

Ampliação e reabilitação de edifícios

PEDRO MIGUEL DOS SANTOS PIRES

Julho de 2013

Ampliação e reabilitação de edifícios

Agradecimentos

Ao Eng.º José Carlos Moura, meu orientador na Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana – AMTQT, pela compreensão, pela disponibilidade, pelas sugestões dadas e pelos desafios que colocou. A ele, o meu apreço e estima.

À Eng.ª Isabel Alvim Teles, pelo apoio demonstrado enquanto minha Orientadora no ISEP.

Ao Eng.º Manuel Miranda, Secretário-Geral da AMTQT, pela forma como me recebeu e apoiou ao longo do estágio.

Aos meus pais e namorada, pelo apoio, paciência e carinho sempre demonstrado.

Aos amigos que me apoiaram em todos os momentos.

Aos colegas de trabalho da AMTQT.

Palavras-chave

Pré-dimensionamento, CypeCad, Betão armado, Diagrama de esforços, Dimensionamento estrutural

Resumo

O presente relatório encontra-se no âmbito do estágio curricular referente ao Mestrado de Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto. Este decorreu entre janeiro e julho de 2013 tendo como objetivo principal a realização de um projeto de Reabilitação e Ampliação de uma Escola Primária localizada na freguesia Seixo de Manhoses, no concelho Vila Flor, destinada a um Centro integrado de valorização de recursos.

A preferência pela realização de um estágio curricular deveu-se ao facto de ser possível a aplicação direta dos conhecimentos que foram sendo adquiridos durante o curso e pela possibilidade de, ao longo do estágio, serem apreendidos mais conhecimentos que pudessem vir a ser úteis aquando da entrada do estagiário no mercado de trabalho.

O estágio decorreu na Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana, em Mirandela, e durante o período do mesmo, o estagiário foi participando de forma indireta em outros projetos que vinham a ser desenvolvidos por esta entidade.

Antes do início do referido projeto, foram efetuadas visitas ao local de implantação do edifício, de modo a serem esclarecidos alguns aspetos importantes na realização do projeto por parte do estagiário e com vista a tentar encontrar a solução que mais se adequava ao caso em estudo.

Durante o estágio, com o intuito de ver os seus objetivos serem cumpridos, o estagiário foi-se inserindo na equipa de projeto e nas várias atividades que foram sendo desenvolvidas (acompanhamento de outros projetos, visita a obras inserido na equipa de fiscalização, frequência de ações de formação).

Keywords

Pre-sizing, CypeCad, Concrete, Diagram efforts, structural sizing

Abstract

This report is part of the final assignment of the master's degree on Civil Engineering, from "Institute of Engineering of Porto". This took place between January and July 2013, with the aim of completing the project monitoring, which is the "Reabilitação e Ampliação de uma Escola Primária, in Seixo of Manhoses", in Vila Flor.

The preference for carrying out a traineeship was due to the fact that it is possible to direct the application of knowledge that have been acquired during the course and the possibility of over the stage, seized more knowledge that could prove useful when input of the trainee in the labor market.

As such, it was performed a stage in the Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana, in Mirandela, and during the same period, the trainee was indirectly participating in other projects that was developed by this entity.

Before the start of this project, was made visits to the place where is the building so as to be clarified some important aspects in the realization of the project by the trainee and in order to try to find the solution that is most suited to the case study.

Índice

Introdução	15
2. Objetivos	18
3. Historial do edifício.....	19
4. Descrição do edifício	20
4.1. Arquitetura existente.....	23
4.2. Arquitetura - Proposta.....	24
5. Estudo geotécnico-geológico.....	27
5.1. Enquadramento.....	27
5.2. Descrição do ensaio	27
5.3. Localização dos pontos de prospeção	28
5.4. Resultados obtidos.....	29
5.5. Condições de fundação	36
6. Pré-dimensionamento da estrutura	37
6.1. Plantas estruturais	37
6.2. Quantificação de ações	40
6.2.1. Ação Sísmica.....	41
6.2.2. Ação do vento.....	44
6.2.3. Ação da Neve.....	45
6.2.4. Sobrecargas	46

6.3. Dimensionamento das lajes aligeiradas.....	46
6.4. Quantificação de ações nos pórticos F, 6 e 4.....	49
6.4.1. Pórtico F.....	49
6.4.2. Pórtico 6.....	54
6.4.3. Pórtico 4.....	59
6.5. Estado Limite Último e Estado Limite de Serviço.....	61
6.6. Combinações Fundamentais.....	62
6.6.1. Pórtico F.....	62
6.6.2. Pórtico 6.....	65
6.6.3. Pórtico 4.....	69
6.7. Diagramas de Esforços.....	71
6.8. Cálculo do $\mu_{\text{económico}}$	78
6.8.1. Pórtico F.....	78
6.8.2. Pórtico 6.....	80
6.8.3. Pórtico 4.....	81
6.9. Cálculo da armadura longitudinal das vigas.....	82
6.9.1. Pórtico F.....	84
6.9.2. Pórtico 6.....	88
6.9.3. Pórtico 4.....	90
6.10. Cálculo da armadura transversal das vigas.....	91
6.10.1. Pórtico F.....	91
6.10.2. Pórtico 6.....	94

6.10.3. Pórtico 4	96
6.11. Pré-dimensionamento Pilares	96
6.11.1. Armadura longitudinal	97
6.11.2. Armadura transversal.....	98
7. Dimensionamento com programa de cálculo automático CypeCad.....	99
7.1. Dados a fornecer ao programa	99
7.1.1. Materiais	99
7.1.2. Ações	100
7.2. Modelação estrutural.....	103
7.2.1. Fundações	103
7.2.2. Pilares.....	105
7.2.3. Vigas.....	105
7.2.4. Lajes	105
7.2.5. Aplicação de cargas.....	105
8. Diagramas de Esforços – CypeCad.....	107
8.1. Pórtico F.....	107
8.2. Pórtico 6	113
8.3. Pórtico 4	115
9. Estudo comparativo e avaliação dos resultados.....	117
10. Lista de Peças desenhadas	119
11. Outras atividades desenvolvidas na AMTQT.....	120
11.1. Ação de Formação.....	120

11.2. Projeto de infraestruturas rodoviárias	123
11.3. Selagem da célula 2 do aterro sanitário de Urjais	127
11.4. Unidade de Tratamento Mecânico e Biológico.....	128
11.5. Reabilitação da Capela de Santo Amaro - Legoinha.....	130
11.6. Miradouro de Nossa Senhora da Assunção	131
12. Conclusão.....	133
13. Bibliografia.....	135
Anexos	136
Protocolo de Estágio	
Certificado de ação de formação	
Peças desenhadas	

Índice de Fotografias

Fotografia 1 - Alçado principal do edifício e espaço envolvente.....	19
Fotografia 2 - Alçado lateral direito do edifício.....	19
Fotografia 3 - Localização do acesso pedonal.....	20
Fotografia 4 - Perspetiva da sala de aula.....	20
Fotografia 5 - Átrio	21
Fotografia 6 - Instalação sanitária	21
Fotografia 7 - Espaço exterior.....	22
Fotografia 8 - Captação de água.....	22
Fotografia 9 - Remoção da terra vegetal.....	28
Fotografia 10 - Localização dos pontos de prospeção	29
Fotografia 11 - Escavação à profundidade de 0.80 metros.....	30
Fotografia 12 - Profundidade a que se obteve o firme (2.00 metros)	30
Fotografia 13 - Escavação à profundidade de 0.30 metros.....	31
Fotografia 14 - Profundidade a que se obteve o firme (1.10 metros)	31
Fotografia 15 - Escavação à profundidade de 0.30 metros.....	32
Fotografia 16 - Profundidade a que se obteve o firme (0.60 metros)	32
Fotografia 17 - Escavação à profundidade de 0.90 metros.....	33
Fotografia 18 - Profundidade a que se obteve o firme (1.50 metros)	33
Fotografia 19 - Escavação à profundidade de 0.50 metros.....	34
Fotografia 20 - Profundidade a que se obteve o firme (1.20 metros)	34
Fotografia 21 - Remoção da camada de terra vegetal.....	35
Fotografia 22 - Profundidade a que se obteve o firme (0.50 metros)	35
Fotografia 23 - Abatimento por fadiga e abatimento longitudinal da berma	123

Fotografia 24 - Deformações localizadas	124
Fotografia 25 - Pele de crocodilo	124
Fotografia 26 - E.M. 611 – pKm 0 + 000	125
Fotografia 27 - E.M. 611 – pKm 2+837 (final).....	125
Fotografia 28 - C.M. 1157 – pKm 0+000	126
Fotografia 29 - C.M. 1157 – pKm 4+382 (final).....	126
Fotografia 30 - Capela de Santo Amaro – Exterior	131
Fotografia 31 - Capela de Santo Amaro - Interior	131
Fotografia 32 - Nossa Senhora da Assunção	132

Índice de Figuras

Figura 1 – Planta do rés do chão (existente).....	23
Figura 2 - Planta de cobertura (existente)	23
Figura 3 – Planta de R/C (Sobreposição)	24
Figura 4 - Planta de Cobertura.....	24
Figura 5 - Localização dos Pontos de prospeção.....	29
Figura 6 – Planta estrutural do piso térreo	38
Figura 7 – Planta estrutural da cobertura.....	38
Figura 8 – Pormenor da ligação	39
Figura 9 - Identificação dos pórticos	40
Figura 10 - Corte	40
Figura 11 – Zonamento sísmico	41
Figura 12 - Cálculo da laje aligeirada, do piso térreo, através do programa de cálculo de lajes da PAVINORTE (www.pavinorte.pt)	47

Figura 13 - Cálculo da laje aligeirada, da cobertura, através do programa de cálculo de lajes da PAVINORTE (www.pavinorte.pt).....	48
Figura 14 - Pórtico F.....	49
Figura 15 - Pórtico 6	54
Figura 16 – Distribuição das ações na laje LM4.....	55
Figura 17 - Pórtico 4	59
Figura 18 – Largura de influência laje LM4.....	67
Figura 19 – Pórtico F	71
Figura 20 - Esforço axial.....	72
Figura 21 - Esforço Transverso.....	72
Figura 22 – Momento Fletor.....	73
Figura 23 – Pórtico 6.....	73
Figura 24 – Esforço axial.....	74
Figura 25 – Esforço Transverso	74
Figura 26 – Momento Fletor.....	75
Figura 27 – Pórtico 4.....	75
Figura 28 – Esforço axial.....	76
Figura 29 – Esforço Transverso	76
Figura 30 – Momento Fletor.....	77
Figura 31 - Dados de obra -CypeCad.....	100
Figura 32 - Cálculo da subrecarga do vento - CypeCad	101
Figura 33 - Zona sísmica.....	102
Figura 34 - Cálculo da ação sísmica - CypeCad	102
Figura 35 - Vista 3D do edifício - CypeCad.....	103
Figura 36 - Localização das sapatas – CypeCad.....	104

Figura 37 - Localização de pilares - CypeCad.....	104
Figura 38 - Introdução de cargas - CypeCad.....	106
Figura 39 - Momento fletor Tramo [1F – 9F].....	108
Figura 40 - Momento fletor Tramo [9F – 10F].....	108
Figura 41 - Momento fletor Tramo [10F – 11F].....	109
Figura 42 - Esforço transverso Tramo [1F – 9F].....	109
Figura 43 - Esforço transverso Tramo [9F – 10F].....	110
Figura 44 - Esforço transverso Tramo [10F – 11F].....	110
Figura 45 - Momento Fletor Tramo [1F – 7F].....	111
Figura 46 - Momento Fletor Tramo [7F – 11F].....	111
Figura 47 - Esforço Transverso Tramo [1F - 7F].....	112
Figura 48 - Esforço Transverso Tramo [7F - 11F].....	112
Figura 49 - Momento Fletor.....	113
Figura 50 - Esforço Transverso.....	113
Figura 51 - Momento Fletor.....	114
Figura 52 - Esforço Transverso.....	114
Figura 53 - Momento fletor.....	115
Figura 54 - Esforço Transverso.....	115
Figura 55 - Momento Fletor.....	116
Figura 56 - Esforço transverso.....	116
Figura 57 - Aterro sanitário.....	127
Figura 58 - Tratamento Mecânico e Biológico - Organigrama.....	129
Figura 59 - Unidade de Tratamento Mecânico e Biológico.....	129

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Resultados obtidos nas prospeções.....	36
Tabela 2 - Valores de referência da aceleração sísmica base.....	41
Tabela 3 - Efeito do terreno ²	42
Tabela 4 - Pórtico F- Piso térreo - Tramo [1F-4F].....	49
Tabela 5 - Pórtico F - Piso térreo - Tramo [4F-7F]	50
Tabela 6 - Pórtico F - Piso térreo - Tramo [7F-9F]	50
Tabela 7 - Pórtico F - Piso térreo - Tramo [9F-10F].....	51
Tabela 8- Pórtico F - Piso térreo - Tramo [10F-11F]	51
Tabela 9 - Pórtico F - Cobertura - Tramos [1F-4F];[4F-7F]; [7F-9F]	52
Tabela 10 - Pórtico F - Cobertura – Tramos [9F-10F][10F-11F]	52
Tabela 11 - Pórtico 6 -Piso Térreo - Tramo [6L-6I];[6H-6G]	54
Tabela 12 - Pórtico 6 -Piso Térreo - Tramo [6I-6H]	55
Tabela 13 - Pórtico 6 -Cobertura - Tramo [6L-6I] (Ponto 1)	56
Tabela 14 - Pórtico 6 -Cobertura - Tramo [6L-6I] (Ponto 2)	56
Tabela 15 - Pórtico 6 -Cobertura - Tramo [6I-6H]	57
Tabela 16 - Pórtico 6 -Cobertura - Tramo [6H-6G].....	58
Tabela 17 - Pórtico 4 -Piso Térreo - Tramo [4A-4F].....	59
Tabela 18 - Pórtico 4 -Cobertura - Tramo [4A-4F]	60
Tabela 19 - Resumo das cargas existentes nos pórticos.....	60
Tabela 20 - Pórtico F -Piso Térreo - Tramo [1F-4F].....	62
Tabela 21 - Pórtico F -Piso Térreo - Tramo [4F-7F].....	62
Tabela 22 - Pórtico F -Piso Térreo - Tramo [7F-9F].....	62
Tabela 23 - Pórtico F -Piso Térreo - Tramo [9F-10F].....	62
Tabela 24 - Pórtico F -Piso Térreo - Tramo [10F-11F]	63

Tabela 25 - Pórtico F -Cobertura – Tramos [1F-4F];[4F-7F];[7F-9F].....	63
Tabela 26 - Pórtico F -Cobertura – Tramos [1F-4F];[4F-7F];[7F-9F].....	63
Tabela 27 - Pórtico F -Cobertura – Tramos [1F-4F];[4F-7F];[7F-9F].....	64
Tabela 28 - Pórtico F -Cobertura – Tramos [9F-10F];[10F-11F].....	64
Tabela 29 - Pórtico F -Cobertura – Tramos [9F-10F];[10F-11F].....	64
Tabela 30 - Pórtico F -Cobertura – Tramos [9F-10F];[10F-11F].....	64
Tabela 31 - Pórtico 6 - Piso Térreo – Tramos [6L-6I];[6H-6G].....	65
Tabela 32- Pórtico 6 - Piso Térreo – Tramos [6I-6H]	65
Tabela 33 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6H-6C].....	65
Tabela 34 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6H-6C].....	66
Tabela 35 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6H-6C].....	66
Tabela 36 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6I-6H].....	66
Tabela 37 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6I-6H].....	66
Tabela 38 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6I-6H].....	67
Tabela 39 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6I-6L] (Ponto 1).....	67
Tabela 40 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6I-6L] (Ponto 1).....	67
Tabela 41 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6I-6L] (Ponto 1).....	68
Tabela 42 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6I-6L] (Ponto 2).....	68
Tabela 43 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6I-6L] (Ponto 2).....	68
Tabela 44 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6I-6L] (Ponto 2).....	68
Tabela 45 - Pórtico 4 - Piso Térreo – Tramo [6A-4F].....	69
Tabela 46 - Pórtico 4 - Cobertura – Tramo [6A-4F].....	69
Tabela 47 - Pórtico 4 - Piso Térreo – Tramo [6A-4F].....	69
Tabela 48 - Pórtico 4 - Piso Térreo – Tramo [6A-4F].....	70
Tabela 49 - Quadro resumo das combinações fundamentais	70

Tabela 50 - Comparação dos resultados dos diagramas de esforços – Pórtico 4.....118

1. Introdução

O presente relatório integra-se no estágio curricular realizado com o objetivo de ser obtido o grau de Mestre em Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

O estágio decorreu entre janeiro e julho de 2013 na Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana, AMTQT que é constituída pelos Municípios de Alfândega da Fé, Carrazeda de Ansiães, Mirandela, Vila Flor e Macedo de Cavaleiros. Esta é uma associação de fins específicos, regulada pela Lei n.º 45/2008 de 27 de agosto que tem por finalidade a promoção do desenvolvimento equilibrado dos municípios seus associados tendo em vista ganhos de eficiência, eficácia e economia, a articulação dos investimentos municipais de interesse intermunicipal, coordenando a sua atuação nos domínios do ambiente, cultura, turismo, acessibilidades e transportes, equipamentos de utilização coletiva, gestão estratégica, económica, social e territorial.

São exemplos de trabalhos desenvolvidos nesta área, a Caracterização das Unidades Industriais da TQT, a Carta de Equipamentos Desportivos, a elaboração e participação na Carta Educativa dos municípios associados, Elaboração de Planos de Ordenamento Cinegético de Zonas de Caça Municipais, Planos Operacionais Municipais, participação em planos de mobilidade, gestão e disponibilização de informação geográfica no geoportal.

Desde a sua constituição em 1982 que a AMTQT possui um corpo técnico nas áreas da engenharia e arquitetura que presta apoio aos municípios integrantes, através de:

- Elaboração de projetos ao nível das especialidades de Arquitetura, Arquitetura Paisagista, Engenharia Civil e Engenharia Eletrotécnica, nas áreas de: Equipamentos de Saúde, Escolares e Religiosos, infraestruturas de saneamento básico e de abastecimento público, espaços e estruturas verdes, acessibilidades, equipamentos de utilização coletiva e iluminação pública;
- Assistência técnica e fiscalização de empreitadas;

- Organização de processos de candidaturas a financiamentos comunitários da administração central, ou outros.
- Requalificação urbana e ambiental;
- Traçado de vias de comunicação;
- Segurança contra incêndio.

Nos últimos anos, a Associação de Municípios tem enveredado pela procura de soluções comuns para os problemas com que se debate a Terra Quente Transmontana, nomeadamente a desertificação crescente da região.

O tema escolhido envolve a reabilitação e ampliação de um edifício, o que suscitou ao estagiário um grande interesse devido ao facto de ser abordada uma matéria que atualmente se encontra em grande foco no panorama da construção civil a nível nacional o que tem vindo a crescer de dia para dia face ao momento muito delicado vivido no setor da construção.

Contudo, a principal razão que levou o mestrando a realizar o estágio curricular deve-se à vontade de este colocar em prática todos os conhecimentos adquiridos durante a sua formação académica e de todo o conhecimento que este pudesse adquirir ao estar integrado num gabinete que, quer a nível de projeto, quer a nível de fiscalização, abrange as diversas áreas de atuação (arquitetura, engenharia, arquitetura paisagista, acompanhamento de obra, assessoria técnica, etc).

A constituição deste relatório incide em várias fases, sendo elas as seguintes:

- Reconhecimento do existente
- Análise do projeto de arquitetura
- Concepção da solução estrutural
- Pré-dimensionamento (FTOOL)
- Dimensionamento (CYPECAD)

- Comparação de resultados
- Conclusões.

Ao longo do estudo foram tidos em conta as normas:

- Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 235/83, 31 de Maio;
- Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 349-C/83, de 30 de Julho;
- Eurocódigo 1, homologado pelo termo n.º 517/2009, de 2009-12-29;
- Eurocódigo 2, homologado pela NP ENV 1992-1-1:1998;
- Eurocódigo 8 – LNEC.

2. Objetivos

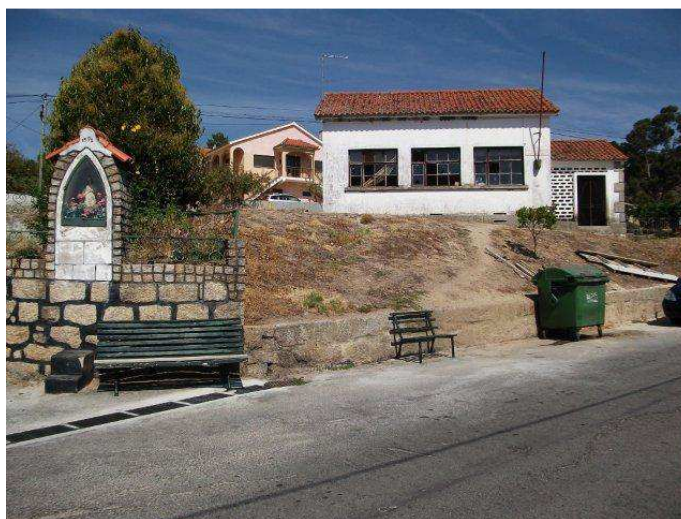
Este relatório tem como um dos objetivos principais o de enunciar todos os trabalhos desenvolvidos pelo estagiário e a experiência adquirida durante o período em que esteve inserido na Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana.

Outro grande objetivo deste relatório passa por fazer um estudo comparativo entre as soluções obtidas através de um pré-dimensionamento em que apenas foi utilizado o programa de cálculo de estruturas FTOOL e o pré-dimensionamento com recurso a um programa de cálculo automático CYPECAD.

Com a realização deste estágio pretende-se adquirir competências ao nível das diversas fases constituintes de um projeto assim como de todos os processos que constituem um contrato público.

3. Historial do edifício

A área de intervenção situa-se na entrada Norte da aldeia de Seixo de Manhoses, possui cerca de 1240 m², sendo o terreno delimitado a Sul e a Oeste por arruamentos, a Norte por habitação e a Este por terreno natural.



Fotografia 1- Alçado principal do edifício e espaço envolvente

No centro da parcela, implantado diagonalmente, encontra-se um edifício escolar, com 89.90m² de área de implantação, construído de acordo com a tipologia “Plano dos Centenários”, efetuada pelo Estado Novo, entre as décadas de 1940 e 1960, segundo [Pimenta, P., 2006]. Até aí, existiam edifícios escolares públicos, que não obedeciam a nenhum plano coordenador.”



Fotografia 2 - Alçado lateral direito do edifício

4. Descrição do edifício

O edifício está implantado numa plataforma sobre-elevada relativamente ao acesso viário principal, sendo o seu acesso pedonal realizado lateralmente pela Rua da Atafona no limite Oeste.



Fotografia 3 - Localização do acesso pedonal

A escola é organizada por uma sala de aula equipada com salamandra para aquecimento, um átrio e duas instalações sanitárias de apoio.



Fotografia 4 - Perspetiva da sala de aula



Fotografia 5 - Átrio



Fotografia 6 - Instalação sanitária

O espaço exterior ocupa uma plataforma estável para as atividades de recreio e é delimitado por muro de alvenaria de granito. No recinto do recreio existem duas pequenas construções, na esquina Sul encontra-se um pequeno nicho religioso e no canto Norte uma construção para proteção a uma captação de água (ver fotografia 7 e fotografia 8 referência 1).



Fotografia 7 – Espaço exterior



Fotografia 8 - Captação de água

Atualmente a escola está desativada do seu uso, apresentando já problemas de conservação e crescente degradação. A área de recreio encontra-se sem acessibilidades ao edifício, apresentando o recreio um espaço maioritariamente em terreno natural e as vertentes Este e Oeste com afloramentos rochosos. Na parte Norte da escola a parede das instalações sanitárias (ver referência 2 fotografia 8) é constituída por tijolo, fazendo prever que o edifício poderá ter sofrido intervenções posteriores à sua construção.

4.1. Arquitetura existente

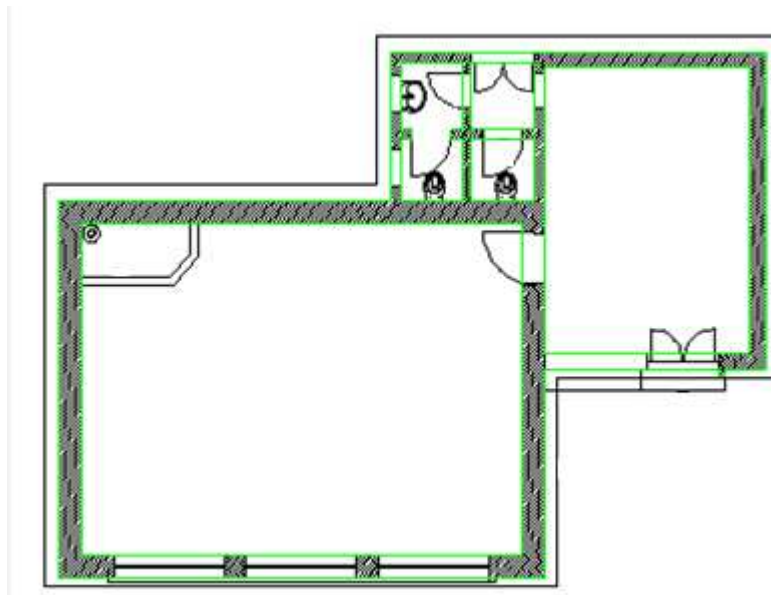


Figura 1 – Planta do rés do chão (existente)

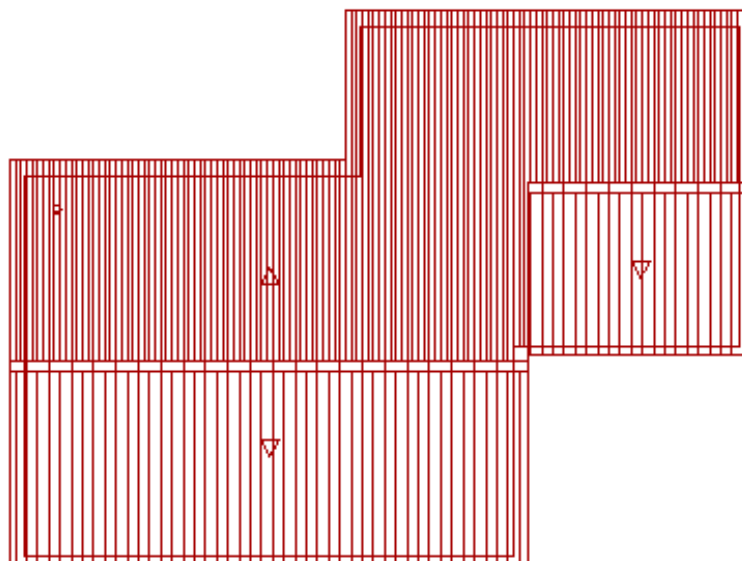


Figura 2 - Planta de cobertura (existente)

4.2. Arquitetura - Proposta

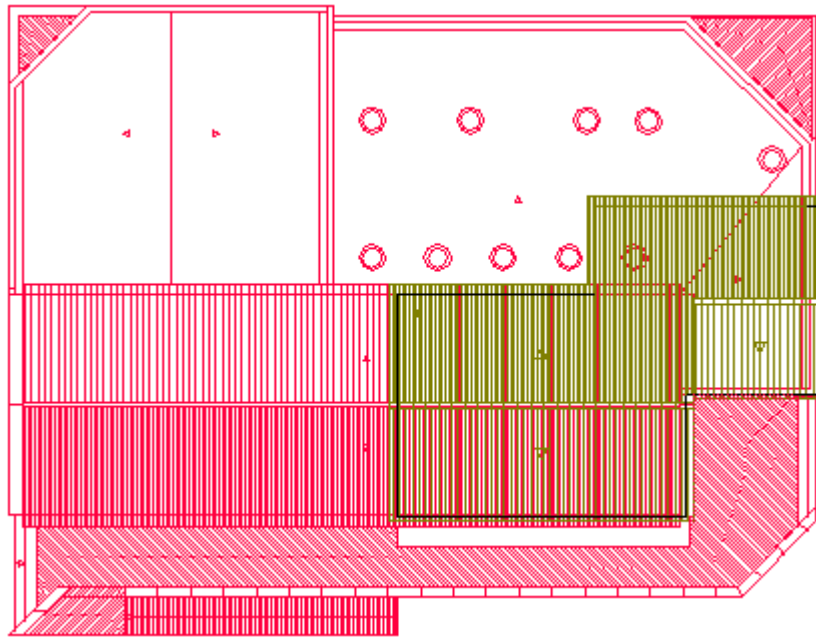


Figura 3 – Planta de R/C (Sobreposição)

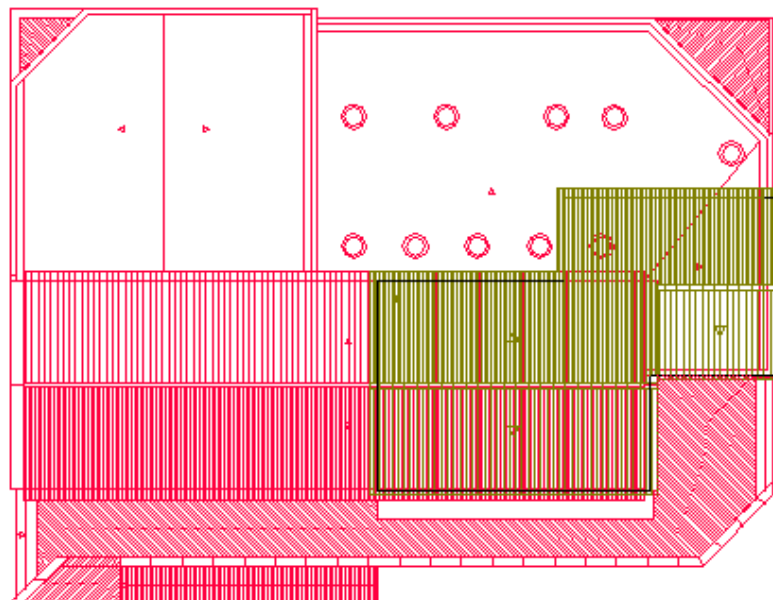


Figura 4 - Planta de Cobertura

A ampliação e reabilitação do edifício em estudo “tem como principal finalidade a realização de atividades culturais e de lazer, atividades de formação profissional e

essencialmente como espaço de reunião e convívio da comunidade local. A nova edificação consiste na articulação de duas salas com capacidades de ocupação distintas e com possibilidade de utilização independente. Assim, mantém-se a sala de aula existente de menores dimensões com as mesmas características e constrói-se uma sala maior que possibilita a permanência de público e a versatilidade de ocupação e funcionalidade. Parte do edifício será demolida permitindo a articulação das duas salas através de acessos autónomos mas partilhando um átrio comum centralizado na parte posterior do edifício. As duas salas poderão funcionar em conjunto ou se necessário permitir o seu acesso independente e controlado, ambas as salas partilham as instalações sanitárias e o vestiário/balneário.

Uma vez que o edifício se encontra implantado numa forma alheia ao perímetro da parcela, entende-se em termos de alinhamentos e volumetria respeitar esta orientação como ponto de partida para a ampliação do edifício. Sendo o limite da ampliação o alinhamento da fachada Sudeste, esta desenvolve-se em forma de L nas traseiras da escola, não comprometendo qualquer abertura nos alçados existentes. Esta solução possibilita destacar e integrar de melhor forma o edifício existente e a ampliação relativamente ao arruamento principal.

A nova volumetria segue este princípio, prolongando o telhado de duas águas existente com a mesma inclinação e respeitando as alturas de paredes e de padieiras de janelas para a definição dos alinhamentos de composição do alçado Sudeste. Em contraste a cobertura, na área demolida e na restante área ampliada, será plana e realizada em sistema invertido oculto por platibanda, num dos cantos do edifício (canto superior direito da figura 4) este será aberto tendo apenas laje ao nível do piso térreo e no outro canto (canto superior esquerdo da figura 4) este será dotado de laje ao nível do piso térreo e na cobertura apenas será dada continuidade às duas vigas até se intersectarem.

A diferenciação nos sistemas construtivos da cobertura reforça e distingue o edifício em dois corpos, resultando numa leitura clara de dois momentos distintos na linguagem arquitetónica.

É mantida a acessibilidade lateral ao recinto, mas esta será alargada com novo portão permitindo a entrada duma viatura no recinto para efetuar cargas e descargas ou em situação de emergência.

A área envolvente será tratada com zonas verdes e percursos pedonais no perímetro do edifício. O nicho religioso existente será integrado na nova organização de arranjos exteriores, libertando uma área para lugares de estacionamento de apoio ao edifício.

A implantação do edifício mantém a cota de pavimento existente da sala de aula como referência, unificando todo o pavimento térreo ao mesmo nível. Esta solução permite manter as mesmas características do alinhamento superior do embasamento exterior de granito na composição dos novos alçados, com exceção da zona sudeste que articula os acessos ao edifício e será nivelada com a cota interior de pavimento.

Para criar maior dinamismo formal e possibilitar a iluminação natural dos compartimentos interiores, optou-se pela introdução de claraboias cilíndricas que serão salientes nos tetos interiores. A presença da linha curva será reforçada nas caixilharias exteriores com vãos circulares e no átrio por colunas de secção redonda. Nestes elementos será aplicada pintura com cores primárias alusivas à memória do espaço escolar”[Pereira, 2013].

5. Estudo geotécnico-geológico

Com o objetivo de caraterizar as condições geológico-geotécnicas da área em estudo procedeu-se à elaboração de um reconhecimento preliminar.

Para tal, foi feita uma pesquisa com o intuito de ser adquirida mais informação geológica sobre a zona em estudo, sendo posteriormente realizado um reconhecimento geológico da área de intervenção e feita uma prospeção geotécnica. O estudo geotécnico feito permitirá conhecer as características geotécnicas e condições de fundação do terreno para construção do edifício em estudo.

Com este estudo pretende-se também verificar a adequabilidade do terreno de fundação face ao projeto que irá ser proposto (interação terreno-estrutura), permitir uma conceção adequada e mais económica e permitir prever e mitigar eventuais problemas que possam surgir durante a construção.

5.1. Enquadramento

A região em estudo está localizada no Nordeste Transmontano, distrito de Bragança, Região Norte e sub-região do Douro. Segundo [Ribeiro et al., 1990], “A geologia do nordeste transmontano é complexa, tendo como aspeto mais saliente o cavalgamento do domínio Transmontano ou Alóctone do NW Ibérico sobre o domínio do Douro Inferior ou Autóctone, colocando em sobreposição os terrenos da Subzona Galiza Média – Trás-os-Montes sobre as Zonas Centro Ibérica e Galiza Oriental”

5.2. Descrição do ensaio

Inicialmente foi feito um reconhecimento do terreno de fundação, através de inspeção visual ao local e análise das cartas geológicas.

Posteriormente efetuou-se a campanha de prospeção, que consistiu na abertura de seis poços (pontos 1 a 6), executados com recurso a uma retroescavadora.

Após remoção da terra vegetal, com a pá da retroescavadora, iniciou-se a escavação para abertura dos caboucos. Esta operação prolongou-se até que se observasse o firme.

De notar que no dia em que foi realizado o estudo geotécnico o ambiente apresentava elevada humidade devido ao nevoeiro que se apresentava no local.



Fotografia 9 - Remoção da terra vegetal

5.3. Localização dos pontos de prospeção

A ampliação do edifício estende-se para o atual logradouro da escola primária. O terreno é mais ou menos nivelado, não originando grande movimentação de terras, apresentando a topografia do local uma altitude aproximada de 595 metros.

Foram efetuadas 6 prospeções e os pontos selecionados foram escolhidos tendo em consideração a provável localização das sapatas de fundação, abrangendo toda a área de implantação.

Os pontos selecionados têm a localização apresentada na Fotografia 12.



Fotografia 10 - Localização dos pontos de prospeção

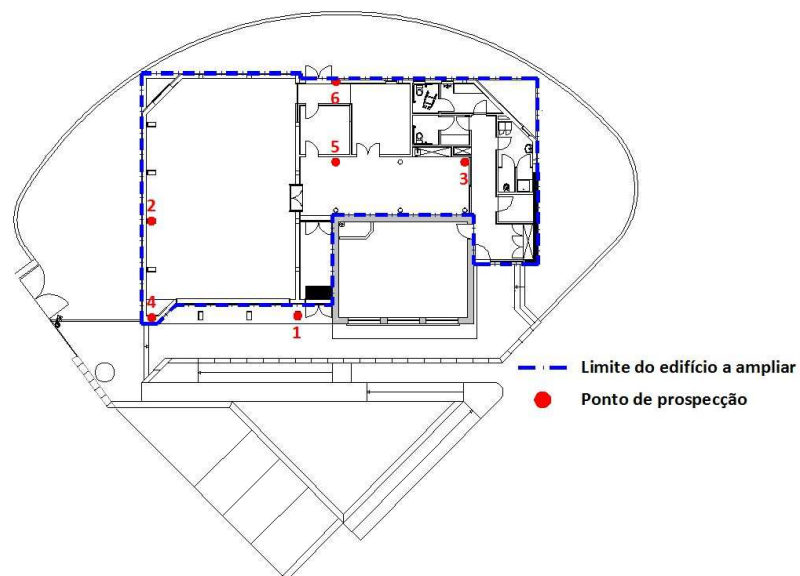


Figura 5 - Localização dos Pontos de prospeção

5.4. Resultados obtidos

PONTO 1

Para o ponto 1 verificou-se que o firme se encontra aproximadamente a 2,00 metros de profundidade e que a esta profundidade o solo apresentava água como se pode ver na imagem (fotografia 14). Este é constituído por uma camada de terra vegetal (0,20m), camada de material arenoso (1,50m) e uma camada de material xistoso (0,30m).



Fotografia 11 - Escavação à profundidade de 0.80 metros



Fotografia 12 - Profundidade a que se obteve o firme (2.00 metros)

PONTO 2

Para o ponto 2 verificou-se que o firme se encontra aproximadamente a 1.10 metros de profundidade.

Este é constituído por uma camada de terra vegetal (0,20m), camada de material arenoso (0,10m) e uma camada de material xistoso (0,80m).



Fotografia 13 - Escavação à profundidade de 0.30 metros



Fotografia 14 - Profundidade a que se obteve o firme (1.10 metros)

PONTO 3

Para o ponto 3 verificou-se que o firme se encontra aproximadamente a 0.60 metros de profundidade.

Este é constituído por uma camada de terra vegetal (0,10m), camada de material arenoso (0,10m) e uma camada de material xistoso (0,40m).



Fotografia 15 - Escavação à profundidade de 0.30 metros

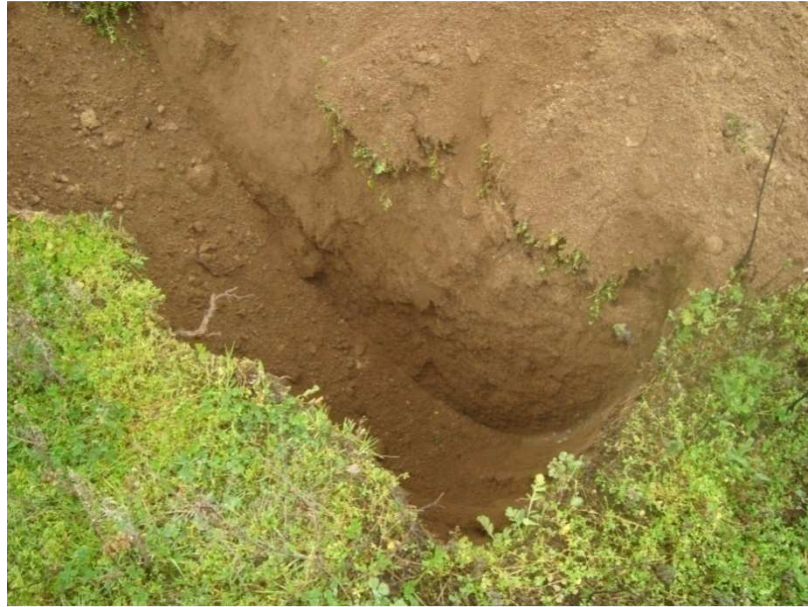


Fotografia 16 - Profundidade a que se obteve o firme (0.60 metros)

PONTO 4

Para o ponto 4 verificou-se que o firme se encontra aproximadamente a 1.50 metros de profundidade.

Este é constituído por uma camada de terra vegetal (0,20m), camada de material arenoso (1,10m) e uma camada de material xistoso (0,20m).



Fotografia 17 - Escavação à profundidade de 0.90 metros



Fotografia 18 - Profundidade a que se obteve o firme (1.50 metros)

PONTO 5

Para o ponto 5 verificou-se que o firme se encontra aproximadamente a 1.20 metros de profundidade.

Este é constituído por uma camada de terra vegetal (0,20m) e uma camada de material xistoso (1,0m).



Fotografia 19 - Escavação à profundidade de 0.50 metros



Fotografia 20 - Profundidade a que se obteve o firme (1.20 metros)

PONTO 6

Para o ponto 6 verificou-se que o firme se encontra aproximadamente a 0.50 metros de profundidade.

Este é constituído por uma camada de terra vegetal (0,10m) e uma camada de material xistoso (0,40m).



Fotografia 21 - Remoção da camada de terra vegetal



Fotografia 22 - Profundidade a que se obteve o firme (0.50 metros)

5.5. Condições de fundação

Na tabela 1 são representadas as profundidades a que se obteve o firme para os vários poços.

PONTO DE PROSPEÇÃO	PROFUNDIDADE DO FIRME (m)
1	2.00
2	1.10
3	0.60
4	1.50
5	1.20
6	0.50

Tabela 1 - Resultados obtidos nas prospeções

Tendo em conta os resultados obtidos, sugere-se a aplicação de órgãos de fundação direta, que deverão assentar numa zona, cuja profundidade se situa nos 2.00 metros.

O maciço rochoso, à medida que nos deslocamos em direção ao alçado principal do edifício existente, vai ficando menos à superfície, daí a profundidade a que encontramos o firme, para os pontos 2, 3 e 5 andar próximo de 1.0 metros e para os pontos 1 e 4 ser de 2.0 metros e 1.50 metros, respetivamente (ver Fotografia 12).

Tendo em conta que se está em presença de uma avaliação pontual, a resistência do terreno de fundação deverá ser tida em consideração aquando da abertura de caboucos para a implantação de fundações, e caso se justifique, ajustar-se-ão as profundidades de fundação aos dados entretanto recolhidos.

6. Pré-dimensionamento da estrutura

Pretende-se com o pré-dimensionamento, apresentar de forma exemplificativa o cálculo pormenorizado de 3 pórticos.

Não foi feito o pré-dimensionamento de toda a estrutura visto que os 3 pórticos estudados são representativos de todas as particularidades existentes no projeto, entrando-se assim num processo repetitivo.

6.1. Plantas estruturais

Existem 2 plantas estruturais: a do piso térreo, dado o edifício estar sobre-elevado relativamente ao terreno natural e a do 1º piso, referente à cobertura. A planta estrutural da cobertura irá suportar numa parte o telhado inclinado e noutra o telhado plano. A planta estrutural do piso térreo irá suportar o pavimento do R/C. Para o desenho das plantas estruturais foi tido em consideração o seguinte:

- Localização dos pilares foi definida no Projeto de Arquitetura;
- A dimensão de algumas vigas (salão) foi definida de acordo com o estipulado no Projeto de Arquitetura;
- Quando nada era referido no Projeto de Arquitetura, consideraram-se as vigas embebidas nas lajes e/ou paredes;
- O tipo de lajes consideradas (aligeiradas ou maciças) depende das condicionantes da cobertura (lajes maciças onde existe claraboias e lajes aligeiradas nos restantes casos);
- A profundidade das fundações depende dos resultados obtidos no estudo geológico/geotécnico;
- Outras condicionantes do Projeto de Arquitetura (ex: posicionamento da abertura para claraboias).

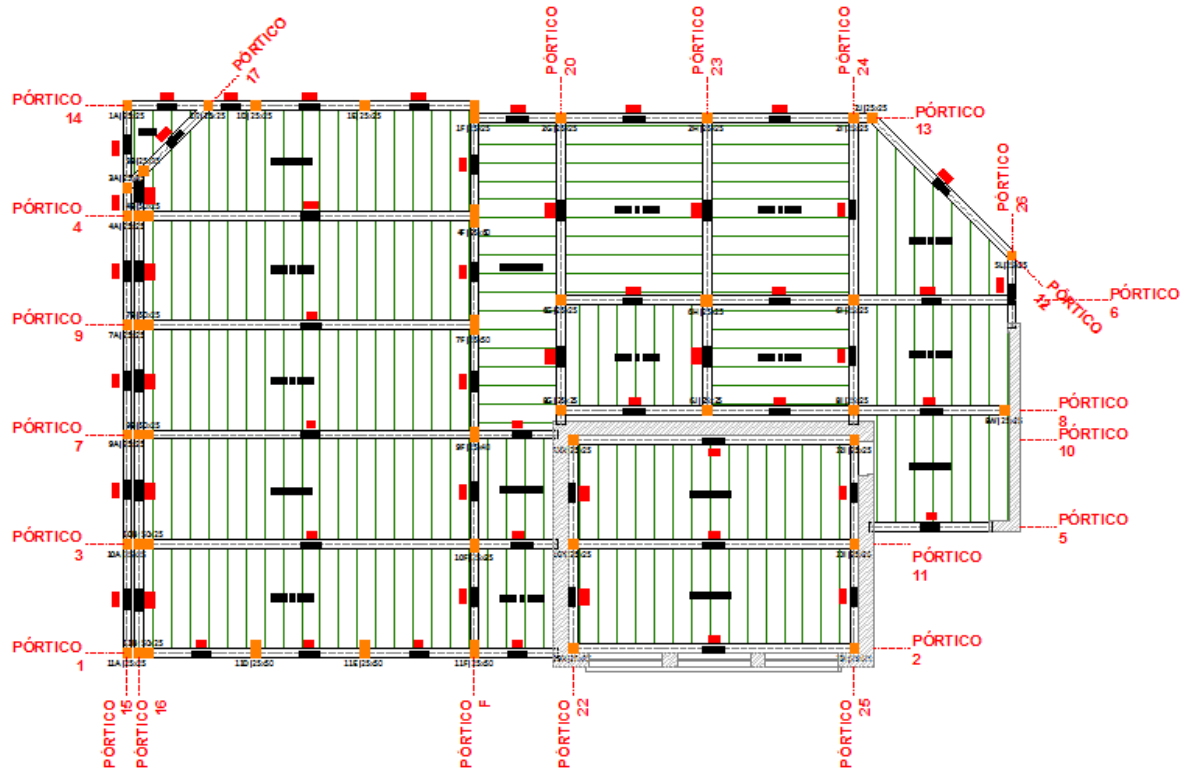


Figura 6 – Planta estrutural do piso térreo

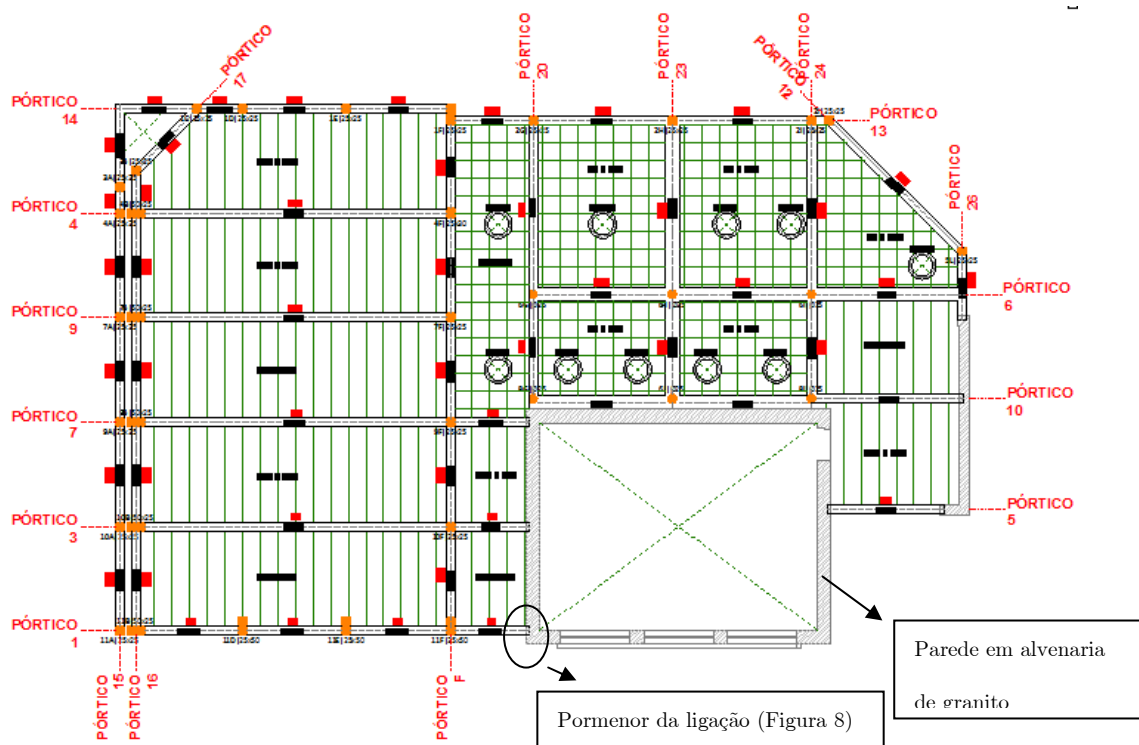


Figura 7 – Planta estrutural da cobertura

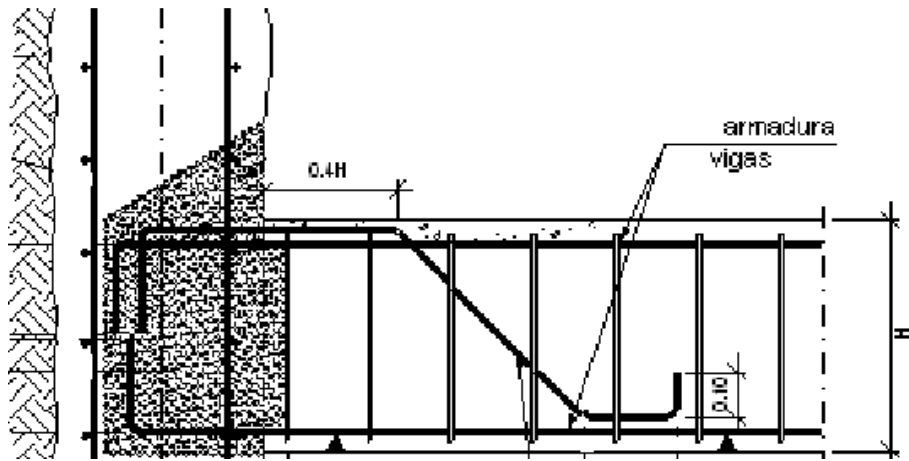


Figura 8 – Pormenor da ligação

6.2. Quantificação de ações

Inicialmente foram definidos 3 pórticos do edifício em estudo para que fosse realizado o seu pré-dimensionamento.

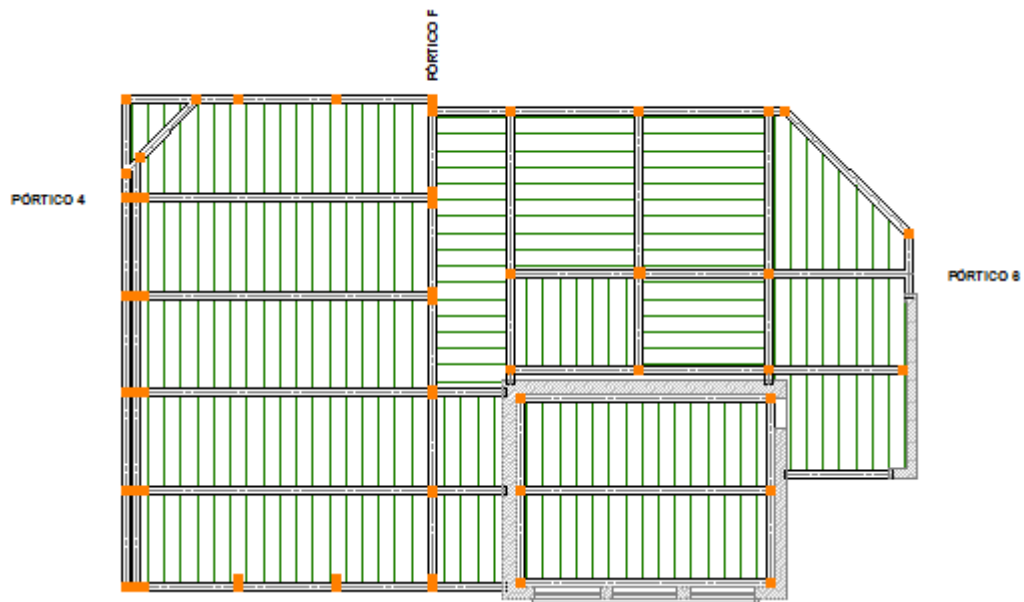


Figura 9 - Identificação dos pórticos

Para tal foi necessário fazer a quantificação das ações atuantes no edifício.

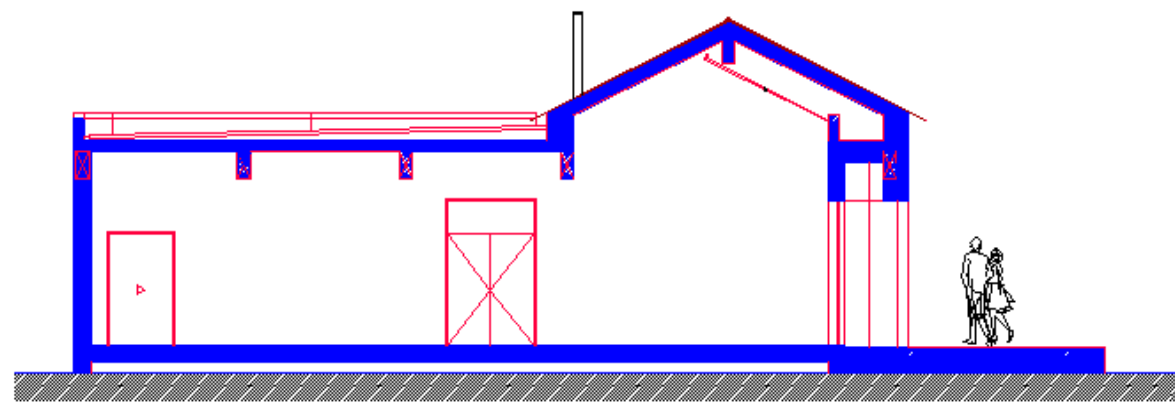


Figura 10 - Corte

6.2.1. Ação Sísmica

Para efeitos da quantificação da ação do sismo, considera-se o país dividido nas seguintes zonas, segundo o [NPEN001998-1_2010, p. 223, 2010].

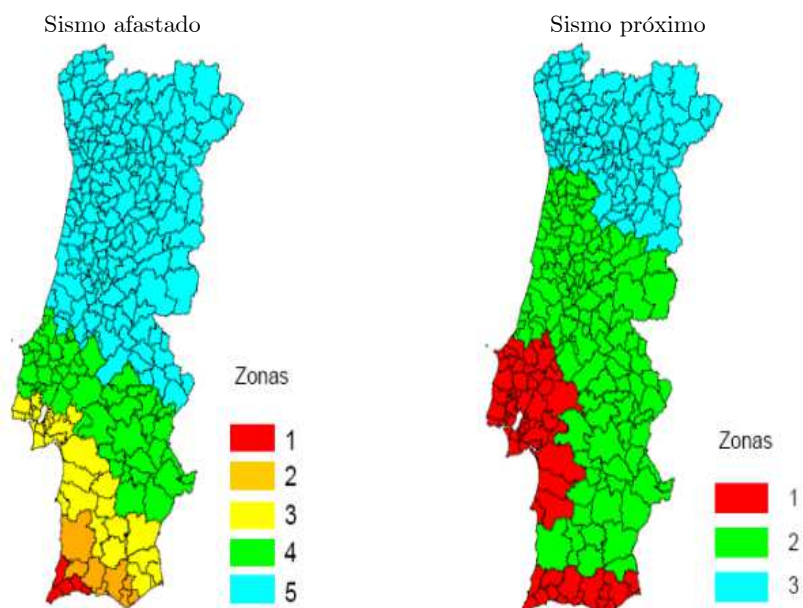


Figura 11 – Zonamento sísmico ¹

Zona Sísmica	Acção Sísmica Tipo 1 (m/s ²)	Acção Sísmica Tipo 2 (m/s ²)
1	2,50	2,50
2	2,00	2,00
3	1,50	1,70
4	1,00	1,10
5	0,60	0,80
6	0,35	-

Tabela 2 - Valores de referência da aceleração sísmica base¹

¹ [NPEN001998-1_2010, p. 223, 2010].

Tipo de terreno	Acção Sísmica Tipo 1				Acção Sísmica Tipo 2			
	S _{max}	T _B (s)	T _C (s)	T _D (s)	S _{max}	T _B (s)	T _C (s)	T _D (s)
A	1,0	0,1	0,6	2,0	1,0	0,1	0,25	2,0
B	1,35	0,1	0,6	2,0	1,35	0,1	0,25	2,0
C	1,6	0,1	0,6	2,0	1,6	0,1	0,25	2,0
D	2,0	0,1	0,8	2,0	2,0	0,1	0,3	2,0
E	1,8	0,1	0,6	2,0	1,8	0,1	0,25	2,0

Tabela 3 - Efeito do terreno²

Ação tipo I (Sismo afastado)

Zona 1,6

$\gamma_1=1$ (Edifício corrente)

$$Ag_r = 0,35 \text{ m/s}^2$$

$$Ag = Ag_r \times \gamma_1$$

$$Ag = 0,35 \times 1 = 0.35 \text{ m/s}^2$$

Solo Tipo B (Terreno Rijo)

$$S_{max}=1,35$$

$$T_B(s)=0,1$$

$$T_C(s)=0,25$$

$$T_D(s)=2$$

$$F = \frac{12}{n} = \frac{12}{2} = 6$$

$n = \text{número de pisos}$

$$T = \frac{1}{F} = \frac{1}{6} = 0,167$$

² [NPEN001998-1_2010, p. 223, 2010].

Como $Ag \leq 1m/s$ então:

$$S = S_{m\acute{a}x} = 1,35m/s^2$$

Como $Tb \leq T \leq Tc$ então:

$$Sa = ag \times S \times \eta \times 2,5$$

$$\eta = 1$$

$$Sa = 0,35 \times 1,35 \times 1 \times 2,5 = 1,18m/s^2$$

Ação tipo II (Sismo próximo)

Zona 2,5

$$i_1=1 \text{ (Edifício corrente)}$$

$$Ag_r = 0,80 m/s^2$$

$$Ag = Ag_r \times Y_I$$

$$Ag = 0,80 \times 1 = 0.80 m/s^2$$

Solo Tipo B (Terreno Rijo)

$$S_{max}=1,35$$

$$T_B(s)=0,1$$

$$T_C(s)=0,6$$

$$T_D(s)=2$$

$$F = \frac{12}{n} = \frac{12}{2} = 6$$

$n = \text{número de pisos}$

$$T = \frac{1}{F} = \frac{1}{6} = 0,167$$

Como $Ag \leq 1m/s$ então:

$$S = S_{m\acute{a}x} = 1,35m/s^2$$

Como $Tb \leq T \leq Tc$ então:

$$Sa = ag \times S \times \eta \times 2,5$$

$$\eta = 1$$

$$Sa = 0,8 \times 1,35 \times 1 \times 2,5 = 2,7m/s^2$$

6.2.2. Ação do vento

Para efeitos da quantificação da ação do vento, conforme [Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes, 1983], considera-se o país dividido nas duas zonas seguintes:

Zona A - a generalidade do território, exceto as regiões pertencentes à zona B;

Zona B – os arquipélagos dos Açores e da Madeira e as regiões do continente situadas numa faixa costeira com 5km de largura ou a altitudes superiores a 600m.

No caso, porém, de locais situados na zona A cujas condições de orografia determinem exposição ao vento particularmente desfavorável, como pode acontecer em alguns vales e estuários, tais locais devem ser considerados como pertencentes à zona B.

No caso em estudo o edifício fica localizado na Zona A.

Para ter em conta a variação da ação do vento com a altura acima do solo consideram-se dois tipos de rugosidade aerodinâmica do solo:

Rugosidade do tipo I – rugosidade a atribuir aos locais situados no interior de zonas urbanas em que predominem edifícios de médio e grande porte;

Rugosidade tipo II – rugosidade a atribuir aos restantes locais, nomeadamente zonas rurais e periferia de zonas urbanas.

No caso em estudo o edifício localiza-se numa zona rural, logo apresenta rugosidade tipo II.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Rugosidade tipo II} \\ \\ h \text{ (altura do edifício)} = 6\text{m} \end{array} \right\} Wk = 0,9 \text{ kN/m}^2$$

6.2.3. Ação da Neve

A ação da neve, conforme [Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes, 1983], deve ser tida em conta nos locais com altitude igual ou superior a 200m situados nos distritos de Viana do Castelo, Braga, Vila Real, Bragança, Porto, Aveiro, Viseu, Guarda, Coimbra, Leiria, Castelo Branco e Portalegre.

No caso em estudo o edifício localiza-se no distrito de Bragança e a uma altitude sensivelmente igual a 200m daí ter sido considerada a ação da neve.

$$S_k = \mu \times S_{0K}$$

- **Cobertura plana**

$$S_{0K} = \frac{1}{400} \times (600-50) = 1,375$$

$$S_k = 1,1 \text{ kN/m}^2$$

- **Cobertura inclinada**

$$S_{0K} = \frac{1}{400} \times (600-50) = 1,375$$

$$S_1 = 1,375 \times \mu_1 = 1,375 \times 1,09 = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

$$S_2 = 1,375 \times \mu_2 = 1,375 \times 0,8 = 1,1 \text{ kN/m}^2$$

6.2.4. Sobrecargas

Na quantificação da Sobrecarga em coberturas recorreu-se ao Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes, Artigo 34°. Como no caso em estudo existem 2 tipos de cobertura os Artigos que se enquadram para o caso são o Artigo 34.2 alinea a para o caso de coberturas em plano inclinado e o artigo 34.2 alinea b para terraços não acessíveis.

Na quantificação da Sobrecarga em Pavimentos o artigo em que este se enquadra é o artigo 35.1.1 alinea b.

Os valores admitidos foram para o caso de coberturas em plano inclinado $0,3 \text{ kN/m}^2$, para terraços não acessíveis 1 kN/m^2 e para Pavimentos 3 kN/m^2 .

6.3. Dimensionamento das lajes aligeiradas

Após terem sido conhecidas as ações existentes deu-se início ao cálculo das lajes aligeiradas através do programa de cálculo de lajes da PAVINORTE.

Para se obter a solução mais apropriada para o caso em estudo tiveram que ser conhecidas várias características, tais como:

- Vão (l);
- Ações Uniformemente distribuídas (cargas permanentes e cargas variáveis);
- Condições de apoio;
- Flecha máxima admissível ($1/400$);
- Coeficientes de majoração (coeficiente majoração cargas permanentes (γ_G) e coeficientes de majoração cargas variáveis γ_Q).

Após colocados os dados no programa de cálculo PAVINORTE foram obtidas as soluções de lajes mais apropriadas.

Relatório Detalhado - CLA

PAVINORTE - Jorge da Silva Costa, S.A.

Requerente: Pedro Miguel Santos Pires	Betão Complementar: C20/25
Obra: Edifício Seixo	Armadura sobre Apoios: A 400
Data: 2013-04-28 16:32:26	Armadura Distribuição: A 400

<u>Geometria</u>	<u>Ações Características (kN/m²)</u>	<u>Ações de Cálculo (kNm²)</u>
Laje: LA1.P	Peso Próprio: 3,10	Sd: 14,08
Pavimento: V2-BN 40x20-25	Revestimento: 2,00	So: 8,90
Vão: 3,00 m	Paredes Divisórias: 2,00	
Altura: 25,0 cm	Outras: 0,00	
	Sobrecarga: 3,00	

Esforços

Msd: 14,08 kNm/m	Mrd: 20,70 kNm/m	Maciçamento: -
Vsd: 21,13 kN/m	Vrd: 24,90 kN/m	
Mo: 8,90 kNm/m	Mfctk: 14,80 kNm/m	

Consumos

<u>Arm. Apoios</u>	<u>Tarugos</u>	<u>Arm. Distribuição</u>	<u>Betão</u>
Ap: 0,30 cm ² /m	Nº Tarugos: 1	Malhasol: AR30	L/m ² : 78,50
Lap: 0,750 m	Afastam.: 1,50 m		
	Armadura: 2 8/Tarugo		

Esforços transversos pelas ações permanentes e variáveis, não majoradas:	Vgk: 10,65 kN/m
	Vqk: 4,50 kN/m

Figura 12 - Cálculo da laje aligeirada, do piso térreo, através do programa de cálculo de lajes da PAVINORTE (www.pavinorte.pt)

Relatório Detalhado - CLA

PAVINORTE - Jorge da Silva Costa, S.A.

Requerente: Pedro Miguel Santos Pires	Betão Complementar: C20/25
Obra: Edifício	Armadura sobre Apoios: A 400
Data: 2013-04-26 14:10:47	Armadura Distribuição: A 500

<u>Geometria</u>		<u>Ações Características (kN/m²)</u>		<u>Ações de Cálculo (kNm²)</u>	
Laje:	LAC	Peso Próprio:	2,57	Sd:	9,32
Pavimento:	V2-BN 40x16-20	Revestimento:	2,00	So:	6,57
Vão:	3,00 m	Paredes Divisórias:	2,00		
Altura:	20,0 cm	Outras:	0,00		
		Sobrecarga:	0,30		

Esforços

Msd:	8,39 kNm/m	Mrd:	15,60 kNm/m		
Vsd:	13,98 kN/m	Vrd:	23,00 kN/m	Maciçamento:	-
Mo:	5,91 kNm/m	Mfctk:	10,50 kNm/m		

Consumos

<u>Arm. Apoios</u>	<u>Tarugos</u>	<u>Arm. Distribuição</u>	<u>Betão</u>
Ap: 0,34 cm ² /m	Nº Tarugos: 1	Malhasol: AR30	L/m ² : 61,80
Lap: 0,750 m	Afastam.: 1,50 m		
	Armadura: 2 8/Tarugo		

Esforços transversos pelas ações permanentes e variáveis, não majoradas:	Vgk: 9,86 kN/m
	Vqk: 0,45 kN/m

Figura 13 - Cálculo da laje aligeirada, da cobertura, através do programa de cálculo de lajes da PAVINORTE (www.pavinorte.pt)

6.4. Quantificação de ações nos pórticos F, 6 e 4

Após conhecidos os valores das ações atuantes deu-se início á quantificação de ações para os pórticos em estudo, conforme representado na planta da Figura 8.

6.4.1. Pórtico F

-Piso térreo

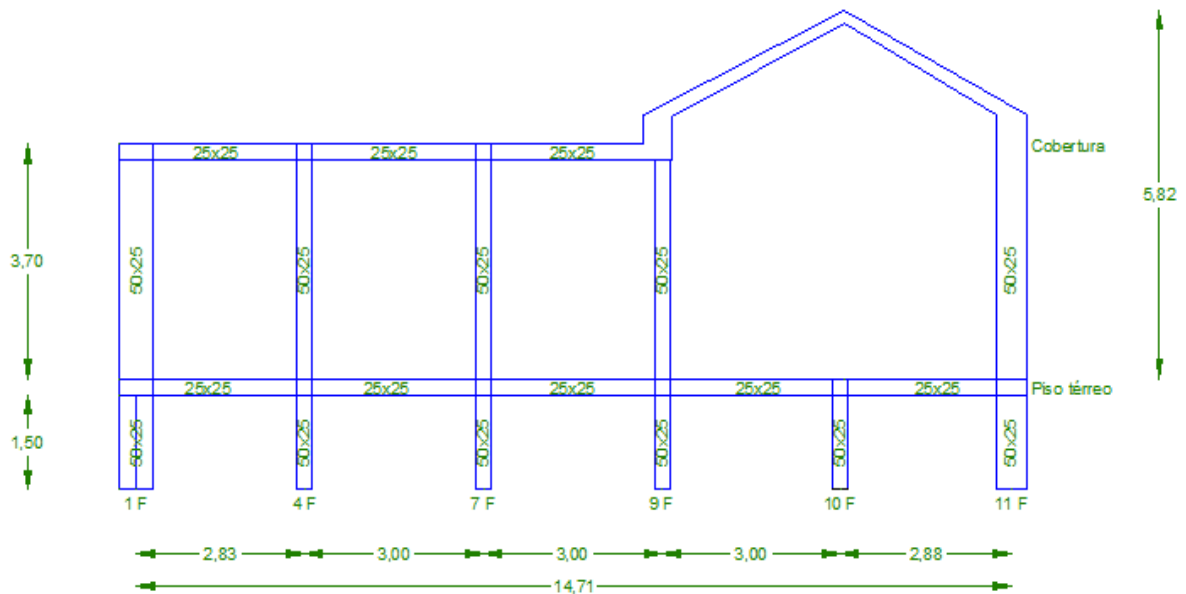


Figura 14 - Pórtico F

Tramo [1F-4F]

Cargas permanentes (G): $\text{Peso Próprio}_{\text{viga}} + \text{Peso Próprio}_{\text{paredes divisórias}} + \text{Revestimentos} + \text{Peso Próprio}_{\text{laje}} + \text{Peso Próprio}_{\text{paredes exteriores}} (10 \text{ kN/m})$

		Cargas Permanentes						Ações variáveis		
	Largura de influência (m)	Viga			Revestimentos (kN/m ²)	Paredes divisórias (kN/m ²)	Peso Próprio Laje (kN/m ²)	Sobrecarga(Q)	Neve (S)	Vento (W)
		b (m)	h (m)	Peso Próprio (kN/m)						
Tramo [1F-4F]	1,675	0,25	0,25	1,563	2	2	3,10	3	-	-

Tabela 4 - Pórtico F- Piso térreo - Tramo [1F-4F]

$$G = 25 \times (0,25 \times 0,25) + [2 + 2 + 3,10] \times \left(0,5 + \frac{2,35}{2}\right) + 10 = 23,46 \text{ kN/m}$$

$$\text{Sobrecarga}(Q) = 3 \times \left(0,5 + \frac{2,35}{2}\right) = 5,03 \text{ kN/m}$$

Tramo [4F-7F]

Cargas permanentes (G): Peso Próprio_{viga}+Peso Próprio_{paredes divisórias}+Revestimentos+Peso

Próprio_{laje}+Peso Próprio_{paredes exteriores} (10 kN/m)

		Cargas Permanentes						Ações variáveis		
	Largura de influência (m)	Viga			Revestimentos (kN/m ²)	Paredes divisórias (kN/m ²)	Peso Próprio Laje (kN/m ²)	Sobrecarga (Q)	Neve (S)	Vento (W)
		b (m)	h (m)	Peso Próprio (kN/m)						
Tramo [4F-7F]	2,675	0,25	0,25	1,563	2	2	3,10	3	-	-

Tabela 5 - Pórtico F - Piso térreo - Tramo [4F-7F]

$$G = 25 \times (0,25 \times 0,25) + [2 + 2 + 3,10] \times \left(\frac{3}{2} + \frac{2,35}{2}\right) + 10 = 30,56 \text{ kN/m}$$

$$\text{Sobrecarga}(Q) = 3 \times \left(\frac{3}{2} + \frac{2,35}{2}\right) = 8,03 \text{ kN/m}$$

Tramo [7F-9F]

Cargas permanentes (G): Peso Próprio_{viga}+Peso Próprio_{paredes divisórias}+Revestimentos+Peso

Próprio_{laje}+Peso Próprio_{paredes exteriores} (10 kN/m)

		Cargas Permanentes						Ações variáveis		
	Largura de influência (m)	Viga			Revestimentos (kN/m ²)	Paredes divisórias (kN/m ²)	Peso Próprio Laje (kN/m ²)	Sobrecarga (Q)	Neve (S)	Vento(W)
		b (m)	h (m)	Peso Próprio (kN/m)						
Tramo [7F-9F]	1,675	0,25	0,25	1,563	2	2	3,10	3	-	-

Tabela 6 - Pórtico F - Piso térreo - Tramo [7F-9F]

$$G = 25 \times (0,25 \times 0,25) + [2 + 2 + 3,10] \times \left(0,5 + \frac{2,35}{2}\right) + 10 = 23,46 \text{ kN/m}$$

$$\text{Sobrecarga}(Q) = 3 \times \left(0,5 + \frac{2,35}{2}\right) = 5,03 \text{ kN/m}$$

Tramo [9F-10F]

Cargas permanentes (G): Peso Próprio _{viga} + Peso Próprio _{paredes divisórias} + Revestimentos + Peso Próprio _{laje} + Peso Próprio _{paredes exteriores} (10 kN/m)

		Cargas Permanentes						Ações variáveis		
	Largura de influência (m)	Viga			Revestimentos (kN/m ²)	Paredes divisórias (kN/m ²)	Peso Próprio Laje (kN/m ²)	Sobrecarga (Q)	Neve (S)	Vento (W)
		b (m)	h (m)	Peso Próprio (kN/m)						
Tramo [9F-10F]	2	0,25	0,25	1,563	2	2	3,10	3	-	-

Tabela 7 - Pórtico F - Piso térreo - Tramo [9F-10F]

$$G = 25 \times (0,25 \times 0,25) + [2 + 2 + 3,10] \times \left(\frac{3}{2} + 0,5\right) + 10 = 25,76 \text{ kN/m}$$

$$\text{Sobrecarga}(Q) = 3 \times \left(\frac{3}{2} + 0,5\right) = 6,00 \text{ kN/m}$$

Tramo [10F-11F]

Cargas permanentes (G): Peso Próprio _{viga} + Peso Próprio _{paredes divisórias} + Revestimentos + Peso Próprio _{laje} + Peso Próprio _{paredes exteriores} (10 kN/m)

		Cargas Permanentes						Ações variáveis		
	Largura de influência (m)	Viga			Revestimentos (kN/m ²)	Paredes divisórias (kN/m ²)	Peso Próprio Laje (kN/m ²)	Sobrecarga (Q)	Neve (S)	Vento (W)
		b (m)	h (m)	Peso Próprio (kN/m)						
Tramo [10F-11F]	1	0,25	0,25	1,563	2	2	3,10	3	-	-

Tabela 8- Pórtico F - Piso térreo - Tramo [10F-11F]

$$G = 25 \times (0,25 \times 0,25) + [2 + 2 + 3,10] \times (0,5 + 0,5) + 10 = 18,66 \text{ kN/m}$$

$$\text{Sobrecarga}(Q) = 3 \times (0,5 + 0,5) = 3,00 \text{ kN/m}$$

-Cobertura

Tramo [1F-4F]; [4F-7F]; [7F-9F]

Cargas permanentes (G): $\text{Peso Próprio}_{\text{viga}} + \text{Revestimentos} + \text{Peso Próprio}_{\text{laje maciça}} + \text{Peso Próprio}_{\text{laje aligeirada}}$

		Cargas Permanentes					Ações variáveis			
	Largura de influência (m)	Viga			Revestimentos (kN/m ²)	Paredes divisórias (kN/m ²)	Peso Próprio Laje (kN/m ²)	Sobrecarga (Q)	Neve (S)	Vento (W)
		b (m)	h (m)	Peso Próprio (kN/m)						
Tramos [1F-4F]; [4F-7F]; [7F-9F]	1,55	0,25	0,25	1,563	2	-	2,57	1,55	1,71	1,40

Tabela 9 - Pórtico F - Cobertura - Tramos [1F-4F];[4F-7F]; [7F-9F]

$$G = 25 \times (0,25 \times 0,25) + 2 \times \left(0,5 + \frac{2,1}{2}\right) + 25 \times 0,2 \times \frac{2,1}{2} + 2,57 \times 0,5 = 11,20 \text{ kN/m}$$

$$\text{Sobrecarga}(Q) = 1 \times \left(0,5 + \frac{2,1}{2}\right) = 1,55 \text{ kN/m}$$

$$\text{Ação da Neve}(S) = 1,1 \times \left(0,5 + \frac{2,1}{2}\right) = 1,71 \text{ kN/m}$$

$$\text{Ação do Vento}(W) = 0,9 \times \left(0,5 + \frac{2,1}{2}\right) = 1,40 \text{ kN/m}$$

Tramo [9F-10F];[10F-11F]

Cargas permanentes (G): $\text{Peso Próprio}_{\text{viga}} + \text{Revestimentos} + \text{Peso Próprio}_{\text{laje aligeirada}}$

		Cargas Permanentes					Ações variáveis			
	Largura de influência (m)	Viga			Revestimentos (kN/m ²)	Paredes divisórias (kN/m ²)	Peso Próprio Laje (kN/m ²)	Sobrecarga (Q)	Neve (S)	Vento (W)
		b (m)	h (m)	Peso Próprio (kN/m)						
Tramo [9F-10F]; [10F-11F]	1	0,25	0,25	1,563	2	~	2,57	0,3	1,5	0,9

Tabela 10 - Pórtico F - Cobertura - Tramos [9F-10F][10F-11F]

$$G = 25 \times (0,25 \times 0,25) + [2 + 2,57] \times [0,5 + 0,5] = 6,13 \text{ kN/m}$$

$$\text{Sobrecarga}(Q) = 0,3 \times (0,5 + 0,5) = 0,3 \text{ kN/m}$$

$$\text{Ação da Neve}(S) = 1,5 \times (0,5 + 0,5) = 1,5 \text{ kN/m}$$

$$\text{Ação do Vento}(W) = 0,9 \times (0,5 + 0,5) = 0,9 \text{ kN/m}$$

6.4.2. Pórtico 6

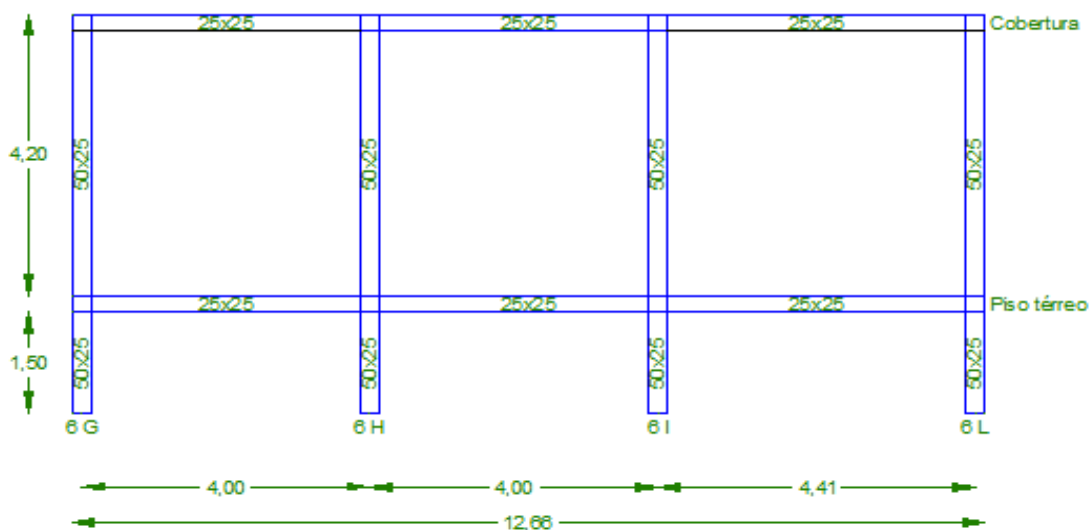


Figura 15 - Pórtico 6

-Piso térreo

Tramo [6L-6I];[6H-6G]

Cargas permanentes (G): $\text{Peso Próprio}_{\text{viga}} + \text{Peso Próprio}_{\text{paredes divisórias}} + \text{Revestimentos} + \text{Peso Próprio}_{\text{laje}}$

		Cargas Permanentes						Ações variáveis		
	Largura de influência (m)	Viga			Revestimentos (kN/m ²)	Paredes divisórias (kN/m ²)	Peso Próprio Laje (kN/m ²)	Sobrecarga (Q)	Neve (S)	Vento (W)
		b (m)	h (m)	Peso Próprio (kN/m)						
Tramo [6L-6I] [6H-6G]	2	0,25	0,25	1,563	2	2	3,10	3	-	-

Tabela 11 - Pórtico 6 -Piso Térreo - Tramo [6L-6I];[6H-6G]

$$G = 25 \times (0,25 \times 0,25) + [2 + 2 + 3,10] \times \left(0,5 + \frac{3}{2}\right) = 15,76 \text{ kN/m}$$

$$\text{Sobrecarga}(Q) = 3 \times \left(0,5 + \frac{3}{2}\right) = 6,00 \text{ kN/m}$$

Tramo [6I-6H]

Cargas permanentes (G): Peso Próprio_{viga} + Peso Próprio_{paredes divisórias} + Revestimentos + Peso Próprio_{laje}

		Cargas Permanentes						Ações variáveis		
	Largura de influência (m)	Viga			Revestimentos (kN/m ²)	Paredes divisórias (kN/m ²)	Peso Próprio Laje (kN/m ²)	Sobrecarga (Q)	Neve (S)	Vento (W)
		b (m)	h (m)	Peso Próprio (kN/m)						
Tramo [6I-6H]	1,675	0,25	0,25	1,563	2	2	3,10	3	-	-

Tabela 12 - Pórtico 6 -Piso Térreo - Tramo [6I-6H]

$$G = 25 \times (0,25 \times 0,25) + [2 + 2 + 3,10] \times \left(\frac{2,35}{2} + 0,5\right) = 13,46 \text{ kN/m}$$

$$\text{Sobrecarga}(Q) = 3 \times \left(0,5 + \frac{2,35}{2}\right) = 5,03 \text{ kN/m}$$

-Cobertura

Tramo[6L-6I]

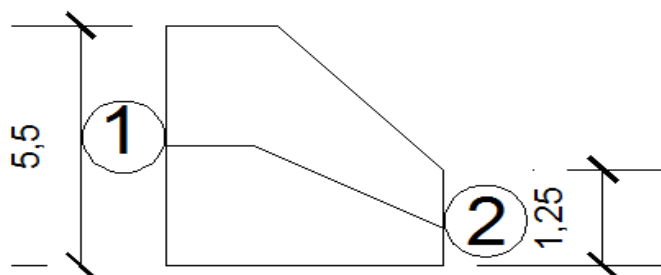


Figura 16 – Distribuição das ações na laje LM4

		Cargas Permanentes						Ações variáveis		
	Largura de influência (m)	Viga			Revestimentos (kN/m ²)	Paredes divisórias (kN/m ²)	Peso Próprio Laje (kN/m ²)	Sobrecarga (Q)	Neve (S)	Vento (W)
		b (m)	h (m)	Peso Próprio (kN/m)						
Tramo [6L-6I]	2,75	0,25	0,25	1,563	2	-	5	2,75	3,03	2,48

Tabela 13 - Pórtico 6 -Cobertura - Tramo [6L-6I] (Ponto 1)

		Cargas Permanentes						Ações variáveis		
	Largura de influência (m)	Viga			Revestimentos (kN/m ²)	Paredes divisórias (kN/m ²)	Peso Próprio Laje (kN/m ²)	Sobrecarga(Q)	Neve(S)	Vento(W)
		b (m)	h (m)	Peso Próprio (kN/m)						
Tramo [6L-6I]	0,6125	0,25	0,25	1,563	2	-	5	0,63	0,69	0,56

Tabela 14 - Pórtico 6 -Cobertura - Tramo [6L-6I] (Ponto 2)

$$P(1) = \frac{5,5}{2} \times (2 + 0,2 \times 25) = 19,25 \text{ kN/m}$$

$$P(2) = \frac{1,25}{2} \times (2 + 0,2 \times 25) = 4,38 \text{ kN/m}$$

$$Q(1) = 1 \times \frac{5,5}{2} = 2,75 \text{ kN/m}$$

$$Q(2) = 1 \times \frac{1,25}{2} = 0,63 \text{ kN/m}$$

$$S(1) = 1,1 \times \frac{5,5}{2} = 3,03 \text{ kN/m}$$

$$S(2) = 1,1 \times \frac{1,25}{2} = 0,69 \text{ kN/m}$$

$$W(1) = 0,9 \times \frac{5,5}{2} = 2,48 \text{ kN/m}$$

$$W(2) = 0,9 \times \frac{1,25}{2} = 0,56 \text{ kN/m}$$

Tramo [6I-6H]

Cargas permanentes (G): Peso Próprio_{viga} + Revestimentos + Peso Próprio_{laje maciça}

		Cargas Permanentes						Ações variáveis		
	Largura de influência (m)	Viga			Revestimentos (kN/m ²)	Paredes divisórias (kN/m ²)	Peso Próprio Laje maciça (kN/m ²)	Sobrecarga (Q)	Neve (S)	Vento (W)
		b (m)	h (m)	Peso Próprio (kN/m)						
Tramo [6I-6H]	3	0,25	0,25	1,563	2	-	5	1	1,1	0,9

Tabela 15 - Pórtico 6 -Cobertura - Tramo [6I-6H]

$$G = 25 \times (0,25 \times 0,25) + [2 + 25 \times 0,2] \times \left[\frac{3}{2} + 0,5\right] = 15,56 \text{ kN/m}$$

$$\text{Sobrecarga}(Q) = 1 \times \left(\frac{3}{2} + 0,5\right) = 2 \text{ kN/m}$$

$$\text{Ação da Neve}(S) = 1,1 \times \left(\frac{3}{2} + 0,5\right) = 2,2 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Ação do Vento}(W) = 0,9 \times \left(\frac{3}{2} + 0,5\right) = 1,8 \text{ kN/m}$$

Tramo [6H-6G]

Cargas permanentes (G): $\text{Peso Próprio}_{\text{viga}} + \text{Revestimentos} + \text{Peso Próprio}_{\text{laje maciça}}$

		Cargas Permanentes						Ações variáveis		
	Largura de influência (m)	Viga			Revestimentos (kN/m ²)	Paredes divisórias (kN/m ²)	Peso Próprio Laje maciça (kN/m ²)	Sobrecarga (Q)	Neve (S)	Vento (W)
		b (m)	h (m)	Peso Próprio (kN/m)						
Tramo [6H-6G]	2	0,25	0,25	1,563	2	-	5	1	1,1	0,9

Tabela 16 - Pórtico 6 - Cobertura - Tramo [6H-6G]

$$G = 25 \times (0,25 \times 0,25) + [2 + 25 \times 0,2] \times \left[0,5 + \frac{5}{2}\right] = 22,56 \text{ kN/m}$$

$$\text{Sobrecarga}(Q) = 1 \times \left(0,5 + \frac{5}{2}\right) = 3 \text{ kN/m}$$

$$\text{Ação da Neve}(S) = 1,1 \times \left(0,5 + \frac{5}{2}\right) = 3,3 \text{ kN/m}$$

$$\text{Ação do Vento}(W) = 0,9 \times \left(0,5 + \frac{5}{2}\right) = 2,7 \text{ kN/m}$$

6.4.3. Pórtico 4

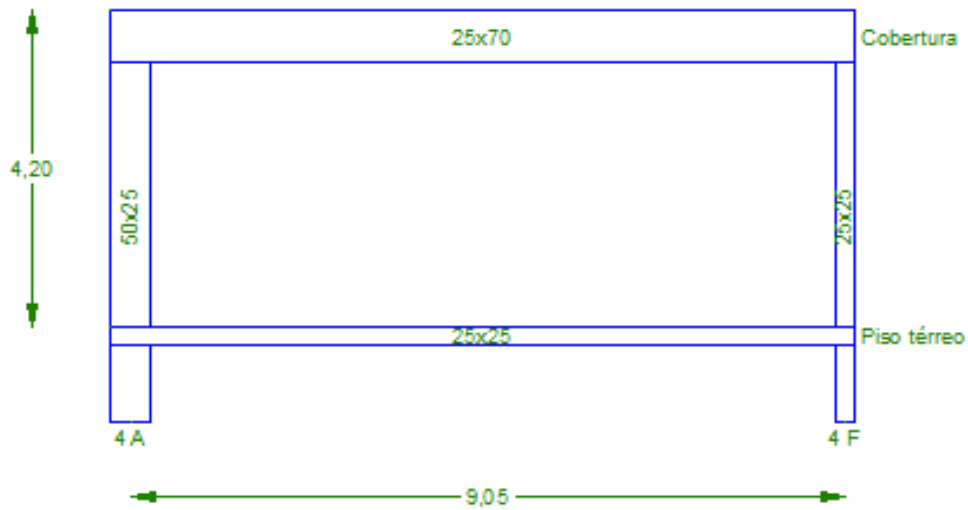


Figura 17 - Pórtico 4

-Piso térreo

Tramo [4A-4F]

Cargas permanentes (G): Peso Próprio_{viga} + Revestimentos + Peso Próprio_{laje aligeirada}

		Cargas Permanentes					Ações variáveis			
	Largura de influência (m)	Viga			Revestimentos (kN/m ²)	Paredes divisórias (kN/m ²)	Peso Próprio Laje (kN/m ²)	Sobrecarga (Q)	Neve (S)	Vento (W)
		b (m)	h (m)	Peso Próprio (kN/m)						
Tramo [4A-4F]	3	0,25	0,5	3,125	2	-	3,10	3	-	-

Tabela 17 - Pórtico 4 -Piso Térreo - Tramo [4A-4F]

$$G = 25 \times (0,50 \times 0,25) + [2 + 3,10] \times \left(\frac{3}{2} + \frac{3}{2}\right) = 18,43 \text{ kN/m}$$

$$\text{Sobrecarga}(Q) = 3 \times \left(\frac{3}{2} + \frac{3}{2}\right) = 9,00 \text{ kN/m}$$

-Cobertura

Tramo [4A-4F]

Cargas permanentes (G): Peso Próprio_{viga} + Revestimentos + Peso Próprio_{laje maciça}

		Cargas Permanentes						Ações variáveis		
	Largura de influência (m)	Viga			Revestimentos (kN/m ²)	Paredes divisórias (kN/m ²)	Peso Próprio Laje (kN/m ²)	Sobrecarga(Q)	Neve (S)	Vento (W)
		b (m)	h (m)	Peso Próprio (kN/m)						
Tramo [4A-4F]	3	0,25	0,70	4,375	2	-	2,57	1	1,1	0,9

Tabela 18 - Pórtico 4 -Cobertura - Tramo [4A-4F]

$$G = 25 \times (0,25 \times 0,70) + [2 + 2,57] \times \left[\frac{3}{2} + \frac{3}{2} \right] = 18,09 \text{ kN/m}$$

$$\text{Sobrecarga}(Q) = 1 \times \left(\frac{3}{2} + \frac{3}{2} \right) = 3 \text{ kN/m}$$

$$\text{Ação da Neve}(S) = 1,1 \times \left(\frac{3}{2} + \frac{3}{2} \right) = 3,3 \text{ kN/m}$$

$$\text{Ação do Vento}(W) = 0,9 \times \left(\frac{3}{2} + \frac{3}{2} \right) = 2,7 \text{ kN/m}$$

Pórtico	Tramo	Piso térreo		Cobertura			
		Cargas Permanents	Sobrecarga	Cargas permanentes	Sobrecarga	Neve	Vento
F	[1F-4F]	23,46	5,03	11,20	1,55	1,71	1,40
	[4F-7F]	30,56	8,03	11,20	1,55	1,71	1,40
	[7F-9F]	23,46	5,03	11,20	1,55	1,71	1,40
	[9F-10F]	25,76	6	6,13	0,3	1,50	0,90
	[10F11F]	18,66	3	6,13	0,3	1,50	0,90
6	[6L-6I]	15,76	6	19,25 (P1)	2,75 (Q1)	3,03 (S1)	2,48 (W1)
				4,38 (P2)	0,63 (Q2)	0,69 (S2)	0,56 (W2)
	[6L-6H]	13,46	5,03	15,56	2	2,2	1,8
	[6H-6G]	15,76	6	22,56	3	3,3	2,7
4	[4A-4F]	16,86	9	18,09	3	3,3	2,7

Tabela 19 - Resumo das cargas existentes nos pórticos

6.5. Estado Limite Último e Estado Limite de Serviço

Segundo o [Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado, 1983], entende-se por Estado Limite Último o estado a que determinada estrutura, sob influência de determinadas ações, está sujeita de modo a que haja rotura parcial ou total da mesma e por Estado Limite de Serviço o estado a que determinada estrutura, sob a influência de determinadas ações, está sujeita de modo a que não exista rotura mas sim deformações permanentes que comprometam a utilização para a qual foram construídas. Ambos os estados não devem ser atingidos.

Para a verificação dos ELU e ELS é necessário conhecer as ações a que o edifício irá estar sujeito (ações permanentes e ações variáveis). Foram considerados todos os pesos próprios dos revestimentos e das peças estruturais (lajes, vigas e pilares) como ações de carácter permanente e o vento, sobrecarga e neve como ações de carácter variável.

A expressão utilizada para o cálculo dos ELU corresponde ao cálculo das combinações fundamentais, que é a seguinte (RSA Artigo 9º):

$$Sd = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot (Q_{base} + \sum_2^n \psi_0 \cdot Q_i), \text{ expressa em } [kN/m^2]$$

Em que:

γ_G - coeficiente de segurança relativamente as acções permanentes que é igual a 1.35.

G - acções permanentes

γ_Q - coeficiente de segurança relativamente às acções variáveis que é igual a 1.5.

Q_{base} - acção variável base.

ψ_0 - coeficiente de redução relativamente à acção variável Q_i (de ordem i).

No pré-dimensionamento não foi verificado o Estado Limite de utilização.

6.6. Combinações Fundamentais

6.6.1. Pórtico F

Piso térreo

Tramo [1F-4F]

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (Q)	Ação do Vento (W)	Ψ_c	Ação da Neve (S)	Ψ_s	$P_{ED(SQ)}$
1,35	23,46	1,5	5,03	-	-	-	-	39,22

Tabela 20 - Pórtico F -Piso Térreo - Tramo [1F-4F]

$$P_{ED} = 1,35 \times 23,46 + 1,5 \times 5,03 = 39,22 \text{ kN/m}$$

Tramo [4F-7F]

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (Q)	Ação do Vento (W)	Ψ_c	Ação da Neve (S)	Ψ_s	$P_{ED(SQ)}$
1,35	30,56	1,5	8,03	-	-	-	-	53,30

Tabela 21 - Pórtico F -Piso Térreo - Tramo [4F-7F]

$$P_{ED} = 1,35 \times 30,56 + 1,5 \times 8,03 = 53,30 \text{ kN/m}$$

Tramo [7F-9F]

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (Q)	Ação do Vento (W)	Ψ_c	Ação da Neve (S)	Ψ_s	$P_{ED(SQ)}$
1,35	23,46	1,5	5,03	-	-	-	-	39,22

Tabela 22 - Pórtico F -Piso Térreo - Tramo [7F-9F]

$$P_{ED} = 1,35 \times 23,46 + 1,5 \times 5,03 = 39,22 \text{ kN/m}$$

Tramo [9F-10F]

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (Q)	Ação do Vento (W)	Ψ_c	Ação da Neve (S)	Ψ_s	$P_{ED(SQ)}$
1,35	25,76	1,5	6	-	-	-	-	43,78

Tabela 23 - Pórtico F -Piso Térreo - Tramo [9F-10F]

$$P_{ED} = 1,35 \times 25,76 + 1,5 \times 6 = 43,78 \text{ kN/m}$$

Tramo [10F-11F]

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (Q)	Ação do Vento (W)	Ψ_w	Ação da Neve (S)	Ψ_s	P _{ED (kN/m)}
1,35	18,66	1,5	3	-	-	-	-	29,69

Tabela 24 - Pórtico F -Piso Térreo - Tramo [10F-11F]

$$P_{ED} = 1,35 \times 18,66 + 1,5 \times 3 = 29,69 \text{ kN/m}$$

Cobertura

Tramo [1F-4F];[4F-7F];[7F-9F]

Ação Base Q

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (Q)	Ação do Vento (W)	Ψ_w	Ação da Neve (S)	Ψ_s	P _{ED (kN/m)}
1,35	11,20	1,5	1,55	1,40	0,40	1,71	0,60	19,82

Tabela 25 - Pórtico F -Cobertura – Tramos [1F-4F];[4F-7F];[7F-9F]

$$P_{ED} = 1,35 \times 11,20 + 1,5 \times [1,55 + 0,4 \times 1,4 + 0,6 \times 1,71] = 19,82 \text{ kN/m}$$

Ação Base W

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (w)	Ação da Sobrecarga (Q)	Ψ_c	Ação da Neve (S)	Ψ_s	P _{ED (kN/m)}
1,35	11,20	1,5	1,40	1,55	0,70	1,71	0,60	20,39

Tabela 26 - Pórtico F -Cobertura – Tramos [1F-4F];[4F-7F];[7F-9F]

$$P_{ED} = 1,35 \times 18,36 + 1,5 \times [1,40 + 0,6 \times 1,71 + 0,7 \times 1,55] = 20,39 \text{ kN/m}$$

Ação Base S

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (S)	Ação da Sobrecarga (Q)	Ψ_c	Ação do Vento (W)	Ψ_w	P _{ED(kN/m)}
1,35	11,20	1,5	1,71	1,55	0,70	1,40	0,40	20,15

Tabela 27 - Pórtico F -Cobertura – Tramos [1F-4F];[4F-7F];[7F-9F]

$$P_{ED} = 1,35 \times 11,20 + 1,5 \times [1,71 + 0,4 \times 1,4 + 0,7 \times 1,55] = 20,15 \text{ kN/m}$$

Tramo [9F-10F];[10F-11F]

Ação Base Q

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (Q)	Ação do Vento (W)	Ψ_w	Ação da Neve (S)	Ψ_s	P _{ED(kN/m)}
1,35	6,13	1,5	0,30	0,90	0,40	1,50	0,60	10,62

Tabela 28 - Pórtico F -Cobertura – Tramos [9F-10F];[10F-11F]

$$P_{ED} = 1,35 \times 6,13 + 1,5 \times [0,3 + 0,4 \times 0,9 + 0,6 \times 1,5] = 10,62 \text{ kN/m}$$

Ação Base W

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (w)	Ação da Sobrecarga (Q)	Ψ_c	Ação da Neve (S)	Ψ_s	P _{ED(kN/m)}
1,35	6,13	1,5	0,90	0,30	0,70	1,50	0,60	11,29

Tabela 29 - Pórtico F -Cobertura – Tramos [9F-10F];[10F-11F]

$$P_{ED} = 1,35 \times 6,13 + 1,5 \times [0,9 + 0,6 \times 1,5 + 0,7 \times 0,3] = 11,29 \text{ kN/m}$$

Ação Base S

γ_G	G (kN/m)	γ_Q	Ação Base (S)	Ação da Sobrecarga (Q)	Ψ_Q	Ação do Vento (W)	Ψ_W	PED (kN/m)
1,35	6,13	1,5	1,50	0,30	0,70	0,40	0,40	11,38

Tabela 30 - Pórtico F -Cobertura – Tramos [9F-10F];[10F-11F]

$$P_{ED} = 1,35 \times 6,13 + 1,5 \times [1,5 + 0,9 \times 0,4 + 0,7 \times 0,3] = 11,38 \text{ kN/m}$$

6.6.2. Pórtico 6

Piso térreo

Tramo [6L-6I];[6H-6G]

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (Q)	Ação do Vento (W)	Ψ_w	Ação da Neve (S)	Ψ_s	P _{ED (kN/m)}
1,35	15,76	1,5	6	-	-	-	-	30,28

Tabela 31 - Pórtico 6 - Piso Térreo – Tramos [6L-6I];[6H-6G]

$$P_{ED} = 1,35 \times 15,76 + 1,5 \times 6 = 30,28 \text{ kN/m}$$

Tramo [6I-6H]

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (Q)	Ação do Vento (W)	Ψ_w	Ação da Neve (S)	Ψ_s	P _{ED (kN/m)}
1,35	13,46	1,5	5,03	-	-	-	-	25,72

Tabela 32- Pórtico 6 - Piso Térreo – Tramos [6I-6H]

$$P_{ED} = 1,35 \times 13,46 + 1,5 \times 5,03 = 25,72 \text{ kN/m}$$

Cobertura

Tramo [6H-6G]

Ação Base Q

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (Q)	Ação do Vento (W)	Ψ_w	Ação da Neve (S)	Ψ_s	P _{ED (kN/m)}
1,35	22,56	1,5	3	2,7	0,40	3,3	0,60	39,55

Tabela 33 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6H-6G]

$$P_{ED} = 1,35 \times 22,56 + 1,5 \times [3 + 0,4 \times 2,7 + 0,6 \times 3,3] = 39,55 \text{ kN/m}$$

Ação Base W

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (w)	Ação da Sobrecarga (Q)	Ψ_c	Ação da Neve (S)	Ψ_s	P _{ED (kN/m)}
1,35	22,56	1,5	2,7	3	0,70	3,3	0,60	40,63

Tabela 34 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6H-6C]

$$P_{ED} = 1,35 \times 22,56 + 1,5 \times [2,7 + 3 \times 0,7 + 3,3 \times 0,6] = 40,63 \text{ kN/m}$$

Ação Base S

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (S)	Ação da Sobrecarga (Q)	Ψ_c	Ação do Vento (W)	Ψ_w	P _{ED (kN/m)}
1,35	22,56	1,5	3,3	3	0,70	2,7	0,40	40,18

Tabela 35 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6H-6C]

$$P_{ED} = 1,35 \times 22,56 + 1,5 \times [3,3 + 3 \times 0,7 + 2,7 \times 0,4] = 40,18 \text{ kN/m}$$

Tramo [6I-6H]

Ação Base Q

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (Q)	Ação do Vento (W)	Ψ_w	Ação da Neve (S)	Ψ_s	P _{ED (kN/m)}
1,35	15,56	1,5	2	1,8	0,40	2,2	0,60	27,07

Tabela 36 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6I-6H]

$$P_{ED} = 1,35 \times 15,56 + 1,5 \times [2 + 1,8 \times 0,4 + 2,2 \times 0,6] = 27,07 \text{ kN/m}$$

Ação Base W

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (w)	Ação da Sobrecarga (Q)	Ψ_c	Ação da Neve (S)	Ψ_s	P _{ED (kN/m)}
1,35	15,56	1,5	1,8	2	0,70	2,2	0,60	27,79

Tabela 37 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6I-6H]

$$P_{ED} = 1,35 \times 15,56 + 1,5 \times [1,8 + 2 \times 0,7 + 2,2 \times 0,6] = 27,79 \text{ kN/m}$$

Ação Base S

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (S)	Ação da Sobrecarga (Q)	Ψ_c	Ação do Vento (W)	Ψ_w	P _{ED(S/W)}
1,35	15,56	1,5	2,2	2	0,70	1,8	0,40	27,49

Tabela 38 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6I-6H]

$$P_{ED} = 1,35 \times 15,56 + 1,5 \times [2,2 + 1,8 \times 0,4 + 2 \times 0,7] = 27,49 \text{ kN/m}$$

Tramo [6I-6L]

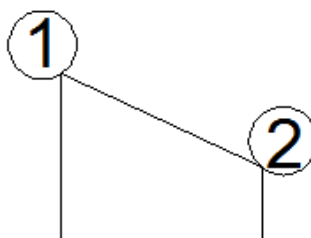


Figura 18 – Largura de influência laje LM4

Ponto 1

Ação Base Q

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (Q)	Ação do Vento (W)	Ψ_c	Ação da Neve (S)	Ψ_s	P _{ED(S/W)}
1,35	20,63	1,5	2,75	2,48	0,4	3,03	0,6	36,18

Tabela 39 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6I-6L] (Ponto 1)

$$P_{ED} = 1,35 \times 20,63 + 1,5 \times [2,75 + 2,48 \times 0,4 + 3,03 \times 0,6] = 36,18 \text{ kN/m}$$

Ação Base W

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (w)	Ação da Sobrecarga (Q)	Ψ_c	Ação da Neve (S)	Ψ_s	P _{ED(S/W)}
1,35	20,63	1,5	2,48	2,75	0,7	3,03	0,6	37,17

Tabela 40 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6I-6L] (Ponto 1)

$$P_{ED} = 1,35 \times 20,63 + 1,5 \times [2,48 + 2,75 \times 0,7 + 3,03 \times 0,6] = 37,17 \text{ kN/m}$$

Ação Base S

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (S)	Ação da Sobrecarga (Q)	Ψ_c	Ação do Vento (W)	Ψ_w	P _{ED (kN/m)}
1,35	20,63	1,5	3,03	2,75	0,7	2,48	0,4	36,76

Tabela 41 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6I-6L] (Ponto 1)

$$P_{ED} = 1,35 \times 20,63 + 1,5 \times [3,03 + 2,48 \times 0,4 + 2,75 \times 0,7] = 36,76 \text{ kN/m}$$

Ponto 2

Ação Base Q

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (Q)	Ação do Vento (W)	Ψ_w	Ação da Neve (S)	Ψ_s	P _{ED (kN/m)}
1,35	4,69	1,65	0,63	0,56	0,4	0,69	0,6	8,23

Tabela 42 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6I-6L] (Ponto 2)

$$P_{ED} = 1,35 \times 4,69 + 1,5 \times [0,63 + 0,56 \times 0,4 + 0,69 \times 0,6] = 8,23 \text{ kN/m}$$

Ação Base W

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (w)	Ação da Sobrecarga (Q)	Ψ_c	Ação da Neve (S)	Ψ_s	P _{ED (kN/m)}
1,35	4,69	1,5	0,56	0,63	0,7	0,69	0,6	8,45

Tabela 43 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6I-6L] (Ponto 2)

$$P_{ED} = 1,35 \times 4,69 + 1,5 \times [0,56 + 0,63 \times 0,7 + 0,69 \times 0,6] = 8,45 \text{ kN/m}$$

Ação Base S

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (S)	Ação da Sobrecarga (Q)	Ψ_c	Ação do Vento (W)	Ψ_w	P _{ED (kN/m)}
1,35	4,69	1,5	0,69	0,63	0,7	0,56	0,4	8,36

Tabela 44 - Pórtico 6 - Cobertura – Tramo [6I-6L] (Ponto 2)

$$P_{ED} = 1,35 \times 4,69 + 1,5 \times [0,69 + 0,56 \times 0,4 + 0,63 \times 0,7] = 8,36 \text{ kN/m}$$

6.6.3. Pórtico 4

Piso térreo

Tramo [4A-4F]

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (Q)	Ação do Vento (W)	Ψ_w	Ação da Neve (S)	Ψ_s	$P_{ED(1,35)}$
1,35	18,43	1,5	9	-	-	-	-	38,38

Tabela 45 - Pórtico 4 - Piso Térreo – Tramo [6A-4F]

$$P_{ED} = 1,35 \times 18,43 + 1,5 \times 9 = 38,38 \text{ kN/m}$$

Cobertura

Ação Base Q

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (Q)	Ação do Vento (W)	Ψ_w	Ação da Neve (S)	Ψ_s	$P_{ED(1,35)}$
1,35	18,43	1,5	3	2,70	-	3,30	-	33,51

Tabela 46 - Pórtico 4 - Cobertura – Tramo [6A-4F]

$$P_{ED} = 1,35 \times 18,09 + 1,5 \times [3 + 0,4 \times 2,7 + 0,6 \times 3,3] = 33,51 \text{ kN/m}$$

Ação Base W

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (W)	Ação da Sobrecarga (Q)	Ψ_q	Ação da Neve (S)	Ψ_s	$P_{ED(1,35)}$
1,35	18,43	1,5	2,70	3	-	3,30	-	34,59

Tabela 47 - Pórtico 4 - Piso Térreo – Tramo [6A-4F]

$$P_{ED} = 1,35 \times 18,09 + 1,5 \times [2,7 + 3 \times 0,7 + 3,3 \times 0,6] = 34,59 \text{ kN/m}$$

Ação Base S

γ_c	G (kN/m)	γ_c	Ação Base (S)	Ação da Sobrecarga (Q)	Ψ_c	Ação do Vento (W)	Ψ_w	$P_{ED(S+Q)}$
1,35	18,43	1,5	3,30	3	-	2,70	-	34,14

Tabela 48 - Pórtico 4 - Piso Térreo – Tramo [6A-4F]

$$P_{ED} = 1,35 \times 18,09 + 1,5 \times [3,3 + 3 \times 0,7 + 2,7 \times 0,4] = 34,14 \text{ kN/m}$$

Pórtico	Tramo	Piso térreo	Cobertura		
		P_m	P_m		
			Ação Base Q	Ação Base S	Ação Base W
F	[1F-4F]	39,22	19,82	20,15	20,39
	[4F-7F]	53,30	19,82	20,15	20,39
	[7F-9F]	39,22	19,82	20,15	20,39
	[9F-10F]	43,78	10,62	11,38	11,29
	[10F-11F]	29,69	10,62	11,38	11,29
6	[6L-6I]	30,28	36,18 (P1)	36,76 (S1)	37,17 (W1)
			8,23 (P2)	8,36 (S2)	8,45 (W2)
	[6I-6H]	25,72	26,53	26,95	27,79
	[6H-6G]	30,28	39,55	40,18	40,63
4	[4A-4F]	38,29	33,51	34,14	34,59

Tabela 49 - Quadro resumo das combinações fundamentais

Ação do sismo não foi tida em conta neste cálculo visto que o edifício em estudo é apenas constituído por um piso e que a zona onde se encontra é uma zona de baixo coeficiente de sismicidade (α). Esta ação vai ser contabilizada e analisada no programa de cálculo automático CypeCad.

6.7. Diagramas de Esforços

Após terem sido calculadas as combinações para os pórticos selecionados foi usado o programa informático de cálculo FTOOL³ de forma a serem obtidos os diagramas de esforços (axial , transverso e momento fletor), tendo sido considerados os esforços mais gravosos não tendo em conta qual era a ação atuante. No pré-dimensionamento foi considerado que as fundações se encontravam a 1,5m da cota da laje do piso térreo.

Seguidamente apresentam-se os diagramas de esforços (axial , transverso e momento fletor) para os pórticos em estudo (F, 6 e 4).

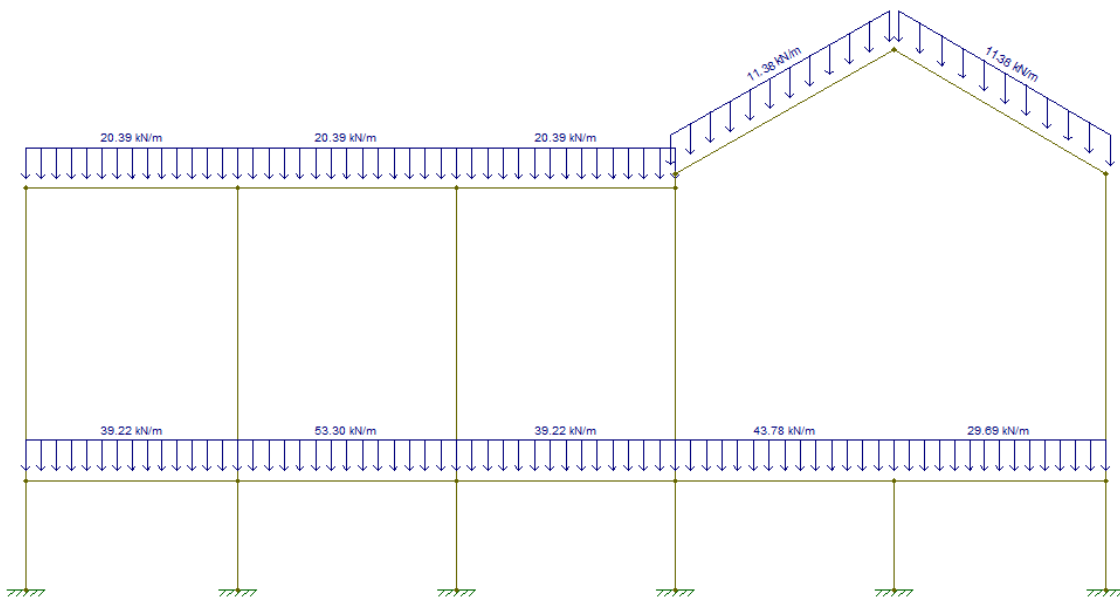


Figura 19 – Pórtico F

³ Ftool - Programa Gráfico-Interativo para Ensino de Comportamento de Estruturas

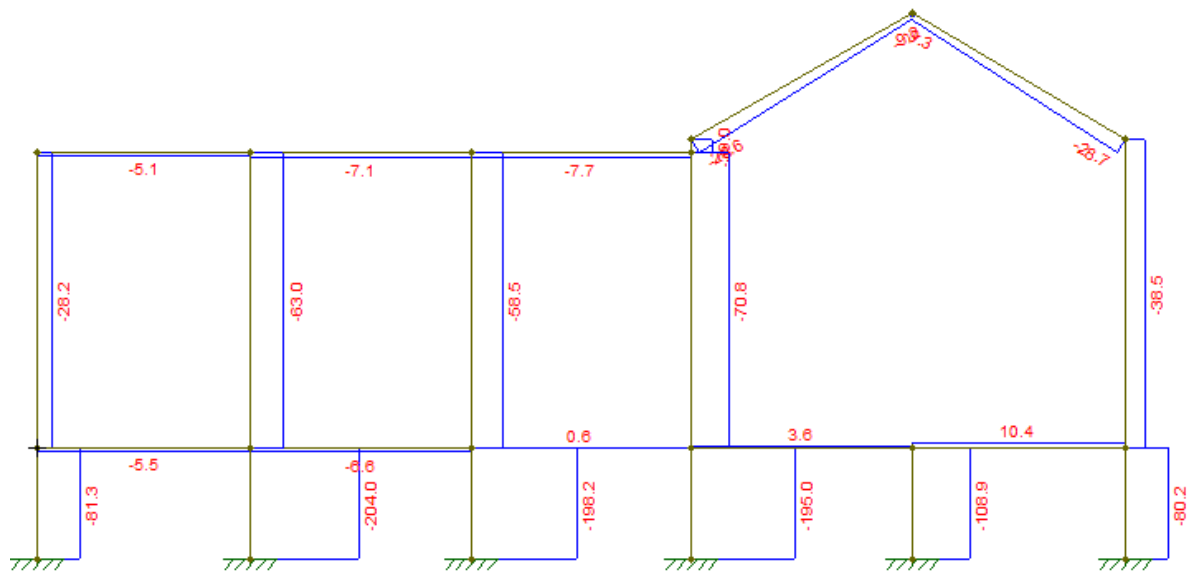


Figura 20 - Esforço axial

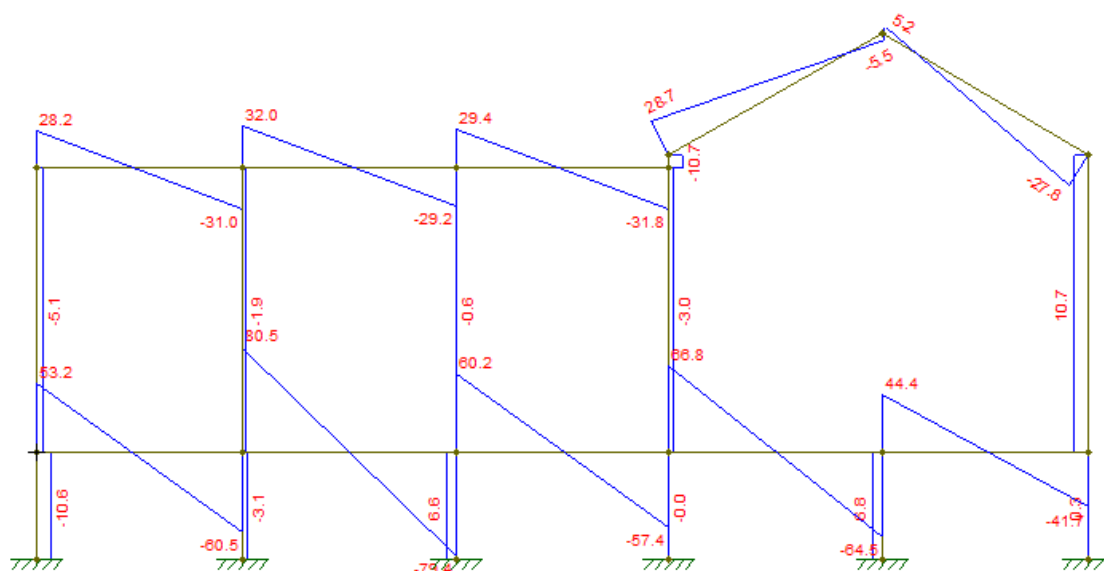


Figura 21 - Esforço Transverso

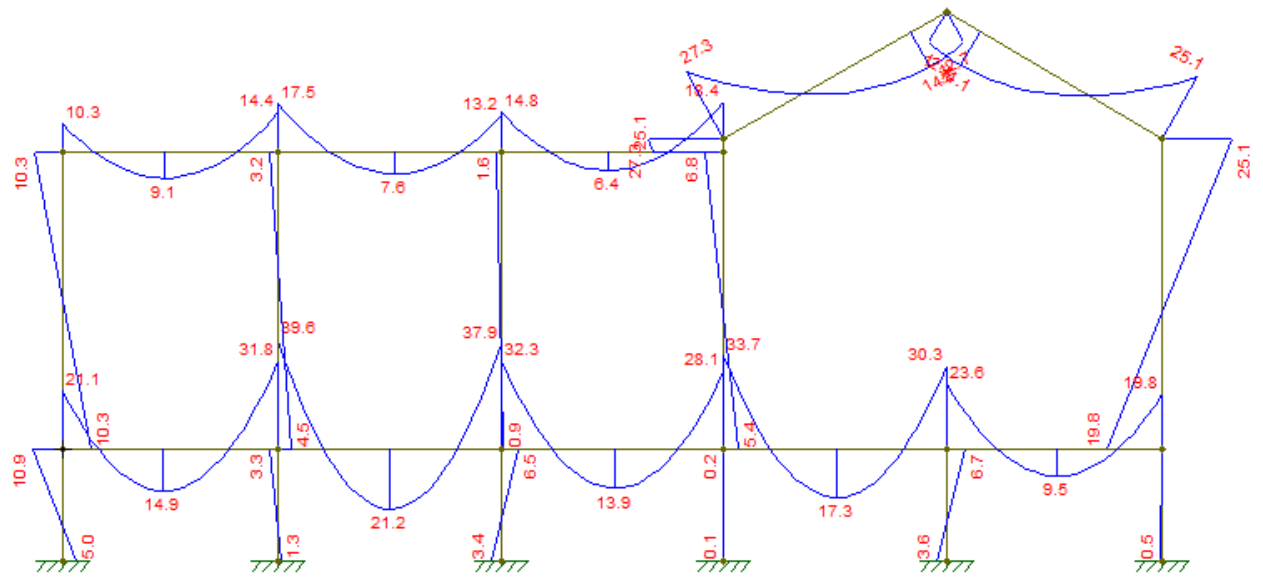


Figura 22 – Momento Fletor

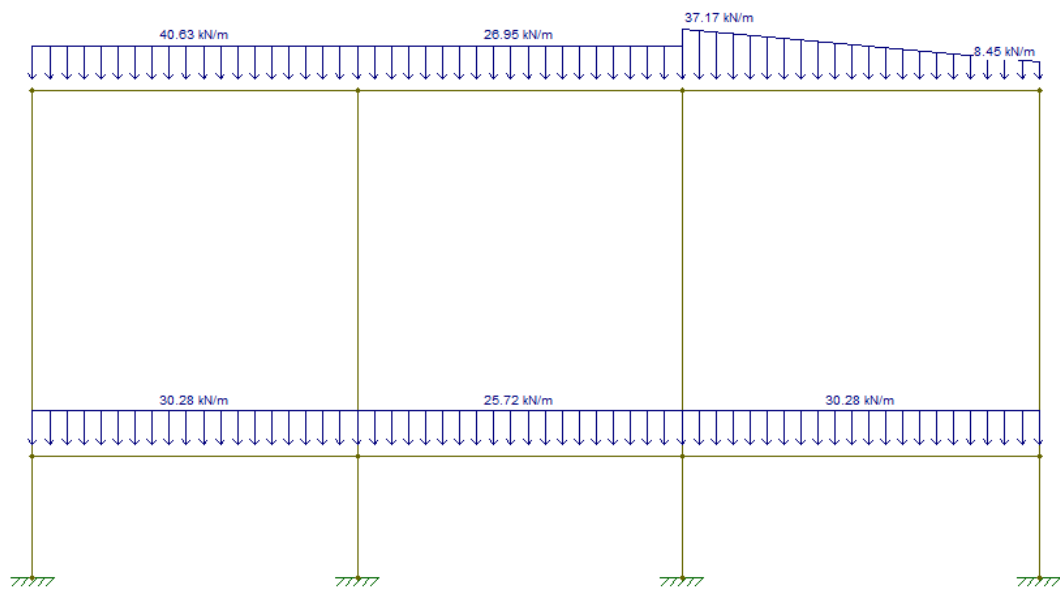


Figura 23 – Pórtico 6

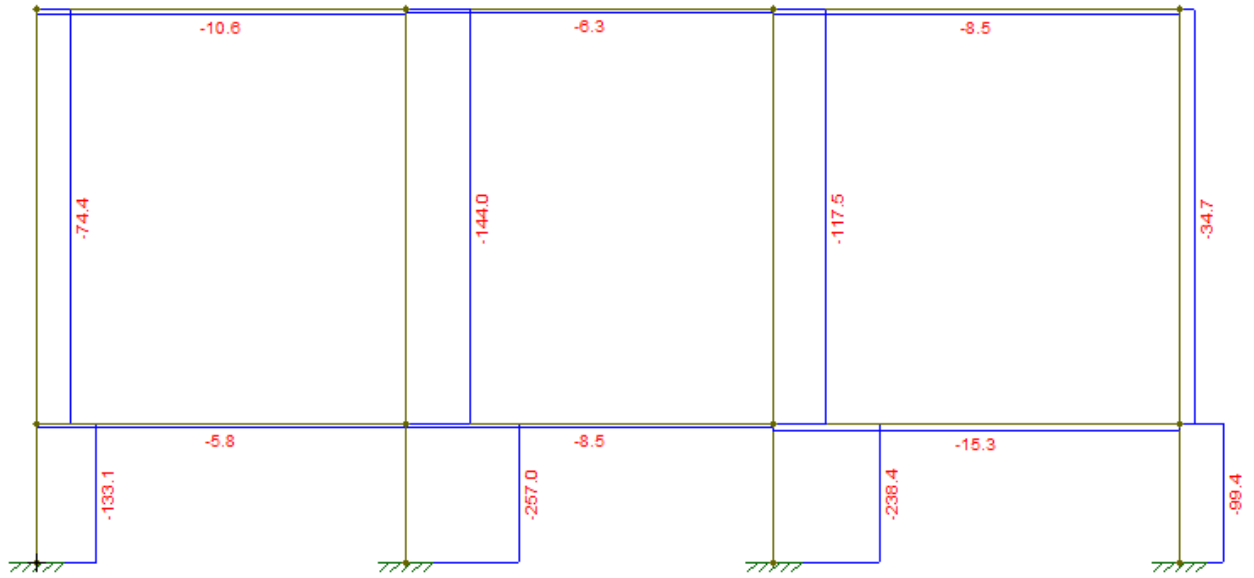


Figura 24 – Esforço axial

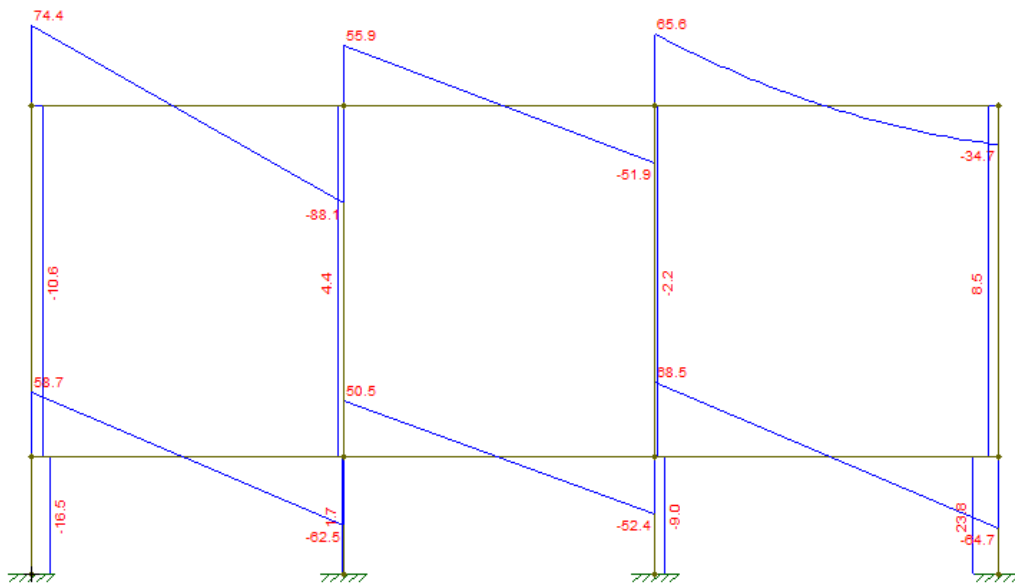


Figura 25 – Esforço Transverso

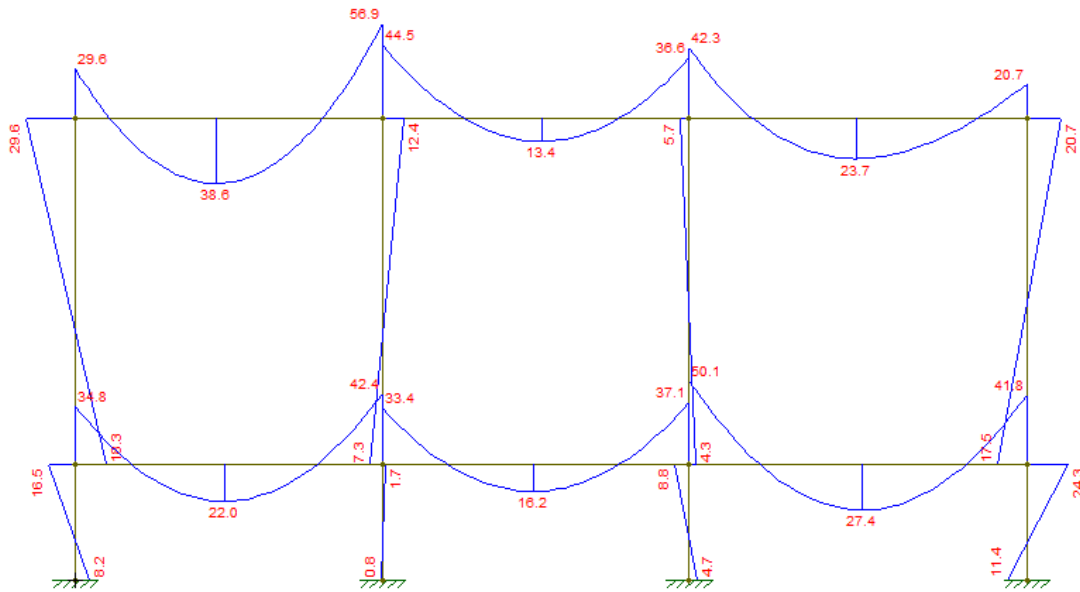


Figura 26 – Momento Fletor

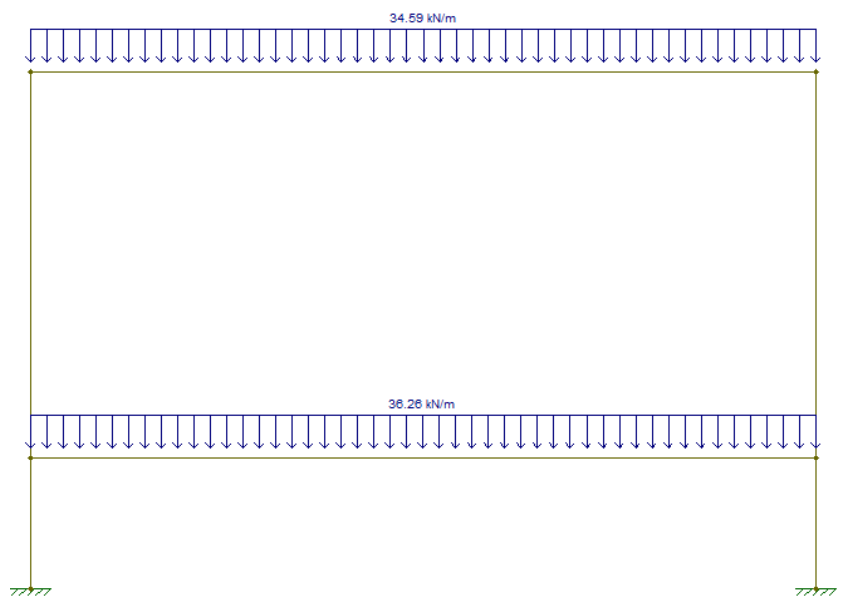


Figura 27 – Pórtico 4

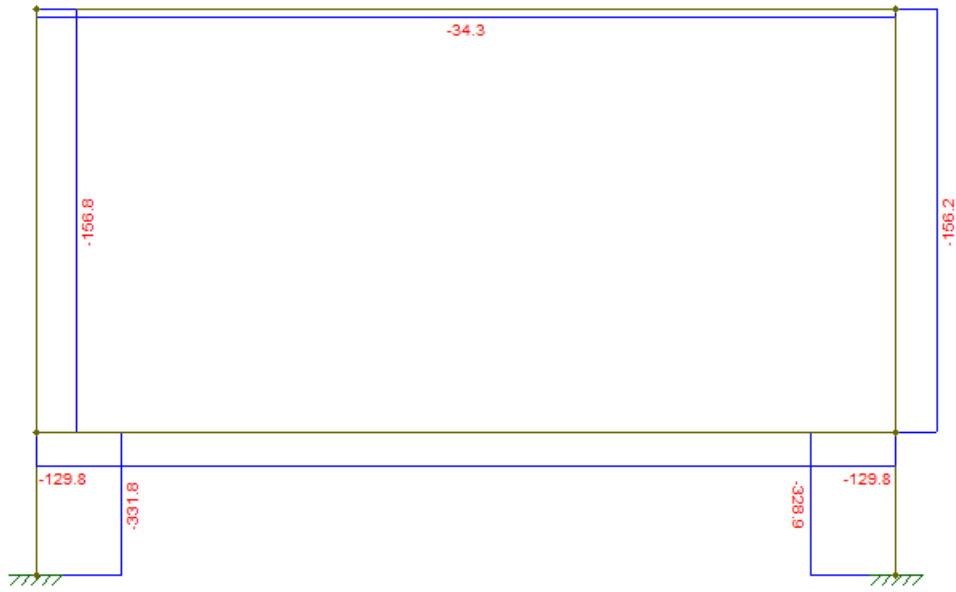


Figura 28 – Esforço axial

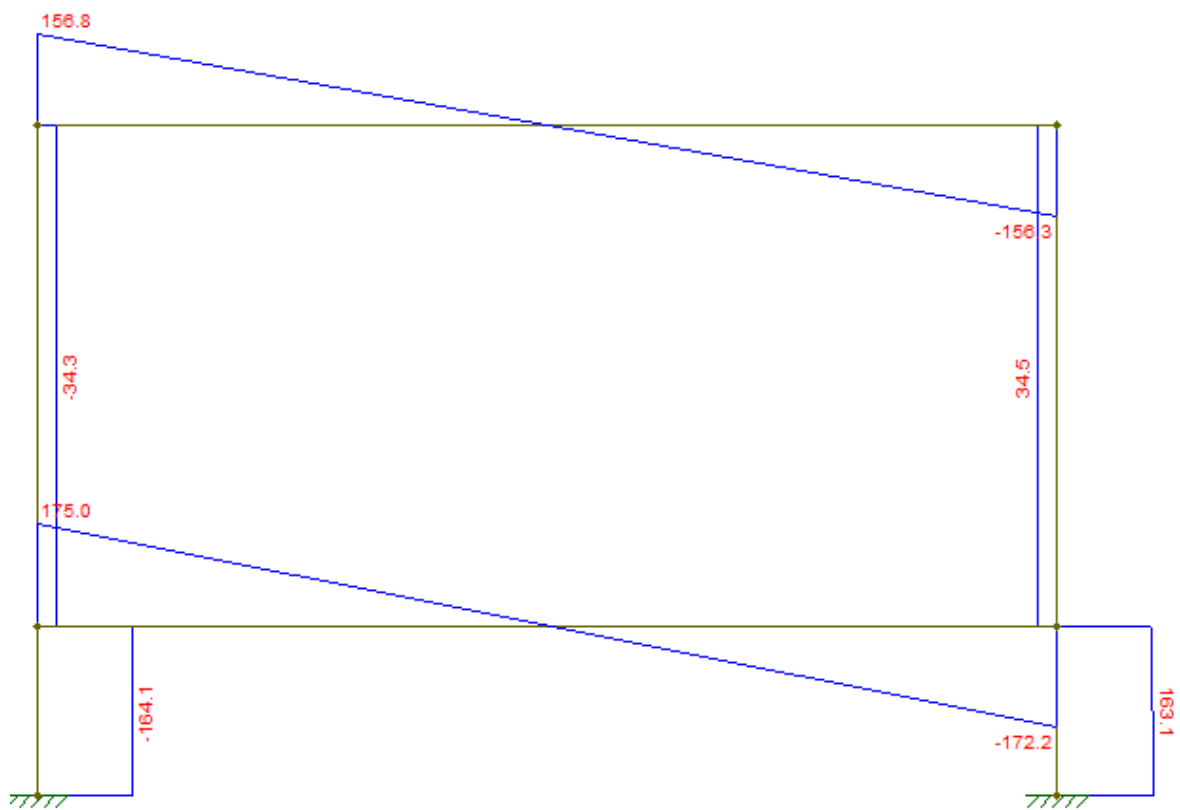


Figura 29 – Esforço Transverso

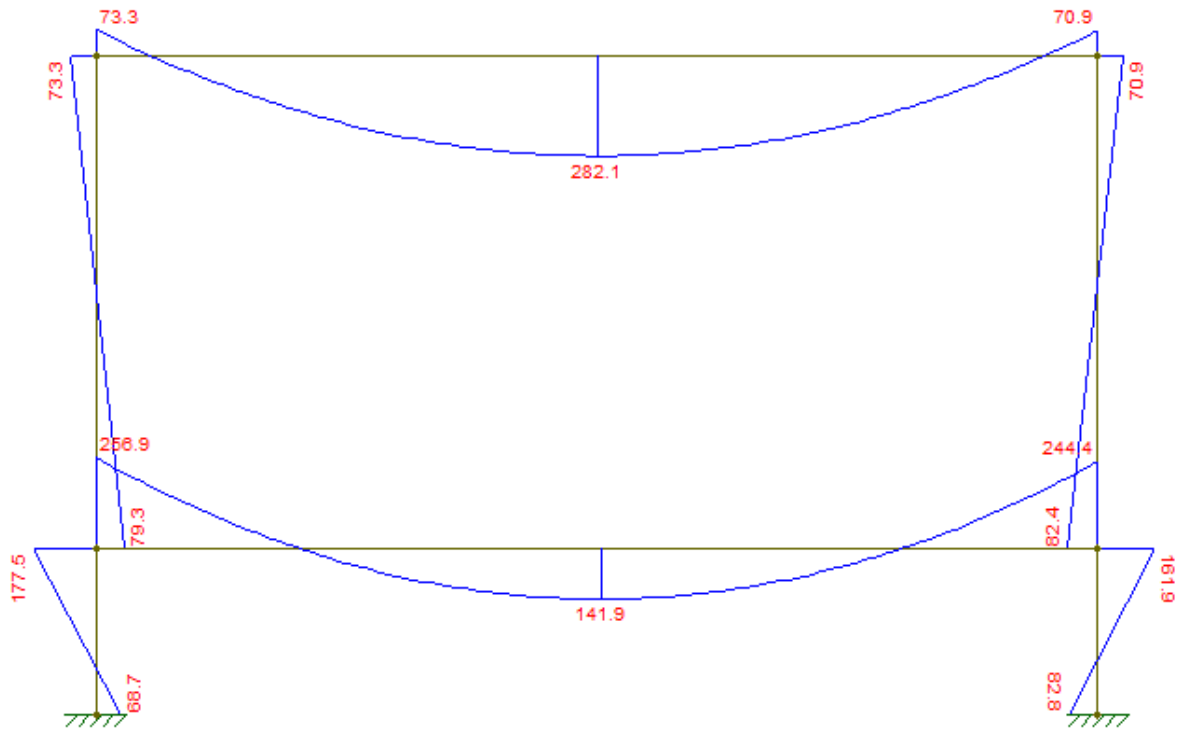


Figura 30 – Momento Fletor

6.8. Cálculo do μ^4

6.8.1. Pórtico F

Cobertura

Tramo [1F-4F]

$$\mu = \frac{Med}{b \times d^2 \times fcd}$$
$$\mu = \frac{9,7}{0,25 \times (0,25-0,05)^2 \times 13333} = 0,07$$

Tramo [4F-7F]

$$\mu = \frac{Med}{b \times d^2 \times fcd}$$
$$\mu = \frac{7,6}{0,25 \times (0,25-0,05)^2 \times 13333} = 0,06$$

Tramo [7F-9F]

$$\mu = \frac{Med}{b \times d^2 \times fcd}$$
$$\mu = \frac{6,4}{0,25 \times (0,25-0,05)^2 \times 13333} = 0,05$$

Tramo [9F-10F]

$$\mu = \frac{Med}{b \times d^2 \times fcd}$$
$$\mu = \frac{14,2}{0,25 \times (0,25-0,05)^2 \times 13333} = 0,11$$

⁴ C.f. [Barros et al., 2010].

Tramo [10F-11F]

$$\mu = \frac{Med}{b \times d^2 \times fcd}$$
$$\mu = \frac{14,1}{0,25 \times (0,25 - 0,05)^2 \times 13333} = 0,11$$

Piso térreo

Tramo [1F-4F]

$$\mu = \frac{Med}{b \times d^2 \times fcd}$$
$$\mu = \frac{14,9}{0,25 \times (0,25 - 0,05)^2 \times 13333} = 0,11$$

Tramo [4F-7F]

$$\mu = \frac{Med}{b \times d^2 \times fcd}$$
$$\mu = \frac{21,2}{0,25 \times (0,25 - 0,05)^2 \times 13333} = 0,16$$

Tramo [7F-9F]

$$\mu = \frac{Med}{b \times d^2 \times fcd}$$
$$\mu = \frac{13,9}{0,25 \times (0,25 - 0,05)^2 \times 13333} = 0,11$$

Tramo [9F-10F]

$$\mu = \frac{Med}{b \times d^2 \times fcd}$$
$$\mu = \frac{17,3}{0,25 \times (0,25 - 0,05)^2 \times 13333} = 0,13$$

Tramo [10F-11F]

$$\mu = \frac{Med}{b \times d^2 \times fcd}$$
$$\mu = \frac{9.5}{0,25 \times (0,25 - 0,05)^2 \times 13333} = 0,07$$

6.8.2. Pórtico 6

Cobertura

Tramo [6G-6H]

$$\mu = \frac{Med}{b \times d^2 \times fcd}$$
$$\mu = \frac{38.6}{0,25 \times (0,25 - 0,05)^2 \times 13333} = 0,29$$

Tramo [6H-6I]

$$\mu = \frac{Med}{b \times d^2 \times fcd}$$
$$\mu = \frac{13.4}{0,25 \times (0,25 - 0,05)^2 \times 13333} = 0,10$$

Tramo [6I-6L]

$$\mu = \frac{Med}{b \times d^2 \times fcd}$$
$$\mu = \frac{23.7}{0,25 \times (0,25 - 0,05)^2 \times 13333} = 0,18$$

Piso Térreo

Tramo [6G-6H]

$$\mu = \frac{Med}{b \times d^2 \times fcd}$$
$$\mu = \frac{22}{0,25 \times (0,25 - 0,05)^2 \times 13333} = 0,16$$

Tramo [6H-6I]

$$\mu = \frac{Med}{b \times d^2 \times fcd}$$
$$\mu = \frac{16,2}{0,25 \times (0,25 - 0,05)^2 \times 13333} = 0,12$$

Tramo [6I-6L]

$$\mu = \frac{Med}{b \times d^2 \times fcd}$$
$$\mu = \frac{27,4}{0,25 \times (0,25 - 0,05)^2 \times 13333} = 0,21$$

6.8.3. Pórtico 4

Cobertura

Tramo [4A-4F]

$$\mu = \frac{Med}{b \times d^2 \times fcd}$$
$$\mu = \frac{283,6}{0,25 \times (0,70 - 0,05)^2 \times 13333} = 0,20$$

Piso Térreo

Tramo [4A-4F]

$$\mu = \frac{Med}{b \times d^2 \times fcd}$$
$$\mu = \frac{134}{0,25 \times (0,50 - 0,05)^2 \times 13333} = 0,20$$

6.9. Cálculo da armadura longitudinal das vigas

Na determinação das armaduras longitudinais das vigas foi observado o EC2, tendo sido verificadas as armaduras mínimas e máximas, e espaçamentos regulamentares conforme abaixo se verifica. Por uma questão prática foi considerado para efeitos de controlo de fendilhação o uso mínimo de 3 varões.

- Cálculo da armadura mínima e máxima (9.2.1.1 do EC 2)

Viga (0.25 × 0.25)

$$A_s \text{ min} = \text{máx}$$

$$A_s \text{ min} \geq 0,26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times bt \times d$$

$$A_s \text{ min} \geq 0,26 \times \frac{2,2}{400} \times 0,25 \times (0,25 - 0,05)$$

$$A_s \text{ min} \geq 0,72 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ min} \geq 0,0013 \times bt \times d$$

$$A_s \text{ min} \geq 0,0013 \times 0,25 \times (0,25 - 0,05)$$

$$A_s \text{ min} \geq 0,65 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ máx} = 0,04 \times A_c$$

$$A_s \text{ máx} = 0,04 \times 0,25 \times 0,25$$

$$A_s \text{ máx} = 25 \text{ cm}^2$$

Viga (0.25 × 0.50)

$A_s \min = \max$	}	$A_s \min \geq 0,26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times bt \times d$
		$A_s \min \geq 0,26 \times \frac{2,2}{400} \times 0,25 \times (0,50 - 0,05)$
		$A_s \min \geq 1,61 \text{ cm}^2$
		$A_s \min \geq 0,0013 \times bt \times d$
		$A_s \min \geq 0,0013 \times 0,25 \times (0,50 - 0,05)$
		$A_s \min \geq 1,46 \text{ cm}^2$
		$A_s \max = 0,04 \times A_c$
		$A_s \max = 0,04 \times 0,25 \times 0,50$
		$A_s \max = 50 \text{ cm}^2$

Viga (0.25 × 0.70)

$A_s \min = \max$	}	$A_s \min \geq 0,26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times bt \times d$
		$A_s \min \geq 0,26 \times \frac{2,2}{400} \times 0,25 \times (0,70 - 0,05)$
		$A_s \min \geq 2,32 \text{ cm}^2$
		$A_s \min \geq 0,0013 \times bt \times d$
		$A_s \min \geq 0,0013 \times 0,25 \times (0,70 - 0,05)$
		$A_s \min \geq 2,11 \text{ cm}^2$
		$A_s \max = 0,04 \times A_c$
		$A_s \max = 0,04 \times 0,25 \times 0,70$
		$A_s \max = 70 \text{ cm}^2$

- **Distância mínima entre armaduras (8.2 do EC 2)**

$$d_{\min} \geq \phi \text{ máximo dos varões}$$

$$d_{\min} \geq 20 \text{ mm}$$

$$d_{\min} \geq \phi_{\text{inerte}} + 5 \text{ mm}$$

- Espaçamento máximo dos varões (Quadro 7.3N do EC 2)

$$[d_{m\acute{a}x} \leq 200mm (w_k = 0.3mm)]$$

- Espaçamento entre varões

$$s = \frac{b - 2 \times C_{nom} - N^{\circ}var\tilde{o}es \times \phi_{var\tilde{o}es} - n^{\circ}ramos \times \phi_{pestribos}}{N^{\circ} espa\tilde{c}os \text{ entre var\tilde{o}es}}$$

$$d_{m\acute{a}x} \geq s \geq d_{min}$$

6.9.1. Pórtico F

Cobertura

Tramo [1F-4F]

$$\mu = 0.07 \implies w = 0.073$$

O valor de w foi obtido através das Tabelas e Ábacos de [Barros et al., 2010].

$$w = \frac{As \times f_{syd}}{b \times d \times f_{cd}}$$

$$0.073 = \frac{As \times 348 \times 10^3}{0.25 \times (0.25 - 0.05) \times 13333}$$

$$As = 1.4cm^2$$

Solução 3φ10 (2,36 cm²)

$$s = \frac{0.25 - 2 \times 0.005 - 3 \times 0.01 - 2 \times 0.008}{2} = 0.097 \text{ m}$$

$$d_{m\acute{a}x} \geq s \geq d_{min}$$

Tramo [4F-7F]

$$\mu = 0.06 \quad \Longrightarrow \quad w = 0.062$$

$$w = \frac{As \times fsyd}{b \times d \times fcd}$$

$$0.062 = \frac{As \times 348 \times 10^3}{0.25 \times (0.25 - 0.05) \times 13333}$$

$$As = 1.19 \text{ cm}^2$$

Solução 3φ10 (2,36 cm²)

$$s = \frac{0.25 - 2 \times 0.005 - 3 \times 0.01 - 2 \times 0.008}{2} = 0.097 \text{ m}$$

$$dmáx \geq s \geq dmin$$

Tramo [7F-9F]

$$\mu = 0.05 \quad \Longrightarrow \quad w = 0.052$$

$$w = \frac{As \times fsyd}{b \times d \times fcd}$$

$$0.052 = \frac{As \times 348 \times 10^3}{0.25 \times (0.25 - 0.05) \times 13333}$$

$$As = 1.0 \text{ cm}^2$$

Solução 3φ10 (2,36 cm²)

$$s = \frac{0.25 - 2 \times 0.005 - 3 \times 0.01 - 2 \times 0.008}{2} = 0.097 \text{ m}$$

$$dmáx \geq s \geq dmin$$

Tramo [9F-10F]

$$\mu = 0.11 \quad \Longrightarrow \quad w = 0.117$$

$$w = \frac{As \times fsyd}{b \times d \times fcd}$$

$$0.117 = \frac{As \times 348 \times 10^3}{0.25 \times (0.25 - 0.05) \times 13333}$$

$$As = 2.24 \text{ cm}^2$$

Solução 3φ10 (2,36 cm²)

$$s = \frac{0.25 - 2 \times 0.005 - 3 \times 0.01 - 2 \times 0.008}{2} = 0.097 \text{ m}$$

$$dmáx \geq s \geq dmin$$

Tramo [10F-11F]

$$\mu = 0.11 \quad \Longrightarrow \quad w = 0.117$$

$$w = \frac{As \times f_{syd}}{b \times d \times f_{cd}}$$

$$0.117 = \frac{As \times 348 \times 10^3}{0.25 \times (0.25 - 0.05) \times 13333}$$

$$As = 2.24 \text{ cm}^2$$

Solução $3\phi 10$ ($2,36 \text{ cm}^2$)

$$s = \frac{0.25 - 2 \times 0.005 - 3 \times 0.01 - 2 \times 0.008}{2} = 0.097 \text{ m}$$

$$d_{\text{máx}} \geq s \geq d_{\text{min}}$$

Piso térreo

Tramo [1F-4F]

$$\mu = 0.11 \quad \Longrightarrow \quad w = 0.117$$

$$w = \frac{As \times f_{syd}}{b \times d \times f_{cd}}$$

$$0.117 = \frac{As \times 348 \times 10^3}{0.25 \times (0.25 - 0.05) \times 13333}$$

$$As = 2.24 \text{ cm}^2$$

Solução $3\phi 10$ ($2,36 \text{ cm}^2$)

$$s = \frac{0.25 - 2 \times 0.005 - 3 \times 0.01 - 2 \times 0.008}{2} = 0.097 \text{ m}$$

$$d_{\text{máx}} \geq s \geq d_{\text{min}}$$

Tramo [4F-7F]

$$\mu = 0.16 \quad \Longrightarrow \quad w = 0.176$$

$$w = \frac{As \times f_{syd}}{b \times d \times f_{cd}}$$

$$0.176 = \frac{As \times 348 \times 10^3}{0.25 \times (0.25 - 0.05) \times 13333}$$

$$As = 3.37 \text{ cm}^2$$

Solução $3\phi 12$ ($3,39 \text{ cm}^2$)

$$s = \frac{0.25 - 2 \times 0.005 - 3 \times 0.012 - 2 \times 0.008}{2} = 0.094 \text{ m}$$

$$d_{\text{máx}} \geq s \geq d_{\text{min}}$$

Tramo [7F-9F]

$$\mu = 0.11 \quad \Longrightarrow \quad w = 0.117$$

$$w = \frac{As \times f_{syd}}{b \times d \times f_{cd}}$$

$$0.117 = \frac{As \times 348 \times 10^3}{0.25 \times (0.25 - 0.05) \times 13333}$$

$$As = 2.24 \text{ cm}^2$$

Solução 3φ10 (2,36 cm²)

$$s = \frac{0.25 - 2 \times 0.005 - 3 \times 0.01 - 2 \times 0.008}{2} = 0.097 \text{ m}$$

$$d_{\text{máx}} \geq s \geq d_{\text{min}}$$

Tramo [9F-10F]

$$\mu = 0.13 \quad \Longrightarrow \quad w = 0.140$$

$$w = \frac{As \times f_{syd}}{b \times d \times f_{cd}}$$

$$0.140 = \frac{As \times 348 \times 10^3}{0.25 \times (0.25 - 0.05) \times 13333}$$

$$As = 2.68 \text{ cm}^2$$

Solução 1φ12 + 2φ10 (2,70 cm²)

$$s = \frac{0.25 - 2 \times 0.005 - 1 \times 0.012 - 2 \times 0.01 - 2 \times 0.008}{2} = 0.096 \text{ m}$$

$$d_{\text{máx}} \geq s \geq d_{\text{min}}$$

Tramo [10F-11F]

$$\mu = 0.07 \quad \Longrightarrow \quad w = 0.073$$

$$w = \frac{As \times f_{syd}}{b \times d \times f_{cd}}$$

$$0.073 = \frac{As \times 348 \times 10^3}{0.25 \times (0.25 - 0.05) \times 13333}$$

$$As = 1.40 \text{ cm}^2$$

Solução 3φ10 (2,36 cm²)

$$s = \frac{0.25 - 2 \times 0.005 - 3 \times 0.01 - 2 \times 0.008}{2} = 0.097 \text{ m}$$

$$d_{\text{máx}} \geq s \geq d_{\text{min}}$$

6.9.2. Pórtico 6

Cobertura

Tramo [6G-6H]

$$\mu = 0.21 \quad \Rightarrow \quad w = 0.239$$

$$w = \frac{As \times f_{syd}}{b \times d \times f_{cd}}$$

$$0.239 = \frac{As \times 348 \times 10^3}{0.35 \times (0.25 - 0.05) \times 13333}$$

$$As = 6.41 \text{ cm}^2$$

Solução $3\phi 12 + 2\phi 16$ ($7,41 \text{ cm}^2$)

$$s = \frac{0.25 - 2 \times 0.005 - 3 \times 0.012 - 2 \times 0.016 - 2 \times 0.008}{4} = 0.039 \text{ m}$$

$$d_{\text{máx}} \geq s \geq d_{\text{min}}$$

Tramo [6H-6I]

$$\mu = 0.10 \quad \Rightarrow \quad w = 0.106$$

$$w = \frac{As \times f_{syd}}{b \times d \times f_{cd}}$$

$$0.106 = \frac{As \times 348 \times 10^3}{0.25 \times (0.25 - 0.05) \times 13333}$$

$$As = 2.00 \text{ cm}^2$$

Solução $3\phi 10$ ($2,36 \text{ cm}^2$)

$$s = \frac{0.25 - 2 \times 0.005 - 3 \times 0.01 - 2 \times 0.008}{2} = 0.097 \text{ m}$$

$$d_{\text{máx}} \geq s \geq d_{\text{min}}$$

Tramo [6I-6L]

$$\mu = 0.18 \quad \Rightarrow \quad w = 0.201$$

$$w = \frac{As \times f_{syd}}{b \times d \times f_{cd}}$$

$$0.201 = \frac{As \times 348 \times 10^3}{0.25 \times (0.25 - 0.05) \times 13333}$$

$$As = 3.85 \text{ cm}^2$$

Solução $4\phi 12$ ($4,52 \text{ cm}^2$)

$$s = \frac{0.25 - 2 \times 0.005 - 4 \times 0.012 - 2 \times 0.008}{3} = 0.059 \text{ m}$$

$$d_{\text{máx}} \geq s \geq d_{\text{min}}$$

Piso térreo

Tramo [6G-6H]

$$\mu = 0.16 \quad \Rightarrow \quad w = 0.176$$

$$w = \frac{A_s \times f_{syd}}{b \times d \times f_{cd}}$$

$$0.176 = \frac{A_s \times 348 \times 10^3}{0.25 \times (0.25 - 0.05) \times 13333}$$

$$A_s = 3.37 \text{ cm}^2$$

Solução 3φ12 (3,39 cm²)

$$s = \frac{0.25 - 2 \times 0.005 - 3 \times 0.012 - 2 \times 0.008}{2} = 0.094 \text{ m}$$

$$d_{\text{máx}} \geq s \geq d_{\text{min}}$$

Tramo [6H-6I]

$$\mu = 0.12 \quad \Rightarrow \quad w = 0.128$$

$$w = \frac{A_s \times f_{syd}}{b \times d \times f_{cd}}$$

$$0.128 = \frac{A_s \times 348 \times 10^3}{0.25 \times (0.25 - 0.05) \times 13333}$$

$$A_s = 2.45 \text{ cm}^2$$

Solução 1φ12 + 2φ10 (2,70 cm²)

$$s = \frac{0.25 - 2 \times 0.005 - 1 \times 0.012 - 2 \times 0.01 - 2 \times 0.008}{2} = 0.096 \text{ m}$$

$$d_{\text{máx}} \geq s \geq d_{\text{min}}$$

Tramo [6I-6L]

$$\mu = 0.21 \quad \Rightarrow \quad w = 0.239$$

$$w = \frac{A_s \times f_{syd}}{b \times d \times f_{cd}}$$

$$0.239 = \frac{As \times 348 \times 10^3}{0.25 \times (0.25 - 0.05) \times 13333}$$

$$As = 4.58 \text{ cm}^2$$

$$\text{Solução } 3\phi 12 + 2\phi 10 (4,96 \text{ cm}^2)$$

$$s = \frac{0.25 - 2 \times 0.005 - 3 \times 0.012 - 2 \times 0.01 - 2 \times 0.008}{4} = 0.05 \text{ m}$$

$$d_{\text{máx}} \geq s \geq d_{\text{min}}$$

6.9.3. Pórtico 4

Cobertura

$$\mu = 0.20 \implies w = 0.226\phi$$

$$w = \frac{As \times f_{syd}}{b \times d \times f_{cd}}$$

$$0.226 = \frac{As \times 348 \times 10^3}{0.25 \times (0.70 - 0.05) \times 13333}$$

$$As = 14.07 \text{ cm}^2$$

$$\text{Solução } 3\phi 20 + 3\phi 16 (15,46 \text{ cm}^2)$$

$$s = \frac{0.25 - 2 \times 0.005 - 3 \times 0.02 - 3 \times 0.016 - 2 \times 0.008}{5} = 0.0232 \text{ m}$$

$$d_{\text{máx}} \geq s \geq d_{\text{min}}$$

Piso térreo

$$\mu = 0.20 \implies w = 0.226$$

$$w = \frac{As \times f_{syd}}{b \times d \times f_{cd}}$$

$$0.226 = \frac{As \times 348 \times 10^3}{0.25 \times (0.50 - 0.05) \times 13333}$$

$$As = 9.74 \text{ cm}^2$$

$$\text{Solução } 2\phi 20 + 2\phi 16 (10,30 \text{ cm}^2)$$

$$s = \frac{0.25 - 2 \times 0.005 - 2 \times 0.02 - 2 \times 0.016 - 2 \times 0.008}{3} = 0.050 \text{ m}$$

$$d_{\text{máx}} \geq s \geq d_{\text{min}}$$

6.10. Cálculo da armadura transversal das vigas

Na determinação das armaduras transversais das vigas foi observado o EC2, tendo sido verificadas a armadura transversal mínima conforme abaixo se especifica.

- Cálculo da armadura transversal mínima (9.2.2 do EC 2)

Viga com $b_w = 0,25$

$$\frac{A_{sw}}{s} min = \frac{0,08 \times \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \times b_w$$

$$\frac{A_{sw}}{s} min = \frac{0,08 \times \sqrt{20}}{400} \times 0,25$$

$$\frac{A_{sw}}{s} min = 2,24 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} min : \text{ Solução: } \phi 6 // 0,25\text{m (2 ramos) (2,26 cm}^2\text{)}$$

6.10.1. Pórtico F

Cobertura

Tramo [1F-4F]

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{ed}}{0,9 \times d \times f_{ywd} \times \cot g(\theta)}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{31}{0,9 \times (0,25 - 0,05) \times 348 \times 10^3 \times 2,5}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = 1,98 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} min : \text{ Solução: } \phi 6 // 0,25\text{m (2 ramos) (2,26 cm}^2\text{)}$$

Tramo [4F-7F]

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{ed}}{0,9 \times d \times f_{ywd} \times \cot g(\theta)}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{32}{0,9 \times (0,25 - 0,05) \times 348 \times 10^3 \times 2,5}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = 2.04 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} \text{ min} : \text{ Solução: } \phi 6 // 0,25\text{m (2 ramos) (2,26 cm}^2)$$

Tramo [7F-9F]

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{Ved}{0.9 \times d \times f_{ywd} \times \cot g(\theta)}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{31.8}{0.9 \times (0.25 - 0.05) \times 348 \times 10^3 \times 2.5}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = 2.03 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} \text{ min} : \text{ Solução: } \phi 6 // 0,25\text{m (2 ramos) (2,26 cm}^2)$$

Tramo [9F-10F]

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{Ved}{0.9 \times d \times f_{ywd} \times \cot g(\theta)}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{28.7}{0.9 \times (0.25 - 0.05) \times 348 \times 10^3 \times 2.5}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = 1.83 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} \text{ min} : \text{ Solução: } \phi 6 // 0,25\text{m (2 ramos) (2,26 cm}^2)$$

Tramo [10F-11F]

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{Ved}{0.9 \times d \times f_{ywd} \times \cot g(\theta)}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{27.8}{0.9 \times (0.25 - 0.05) \times 348 \times 10^3 \times 2.5}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} = 1.78 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\frac{A_{sw}}{s} \text{ min} : \text{ Solução: } \phi 6 // 0,25\text{m (2 ramos) (2,26 cm}^2)$$

Piso térreo

Tramo [1F-4F]

$$\frac{Asw}{s} = \frac{Ved}{0.9 \times d \times fywd \times cotg(\theta)}$$
$$\frac{Asw}{s} = \frac{63.2}{0.9 \times (0.25 - 0.05) \times 348 \times 10^3 \times 2.5}$$
$$\frac{Asw}{s} = 4.04cm^2/m$$

Solução: $\phi 8 // 0,225m$ (2 ramos)

Tramo [4F-7F]

$$\frac{Asw}{s} = \frac{Ved}{0.9 \times d \times fywd \times cotg(\theta)}$$
$$\frac{Asw}{s} = \frac{80.5}{0.9 \times (0.25 - 0.05) \times 348 \times 10^3 \times 2.5}$$
$$\frac{Asw}{s} = 5.14cm^2/m$$

Solução: $\phi 8 // 0,175m$ (2 ramos)

Tramo [7F-9F]

$$\frac{Asw}{s} = \frac{Ved}{0.9 \times d \times fywd \times cotg(\theta)}$$
$$\frac{Asw}{s} = \frac{60.2}{0.9 \times (0.25 - 0.05) \times 348 \times 10^3 \times 2.5}$$
$$\frac{Asw}{s} = 3.84cm^2/m$$

Solução: $\phi 8 // 0,25m$ (2 ramos)

Tramo [9F-10F]

$$\frac{Asw}{s} = \frac{Ved}{0.9 \times d \times fywd \times cotg(\theta)}$$
$$\frac{Asw}{s} = \frac{66.8}{0.9 \times (0.25 - 0.05) \times 348 \times 10^3 \times 2.5}$$
$$\frac{Asw}{s} = 4.27cm^2/m$$

Solução: $\phi 8 // 0,225m$ (2 ramos)

Tramo [10F-11F]

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{ed}}{0.9 \times d \times f_{ywd} \times \cotg(\theta)}$$
$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{44.4}{0.9 \times (0.25 - 0.05) \times 348 \times 10^3 \times 2.5}$$
$$\frac{A_{sw}}{s} = 2.84 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Solução: $\varphi 8 // 0,3\text{m}$ (2 ramos)

6.10.2. Pórtico 6

Cobertura

Tramo [6G-6H]

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{ed}}{0.9 \times d \times f_{ywd} \times \cotg(\theta)}$$
$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{74.4}{0.9 \times (0.25 - 0.05) \times 348 \times 10^3 \times 2.5}$$
$$\frac{A_{sw}}{s} = 4.75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Solução: $\varphi 8 // 0,2\text{m}$ (2 ramos)

Tramo [6H-6I]

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{ed}}{0.9 \times d \times f_{ywd} \times \cotg(\theta)}$$
$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{55.9}{0.9 \times (0.25 - 0.05) \times 348 \times 10^3 \times 2.5}$$
$$\frac{A_{sw}}{s} = 3.57 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Solução: $\varphi 8 // 0,275\text{m}$ (2 ramos)

Tramo [6I-6L]

$$\frac{Asw}{s} = \frac{Ved}{0.9 \times d \times fywd \times cotg(\theta)}$$
$$\frac{Asw}{s} = \frac{66.6}{0.9 \times (0.25 - 0.05) \times 348 \times 10^3 \times 2.5}$$
$$\frac{Asw}{s} = 4.25cm^2/m$$

Solução: $\phi 8 // 0,225m$ (2 ramos)

Piso térreo

Tramo [6G-6H]

$$\frac{Asw}{s} = \frac{Ved}{0.9 \times d \times fywd \times cotg(\theta)}$$
$$\frac{Asw}{s} = \frac{62.5}{0.9 \times (0.25 - 0.05) \times 348 \times 10^3 \times 2.5}$$
$$\frac{Asw}{s} = 3.99cm^2/m$$

Solução: $\phi 8 // 0,25m$ (2 ramos)

Tramo [6H-6I]

$$\frac{Asw}{s} = \frac{Ved}{0.9 \times d \times fywd \times cotg(\theta)}$$
$$\frac{Asw}{s} = \frac{52.4}{0.9 \times (0.25 - 0.05) \times 348 \times 10^3 \times 2.5}$$
$$\frac{Asw}{s} = 3.35cm^2/m$$

Solução: $\phi 8 // 0,3m$ (2 ramos)

Tramo [6I-6L]

$$\frac{Asw}{s} = \frac{Ved}{0.9 \times d \times fywd \times cotg(\theta)}$$
$$\frac{Asw}{s} = \frac{68.5}{0.9 \times (0.25 - 0.05) \times 348 \times 10^3 \times 2.5}$$
$$\frac{Asw}{s} = 4.37cm^2/m$$

Solução: $\phi 8 // 0,225m$ (2 ramos)

6.10.3. Pórtico 4

Cobertura

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{ed}}{0.9 \times d \times f_{ywd} \times \cot g(\theta)}$$
$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{68.5}{0.9 \times (0.70 - 0.05) \times 348 \times 10^3 \times 2.5}$$
$$\frac{A_{sw}}{s} = 3.08 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Solução: $\phi 8 // 0,3\text{m}$ (2 ramos)

Piso térreo

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{ed}}{0.9 \times d \times f_{ywd} \times \cot g(\theta)}$$
$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{165.3}{0.9 \times (0.50 - 0.05) \times 348 \times 10^3 \times 2.5}$$
$$\frac{A_{sw}}{s} = 4.69 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Solução: $\phi 8 // 0,2\text{m}$ (2 ramos)

6.11. Pré-dimensionamento Pilares

Segundo o artigo 120º do REBAP⁵ a dimensão mínima dos pilares não deve ser inferior a 20 cm.

No caso de secções constituídas por associações de elementos retangulares (por exemplo, em T, L ou I), o lado menor dos retângulos componentes pode ser reduzido a 15cm, devendo, porém, respeitar-se o mínimo de 20cm para o comprimento de cada retângulo.

⁵ Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado, Aprovado pelo Decreto-Lei n.º 349-C/83 de 30 de julho.

Nas secções ocas, a espessura mínima das paredes não deve ser inferior a 10cm. Em qualquer caso, e de acordo com o artigo 64º do REBAP, a esbelteza, λ , dos pilares não deve exceder 140.

6.11.1. Armadura longitudinal

De acordo com o REBAP, art.º 121, a secção total da armadura longitudinal dos pilares não deve ser inferior a a 0,6% no caso de. armaduras de aço A400.

Porém, se a secção de betão for por si só suficiente para conferir ao pilar resistência superior à exigida pelos esforços atuantes de cálculo, a armadura mínima a utilizar pode ser reduzida, aplicando as percentagens referidas não à secção do pilar mas a uma secção fictícia, homotética daquela, estritamente necessária para assegurar ao pilar a resistência àqueles esforços;na determinação desta secção, os parâmetros relacionados com encurvadura podem continuar a ser referidos à secção real do pilar. Contudo, a secção total da armadura longitudinal não pode, em caso algum, ser inferior a 0,3% da secção real do pilar para o aço A400.

A secção total da armadura longitudinal não deve ser superior a 8% da secção do pilar, limite que deve ser respeitado mesmo em zonas de emenda de varões por sobreposição.

A armadura longitudinal deve compreender , no mínimo, 1 varão junto de cada ângulo da secção (saliente ou reentrante) e 6 varões no caso de secções circulares ou a tal assimiláveis. O diâmetro mínimo destes varões será de 10 mm para o aço A400.

O espaçamento dos varões da armadura longitudinal não deve exceder 30 cm; porém, em faces cuja largura seja igual ou inferior a 40 cm, basta dispor de varões junto aos cantos.

6.11.2. Armadura transversal

Pelo REBAP, art.º 122, os pilares devem possuir armadura transversal destinada a cintar o betão e impedir a encurvadura dos varões da armadura longitudinal.

O espaçamento dos varões da armadura transversal não deve exceder o menor dos seguintes valores:

$s \leq \min (12 \text{ vezes o menor diâmetro dos varões da armadura longitudinal});$

ou

$s \leq \min (\text{menor dimensão da secção do pilar});$

ou

$s \leq \min (30 \text{ cm}).$

7. Dimensionamento com programa de cálculo automático CypeCad

O CYPECAD é um programa de cálculo automático de estruturas criado para realizar projetos estruturais de edifícios de betão armado e mistos, permitindo que sejam importados ficheiros em AutoCad (DWG ou DXF).

Pela experiência da utilização do programa verificou-se que a introdução de dados é bastante simples, apresentando o CypeCad menus sequenciais e intuitivos. Após a inserção de dados são efetuados os cálculos e a respetiva análise de resultados do projeto. Outro aspeto importante é a opção de controlo de resultados. Esta aplicação também permite gerar as peças desenhadas, e escritas, para ficheiros que poderão ser editados posteriormente.

7.1. Dados a fornecer ao programa

7.1.1. Materiais

No edifício em estudo utilizou-se para os elementos estruturais betão C20/25 – XS1 - CJ 0.20 (B25), e

aço A400NR em todos os elementos de betão armado.

Ao betão C20/25 – XS1 – CJ 0.20 (B25) corresponde um f_{cd} de 13,3 MPa e um f_{ck} de 20 MPa.

Ao aço A400NR, está associado um f_{yd} de 348 MPa.

Figura 31 - Dados de obra -CypeCad

7.1.2. Ações

No que diz respeito às ações variáveis atuantes no edifício foram consideradas a ação do vento, a ação da neve e a ação sísmica..

Na ação do vento considerou-se o eurocódigo 1, para ser feito o seu cálculo no CYPECAD tiveram que ser introduzidos alguns dados acerca da obra em estudo.

As dimensões para a largura de Banda tanto em X como em Y foram obtidas através da medição feito no AutoCad.

Para a quantificação da ação do vento, considera-se o país dividido nas duas zonas seguintes:

Zona A - a generalidade do território, exceto as regiões pertencentes à zona B;

Zona B – os arquipélagos dos Açores e da Madeira e as regiões do continente situadas numa faixa costeira com 5km de largura ou a altitudes superiores a 600m.

No caso, porém, de locais situados na zona A cujas condições de orografia determinem exposição ao vento particularmente desfavorável, como pode acontecer em alguns vales e estuários, tais locais devem ser considerados como pertencentes à zona B.

No caso em estudo o edifício fica localizado na Zona A.

A estrutura do edifício em estudo é de Betão tendo esta um alçado de geometria retangular.

Por fim considerou-se que a categoria do terreno seria tipo III visto o edifício se localizar numa área suburbana.

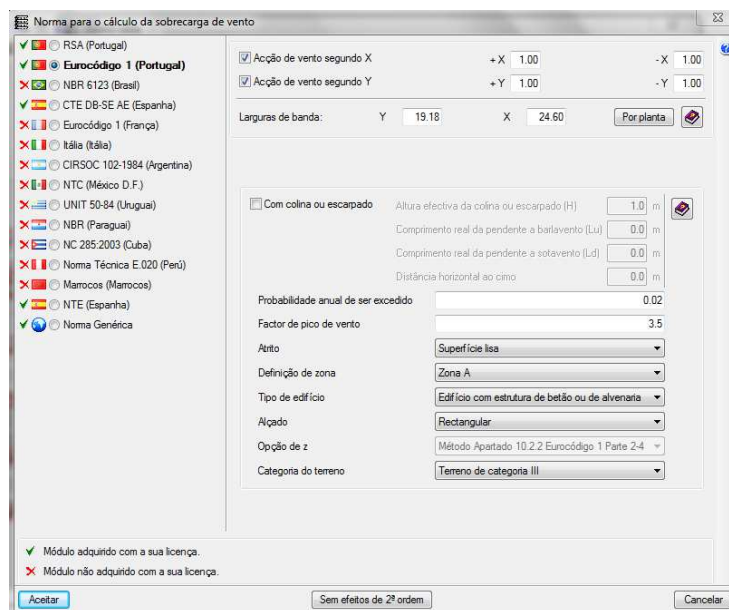


Figura 32 - Cálculo da subrecarga do vento - CypeCad

Para o cálculo da ação sísmica foi considerado o eurocódigo 8. O CypeCad considera a ação sísmica segundo as direções X e Y, tendo sido introduzidos os seguintes dados:

Amortecimento ($EC1$) = 5% , por se tratar de um edifício de betão armado.

Fator de comportamento sísmico (REBAP art.º33) = 3,5 , para estruturas em pórtico com ductilidade melhorada.

Número de modos foi considerado igual a 6 pois foram tidos em conta os deslocamentos X e Y e a rotação Z para os dois pisos.

Considerou-se o edifício de categoria tipo II visto este ser um edifício cuja resistência ao sismo depende das consequências associadas ao seu colapso.

O solo é de classe B visto ser maioritariamente constituída por argilas de média densidade.

A zona sísmica considerada foi a tipo D.

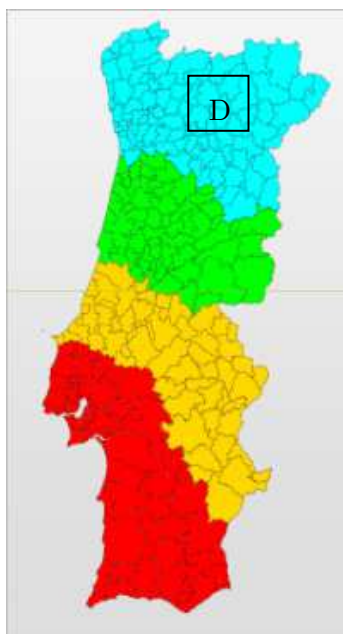


Figura 33 - Zona sísmica

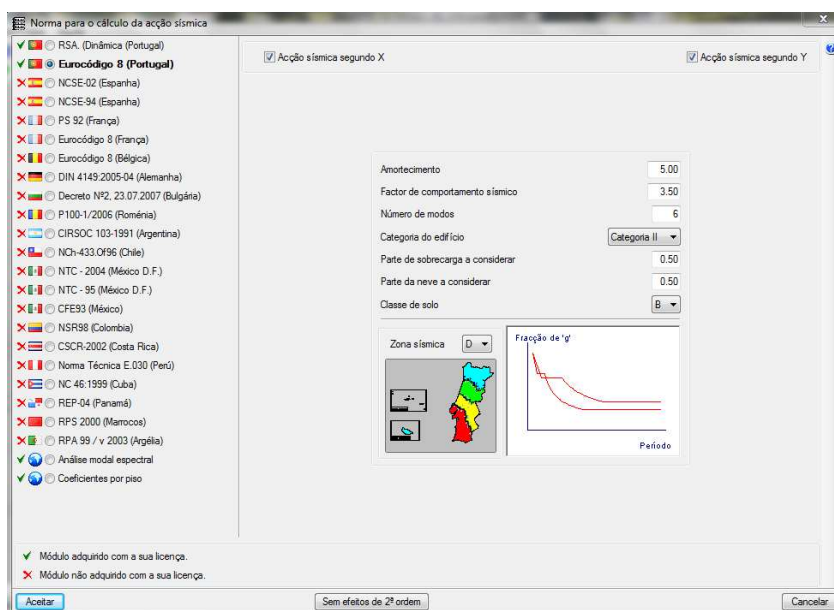


Figura 34 - Cálculo da ação sísmica - CypeCad

A ação da neve foi inserida como uma carga adicional com o valor que foi obtido no pré-dimensionamento.

7.2. Modelação estrutural

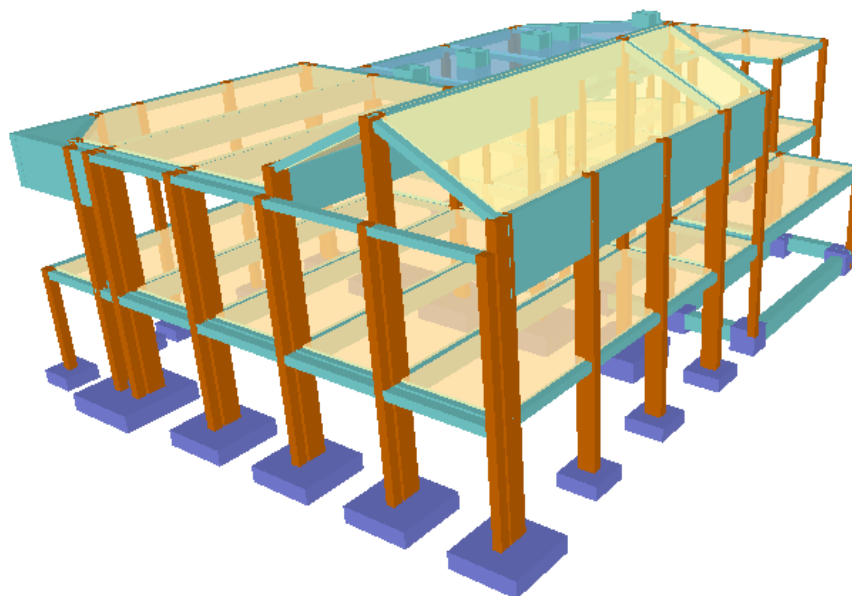


Figura 35 - Vista 3D do edifício - CypeCad

Neste ponto será descrita a forma como foi feita a modelação estrutural no CypeCad, assim como, serão justificados todos os procedimentos e opções que foram tidas na utilização deste programa de cálculo automático.

7.2.1. Fundações

Foi considerado que o solo apresentava capacidade resistente correspondente a $\sigma_{adm} = 0,2 \text{ MPa}$, carga compatível com a realização de fundações diretas.

Sempre que possível foram adoptadas sapatas centradas. Porém junto à edificação existente tal não foi possível, tendo sido necessário realizar sapatas excêntricas.

Na fachada Oeste houve necessidade de recorrer a sapatas conjuntas (sapatas com mais que um pilar) devido à proximidade de implantação de pilares. Foi efetuada a ligação entre sapatas excêntricas e sapatas centradas através de vigas de equilíbrio e foi considerada armadura superior (construtiva) nas sapatas.

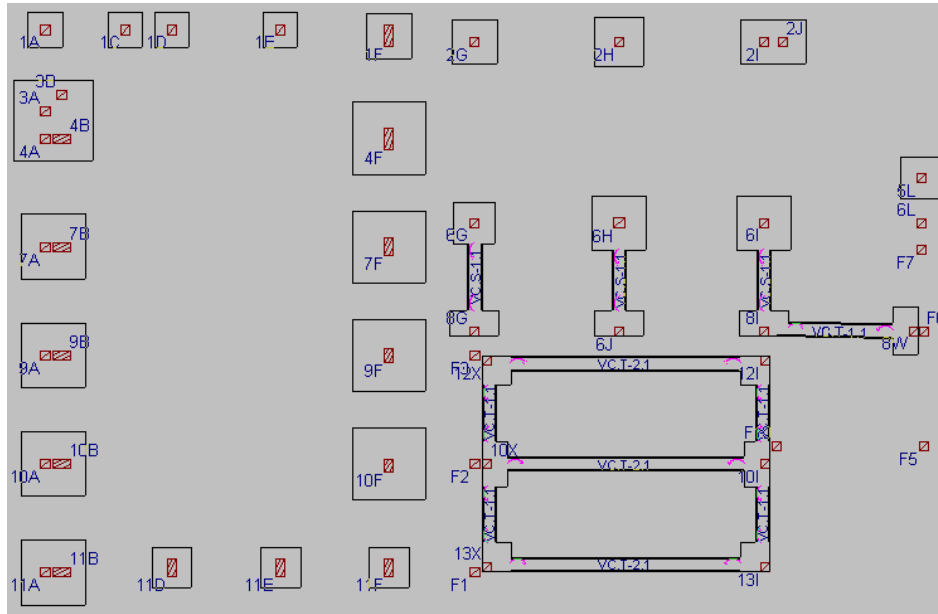


Figura 36 - Localização das sapatas – CypeCad

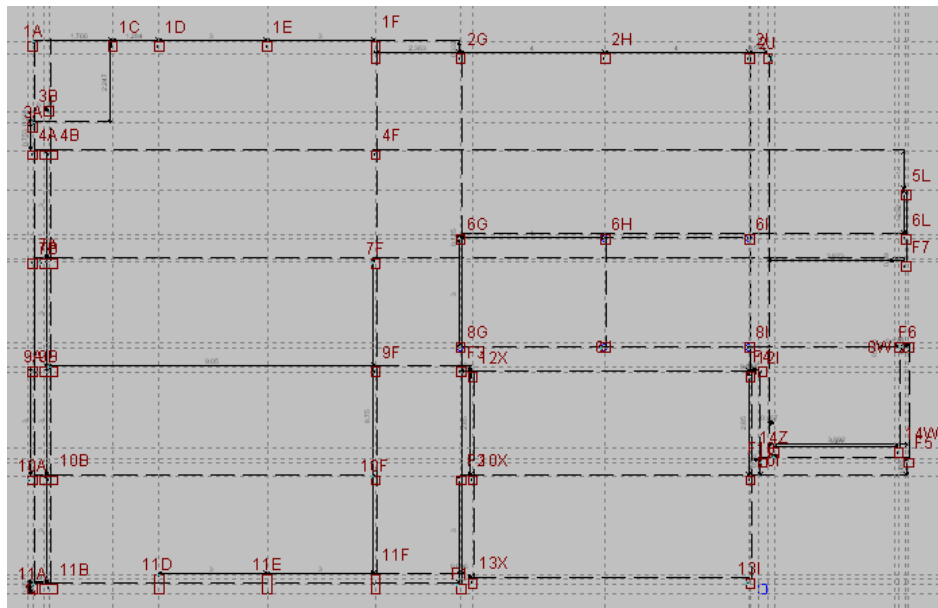


Figura 37 - Localização de pilares - CypeCad

7.2.2. Pilares

Foram importadas para o CypeCad as plantas em DWG com a localização definida no projeto de arquitetura de todos os pilares constituintes da estrutura, para que estes fossem introduzidos na sua posição correta.

De salientar, que no CypeCad foram considerados pilares fictícios nas paredes exteriores do edifício existente a manter.

7.2.3. Vigas

As vigas introduzidas possuem as características definidas no pré-dimensionamento para a secção da viga (dimensão e material).

7.2.4. Lajes

As lajes aligeiradas foram definidas manualmente no CypeCad, sendo estas as que tinham sido obtidas através da utilização do programa da PAVINORTE.

Para as lajes maciças apenas foi introduzida a sua espessura e definida uma armadura base..

7.2.5. Aplicação de cargas

Relativamente ao peso próprio dos elementos estruturais (vigas, pilares e lajes), o CypeCad assume automaticamente os valores com base nas dimensões dos elementos e no tipo de material de que são constituídos, não sendo portanto necessário introduzir qualquer valor relativamente ao peso próprio da estrutura.

As restantes cargas permanentes e a sobrecarga foram inicialmente definidas no programa, sendo estas introduzidas piso a piso.

Foi considerado para as restantes cargas permanentes (RP) que estas seriam de 2kN/m^2 para os revestimentos e de igual valor para as paredes divisórias, tomando estes os mesmos valores que foram definidos no pré-dimensionamento.

Para a sobrecarga foram também considerados os mesmos valores definidos no pré-dimensionamento.

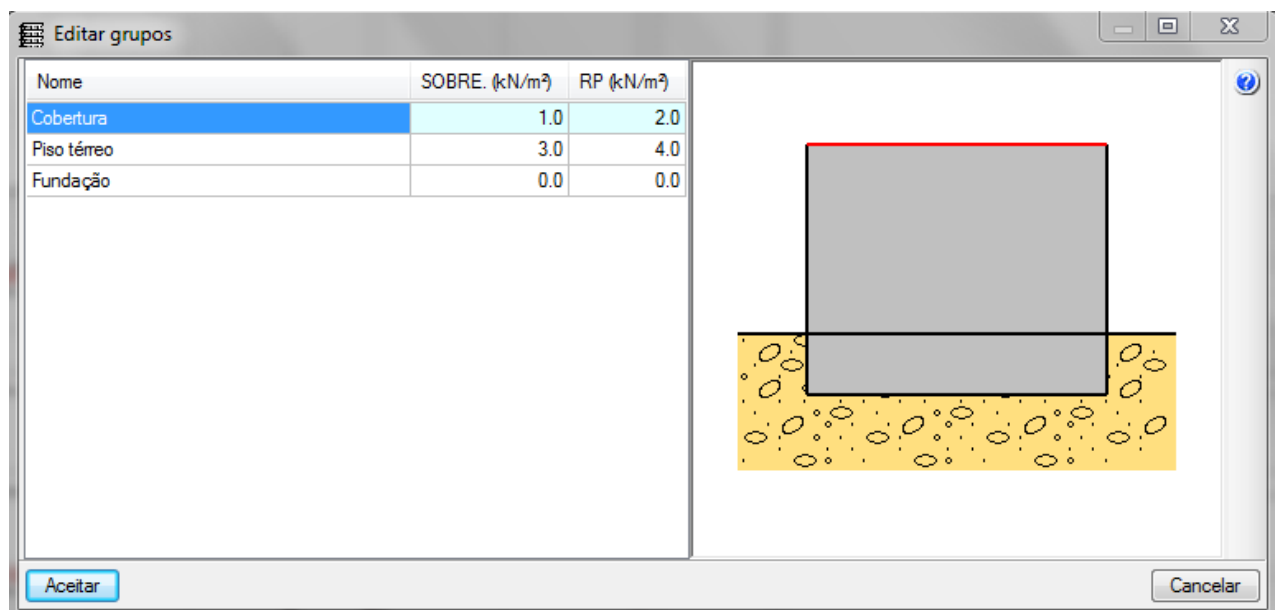


Figura 38 - Introdução de cargas - CypeCad

8. Diagramas de Esforços – CypeCad

De salientar que foram considerados os Estados Limites Últimos e de Utilização no cálculo dos diagramas de esforços

8.1. Pórtico F

De salientar, que as combinações de acções fundamentais foram calculadas considerando os seguintes critérios:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

G_k Acção permanente;

Q_k Acção variável;

g_G Coeficiente parcial de segurança das acções permanentes;

$g_{Q,1}$ Coeficiente parcial de segurança da acção variável principal;

$g_{Q,i}$ Coeficiente parcial de segurança das acções variáveis de acompanhamento;

$\gamma_{p,1}$ Coeficiente de combinação da acção variável principal;

$\gamma_{a,i}$ Coeficiente de combinação das acções variáveis de acompanhamento.

Cobertura

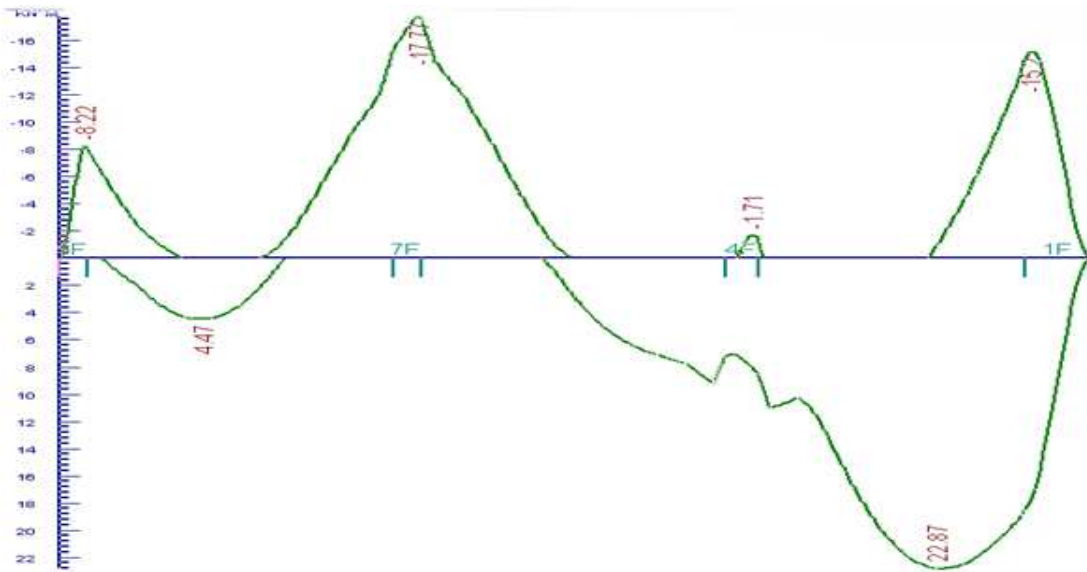


Figura 39 - Momento fletor Tramo [1F - 9F]

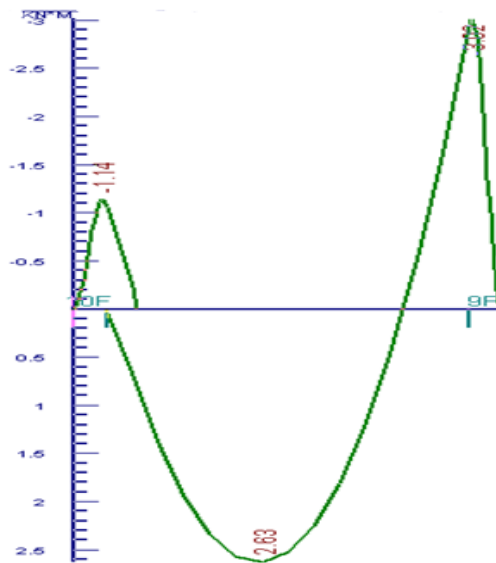


Figura 40 - Momento fletor Tramo [9F - 10F]

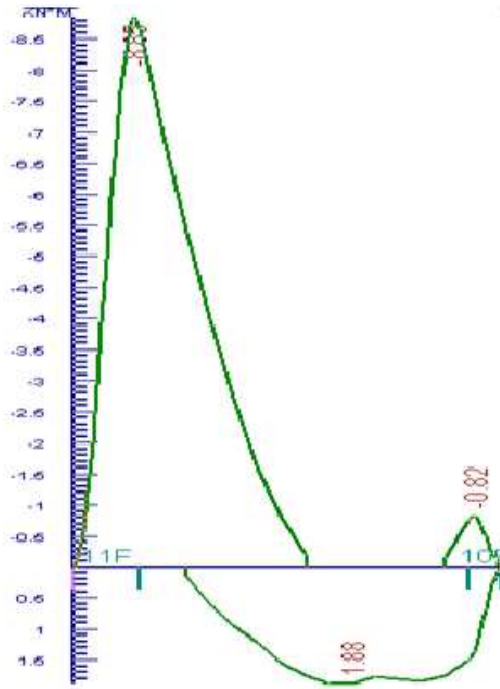


Figura 41 - Momento fletor Tramo [10F - 11F]



Figura 42 - Esforço transversal Tramo [1F - 9F]

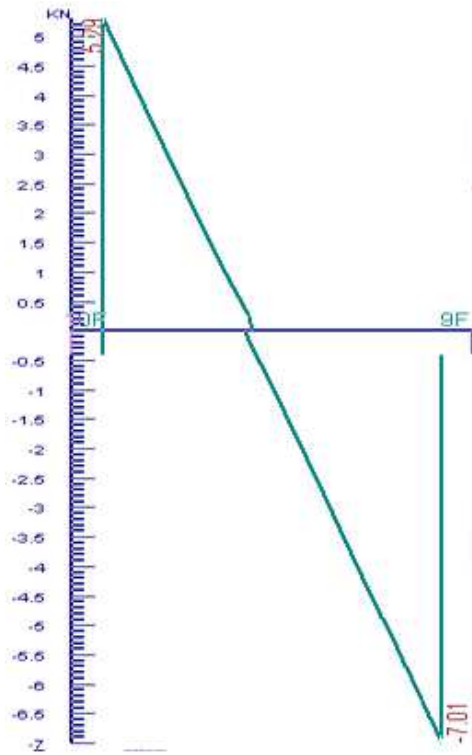


Figura 43 - Esforço transverso Tramo [9F - 10F]

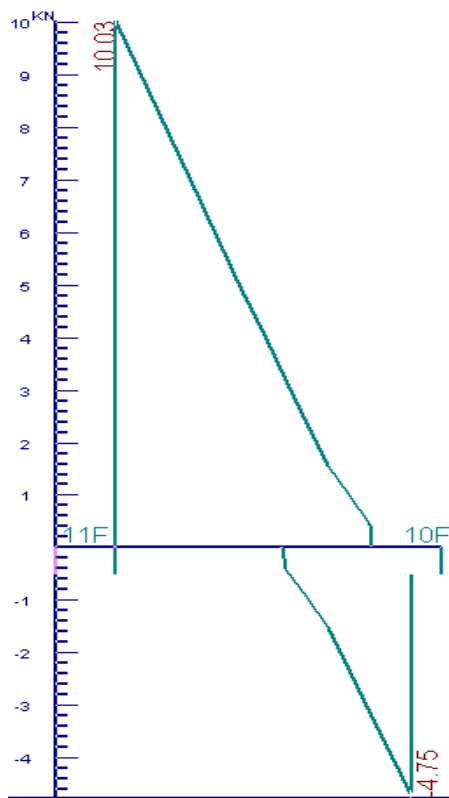


Figura 44 - Esforço transverso Tramo [10F - 11F]

Piso térreo

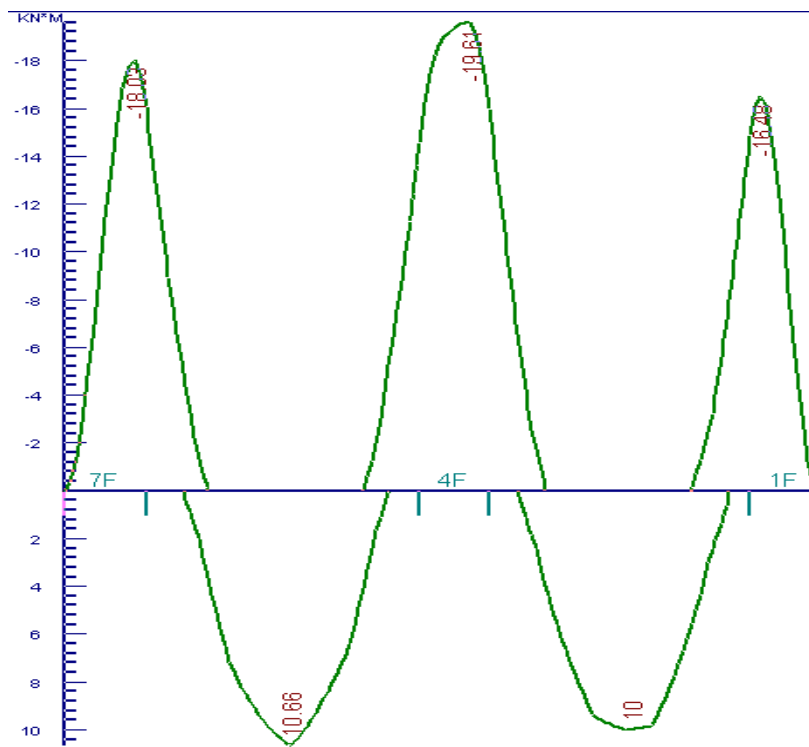


Figura 45 - Momento Fletor Tramo [1F - 7F]

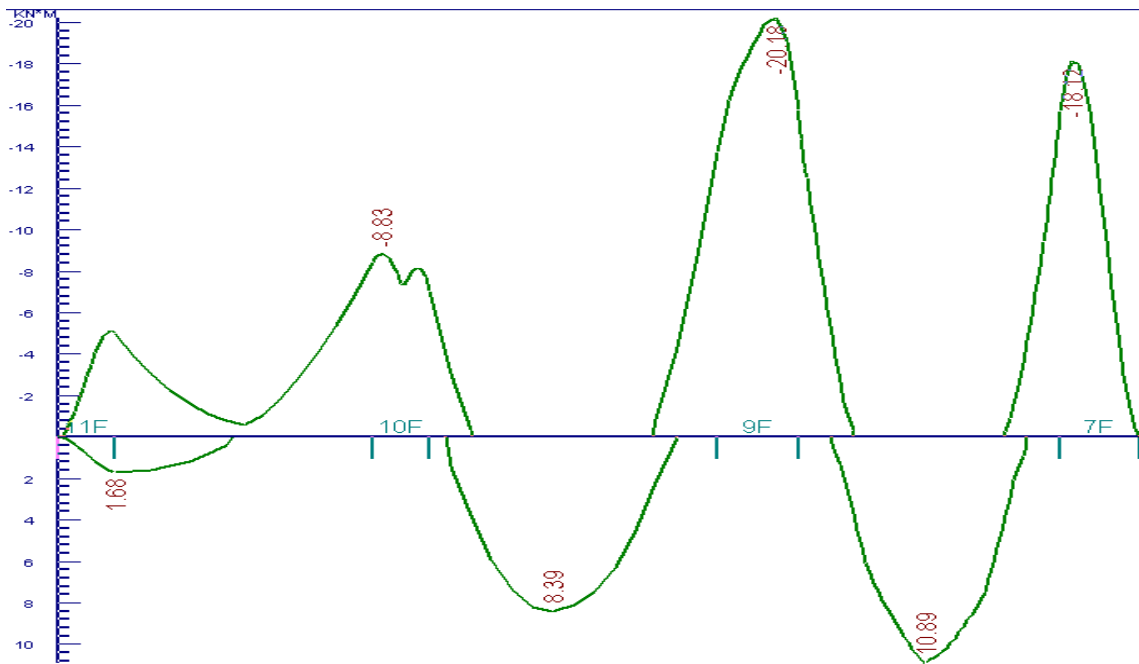


Figura 46 - Momento Fletor Tramo [7F - 11F]

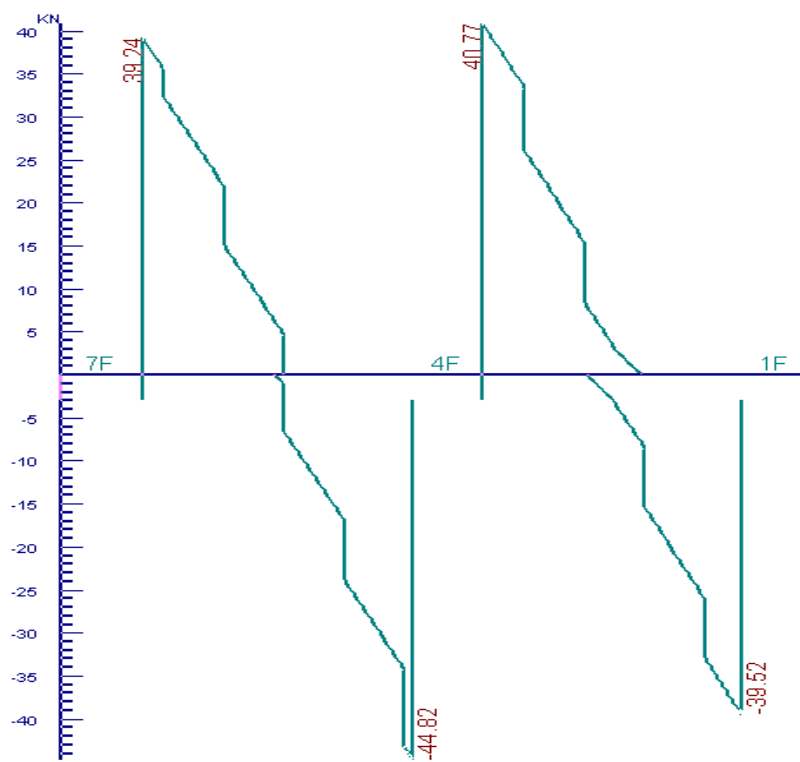


Figura 47 - Esforço Transverso Tramo [1F - 7F]

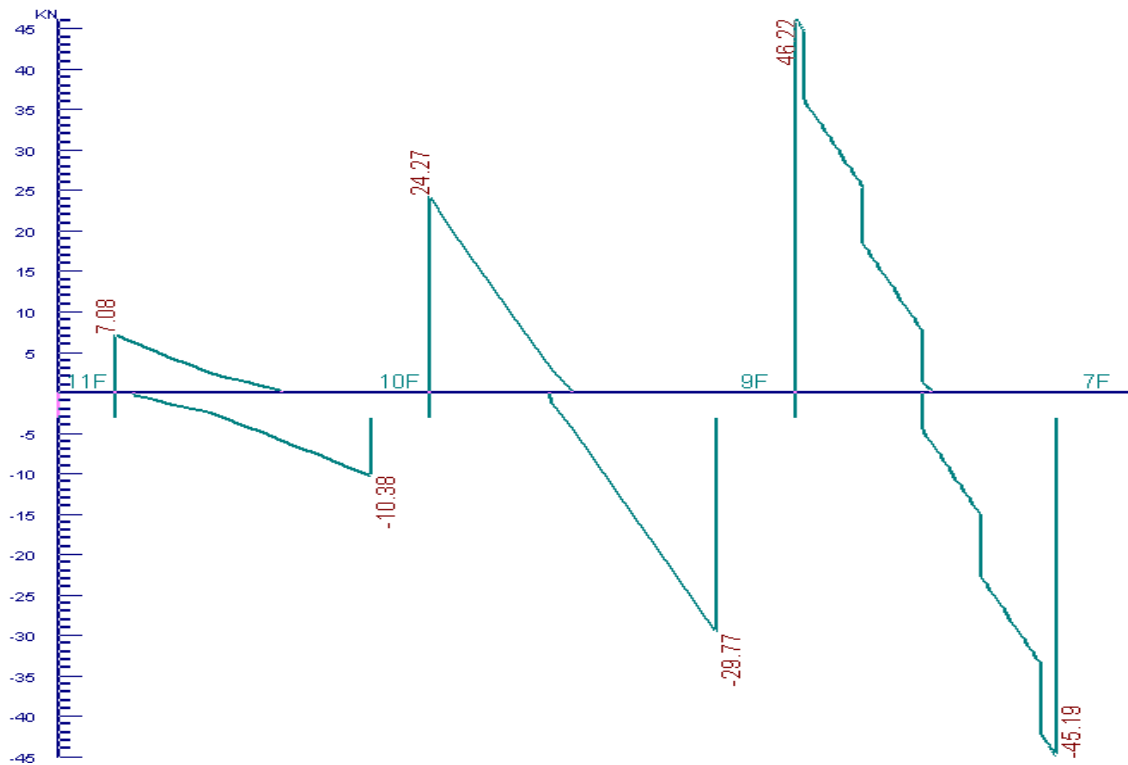


Figura 48 - Esforço Transverso Tramo [7F - 11F]

8.2. Pórtico 6

Cobertura

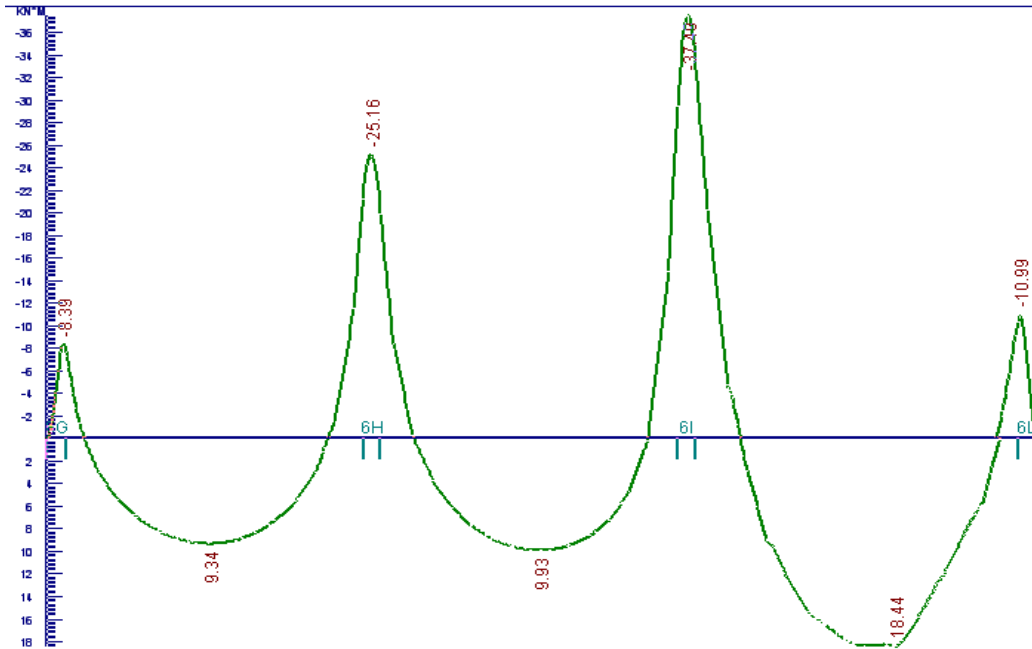


Figura 49 - Momento Fletor

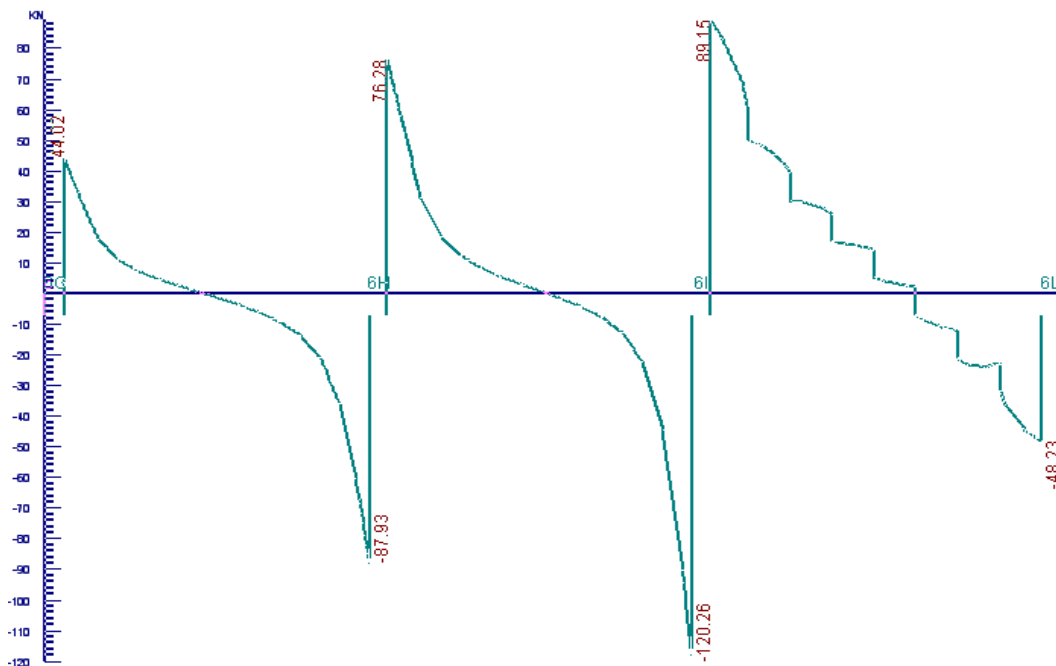


Figura 50 - Esforço Transverso

Piso térreo

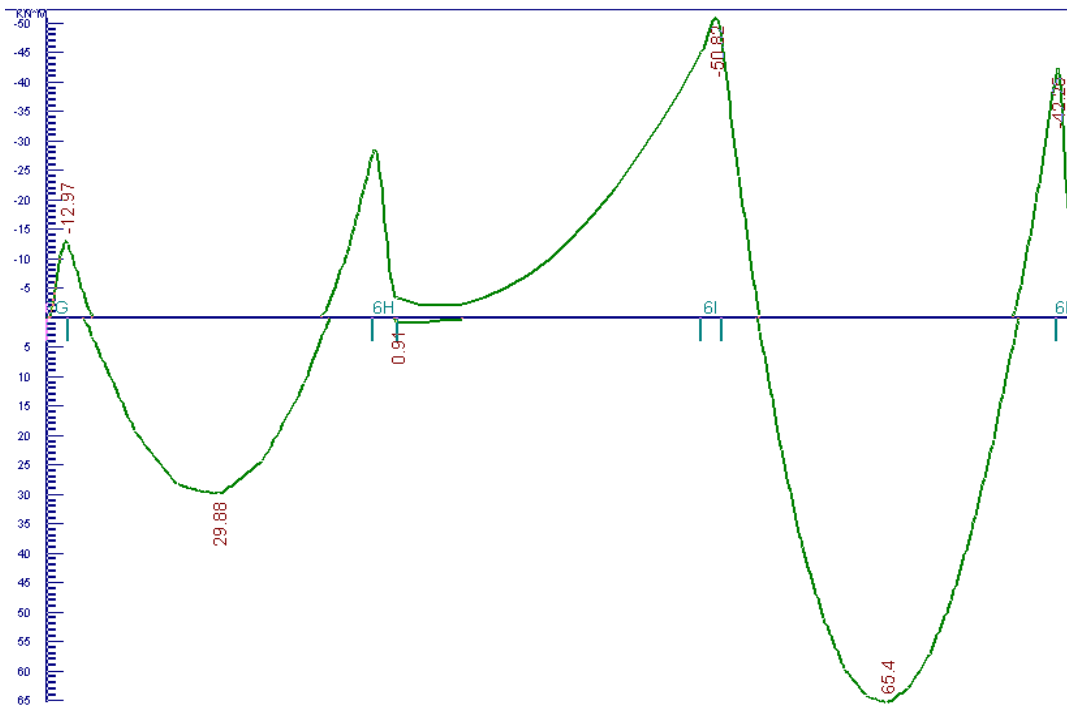


Figura 51 - Momento Fletor

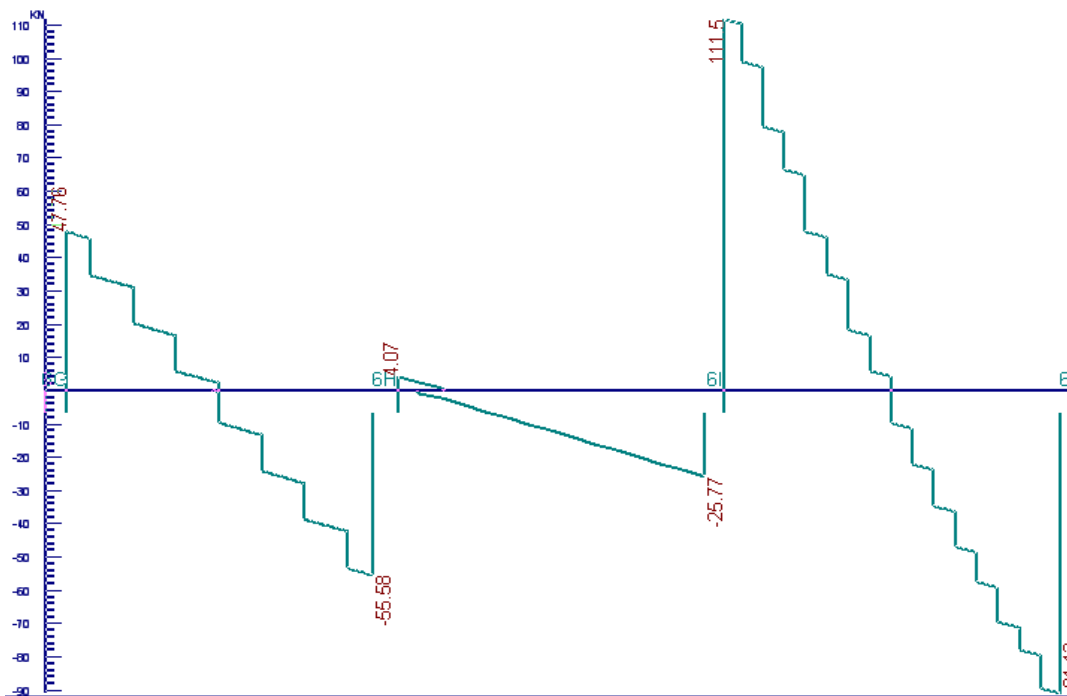


Figura 52 - Esforço Transverso

8.3. Pórtico 4

Cobertura

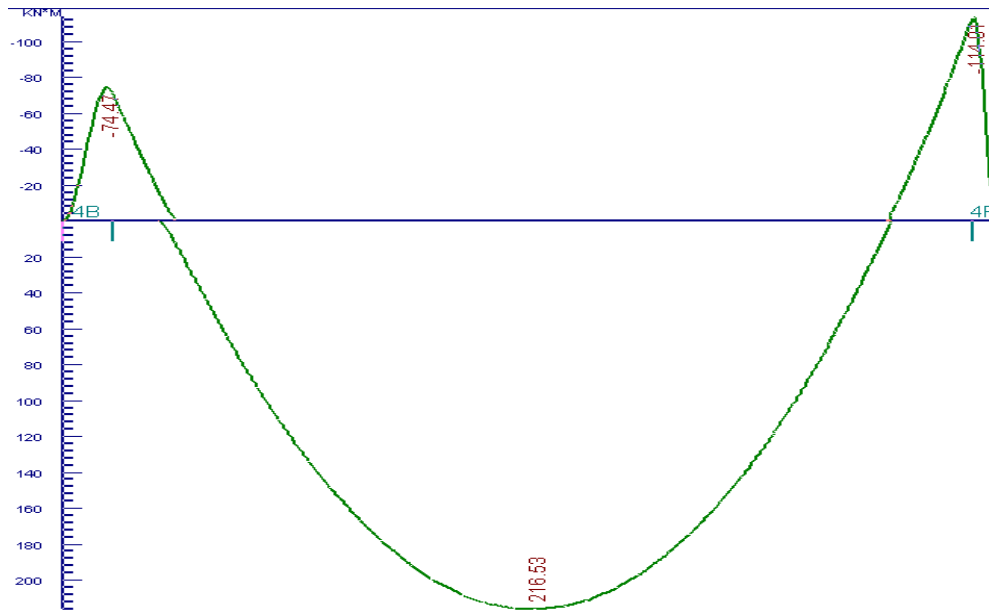


Figura 53 - Momento fletor

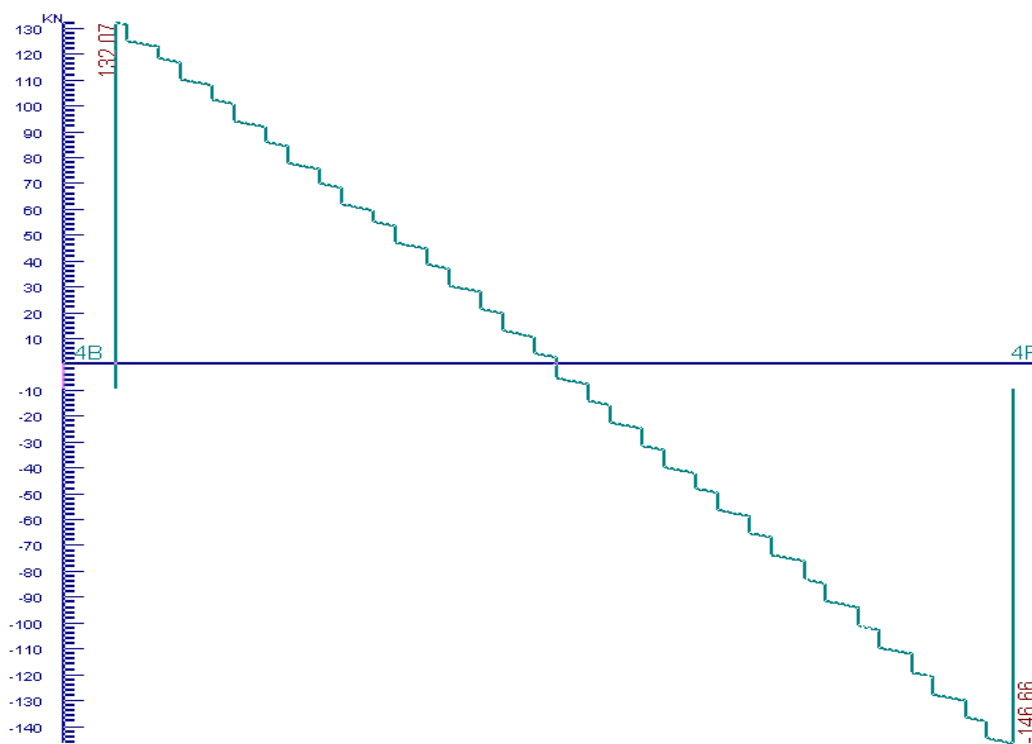


Figura 54 - Esforço Transverso

Piso térreo

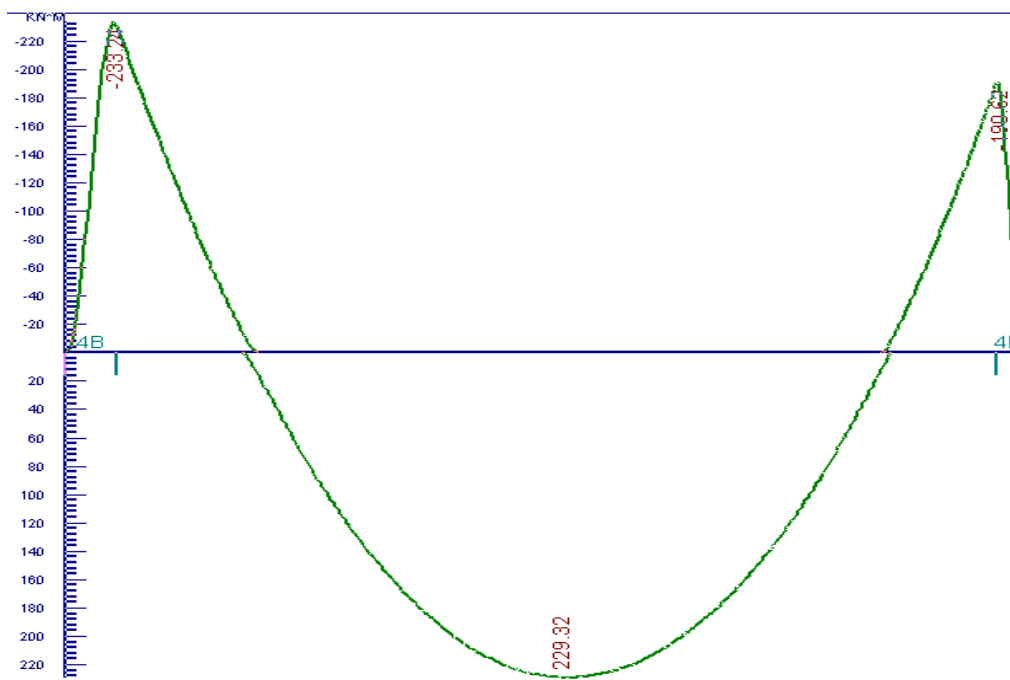


Figura 55 - Momento Fletor

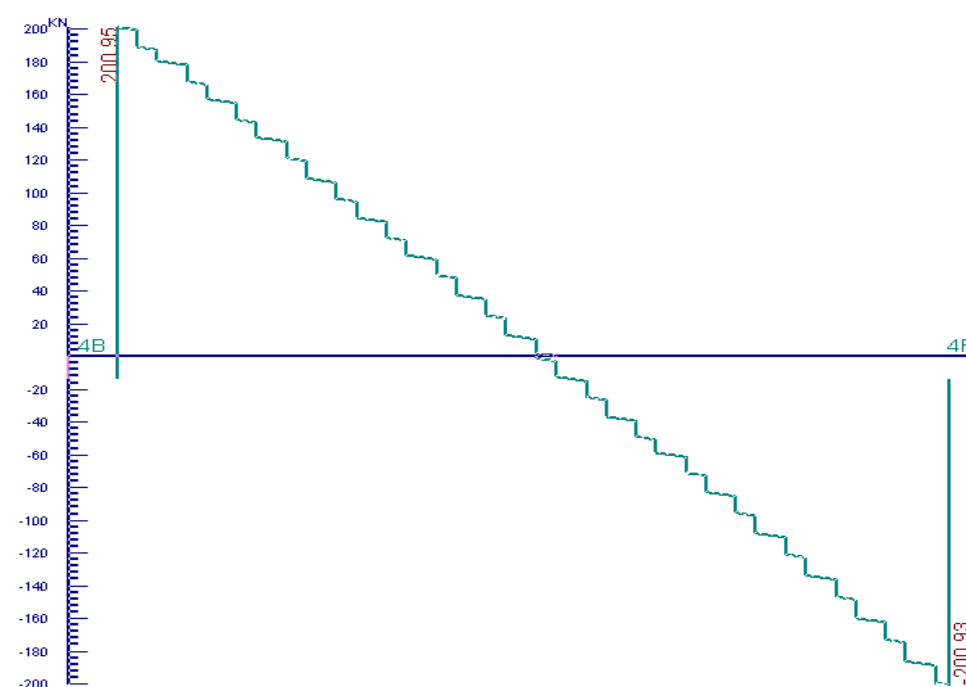


Figura 56 - Esforço transverso

De referir, que os resultados obtidos para a secção dos elementos estruturais e respetiva armadura estão patenteados nas peças desenhadas.

9. Estudo comparativo e avaliação dos resultados

Inicialmente foi realizado um pré-dimensionamento da estrutura porticada em estudo. Para tal, como referido em pontos anteriores, recorreu-se ao auxílio de um programa de cálculo (FTOOL) de forma a facilitar a obtenção dos resultados finais. Neste pré-dimensionamento foram tidas em consideração as combinações de ações fundamentais do RSA artigo 9.2. De salientar que no pré-dimensionamento não foi tida em conta a ação sísmica.

Após a obtenção dos resultados foi feito um dimensionamento com o recurso ao programa de cálculo automático CypeCad.

No CypeCad foram introduzidos os elementos estruturais que haviam sido obtidos no pré-dimensionamento.

Após a introdução dos elementos estruturais e de toda a modelação estrutural foi feita uma comparação dos diagramas de esforços obtidos nos 3 pórticos em estudo através do programa FTOOL e do programa de cálculo automático CypeCad.

Verificou-se que os diagramas de esforços obtidos através do FTOOL e do CypeCad estão dentro da mesma ordem de grandeza como se pode constatar na comparação de esforços para o Pórtico 4 estabelecida na Tabela... Neste caso a diferença de resultados relativa aos momentos fletores pode ser explicada por uma redistribuição de esforços. Os esforços transversos são similares.

No Pórtico F e Pórtico 6 as diferenças de alguns resultados podem ser explicadas pelo fato de terem sido alteradas algumas secções no cálculo com o programa CypeCad. Também neste último cálculo foi considerada a ação sísmica, o que não aconteceu no pré-dimensionamento com o programa FTOOL.

Conclui-se então que os resultados estão dentro do que seria espectável para uma estrutura com estas características.

	$M^-_{(esq.)}$ (kN/m)	$M^+_{meio\ v\tilde{a}o}$ (kN/m)	$M^-_{(dir.)}$ (kN/m)	$ \Sigma M$	$ V _{(esq.)}$ (kN)	$ V _{(dir.)}$ (kN)
FTOOL	73.3	282.1	70.9	426.3	156.8	156.3
CypeCad	74.5	216	114	404.5	132.1	146.7

Tabela 50 - Comparação dos resultados dos diagramas de esforços – Pórtico 4

10. Lista de Peças desenhadas

Como referido anteriormente, a estrutura foi calculada no programa de cálculo automático CypeCad. Houve preocupação em reorganizar as armaduras, de modo a facilitar em obra a execução dos elementos em betão armado.

As Peças obtidas através do CypeCad foram melhoradas por forma a facilitar a sua compreensão em obra.

As peças desenhadas incluídas em anexo são:

- Des. 1 - Planta de fundações 1/100
- Des. 2 - Planta estrutural Piso térreo 1/100
- Des. 3 - Planta estrutural Cobertura 1/100
- Des. 4 - Geometria e armadura de fundações 1/20
- Des. 5 - Geometria e armadura de pilares 1/20
- Des. 6 - Geometria e armadura de vigas Piso térreo 1/100
- Des. 7 - Geometria e armadura de vigas Cobertura 1/100
- Des. 8 - Planta de lajes Piso térreo 1/100
- Des. 9 - Planta de lajes Cobertura longitudinal superior 1/100
- Des. 10 - Planta de lajes Cobertura longitudinal inferior 1/100
- Des. 11 - Planta de lajes Cobertura transversal inferior 1/100
- Des. 12 - Planta de lajes Cobertura transversal superior 1/100
- Des. 13 - Planta de lajes Cobertura punçoamento 1/100

11. Outras atividades desenvolvidas na AMTQT

Durante o período do estágio, o mestrando teve a oportunidade de acompanhar outros projetos que vinham a ser desenvolvidos pelos técnicos da AMTQT, bem como visitas periódicas a obras que atualmente decorrem e que estão sob alçada da equipa de Fiscalização.

O estagiário frequentou ainda uma ação de formação organizada pela Instituição.

11.1. Ação de Formação

O estagiário participou numa ação de formação sobre o Código dos Contratos Públicos, aprovado pelo Decreto-Lei 18/2008, de 29 de janeiro, realizado no Auditório Pequeno do Centro Cultural de Mirandela, organizada pela AMTQT.

A formação decorreu nos dias 19, 20, 26 e 27 de fevereiro e 5 de março de 2013, das 9H30 - 12H30/14H00-17H00 num total de 30 horas, tendo como formador o DR. JOSÉ ALBERTO TEIXEIRA.

Objetivos:

- Implementação das formalidades procedimentais e administrativas relativas a esta temática, como consequência da reflexão sobre o exercício de casos práticos;
- Conhecimento das principais alterações decorrentes da publicação do DL n.º 149/2012, de 12 de julho, que procede à 7.ª alteração ao regime da contratação pública, regulado no CCP;
- Análise das implicações das alterações na tramitação dos principais procedimentos pré-contratuais: ajuste direto, concurso público e concurso limitado por prévia qualificação;

- Analise das implicações das alterações no regime substantivo do contrato administrativo em geral, com especial incidência nos aspetos relacionados com o contrato de empreitada de obra pública;
- Analise e discussão de alguns contributos da doutrina e da jurisprudência na interpretação das regras do CCP (inclusive, no âmbito dos fundos comunitários).

Conteúdos programáticos

1. O CCP em geral:

a. A contratação pública e o direito comunitário;

- A revisão do CCP - DL n.º 149/2012, 12/7;
- As principais alterações ao CCP;
- As implicações da Lei do Orçamento de 2012 nos contratos públicos;
- As conexões da contratação pública com outros diplomas.

2. Âmbito objectivo e subjectivo de aplicação.

3. Disposições genéricas.

4. As disposições comuns sobre a formação dos contratos públicos de serviços, de bens e de empreitadas de obras públicas:

- ##### a. A formação dos contratos públicos através dos procedimentos de ajuste direto, de concurso público ou de concurso limitado por prévia qualificação.

5. Abordagem dos principais aspetos do contrato administrativo em geral:

a. Poderes da entidade adjudicante na fase de execução do contrato;

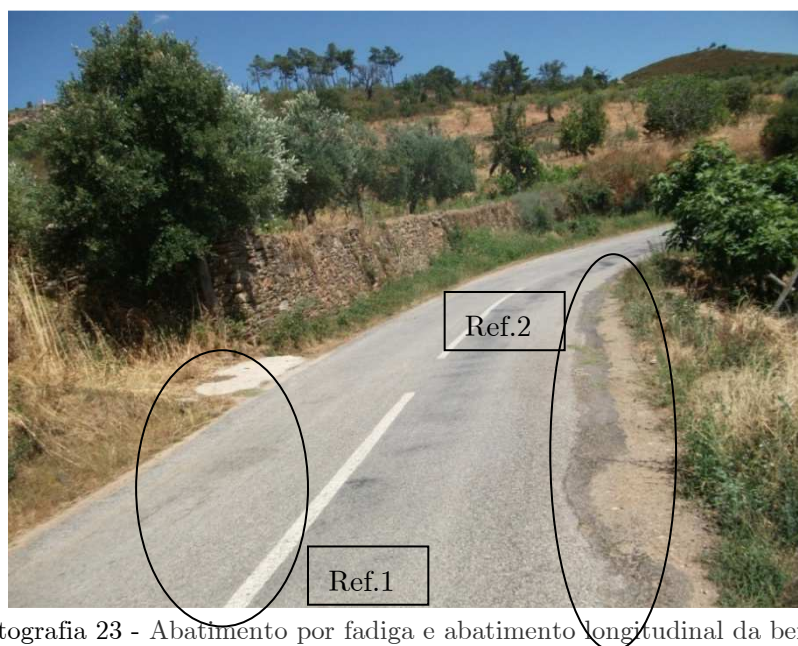
- Poder de fiscalização do modo de execução das prestações contratuais;
- Poder de Direcção;
- Poder de modificação unilateral – Modificação objectiva;

- Poder sancionatório;
 - Poder de resolução unilateral do contrato;
- b. Início da execução do contrato administrativo;
- c. Modificações do contrato administrativo/contrato de empreitada e a problemática dos trabalhos a mais, dos trabalhos de suprimento de erros e omissões e de outros trabalhos/serviços/bens a mais;
- d. A suspensão da execução do contrato administrativo. - Causas justificadoras; - Regime Legal;
- e. A extinção do contrato administrativo.
6. O regime substantivo do contrato de empreitadas de Obras Públicas:
- a. Consignação; - Execução e suspensão dos trabalhos; - Modificação objectiva do contrato; - Cessão da posição contratual; - Medição e Pagamento, - Fiscalização, -Das garantias Administrativas.
7. Reflexão sobre a doutrina e jurisprudência mais recente (inclusive, no âmbito dos fundos comunitários).
8. Dúvidas e questões finais.
9. Avaliação.

11.2. Projeto de infraestruturas rodoviárias

Nesta atividade o estagiário deu apoio no levantamento efetuado a três estradas municipais/caminhos municipais que vão ser alvo de beneficiação, no concelho de Alfandega da Fé.

O objetivo destas visitas prende-se com a necessidade de avaliar in situ as condicionantes e patologias existentes.



Fotografia 23 - Abatimento por fadiga e abatimento longitudinal da berma



Fotografia 24 - Deformações localizadas



Fotografia 25 - Pele de crocodilo

Foram encontradas diferentes patologias nos troços em estudo sendo que apenas irei referir aquelas que apresentam maior relevância, que são:

- Abatimento por fadiga (fotografia 23 referência 1)
- Abatimento longitudinal da berma (fotografia 23 referência 2)
- Deformações localizadas (fotografia 24 referência 1)
- Pele de crocodilo (fotografia 25 referência 1)

Os troços em estudo foram os seguintes:

- 1- Beneficiação da E.M. 611 e C.M. 1157 desde a E.N. 215 a Cabreira, L = 5134.0m
- 2- Beneficiação da E.M. 611 desde Gouveia ao limite do Concelho, L = 2837.0 m



Fotografia 26 - E.M. 611 – pKm 0 + 000



Fotografia 27 - E.M. 611 – pKm 2+837 (final)

3- Beneficiação do C.M. 1157 desde Cabreira a Picões, L = 4382.0 m



Fotografia 28 - C.M. 1157 – pKm 0+000



Fotografia 29 - C.M. 1157 – pKm 4+382 (final)

Os trabalhos de beneficiação a executar consistirão essencialmente no alargamento e na reabilitação funcional do pavimento da plataforma da estrada (faixa de rodagem e bermas), e na melhoria dos respetivos sistemas de drenagem, de sinalização e de segurança.

11.3. Selagem da célula 2 do aterro sanitário de Urjais

Integrado na equipa de fiscalização da AMTQT o estagiário deslocou-se ao aterro sanitário de Urjais.

A obra em execução consiste na selagem da célula 2, integrada no Aterro sanitário de Urjais, cuja exploração foi interrompida em fevereiro de 2011.

Os trabalhos consistem essencialmente na proteção e impermeabilização da célula 2, através da utilização de material terroso e tela impermeabilizante, bem como sistema de drenagem das águas pluviais.

Os processos de impermeabilização e selagem de aterros recorrendo ao uso de geossintéticos analisam passo a passo cada tarefa necessária à sua implementação e as alternativas existentes atualmente no mercado para cada uma delas. As características técnicas que tornam confiáveis e seguros os referidos processos, tanto para o ambiente como para a população, incluem o controlo de qualidade quer dos materiais quer da aplicação técnica dos mesmos e os métodos utilizados atualmente que reforçam a segurança destas aplicações.

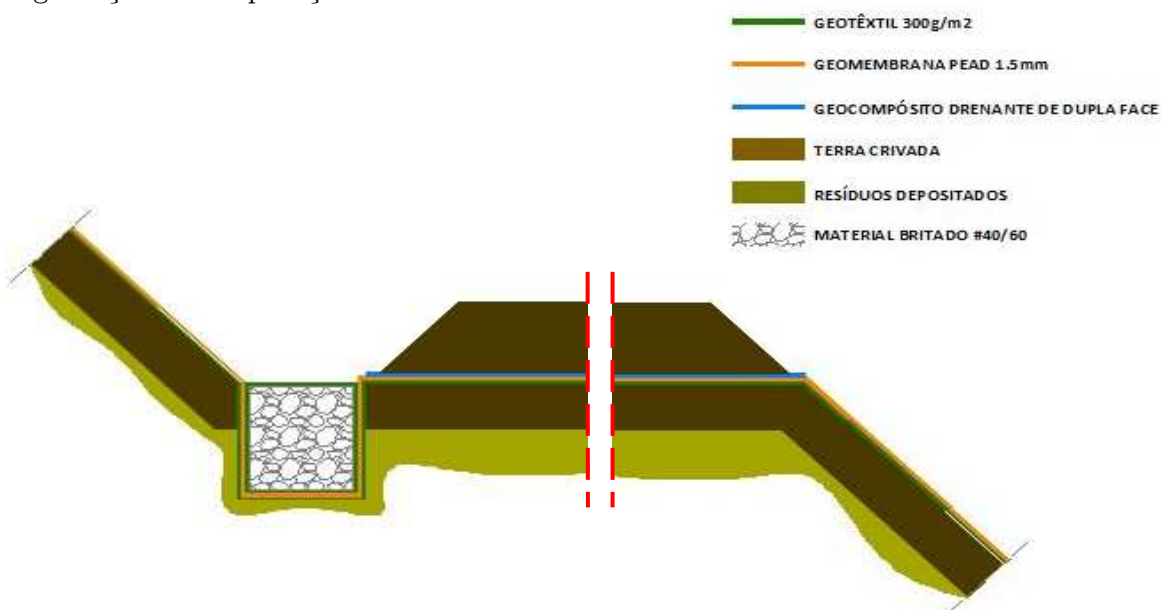


Figura 57 - Aterro sanitário

Os objetivos da visita efetuada pela Fiscalização foram:

- verificação da correta execução do projeto;
- esclarecimento de eventuais dúvidas colocadas pelo Empreiteiro;
- verificação do cumprimento das Normas de Higiene Segurança e Saúde no trabalho.

Dono de obra -Resíduos do Nordeste, EIM

Adjudicatário – Carlos Augusto Pinto dos Santos; Sotecnisol

Adjudicação - 282 100.00€

Prazo de execução -90 dias

11.4. Unidade de Tratamento Mecânico e Biológico

O estagiário teve a oportunidade de estar presente na fase final da empreitada sendo que ainda assistiu á fase de arranque da Unidade de Tratamento de resíduos.

A "Unidade de Tratamento Mecânico e Biológico por Digestão Anaeróbia do Nordeste Transmontano" permitirá a gestão integrada dos RSU, cf. Figura 56, produzidos nos treze municípios do Sistema, maximizando a valorização material e de subprodutos (composto e energia) e reduzindo em cerca de 50% a quantidade de resíduos depositados em aterro.

Este projeto representa um enorme avanço em termos de sustentabilidade ambiental no Nordeste Transmontano.

Em termos económicos permitirá a criação de um mercado de comercialização do composto orgânico e de produção de energia elétrica através da valorização do biogás gerado no sistema, sendo este um forte investimento para o cumprimento das metas nacionais e europeias de reciclagem.

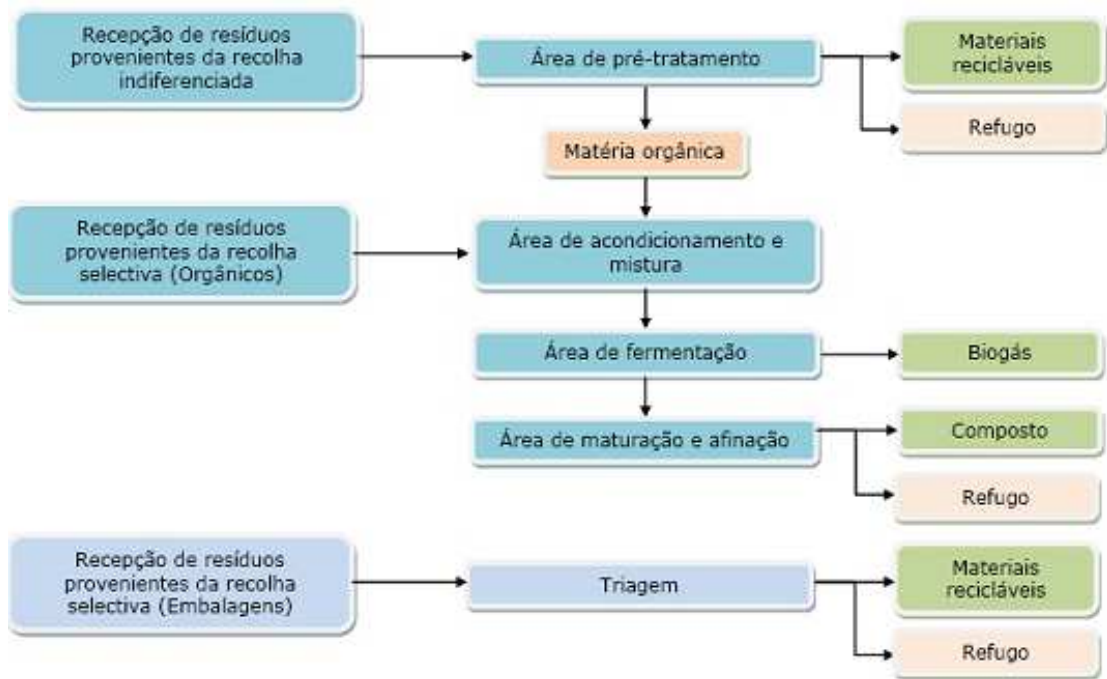


Figura 58 - Tratamento Mecânico e Biológico - Organograma



Figura 59 - Unidade de Tratamento Mecânico e Biológico

11.5. Reabilitação da Capela de Santo Amaro - Legoinha

No âmbito da empreitada de reabilitação da Capela de Santo Amaro, o estagiário, juntamente com a fiscalização deslocou-se ao local com o intuito de observar *in loco* o desenrolar dos trabalhos.

A capela de Santo Amaro fica situada na aldeia da Legoinha, sendo esta um aglomerado onde atualmente não há residentes, mantendo um caráter espacial de isolamento e abandono.

Esta situa-se no extremo Este do largo da aldeia, sendo composta por dois corpos distintos na forma e no período de construção. O corpo mais antigo corresponde à primitiva capela datada do primeiro quartel do século XVII, onde atualmente se localiza o altar-mor de planta retangular e onde foram recentemente encontradas pinturas murais (frescos). O corpo da nave acrescentado posteriormente é fruto da ampliação da capela no início do século XX. O edifício encontra-se atualmente em estado de abandono, a cobertura desabou totalmente na área da nave e os vãos de acesso estão em mau estado de conservação.

Os objetivos da visita efetuada pela Fiscalização foram:

- verificação da correta execução do projeto;
- esclarecimento de eventuais dúvidas colocadas pelo Empreiteiro;
- verificação do cumprimento das Normas de Higiene Segurança e Saúde no trabalho.

Sendo uma empreitada de reabilitação, a intervenção exige um acompanhamento quase permanente da obra. Nesta visita foram ajustadas as soluções para a consolidação das paredes da Capela e redefinição da estrutura do pavimento térreo devido à existência de condicionalismos não possíveis de detetar em fase de projeto.



Fotografia 30 - Capela de Santo Amaro – Exterior



Fotografia 31 - Capela de Santo Amaro - Interior

11.6. Miradouro de Nossa Senhora da Assunção

Nesta atividade o estagiário acompanhou a equipa técnica da AMTQT numa vistoria para efeitos de receção definitiva.

A igreja ocupa o topo do monte, ergue-se no interior de um espaço lajeado delimitado por gradeamento ao qual se acede por um escadório frontal e escadaria lateral, do lado Norte.

Na plataforma sobre qual se ergue o templo situam-se a Casa dos Milagres e uma construção de apoio.

A área de intervenção situa-se a Este da aldeia de Vilas Boas, no cabeço de nossa Sr.^a da Assunção, pertencente ao concelho de Vila Flor.



Fotografia 32 - Nossa Senhora da Assunção

Da visita efetuada observaram-se algumas anomalias, das quais se destacam:

- existência de humidade no interior do edifício destinado a centro de visitantes;
- fissuras em muros exteriores
- abatimento em alguns patamares das escadarias laterais.

Daqui resulta, a elaboração de uma vistoria para efeitos de receção definitiva onde consta o levantamento de todas as patologias detetadas e se concede um prazo para que o adjudicatário as corrija.

Após a sua correção é feita nova vistoria e se as anomalias forem corrigidas, lavra-se um novo relatório, onde se propõem ao dono de obra a elaboração do respetivo auto de receção definitiva.

12. Conclusão

Após este período de 6 meses passados na AMTQT o estagiário tem como opinião que os objetivos que tinham sido inicialmente definidos foram na sua maioria cumpridos com êxito.

A realização do estágio curricular permitiu trabalhar inserido num equipa de projeto e fiscalização, possibilitando conhecer o que é o mercado de trabalho e como este funciona, desenvolver espírito crítico relativo a questões de engenharia civil e desenvolver a capacidade de comunicação.

Durante este período foi desenvolvido, em paralelo, um projeto de reabilitação e ampliação de uma antiga escola primária, destinada a um centro integrado de valorização de recursos, na freguesia de Seixo de Manhoses, no concelho de Vila Flor. Foi feito o seu pré-dimensionamento e posteriormente o seu dimensionamento com recurso a um programa de cálculo automático CypeCad, usado pela AMTQT.

A utilização deste programa de cálculo permitiu aprofundar os conhecimentos adquiridos na vida académica e comparar com os dados obtidos no pré-dimensionamento.

Foi de extrema importância o diálogo com toda a equipa de projeto, pois todas as suas ideias e sugestões foram sempre uma mais valia na resolução de todos os problemas que foram surgindo.

Este estágio permitiu ter a noção das várias atividades que poderão ser desenvolvidas por um Eng. Civil na sua vida profissional. O contato com as obras, empreiteiros e demais agentes de construção civil constituiu uma mais valia preciosa deste estágio bem como a participação numa ação de formação sobre o Código dos Contratos Públicos.

As visitas, participações em reuniões, contato com os colegas e demais participantes nos projetos e obras, complementam os conhecimentos teóricos obtidos na formação académica.

Por fim, conclui-se que toda a experiência e todos os conhecimentos apreendidos durante o estágio vão ser de muito grande importância no futuro profissional do estagiário.

13. Bibliografia

Barro, H., Figueiras, J., 2010.- Tabela e Ábacos de Dimensionamento de Secções de Betão Solicitadas à Flexão e a Esforços Axiais Segundo o Eurocódigo 2.

Eurocódigo 2, 2010 – Projeto de estruturas de betão. Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios. NPEN001992-1-1 2008.

Eurocódigo 8, 2010 – Projeto de estruturas para resistência aos sismos Parte 1: Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios. NPEN001998-1_2010.

Pavinorte. Produção de elementos prefabricados de betão pré-esforçado. Comercialização. CAE: 23690 em <http://www.pavinorte.pt/>.

Pimenta, P., 2006 – A ESCOLA PORTUGUESA - Do “Plano dos Centenários” À Construção da Rede Escolar no Distrito de Vila Real. Tese de Mestrado em Educação. Universidade do Minho.

Pereira, P., 2013 – Memória Descritiva e Justificativa. Projeto: Centro integrado de valorização de recursos de Seixo de Manhoses. AMTQT

Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado, Aprovado pelo Decreto-Lei n.º 349-C/83 de 30 de julho.

Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes, Aprovado pelo Decreto-Lei n.º 235/83, de 31 de maio

Ribeiro, A., Pereira, E. and Dias, R., 1990 - Structure in the NW of the Iberia Peninsula (Alloctonous sequences). In: Dallmeyer, R.D. and Martinez Garcia, E. (Eds.): Pre-Mesozoic Geology of Iberia, Springer-Verlag, p. 220-236.

Anexos