os esforços de cálculo forem determinados pela seguinte expressão,

$$E_{Fd} = E_{F,G} + \gamma_{Rd} \Omega E_{F,E} \quad (6.58)$$

- γ_{Rd} – Coeficiente de sobrerresistência, considerado igual a 1,0 para $q \leq 3$ ou igual a 1,2 nos restantes casos;
- $E_{F,G}$ – Efeito da ação devido às ações não sísmicas incluídas na combinação de ações para a situação sísmica de cálculo;
- $E_{F,E}$ – Efeito da ação resultante da análise para a ação sísmica de cálculo;
- Ω - Coeficiente que relaciona o valor de cálculo da resistência da zona ou do elemento i , com o esforço de cálculo atuante na zona ou no elemento i , para a situação de projeto sísmica.

De modo a simplificar os cálculos e a análise dos elementos de fundação, e como os resultados são semelhantes se considerarmos γ_{Rd} e Ω igual a 1, foram considerados para o dimensionamento das sapatas os esforços provenientes da combinação rara de ações. Considerou-se apenas a ação vertical imposta dado que os momentos são absorvidos na totalidade pelas vigas de fundação.

De acordo com o artigo 9.8.2.1 (1) do EC2, os varões a utilizar nas sapatas de paredes e pilares devem ter diâmetro superior a 8mm.

Para o pré-dimensionamento das sapatas foi considerada a seguinte expressão,

$$A_{\min} \geq \frac{N_{\text{pilar}}}{\sigma_{\text{adm}}} \quad (6.59)$$

- A_{\min} - Área mínima;
- N_{pilar} - Esforço axial na base do pilar, majorado em 1.25;
- σ_{adm} - Tensão admissível, 200 kPa.

Pelo esquema anterior temos,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{\left(\frac{a - a_0}{4} \right)} \quad (6.62)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\left(\frac{N_b}{2} \right)}{F_t} \quad (6.63)$$

Das expressões anteriores podemos obter a força no tirante de armaduras horizontais na base da sapata,

$$F_{t_{sd}} = \frac{N_b \times \gamma(a - a_0)}{8 \times d} \quad (6.64)$$

- $F_{t_{sd}}$ - Força de cálculo no tirante de armaduras horizontais na base da sapata;
- $\gamma = 1.5$;
- N_b - Esforço normal na base da sapata, $N_{\text{pilar}} + PP_{\text{sapata}}$;

Assim a área de armadura será dada pela seguinte expressão, em que b é a dimensão da sapata na direção perpendicular ao cálculo,

$$A_s = \frac{F_{t_{sd}}}{f_{syd} \times b} \quad (6.65)$$

Os cálculos das sapatas apresentam-se no anexo 19.

Para as vigas de fundação foi aplicada a expressão 6.58, considerando, tal como vem descrito no artigo 4.4.2.6 (8) do EC8, $\Omega = 1$ e $\gamma_{Rd} = 1.4$. O dimensionamento de armaduras encontra-se no anexo 21.

6.2 Estados Limites de Utilização

Quando este estado é ultrapassado a estrutura poderá continuar em serviço, no entanto, os seus danos prejudicam o conforto ou o aspeto das construções e até a sua durabilidade.

Por isso pretende-se verificar a segurança de modo a que as estruturas não ultrapassem as deformações ou o estado de dano que se define como o seu limite.

6.2.1 Limitação das deformações

As limitações no que diz respeito às deformações encontram-se definidas no Eurocódigo 2, na secção 7.4. Na sua essência diz que a deformação de um elemento, ou estrutura, não deve prejudicar a sua utilização ou aspeto.

Desta forma a limitação da deformação dos pisos faz-se sob duas condições, sendo L o vão da laje:

- A deformação do piso é limitada a $L/250$ para a combinação quase-permanente de ações – assegurando deformação baixa e garantindo o aspeto da estrutura;
- A deformação após a construção está limitada a $L/500$ para a combinação quase-permanente para a situação de lajes a suportar paredes de alvenaria – restringe a fendilhação dos materiais não estruturais.

Mostra-se de seguida o cálculo da verificação da deformação para as zonas de maiores deslocamentos em cada corpo do edifício, considerando a combinação quase permanente de ações, CQP.

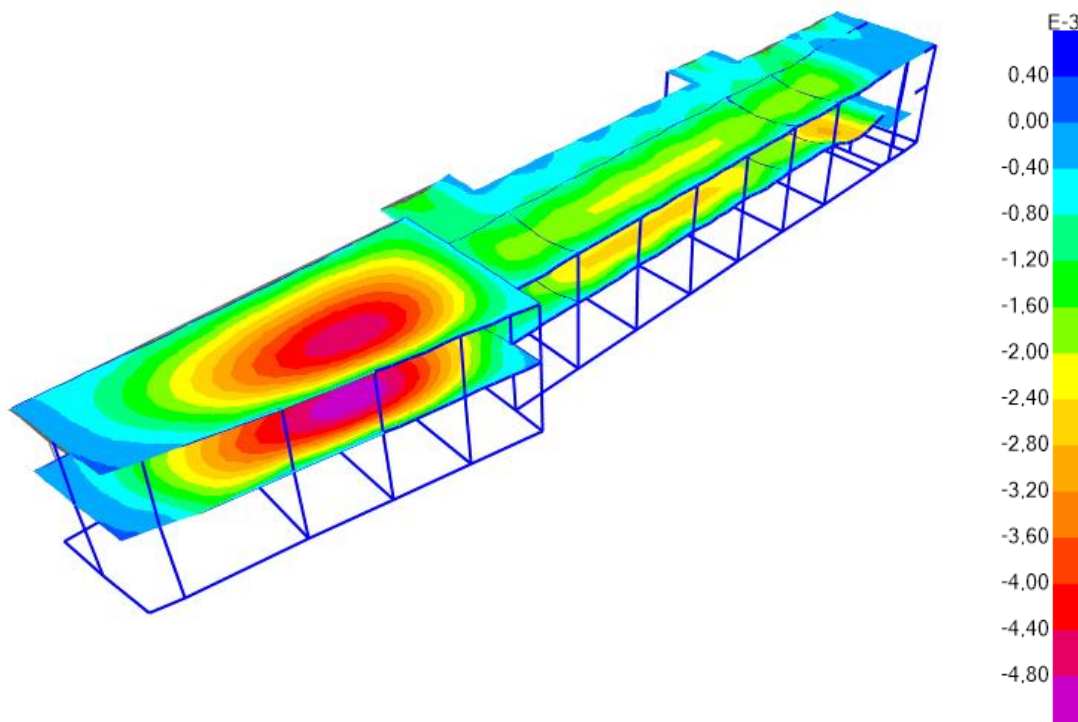


Figura 6.10 – Deslocamentos do corpo 1, CQP

Podemos observar pela figura 6.10 que a zona com maiores deslocamentos é a laje de teto do piso 0, na zona do refeitório, considerando o momento quase permanente retirado do modelo SAP, foi feita a verificação desta laje de acordo com o seguinte processo de cálculo,

→ **Momento Quase Permanente**

$$M_{qp} = 87.79 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

De acordo com a figura seguinte apresentam-se os quadros resumo das características da secção.

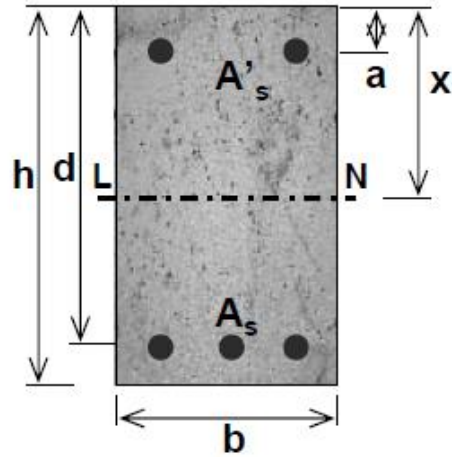


Figura 6.11 – Variáveis para o cálculo do momento de inércia, secção retangular

Laje Teto Piso 0 – C1	Características da laje por metro			
	b (m)	h (m)	d (m)	a
	1.000	0.350	0.315	0.035

Quadro 6.41 – Verificação das deformações - Características da laje teto piso 0, Corpo 1

Laje Teto Piso 0 – C1	Armadura da laje				
	A400NR SD	A _s (cm ²)	A' _s (cm ²)	β	ρ
	Ø10 //15	5.240	5.240	1.000	0.166

Quadro 6.42 - Verificação das deformações - Armadura da laje teto piso 0, Corpo 1

Laje Teto Piso 0 – C1	Betão da laje		
	Betão	E _{c,m} (GPa)	f _{ctm} (MPa)
	C30/37	33	2.9

Quadro 6.43 - Verificação das deformações – Betão da laje teto piso 0, Corpo 1

Em que,

$$\beta = \frac{A'_s}{A_s} \quad (6.66)$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} \quad (6.67)$$

→ **Determinação do momento de fendilhação da laje**

$$M_{cr} = f_{ctm} \times \frac{b \times h^2}{6} \quad (6.68)$$

$$M_{cr} = 2.9 \times 10^3 \times \frac{1 \times 0,35^2}{6} = 59.21 \text{ kN.m}$$

$M_{cr} < M_{qp}$, como o momento de fendilhação é inferior ao momento quase permanente ocorre fendilhação na laje.

→ **Cálculo da flecha a curto prazo, $a_0(t=0)$**

$$\alpha = \frac{E_s}{E_{cm}} \quad (6.69)$$

$$\alpha = \frac{200}{33} = 6.06$$

$$\alpha \rho = 6.06 \times 0.166\% = 0.01$$

$$\beta = 1.00$$

$$d/h = 0.90$$

d/h= 0.90										
β	0.00		0.25		0.50		0.75		1.00	
$\alpha \rho$	I_y/I_c	I_{yy}/I_c	I_y/I_c	I_{yy}/I_c	I_y/I_c	I_{yy}/I_c	I_y/I_c	I_{yy}/I_c	I_y/I_c	I_{yy}/I_c
0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
0.02	1.04	0.13	1.05	0.13	1.06	0.14	1.07	0.14	1.08	0.14
0.05	1.09	0.29	1.12	0.29	1.14	0.30	1.17	0.30	1.19	0.30
0.10	1.17	0.49	1.23	0.51	1.28	0.52	1.33	0.53	1.38	0.54
0.15	1.25	0.66	1.34	0.69	1.42	0.71	1.50	0.73	1.58	0.75
0.20	1.32	0.79	1.45	0.84	1.56	0.89	1.67	0.93	1.77	0.96
0.25	1.38	0.91	1.55	0.99	1.70	1.05	1.83	1.11	1.96	1.16
0.30	1.44	1.01	1.65	1.12	1.83	1.21	2.00	1.28	2.15	1.35
0.35	1.50	1.10	1.75	1.24	1.97	1.36	2.17	1.46	2.34	1.54
0.40	1.55	1.19	1.85	1.36	2.10	1.50	2.33	1.62	2.54	1.72
0.45	1.60	1.26	1.94	1.47	2.24	1.65	2.50	1.79	2.73	1.91
0.50	1.64	1.33	2.03	1.58	2.37	1.78	2.66	1.95	2.92	2.09

Quadro 6.44 – Momentos de inércia em secções retangulares de betão armado

Pelo quadro anterior conclui-se que,

$$I_y/I_c = 1.04$$

$$I_{yy}/I_c = 0.07$$

O valor da flecha a curto prazo é dado por,

$$a_0 = \xi \times a_{II0} + (1 - \xi) \times a_{I0} \quad (6.70)$$

Em que,

$$\xi = 1 - \beta \times \left(\frac{M_{cr}}{M_{qp}} \right)^2, \text{ para } \beta = 1.0 \quad (6.71)$$

$$a_{I0} = \frac{a_c}{(I_I/I_c)} \quad (6.72)$$

$$a_{II0} = \frac{a_c}{(I_{II}/I_c)} \quad (6.73)$$

O valor da flecha elástica, a_c , foi retirado do modelo SAP e, como se pode ver na figura 6.10, é igual a 0.0048m.

$$\xi = 1 - 1 \times \left(\frac{59.21}{87.79} \right)^2 = 0.55$$

$$a_{I0} = \frac{4.8}{1.04} = 4.62mm$$

$$a_{II0} = \frac{4.8}{0.07} = 68.57mm$$

$$a_0 = 0.55 \times 68.57 + (1 - 0.55) \times 4.62 = 39.79mm$$

$$39.79mm < l/250 = 18.24/250 = 0.073m = 72.96mm$$

→ **Cálculo da flecha a longo prazo, a_∞ ($t=\infty$)**

$$E_{c,eff} = \frac{1.05 \times E_{c,m}}{(1 + \varphi)}, \text{ coeficiente de fluência, } \varphi = 2.5 \quad (6.74)$$

$$\alpha = \frac{E_s}{E_{c,eff}} \quad (6.75)$$

$$E_{c,eff} = \frac{1.05 \times 33}{(1 + 2.5)} = 9.90$$

$$\alpha = \frac{200}{9.9} = 20.20$$

$$\alpha\rho = 20.20 \times 0.166\% = 0.03$$

$$\beta = 1.00$$

$$d/h = 0.90$$

d/h= 0.90										
β	0.00		0.25		0.50		0.75		1.00	
$\alpha\rho$	I_I/I_c	I_{II}/I_c	I_I/I_c	I_{II}/I_c	I_I/I_c	I_{II}/I_c	I_I/I_c	I_{II}/I_c	I_I/I_c	I_{II}/I_c
0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
0.02	1.04	0.13	1.05	0.13	1.06	0.14	1.07	0.14	1.08	0.14
0.05	1.09	0.29	1.12	0.29	1.14	0.30	1.17	0.30	1.19	0.30
0.10	1.17	0.49	1.23	0.51	1.28	0.52	1.33	0.53	1.38	0.54
0.15	1.25	0.66	1.34	0.69	1.42	0.71	1.50	0.73	1.58	0.75
0.20	1.32	0.79	1.45	0.84	1.56	0.89	1.67	0.93	1.77	0.96
0.25	1.38	0.91	1.55	0.99	1.70	1.05	1.83	1.11	1.96	1.16
0.30	1.44	1.01	1.65	1.12	1.83	1.21	2.00	1.28	2.15	1.35
0.35	1.50	1.10	1.75	1.24	1.97	1.36	2.17	1.46	2.34	1.54
0.40	1.55	1.19	1.85	1.36	2.10	1.50	2.33	1.62	2.54	1.72
0.45	1.60	1.26	1.94	1.47	2.24	1.65	2.50	1.79	2.73	1.91
0.50	1.64	1.33	2.03	1.58	2.37	1.78	2.66	1.95	2.92	2.09

Quadro 6.45 – Momentos de inércia em secções retangulares de betão armado

Pelo quadro anterior conclui-se que,

$$I_I/I_c = 1.12$$

$$I_{II}/I_c = 0.19$$

O valor da flecha a longo prazo é dado por,

$$a_\infty = \xi \times a_{II_\infty} + (1 - \xi) \times a_{I_\infty} \quad (6.76)$$

Em que,

$$\xi = 1 - \beta \times \left(\frac{M_{cr}}{M_{qp}} \right)^2, \text{ para } \beta = 0.5 \quad (6.77)$$

$$a_{I\infty} = \frac{(1 + \varphi) \times a_c}{(I_I / I_c)} \quad (6.78)$$

$$a_{II\infty} = \frac{(1 + \varphi) \times a_c}{(I_{II} / I_c)} \quad (6.79)$$

Assim, o valor obtido para a flecha a longo prazo apresenta-se pelos cálculos seguintes,

$$\xi = 1 - 0.5 \times \left(\frac{59.21}{87.79} \right)^2 = 0.77$$

$$a_{I0} = \frac{(1 + 2.5) \times 4.8}{1.12} = 15.0mm$$

$$a_{II0} = \frac{(1 + 2.5) \times 4.8}{0.19} = 88.42mm$$

$$a_0 = 0.77 \times 88.42 + (1 - 0.77) \times 15.0 = 71.72mm$$

$$71.72mm < l/250 = 18.24/250 = 0.073m = 72.96mm$$

Conclui-se que a flecha obtida a longo prazo tem valor inferior à obtida pela recomendação do Eurocódigo 2, verifica-se a segurança ao estado limite de deformação no corpo1.

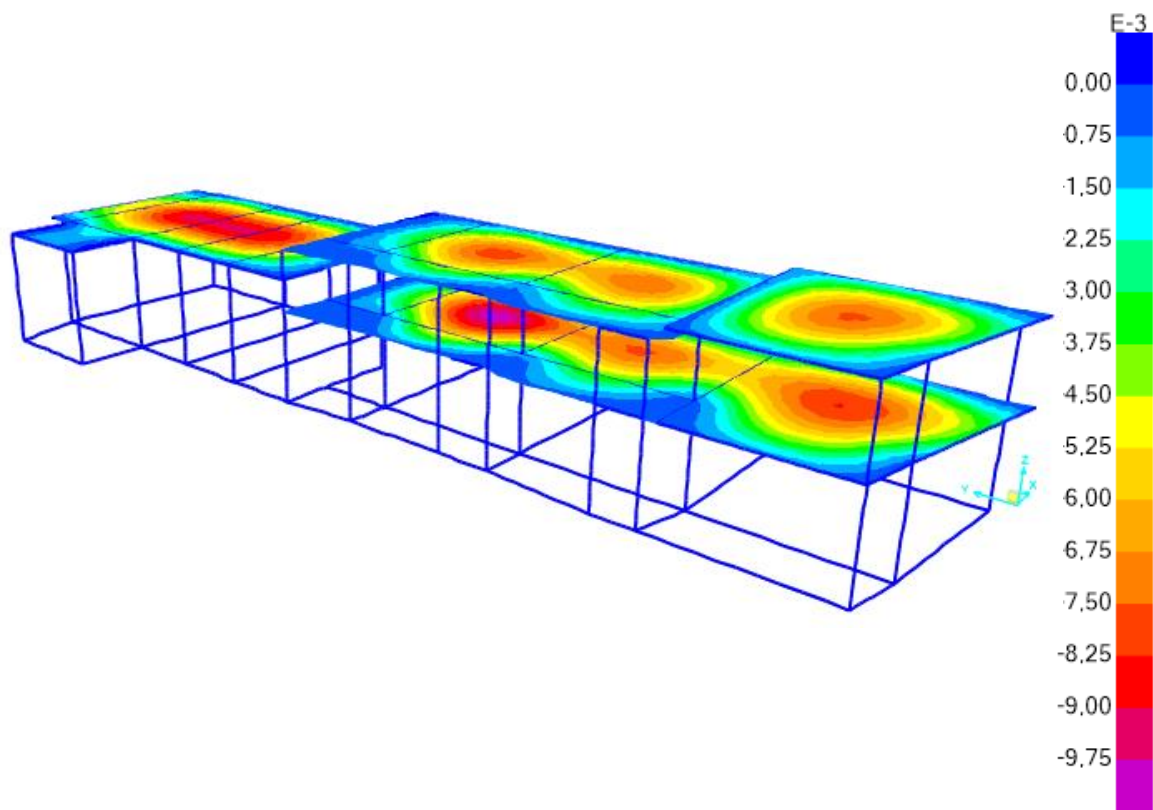


Figura 6.12 – Deslocamentos do Corpo 2, CQP

No corpo 2 pode observar-se que as zonas com maiores deslocamentos são a laje de teto do piso 0, na zona central, e o teto do pavilhão multiusos.

Para a laje de teto do piso 0 seguiu-se o mesmo processo de cálculo que no corpo1.

→ **Momento Quase Permanente**

$$M_{qp} = 32.91 \text{ kN.m}$$

Laje Teto Piso 0 – C2	Características da laje por metro			
	b (m)	h (m)	d (m)	a
	1.000	0.200	0.180	0.020

Quadro 6.46 – Verificação das deformações - Características da laje teto piso 0, Corpo 2

Laje Teto Piso 0 – C2	Armadura da laje				
	A400NR SD	A _s (cm ²)	A' _s (cm ²)	β	ρ
	Ø10 //15	10.480	5.240	0.500	0.582

Quadro 6.47 - Verificação das deformações - Armadura da laje teto piso 0, Corpo 2

Laje Teto Piso 0 – C2	Betão da laje		
	Betão	$E_{c,m}$ (GPa)	f_{ctm} (MPa)
	C30/37	33	2.9

Quadro 6.48 - Verificação das deformações – Betão da laje teto piso 0, Corpo 2

→ **Determinação do momento de fendilhação da laje**

$$M_{cr} = 19.33 \text{ kN.m}$$

$M_{cr} < M_{qp}$, como o momento de fendilhação é inferior ao momento quase permanente ocorre fendilhação na laje.

→ **Cálculo da flecha a curto prazo, a_0 (t=0)**

$$\alpha = 6.06$$

$$\alpha\rho = 6.06 \times 0.582\% = 0.04$$

$$\beta = 0.50$$

$$d/h = 0.90$$

Pelo quadro 6.44 conclui-se que,

$$I_I/I_c = 1.11$$

$$I_{II}/I_c = 0.25$$

O valor da flecha elástica, a_c , foi retirado do modelo SAP e, como se pode ver na figura 6.12, é igual a 0.0098m.

$$\xi = 0.65$$

$$a_{I0} = 8.81 \text{ mm}$$

$$a_{II0} = 39.68 \text{ mm}$$

$$a_0 = 0.65 \times 39.68 + (1 - 0.65) \times 8.81 = 28.88 \text{ mm}$$

$$28.88 \text{ mm} < l/250 = 10/250 = 0.04 \text{ m} = 40.00 \text{ mm}$$

→ **Cálculo da flecha a longo prazo, a_{∞} ($t=\infty$)**

$$E_{c,eff} = 9.90$$

$$\alpha = 20.20$$

$$\alpha\rho = 0.12$$

$$\beta = 0.50$$

$$d/h = 0.90$$

Pelo quadro 6.44 conclui-se que,

$$I_{II}/I_c = 1.34$$

$$I_{IV}/I_c = 0.58$$

Assim, o valor obtido para a flecha a longo prazo apresenta-se pelos cálculos seguintes,

$$\xi = 0.83$$

$$a_{I0} = 25.67 \text{ mm}$$

$$a_{II0} = 59.55 \text{ mm}$$

$$a_0 = 53.70 \text{ mm}$$

$$\mathbf{53.70\text{mm} > l/250 = 10/250 = 0.04\text{m} = 40.00 \text{ mm}}$$

Conclui-se que a flecha obtida a longo prazo tem valor superior à obtida pela recomendação do Eurocódigo 2, não se encontra verificada a segurança ao estado limite de deformação na secção condicionante do corpo 2.

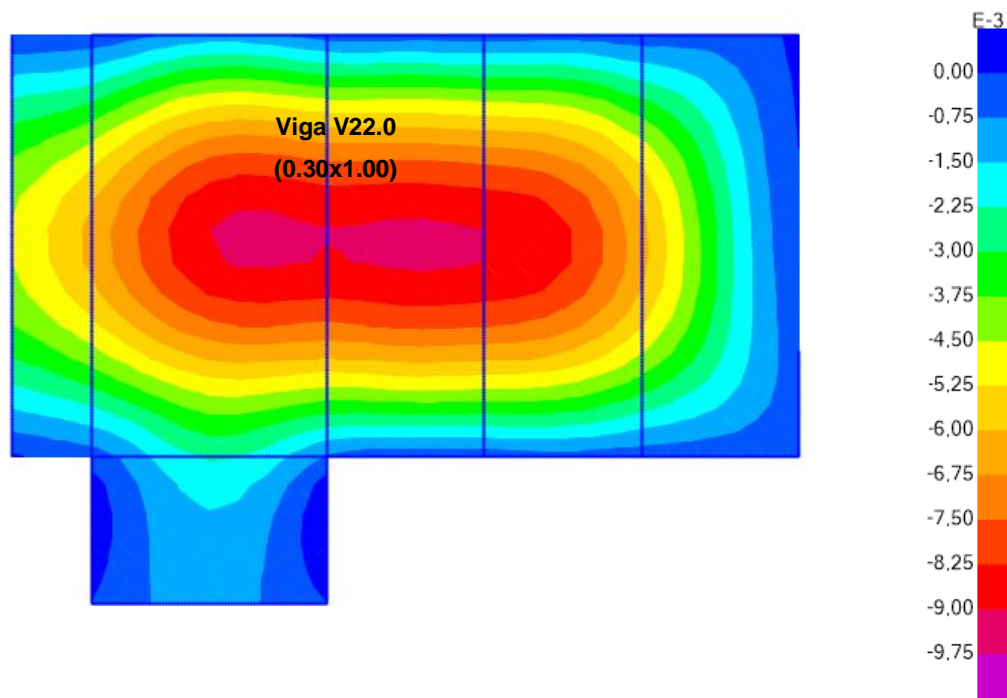


Figura 6.13 – Deslocamentos no pavilhão multiusos, CQP

No pavilhão os esforços são exercidos fundamentalmente nas vigas. Estas apresentam dimensões consideráveis devido ao comprimento do vão. Por isso a verificação da deformação nesta zona será efetuada em relação às vigas.

Apresentam-se os cálculos efetuados relativamente à viga V22.0 por se encontrar na zona condicionante.

→ **Momento Quase Permanente**

$$M_{qp} = 351.91 \text{ kN.m}$$

Laje Teto Pavilhão – C2	Características da viga			
	b (m)	h (m)	d (m)	a
	0.300	1.000	0.900	0.100

Quadro 6.49 – Verificação das deformações - Características da laje teto pavilhão, Corpo 2

Laje Teto Pavilhão – C2	Armadura da viga				
	A400NR SD	A _s (cm ²)	A' _s (cm ²)	β	ρ
	4Ø20+2Ø16	16.590	12.570	0.758	0.614

Quadro 6.50 - Verificação das deformações - Armadura da laje teto pavilhão, Corpo 2

Laje Teto Pavilhão – C2	Betão da viga		
	Betão	$E_{c,m}$ (GPa)	f_{ctm} (MPa)
	C30/37	33	2.9

Quadro 6.51 - Verificação das deformações – Betão da laje teto pavilhão, Corpo 2

→ **Determinação do momento de fendilhação da laje**

$$M_{cr} = 145 \text{ kN.m}$$

$M_{cr} < M_{qp}$, como o momento de fendilhação é inferior ao momento quase permanente ocorre fendilhação na laje.

→ **Cálculo da flecha a curto prazo, $a_0(t=0)$**

$$\alpha = 6.06$$

$$\alpha\rho = 0.04$$

$$\beta = 0.75$$

$$d/h = 0.90$$

Pelo quadro 6.44 conclui-se que,

$$I_I/I_c = 1.14$$

$$I_{II}/I_c = 0.25$$

O valor da flecha elástica, a_c , foi retirado do modelo SAP e, como se pode ver na figura 6.13, é igual a 0.009m.

$$\xi = 0.83$$

$$a_{I0} = 7.92 \text{ mm}$$

$$a_{II0} = 36.44 \text{ mm}$$

$$a_0 = 0.83 \times 36.44 + (1 - 0.83) \times 7.92 = 31.59 \text{ mm}$$

$$31.59 \text{ mm} < l/250 = 10/250 = 0.04 \text{ m} = 40.00 \text{ mm}$$

→ **Cálculo da flecha a longo prazo, a_{∞} ($t=\infty$)**

$$E_{c,eff} = 9.90$$

$$\alpha = 20.20$$

$$\alpha\rho = 0.12$$

$$\beta = 0.75$$

$$d/h = 0.90$$

Pelo quadro 6.44 conclui-se que,

$$I_{II}/I_c = 1.40$$

$$I_{IV}/I_c = 0.61$$

Assim, o valor obtido para a flecha a longo prazo apresenta-se pelos cálculos seguintes,

$$\xi = 0.92$$

$$a_{I0} = 22.53 \text{ mm}$$

$$a_{II0} = 51.64 \text{ mm}$$

$$a_0 = 49.17 \text{ mm}$$

$$49.15 \text{ mm} > l/250 = 10/250 = 0.04 \text{ m} = 40.00 \text{ mm}$$

Conclui-se que a flecha obtida a longo prazo tem valor superior à obtida pela recomendação do Eurocódigo 2, não se encontra verificada a segurança ao estado limite de deformação na secção condicionante do pavilhão, do corpo 2.

6.2.2 Limitação de danos

O estado de limitação de danos é aquele a partir do qual os requisitos de utilização da estrutura deixam de estar satisfeitos.

Desta forma os elementos estruturais devem ter capacidade de resistir a uma ação sísmica com probabilidade de ocorrência maior do que a ação sísmica de cálculo ⁶.

Este requisito é considerado garantido, segundo o artigo 4.4.3.1 do Eurocódigo 8, se os deslocamentos entre pisos forem limitados de acordo com a seguinte expressão⁷,

$$d_r \cdot v \leq 0.005 \cdot h \quad (6.86)$$

- d_r - Valor de cálculo do deslocamento entre pisos definido em 5.8;
- v - Coeficiente de redução que tem em conta o mais baixo período de retorno da ação sísmica associado ao requisito de limitação de danos, ver quadro NA.III EC8;
- h - Altura entre pisos.

Apresenta-se de seguida a verificação dos requisitos da limitação de danos nas duas direções,

CORPO 1

	Piso	d_r (m)	v	h (m)	$d_r \cdot v$	$0,005 \cdot h$
Direção x	0	0.007	0.55	3.75	0.004	0.019
	1	0.006	0.55	3.35	0.003	0.017
Direção y	0	0.004	0.55	3.75	0.002	0.019
	1	0.000	0.55	3.35	0.000	0.017

CORPO 2

Direção x	0	0.016	0.550	3.750	0.009	0.019
	1	-0.014	0.550	3.350	0.008	0.017
	Pavilhão	0.014	0.550	5.240	0.008	0.026
Direção y	0	0.014	0.550	3.750	0.008	0.019
	1	0.008	0.550	3.350	0.004	0.017
	Pavilhão	0.018	0.550	5.240	0.010	0.026

Quadro 6.52 – Verificação da limitação de danos

⁶ - A ação sísmica a considerar tem uma probabilidade excedência $P_{DLR}=10\%$ em 10 anos, e um período de retorno de 95 anos.

⁷ - A verificação foi realizada tendo em conta esta expressão, para edifícios com elementos não estruturais constituídos por materiais frágeis fixos à estrutura, que é a mais desfavorável.

7 Conclusão

Este trabalho abrange o dimensionamento dos diversos elementos que compoem o sistema estrutural do edifício, nomeadamente fundações, pilares, vigas, lajes e paredes resistentes permitindo consolidar conhecimentos adquiridos em diversas unidades curriculares do curso.

A opção de desenvolver este projeto considerando as disposições dos Eurocódigos Estruturais ao invés da regulamentação nacional em vigor, o REBAP e o RSA, (Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado e Regulamento de Segurança e Ações), veio por um lado, permitir obter um maior conhecimento acerca das normas europeias mas por outro, veio trazer uma complexidade acrescida.

O objetivo principal da implementação dos Eurocódigos Estruturais é a uniformização de especificações técnicas no espaço europeu e a seu tempo substituirão totalmente as regulamentações nacionais de cada país. Daí a importância do desenvolvimento deste projeto pela possibilidade de analisar de uma forma mais pormenorizada as disposições construtivas previstas nos Eurocódigos.

O edifício em estudo situa-se nos Açores, a preocupação com a sismicidade da zona leva a que o dimensionamento da estrutura tenha tido em consideração as disposições prescritas no Eurocódigo 8. A análise, interpretação e aplicação deste Eurocódigo revelou-se bastante complexa e por vezes ambígua.

O Eurocódigo 8 logo no início, na secção 2, apresenta os requisitos de desempenho e os critérios de conformidade para que os edifícios respondam adequadamente à ação sísmica, a aplicação destas disposições no projeto foi o elemento condicionante na conceção do modelo de cálculo. Ou seja, as estruturas deverão ter formas simples e regulares em planta e em altura, se for necessário deve separar-se a estrutura global, por meio de juntas, em subestruturas dinâmicas mais regulares. A escola a dimensionar tem a forma aproximada de um L, que se desenvolve no tardo do edifício existente, esta forma tem ainda o problema acrescido de fenómenos de torção, assim optou-se por separar o edifício em dois corpos independentes estudados individualmente. Melhoraram-se as características dos modelos não sendo contudo os ideais por terem uma dimensão muito superior à outra, no que diz respeito aos seus eixos ortogonais.

Em suma, a análise, interpretação e aplicação dos Eurocódigos, principalmente o EC2 e EC8 mas também o EC0 e EC1, no dimensionamento do edifício constituíram uma base importante para desenvolvimento futuro de estruturas mais complexas.

8 Bibliografia

- CHOPRA, A. – “Dynamics of Structures – Theory and Applications to Earthquake Engineering”, University of California at Berkeley USA, 1995
- GORGULHO, A. - " Betão Estrutural II - Versão atualizada segundo o Eurocódigo 2", Departamento de Engenharia Civil, ISEL, Lisboa, 2008
- LÚCIO, V. - " Estado Limite de Deformação – Estruturas de Betão Armado I", FCT-UNL, Lisboa, 2006
- NP EN 1990: 2009; “Eurocódigo – Bases para o projeto de estruturas”, CEN, Bruxelas
- NP EN 1991-1-1: 2009; “Eurocódigo 1 – Ações em Estruturas – Parte 1-1: Ações gerais- Pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios”, CEN, Bruxelas
- NP EN 1992-1-1:2010; “Eurocódigo 2 – Projeto de estruturas de Betão – Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios”, CEN, Bruxelas
- NP EN 1997-1:2010; “Eurocódigo 7 – Projeto geotécnico – Parte 1: Regras gerais”, CEN, Bruxelas
- NP EN 1998-1:2010; “Eurocódigo 8 – Projeto de estruturas para resistência aos sismos – Parte 1: Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios”, CEN, Bruxelas
- NP EN206-1: 2007; “ Betão – Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade”, CEN, Bruxelas

9 Anexos

ANEXO 1 – Definição dos Elementos Estruturais

ANEXO 2 – Definição dos Centros de Rigidez

ANEXO 3 – Participação Modal

ANEXO 4 – Coeficiente de Comportamento - Espectro de Resposta de Cálculo

ANEXO 5 – Dimensionamento – Regras Gerais

ANEXO 6 – Espaçamentos Máximos e Comprimentos Críticos para a Armadura Transversal das Vigas

ANEXO 7 – Armadura Longitudinal das Vigas

ANEXO 8 – Armadura Transversal das Vigas

ANEXO 9 – Espaçamentos Máximos na Zona Crítica e Comprimentos Críticos para a Armadura Transversal dos Pilares

ANEXO 10 – Armadura Longitudinal dos Pilares

ANEXO 11 – Espaçamentos Máximos da Armadura Transversal dos Pilares

ANEXO 12 – Verificação das Cintas nas Zonas Críticas dos Pilares

ANEXO 13 – Armadura Transversal dos Pilares

ANEXO 14 – Definição dos Elementos de Extremidade das Paredes

ANEXO 15 – Determinação de Esforços das Paredes

ANEXO 16 – Armadura Vertical das Paredes

ANEXO 17 – Armadura Transversal das Paredes

ANEXO 18 – Armadura de Confinamento das Paredes

ANEXO 19 – Verificação ao Punçoamento da Laje Maciça Fungiforme

ANEXO 20 – Armaduras de Lajes

ANEXO 21 – Dimensionamento das Sapatas

ANEXO 22 – Dimensionamento das Vigas de Fundação

ANEXO 23 – Modelo de Cálculo - Imagens

ANEXO 1 – Definição dos Elementos Estruturais

- PILARES

CORPO 1					
PILARES	DIMENSÕES		PILARES	DIMENSÕES	
	Comp. X (m)	Compr. Y (m)		Comp. X (m)	Compr. Y (m)
P1	0.30	0.30	P19	0.30	0.30
P2	0.30	0.30	P20	0.30	0.30
P3	0.30	0.30	P21	0.30	0.30
P4	0.30	0.30	P22	0.30	0.30
P5	0.30	0.30	P23	0.30	0.30
P6	0.30	0.30	P24	0.30	0.30
P7	0.30	0.30	P25	0.30	0.30
P8	0.30	0.30	P26	0.30	
P9	0.30	0.30	P27	0.30	
P10	0.30	0.30	P28	0.30	
P11	0.30	0.30	P29	0.30	
P12	0.30	0.30	P30	0.30	
P13	0.30	0.30	P31	0.30	
P14	0.30	0.30	P32	0.30	
P15	0.30	0.30	P33	0.30	
P16	0.30	0.30	P34	0.30	
P17	0.30	0.30	P35	0.30	
P18	0.30	0.30	P36	0.30	

A. 1 – Dimensões dos pilares corpo 1

CORPO 2 - ESCOLA		
PILARES	DIMENSÕES	
	Comp. X (m)	Compr. Y (m)
P37	0.30	
P38	0.30	
P39	0.30	0.40
P40	0.30	0.40
P41	0.60	0.30
P42	0.60	0.30
P43	0.30	0.40
P44	0.30	0.30
P45	0.30	0.40
P46	0.30	0.40
P47	0.30	0.40
P48	0.30	0.40
P49	0.30	0.40
P50	0.30	
P51	0.30	0.60

CORPO 2 - PAVILHÃO		
PILARES	DIMENSÕES	
	Comp. X (m)	Compr. Y (m)
P52	0.30	0.30
P53	0.30	0.30
P54	0.30	0.30
P55	0.30	0.30
P56	0.30	0.30
P57	0.30	0.30
P58	0.30	0.30
P59	0.30	0.30

A. 2- Dimensões dos pilares corpo 2

- VIGAS

CORPO 1									
PISO 0	VIGAS	DIMENSÕES		PILARES	PISO 1	VIGAS	DIMENSÕES		PILARES
		L (m)	H (m)				L (m)	H (m)	
	V 1.0	0.30	0.50	PD2P4		V 1.1	0.30	0.50	PD2P4
	V 2.0	0.30	0.50	P4P25		V 2.1	0.30	1.00	P4P25
	V 3.0	0.30	1.00	P5P6		V 3.1	0.30	1.00	P5P6
	V 4.0	0.30	0.50	P6P10		V 4.1	0.30	0.50	P6P10
	V5.0	0.30	0.50	P10PD3		V5.1	0.30	0.50	P10PD3
	V6.0	0.30	0.50	PD3P12		V6.1	0.30	0.50	PD3P12
	V7.0	0.30	0.50	PD6P13		V7.1	0.30	0.50	PD6P13
	V8.0	0.30	0.50	PD6P15		V8.1	0.30	0.50	PD6P15
	V9.0	0.30	0.50	P15P19		V9.1	0.30	0.50	P15P19
	V 10.0	0.30	0.50	P19P20		V 11.1	0.30	0.50	P19P20
	V 11.0	0.30	0.50	P6P19		V 11.1	0.30	0.50	P6P19
	V 12.0	0.30	0.50	P10P15		V 12.1	0.30	0.50	P10P15
	V 13.0	0.30	0.50	P11P14		V 13.1	0.30	0.50	P11P14
	V 14.0	0.30	0.50	PD1P25		V 14.1	0.30	0.50	PD1P25

A. 3 – Dimensões das vigas no corpo1

CORPO 2									
PISO 0	VIGAS	DIMENSÕES		PILARES	PISO 1	VIGAS	DIMENSÕES		PILARES
		L (m)	H (m)				L (m)	H (m)	
	V 15.0	0.30	0.75	P40PD7		V 15.1	0.30	0.75	P40PD7
	V 16.0	0.30	0.75	PD8P43		V 16.1	0.30	0.75	PD8P43
	V 17.0	0.30	0.75	P45P46		V 17.1	0.30	0.75	P45P46
	V 18.0	0.30	0.75	P48P49		V 18.1	0.30	0.75	P48P49
	V 19.0	0.30	0.75	P51PD9		V 30.1	0.30	0.50	P42PD9
	V 20.0	0.30	1.00	P52P53		V 31.1	0.30	1.00	P39PD8
	V 21.0	0.30	1.00	P54P55		V 32.1	0.30	1.00	P40PD8
	V 22.0	0.30	1.00	P56P57		V 33.1	0.30	1.00	PD7P43
	V 23.0	0.30	1.00	PD10PD11		V 34.1	0.30	0.50	P43PD9
	V 24.0	0.30	1.00	PD10PD11					
	V 25.0	0.30	0.50	P59PD10					
	V 26.0	0.30	0.50	P57P58					
	V 27.0	0.30	0.50	P58P59					
	V 28.0	0.30	0.50	P53P57					
	V 28A.0	0.30	0.75	P51P53					
	V 29.0	0.30	0.50	PD9PD11					
	V 30.0	0.30	0.50	P42PD9					
	V 31.0	0.30	1.00	P39PD8					
	V 32.0	0.30	1.00	P40PD8					
	V 33.0	0.30	1.00	PD7P43					
	V 34.0	0.30	0.50	P43PD9					

A. 4 - Dimensões das vigas no corpo2

- PAREDES

		PISO 0		
		L (m)	e (m)	h (m)
CORPO 1	PD 1	5.95	0.20	4.25
	PD2	2.88	0.20	4.25
	PD 3	3.81	0.20	4.25
	PD 4	5.00	0.15	4.25
	PD5	1.90	0.15	4.25
	PD6	1.05	0.20	4.25
CORPO 2	PD7	1.75	0.20	4.25
	PD8	1.43	0.20	4.25
	PD9	7.80	0.20	4.25
	PD10	2.19	0.20	5.74
	PD11	2.19	0.20	5.74

		PISO 1		
		L (m)	e (m)	h (m)
CORPO 1	PD 1	5.95	0.20	3.35
	PD2	2.88	0.20	3.35
	PD 3	3.81	0.20	2.85
	PD 4	5.00	0.15	2.85
	PD5	1.90	0.15	2.85
	PD6	1.05	0.20	2.85
CORPO 2	PD7	1.75	0.20	3.35
	PD8	1.43	0.20	2.85
	PD9	7.80	0.20	2.85
	PD10	2.19	0.20	-
	PD11	2.19	0.20	-

A. 5 - Dimensões das paredes de betão

ANEXO 2 – Definição dos Centros de Rigidez

CORPO 1							
PILARES	DIMENSÕES		DIREÇÃO X				
	Comp. X (m)	Compr. Y (m)	Ix (m ⁴)	Ax(m ²)	x _i (m)	Ix.x _i	Ax.x _i
P1	0.30	0.30	0.001	0.090	57.781	0.039	5.200
P2	0.30	0.30	0.001	0.090	54.031	0.036	4.863
P3	0.30	0.30	0.001	0.090	50.281	0.034	4.525
P4	0.30	0.30	0.001	0.090	46.500	0.031	4.185
P5	0.30	0.30	0.001	0.090	46.500	0.031	4.185
P6	0.30	0.30	0.001	0.090	42.250	0.029	3.803
P7	0.30	0.30	0.001	0.090	38.000	0.026	3.420
P8	0.30	0.30	0.001	0.090	33.750	0.023	3.038
P9	0.30	0.30	0.001	0.090	29.500	0.020	2.655
P10	0.30	0.30	0.001	0.090	25.250	0.017	2.273
P11	0.30	0.30	0.001	0.090	21.000	0.014	1.890
P12	0.30	0.30	0.001	0.090	10.325	0.007	0.929
P13	0.30	0.30	0.001	0.090	10.000	0.007	0.900
P14	0.30	0.30	0.001	0.090	21.000	0.014	1.890
P15	0.30	0.30	0.001	0.090	25.250	0.017	2.273
P16	0.30	0.30	0.001	0.090	29.500	0.020	2.655
P17	0.30	0.30	0.001	0.090	33.750	0.023	3.038
P18	0.30	0.30	0.001	0.090	38.000	0.026	3.420
P19	0.30	0.30	0.001	0.090	42.250	0.029	3.803
P20	0.30	0.30	0.001	0.090	46.500	0.031	4.185
P25	0.30	0.30	0.001	0.090	46.500	0.031	4.185
P24	0.30	0.30	0.001	0.090	50.250	0.034	4.523
P23	0.30	0.30	0.001	0.090	54.000	0.036	4.860
P22	0.30	0.30	0.001	0.090	57.750	0.039	5.198
P21	0.30	0.30	0.001	0.090	61.500	0.042	5.535
PD 1	0.20	5.95	3.511	1.190	64.71	227.180	77.005
PD2	2.880	0.200	0.00192	0.576	62.88	0.121	36.219
PD 3	3.810	0.200	0.00254	0.762	13.750	0.035	10.478
PD 4	0.150	5.000	1.5625	0.75	14.600	22.813	10.950
PD5	0.150	1.900	0.0857375	0.285	11.84	1.015	3.374
PD6	1.050	0.200	0.001	0.210	15.13	0.011	3.177
$\Sigma =$			5.181	6.023		251.830	228.631

CORPO 1							
PILARES	DIMENSÕES		DIREÇÃO Y				
	Comp. X (m)	Compr. Y (m)	I _y (m ⁴)	A _y (m ²)	y _i (m)	I _y .y _i	A _y .y _i
P1	0.30	0.30	0.001	0.090	12.009	0.008	1.081
P2	0.30	0.30	0.001	0.090	11.230	0.008	1.011
P3	0.30	0.30	0.001	0.090	10.450	0.007	0.941
P4	0.30	0.30	0.001	0.090	9.665	0.007	0.870
P5	0.30	0.30	0.001	0.090	11.602	0.008	1.044
P6	0.30	0.30	0.001	0.090	11.602	0.008	1.044
P7	0.30	0.30	0.001	0.090	11.602	0.008	1.044
P8	0.30	0.30	0.001	0.090	11.602	0.008	1.044
P9	0.30	0.30	0.001	0.090	11.602	0.008	1.044
P10	0.30	0.30	0.001	0.090	11.602	0.008	1.044
P11	0.30	0.30	0.001	0.090	11.602	0.008	1.044
P12	0.30	0.30	0.001	0.090	11.602	0.008	1.044
P13	0.30	0.30	0.001	0.090	16.602	0.011	1.494
P14	0.30	0.30	0.001	0.090	16.602	0.011	1.494
P15	0.30	0.30	0.001	0.090	16.602	0.011	1.494
P16	0.30	0.30	0.001	0.090	16.602	0.011	1.494
P17	0.30	0.30	0.001	0.090	16.602	0.011	1.494
P18	0.30	0.30	0.001	0.090	16.602	0.011	1.494
P19	0.30	0.30	0.001	0.090	16.602	0.011	1.494
P20	0.30	0.30	0.001	0.090	16.602	0.011	1.494
P25	0.30	0.30	0.001	0.090	19.102	0.013	1.719
P24	0.30	0.30	0.001	0.090	19.102	0.013	1.719
P23	0.30	0.30	0.001	0.090	19.102	0.013	1.719
P22	0.30	0.30	0.001	0.090	19.102	0.013	1.719
P21	0.30	0.30	0.001	0.090	19.102	0.013	1.719
PD 1	0.20	5.95	0.004	1.190	16.280	0.065	19.373
PD2	2.880	0.200	0.398	0.576	13.020	5.184	7.500
PD 3	3.810	0.200	0.922	0.762	11.550	10.646	8.801
PD 4	0.150	5.000	0.001	0.750	14.050	0.020	10.538
PD5	0.150	1.900	0.001	0.285	12.500	0.007	3.563
PD6	1.050	0.200	0.019	0.210	16.550	0.319	3.476
			Σ=	1.362	6.023	16.487	86.054

A. 6 – Determinação da inércia e das áreas das secções do corpo 1

CORPO 2 (ESCOLA)								
PILARES	DIMENSÕES		DIREÇÃO X					
	Comp. X (m)	Compr. Y (m)	Ix (m ⁴)	Ax(m ²)	x _i (m)	Ix.x _i	Ax.x _i	
P39	0.30	0.40	0.002	0.120	10.000	0.016	1.200	
P42	0.60	0.30	0.001	0.180	7.500	0.010	1.350	
P40	0.30	0.40	0.002	0.120	10.000	0.016	1.200	
P41	0.60	0.30	0.001	0.180	7.500	0.010	1.350	
P43	0.30	1.00	0.025	0.300	0.000	0.000	0.000	
P44	0.30	0.30	0.001	0.090	0.000	0.000	0.000	
P45	0.30	0.40	0.002	0.120	0.000	0.000	0.000	
P47	0.30	0.40	0.002	0.120	0.000	0.000	0.000	
P48	0.30	0.40	0.002	0.120	0.000	0.000	0.000	
P51	0.30	1.00	0.025	0.300	10.000	0.250	3.000	
P49	0.30	0.40	0.002	0.120	7.500	0.012	0.900	
P50	0.30		0.000	0.071	9.670	0.004	0.684	
P38	0.30		0.000	0.071	9.670	0.004	0.684	
P37	0.30		0.000	0.071	9.670	0.004	0.684	
P46	0.30	0.40	0.002	0.120	7.500	0.012	0.900	
PD7	0.20	1.75	0.089	0.350	0.000	0.000	0.000	
PD8	0.20	1.430	0.049	0.286	10.000	0.487	2.860	
PD9	7.80	0.20	0.005	1.560	3.750	0.020	5.850	
			Σ=	0.209	4.298		0.845	20.661

CORPO 2 (ESCOLA)								
PILARES	DIMENSÕES		DIREÇÃO Y					
	Comp. X (m)	Compr. Y (m)	Iy (m ⁴)	Ay(m ²)	y _i (m)	Iy.y _i	Ay.y _i	
P39	0.30	0.40	0.001	0.12	11.600	0.010	1.392	
P42	0.60	0.30	0.005	0.18	9.100	0.049	1.638	
P40	0.30	0.40	0.001	0.12	2.077	0.002	0.249	
P41	0.60	0.30	0.005	0.18	1.600	0.009	0.288	
P43	0.30	1.00	0.002	0.3	9.100	0.020	2.730	
P44	0.30	0.30	0.001	0.09	12.865	0.009	1.158	
P45	0.30	0.40	0.001	0.12	16.600	0.015	1.992	
P47	0.30	0.40	0.001	0.12	19.100	0.017	2.292	
P48	0.30	0.40	0.001	0.12	24.100	0.022	2.892	
P51	0.30	1.00	0.002	0.3	27.850	0.063	8.355	
P49	0.30	0.40	0.001	0.12	24.100	0.022	2.892	
P50	0.30		0.000	0.071	24.100	0.000	1.704	
P38	0.30		0.000	0.071	16.600	0.007	1.173	
P37	0.30		0.000	0.071	19.100	0.008	1.350	
P46	0.30	0.40	0.001	0.120	16.600	0.015	1.992	
PD7	0.20	1.75	0.001	0.35	0.880	0.001	0.308	
PD8	0.20	1.43	0.001	0.286	9.660	0.009	2.763	
PD9	7.80	0.20	7.909	1.560	27.900	220.667	43.524	
			Σ=	7.934	4.298		220.943	78.692

A. 7 - Determinação da inércia e das áreas das secções do corpo 2

CORPO 2 (PAVILHÃO)							
PILARES	DIMENSÕES		DIREÇÃO X				
	Comp. X (m)	Compr. Y (m)	Ix (m ⁴)	Ax(m ²)	x _i (m)	Ix.x _i	Ax.x _i
P52	0.30	0.30	0.001	0.090	0.000	0.000	0.000
P54	0.30	0.30	0.001	0.090	0.000	0.000	0.000
P56	0.30	0.30	0.001	0.090	0.000	0.000	0.000
P59	0.30	0.30	0.001	0.090	13.500	0.009	1.215
P58	0.30	0.30	0.001	0.090	13.500	0.009	1.215
P57	0.30	0.30	0.001	0.090	10.000	0.007	0.900
P55	0.30	0.30	0.001	0.090	10.000	0.007	0.900
P53	0.30	0.30	0.001	0.090	10.000	0.007	0.900
P51	0.30	1.00	0.025	0.300	10.000	0.250	3.000
PD9	7.80	0.20	0.005	1.560	3.750	0.020	5.850
PD10	0.20	2.19	0.175	0.438	10.050	1.759	4.402
PD11	0.20	2.19	0.175	0.438	0.000	0.000	0.000
$\Sigma=$			0.386	3.456		2.067	18.382

CORPO 2 (PAVILHÃO)							
PILARES	DIMENSÕES		DIREÇÃO Y				
	Comp. X (m)	Compr. Y (m)	Iy (m ⁴)	Ay(m ²)	y _i (m)	Iy.y _i	Ay.y _i
P52	0.30	0.30	0.001	0.09	31.602	0.021	2.844
P54	0.30	0.30	0.001	0.09	35.352	0.024	3.182
P56	0.30	0.30	0.001	0.09	39.102	0.026	3.519
P59	0.30	0.30	0.001	0.09	44.712	0.030	4.024
P58	0.30	0.30	0.001	0.09	39.102	0.026	3.519
P57	0.30	0.30	0.001	0.09	39.102	0.026	3.519
P55	0.30	0.30	0.001	0.09	35.352	0.024	3.182
P53	0.30	0.30	0.001	0.09	31.602	0.021	2.844
P51	0.30	0.60	0.002	0.30	27.850	0.063	8.355
PD9	7.80	0.20	7.909	1.56	27.900	220.667	43.524
PD10	0.20	2.19	0.001	0.438	45.660	0.067	19.999
PD11	0.20	2.19	0.001	0.438	45.660	0.067	19.999
$\Sigma=$			7.920	3.456		221.062	118.511

A. 8 - Determinação da inércia e das áreas das secções do pavilhão

	CORPO 1	CORPO 2 (ESCOLA)	CORPO 2 (PAVILHÃO)
X _{CR}	48.606	4.041	5.360
Y _{CR}	12.105	27.846	27.913

A. 9 - Centros de rigidez da estrutura

ANEXO 3 – Participação Modal

CORPO 1				
Modo de Vibração	T Período (s)	U _x	U _y	U _z
1	0.210112	0.27452	0.62136	9.59E-05
2	0.141703	0.62188	0.236	4.42E-06
3	0.122588	2.78E-05	8.39E-05	0.00766
4	0.084929	0.00283	0.00656	0.00047
5	0.074941	0.04145	2.32E-05	0.00684
6	0.073892	0.0005	5.92E-06	0.11265
7	0.071642	0.00084	1.32E-05	0.03192
8	0.066837	0.00014	2.21E-05	0.00623
9	0.063402	3.21E-05	2.43E-05	0.09756
10	0.062671	0.04462	9.63E-06	0.00102
11	0.060958	8.13E-06	8.47E-08	1.01E-05
12	0.059239	0.00084	2.47E-06	0.00307
13	0.056185	9.87E-07	5.43E-06	0.04801
14	0.055083	0.00011	3.12E-05	0.03007
15	0.053726	6.56E-05	3.09E-06	0.01234
16	0.053083	1.09E-05	7.62E-05	0.00142
17	0.051467	3.56E-05	6.50E-05	0.05493
18	0.051327	5.68E-05	8.66E-06	0.01407
19	0.04902	9.53E-06	0.00058	0.02257
20	0.047389	1.30E-06	1.22E-05	0.0144

A. 10 – Participação modal - Corpo 1

CORPO 2				
Modo de Vibração	T Período (s)	U _x	U _y	U _z
1	0.397205	0.48121	0.0215	1.36E-05
2	0.296105	0.02503	0.95275	2.75E-05
3	0.238932	0.40341	0.00528	5.15E-05
4	0.12118	0.04921	0.00024	0.00014
5	0.120119	0.00043	1.52E-10	0.06542
6	0.113405	0.00013	8.38E-05	0.0414
7	0.104078	0.00021	0.00034	0.20355
8	0.093316	0.0154	0.00258	0.00029
9	0.085599	2.02E-05	0.00055	0.08953
10	0.085332	0.00017	8.16E-09	0.02422
11	0.07937	2.08E-05	1.79E-05	0.07145
12	0.075833	0.00021	0.00113	0.00364
13	0.074207	0.00016	0.00012	0.03384
14	0.071067	5.83E-05	0.00011	0.00234
15	0.067976	0.00012	1.86E-06	0.00027
16	0.065087	0.00014	3.27E-05	0.0205
17	0.05972	0.00017	0.00384	8.08E-05
18	0.058094	0.00081	0.00543	0.00381
19	0.055978	5.32E-05	0.0002	0.01444
20	0.054218	5.37E-05	0.00279	0.00754

A. 11 – Participação modal - Corpo 2

ANEXO 4 – Coeficiente de Comportamento - Espectro de Resposta de Cálculo

q= 2.5	
Aceleração (m/s ²)	Período (T) (s)
0	2.3479
0.02	2.7588
0.04	3.1697
0.05	3.3751
0.06	3.5806
0.07	3.7860
0.08	3.9915
0.09	4.1969
0.1	4.4023
0.15	4.4023
0.2	4.4023
0.25	4.4023
0.3	3.6686
0.4	2.7515
0.5	2.2012
0.6	1.8343
0.7	1.5723
0.8	1.3757
0.9	1.2229
1	1.1006
1.1	1.0005
1.2	0.9172
1.3	0.8466
1.4	0.7861
1.5	0.7337
1.6	0.6879
1.7	0.6474
1.8	0.6114
1.9	0.5793
2	0.5750
2.5	0.5750
3	0.5750
3.5	0.5750

A. 12 – Espectro de Resposta de Cálculo

ANEXO 5 – Dimensionamento – Regras Gerais

Elementos Estruturais	Classe de Exposição	Diâmetros de varões (mm)	$C_{min,b}$ (mm)	$C_{min,dur}$ (mm)	C_{min} (mm)	ΔC_{dev} (mm)	C_{nom}^8 (mm)
Pilares, Vigas, Lajes, Paredes	XS1	8	8	35	35	10	45
		10	10	35	35	10	45
		12	12	35	35	10	45
		14	14	35	35	10	45
		16	16	35	35	10	45
		20	20	35	35	10	45
		25	25	35	35	10	45
Sapatas, Vigas de Fundação	XS1	8	8	35	35	10	45
		10	10	35	35	10	45
		12	12	35	35	10	45
		14	14	35	35	10	45
		16	16	35	35	10	45
		20	20	35	35	10	45
		25	25	35	35	10	45

A. 13 – Recobrimento adotado

Diâmetro dos Varões (mm)	k_1 (mm)	k_2 (mm)	d_g (mm)	d (mm)
8	1	5	25	30
10	1	5	25	30
12	1	5	25	30
14	1	5	25	30
16	1	5	25	30
20	1	5	25	30
25	1	5	25	30

A. 14 – Distâncias mínimas entre varões

Diâmetro dos Varões (mm)	$\emptyset_{m,min}$ (mm)
8	32
10	40
12	48
14	56
16	64
20	140
25	175

A. 15 – Diâmetros mínimos de dobragem

⁸ - O recobrimento nominal é definido como o recobrimento mínimo, C_{min} , mais uma margem para tolerâncias de execução, ΔC_{dev} , EC2 artigo 4.4.1(2)P.

Diâmetro dos Varões (mm)	$\sigma_{sd} = f_{yd}$ (Mpa)	f_{bd} (Mpa)				$l_{b,rqd}$ (m)
		η_1	η_2	f_{ctd} (MPa)	f_{bd} (MPa)	
8	348	0.700	1.000	1.333	2.100	0.331
10	348	0.700	1.000	1.333	2.100	0.414
12	348	0.700	1.000	1.333	2.100	0.497
14	348	0.700	1.000	1.333	2.100	0.580
16	348	0.700	1.000	1.333	2.100	0.663
20	348	0.700	1.000	1.333	2.100	0.829
25	348	0.700	1.000	1.333	2.100	1.036

A. 16 – Comprimento de amarração de referência, $l_{b,rqd}$

Diâmetro dos Varões (mm)	$l_{b,rqd}$ (m)	$l_{b,min}$ (m)			$l_{b,min}$ (m)
		$0,3/l_{b,rqd}$ (mm)	$10\varnothing$ (mm)	100 (mm)	
8	0.331	0.905	80.000	100.000	0.100
10	0.414	0.724	100.000	100.000	0.100
12	0.497	0.603	120.000	100.000	0.120
14	0.580	0.517	140.000	100.000	0.140
16	0.663	0.453	160.000	100.000	0.160
20	0.829	0.362	200.000	100.000	0.200
25	1.036	0.290	250.000	100.000	0.250

A. 17 – Comprimento de amarração mínimo, $l_{b,min}$

Diâmetro dos Varões (mm)	$l_{b,rqd}$ (m)	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	$l_{b,min}$ (m)	l_{bd} (m) ⁹
8	0.331	1.000	1.000	1.000	0.700	1.000	0.100	0.331
10	0.414	1.000	1.000	1.000	0.700	1.000	0.100	0.414
12	0.497	1.000	1.000	1.000	0.700	1.000	0.120	0.497
14	0.580	1.000	1.000	1.000	0.700	1.000	0.140	0.580
16	0.663	1.000	1.000	1.000	0.700	1.000	0.160	0.663
20	0.829	1.000	1.000	1.000	0.700	1.000	0.200	0.829
25	1.036	1.000	1.000	1.000	0.700	1.000	0.250	1.036

A. 18 - Comprimento de amarração de cálculo, l_{bd}

⁹ Para a determinação do comprimento de amarração de cálculo adotaram-se os valores mais conservativos dos parâmetros α_i .

Diâmetro dos Varões (mm)	$l_{b,rqd}$ (mm)	α_6	$0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd}$	15Ø (mm)	200 mm	$l_{0,min}$ (m)
8	331.429	1.500	149.143	120.000	200.000	0.200
10	414.286	1.500	186.429	150.000	200.000	0.200
12	497.143	1.500	223.714	180.000	200.000	0.224
14	580.000	1.500	261.000	210.000	200.000	0.261
16	662.857	1.500	298.286	240.000	200.000	0.298
20	828.571	1.500	372.857	300.000	200.000	0.373
25	1035.714	1.500	466.071	375.000	200.000	0.466

A. 19 – Comprimento de sobreposição mínimo, $l_{0,min}$

Diâmetro dos Varões (mm)	$l_{b,rqd}$ (m)	α_1	α_2	α_3	α_5	α_6	$l_{0,min}$ (m)	l_0 (m)
8	0.331	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	0.200	0.497
10	0.414	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	0.200	0.621
12	0.497	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	0.224	0.746
14	0.580	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	0.261	0.870
16	0.663	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	0.298	0.994
20	0.829	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	0.373	1.243
25	1.036	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	0.466	1.554

A. 20 – Comprimento de sobreposição, l_0

ANEXO 6 – Espaçamentos Máximos e Comprimentos Críticos para a Armadura Transversal das Vigas

	VIGA	h_w (mm)	d_{bw} (mm)	d_{bl} (mm)	s (mm)	s (m)	Zona Crítica $l_{cr} = h_w$
CORPO 1	V 1.0	500	8	20	125	0.125	500
	V 2.0	500	8	20	125	0.125	500
	V 3.0	1000	8	20	160	0.160	1000
	V 4.0	500	8	20	125	0.125	500
	V5.0	500	8	20	125	0.125	500
	V6.0	500	8	20	125	0.125	500
	V7.0	500	8	20	125	0.125	500
	V8.0	500	8	20	125	0.125	500
	V9.0	500	8	20	125	0.125	500
	V 10.0	500	8	20	125	0.125	500
	V 11.0	500	8	20	125	0.125	500
	V 12.0	500	8	20	125	0.125	500
	V 13.0	500	8	20	125	0.125	500
	V 14.0	500	8	20	125	0.125	500
CORPO 2	V 15.0	750	8	20	160	0.160	750
	V 16.0	750	8	20	160	0.160	750
	V 17.0	750	8	20	160	0.160	750
	V 18.0	750	8	20	160	0.160	750
	V 19.0	750	8	20	160	0.160	750
	V 20.0	1000	8	20	160	0.160	1000
	V 21.0	1000	8	20	160	0.160	1000
	V 22.0	1000	8	20	160	0.160	1000
	V 23.0	1000	8	20	160	0.160	1000
	V 24.0	1000	8	20	160	0.160	1000
	V 25.0	500	8	20	125	0.125	500
	V 26.0	500	8	20	125	0.125	500
	V 27.0	500	8	20	125	0.125	500
	V 28.0	500	8	20	125	0.125	500
V 28A.0	750	8	20	160	0.160	750	

	VIGA	h_w (mm)	d_{bw} (mm)	d_{bl} (mm)	s (mm)	s (m)	Zona Crítica $l_{cr} = h_w$
	V 29.0	500	8	20	125	0.125	500
	V 30.0	500	8	20	125	0.125	500
	V 31.0	1000	8	20	160	0.160	1000
	V 32.0	1000	8	20	160	0.160	1000
	V 33.0	1000	8	20	160	0.160	1000
	V 34.0	500	8	20	125	0.125	500

A. 21 – Espaçamento máximo da armadura transversal e comprimentos críticos das vigas – Piso 0

	VIGA	h_w (mm)	d_{bw} (mm)	d_{bl} (mm)	s (mm)	s (m)	Zona Crítica $l_{cr} = h_w$
CORPO 1	V 1.1	500	8	20	125	0.125	500
	V 2.1	1000	8	20	160	0.160	1000
	V 3.1	1000	8	20	160	0.160	1000
	V 4.1	500	8	20	125	0.125	500
	V5.1	500	8	20	125	0.125	500
	V6.1	500	8	20	125	0.125	500
	V7.1	500	8	20	125	0.125	500
	V8.1	500	8	20	125	0.125	500
	V9.1	500	8	20	125	0.125	500
	V 11.1	500	8	20	125	0.125	500
	V 11.1	500	8	20	125	0.125	500
	V 12.1	500	8	20	125	0.125	500
	V 13.1	500	8	20	125	0.125	500
	V 14.1	500	8	20	125	0.125	500
CORPO 2	V 15.1	750	8	20	160	0.160	750
	V 16.1	750	8	20	160	0.160	750
	V 17.1	750	8	20	160	0.160	750
	V 18.1	750	8	20	160	0.160	750
	V 30.1	500	8	20	125	0.125	500
	V 31.1	1000	8	20	160	0.160	1000
	V 32.1	1000	8	20	160	0.160	1000
	V 33.1	1000	8	20	160	0.160	1000
	V 34.1	500	8	20	125	0.125	500

A. 22 - Espaçamento máximo da armadura transversal e comprimentos críticos das vigas – Piso 1

ANEXO 7 – Armadura Longitudinal das Vigas

VIGA	Zona	As (SAP) (cm ²)			As (Adotado)			As (Adotado) (cm ²)		
		Inicio	Meio	Fim	Inicio	Meio	Fim	Inicio	Meio	Fim
V1.0	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
V2.0	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
V3.0	sup.	10.536	10.536	10.536	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57
	inf.	10.536	10.536	10.536	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57
V4.0	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
V5.0	sup.	5.542	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
V6.0	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
V7.0	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
V8.0	sup.	5.105	5.105	7.019	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
V9.0	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
V10.0	sup.	5.552	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
V11.0	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
V12.0	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
V13.0	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
V14.0	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
V15.0	sup.	9.769	7.820	10.216	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57
	inf.	7.820	7.820	7.820	4Ø16	4Ø16	4Ø16	8.04	8.04	8.04
V16.0	sup.	18.675	8.222	13.920	4Ø20+3Ø16	4Ø20	4Ø20+1Ø16	18.6	12.57	14.58
	inf.	8.958	12.096	7.820	4Ø16+1Ø20	4Ø16+3Ø20	4Ø16	11.28	17.46	8.04
V17.0	sup.	8.622	7.820	7.820	5Ø16	4Ø16	4Ø16	10.05	8.04	8.04
	inf.	7.820	13.992	7.820	4Ø16	4Ø16+3Ø20	4Ø16	8.04	17.46	8.04
V18.0	sup.	7.820	7.820	7.820	4Ø16	4Ø16	4Ø16	8.04	8.04	8.04
	inf.	7.820	10.342	7.820	4Ø16	6Ø16	4Ø16	8.04	12.06	8.04
V19.0	sup.	7.820	7.820	7.820	4Ø16	4Ø16	4Ø16	8.04	8.04	8.04
	inf.	7.820	7.820	7.820	4Ø16	4Ø16	4Ø16	8.04	8.04	8.04
V20.0	sup.	10.536	10.536	10.536	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57
	inf.	10.536	10.536	10.536	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57
V21.0	sup.	10.536	10.536	10.536	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57

VIGA	Zona	As (SAP) (cm ²)			As (Adotado)			As (Adotado) (cm ²)		
		Inicio	Meio	Fim	Inicio	Meio	Fim	Inicio	Meio	Fim
V22.0	inf.	10.607	15.168	10.708	4Ø20	4Ø20+2Ø16	4Ø20	12.57	16.59	12.57
	sup.	10.536	10.536	10.536	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57
V23.0	inf.	10.536	15.492	11.536	4Ø20	4Ø20+2Ø16	4Ø20	12.57	16.59	12.57
	sup.	10.536	10.536	10.536	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57
V24.0	inf.	10.536	11.290	10.536	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57
	sup.	10.536	10.536	10.536	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57
V25.0	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	sup.	5.105	5.105	6.676	3Ø16	3Ø16	4Ø16	6.03	6.03	8.04
V26.0	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	sup.	5.105	5.426	9.917	3Ø16	3Ø16	5Ø16	6.03	6.03	10.05
V27.0	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
V28.0	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	sup.	5.105	5.105	9.924	3Ø16	3Ø16	5Ø16	6.03	6.03	10.05
V28.0A	inf.	7.820	7.820	7.820	4Ø16	4Ø16	4Ø16	8.04	8.04	8.04
	sup.	7.820	7.820	7.820	4Ø16	4Ø16	4Ø16	8.04	8.04	8.04
V29.0	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	sup.	5.105	5.105	6.470	3Ø16	3Ø16	4Ø16	6.03	6.03	8.04
V30.0	inf.	5.712	5.418	5.420	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	sup.	12.647	11.255	11.260	4Ø20+1Ø16	4Ø20	4Ø20	14.58	12.57	12.57
V31.0	inf.	13.517	10.536	10.536	4Ø20+2Ø16	4Ø20	4Ø20	16.59	12.57	12.57
	sup.	15.937	10.536	10.536	4Ø20+2Ø16	4Ø20	4Ø20	16.59	12.57	12.57
V32.0	inf.	10.536	10.536	10.536	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57
	sup.	10.536	10.536	10.729	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57
V33.0	inf.	10.536	10.536	10.536	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57
	sup.	15.915	10.536	10.536	4Ø20+2Ø16	4Ø20	4Ø20	16.59	12.57	12.57
V34.0	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	sup.	5.522	5.105	5.383	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03

A. 23 – Armadura Longitudinal das vigas do Piso 0

VIGA	Zona	As (SAP) (cm ²)			As (Adotado)			As (Adotado) (cm ²)		
		Inicio	Meio	Fim	Inicio	Meio	Fim	Inicio	Meio	Fim
V1.1	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
V2.1	inf.	10.536	10.536	10.536	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57
	sup.	10.536	10.536	10.536	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57
V3.1	inf.	10.536	10.536	10.536	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57
	sup.	10.536	10.536	10.536	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57
V4.1	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
V5.1	sup.	11.702	5.611	8.907	4Ø20	3Ø20	3Ø20	12.57	9.42	9.42

VIGA	Zona	As (SAP) (cm2)			As (Adotado)			As (Adotado) (cm2)			
		Inicio	Meio	Fim	Inicio	Meio	Fim	Inicio	Meio	Fim	
CORPO 2	V6.1	inf.	5.624	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
		sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	V7.1	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
		sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	V8.1	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
		sup.	5.105	5.105	7.227	3Ø16	3Ø16	4Ø16	6.03	6.03	8.04
	V9.1	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
		sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	V10.1	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
		sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	V11.1	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
		sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	V12.1	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
		sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
V13.1	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03	
	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03	
V14.1	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03	
	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03	
CORPO 2	V15.1	inf.	7.82	7.82	7.82	4Ø16	4Ø16	4Ø16	8.04	8.04	8.04
		sup.	7.82	7.82	7.82	4Ø16	4Ø16	4Ø16	8.04	8.04	8.04
	V16.1	inf.	7.82	7.82	7.82	4Ø16	4Ø16	4Ø16	8.04	8.04	8.04
		sup.	7.82	7.82	7.82	4Ø16	4Ø16	4Ø16	8.04	8.04	8.04
	V17.1	inf.	7.82	9.965	7.82	4Ø16	5Ø16	4Ø16	8.04	8.04	8.04
		sup.	7.82	7.82	7.82	4Ø16	4Ø16	4Ø16	8.04	8.04	8.04
	V18.1	inf.	7.82	7.82	7.82	4Ø16	4Ø16	4Ø16	8.04	8.04	8.04
		sup.	7.82	7.82	7.82	4Ø16	4Ø16	4Ø16	8.04	8.04	8.04
	V30.1	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
		sup.	8.373	5.105	8.222	5Ø16	3Ø16	5Ø16	10.05	6.03	10.05
	V31.1	inf.	10.536	10.536	10.536	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57
		sup.	10.536	10.536	10.536	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57
	V32.1	inf.	10.536	10.536	10.536	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57
		sup.	10.536	10.536	10.536	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57
V33.1	inf.	10.536	10.536	10.536	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57	
	sup.	10.536	10.536	10.536	4Ø20	4Ø20	4Ø20	12.57	12.57	12.57	
V34.1	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03	
	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03	

A. 24 – Armadura longitudinal das vigas do Piso 1

ANEXO 8 – Armadura Transversal das Vigas

VIGA	A _s (SAP) (cm ² /m)			A _s (Adotado)				A _s (Adotado) (cm ² /m)				
	Início	Meio	Fim	Início	Meio	Fim	Zona crítica	Início	Meio	Fim	Zona crítica	
CORPO 1	V1.0	5.60	4.70	5.60	Ø8//15,2r	Ø8//20,2r	Ø8//15,2r	Ø8//12.5,2r	6.70	5.02	6.70	8.04
	V2.0	6.00	7.80	8.40	Ø8//15,2r	Ø8//12.5,2r	Ø8//10,2r	Ø8//10,2r	6.70	8.04	10.06	10.06
	V3.0	8.00	6.80	6.90	Ø8//12.5,2r	Ø8//12.5,2r	Ø8//12.5,2r	Ø8//12.5,2r	8.04	8.04	8.04	8.04
	V4.0	5.70	4.30	5.80	Ø8//15,2r	Ø8//20,2r	Ø8//15,2r	Ø8//12.5,2r	6.70	5.02	6.70	8.04
	V5.0	5.20	4.30	5.70	Ø8//15,2r	Ø8//20,2r	Ø8//15,2r	Ø8//12.5,2r	6.70	5.02	6.70	8.04
	V6.0	7.50	7.40	7.40	Ø8//12.5,2r	Ø8//12.5,2r	Ø8//12.5,2r	Ø8//12.5,2r	8.04	8.04	8.04	8.04
	V7.0	3.30	3.30	3.30	Ø8//25,2r	Ø8//25,2r	Ø8//25,2r	Ø8//12.5,2r	4.02	4.02	4.02	8.04
	V8.0	6.50	4.30	6.30	Ø8//15,2r	Ø8//20,2r	Ø8//15,2r	Ø8//12.5,2r	6.70	5.02	6.70	8.04
	V9.0	6.60	4.60	6.70	Ø8//15,2r	Ø8//20,2r	Ø8//15,2r	Ø8//12.5,2r	6.70	5.02	6.70	8.04
	V10.0	6.30	4.40	5.70	Ø8//15,2r	Ø8//20,2r	Ø8//15,2r	Ø8//12.5,2r	6.70	5.02	6.70	8.04
	V11.0	4.60	3.30	5.30	Ø8//20,2r	Ø8//25,2r	Ø8//15,2r	Ø8//12.5,2r	5.02	4.02	6.70	8.04
	V12.0	5.60	3.30	5.00	Ø8//15,2r	Ø8//25,2r	Ø8//20,2r	Ø8//12.5,2r	6.70	4.02	5.02	8.04
	V13.0	5.90	4.30	5.50	Ø8//15,2r	Ø8//20,2r	Ø8//15,2r	Ø8//12.5,2r	6.70	5.02	6.70	8.04
	V14.0	6.20	3.30	6.10	Ø8//15,2r	Ø8//25,2r	Ø8//15,2r	Ø8//12.5,2r	6.70	4.02	6.70	8.04
CORPO 2	V15.0	9.60	11.40	12.00	Ø8//10,2r	Ø8//7.5,2r	Ø8//7.5,2r	Ø8//7.5,2r	10.06	13.40	13.40	13.40
	V16.0	13.10	16.10	16.20	Ø8//7.5,2r	Ø8//10,4r	Ø8//10,4r	Ø8//10,4r	13.40	20.12	20.12	20.12
	V17.0	11.50	5.90	7.00	Ø8//7.5,2r	Ø8//15,2r	Ø8//12.5,2r	Ø8//7.5,2r	13.40	6.70	8.04	13.40
	V18.0	9.10	5.00	6.70	Ø8//10,2r	Ø8//20,2r	Ø8//15,2r	Ø8//10,2r	10.06	5.02	6.70	10.06
	V19.0	7.30	7.60	7.80	Ø8//12.5,2r	Ø8//12.5,2r	Ø8//12.5,2r	Ø8//12.5,2r	8.04	8.04	8.04	8.04
	V20.0	5.10	3.30	5.40	Ø8//15,2r	Ø8//25,2r	Ø8//15,2r	Ø8//15,2r	6.70	4.02	6.70	6.70
	V21.0	5.90	4.00	6.00	Ø8//15,2r	Ø8//20,2r	Ø8//15,2r	Ø8//15,2r	6.70	5.02	6.70	6.70
	V22.0	7.20	4.60	6.40	Ø8//12.5,2r	Ø8//20,2r	Ø8//15,2r	Ø8//12.5,2r	8.04	5.02	6.70	8.04
	V23.0	6.50	4.20	6.10	Ø8//15,2r	Ø8//20,2r	Ø8//15,2r	Ø8//15,2r	6.70	5.02	6.70	6.70
	V24.0	4.50	3.30	4.10	Ø8//20,2r	Ø8//25,2r	Ø8//20,2r	Ø8//15,2r	5.02	4.02	5.02	6.70

VIGA	A _s (SAP) (cm ² /m)			A _s (Adotado)				A _s (Adotado) (cm ² /m)			
	Início	Meio	Fim	Início	Meio	Fim	Zona crítica	Início	Meio	Fim	Zona crítica
V25.0	4.40	5.70	6.60	Ø8//20,2r	Ø8//15,2r	Ø8//15,2r	Ø8//12.5,2r	5.02	6.70	6.70	8.04
V26.0	5.50	6.80	7.70	Ø8//15,2r	Ø8//12.5,2r	Ø8//12.5,2r	Ø8//12.5,2r	6.70	8.04	8.04	8.04
V27.0	3.30	3.30	3.30	Ø8//25,2r	Ø8//25,2r	Ø8//25,2r	Ø8//12.5,2r	4.02	4.02	4.02	8.04
V28.0	6.20	4.30	6.40	Ø8//15,2r	Ø8//20,2r	Ø8//15,2r	Ø8//12.5,2r	6.70	5.02	6.70	8.04
V28.0 A	6.90	6.20	6.80	Ø8//12.5,2r	Ø8//15,2r	Ø8//12.5,2r	Ø8//12.5,2r	8.04	6.70	8.04	8.04
V29.0	4.60	3.30	4.80	Ø8//20,2r	Ø8//25,2r	Ø8//20,2r	Ø8//12.5,2r	5.02	4.02	5.02	8.04
V30.0	10.10	5.70	10.00	Ø8//7.5,2r	Ø8//15,2r	Ø8//10,2r	Ø8//10,2r	13.40	6.70	10.06	10.06
V31.0	15.90	15.50	14.90	Ø8//12.5,4r	Ø8//12.5,4r	Ø8//12.5,4r	Ø8//12.5,4r	16.08	16.08	16.08	16.08
V32.0	6.20	5.20	6.20	Ø8//15,2r	Ø8//15,2r	Ø8//15,2r	Ø8//15,2r	6.70	6.70	6.70	6.70
V33.0	8.20	6.40	8.20	Ø8//10,2r	Ø8//15,2r	Ø8//10,2r	Ø8//10,2r	10.06	6.70	10.06	10.06
V34.0	6.30	6.80	8.30	Ø8//15,2r	Ø8//15,2r	Ø8//10,2r	Ø8//10,2r	6.70	6.70	10.06	10.06

A. 25 – Armadura transversal das vigas do Piso 0

VIGA	A _s (SAP) (cm ² /m)			A _s (Adotado)				A _s (Adotado) (cm ² /m)			
	Início	Meio	Fim	Início	Meio	Fim	Zona crítica	Início	Meio	Fim	Zona crítica
V1.1	5.10	3.30	4.80	Ø8//15,2r	Ø8//25,2r	Ø8//20,2r	Ø8//12.5,2r	6.70	4.02	5.02	8.04
V2.1	11.80	11.80	11.80	Ø8//7.5,2r	Ø8//7.5,2r	Ø8//7.5,2r	Ø8//7.5,2r	13.40	13.40	13.40	13.40
V3.1	6.00	6.30	6.90	Ø8//15,2r	Ø8//15,2r	Ø8//12.5,2r	Ø8//12.5,2r	6.70	6.70	8.04	8.04
V4.1	4.60	3.30	4.40	Ø8//20,2r	Ø8//25,2r	Ø8//20,2r	Ø8//12.5,2r	5.02	4.02	5.02	8.04
V5.1	6.40	5.40	3.30	Ø8//15,2r	Ø8//15,2r	Ø8//25,2r	Ø8//12.5,2r	6.70	6.70	4.02	8.04
V6.1	7.90	7.90	7.90	Ø8//12.5,2r	Ø8//12.5,2r	Ø8//12.5,2r	Ø8//12.5,2r	8.04	8.04	8.04	8.04
V7.1	3.30	3.30	3.30	Ø8//25,2r	Ø8//25,2r	Ø8//25,2r	Ø8//12.5,2r	4.02	4.02	4.02	8.04
V8.1	5.00	4.30	6.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//15,2r	Ø8//12.5,2r	5.02	5.02	6.70	8.04
V9.1	5.00	3.30	5.00	Ø8//20,2r	Ø8//25,2r	Ø8//20,2r	Ø8//12.5,2r	5.02	4.02	5.02	8.04

	VIGA	As (SAP) (cm ² /m)			As (Adotado)				As (Adotado) (cm ² /m)			
		Inicio	Meio	Fim	Inicio	Meio	Fim	Zona crítica	Inicio	Meio	Fim	Zona crítica
	V10.1	3.30	3.30	5.00	Ø8//25,2r	Ø8//25,2r	Ø8//20,2r	Ø8//12.5,2r	4.02	4.02	5.02	8.04
	V11.1	3.30	3.30	4.70	Ø8//25,2r	Ø8//25,2r	Ø8//20,2r	Ø8//12.5,2r	4.02	4.02	5.02	8.04
	V12.1	4.50	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//25,2r	Ø8//25,2r	Ø8//12.5,2r	5.02	4.02	4.02	8.04
	V13.1	5.00	3.30	5.20	Ø8//20,2r	Ø8//25,2r	Ø8//15,2r	Ø8//12.5,2r	5.02	4.02	6.70	8.04
	V14.1	5.00	3.30	5.00	Ø8//20,2r	Ø8//25,2r	Ø8//20,2r	Ø8//12.5,2r	5.02	4.02	5.02	8.04
CORPO 2	V15.1	7.90	9.10	9.40	Ø8//10,2r	Ø8//10,2r	Ø8//10,2r	Ø8//10,2r	10.06	10.06	10.06	10.06
	V16.1	6.50	5.10	4.10	Ø8//15,2r	Ø8//15,2r	Ø8//20,2r	Ø8//15,2r	6.70	6.70	5.02	6.70
	V17.1	7.80	4.80	5.60	Ø8//12.5,2r	Ø8//20,2r	Ø8//15,2r	Ø8//12.5,2r	8.04	5.02	6.70	8.04
	V18.1	6.40	4.20	5.40	Ø8//15,2r	Ø8//20,2r	Ø8//15,2r	Ø8//12.5,2r	6.70	5.02	6.70	8.04
	V30.1	6.90	4.50	7.10	Ø8//12.5,2r	Ø8//20,2r	Ø8//12.5,2r	Ø8//12.5,2r	8.04	5.02	8.04	8.04
	V31.1	11.90	12.90	13.20	Ø8//7.5,2r	Ø8//7.5,2r	Ø8//7.5,2r	Ø8//7.5,2r	13.40	13.40	13.40	13.40
	V32.1	5.10	4.70	5.80	Ø8//15,2r	Ø8//20,2r	Ø8//15,2r	Ø8//15,2r	6.70	5.02	6.70	6.70
	V33.1	7.10	8.20	8.10	Ø8//10,2r	Ø8//10,2r	Ø8//10,2r	Ø8//10,2r	10.06	10.06	10.06	10.06
V34.1	6.50	5.10	4.10	Ø8//15,2r	Ø8//15,2r	Ø8//20,2r	Ø8//12.5,2r	6.70	6.70	5.02	8.04	

A. 26 - Armadura transversal das vigas do Piso 1

ANEXO 9 – Espaçamentos Máximos na Zona Crítica e Comprimentos Críticos para Armadura Transversal dos Pilares

CORPO 1					CORPO 2				
PILARES	b ₀ (mm)	d _{bl} (mm)	s (mm)	s (m)	PILARES	b ₀ (mm)	d _{bl} (mm)	s (mm)	s (m)
P1	202.0	16	101	0.10	P37	202.0	16	101	0.10
P2	202.0	16	101	0.10	P38	202.0	16	101	0.10
P3	202.0	16	101	0.10	P39	202.0	16	101	0.10
P4	202.0	16	101	0.10	P40	202.0	16	101	0.10
P5	202.0	16	101	0.10	P41	202.0	16	101	0.10
P6	202.0	16	101	0.10	P42	202.0	16	101	0.10
P7	202.0	16	101	0.10	P43	202.0	16	101	0.10
P8	202.0	16	101	0.10	P44	202.0	16	101	0.10
P9	202.0	16	101	0.10	P45	202.0	16	101	0.10
P10	202.0	16	101	0.10	P46	202.0	16	101	0.10
P11	202.0	16	101	0.10	P47	202.0	16	101	0.10
P12	202.0	16	101	0.10	P48	202.0	16	101	0.10
P13	202.0	16	101	0.10	P49	202.0	16	101	0.10
P14	202.0	16	101	0.10	P50	202.0	16	101	0.10
P15	202.0	16	101	0.10	P51	202.0	20	101	0.10
P16	202.0	16	101	0.10	CORPO 2 - Pavilhão				
P17	202.0	16	101	0.10	P51	202.0	16	101	0.10
P18	202.0	16	101	0.10	P52	202.0	16	101	0.10
P19	202.0	16	101	0.10	P53	202.0	16	101	0.10
P20	202.0	16	101	0.10	P54	202.0	16	101	0.10
P21	202.0	16	101	0.10	P55	202.0	16	101	0.10
P22	202.0	16	101	0.10	P56	202.0	16	101	0.10
P23	202.0	16	101	0.10	P57	202.0	20	101	0.10
P24	202.0	16	101	0.10	P58	202.0	16	101	0.10
P25	202.0	16	101	0.10	P59	202.0	16	101	0.10
P26	202.0	16	101	0.10					
P27	202.0	16	101	0.10					
P28	202.0	16	101	0.10					
P29	202.0	16	101	0.10					
P30	202.0	16	101	0.10					
P31	202.0	16	101	0.10					
P32	202.0	16	101	0.10					
P33	202.0	16	101	0.10					
P34	202.0	16	101	0.10					
P35	202.0	16	101	0.10					
P36	202.0	16	101	0.10					

A. 27 – Espaçamento máximo da armadura transversal nas zonas críticas dos pilares

PISO 0									
CORPO 1					CORPO 2 Escola				
PILARES	h_c (m)	l_{cl} (m)	l_{cl}/h_c	l_{cr}	PILARES	h_c (m)	l_{cl} (m)	l_{cl}/h_c	l_{cr}
P1	0.30	4.25	14.17	0.708	P37	0.30	4.25	14.17	0.708
P2	0.30	4.25	14.17	0.708	P38	0.30	4.25	14.17	0.708
P3	0.30	4.25	14.17	0.708	P39	0.40	4.25	10.63	0.708
P4	0.30	4.25	14.17	0.708	P40	0.40	4.25	10.63	0.708
P5	0.30	4.25	14.17	0.708	P41	0.30	4.25	14.17	0.708
P6	0.30	4.25	14.17	0.708	P42	0.30	4.25	14.17	0.708
P7	0.30	4.25	14.17	0.708	P43	0.40	4.25	10.63	0.708
P8	0.30	4.25	14.17	0.708	P44	0.30	4.25	14.17	0.708
P9	0.30	4.25	14.17	0.708	P45	0.40	4.25	10.63	0.708
P10	0.30	4.25	14.17	0.708	P46	0.40	4.25	10.63	0.708
P11	0.30	4.25	14.17	0.708	P47	0.40	4.25	10.63	0.708
P12	0.30	4.25	14.17	0.708	P48	0.40	4.25	10.63	0.708
P13	0.30	4.25	14.17	0.708	P49	0.40	4.25	10.63	0.708
P14	0.30	4.25	14.17	0.708	P50	0.40	4.25	10.63	0.708
P15	0.30	4.25	14.17	0.708	P51	0.40	4.25	10.63	0.708
P16	0.30	4.25	14.17	0.708	CORPO 2 - Pavilhão				
P17	0.30	4.25	14.17	0.708	P51	0.40	5.74	14.35	0.957
P18	0.30	4.25	14.17	0.708	P52	0.30	5.74	19.13	0.957
P19	0.30	4.25	14.17	0.708	P53	0.30	5.74	19.13	0.957
P20	0.30	4.25	14.17	0.708	P54	0.30	5.74	19.13	0.957
P25	0.30	4.25	14.17	0.708	P55	0.30	5.74	19.13	0.957
P24	0.30	4.25	14.17	0.708	P56	0.30	5.74	19.13	0.957
P23	0.30	4.25	14.17	0.708	P57	0.30	5.74	19.13	0.957
P22	0.30	4.25	14.17	0.708	P58	0.30	5.74	19.13	0.957
P21	0.30	4.25	14.17	0.708	P59	0.30	5.74	19.13	0.957

A. 28 – Comprimento crítico dos pilares do Piso 0

PISO 1									
CORPO 1					CORPO 2 Escola				
PILARES	h_c (m)	l_{cl} (m)	l_{cl}/h_c	l_{cr}	PILARES	h_c (m)	l_{cl} (m)	l_{cl}/h_c	l_{cr}
P1	0.30	3.35	11.17	0.558	P37	0.30	2.85	9.50	0.475
P2	0.30	3.35	11.17	0.558	P38	0.30	2.85	9.50	0.475
P3	0.30	3.35	11.17	0.558	P39	0.40	2.85	7.13	0.475
P4	0.30	3.35	11.17	0.558	P40	0.40	3.35	8.38	0.558
P5	0.30	3.35	11.17	0.558	P41	0.30	3.35	11.17	0.558
P6	0.30	2.85	9.50	0.475	P42	0.30	2.85	9.50	0.475
P7	0.30	2.85	9.50	0.475	P43	0.40	2.85	7.13	0.475
P8	0.30	2.85	9.50	0.475	P44	0.30	2.85	9.50	0.475
P9	0.30	2.85	9.50	0.475	P45	0.40	2.85	7.13	0.475
P10	0.30	2.85	9.50	0.475	P46	0.40	2.85	7.13	0.475
P11	0.30	2.85	9.50	0.475	P47	0.40	2.85	7.13	0.475
P12	0.30	2.85	9.50	0.475	P48	0.40	2.85	7.13	0.475
P13	0.30	2.85	9.50	0.475	P49	0.40	2.85	7.13	0.475
P14	0.30	2.85	9.50	0.475	P50	0.40	2.85	7.13	0.475
P15	0.30	2.85	9.50	0.475	P51	0.60	2.85	7.13	0.475
P16	0.30	2.85	9.50	0.475					
P17	0.30	2.85	9.50	0.475					
P18	0.30	2.85	9.50	0.475					
P19	0.30	2.85	9.50	0.475					
P20	0.30	2.85	9.50	0.475					
P25	0.30	2.85	9.50	0.475					
P24	0.30	2.85	9.50	0.475					
P23	0.30	2.85	9.50	0.475					
P22	0.30	2.85	9.50	0.475					
P21	0.30	2.85	9.50	0.475					

A. 29 - Comprimento crítico dos pilares do Piso 1

ANEXO 10 – Armadura Longitudinal dos Pilares

PISO 0							
CORPO 1				CORPO 2			
PILARES	A _s (SAP) [cm ²]	A _s (Adotado)	A _s (Adotado) [cm ²]	PILARES	A _s (SAP) [cm ²]	A _s (Adotado)	A _s (Adotado) [cm ²]
P1	9.00	8Ø16	16.08	P37	12.26	8Ø16	16.080
P2	11.63	4Ø16+4Ø20	20.610	P38	12.00	8Ø16	16.080
P3	9.00	8Ø16	16.080	P39	34.17	4Ø16+10Ø20	39.460
P4	9.00	8Ø16	16.080	P40	38.02	4Ø16+10Ø20	39.460
P5	9.74	8Ø16	16.080	P41	44.93	4Ø16+12Ø20	45.740
P6	9.00	8Ø16	16.080	P42	37.57	4Ø16+12Ø20	45.740
P7	9.00	8Ø16	16.080	P43	35.11	4Ø16+10Ø20	39.460
P8	9.00	8Ø16	16.080	P44	17.65	4Ø16+4Ø20	20.610
P9	9.00	8Ø16	16.080	P45	20.58	4Ø16+10Ø20	39.460
P10	9.00	8Ø16	16.080	P46	30.56	4Ø16+10Ø20	39.460
P11	9.00	4Ø16+4Ø20	20.610	P47	18.66	4Ø16+10Ø20	39.460
P12	9.00	8Ø16	16.080	P48	15.44	4Ø16+10Ø20	39.460
P13	9.00	8Ø16	16.080	P49	26.81	4Ø16+10Ø20	39.460
P14	9.00	8Ø16	16.080	P50	10.60	8Ø16	16.080
P15	9.00	8Ø16	16.080	P51	25.21	18Ø20	56.520
P16	9.00	8Ø16	16.080	CORPO 2 - Pavilhão			
P17	10.65	8Ø16	16.080	P51			
P18	11.25	8Ø16	16.080	P52	12.17	4Ø16+4Ø20	20.610
P19	11.73	8Ø16	16.080	P53	14.32	4Ø16+4Ø20	20.610
P20	11.27	8Ø16	16.080	P54	14.09	4Ø16+4Ø20	20.610
P21	9.00	8Ø16	16.080	P55	14.27	4Ø16+4Ø20	20.610
P22	9.00	4Ø16+4Ø20	20.610	P56	19.72	4Ø16+4Ø20	20.610
P23	9.76	4Ø16+4Ø20	20.610	P57	28.72	10Ø20	31.420
P24	9.00	4Ø16+4Ø20	20.610	P58	14.46	4Ø16+4Ø20	20.610
P25	9.00	8Ø16	16.080	P59	14.31	4Ø16+4Ø20	20.610
P26	7.07	4Ø16	8.04				
P27	7.07	4Ø16	8.04				
P28	7.07	4Ø16	8.04				
P29	7.07	4Ø16	8.04				
P30	7.07	4Ø16	8.04				
P31	7.07	4Ø16	8.04				
P32	7.07	4Ø16	8.04				
P33	7.07	4Ø16	8.04				
P34	7.07	4Ø16	8.04				
P35	7.07	4Ø16	8.04				
P36	7.07	8Ø16	16.08				

A. 30 – Armadura longitudinal dos pilares - Piso 0

PISO 1							
CORPO 1				CORPO 2			
PILARES	A _s (SAP) [cm ²]	A _s (Adotado)	A _s (Adotado) [cm ²]	PILARES	A _s (SAP) [cm ²]	A _s (Adotado)	A _s (Adotado) [cm ²]
P1	15.36	8Ø16	16.080	P37	12.84	8Ø16	16.080
P2	20.05	4Ø16+4Ø20	20.610	P38	7.07	8Ø16	16.080
P3	12.82	8Ø16	16.080	P39	12.00	4Ø16+10Ø20	39.460
P4	9.00	8Ø16	16.080	P40	15.66	4Ø16+10Ø20	39.460
P5	9.00	8Ø16	16.080	P41	26.12	4Ø16+12Ø20	45.740
P6	9.00	8Ø16	16.080	P42	31.56	4Ø16+12Ø20	45.740
P7	10.06	8Ø16	16.080	P43	25.87	4Ø16+10Ø20	39.460
P8	9.97	8Ø16	16.080	P44	15.18	4Ø16+4Ø20	20.610
P9	9.00	8Ø16	16.080	P45	25.01	4Ø16+10Ø20	39.460
P10	10.75	8Ø16	16.080	P46	12.00	4Ø16+10Ø20	39.460
P11	16.11	4Ø16+4Ø20	20.610	P47	18.57	4Ø16+10Ø20	39.460
P12	9.00	8Ø16	16.080	P48	22.84	4Ø16+10Ø20	39.460
P13	9.00	8Ø16	16.080	P49	21.46	4Ø16+10Ø20	39.460
P14	9.00	8Ø16	16.080	P50	7.07	8Ø16	16.080
P15	9.00	8Ø16	16.080	P51	52.69	18Ø20	56.520
P16	9.00	8Ø16	16.080				
P17	9.00	8Ø16	16.080				
P18	9.00	8Ø16	16.080				
P19	9.00	8Ø16	16.080				
P20	9.00	8Ø16	16.080				
P21	11.64	8Ø16	16.080				
P22	14.75	4Ø16+4Ø20	20.610				
P23	19.97	4Ø16+4Ø20	20.610				
P24	14.98	4Ø16+4Ø20	20.610				
P25	9.00	8Ø16	16.080				
P26	7.07	6Ø16	12.06				
P27	7.07	6Ø16	12.06				
P28	7.07	6Ø16	12.06				
P29	7.07	6Ø16	12.06				
P30	7.07	6Ø16	12.06				
P31	7.07	6Ø16	12.06				
P32	7.07	6Ø16	12.06				
P33	7.07	6Ø16	12.06				
P34	7.07	6Ø16	12.06				
P35	7.07	6Ø16	12.06				
P36	10.94	6Ø16	12.06				

A. 31 - Armadura longitudinal dos pilares - Piso 1

ANEXO 11 – Espaçamentos Máximos da Armadura Transversal dos Pilares

CORPO 1						CORPO 2					
PILARES	$\varnothing_{lon,min}$ (mm)	$20 \times \varnothing_{lon,min}$ (mm)	b (mm)	400 (mm)	$S_{cl,tmax}$ (m)	PILARES	$\varnothing_{lon,min}$ (mm)	$20 \times \varnothing_{lon,min}$ (mm)	b (mm)	400 (mm)	$S_{cl,tmax}$ (m)
P1	16	320.0	300	400	0.30	P37	16	320.0	300	400	0.30
P2	16	320.0	300	400	0.30	P38	16	320.0	300	400	0.30
P3	16	320.0	300	400	0.30	P39	16	320.0	300	400	0.30
P4	16	320.0	300	400	0.30	P40	16	320.0	300	400	0.30
P5	16	320.0	300	400	0.30	P41	16	320.0	300	400	0.30
P6	16	320.0	300	400	0.30	P42	16	320.0	300	400	0.30
P7	16	320.0	300	400	0.30	P43	16	320.0	300	400	0.30
P8	16	320.0	300	400	0.30	P44	16	320.0	300	400	0.30
P9	16	320.0	300	400	0.30	P45	16	320.0	300	400	0.30
P10	16	320.0	300	400	0.30	P46	16	320.0	300	400	0.30
P11	16	320.0	300	400	0.30	P47	16	320.0	300	400	0.30
P12	16	320.0	300	400	0.30	P48	16	320.0	300	400	0.30
P13	16	320.0	300	400	0.30	P49	16	320.0	300	400	0.30
P14	16	320.0	300	400	0.30	P50	16	320.0	300	400	0.30
P15	16	320.0	300	400	0.30	P51	16	320.0	300	400	0.30
P16	16	320.0	300	400	0.30	CORPO 2 - Pavilhão					
P17	16	320.0	300	400	0.30	P51	20	400.0	300	400	0.30
P18	16	320.0	300	400	0.30	P52	16	320.0	300	400	0.30
P19	16	320.0	300	400	0.30	P53	16	320.0	300	400	0.30
P20	16	320.0	300	400	0.30	P54	16	320.0	300	400	0.30
P21	16	320.0	300	400	0.30	P55	16	320.0	300	400	0.30
P22	16	320.0	300	400	0.30	P56	16	320.0	300	400	0.30

CORPO 1						CORPO 2					
PILARES	$\varnothing_{lon,min}$ (mm)	$20 \times \varnothing_{lon,min}$ (mm)	b (mm)	400 (mm)	$S_{cl,tmax}$ (m)	PILARES	$\varnothing_{lon,min}$ (mm)	$20 \times \varnothing_{lon,min}$ (mm)	b (mm)	400 (mm)	$S_{cl,tmax}$ (m)
P23	16	320.0	300	400	0.30	P57	20	400.0	300	400	0.30
P24	16	320.0	300	400	0.30	P58	16	320.0	300	400	0.30
P25	16	320.0	300	400	0.30	P59	16	320.0	300	400	0.30
P26	16	320.0	300	400	0.30						
P27	16	320.0	300	400	0.30						
P28	16	320.0	300	400	0.30						
P29	16	320.0	300	400	0.30						
P30	16	320.0	300	400	0.30						
P31	16	320.0	300	400	0.30						
P32	16	320.0	300	400	0.30						
P33	16	320.0	300	400	0.30						
P34	16	320.0	300	400	0.30						
P35	16	320.0	300	400	0.30						
P36	16	320.0	300	400	0.30						

A. 32 - Espaços máximos da armadura transversal dos pilares

ANEXO 12 – Verificação das Cintas nas Zonas Críticas dos Pilares

PILARES	CORPO 1										
	b (m)	h (m)	b ₀ (m)	h ₀ (m)	Σb _i ²	s (m)	V _{cintas} (m ³)	V _{betão} (m ³)	f _{cd} (MPa)	f _{yd} (MPa)	ω _{wd}
P1	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P2	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P3	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P4	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P5	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P6	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P7	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P8	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P9	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P10	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P11	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P12	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P13	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P14	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P15	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P16	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P17	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P18	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P19	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P20	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P21	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P22	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P23	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P24	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P25	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732

PILARES	CORPO 2										
	b (m)	h (m)	b ₀ (m)	h ₀ (m)	Σb_i^2	s (m)	V _{cintas} (m ³)	V _{betão} (m ³)	f _{cd} (MPa)	f _{yd} (MPa)	ω_{wd}
P39	0.300	0.400	0.202	0.302	0.061	0.10	5.07E-05	6.10E-03	20	348	0.1445
P40	0.300	0.400	0.202	0.302	0.061	0.10	5.07E-05	6.10E-03	20	348	0.1445
P41	0.600	0.300	0.502	0.202	0.105	0.10	7.08E-05	1.01E-02	20	348	0.1214
P42	0.600	0.300	0.502	0.202	0.105	0.10	7.08E-05	1.01E-02	20	348	0.1214
P43	0.300	0.400	0.202	0.302	0.061	0.10	5.07E-05	6.10E-03	20	348	0.1445
P44	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P45	0.300	0.400	0.202	0.302	0.061	0.10	5.07E-05	6.10E-03	20	348	0.1445
P46	0.300	0.400	0.202	0.302	0.061	0.10	5.07E-05	6.10E-03	20	348	0.1445
P47	0.300	0.400	0.202	0.302	0.061	0.10	5.07E-05	6.10E-03	20	348	0.1445
P48	0.300	0.400	0.202	0.302	0.061	0.10	5.07E-05	6.10E-03	20	348	0.1445
P49	0.300	0.400	0.202	0.302	0.061	0.10	5.07E-05	6.10E-03	20	348	0.1445
P51	0.300	0.400	0.202	0.302	0.095	0.10	5.07E-05	6.10E-03	20	348	0.1445
P52	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P53	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P54	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P55	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P56	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P57	0.300	0.300	0.202	0.202	0.050	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P58	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732
P59	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	4.06E-05	4.08E-03	20	348	0.1732

A. 33 - Taxa Mecânica Volumétrica de Cintas nas Zonas Críticas dos Pilares

PILARES	CORPO 1																
	b (m)	h (m)	b ₀ (m)	h ₀ (m)	Σbi ²	s (m)	ω _{wd}	α _n	α _s	α	μ _φ	N _{Ed} (kN)	vd	ε _{sy,d}	α x ω _{wd}		
P1	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	0.1732	0.7412	0.5625	0.4169	4.529	519.878	0.289	0.00174	0.072	>	0.066
P2	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	0.1732	0.7527	0.5625	0.4234	4.529	496.994	0.276	0.00174	0.073	>	0.062
P3	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	0.1732	0.7412	0.5625	0.4169	4.529	374.302	0.208	0.00174	0.072	>	0.038
P4	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	0.1732	0.7412	0.5625	0.4169	4.529	208.356	0.116	0.00174	0.072	>	0.006
P5	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	0.1732	0.7412	0.5625	0.4169	4.529	373.394	0.207	0.00174	0.072	>	0.038
P6	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	0.1732	0.7412	0.5625	0.4169	4.529	12.963	0.007	0.00174	0.072	>	-0.032
P7	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	0.1732	0.7412	0.5625	0.4169	4.529	263.414	0.146	0.00174	0.072	>	0.016
P8	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	0.1732	0.7412	0.5625	0.4169	4.529	261.529	0.145	0.00174	0.072	>	0.016
P9	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	0.1732	0.7412	0.5625	0.4169	4.529	267.523	0.149	0.00174	0.072	>	0.017
P10	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	0.1732	0.7412	0.5625	0.4169	4.529	234.472	0.130	0.00174	0.072	>	0.011
P11	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	0.1732	0.7527	0.5625	0.4234	4.529	403.166	0.224	0.00174	0.073	>	0.044
P12	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	0.1732	0.7412	0.5625	0.4169	4.529	120.889	0.067	0.00174	0.072	>	-0.011
P13	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	0.1732	0.7412	0.5625	0.4169	4.529	115.245	0.064	0.00174	0.072	>	-0.013
P14	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	0.1732	0.7412	0.5625	0.4169	4.529	519.309	0.289	0.00174	0.072	>	0.066
P15	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	0.1732	0.7412	0.5625	0.4169	4.529	425.063	0.236	0.00174	0.072	>	0.048
P16	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	0.1732	0.7412	0.5625	0.4169	4.529	424.646	0.236	0.00174	0.072	>	0.048
P17	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	0.1732	0.7412	0.5625	0.4169	4.529	429.426	0.239	0.00174	0.072	>	0.049
P18	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	0.1732	0.7412	0.5625	0.4169	4.529	426.751	0.237	0.00174	0.072	>	0.048
P19	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	0.1732	0.7412	0.5625	0.4169	4.529	425.294	0.236	0.00174	0.072	>	0.048
P20	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	0.1732	0.7412	0.5625	0.4169	4.529	440.076	0.244	0.00174	0.072	>	0.051
P21	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	0.1732	0.7412	0.5625	0.4169	4.529	465.538	0.259	0.00174	0.072	>	0.056
P22	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	0.1732	0.7527	0.5625	0.4234	4.529	436.476	0.242	0.00174	0.073	>	0.050
P23	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	0.1732	0.7527	0.5625	0.4234	4.529	472.739	0.263	0.00174	0.073	>	0.057
P24	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	0.1732	0.7527	0.5625	0.4234	4.529	392.953	0.218	0.00174	0.073	>	0.042
P25	0.300	0.300	0.202	0.202	0.063	0.10	0.1732	0.7412	0.5625	0.4169	4.529	379.473	0.211	0.00174	0.072	>	0.039

PILARES	CORPO 2																
	b (m)	h (m)	b ₀ (m)	h ₀ (m)	Σbi^2	s (m)	ω_{wd}	α_n	α_s	α	μ_ϕ	N _{Ed} (kN)	vd	$\epsilon_{sy,d}$	$\alpha \times \omega_{wd}$		
P39	0.300	0.400	0.202	0.302	0.061	0.10	0.1445	0.8346	0.6246	0.5213	3.000	442.231	0.184	0.00174	0.075	>	0.008
P40	0.300	0.400	0.202	0.302	0.061	0.10	0.1445	0.8346	0.6246	0.5213	3.000	285.780	0.119	0.00174	0.075	>	-0.007
P41	0.600	0.300	0.502	0.202	0.105	0.10	0.1214	0.8271	0.6746	0.5580	3.000	716.017	0.199	0.00174	0.068	>	0.002
P42	0.600	0.300	0.502	0.202	0.105	0.10	0.1214	0.8271	0.6746	0.5580	3.000	743.701	0.207	0.00174	0.068	>	0.004
P43	0.300	0.400	0.202	0.302	0.061	0.10	0.1445	0.8346	0.6246	0.5213	3.000	735.536	0.306	0.00174	0.075	>	0.036
P44	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	0.1732	0.7527	0.5625	0.4234	3.000	277.519	0.154	0.00174	0.073	>	0.001
P45	0.300	0.400	0.202	0.302	0.061	0.10	0.1445	0.8346	0.6246	0.5213	3.000	449.020	0.187	0.00174	0.075	>	0.009
P46	0.300	0.400	0.202	0.302	0.061	0.10	0.1445	0.8346	0.6246	0.5213	3.000	988.362	0.412	0.00174	0.075	>	0.061
P47	0.300	0.400	0.202	0.302	0.061	0.10	0.1445	0.8346	0.6246	0.5213	3.000	408.163	0.170	0.00174	0.075	>	0.005
P48	0.300	0.400	0.202	0.302	0.061	0.10	0.1445	0.8346	0.6246	0.5213	3.000	545.164	0.227	0.00174	0.075	>	0.018
P49	0.300	0.400	0.202	0.302	0.061	0.10	0.1445	0.8346	0.6246	0.5213	3.000	868.198	0.362	0.00174	0.075	>	0.049
P51	0.300	0.400	0.202	0.302	0.095	0.10	0.1445	0.7402	0.6246	0.4623	3.000	419.405	0.175	0.00174	0.067	>	0.006
P52	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	0.1732	0.7527	0.5625	0.4234	3.000	203.562	0.113	0.00174	0.073	>	-0.009
P53	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	0.1732	0.7527	0.5625	0.4234	3.000	225.945	0.126	0.00174	0.073	>	-0.006
P54	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	0.1732	0.7527	0.5625	0.4234	3.000	219.139	0.122	0.00174	0.073	>	-0.007
P55	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	0.1732	0.7527	0.5625	0.4234	3.000	199.030	0.111	0.00174	0.073	>	-0.009
P56	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	0.1732	0.7527	0.5625	0.4234	3.000	275.722	0.153	0.00174	0.073	>	0.001
P57	0.300	0.300	0.202	0.202	0.050	0.10	0.1732	0.7939	0.5625	0.4466	3.000	410.401	0.228	0.00174	0.077	>	0.018
P58	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	0.1732	0.7527	0.5625	0.4234	3.000	28.362	0.016	0.00174	0.073	>	-0.031
P59	0.300	0.300	0.202	0.202	0.061	0.10	0.1732	0.7527	0.5625	0.4234	3.000	40.435	0.022	0.00174	0.073	>	-0.030

A. 34 – Ductilidade local relativa a pilares sísmicos primários

ANEXO 13 – Armadura Transversal dos Pilares

PISO 0										
CORPO 1			Direção X				Direção Y			
PILARES	A _s (SAP) [cm ² /m]		A _s (Adotado) [cm ² /m]		A _s (Adotado) [cm ² /m] (Zonas críticas)		A _s (Adotado) [cm ² /m]		A _s (Adotado) [cm ² /m] (Zonas críticas)	
	X	Y	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores
P1	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P2	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P3	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P4	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P5	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P6	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P7	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P8	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P9	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P10	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P11	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P12	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P13	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P14	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P15	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P16	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P17	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P18	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P19	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-

PISO 0										
CORPO 1			Direção X				Direção Y			
PILARES	As (SAP) [cm ² /m]		As (Adotado) [cm ² /m]		As (Adotado) [cm ² /m] (Zonas críticas)		As (Adotado) [cm ² /m]		As (Adotado) [cm ² /m] (Zonas críticas)	
	X	Y	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores
P20	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P21	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P22	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P23	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P24	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P25	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P26	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P27	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P28	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P29	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P30	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P31	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P32	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P33	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P34	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P35	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P36	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-

A. 35 – Armadura transversal dos pilares do Corpo 1 – Piso 0

PISO 0										
CORPO 2			Direção X				Direção Y			
PILARES	A _s (SAP) [cm ² /m]		A _s (Adotado) [cm ² /m]		A _s (Adotado) [cm ² /m] (Zonas críticas)		A _s (Adotado) [cm ² /m]		A _s (Adotado) [cm ² /m] (Zonas críticas)	
	X	Y	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores
P37	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P38	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P39	0.00	6.70	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P40	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P41	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P42	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P43	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P44	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P45	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P46	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P47	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P48	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P49	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P50	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P51	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r

PISO 0										
CORPO 2			Direção X				Direção Y			
PILARES	A _s (SAP) [cm ² /m]		A _s (Adotado) [cm ² /m]		A _s (Adotado) [cm ² /m] (Zonas críticas)		A _s (Adotado) [cm ² /m]		A _s (Adotado) [cm ² /m] (Zonas críticas)	
	X	Y	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores
CORPO 2 - Pavilhão										
P52	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P53	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P54	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P55	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P56	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P57	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P58	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P59	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-

A. 36 - Armadura transversal dos pilares do Corpo 2 – Piso 0

PISO 1										
CORPO 1			Direção X				Direção Y			
PILARES	As (SAP) [cm ² /m]		As (Adotado) [cm ² /m]		As (Adotado) [cm ² /m] (Zonas críticas)		As (Adotado) [cm ² /m]		As (Adotado) [cm ² /m] (Zonas críticas)	
	X	Y	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores
P1	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P2	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P3	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P4	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P5	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P6	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P7	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P8	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P9	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P10	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P11	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P12	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P13	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P14	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P15	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P16	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P17	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P18	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P19	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P20	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-

PISO 1										
CORPO 1			Direção X				Direção Y			
PILARES	As (SAP) [cm ² /m]		As (Adotado) [cm ² /m]		As (Adotado) [cm ² /m] (Zonas críticas)		As (Adotado) [cm ² /m]		As (Adotado) [cm ² /m] (Zonas críticas)	
	X	Y	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores
P21	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P22	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P23	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P24	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P25	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P26	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P27	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P28	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P29	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P30	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P31	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P32	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P33	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P34	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P35	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P36	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-

A. 37 - Armadura transversal dos pilares do Corpo1 – Piso1

PISO 1										
CORPO 2			Direção X				Direção Y			
PILARES	A _s (SAP) [cm ² /m]		A _s (Adotado) [cm ² /m]		A _s (Adotado) [cm ² /m] (Zonas críticas)		A _s (Adotado) [cm ² /m]		A _s (Adotado) [cm ² /m] (Zonas críticas)	
	X	Y	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores
P37	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P38	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P39	0.00	6.80	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P40	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P41	8.70	0.00	Ø8//20, 2r	Ø8//20, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P42	14.10	0.00	Ø8//12.5, 2r	Ø8//12.5, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//12.5, 2r	Ø8//12.5, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P43	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P44	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P45	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P46	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P47	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P48	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P49	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P50	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//25, 2r	Ø8//10, 2r	Ø8//10, 2r
P51	26.60	31.50	Ø8//7.5, 2r	Ø8//7.5, 4r	Ø8//7.5, 2r	Ø8//7.5, 4r	Ø8//7.5, 2r	Ø8//7.5, 4r	Ø8//7.5, 2r	Ø8//7.5, 4r

PISO 1										
CORPO 2			Direção X				Direção Y			
PILARES	A _s (SAP) [cm ² /m]		A _s (Adotado) [cm ² /m]		A _s (Adotado) [cm ² /m] (Zonas críticas)		A _s (Adotado) [cm ² /m]		A _s (Adotado) [cm ² /m] (Zonas críticas)	
	X	Y	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores	Cintas Exteriores	Cintas Interiores
CORPO 2 - Pavilhão										
P52	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P53	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P54	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P55	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P56	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P57	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P58	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-
P59	0.00	0.00	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-	Ø8//25, 2r	-	Ø8//10, 2r	-

A. 38 - Armadura transversal dos pilares do Corpo2 – Piso1

ANEXO 14 – Definição dos Elementos de Extremidade das Paredes

	l_w (m)	b_{w0} (m)	h_w (m)	h_s (m)	b_w (m)	n	h_{cr} (m)	l_c (m)
PD1	5.95	0.20	7.60	4.25	0.28	2	4.25	0.55
PD2	2.88	0.20	7.60	4.25	0.28	2	2.88	0.55
PD3	3.81	0.20	7.10	4.25	0.28	2	3.81	0.55
PD4	5.00	0.20	7.10	4.25	0.28	2	4.25	0.55
PD5	1.90	0.20	7.10	4.25	0.28	2	1.90	0.35
PD6	1.05	0.20	7.10	4.25	0.28	2	1.18	0.20
PD7	1.75	0.20	7.60	4.25	0.28	2	1.75	0.35
PD8	1.43	0.20	7.10	4.25	0.28	2	1.43	0.25
PD9	7.80	0.20	7.10	4.25	0.28	2	4.25	0.55
PD10	2.19	0.20	5.74	5.74	0.38	1	2.19	0.40
PD11	2.19	0.20	5.74	5.74	0.38	1	2.19	0.40

A. 39 - Altura, espessura e comprimento crítico das paredes

ANEXO 15 – Determinação de Esforços nas Paredes

	l_w (m)	l_c (m)	Z (m)	Envoltante	M_{ed} (kN.m)	N_{ed} (kN)	F_s (kN)	$F_{s,max}$ (kN)	f_{yd} (MPa)	A_{sv} (cm ²)
PD 1	5.95	0.55	5.4	max	1681.524	260.649	-441.718	441.718	348	12.693
				min	-2179.88	-1143.9	-168.266			
PD 2	2.88	0.55	2.33	max	988.005	376.283	-612.178	612.178	348	17.591
				min	-1042.128	-1204.46	-154.967			
PD 3	3.81	0.55	3.26	max	1306.4796	1138.024	-969.773	969.773	348	27.867
				min	-1393.383	-1290.5	-217.833			
PD 4	5.00	0.55	4.45	max	1425.267	349.366	-494.968	494.968	348	14.223
				min	-1112.949	-1421.42	-460.607			
PD 5	1.90	0.35	1.55	max	244.061	356.18	-335.549	335.549	348	9.642
				min	-200.858	-409.089	-74.9587			
PD 6	1.05	0.2	0.85	max	328.928	-97.103	-435.526	435.526	348	12.515
				min	-325.918	-150.683	308.0914			
PD 7	1.75	0.35	1.4	max	924.329	-521.179	-920.825	920.825	348	26.460
				min	-1488.051	-655.808	734.9896			
PD 8	1.43	0.25	1.18	max	1144.748	-233.977	-1087.11	1087.114	348	31.239
				min	-1106.679	-651.977	611.8751			
PD 9	7.80	0.55	7.25	max	1718.086	-111.079	-292.517	292.517	348	8.406
				min	-1764.627	-673.528	-93.3672			
PD 10	2.19	0.4	1.79	max	588.7296	-318.661	-488.23	488.230	348	14.030
				min	-146.2176	-481.704	-159.166			
PD 11	2.19	0.4	1.79	max	93.464	-287.985	-196.207	196.207	348	5.638
				min	-383.5525	-275.937	95.90498			

A. 40 - Cálculo de esforços para os elementos de extremidade das paredes

ANEXO 16 – Armadura Vertical nas Paredes

	A_c pilar fictício (m ²)	A_{sv} (cm ²)	A_{sv} adotada	A_{sv} adotada (cm ²)	$A_{sv, min}$ (cm ²)	$A_{sv, max}$ (cm ²)
PD 1	0.156	12.693	8Ø20	25.130	3.12	62.33
PD 2	0.156	17.591	8Ø20	25.130	3.12	62.33
PD 3	0.156	27.867	10Ø20	31.420	3.12	62.33
PD 4	0.156	14.223	8Ø20	25.130	3.12	62.33
PD 5	0.099	9.642	6Ø20	18.850	1.98	39.67
PD 6	0.057	12.515	6Ø20	18.850	1.13	22.67
PD 7	0.099	26.460	10Ø20	31.420	1.98	39.67
PD 8	0.071	31.239	10Ø20	31.420	1.42	28.33
PD 9	0.156	8.406	6Ø20	18.850	3.12	62.33
PD 10	0.153	14.030	6Ø20	18.850	3.06	61.23
PD 11	0.153	5.638	6Ø16	12.060	3.06	61.23

A. 41 - Armadura vertical dos pilares fictícios das paredes

	L_w (m)	b_{w0} (m)	A_c (m ²)	$A_{sv, min}$	$A_{sv, max}$	A_{sv} adotada	A_{sv} adotada (cm ²)	s (m)
PD1	4.85	0.20	0.97	19.40	388.00	50Ø10	39.27	0.40
PD2	1.84	0.20	0.37	7.36	147.20	20Ø10	15.71	0.40
PD3	2.88	0.20	0.58	11.52	230.40	30Ø10	23.56	0.40
PD4	3.70	0.20	0.74	14.80	296.00	36Ø10	28.27	0.40
PD5	1.05	0.20	0.21	4.20	84.00	12Ø10	9.42	0.40
PD6	0.49	0.20	0.10	1.96	39.20	6Ø10	4.71	0.40
PD7	1.21	0.20	0.24	4.84	96.80	16Ø10	12.57	0.40
PD8	0.93	0.20	0.19	3.72	74.40	12Ø10	9.42	0.40
PD9	6.70	0.20	1.34	26.80	536.00	66Ø10	51.84	0.40
PD10	1.39	0.20	0.28	5.56	111.20	14Ø10	11.00	0.40
PD11	1.39	0.20	0.28	5.56	111.20	14Ø10	11.00	0.40

A. 42 - Armadura vertical na alma das paredes

ANEXO 17 - Armadura Transversal nas Paredes

	$V_{Ed,modelo}$ (kN)	$V_{Ed,cálculo}$ (kN)	α_{cw}	b_w	d (m)	z (m)	f_{ck} (MPa)	v_1	f_{cd} (MPa)	\cotg ($\theta = 45^\circ$)	tg ($\theta = 45^\circ$)	$V_{Rd,máx}$ (kN)
PD1	746.496	1119.744	1.000	0.200	5.950	5.298	30.000	0.528	20.000	1.000	1.000	5595.005
PD2	427.175	640.763	1.000	0.200	2.880	2.535	30.000	0.528	20.000	1.000	1.000	2677.277
PD3	1118.558	1677.837	1.000	0.200	3.810	3.372	30.000	0.528	20.000	1.000	1.000	3561.149
PD4	714.968	1072.452	1.000	0.200	5.000	4.443	30.000	0.528	20.000	1.000	1.000	4692.125
PD5	294.632	441.948	1.000	0.200	1.900	1.653	30.000	0.528	20.000	1.000	1.000	1745.885
PD6	230.173	345.260	1.000	0.200	1.050	0.888	30.000	0.528	20.000	1.000	1.000	938.045
PD7	371.396	557.094	1.000	0.200	1.750	1.518	30.000	0.528	20.000	1.000	1.000	1603.325
PD8	343.575	515.363	1.000	0.200	1.430	1.230	30.000	0.528	20.000	1.000	1.000	1299.197
PD9	679.734	1019.601	1.000	0.200	7.800	6.963	30.000	0.528	20.000	1.000	1.000	7353.245
PD10	118.198	177.297	1.000	0.200	2.190	1.914	30.000	0.528	20.000	1.000	1.000	2021.501
PD11	79.942	119.913	1.000	0.200	2.190	1.914	30.000	0.528	20.000	1.000	1.000	2021.501

A. 43 – Valor de esforço transversal de cálculo e máximo nas paredes

	$V_{Ed,c\acute{a}lculo}$ (kN)	z (m)	f_{ywd} (MPa)	$\cotg(\theta = 45^\circ)$	A_{sw}/s (cm ² /m)	A_{sw}/s (cm ² /m)	A_{sw}/s	$V_{Rd,s}$ (kN)
PD1	1119.744	5.30	348.00	1.00	6.07	10.06	Ø8//0.10	1854.871
PD2	640.763	2.54	348.00	1.00	7.26	10.06	Ø8//0.10	887.578
PD3	1677.837	3.37	348.00	1.00	14.30	15.70	Ø10//0.10	1842.490
PD4	1072.452	4.44	348.00	1.00	6.94	10.06	Ø8//0.10	1555.546
PD5	441.948	1.65	348.00	1.00	7.68	10.06	Ø8//0.10	578.800
PD6	345.260	0.89	348.00	1.00	11.17	13.40	Ø8//.075	414.232
PD7	557.094	1.52	348.00	1.00	10.54	13.40	Ø8//.075	708.014
PD8	515.363	1.23	348.00	1.00	12.04	13.40	Ø8//.075	573.713
PD9	1019.601	6.96	348.00	1.00	4.21	10.06	Ø8//0.10	2437.768
PD10	177.297	1.91	348.00	1.00	2.66	10.06	Ø8//0.10	670.173
PD11	119.913	1.91	348.00	1.00	1.80	10.06	Ø8//0.10	670.173

A. 44 – Verificação de segurança ao esforço transversal nas paredes

ANEXO 18 - Armadura de Confinamento das Paredes

	A_{sv} (cm ²)	A_c (m ²)	ρ_v %	f_{yd} (MPa)	f_{cd} (MPa)	ω_v
PD1	37.70	0.97	0.389	348	20	0.068
PD2	12.57	0.36	0.353	348	20	0.061
PD3	18.85	0.54	0.348	348	20	0.061
PD4	31.42	0.78	0.403	348	20	0.070
PD5	9.42	0.24	0.393	348	20	0.068
PD6	4.71	0.13	0.362	348	20	0.063
PD7	7.85	0.21	0.374	348	20	0.065
PD8	6.28	0.19	0.338	348	20	0.059
PD9	51.84	1.34	0.387	348	20	0.067
PD10	11.00	0.28	0.396	348	20	0.069
PD11	11.00	0.28	0.396	348	20	0.069

A. 45 – Taxa mecânica de armadura vertical na alam das paredes

	N_{Ed} (kN)	h_c (m)	b_c (m)	f_{cd} (m)	V_d
PD1	1143.895	4.85	0.20	20	0.059
PD2	1143.895	1.78	0.20	20	0.161
PD3	1204.464	2.71	0.20	20	0.111
PD4	1204.464	3.90	0.20	20	0.077
PD5	1290.503	1.20	0.20	20	0.269
PD6	1290.503	0.65	0.20	20	0.496
PD7	1421.416	1.05	0.20	20	0.338
PD8	1421.416	0.93	0.20	20	0.382
PD9	409.089	6.70	0.20	20	0.015
PD10	409.089	1.39	0.20	20	0.074
PD11	150.683	1.39	0.20	20	0.027

A. 46 – Cálculo do esforço normal reduzido nas paredes

	μ_{ϕ}	V_d	ω_v	$\epsilon_{sy,d}$	b_c (m)	b_0 (m)	$\alpha\omega_w d \geq$
PD1	3.3797	0.059	0.068	0.00174	0.20	0.18	-0.0098
PD2	3.3797	0.161	0.061	0.00174	0.20	0.18	0.0092
PD3	3.3797	0.111	0.061	0.00174	0.20	0.18	-0.0009
PD4	3.3797	0.077	0.070	0.00174	0.20	0.18	-0.0057
PD5	3.3797	0.269	0.068	0.00174	0.20	0.18	0.0321
PD6	3.3797	0.400	0.063	0.00174	0.20	0.18	0.0571
PD7	3.3797	0.338	0.065	0.00174	0.20	0.18	0.0453
PD8	3.3797	0.382	0.059	0.00174	0.20	0.18	0.0527
PD9	3.3797	0.015	0.067	0.00174	0.20	0.18	-0.0186
PD10	3.3797	0.074	0.069	0.00174	0.20	0.28	-0.0168
PD11	3.3797	0.027	0.069	0.00174	0.20	0.28	-0.0228

A. 47 - Cálculo da armadura de cintagem na zona de confinamento das paredes

	b_0 (mm)	d_{bl} (mm)	s (mm)	s (m)	s adotado(m)
PD1	177.33	20	88.67	0.09	0.10
PD2	177.33	21	88.67	0.09	0.10
PD3	177.33	22	88.67	0.09	0.10
PD4	177.33	23	88.67	0.09	0.10
PD5	177.33	24	88.67	0.09	0.10
PD6	177.33	25	88.67	0.09	0.10
PD7	177.33	26	88.67	0.09	0.10
PD8	177.33	27	88.67	0.09	0.10
PD9	177.33	28	88.67	0.09	0.10
PD10	276.67	29	138.33	0.14	0.10
PD11	276.67	30	138.33	0.14	0.10

A. 48 - Espaçamento máximo da armadura transversal nas zonas críticas das paredes

	$A_{s,confinamento}$	$A_{s,confinamento} (cm^2)$	ω_{wd}
PD1	Ø8//10	10.06	0.104
PD2	Ø8//10	10.06	0.283
PD3	Ø8//10	10.06	0.186
PD4	Ø8//10	10.06	0.129
PD5	Ø8//10	10.06	0.419
PD6	Ø8//10	10.06	0.774
PD7	Ø8//10	10.06	0.479
PD8	Ø8//10	10.06	0.541
PD9	Ø8//10	10.06	0.075
PD10	Ø8//10	10.06	0.362
PD11	Ø8//10	10.06	0.362

A. 49 - Armadura transversal de confinamento e taxa de armadura transversal de cálculo

	$b_0 (m)$	$h_0 (m)$	Σb_i^2	α_n	α_s	α	ω_{wd}
PD1	0.18	0.444	0.235	0.502	0.637	0.320	-0.031
PD2	0.18	0.444	0.235	0.502	0.637	0.320	0.029
PD3	0.18	0.444	0.174	0.632	0.637	0.403	-0.002
PD4	0.18	0.444	0.235	0.502	0.637	0.320	-0.018
PD5	0.18	0.244	0.156	0.398	0.571	0.227	0.141
PD6	0.18	0.094	0.020	0.798	0.336	0.268	0.213
PD7	0.18	0.244	0.049	0.811	0.571	0.463	0.098
PD8	0.18	0.144	0.039	0.743	0.469	0.348	0.151
PD9	0.18	0.444	0.420	0.111	0.637	0.071	-0.262
PD10	0.28	0.294	0.213	0.564	0.680	0.383	-0.044
PD11	0.28	0.294	0.213	0.564	0.680	0.383	-0.059

A. 50 - Verificação da armadura transversal de confinamento das paredes

ANEXO 19 – Verificação ao Punçoamento da Laje Maciça Fungiforme

CORPO 1				Laje teto piso 0	Laje teto piso 1
	N_{Ed1} (kN)	N_{Ed2} (kN)	N_{Ed3} (kN)	N_{Ed} (kN)	N_{Ed} (kN)
P26	73.700	80.490	190.400	109.910	73.700
P27	23.550	30.340	65.400	35.060	23.550
P28	37.610	44.390	101.390	57.000	37.610
P29	38.500	45.290	101.340	56.050	38.500
P30	38.160	44.940	102.020	57.080	38.160
P31	70.930	77.720	179.130	101.410	70.930
P32	21.150	27.940	62.580	34.640	21.150
P33	23.100	29.890	63.700	33.810	23.100
P34	52.790	59.580	180.170	120.590	52.790
P35	10.950	17.740	106.800	89.060	10.950
P36	48.600	55.380	102.570	47.190	48.600

A. 51 - Valores de esforço normal dos pilares da laje fungiforme

Direção x CORPO 1				Laje teto piso 0	Laje teto piso 1
	M_{Ed1} (kN)	M_{Ed2} (kN)	M_{Ed3} (kN)	M_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kN)
P26	-8.810	8.600	-4.180	-12.780	-8.810
P27	-1.990	1.330	-0.820	-2.150	-1.990
P28	-10.760	10.280	-4.960	-15.240	-10.760
P29	-10.810	10.170	-4.910	-15.080	-10.810
P30	-10.640	10.140	-4.960	-15.100	-10.640
P31	-8.280	7.650	-3.690	-11.340	-8.280
P32	-2.920	2.620	-1.670	-4.290	-2.920
P33	-2.570	1.950	-0.990	-2.940	-2.570
P34	-7.980	9.440	-5.110	-14.550	-7.980
P35	-2.990	9.550	-6.750	-16.300	-2.990
P36	-31.660	12.040	-1.820	-13.860	-31.660

A. 52 - Valores de momento fletor na direção x dos pilares da laje fungiforme

Direção y			Laje teto piso 0	Laje teto piso 1	
CORPO 1	M _{Ed1} (kN)	M _{Ed2} (kN)	M _{Ed3} (kN)	M _{Ed} (kN)	M _{Ed} (kN)
P26	-15.070	15.630	-5.420	-21.050	-15.070
P27	-13.550	16.110	-7.080	-23.190	-13.550
P28	-2.330	2.840	0.410	-2.430	-2.330
P29	-2.720	2.770	0.550	-2.220	-2.720
P30	-2.410	2.570	0.530	-2.040	-2.410
P31	4.880	-5.110	3.960	9.070	4.880
P32	7.660	-8.160	5.910	14.070	7.660
P33	-10.780	11.690	-4.820	-16.510	-10.780
P34	-14.070	11.180	-2.040	-13.220	-14.070
P35	7.980	-2.310	0.210	2.520	7.980
P36	-9.730	13.220	-6.360	-19.580	-9.730

A. 53 - Valores de momento fletor na direção y dos pilares da laje fungiforme

CORPO 1	Laje teto piso 0			Laje teto piso 1		
	e _x	e _y	e	e _x	e _y	e
P26	-0.192	-0.116	0.224	-0.204	-0.120	0.237
P27	-0.661	-0.061	0.664	-0.575	-0.085	0.582
P28	-0.043	-0.267	0.271	-0.062	-0.286	0.293
P29	-0.040	-0.269	0.272	-0.071	-0.281	0.290
P30	-0.036	-0.265	0.267	-0.063	-0.279	0.286
P31	0.089	-0.112	0.143	0.069	-0.117	0.136
P32	0.406	-0.124	0.425	0.362	-0.138	0.388
P33	-0.488	-0.087	0.496	-0.467	-0.111	0.480
P34	-0.110	-0.121	0.163	-0.267	-0.151	0.306
P35	0.028	-0.183	0.185	0.729	-0.273	0.778
P36	-0.415	-0.294	0.508	-0.200	-0.651	0.682

A. 54 – Cálculo da excentricidade dos pilares da laje fungiforme

CORPO 1	PISO 0							
	e_{laje} (m)	e	D (m)	d (m)	β	V_{Ed} (kN)	u (m)	v_{Ed} (kN/m ²)
P26	0.20	0.224	0.300	0.145	1.480	109.910	0.942	1190.248
P27	0.20	0.664	0.300	0.145	2.423	35.060	0.942	621.589
P28	0.20	0.271	0.300	0.145	1.580	57.000	0.942	658.985
P29	0.20	0.272	0.300	0.145	1.583	56.050	0.942	649.055
P30	0.20	0.267	0.300	0.145	1.572	57.080	0.942	656.508
P31	0.20	0.143	0.300	0.145	1.307	101.410	0.942	969.667
P32	0.20	0.425	0.300	0.145	1.910	34.640	0.942	484.033
P33	0.20	0.496	0.300	0.145	2.062	33.810	0.942	510.252
P34	0.20	0.163	0.300	0.145	1.349	120.590	0.942	1190.546
P35	0.20	0.185	0.300	0.145	1.397	89.060	0.942	910.215
P36	0.20	0.508	0.300	0.145	2.089	47.190	0.942	721.316
PISO 1								
P26	0.2	0.237	0.300	0.145	1.507	73.700	0.942	812.907
P27	0.2	0.582	0.300	0.145	2.246	23.550	0.942	386.987
P28	0.2	0.293	0.300	0.145	1.627	37.610	0.942	447.771
P29	0.2	0.290	0.300	0.145	1.620	38.500	0.942	456.440
P30	0.2	0.286	0.300	0.145	1.612	38.160	0.942	450.230
P31	0.2	0.136	0.300	0.145	1.290	70.930	0.942	669.672
P32	0.2	0.388	0.300	0.145	1.830	21.150	0.942	283.255
P33	0.2	0.480	0.300	0.145	2.028	23.100	0.942	342.734
P34	0.2	0.306	0.300	0.145	1.656	52.790	0.942	639.823
P35	0.2	0.778	0.300	0.145	2.667	10.950	0.942	213.696
P36	0.2	0.682	0.3	0.145	2.460	48.600	0.942	874.773

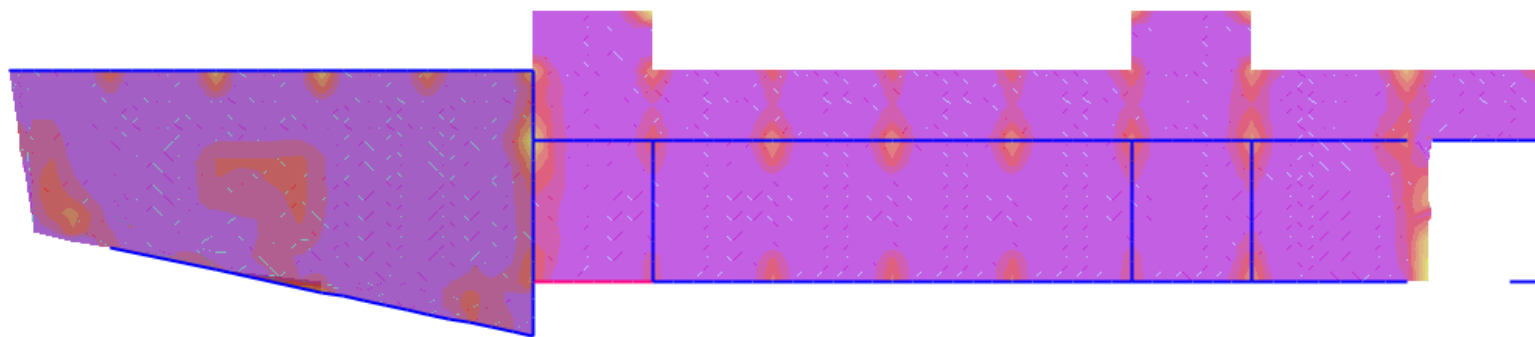
A. 55 - Valor de resistência ao punçoamento do pilar P35, 1ª condição

CORPO 1	PISO 0							
	e_{laje} (m)	e	D (m)	d (m)	β	V_{Ed} (kN)	u_1 (m)	v_{Ed} (kN/m ²)
P26	0.20	0.224	0.3	0.145	1.480	109.910	2.7646	405.766
P27	0.20	0.664	0.3	0.145	2.423	35.060	2.7646	211.905
P28	0.20	0.271	0.3	0.145	1.580	57.000	2.7646	224.654
P29	0.20	0.272	0.3	0.145	1.583	56.050	2.7646	221.269
P30	0.20	0.267	0.3	0.145	1.572	57.080	2.7646	223.810
P31	0.20	0.143	0.3	0.145	1.307	101.410	2.7646	330.568
P32	0.20	0.425	0.3	0.145	1.910	34.640	2.7646	165.011
P33	0.20	0.496	0.3	0.145	2.062	33.810	2.7646	173.950
P34	0.20	0.163	0.3	0.145	1.349	120.590	2.7646	405.868
P35	0.20	0.185	0.3	0.145	1.397	89.060	2.7646	310.301
P36	0.20	0.508	0.3	0.145	2.089	47.190	2.7646	245.903
PISO 1								
P26	0.2	0.237	0.3	0.145	1.507	73.700	2.7646	277.127
P27	0.2	0.582	0.3	0.145	2.246	23.550	2.7646	131.927
P28	0.2	0.293	0.3	0.145	1.627	37.610	2.7646	152.649
P29	0.2	0.290	0.3	0.145	1.620	38.500	2.7646	155.604
P30	0.2	0.286	0.3	0.145	1.612	38.160	2.7646	153.488
P31	0.2	0.136	0.3	0.145	1.290	70.930	2.7646	228.297
P32	0.2	0.388	0.3	0.145	1.830	21.150	2.7646	96.564
P33	0.2	0.480	0.3	0.145	2.028	23.100	2.7646	116.841
P34	0.2	0.306	0.3	0.145	1.656	52.790	2.7646	218.121
P35	0.2	0.778	0.3	0.145	2.667	10.950	2.7646	72.851
P36	0.2	0.682	0.3	0.145	2.460	48.600	2.7646	298.218

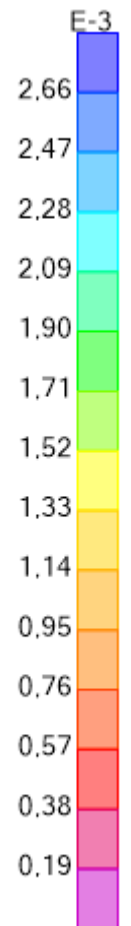
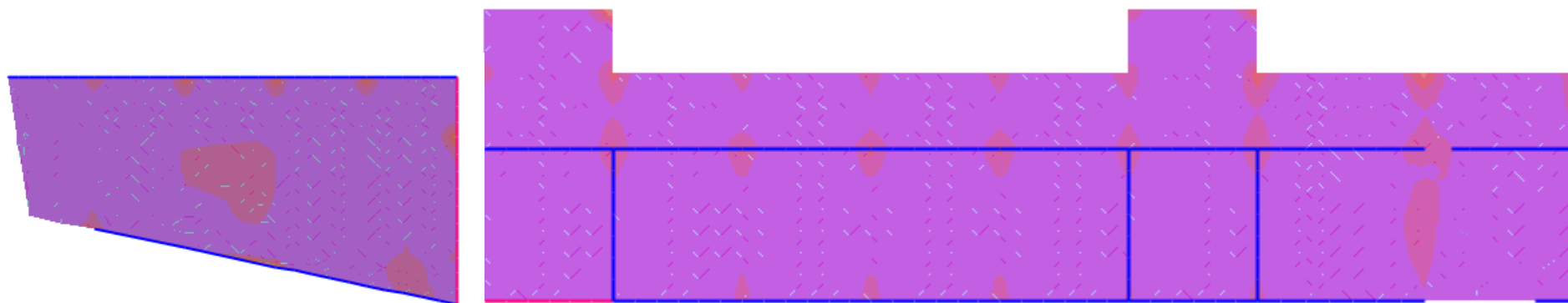
A. 56 - Valor de resistência ao punçoamento do pilar P35, 2ª condição

ANEXO 20 – Armaduras de Lajes

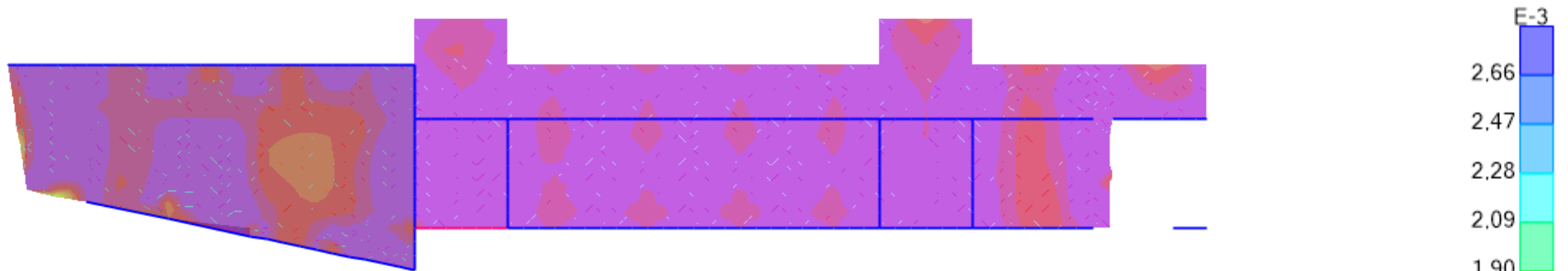
- Corpo 1 - Piso 0, Armadura Superior, direção x



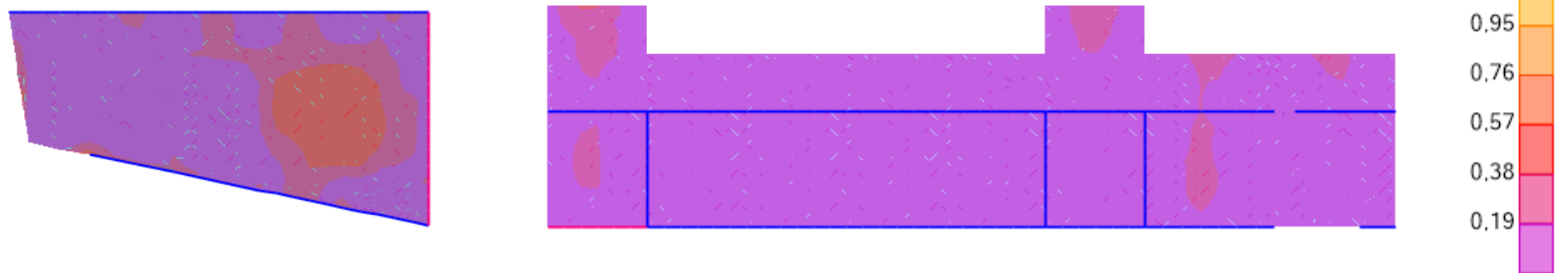
- Corpo 1 - Piso 1, Armadura Superior, direção x



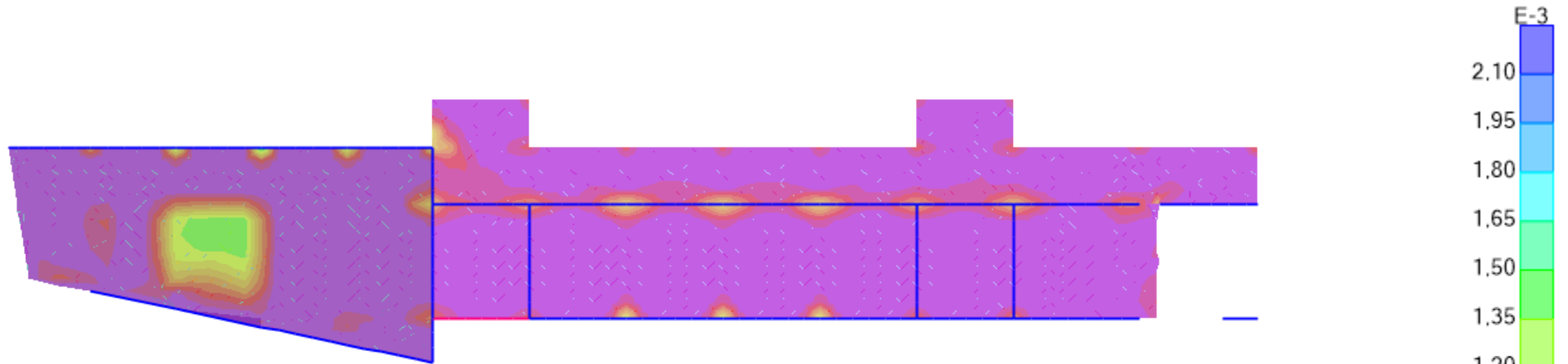
- **Corpo 1 - Piso 0, Armadura Inferior, direção x**



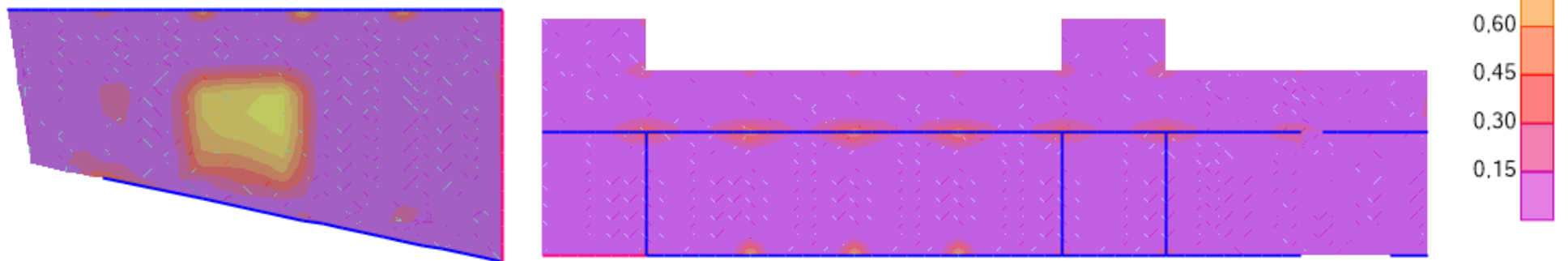
- **Corpo 1 - Piso 1, Armadura Inferior, direção x**



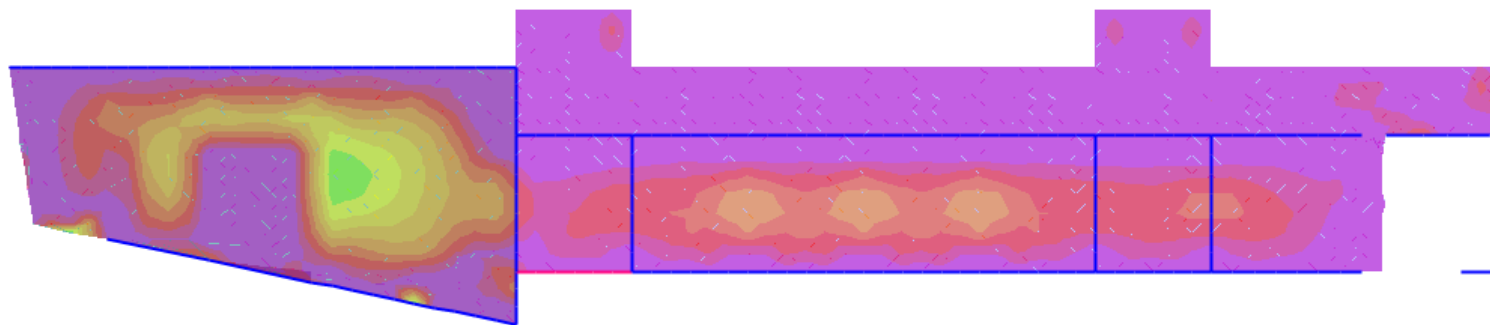
- **Corpo 1 - Piso 0, Armadura Superior, direção y**



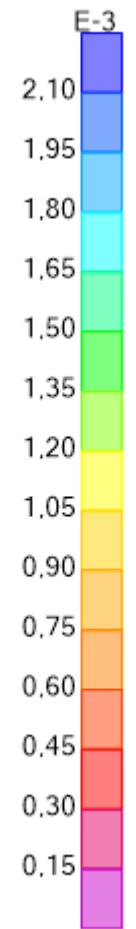
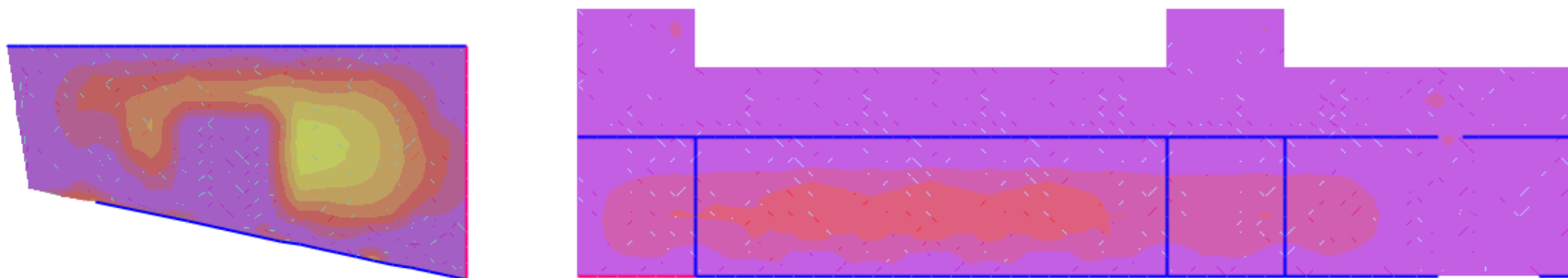
- **Corpo 1 - Piso 1, Armadura Superior, direção y**



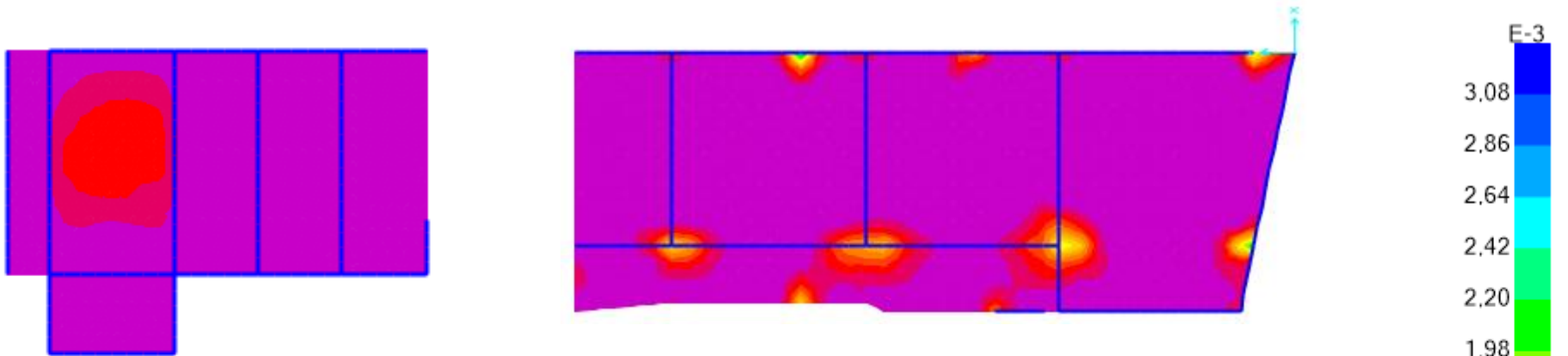
- **Corpo 1 - Piso 0, Armadura Inferior, direção y**



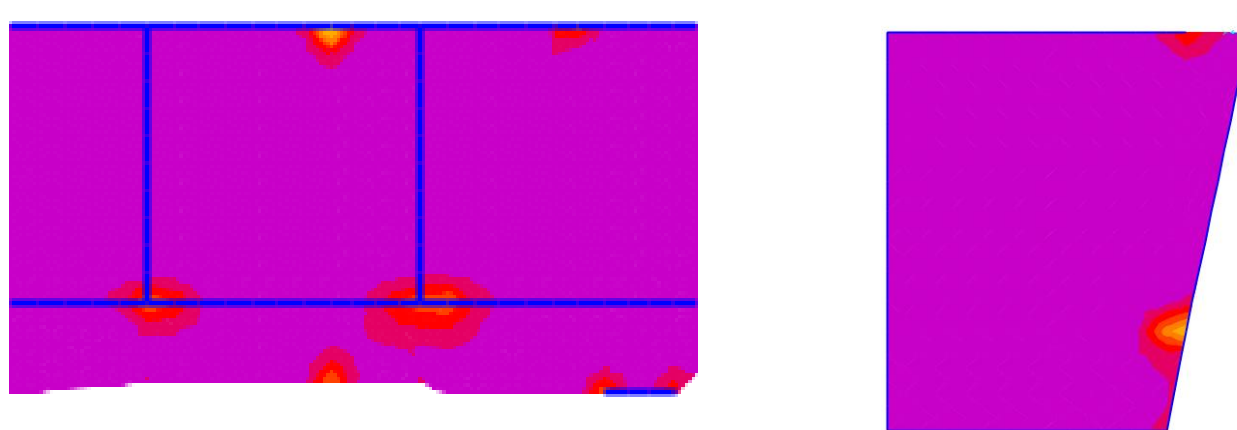
- **Corpo 1 - Piso 1, Armadura Inferior, direção y**



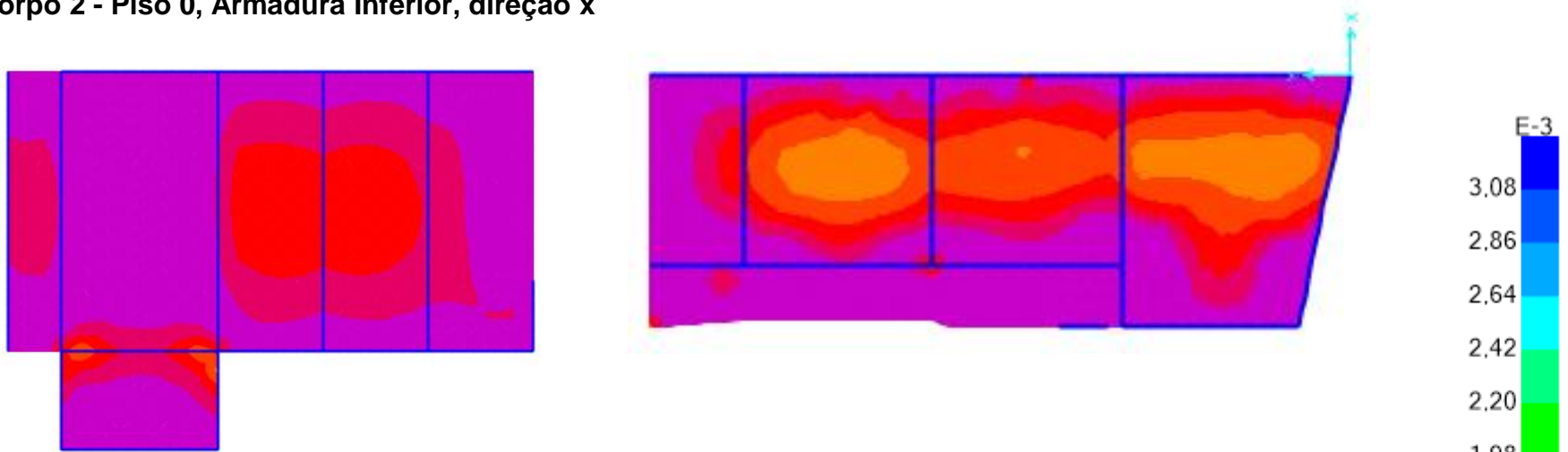
- **Corpo 2 - Piso 0, Armadura Superior, direção x**



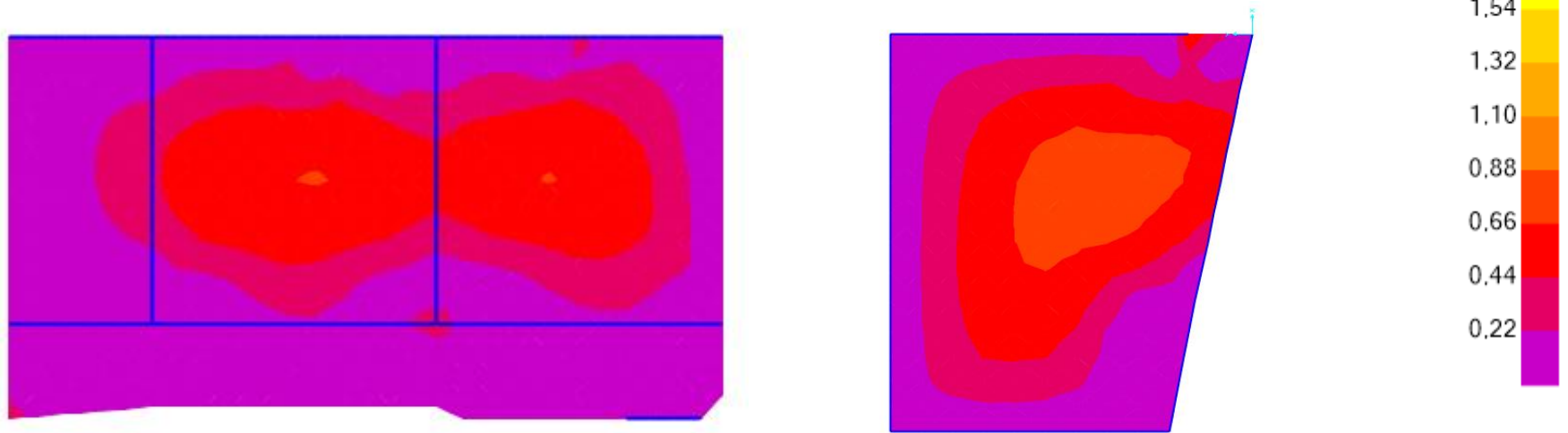
- **Corpo 2 - Piso 1, Armadura Superior, direção x**



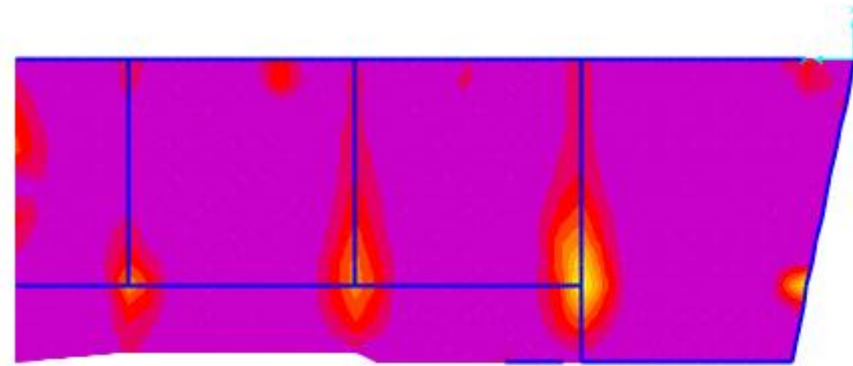
- **Corpo 2 - Piso 0, Armadura Inferior, direção x**



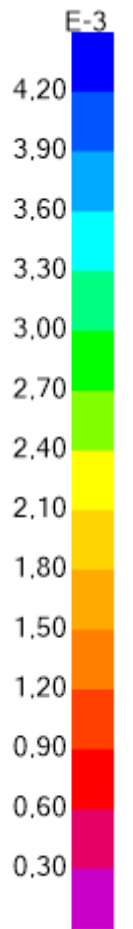
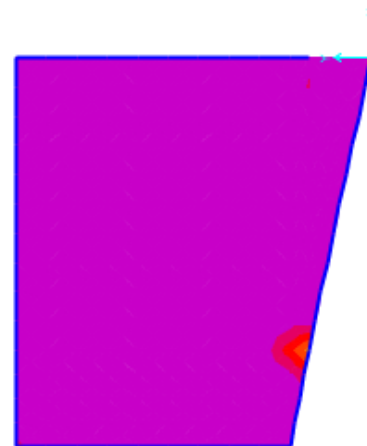
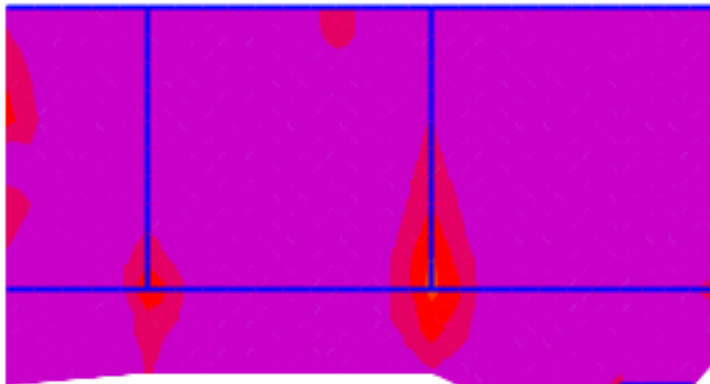
- **Corpo 2 - Piso 1, Armadura Inferior, direção x**



- **Corpo 2 - Piso 0, Armadura Superior, direção y**



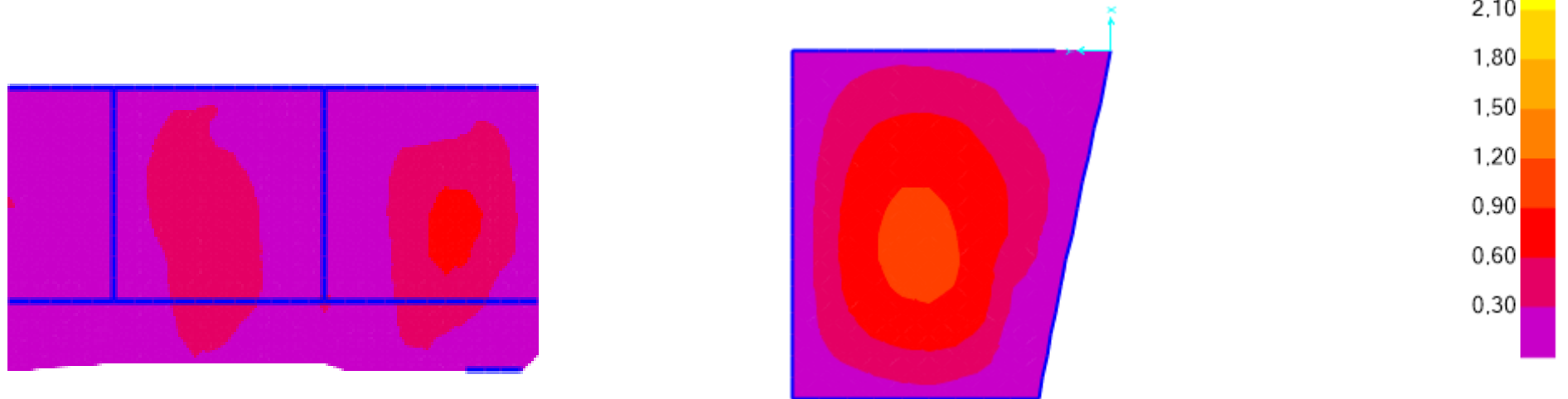
- **Corpo 2 - Piso 1, Armadura Superior, direção y**



- **Corpo 2 - Piso 0, Armadura Inferior, direção y**



- **Corpo 2 - Piso 0, Armadura Inferior, direção y**



ANEXO 21 - Dimensionamento de Sapatas

SAPATA	N _{Sd} (kN)	N _{corrigido} (kN)	Pilar	Pilar		A _{min} (m ²)	Dimensões Necessárias		Dimensões Adotadas		A _{adotada} (m ²)	H _{min} (m)	H _{Adotada} (m)
				a (m)	b (m)		A' (m)	B' (m)	A (m)	B (m)			
S1	488.62	610.78	P1	0.30	0.30	3.05	1.75	1.75	1.75	1.75	3.06	0.88	0.90
S2	518.41	648.01	P2	0.30	0.30	3.24	1.80	1.80	1.80	1.80	3.24	0.90	0.90
S3	383.38	479.23	P3	0.30	0.30	2.40	1.55	1.55	1.60	1.60	2.56	0.80	0.80
S4	216.11	270.14	P4	0.30	0.30	1.35	1.16	1.16	1.20	1.20	1.44	0.60	0.60
S5	391.94	489.93	P5	0.30	0.30	2.45	1.57	1.57	1.60	1.60	2.56	0.80	0.90
S6	301.09	376.36	P6	0.30	0.30	1.88	1.37	1.37	1.40	1.40	1.96	0.70	0.70
S7	278.21	347.76	P7	0.30	0.30	1.74	1.32	1.32	1.40	1.40	1.96	0.70	0.70
S8	279.61	349.51	P8	0.30	0.30	1.75	1.32	1.32	1.40	1.40	1.96	0.70	0.70
S9	285.10	356.38	P9	0.30	0.30	1.78	1.33	1.33	1.40	1.40	1.96	0.70	0.70
S10	246.92	308.65	P10	0.30	0.30	1.54	1.24	1.24	1.40	1.40	1.96	0.70	0.70
S11	431.75	539.69	P11	0.30	0.30	2.70	1.64	1.64	1.75	1.75	3.06	0.88	0.90
S12	20.96	26.20	P12	0.30	0.30	0.13	0.36	0.36	0.50	0.50	0.25	0.25	0.50
S13	87.41	109.26	P13	0.30	0.30	0.55	0.74	0.74	0.75	0.75	0.56	0.38	0.50
S14	555.83	694.79	P14	0.30	0.30	3.47	1.86	1.86	1.90	1.90	3.61	0.95	1.00
S15	456.90	571.13	P15	0.30	0.30	2.86	1.69	1.69	1.75	1.75	3.06	0.88	0.90
S16	459.50	574.38	P16	0.30	0.30	2.87	1.69	1.69	1.75	1.75	3.06	0.88	0.90
S17	464.77	580.96	P17	0.30	0.30	2.90	1.70	1.70	1.75	1.75	3.06	0.88	0.90
S18	461.81	577.26	P18	0.30	0.30	2.89	1.70	1.70	1.75	1.75	3.06	0.88	0.90
S19	458.74	573.43	P19	0.30	0.30	2.87	1.69	1.69	1.75	1.75	3.06	0.88	0.90
S20	463.75	579.69	P20	0.30	0.30	2.90	1.70	1.70	1.75	1.75	3.06	0.88	0.90

**CORPO
1**

SAPATA	N _{Sd} (kN)	N _{corrigido} (kN)	Pilar	Pilar		A _{min} (m ²)	Dimensões Necessárias		Dimensões Adotadas		A _{adotada} (m ²)	H _{min} (m)	H _{Adotada} (m)
				a (m)	b (m)		A' (m)	B' (m)	A (m)	B (m)			
S21	324.53	405.66	P21	0.30	0.30	2.03	1.42	1.42	1.50	1.50	2.25	0.75	0.90
S22	455.18	568.98	P22	0.30	0.30	2.84	1.69	1.69	1.75	1.75	3.06	0.88	0.90
S23	492.42	615.53	P23	0.30	0.30	3.08	1.75	1.75	1.75	1.75	3.06	0.88	0.90
S24	412.39	515.49	P24	0.30	0.30	2.58	1.61	1.61	1.75	1.75	3.06	0.88	0.90
S25	403.71	504.64	P25	0.30	0.30	2.52	1.59	1.59	1.60	1.60	2.56	0.80	0.90
S26	145.49	181.86	P26	0.30		0.91	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50
S27	54.94	68.68	P27	0.30		0.34	0.59	0.59	0.75	0.75	0.56	0.38	0.50
S28	81.04	101.30	P28	0.30		0.51	0.71	0.71	0.75	0.75	0.56	0.38	0.50
S29	81.02	101.28	P29	0.30		0.51	0.71	0.71	0.75	0.75	0.56	0.38	0.50
S30	81.50	101.88	P30	0.30		0.51	0.71	0.71	0.75	0.75	0.56	0.38	0.50
S31	137.32	171.65	P31	0.30		0.86	0.93	0.93	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50
S32	52.87	66.09	P32	0.30		0.33	0.57	0.57	0.75	0.75	0.56	0.38	0.50
S33	53.69	67.11	P33	0.30		0.34	0.58	0.58	0.75	0.75	0.56	0.38	0.50
S34	137.81	172.26	P34	0.30		0.86	0.93	0.93	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50
S35	82.36	102.95	P35	0.30		0.51	0.72	0.72	0.75	0.75	0.56	0.38	0.50
S36	82.20	102.75	P36	0.30		0.51	0.72	0.72	0.75	0.75	0.56	0.38	0.50
S37	95.65	119.56	P37	0.30		0.60	0.77	0.77	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50
S38	24.44	30.55	P38	0.30		0.15	0.39	0.39	0.50	0.50	0.25	0.25	0.50
S39	138.01	172.51	P39	0.30	0.40	0.86	0.93	0.93	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50
S40	146.02	182.53	P40	0.30	0.40	0.91	0.96	0.96	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50
S41	667.03	833.79	P41	0.60	0.30	4.17	2.04	2.04	2.20	2.20	4.84	1.10	1.10
S42	725.74	907.18	P42	0.60	0.30	4.54	2.13	2.13	2.20	2.20	4.84	1.10	1.10
S43	683.09	853.86	P43	0.30	0.40	4.27	2.07	2.07	2.20	2.20	4.84	1.10	1.10
S44	288.09	360.11	P44	0.30	0.30	1.80	1.34	1.34	1.40	1.40	1.96	0.70	0.90

SAPATA	N _{Sd} (kN)	N _{corrigido} (kN)	Pilar	Pilar		A _{min} (m ²)	Dimensões Necessárias		Dimensões Adotadas		A _{adotada} (m ²)	H _{min} (m)	H _{Adotada} (m)
				a (m)	b (m)		A' (m)	B' (m)	A (m)	B (m)			
S45	425.24	531.55	P45	0.30	0.40	2.66	1.63	1.63	1.75	1.75	3.06	0.88	0.90
S46	1058.21	1322.76	P46	0.30	0.40	6.61	2.57	2.57	2.60	2.60	6.76	1.30	1.30
S47	360.86	451.08	P47	0.30	0.40	2.26	1.50	1.50	1.50	1.50	2.25	0.75	0.90
S48	476.34	595.43	P48	0.30	0.40	2.98	1.73	1.73	1.75	1.75	3.06	0.88	0.90
S49	841.78	1052.23	P49	0.30	0.40	5.26	2.29	2.29	2.30	2.30	5.29	1.15	1.30
S50	49.36	61.70	P50	0.30		0.31	0.56	0.56	0.75	0.75	0.56	0.38	0.50
S51	116.55	145.69	P51	0.30	0.40	0.73	0.85	0.85	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50
S52	174.69	218.36	P52	0.30	0.30	1.09	1.04	1.04	1.25	1.25	1.56	0.63	0.75
S53	180.19	225.24	P53	0.30	0.30	1.13	1.06	1.06	1.25	1.25	1.56	0.63	0.75
S54	208.18	260.23	P54	0.30	0.30	1.30	1.14	1.14	1.25	1.25	1.56	0.63	0.75
S55	197.68	247.10	P55	0.30	0.30	1.24	1.11	1.11	1.25	2.00	2.50	1.00	1.00
S56	241.40	301.75	P56	0.30	0.30	1.51	1.23	1.23	1.25	1.25	1.56	0.63	0.75
S57	378.53	473.16	P57	0.30	0.30	2.37	1.54	1.54	1.60	1.60	2.56	0.80	0.90
S58	16.76	20.95	P58	0.30	0.30	0.10	0.32	0.32	0.50	0.50	0.25	0.25	0.50
S59	21.91	27.39	P59	0.30	0.30	0.14	0.37	0.37	0.50	0.50	0.25	0.25	0.50

A. 57 – Pré dimensionamento das sapatas

SAPATA	Verificação de segurança					
	PP _{sapata} (kN)	N _{Sd} (kN)	N _{base} (kN)	σ_{solo} (MPa)	σ_{adm} (MPa)	
CORPO 1	S1	68.91	488.62	557.53	200	182.05
	S2	72.90	518.41	591.31	200	182.50
	S3	51.20	383.38	434.58	200	169.76
	S4	21.60	216.11	237.71	200	165.08
	S5	57.60	391.94	449.54	200	175.60
	S6	34.30	301.09	335.39	200	171.12
	S7	34.30	278.21	312.51	200	159.44
	S8	34.30	279.61	313.91	200	160.16
	S9	34.30	285.10	319.40	200	162.96
	S10	34.30	246.92	281.22	200	143.48
	S11	68.91	431.75	500.66	200	163.48
	S12	3.13	20.96	24.09	200	96.34
	S13	7.03	87.41	94.44	200	167.90
	S14	90.25	555.83	646.08	200	178.97
	S15	68.91	456.90	525.81	200	171.69
	S16	68.91	459.50	528.41	200	172.54
	S17	68.91	464.77	533.68	200	174.26
	S18	68.91	461.81	530.72	200	173.30
	S19	68.91	458.74	527.65	200	172.29
	S20	68.91	463.75	532.66	200	173.93
	S21	50.63	324.53	375.16	200	166.74
	S22	68.91	455.18	524.09	200	171.13
	S23	68.91	492.42	561.33	200	183.29
	S24	68.91	412.39	481.30	200	157.16
	S25	57.60	403.71	461.31	200	180.20
	S26	12.50	145.49	157.99	200	157.99
	S27	7.03	54.94	61.97	200	110.17
	S28	7.03	81.04	88.07	200	156.57
	S29	7.03	81.02	88.05	200	156.54
	S30	7.03	81.50	88.53	200	157.39
	S31	12.50	137.32	149.82	200	149.82
	S32	7.03	52.87	59.90	200	106.49
	S33	7.03	53.69	60.72	200	107.95
	S34	12.50	137.81	150.31	200	150.31
	S35	7.03	82.36	89.39	200	158.92
	S36	7.03	82.20	89.23	200	158.63
CORPO 2	S37	12.50	95.65	108.15	200	108.15
	S38	3.13	24.44	27.57	200	110.26
	S39	12.50	138.01	150.51	200	150.51
	S40	12.50	146.02	158.52	200	158.52
	S41	133.10	667.03	800.13	200	165.32

SAPATA	Verificação de segurança				
	PP _{sapata} (kN)	N _{Sd} (kN)	N _{base} (kN)	σ_{solo} (MPa)	σ_{adm} (MPa)
S42	133.10	725.74	858.84	200	177.45
S43	133.10	683.09	816.19	200	168.63
S44	44.10	288.09	332.19	200	169.48
S45	68.91	425.24	494.15	200	161.35
S46	219.70	1058.21	1277.91	200	189.04
S47	50.63	360.86	411.49	200	182.88
S48	68.91	476.34	545.25	200	178.04
S49	171.93	841.78	1013.71	200	191.63
S50	7.03	49.36	56.39	200	100.25
S51	12.50	116.55	129.05	200	129.05
S52	29.30	174.69	203.99	200	130.55
S53	29.30	180.19	209.49	200	134.07
S54	29.30	208.18	237.48	200	151.99
S55	62.50	197.68	260.18	200	104.07
S56	29.30	241.40	270.70	200	173.25
S57	57.60	378.53	436.13	200	170.36
S58	3.13	16.76	19.89	200	79.54
S59	3.13	21.91	25.04	200	100.14

A. 58 – Verificação de segurança das sapatas

SAPATA	ARMADURAS NA DIREÇÃO X									
	N _{base} (kN)	γ	a (m)	a ₀ (m)	d (m)	F _{t_{sd}} (kN)	f _{syd} (MPa)	b (m)	A _{s,x} (cm ² /m)	Armadura
S1	557.53	1.5	1.75	0.30	0.81	187.13	348	1.75	3.07	Ø10 //20
S2	591.31	1.5	1.80	0.30	0.81	205.32	348	1.80	3.28	Ø10 //20
S3	434.58	1.5	1.60	0.30	0.72	147.12	348	1.60	2.64	Ø10 //20
S4	237.71	1.5	1.20	0.30	0.54	74.28	348	1.20	1.78	Ø10 //20
S5	449.54	1.5	1.60	0.30	0.81	135.28	348	1.60	2.43	Ø10 //20
S6	335.39	1.5	1.40	0.30	0.63	109.80	348	1.40	2.25	Ø10 //20
S7	312.51	1.5	1.40	0.30	0.63	102.31	348	1.40	2.10	Ø10 //20
S8	313.91	1.5	1.40	0.30	0.63	102.77	348	1.40	2.11	Ø10 //20
S9	319.40	1.5	1.40	0.30	0.63	104.57	348	1.40	2.15	Ø10 //20
S10	281.22	1.5	1.40	0.30	0.63	92.07	348	1.40	1.89	Ø10 //20
S11	500.66	1.5	1.75	0.30	0.81	168.04	348	1.75	2.76	Ø10 //20
S12	24.09	1.5	0.50	0.30	0.45	2.01	348	0.50	0.12	Ø10 //20
S13	94.44	1.5	0.75	0.30	0.45	17.71	348	0.75	0.68	Ø10 //20
S14	646.08	1.5	1.90	0.30	0.9	215.36	348	1.90	3.26	Ø10 //20
S15	525.81	1.5	1.75	0.30	0.81	176.49	348	1.75	2.90	Ø10 //20
S16	528.41	1.5	1.75	0.30	0.81	177.36	348	1.75	2.91	Ø10 //20
S17	533.68	1.5	1.75	0.30	0.81	179.13	348	1.75	2.94	Ø10 //20
S18	530.72	1.5	1.75	0.30	0.81	178.13	348	1.75	2.93	Ø10 //20
S19	527.65	1.5	1.75	0.30	0.81	177.10	348	1.75	2.91	Ø10 //20
S20	532.66	1.5	1.75	0.30	0.81	178.79	348	1.75	2.94	Ø10 //20
S21	375.16	1.5	1.50	0.30	0.81	104.21	348	1.50	2.00	Ø10 //20
S22	524.09	1.5	1.75	0.30	0.81	175.91	348	1.75	2.89	Ø10 //20
S23	561.33	1.5	1.75	0.30	0.81	188.41	348	1.75	3.09	Ø10 //20
S24	481.30	1.5	1.75	0.30	0.81	161.55	348	1.75	2.65	Ø10 //20
S25	461.31	1.5	1.60	0.30	0.81	138.82	348	1.60	2.49	Ø10 //20
S26	157.99	1.5	1.00	0.30	0.45	46.08	348	1.00	1.32	Ø10 //20

SAPATA	ARMADURAS NA DIREÇÃO X										
	N _{base} (kN)	γ	a (m)	a ₀ (m)	d (m)	F _{t_{sd}} (kN)	f _{syd} (MPa)	b (m)	A _{s,x} (cm ² /m)	Armadura	
CORPO 1	S27	61.97	1.5	0.75	0.30	0.45	11.62	348	0.75	0.45	Ø10 //20
	S28	88.07	1.5	0.75	0.30	0.45	16.51	348	0.75	0.63	Ø10 //20
	S29	88.05	1.5	0.75	0.30	0.45	16.51	348	0.75	0.63	Ø10 //20
	S30	88.53	1.5	0.75	0.30	0.45	16.60	348	0.75	0.64	Ø10 //20
	S31	149.82	1.5	1.00	0.30	0.45	43.70	348	1.00	1.26	Ø10 //20
	S32	59.90	1.5	0.75	0.30	0.45	11.23	348	0.75	0.43	Ø10 //20
	S33	60.72	1.5	0.75	0.30	0.45	11.39	348	0.75	0.44	Ø10 //20
	S34	150.31	1.5	1.00	0.30	0.45	43.84	348	1.00	1.26	Ø10 //20
	S35	89.39	1.5	0.75	0.30	0.45	16.76	348	0.75	0.64	Ø10 //20
	S36	89.23	1.5	0.75	0.30	0.45	16.73	348	0.75	0.64	Ø10 //20
CORPO 2	S37	108.15	1.5	1.00	0.30	0.45	31.54	348	1.00	0.91	Ø10 //20
	S38	27.57	1.5	0.50	0.30	0.45	2.30	348	0.50	0.13	Ø10 //20
	S39	150.51	1.5	1.00	0.30	0.45	43.90	348	1.00	1.26	Ø10 //20
	S40	158.52	1.5	1.00	0.30	0.45	46.24	348	1.00	1.33	Ø10 //20
	S41	800.13	1.5	2.20	0.60	0.99	242.46	348	2.20	3.17	Ø10 //20
	S42	858.84	1.5	2.20	0.60	0.99	260.25	348	2.20	3.40	Ø10 //20
	S43	816.19	1.5	2.20	0.30	0.99	293.70	348	2.20	3.84	Ø10 //20
	S44	332.19	1.5	1.40	0.30	0.81	84.59	348	1.40	1.74	Ø10 //20
	S45	494.15	1.5	1.75	0.30	0.81	165.86	348	1.75	2.72	Ø10 //20
	S46	1277.91	1.5	2.60	0.30	1.17	471.02	348	2.60	5.21	Ø12 //20
	S47	411.49	1.5	1.50	0.30	0.81	114.30	348	1.50	2.19	Ø10 //20
	S48	545.25	1.5	1.75	0.30	0.81	183.01	348	1.75	3.01	Ø10 //20
	S49	1013.71	1.5	2.30	0.30	1.17	324.91	348	2.30	4.06	Ø12 //20
	S50	56.39	1.5	0.75	0.30	0.45	10.57	348	0.75	0.41	Ø10 //20
	S51	129.05	1.5	1.00	0.30	0.45	37.64	348	1.00	1.08	Ø10 //20
	S52	203.99	1.5	1.25	0.30	0.675	53.83	348	1.25	1.24	Ø10 //20

SAPATA	ARMADURAS NA DIREÇÃO X									
	N_{base} (kN)	γ	a (m)	a_0 (m)	d (m)	$F_{t_{sd}}$ (kN)	f_{syd} (MPa)	b (m)	$A_{s,x}$ (cm ² /m)	Armadura
S53	209.49	1.5	1.25	0.30	0.675	55.28	348	1.25	1.27	Ø10 //20
S54	237.48	1.5	1.25	0.30	0.675	62.67	348	1.25	1.44	Ø10 //20
S55	260.18	1.5	1.25	0.30	0.9	51.49	348	2.00	0.74	Ø10 //20
S56	270.70	1.5	1.25	0.30	0.675	71.43	348	1.25	1.64	Ø10 //20
S57	436.13	1.5	1.60	0.30	0.81	131.24	348	1.60	2.36	Ø10 //20
S58	19.89	1.5	0.50	0.30	0.45	1.66	348	0.50	0.10	Ø10 //20
S59	25.04	1.5	0.50	0.30	0.45	2.09	348	0.50	0.12	Ø10 //20

A. 59 – Armaduras das sapatas na direção x

SAPATA	ARMADURAS NA DIREÇÃO Y									
	N _{base} (kN)	γ	a (m)	a ₀ (m)	d (m)	F _{t_{sd}} (kN)	f _{syd} (MPa)	b (m)	A _{s,y} (cm ² /m)	Armadura
S1	557.53	1.5	1.75	0.30	0.81	187.13	348	1.75	3.07	Ø10 //20
S2	591.31	1.5	1.80	0.30	0.81	205.32	348	1.80	3.28	Ø10 //20
S3	434.58	1.5	1.60	0.30	0.72	147.12	348	1.60	2.64	Ø10 //20
S4	237.71	1.5	1.20	0.30	0.54	74.28	348	1.20	1.78	Ø10 //20
S5	449.54	1.5	1.60	0.30	0.81	135.28	348	1.60	2.43	Ø10 //20
S6	335.39	1.5	1.40	0.30	0.63	109.80	348	1.40	2.25	Ø10 //20
S7	312.51	1.5	1.40	0.30	0.63	102.31	348	1.40	2.10	Ø10 //20
S8	313.91	1.5	1.40	0.30	0.63	102.77	348	1.40	2.11	Ø10 //20
S9	319.40	1.5	1.40	0.30	0.63	104.57	348	1.40	2.15	Ø10 //20
S10	281.22	1.5	1.40	0.30	0.63	92.07	348	1.40	1.89	Ø10 //20
S11	500.66	1.5	1.75	0.30	0.81	168.04	348	1.75	2.76	Ø10 //20
S12	24.09	1.5	0.50	0.30	0.45	2.01	348	0.50	0.12	Ø10 //20
S13	94.44	1.5	0.75	0.30	0.45	17.71	348	0.75	0.68	Ø10 //20
S14	646.08	1.5	1.90	0.30	0.9	215.36	348	1.90	3.26	Ø10 //20
S15	525.81	1.5	1.75	0.30	0.81	176.49	348	1.75	2.90	Ø10 //20
S16	528.41	1.5	1.75	0.30	0.81	177.36	348	1.75	2.91	Ø10 //20
S17	533.68	1.5	1.75	0.30	0.81	179.13	348	1.75	2.94	Ø10 //20
S18	530.72	1.5	1.75	0.30	0.81	178.13	348	1.75	2.93	Ø10 //20
S19	527.65	1.5	1.75	0.30	0.81	177.10	348	1.75	2.91	Ø10 //20
S20	532.66	1.5	1.75	0.30	0.81	178.79	348	1.75	2.94	Ø10 //20
S21	375.16	1.5	1.50	0.30	0.81	104.21	348	1.50	2.00	Ø10 //20
S22	524.09	1.5	1.75	0.30	0.81	175.91	348	1.75	2.89	Ø10 //20
S23	561.33	1.5	1.75	0.30	0.81	188.41	348	1.75	3.09	Ø10 //20
S24	481.30	1.5	1.75	0.30	0.81	161.55	348	1.75	2.65	Ø10 //20

SAPATA	ARMADURAS NA DIREÇÃO Y										
	N _{base} (kN)	γ	a (m)	a ₀ (m)	d (m)	F _{t_{sd}} (kN)	f _{syd} (MPa)	b (m)	A _{s,y} (cm ² /m)	Armadura	
CORPO 1	S25	461.31	1.5	1.60	0.30	0.81	138.82	348	1.60	2.49	Ø10 //20
	S26	157.99	1.5	1.00	0.00	0.45	65.83	348	1.00	1.89	Ø10 //20
	S27	61.97	1.5	0.75	0.00	0.45	19.37	348	0.75	0.74	Ø10 //20
	S28	88.07	1.5	0.75	0.00	0.45	27.52	348	0.75	1.05	Ø10 //20
	S29	88.05	1.5	0.75	0.00	0.45	27.52	348	0.75	1.05	Ø10 //20
	S30	88.53	1.5	0.75	0.00	0.45	27.67	348	0.75	1.06	Ø10 //20
	S31	149.82	1.5	1.00	0.00	0.45	62.43	348	1.00	1.79	Ø10 //20
	S32	59.90	1.5	0.75	0.00	0.45	18.72	348	0.75	0.72	Ø10 //20
	S33	60.72	1.5	0.75	0.00	0.45	18.98	348	0.75	0.73	Ø10 //20
	S34	150.31	1.5	1.00	0.00	0.45	62.63	348	1.00	1.80	Ø10 //20
	S35	89.39	1.5	0.75	0.00	0.45	27.93	348	0.75	1.07	Ø10 //20
	S36	89.23	1.5	0.75	0.00	0.45	27.88	348	0.75	1.07	Ø10 //20
CORPO 2	S37	108.15	1.5	1.00	0.00	0.45	45.06	348	1.00	1.29	Ø10 //20
	S38	27.57	1.5	0.50	0.00	0.45	5.74	348	0.50	0.33	Ø10 //20
	S39	150.51	1.5	1.00	0.40	0.45	37.63	348	1.00	1.08	Ø10 //20
	S40	158.52	1.5	1.00	0.40	0.45	39.63	348	1.00	1.14	Ø10 //20
	S41	800.13	1.5	2.20	0.30	0.99	287.93	348	2.20	3.76	Ø10 //20
	S42	858.84	1.5	2.20	0.30	0.99	309.05	348	2.20	4.04	Ø10 //20
	S43	816.19	1.5	2.20	0.40	0.99	278.25	348	2.20	3.63	Ø10 //20
	S44	332.19	1.5	1.40	0.30	0.81	84.59	348	1.40	1.74	Ø10 //20
	S45	494.15	1.5	1.75	0.40	0.81	154.42	348	1.75	2.54	Ø10 //20
	S46	1277.91	1.5	2.60	0.40	1.17	450.55	348	2.60	4.98	Ø12 //20
	S47	411.49	1.5	1.50	0.40	0.81	104.78	348	1.50	2.01	Ø10 //20
	S48	545.25	1.5	1.75	0.40	0.81	170.39	348	1.75	2.80	Ø10 //20

SAPATA	ARMADURAS NA DIREÇÃO Y									
	N _{base} (kN)	γ	a (m)	a ₀ (m)	d (m)	F _{tsd} (kN)	f _{syd} (MPa)	b (m)	A _{s,y} (cm ² /m)	Armadura
S49	1013.71	1.5	2.30	0.40	1.17	308.66	348	2.30	3.86	Ø10 //20
S50	56.39	1.5	0.75	0.00	0.45	17.62	348	0.75	0.68	Ø10 //20
S51	129.05	1.5	1.00	0.40	0.45	32.26	348	1.00	0.93	Ø10 //20
S52	203.99	1.5	1.25	0.30	0.675	53.83	348	1.25	1.24	Ø10 //20
S53	209.49	1.5	1.25	0.30	0.675	55.28	348	1.25	1.27	Ø10 //20
S54	237.48	1.5	1.25	0.30	0.675	62.67	348	1.25	1.44	Ø10 //20
S55	260.18	1.5	2.00	0.40	0.9	86.73	348	1.25	1.99	Ø10 //20
S56	270.70	1.5	1.25	0.00	0.675	93.99	348	1.25	2.16	Ø10 //20
S57	436.13	1.5	1.60	0.30	0.81	131.24	348	1.60	2.36	Ø10 //20
S58	19.89	1.5	0.50	0.30	0.45	1.66	348	0.50	0.10	Ø10 //20
S59	25.04	1.5	0.50	0.30	0.45	2.09	348	0.50	0.12	Ø10 //20

A. 60 – Armaduras das sapatas na direção y

- Sapatas das Paredes Resistentes

	N _{Sd} (kN)	N _{corrigido} (kN)	A _{min} (m ²)	Dimensões Necessárias		Dimensões Adotadas		A _{adotada} (m ²)	H _{min} (m)	H _{Adotada} (m)
				A' (m)	B' (m)	A (m)	B (m)			
S13	592.09	651.30	3.26	1.80	1.80	6.95	1.00	6.95	3.48	1.00
S14	434.88	478.37	2.39	1.55	1.55	3.88	1.00	3.88	1.94	1.00
S15	329.15	362.07	1.81	1.35	1.35	4.81	1.00	4.81	2.41	1.00
S16	625.66	688.23	3.44	1.86	1.86	6.00	1.00	6.00	3.00	1.00
S17	71.69	78.86	0.39	0.63	0.63	2.90	1.00	2.90	1.45	1.00
S18	114.05	125.46	0.63	0.79	0.79	2.05	1.00	2.05	1.03	1.00
S19	661.31	727.44	3.64	1.91	1.91	2.75	1.50	4.13	1.38	1.00
S20	500.53	550.58	2.75	1.66	1.66	2.43	1.50	3.65	1.22	1.00
S21	855.12	940.63	4.70	2.17	2.17	8.80	1.00	8.80	4.40	1.00
S22	445.56	490.12	2.45	1.57	1.57	3.19	1.00	3.19	1.60	1.00
S23	322.31	354.54	1.77	1.33	1.33	3.19	1.00	3.19	1.60	1.00

A. 61 - Pré dimensionamento das sapatas das paredes resistentes

SAPATA	Verificação de segurança				
	PP _{sapata} (kN)	N _{Sd} (kN)	N _{base} (kN)	σ_{solo}	σ_{adm}
S13	173.75	592.09	765.84	200	110.19
S14	97.00	434.88	531.88	200	137.08
S15	120.25	329.15	449.40	200	93.43
S16	150.00	625.66	775.66	200	129.28
S17	72.50	71.69	144.19	200	49.72
S18	51.25	114.05	165.30	200	80.63
S19	103.13	661.31	764.44	200	185.32
S20	91.13	500.53	591.66	200	162.32
S21	220.00	855.12	1075.12	200	122.17
S22	79.75	445.56	525.31	200	164.67
S23	79.75	322.31	402.06	200	126.04

A. 62 - Verificação de segurança das sapatas das paredes

SAPATA	ARMADURAS NA DIREÇÃO X									
	N _{base} (kN)	γ	a (m)	a ₀ (m)	d (m)	F _{tsd} (kN)	f _{syd} (MPa)	b (m)	A _{s,x} (cm ² /m)	Armadura
S13	765.84	1.5	1.00	0.28	0.9	114.88	348	6.95	0.47	Ø10 //20
S14	531.88	1.5	3.88	2.88	0.9	110.81	348	1.00	3.18	Ø10 //20
S15	449.40	1.5	4.81	3.81	0.9	93.63	348	1.00	2.69	Ø10 //20
S16	775.66	1.5	1.00	0.28	0.9	116.35	348	6.00	0.56	Ø10 //20
S17	144.19	1.5	1.00	0.28	0.9	21.63	348	2.90	0.21	Ø10 //20
S18	165.30	1.5	2.05	1.05	0.9	34.44	348	1.00	0.99	Ø10 //20
S19	764.44	1.5	1.50	0.28	0.9	194.29	348	2.75	2.03	Ø10 //20
S20	591.66	1.5	1.50	0.28	0.9	150.38	348	2.43	1.78	Ø10 //20
S21	1075.12	1.5	8.80	7.80	0.9	223.98	348	1.00	6.44	Ø12 //15
S22	525.31	1.5	1.00	0.28	0.9	78.80	348	3.19	0.71	Ø10 //20
S23	402.06	1.5	1.00	0.28	0.9	60.31	348	3.19	0.54	Ø10 //20

A. 63 - Armaduras das sapatas das paredes na direção x

SAPATA	ARMADURAS NA DIREÇÃO Y									
	N _{base} (kN)	γ	a (m)	a ₀ (m)	d (m)	F _{tsd} (kN)	f _{syd} (MPa)	b (m)	A _{s,y} (cm ² /m)	Armadura
S13	765.84	1.5	6.95	5.95	0.9	159.55	348	1.00	4.58	Ø12 //20
S14	531.88	1.5	1.00	0.28	0.9	79.78	348	3.88	0.59	Ø10 //20
S15	449.40	1.5	1.00	0.28	0.9	67.41	348	4.81	0.40	Ø10 //20
S16	775.66	1.5	6.00	5.00	0.9	161.60	348	1.00	4.64	Ø12 //20
S17	144.19	1.5	2.90	1.90	0.9	30.04	348	1.00	0.86	Ø10 //20
S18	165.30	1.5	1.00	0.28	0.9	24.80	348	2.05	0.35	Ø10 //20
S19	764.44	1.5	2.75	1.75	0.9	159.26	348	1.50	3.05	Ø10 //20
S20	591.66	1.5	2.43	1.43	0.9	123.26	348	1.50	2.36	Ø10 //20
S21	1075.12	1.5	1.00	0.28	0.9	161.27	348	8.80	0.53	Ø10 //20
S22	525.31	1.5	3.19	2.19	0.9	109.44	348	1.00	3.14	Ø10 //20
S23	402.06	1.5	3.19	2.19	0.9	83.76	348	1.00	2.41	Ø10 //20

A. 64 - Armaduras das sapatas na direção y

ANEXO 22 - Dimensionamento das Vigas de Fundação

- Armadura Longitudinal

VIGA	Zona	As (SAP) (cm ²)			As (Adotado)			As (Adotado) (cm ²)		
		inicio	meio	fim	inicio	meio	fim	inicio	meio	fim
VF1	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF2	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF3	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF4	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF5	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF6	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF7	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF8	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF9	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF10	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF11	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF12	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF13	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF14	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF15	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF16	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF17	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF18	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF19	sup.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.105	5.105	5.105	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03

VIGA	Zona	As (SAP) (cm ²)			As (Adotado)			As (Adotado) (cm ²)		
		inicio	meio	fim	inicio	meio	fim	inicio	meio	fim
VF61	sup.	4.888	7.431	16.215	3Ø20	3Ø20	6Ø20	9.42	9.42	18.85
	inf.	7.681	4.888	8.561	3Ø20	3Ø20	3Ø20	9.42	9.42	9.42
VF62	sup.	5.851	4.888	10.466	3Ø20	3Ø20	4Ø20	9.42	9.42	12.57
	inf.	7.241	4.888	5.044	3Ø20	3Ø20	3Ø20	9.42	9.42	9.42
VF63	sup.	7.108	4.888	5.344	4Ø16	4Ø16	4Ø16	8.04	8.04	8.04
	inf.	4.888	4.888	5.081	4Ø16	4Ø16	4Ø16	8.04	8.04	8.04
VF64	sup.	5.870	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF65	sup.	4.904	4.888	5.705	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF66	sup.	6.433	4.888	13.498	3Ø20	3Ø20	5Ø20	9.42	9.42	15.71
	inf.	11.121	4.888	7.838	4Ø20	3Ø20	3Ø20	12.57	9.42	9.42
VF67	sup.	4.888	4.888	5.939	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF68	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF68A	sup.	5.267	4.888	12.700	3Ø20	3Ø20	5Ø20	9.42	9.42	15.71
	inf.	3.414	4.888	14.387	3Ø20	3Ø20	5Ø20	9.42	9.42	15.71
VF69	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF70	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF70A	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF71	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF72	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF73	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF73A	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF74	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF75	sup.	4.888	4.888	5.448	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF75A	sup.	5.174	4.888	5.831	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	5.848	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF76	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF77	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03

VIGA	Zona	As (SAP) (cm ²)			As (Adotado)			As (Adotado) (cm ²)		
		inicio	meio	fim	inicio	meio	fim	inicio	meio	fim
VF78	sup.	5.548	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	6.449	4.888	4.888	4Ø16	3Ø16	3Ø16	8.04	6.03	6.03
VF79	sup.	5.857	4.888	7.992	3Ø16	3Ø16	4Ø16	6.03	6.03	8.04
	inf.	5.001	4.888	6.924	3Ø16	3Ø16	4Ø16	6.03	6.03	8.04
VF80	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF81	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF82	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF83	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF84	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF85	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF86	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF87	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF88	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF89	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF90	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF91	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF92	sup.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF93	sup.	6.515	4.888	4.888	4Ø16	3Ø16	3Ø16	8.04	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF94	sup.	6.515	4.888	4.888	4Ø16	3Ø16	3Ø16	8.04	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03
VF95	sup.	6.515	4.888	4.888	4Ø16	3Ø16	3Ø16	8.04	6.03	6.03
	inf.	4.888	4.888	4.888	3Ø16	3Ø16	3Ø16	6.03	6.03	6.03

- Armadura Transversal

	VIGA	As (SAP) (cm ² /m)			As (Adotado)			As (Adotado) (cm ² /m)		
		inicio	meio	fim	inicio	meio	fim	inicio	meio	fim
CORPO 1	VF1	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF2	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF3	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF4	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF5	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF6	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF7	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF8	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF9	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF10	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF11	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF12	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF13	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF14	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF15	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF16	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF17	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF18	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF19	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF20	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF21	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF22	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF23	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF24	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF25	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF26	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF26A	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF27	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF28	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF29	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF30	5.60	5.40	5.50	Ø8//17.5,2r	Ø8//17.5,2r	Ø8//17.5,2r	5.74	5.74	5.74
	VF31	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF32	5.50	5.30	5.50	Ø8//17.5,2r	Ø8//17.5,2r	Ø8//17.5,2r	5.74	5.74	5.74
	VF33	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF34	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF35	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF36	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF37	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF38	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
	VF39	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
VF40	8.10	8.10	8.20	Ø8//10,2r	Ø8//10,2r	Ø8//10,2r	10.06	10.06	10.06	

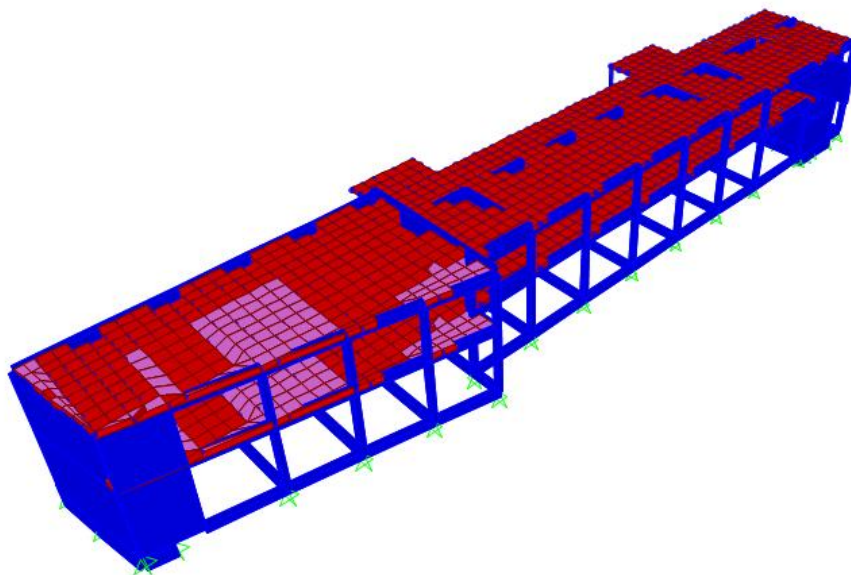
		As (SAP) (cm ² /m)			As (Adotado)			As (Adotado) (cm ² /m)		
VF41	7.40	7.40	7.50	Ø8//10,2r	Ø8//10,2r	Ø8//10,2r	10.06	10.06	10.06	
VF42	4.90	4.60	4.50	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF43	4.90	4.60	4.50	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF44	4.70	4.50	4.70	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF45	4.70	4.50	4.70	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF46	4.70	4.50	4.70	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF47	4.70	4.50	4.70	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF48	4.70	4.50	4.70	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF49	4.70	4.50	4.70	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF50	4.80	4.50	4.70	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF51	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF52	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF53	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF54	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF55	5.50	5.30	5.60	Ø8//17.5,2r	Ø8//17.5,2r	Ø8//17.5,2r	5.74	5.74	5.74	
VF56	5.50	5.30	5.60	Ø8//17.5,2r	Ø8//17.5,2r	Ø8//17.5,2r	5.74	5.74	5.74	
VF57	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF58	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF59	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF60	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	

	VIGA	As (SAP) (cm ² /m)			As (Adotado)			As (Adotado) (cm ² /m)		
		inicio	meio	fim	inicio	meio	fim	inicio	meio	fim
VF60	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF61	11.40	11.70	11.90	Ø8//7.5,2r	Ø8//7.5,2r	Ø8//7.5,2r	13.40	13.40	13.40	
VF62	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF63	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF64	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF65	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF66	11.60	11.90	12.10	Ø8//7.5,2r	Ø8//7.5,2r	Ø8//7.5,2r	13.40	13.40	13.40	
VF67	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF68	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF68A	20.00	20.00	19.80	Ø8//10,4r	Ø8//10,4r	Ø8//10,4r	20.12	20.12	20.12	
VF69	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF70	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF70A	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF71	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF72	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF73	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF73A	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF74	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF75A	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF75	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF76	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	
VF77	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02	

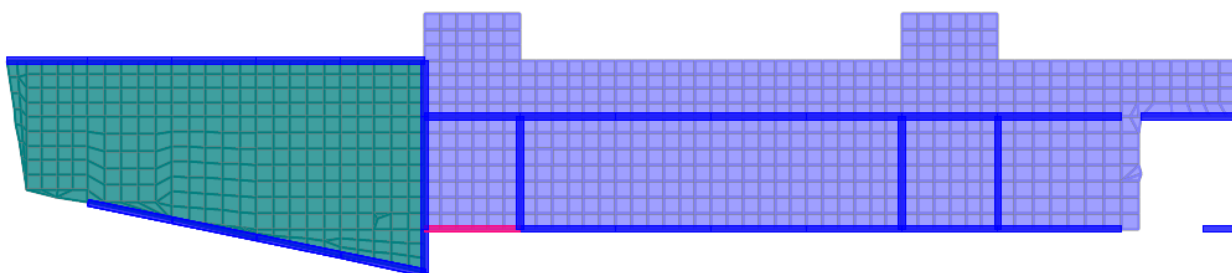
VIGA	As (SAP) (cm ² /m)			As (Adotado)			As (Adotado) (cm ² /m)		
	inicio	meio	fim	inicio	meio	fim	inicio	meio	fim
VF78	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
VF79	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
VF80	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
VF81	4.30	4.60	4.90	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
VF82	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
VF83	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
VF84	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
VF85	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
VF86	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
VF87	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
VF88	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
VF89	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
VF90	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
VF91	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
VF92	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
VF93	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
VF94	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02
VF95	3.30	3.30	3.30	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	Ø8//20,2r	5.02	5.02	5.02

ANEXO 23 – Modelo de Cálculo – Imagens

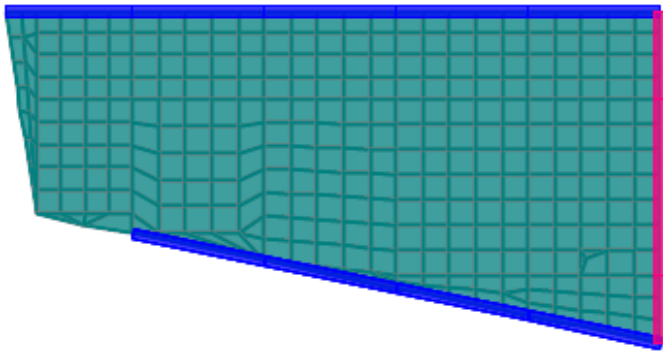
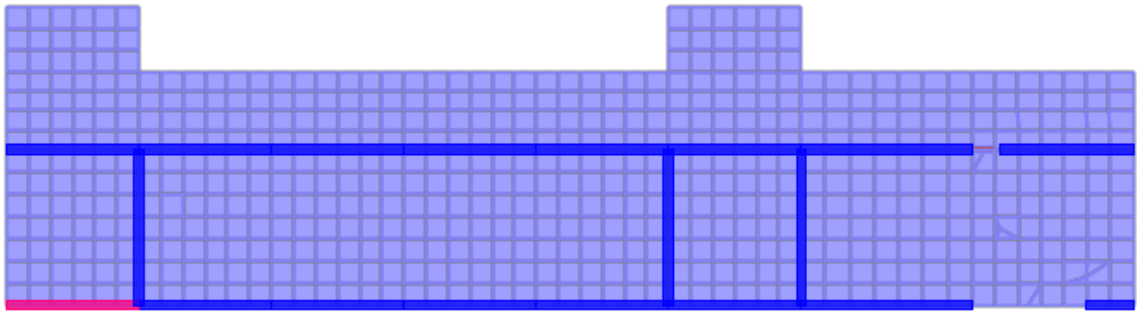
- Corpo 1, 3D



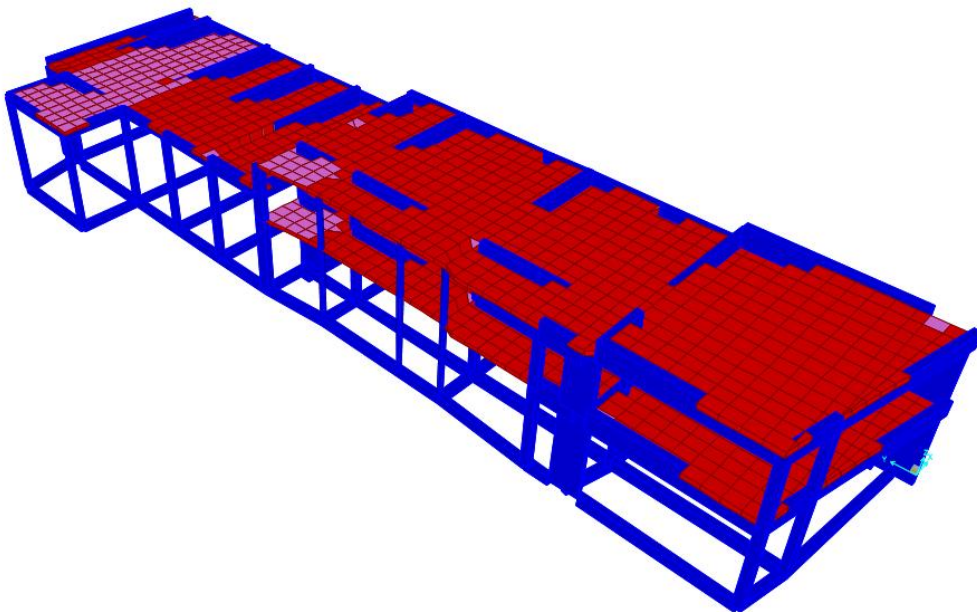
- Corpo 1, Piso 0



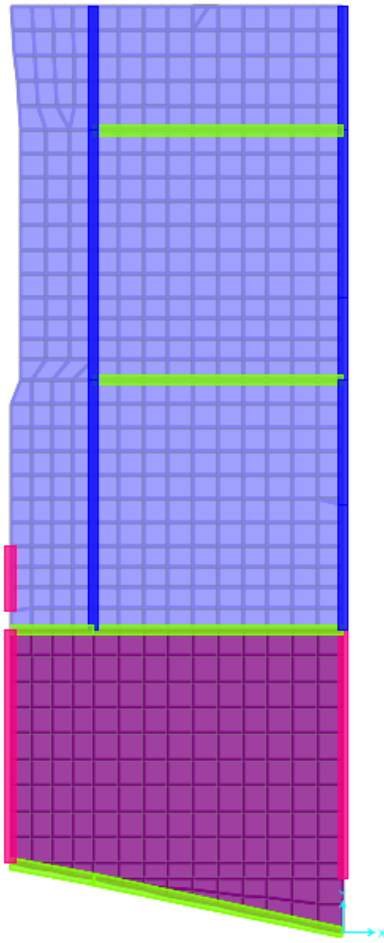
- **Corpo 1, Piso 1**



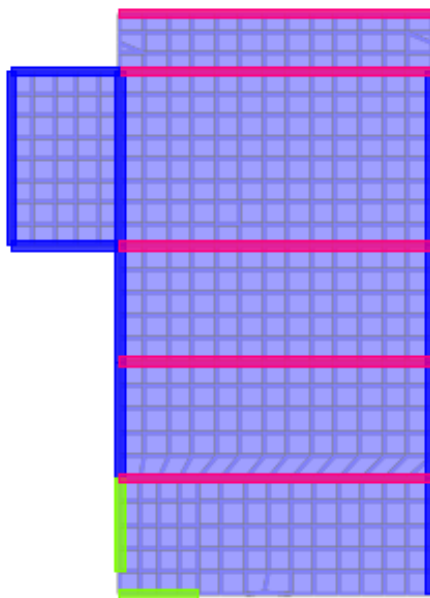
- **Corpo 2, 3D**



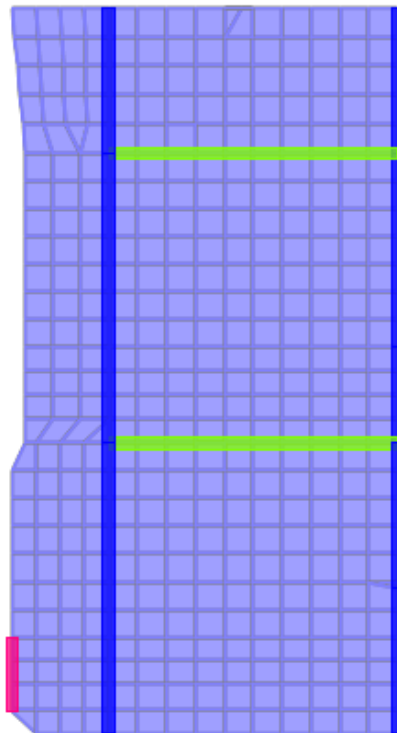
- **Corpo 2, Piso 0**



- **Corpo 2, Pavilhão**



- **Corpo 2, Piso 1**



Lista de peças desenhadas

Número	Designação
1	Planta de Fundações
2	Planta do Pavimento do Piso 0
3	Planta de Teto do Piso 0
4	Planta de Teto do Piso 1
5	Fundações – Quadro de Sapatas e Pormenores
6	Quadro de Pilares
7	Armadura de Vigas
8	Laje de Teto do Piso 0 - Armaduras
9	Laje de Teto do Piso 1 - Armaduras
10	Paredes Resistentes -Armaduras