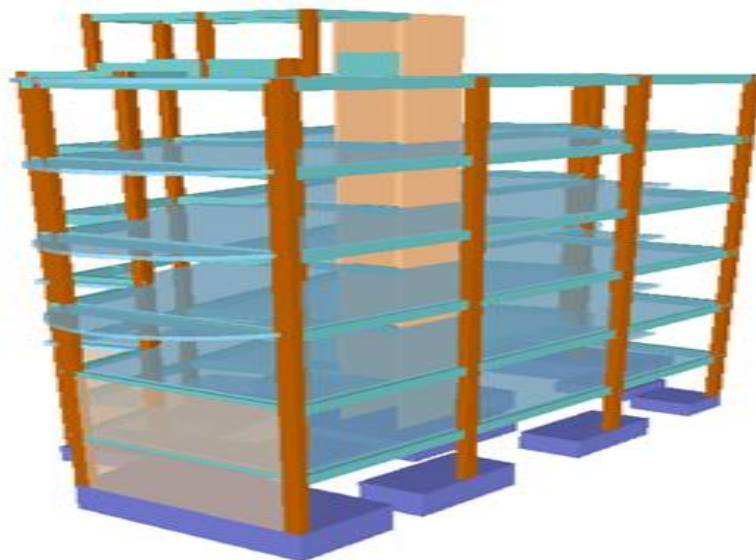




ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Civil



Cálculo Automático de Estruturas. Análise Estrutural e Dimensionamento de um Edifício.

ANTÓNIO JOSÉ LOPES PIRRALHA

(Licenciado de Bolonha em Engenharia Civil)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na área de
especialização de Estruturas

Versão Definitiva

Orientadores:

Doutor Carlos Jorge Miragaia Trancoso Vaz, Prof. Coordenador (ISEL)
Licenciado Mário César Antunes Figueiredo (Nova Faceta)

Júri:

Mestre Cristina F. Xavier de Brito Machado, Prof. Coordenador (ISEL)
Mestre António Carlos Teles Sousa Gorgulho, Prof. Adj. (ISEL)
Doutor Carlos Jorge Miragaia Trancoso Vaz, Prof. Coordenador (ISEL)
Licenciado Mário César Antunes Figueiredo (Nova Faceta)

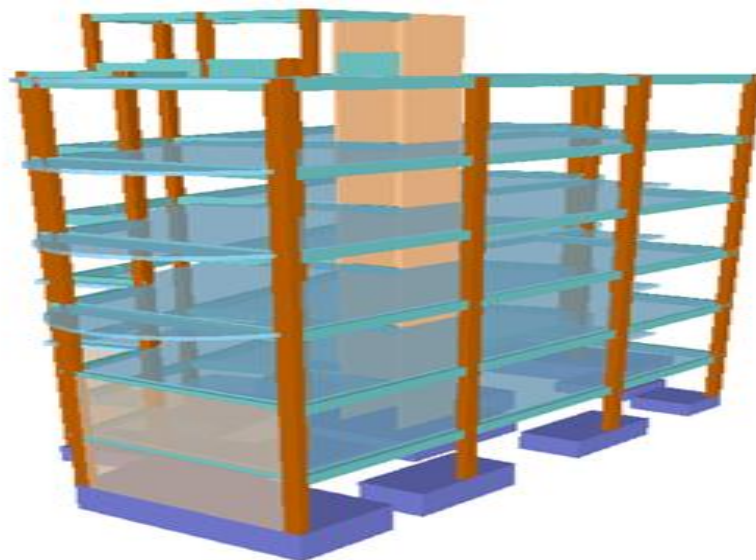
Setembro de 2010



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Civil



Cálculo Automático de Estruturas. Análise Estrutural e Dimensionamento de um Edifício.

ANTÓNIO JOSÉ LOPES PIRRALHA

(Licenciado de Bolonha em Engenharia Civil)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na área de
especialização de Estruturas

Versão Definitiva

Orientadores:

Doutor Carlos Jorge Miragaia Trancoso Vaz, Prof. Coordenador (ISEL)
Licenciado Mário César Antunes Figueiredo (Nova Faceta)

Júri:

Mestre Cristina F. Xavier de Brito Machado, Prof. Coordenador (ISEL)
Mestre António Carlos Teles Sousa Gorgulho, Prof. Adj. (ISEL)
Doutor Carlos Jorge Miragaia Trancoso Vaz, Prof. Coordenador (ISEL)
Licenciado Mário César Antunes Figueiredo (Nova Faceta)

Setembro de 2010

Resumo



O presente relatório corresponde à descrição do trabalho realizado durante estágio, no âmbito do trabalho final de Mestrado de Engenharia Civil, referente ao perfil de Estruturas.

A motivação da escolha deste estágio teve como propósito aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso. Além disso ajudou-me a conhecer o mercado de trabalho. O tema escolhido foi Cálculo Automático de Estruturas. Análise Estrutural e Dimensionamento de um Edifício.

O estágio teve lugar no gabinete Nova Faceta - Consultas, Estudos e Projectos. Este gabinete labora no concelho de Vila Franca de Xira. O trabalho realizado foi auxiliado por profissionais experientes e qualificados, estando sob a supervisão do orientador do estágio e consistiu na análise de diversos projectos de Engenharia e da elaboração do projecto que será apresentado neste relatório.

O programa a que se recorreu para auxiliar na execução do dimensionamento foi o CYPECAD. O edifício que foi dimensionado situa – se no Algarve, mais concretamente no concelho de Albufeira, na Urbanização Cerro da Alagoa – 2ªfase, na Rua do Oceano lote 22A.

Abstract



This report corresponds to the description of the work during the internship. It is the final work of the Master of Civil Engineering, regarding the profile structures.

The motivation for choosing this stage was to apply the knowledge acquired throughout the course. Also helped me to know the job market.

The theme chosen was Automatic Calculation of structures. Structural Analysis and Design of a Building.

The internship took place at the office Nova Faceta - Consultas, Estudos e Projectos in Vila Franca de Xira. The work was aided by experienced and qualified professionals, being under the supervision of the supervisor and the internship was the implementation and analysis of various engineering projects.

The program used to implement the design was CYPECAD. The Building designed is located in the Algarve, more precisely in the municipality of Albufeira, in the urbanization of the Cerro da Alagoa, 2ª fase, in Rua do Oceano.

Palavras-chave



Projecto de Estruturas de Edifícios

Cálculo Automático de Estruturas

Estágio

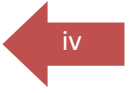
Keywords

Building Structural Design

Automatic Computation of structures

Internship

Agradecimentos



Durante o percurso realizado no estágio, queria agradecer aos meus dois orientadores Eng.º Mário César Antunes de Figueiredo (co-orientador da Nova Faceta) e ao Eng.º Carlos Trancoso Vaz (co-orientador do ISEL), pela orientação, dedicação e conselhos dados durante estágio e realização deste relatório.

Também agradecer aos meus colegas de gabinete que me apoiaram na elaboração deste trabalho.

Á minha família que sempre demonstraram todo o apoio que sempre precisei.

Agradeço também, aos vários amigos que me ajudaram, não só com o esclarecimento de determinadas dúvidas mas também pelos incentivos que me dispensaram.

Índice



Resumo	i
Abstract.....	ii
Palavras-chave	iii
Keywords.....	iii
Agradecimentos	iv
1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - Enquadramento.....	1
1.2 - Estrutura do trabalho	2
2 – ANÁLISE DE PROJECTOS ANTERIORES.....	3
3 – CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO	4
3.1 - Localização do edifício e Enquadramento urbanístico.....	4
3.2 - Descrição do Volumetria.....	5
3.3 - Alçados e Corte	9
4 – CONCEPÇÃO DE UM EDIFÍCIO	11
5 – CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO.....	12
6 – DISPOSIÇÕES RELATIVAS A ELEMENTOS ESTRUTURAIS	15
6.1 - Pilares	15
6.1.1 - Generalidades.....	15
6.1.2 - Armaduras longitudinais.....	15
6.1.3 - Armaduras transversais	17
6.2 - Vigas.....	18
6.2.1 - Generalidades.....	18
6.2.2 - Armaduras longitudinais	18
6.2.3 - Armaduras transversais	19
6.3 - Escadas	20
6.3.1 - Pré-dimensionamento	20
6.3.2 - Armadura principal mínima.....	21
6.3.3 - Espaçamento máximo dos varões da armadura principal	21
6.3.4 - Armadura de distribuição.....	21
6.4 - Lajes	22
6.4.1 - Generalidades.....	22



6.4.2 - Espaçamento máximo dos varões da armadura principal	23
6.4.3 - Armadura principal mínima	23
6.4.4 - Armaduras transversais	23
6.4.5 - Armadura de punçoamento	23
6.5 - Muros de contenção	24
6.6 - Sapatas interligadas por vigas de fundação	25
6.7 - Paredes de betão	26
6.7.1 - Generalidades	26
6.7.2 - Armaduras longitudinais (verticais)	26
6.7.3 - Armaduras transversais	27
6.7.4 - Armadura de cintagem	27
7 – CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO	29
7.1 - Introdução	29
7.2 - Materiais	30
7.3 - Acções	30
7.4 - Modelação da estrutura	31
7.4.1 - Fundações	31
7.4.2 - Pilares	31
7.4.3 - Vigas	32
7.4.4 - Lajes	32
7.4.5 - Muros de contenção	32
7.4.6 - Escadas	32
7.4.7 - Aplicação de cargas	33
7.5 - Aferição do modelo	34
7.6 - Definição da acção sísmica	35
8 – ANÁLISE AOS RESULTADOS DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIIS	37
8.1 - Pilares	37
8.1.1 - Armaduras longitudinais	38
8.1.2 - Armaduras transversais	40
8.2 - Vigas	41
8.3 - Lajes	42
8.3.1 - Armadura principal mínima	42
8.3.2 - Armaduras transversais	43

8.3.3 - Espaçamento máximo dos varões da armadura principal	43
8.3.4 - Pormenorização do Punçoamento	44
8.4 - Sapatas interligadas por vigas de fundação	45
8.4.1 - Armaduras longitudinais	45
8.5 - Paredes de Betão	47
8.5.1 - Armaduras longitudinais	47
8.5.2 - Armadura Cintagem	49
8.6 - Escadas	50
8.6.1 - Armadura principal mínima	50
8.6.2 - Espaçamento máximo dos varões da armadura principal	50
8.6.3 - Armadura de distribuição	51
8.7 - Muros de Contenção	52
9 – EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO	53
10 – CONCLUSÕES	54
11 – BIBLIOGRAFIA	55



Índice de Figuras



Figura 1 - Localização do edifício em Albufeira na Rua do Oceano (Google earth).....	4
Figura 2 – Planta do Piso -2 (Nova Faceta).....	5
Figura 3 – Planta do Piso -1 (Nova Faceta).....	6
Figura 4 – Planta do Piso 0 (Nova Faceta).....	6
Figura 5 – Planta do Piso 1 (Nova Faceta).....	7
Figura 6 – Planta do Piso 2 e 3 (Nova Faceta).....	7
Figura 7 – Planta do Piso Cobertura (Nova Faceta).....	8
Figura 8 – Alçado Principal (Nova Faceta).....	9
Figura 9 – Alçado Posterior (Nova Faceta).....	9
Figura 10 – Corte C-D (Nova Faceta).....	10
Figura 11 – Corte A-B (Nova Faceta).....	10
Figura 12 – Espaçamento da armadura longitudinal (Nova Faceta).....	16
Figura 13 – Emenda tipo num pilar (Nova Faceta).....	16
Figura 14 – Pormenorização armadura transversal (Nova Faceta).....	17
Figura 15 – Viga com estribos (Nova Faceta).....	19
Figura 16 – Lanço de escadas (Nova Faceta).....	20
Figura 17 – Espaçamento de varões (Nova Faceta).....	27
Figura 18 – Vista Principal da modelação do edifício dimensionado (Nova Faceta) ...	33
Figura 19 – Vista Posterior da modelação do edifício dimensionado (Nova Faceta) ...	33
Figura 20 – Planta de Implantação dos pilares (Nova Faceta).....	37

Índice Tabelas

Tabela 1 – Relação entre a armadura longitudinal e a secção.....	15
Tabela 2 – Quadro com a percentagem mínima de estribos para os diferentes aços	19
Tabela 3 – Quadro com os valores da restante carga permanente.....	30
Tabela 4 – Quadro com os valores da sobrecarga	31
Tabela 5 – Quadro com os coeficientes de comportamento.....	35

1 – INTRODUÇÃO



1.1 - Enquadramento

O estágio incluiu duas fases: a 1ª fase foi dedicada à análise de projectos anteriores, já concluídos e com as obras realizadas, a fim de tomar contacto com a forma de organização e detalhe das soluções adoptadas para os tipos de problemas envolvidos; a 2ª fase do trabalho, incluiu a participação efectiva na elaboração de projectos.

Para a realização do estágio foram englobadas todas as vertentes, (Estruturação, Cálculo Automático, Análise de Esforços e Dimensionamento, Execução de Desenhos e pormenorização em Autocad e Medições no âmbito dos projectos de Estruturas), de forma a haver um envolvimento total de diversas vertentes que um projectista deve dominar.

Como é lógico, o período de estágio não é suficiente para se poder formar um projectista, mas corresponde a um período fundamental da sua evolução.

Também foi importante adquirir experiência, organização e poder crítico na actividade de projecto, onde as soluções construtivas adoptadas em projecto serão também comentadas e analisadas.

Igualmente importante foi a oportunidade de demonstrar capacidade de trabalho, inserção no grupo e conhecimentos que permitam concluir que o estágio atingiu os seus objectivos e que assegurou condições para que eu continue a evoluir no futuro.

1.2 - Estrutura do trabalho

A estrutura deste trabalho está dividida em onze capítulos, sendo o capítulo um, a introdução onde se explica de uma forma geral qual o objectivo e motivações do estágio e a estrutura deste relatório.

O capítulo dois refere-se à análise de projectos anteriores antes da execução do tema proposto.

O capítulo três consiste em descrever de uma forma geral o edifício dimensionado e dar a conhecer a sua localização.

No capítulo quatro apresenta-se uma série de aspectos que um engenheiro deve dominar para a concepção de um edifício.

No capítulo cinco descreve-se os Estados Limites a verificar e quais as acções a ter em conta e combinações a considerar.

No capítulo seis apresentam-se as disposições relativas aos elementos estruturais.

No capítulo sete procedeu-se à modelação do edifício, descrevendo-se as várias etapas para esse efeito.

No capítulo oito apresenta-se as análises aos elementos estruturais e desenhos das armaduras destes.

O capítulo nove refere-se a procedimentos gerais a adoptar para garantir a qualidade de execução das armaduras em obra

No capítulo dez apresentam-se as conclusões acerca do estágio.

O capítulo onze refere-se à bibliografia recorrida para a elaboração do relatório.

Nos anexos estão imagens relativas a várias perspectivas do edifício dimensionado, além disso conterà também imagens da localização do edifício. Os anexos só estão disponíveis em suporte digital.

Em papel, a sua visualização não teria qualidade suficiente.

2 – ANÁLISE DE PROJECTOS ANTERIORES

Foram consultados vários projectos de estruturas com o objectivo de trabalhar a minha capacidade de análise, para que, aquando da realização do trabalho proposto para acabar o mestrado, eu já tivesse uma ideia de quais as normas e regulamentos que seriam necessários na elaboração do projecto.

Esses projectos pertenciam a vivendas e edifícios, pois a minha proposta consistia no dimensionamento de uma estrutura do mesmo tipo.

Nesses mesmos projectos procurei analisar todos os elementos estruturais que iria dimensionar, a fim de tirar o máximo de dúvidas com os colegas de gabinete, para estar preparado para o trabalho de mestrado.

Os regulamentos mais consultados foram o REBAP e o RSA, pois os dimensionamentos das estruturas efectuados pelo gabinete baseavam-se nesses regulamentos.

Além disso também houve um período de tempo, a praticar no programa de dimensionamento para me habituar a ele e dessa forma fazer uma revisão dos parâmetros pedidos.

3 – CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

3.1 - Localização do edifício e Enquadramento urbanístico.

O edifício em causa localiza-se no Algarve, no concelho de Albufeira, na Urbanização Cerro da Alagoa – 2ª fase, na Rua do Oceano, delimitado a vermelho na figura 1.

O projecto que se apresenta, está de acordo com o pedido de informação prévia aprovado (Procº 138 IP/09).

Na implantação e na construção proposta respeitou-se os regulamentos e certas características das construções existentes, nomeadamente no que diz a acabamentos exteriores.



Figura 1 - Localização do edifício em Albufeira na Rua do Oceano (Google earth)

Os acabamentos exteriores do edifício serão idênticos aos dos edifícios confinantes, com as paredes rebocadas com argamassas de cimento e areia no traço apropriado para receber a pintura final a branco.

As caixilharias serão em alumínio anodizado lacado a branco, protegidos por estores metálicos na mesma cor.

Na PISO -1 iremos ter dois fogos do tipo T0. Cada T0 terá uma sala comum, uma instalação sanitária e uma cozinha. Tem ainda uma arrecadação para os moradores. As designações e áreas das divisões estão discriminadas na figura 3.

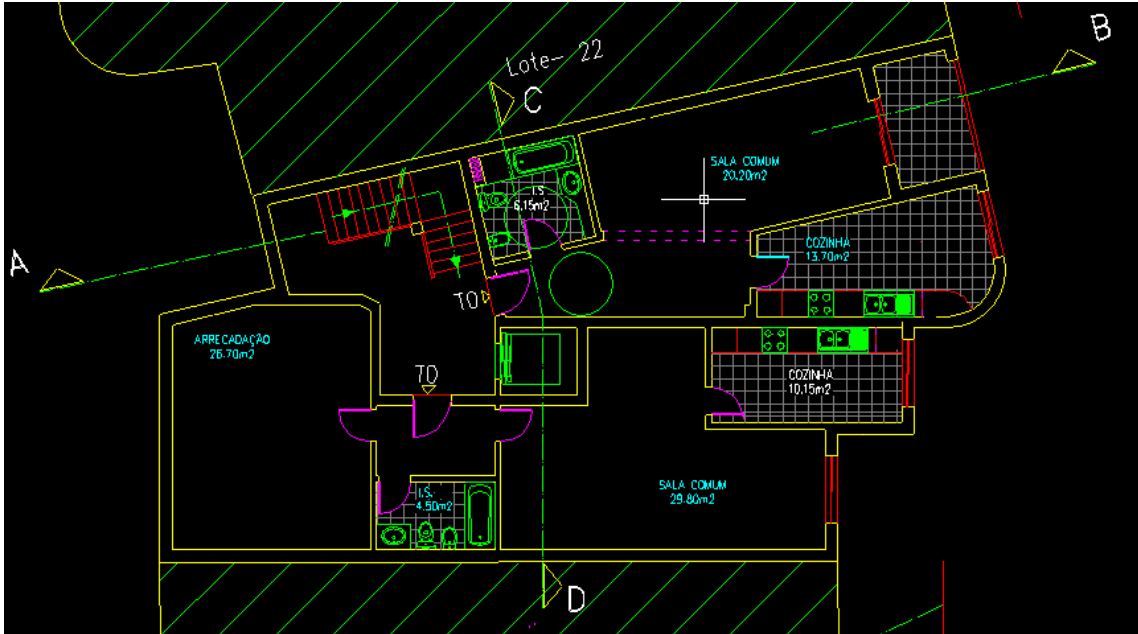


Figura 3 – Planta do Piso -1 (Nova Faceta)

No R/CHÃO iremos ter um fogo do tipo T3. Consistirá então em três quartos com duas instalações sanitárias, uma cozinha e uma sala comum. As designações e áreas das divisões estão discriminadas na figura 4.

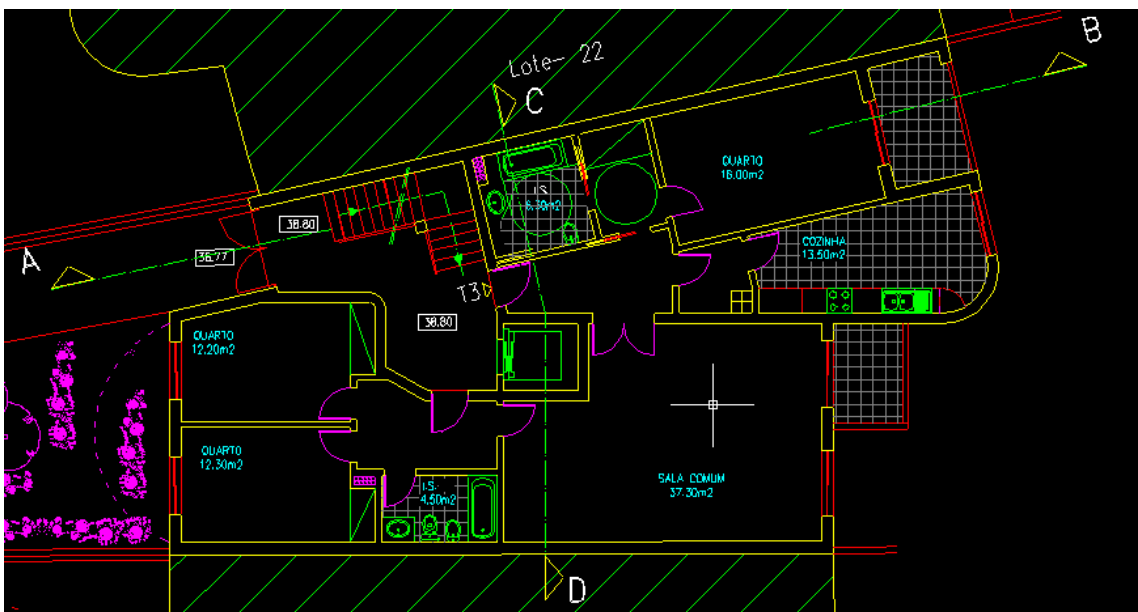


Figura 4 – Planta do Piso 0 (Nova Faceta)

No 1º ANDAR iremos ter um fogo do tipo T0. Com uma sala comum, uma instalação sanitária e uma cozinha. Além disso terá também um fogo do tipo T2, com dois quartos, uma instalação sanitária, uma sala comum e uma cozinha. As designações e áreas das divisões estão discriminadas na figura 5.

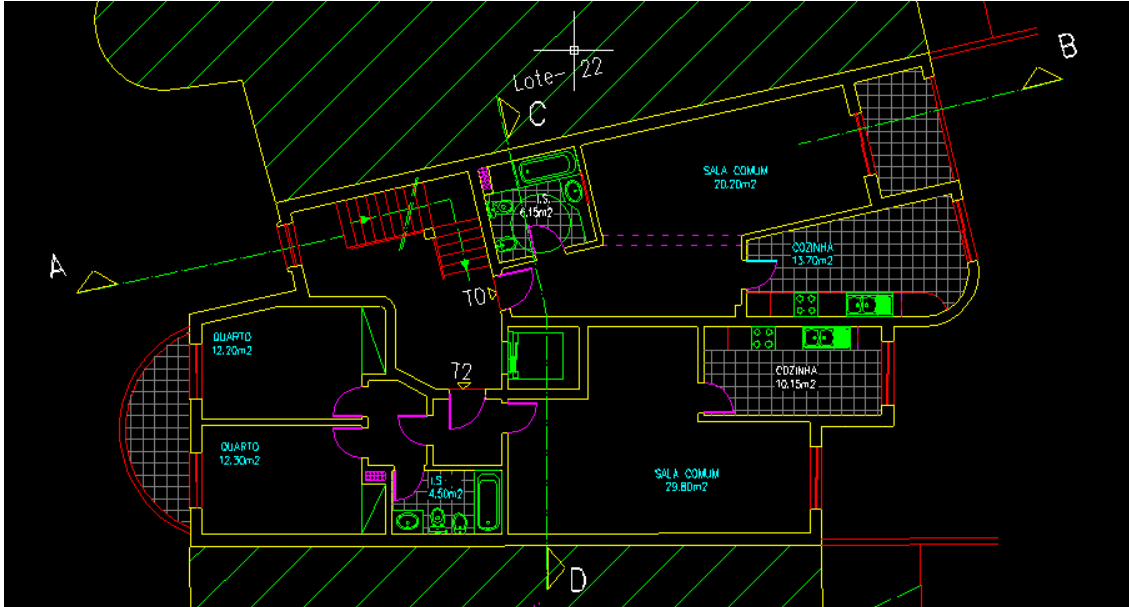


Figura 5 – Planta do Piso 1 (Nova Faceta)

No 2º ANDAR e 3º ANDAR as plantas são iguais. Por isso iremos ter um fogo do tipo T3 em cada andar. Com três quartos, uma sala comum, duas instalações sanitárias e uma cozinha. As designações e áreas das divisões estão discriminadas na figura 6.

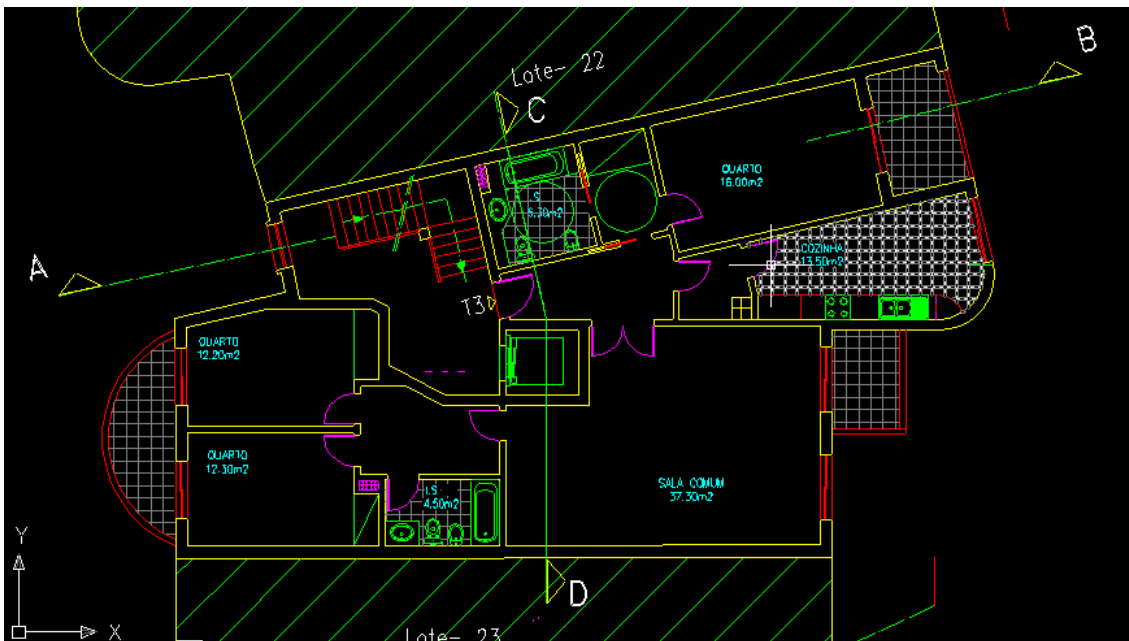


Figura 6 – Planta do Piso 2 e 3 (Nova Faceta)

A COBERTURA será em terraço acessível, através do prolongamento da escada, terraço esse que será aproveitado para instalação de painéis solares, para o aquecimento de água, será também uma parte em telha Tipo Lusa, idêntica aos lotes confinantes.

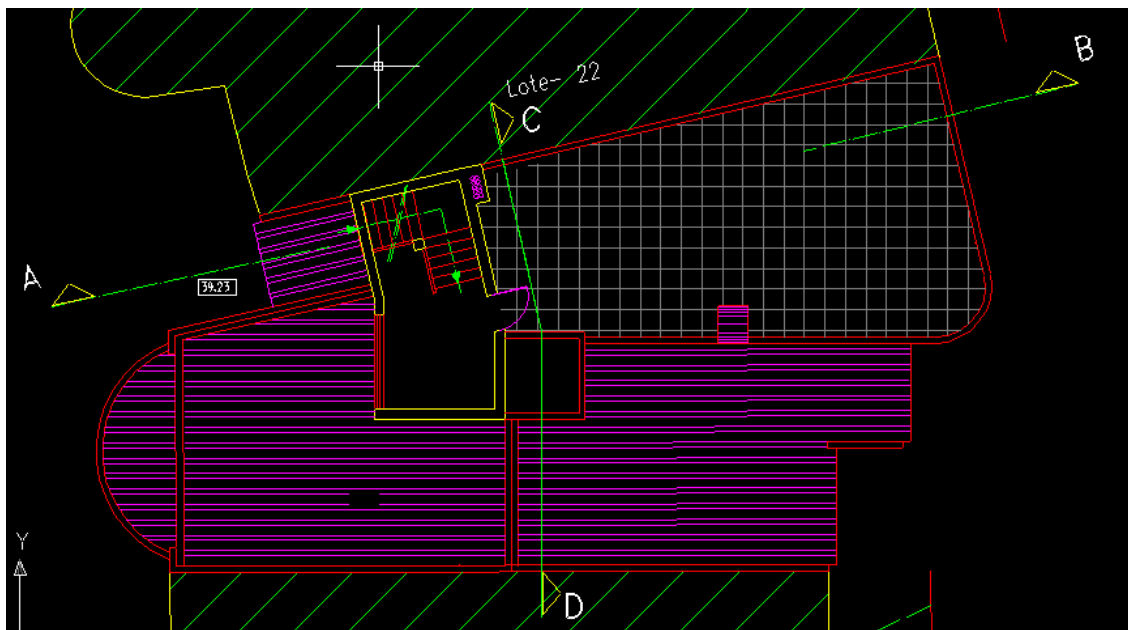


Figura 7 – Planta do Piso Cobertura (Nova Faceta)

Todas as divisões têm área superior aos mínimos regulamentares e articulam-se de acordo com o R.G.E.U. e critérios de funcionalidade que consistem no essencial, na criação de zonas íntimas e sociais bem articuladas.

As paredes em alvenaria de tijolo, serão devidamente travadas e assentes com argamassa de cimento e areia ao traço adequado para os fins diversos.

As paredes exteriores (fachada) – paredes duplas, com panos de tijolo furado de 0.30x0.20x0.15 e 0.30x0.20x0.11 com caixa-de-ar drenada e isolamento térmico.

Paredes interiores (geral) – paredes simples com panos de tijolo furado 0.30x0.20x0.11.

Foi tomado em consideração a regulamentação em matéria de segurança contra incêndios, acessibilidades e utilização do edifício por pessoas com mobilidade condicionada.

Todas as infra-estruturas gerais estão previstas no projecto de loteamento.

3.3 - Alçados e Corte

Os dois alçados e os dois cortes localizados nas figuras permitem-nos uma visualização geral da arquitectura e do interior de cada piso.

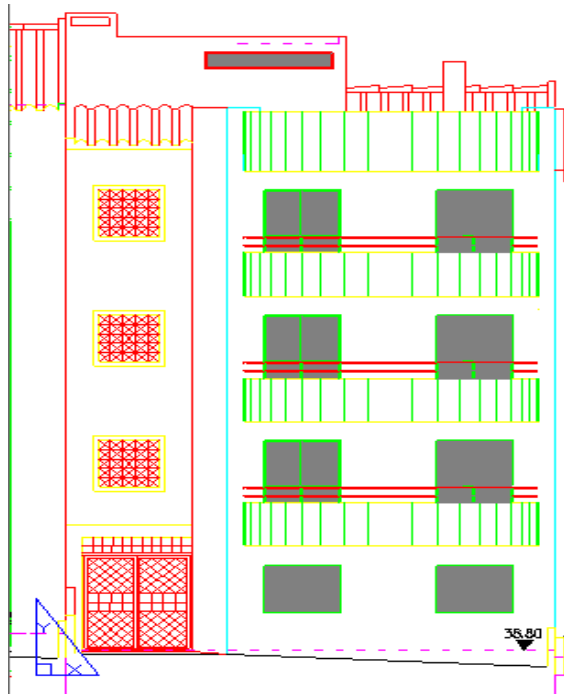


Figura 8 – Alçado Principal (Nova Faceta)

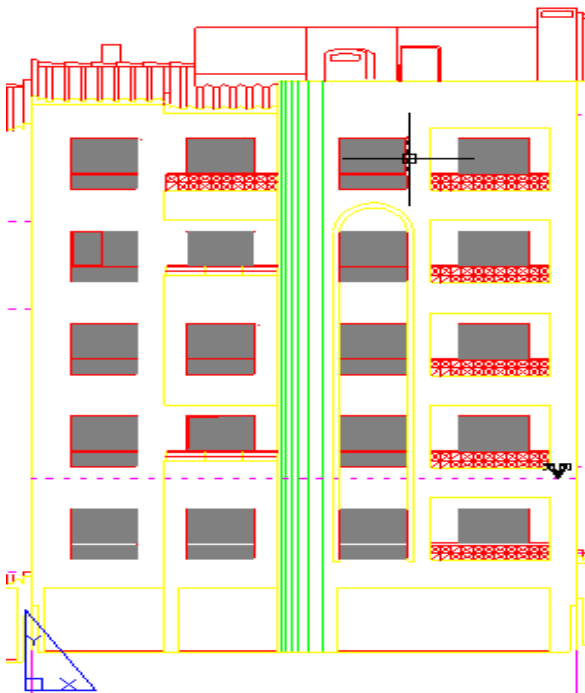


Figura 9 – Alçado Posterior (Nova Faceta)

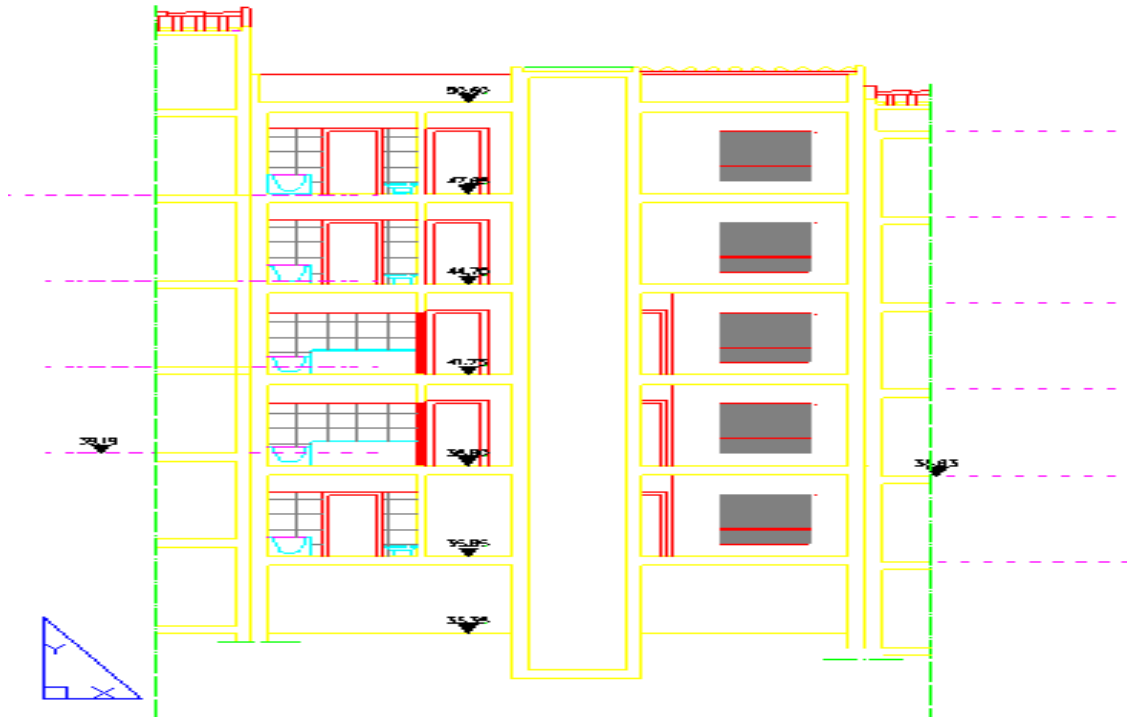


Figura 10 – Corte C-D (Nova Faceta)

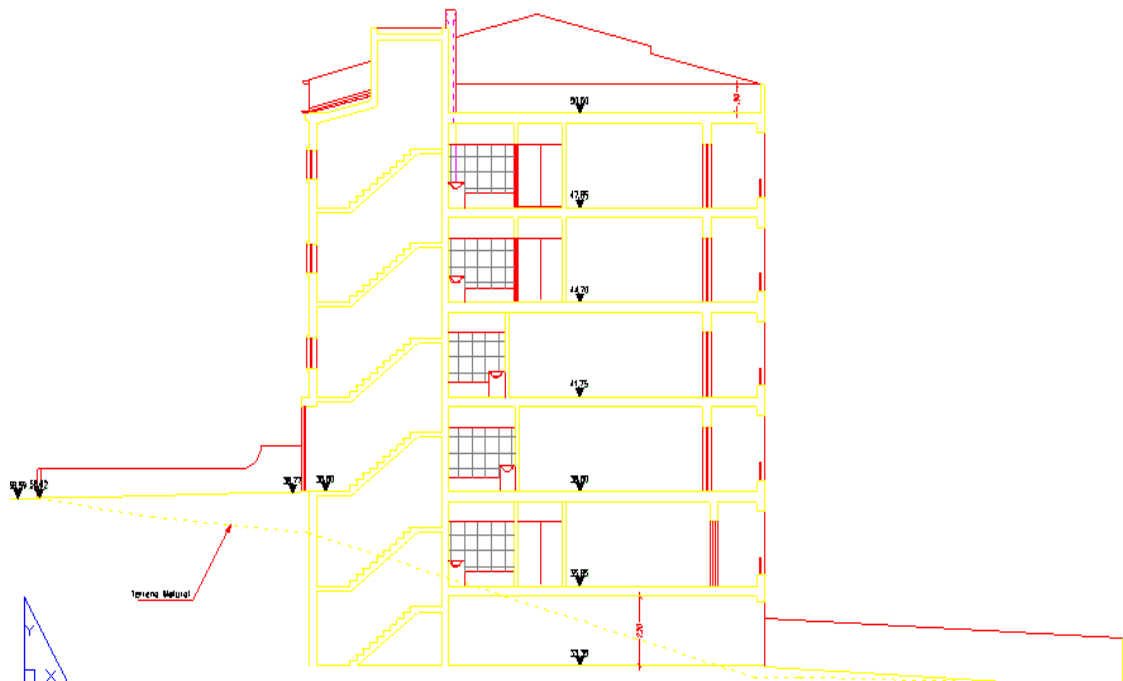


Figura 11 – Corte A-B (Nova Faceta)

4 – CONCEPÇÃO DE UM EDIFÍCIO

Os edifícios devem ser concebidos de modo a poderem desempenhar funções a que se destinam durante o período de vida previsto, com graus de segurança adequados, sem perder de vista os aspectos económicos e, em certos casos, estéticos.

Os edifícios não devem estar sujeitos a uma rotura do tipo frágil ou de colapso generalizado em cadeia, originado pela rotura de um elemento.

Na concepção dos edifícios devem ser tidas em conta, além das acções previsíveis e das propriedades dos materiais constituintes, as características dos terrenos de fundação e os processos construtivos.

A Engenharia Civil é a arte de conceber, projectar, calcular e finalmente construir sistemas ou elementos de sistemas que permitam ao Homem obter melhores condições de actuação e conseqüentemente melhor qualidade para viver.

Ao longo dos tempos o trabalho de um Engenheiro Civil tem vindo a tornar-se mais exigente, pois tem de ter capacidade para lidar com novas situações e inovações e ao mesmo tempo, ter de desenvolver um esforço de integração multidisciplinar do conhecimento, para responder eficazmente às diversas solicitações.

Pode então dizer-se, que o Engenheiro Civil é, o profissional mais habilitado a lidar com projectos e construções de edifícios, túneis, barragens, portos, aeroportos, entre tantos outros. Com um sólido conhecimento, tem capacidade para escolher os locais mais apropriados para uma construção, verificar a solidez e a segurança dos terrenos e dos materiais a utilizar, fiscalizar o andamento do projecto, o funcionamento e a conservação das redes de água e seus tratamentos.

Também há que ter noção do enquadramento urbanístico pois isso poderá afectar certas opções técnicas que o engenheiro escolha e que eventualmente possam não ser possíveis.

Por fim há que estar em contacto com quem elaborou a arquitectura para que haja uma coordenação entre ambas as especialidades para melhor satisfazer o cliente.

5 – CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

Tendo em vista a funcionalidade do imóvel e a sua especificidade a estrutura foi concebida de forma que se adaptasse o melhor possível a todos os requisitos dos projectos, nomeadamente da arquitectura, sendo ao mesmo tempo económica.

O dimensionamento de todos os elementos estruturais como pilares, paredes, vigas, lajes, e fundações, será feito com base nas determinações da regulamentação em vigor nomeadamente o Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado (REBAP). Esta regulamentação será adoptada no que diz respeito às características dos materiais a utilizar, verificações a efectuar e critérios a seguir para o dimensionamento e pormenorização das secções.

Todos os elementos estruturais serão verificados para os Estados Limite Últimos e de Utilização quando do seu dimensionamento.

As acções consideradas no cálculo do edifício são as regulamentadas no Regulamento de Segurança e Acções (R.S.A.). Estas dividem-se em **acções permanentes e variáveis** e são genericamente as seguintes:

Acções Permanentes :

Pesos Próprios (PP) - Incluem-se os pesos próprios dos materiais como: betão (25,0 kN/m³), paredes divisórias interiores e exteriores, revestimentos, etc.

Impulsos e peso dos solos - Estas acções de carácter permanente estão relacionados com as características admitidas para o solo de fundação.

Acções Variáveis :

Sobrecargas (SC) - As sobrecargas consideradas são as que constam no RSA para o tipo de edifício em causa. Os valores das sobrecargas em coberturas, pavimentos e varandas estão na tabela 4 da página 31.

Sismo (E) - Esta acção foi contabilizada através de métodos dinâmicos utilizando o espectro de resposta correspondente ao tipo de edifício, terreno, zona sísmica tendo sido aplicado um coeficiente de amortecimento de 5%, adequado a uma estrutura de betão armado. O coeficiente de comportamento adoptado foi de 2,5 para esforços, por se tratar de uma estrutura em pórtico.

As acções acima mencionadas são combinadas, na análise de esforços, de acordo com o estipulado no R.S.A.. Desta forma teremos as seguintes combinações :

Combinações fundamentais para verificação dos Estados Limite Últimos:

-acção variável de base sobrecarga

$$S_d = (1.00 \text{ ou } 1.50) CP + 1.50 SC$$

-acção variável de base sismo

$$S_d = CP + \psi_2 (SC) \pm 1.5 SE$$

Na verificação dos Estados Limite de Utilização serão ainda efectuadas as combinações frequentes, quase-permanentes ou raras consoante o estado limite considerado.

Combinações frequentes

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{Kj} + P_K + \psi_{11} Q_{K1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} Q_{id}$$

Combinações quase permanentes

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{Kj} + P_K + \sum_{i \geq 1} \psi_{2i} Q_{id}$$

Combinações raras

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{Kj} + P_K + Q_{K1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} Q_{id}$$

Feita a discretização das combinações a utilizar, estas são carregados com as acções atrás descritas, obtendo-se assim para a estrutura modelada os esforços, deslocamentos e reacções de apoio necessários para a verificação dos Estados Limites Últimos e de Utilização que nos permitirão dimensionar as diferentes peças estruturais.

Através das combinações referidas, pretendeu-se simular da forma mais realista possível, os cenários mais adversos em termos de dimensionamento estrutural.

6 – DISPOSIÇÕES RELATIVAS A ELEMENTOS ESTRUTURAIS

6.1 - Pilares

6.1.1 - Generalidades

De acordo com o artigo 120.º a dimensão mínima da secção transversal dos pilares não deve ser inferior a 20 cm.

O valor da esbelteza dos pilares $l = l_0 / i$, onde l_0 representa o comprimento efectivo de encurvadura e i o raio de giração, não deve exceder 70 (140 em estruturas correntes), o que reduz a possibilidade de encurvadura.

6.1.2 - Armaduras longitudinais

A armadura longitudinal de um pilar deverá obedecer às seguintes condições:

	A 235	A400/A500
As/Ac	$\geq 0,8\%$	$\geq 0,6\%$
Φ min	12	10

Tabela 1 – Relação entre a armadura longitudinal e a secção

Em que A_s representa a secção total da armadura longitudinal e A_c a área da secção do pilar, e o Φ min o diâmetro mínimo da referida armadura.

Além disso A_s não deve ser superior a 8% de A_c , ou seja, $A_s / A_c \leq 8\%$, limite que deve ser respeitado até em zonas de emenda.

Tal como é imposto no artigo 121.º do REBAP, a armadura longitudinal deve compreender, no mínimo, 1 varão junto de cada ângulo da secção e 6 varões no caso de secções circulares ou a tal assimiláveis.

O seu espaçamento S_1 , não deverá exceder 30 cm, excepto em faces cuja largura seja menor ou igual a 40 cm, caso em que se permite dispor de varões apenas junto aos cantos.

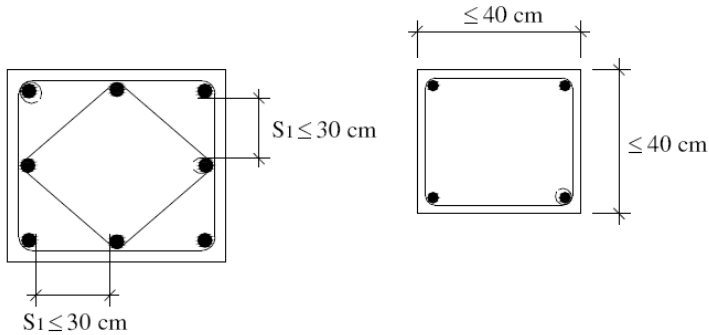


Figura 12 – Espaçamento da armadura longitudinal (Nova Faceta)

As emendas e interrupções de varões deverão ser realizadas preferencialmente a meia altura dos pilares, e nunca junto aos nós.

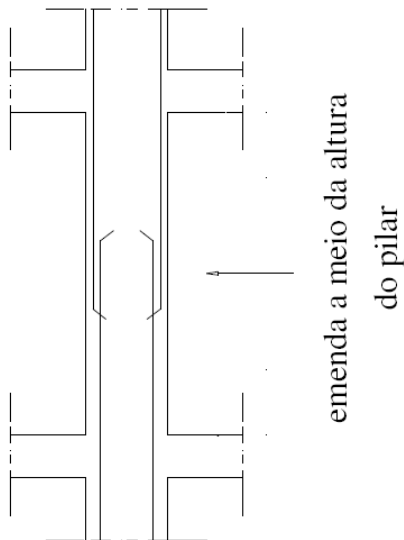


Figura 13 – Emenda tipo num pilar (Nova Faceta)

6.1.3 - Armaduras transversais

A armadura transversal de um pilar deverá obedecer às seguintes condições:

Se as armaduras longitudinais tiverem varões com diâmetro igual ou superior a 25 mm, a armadura transversal deve ser constituída por varões de diâmetro não inferior a 8 mm.

Os pilares devem possuir armadura transversal para cintar o betão e impedir a encurvadura dos varões da armadura longitudinal.

O seu espaçamento dos varões da armadura transversal deverá obedecer ao disposto no artigo 122.1,

ou seja:

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

ou

$s \leq \min (C - \text{menor dimensão do secção do pilar}$

ou

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

A forma das armaduras transversais, tal como disposto no art. 122.3.º, “deve ser tal que cada varão longitudinal seja abraçado por ramos dessas armaduras formando ângulo, em torno do varão, não superior a 135.º. Dispensa-se essa condição em varões que não sejam de canto e que se encontrem a menos do 15 cm de varões em que se cumpra tal condição”. Tal procedimento é ilustrado na Figura 14.

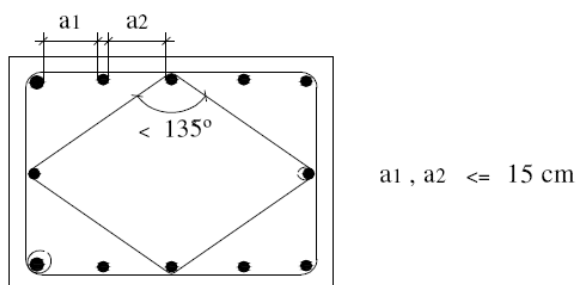


Figura 14 – Pormenorização armadura transversal (Nova Faceta)

6.2 - Vigas

6.2.1 - Generalidades

Teve-se o cuidado de ver quais as condições efectivas de apoio para saber qual o vão teórico a utilizar no dimensionamento das vigas. Nas vigas simplesmente apoiadas o vão teórico será o menor dos seguintes valores:

O vão livre acrescido de 1/3 da largura de cada apoio (dimensão do apoio na direcção do vão) ou o vão livre aumentado da altura útil da viga.

Nas vigas encastradas será o menor valor de a distância entre eixos dos apoios ou vão livre aumentando da altura útil da viga.

6.2.2 - Armaduras longitudinais

A presença de armaduras torna a secção mais dúctil da forma directa e ainda contribui para o confinamento transversal e aderência longitudinal do betão.

As armaduras longitudinais nas duas faces deverão verificar:

A percentagem de armadura longitudinal (ρ), não deve ser inferior aos limites indicados para as seguintes classes de armadura:

$$\begin{aligned}\rho = A_s / b d \times 100 &\geq 0,25 \text{ (A 235);} \\ &\geq 0,15 \text{ (A 400)} \\ &\geq 0,12 \text{ (A 500)}\end{aligned}$$

Em que:

A_s - área da secção da armadura

b - largura média da zona traccionada da secção

d - altura útil da secção

A área da armadura longitudinal não deve exceder 4% da área total da secção da viga (Artº 90.2).

6.2.3 - Armaduras transversais

A percentagem mínima de estribos, $\rho_w = A_{sw} / (b_w \times s \times \text{sen}\alpha) \times 100$, não deverá ser inferior aos valores a seguir indicados, independentemente do valor de V_{sd} .

	ductilidade normal (REBAP 94.2)	ductilidade melhorada (REBAP 144.2)
A 235	0,16	0,20
A 400	0,10	0,10
A 500	0,08	0,10

Tabela 2 – Quadro com a percentagem mínima de estribos para os diferentes aços

A_{sw} – área total da secção transversal

b_w – largura da alma da secção

s – espaçamento dos estribos

α – ângulo formado pelos estribos com o eixo da viga ($45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$)

Os estribos deverão ser fechados e verticais ($\alpha= 90^\circ$).

Nota: Na Figura não estão representadas as armaduras longitudinais e transversais do pilar.

As vigas devem ser armadas ao longo de todo o vão com estribos que abranjam a totalidade da sua altura, os quais devem envolver a armadura longitudinal de tracção e também a armadura de compressão quando esta esteja considerada como resistente.

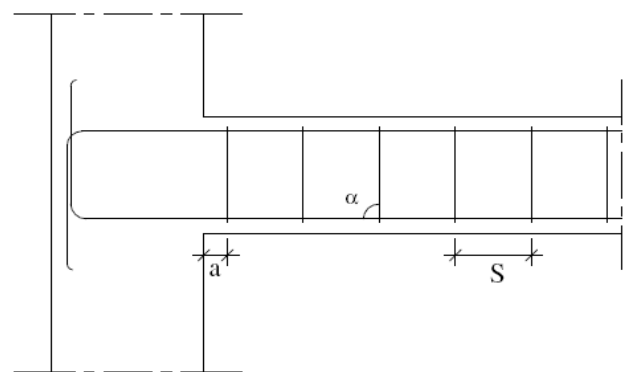


Figura 15 – Viga com estribos (Nova Faceta)

6.3 - Escadas

6.3.1 - Pré-dimensionamento

As escadas constituem quase sempre casos particulares de lajes armadas numa só direcção.

As cargas e os vãos deverão sempre ser contabilizados em projecção horizontal.

Em termos de apoios deverá sempre considerar-se a possibilidade de deslocamento de um dos lados para que não surjam momentos negativos nas mudanças de direcção (ligação lanço-patim).

Para determinar as cargas nos lanços utiliza-se as seguintes fórmulas:

α = ângulo de inclinação da escada

a = altura do de degrau (espelho)

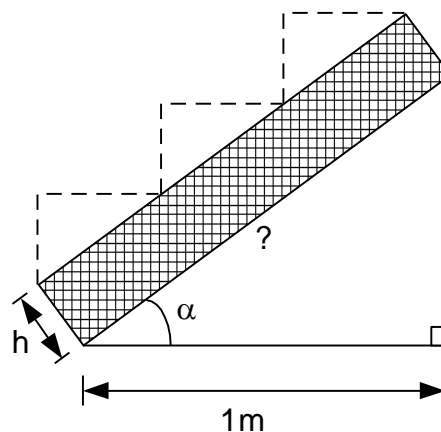
b = largura do degrau (cobertor)

h = espessura do lanço

h_v = espessura no lanço na vertical

$\alpha = \arctg(a/b)$

$h_v = h / \cos\alpha$



Cargas permanentes:

Peso próprio do lanço = $25 \times h / \cos\alpha$

Peso próprio do revestimento

Peso próprio dos degraus = $25 \times a / 2$

Na pormenorização das armaduras nas escadas convém ter em conta um aspecto muito importante que é a necessidade de absorção da força de desvio vertical e descendente, e portanto contra a segurança, que se gera na ligação do lanço ao patim superior.

Para neutralizar essa força, as armaduras inferiores do lanço e do patim têm que ser prolongadas do respectivo comprimento de amarração.

As regras de disposição das armaduras nas escadas são as adoptadas para lajes armadas numa direcção.

6.3.2 - Armadura principal mínima

A percentagem de armadura longitudinal (ρ), não deve ser inferior aos limites indicados para as seguintes classes de armadura:

$$\begin{aligned}\rho = A_s / b d \times 100 &\geq 0.25 \text{ (A 235);} \\ &\geq 0,15 \text{ (A 400)} \\ &\geq 0,12 \text{ (A 500)}\end{aligned}$$

Em que:

A_s - área da secção da armadura

b - largura média da zona traccionada da secção

d - altura útil da secção

6.3.3 - Espaçamento máximo dos varões da armadura principal

As armaduras principais devem ficar sempre colocadas de modo a funcionarem com maior braço, pelo que as armaduras de distribuição são sempre colocadas interiormente às principais.

O espaçamento dos varões de armadura principal não deve ser superior a 1,5 vezes a espessura da laje, com máximo de 35 cm.

6.3.4 - Armadura de distribuição.

Devem ser colocadas armaduras constituídas por varões não espaçados de mais 35 cm.

Na face da laje oposta à da aplicação de cargas, tal armadura deve ser disposta transversalmente ao vão e a sua secção deve, localmente ser pelo menos igual a 20% da secção da armadura principal aí existente.

6.4 - Lajes

6.4.1 - Generalidades

O edifício vai ter lajes fungiformes maciças, armadas em duas direcções em que os esforços nas duas direcções principais de flexão são da mesma ordem de grandeza.

De acordo com o artigo 100.º, consideram-se como lajes os elementos laminares planos sujeitos principalmente a flexão transversal ao seu plano e cuja largura exceda 5 vezes a sua espessura.

Para resolver o problema da transferência da carga para o pilar, procede-se ao aumento da espessura da laje junto ao pilar e/ou alargamento da secção da zona superior do pilar, formando um capitel.

Independentemente da espessura necessária, determinada pelo cálculo, há que respeitar valores mínimos, consoante os regulamentos utilizados.

Segundo o REBAP, no seu art.º 102.º, “15 cm, no caso de lajes apoiadas directamente em pilares.”

Nas lajes fungiformes, o dimensionamento é condicionado pelas acções com componente segundo a direcção vertical, mas também para as que actuam segundo a horizontal, visto o efeito de pórtico (conjuntamente com os pilares) ter de ser garantido pela própria laje.

Também nas lajes fungiformes os maiores esforços, devidos às acções verticais, surgem segundo o maior vão, por causa de as faixas entre pilares no menor vão, serem mais rígidas.

Nas lajes fungiformes em que não se pretenda colocar capitéis ou efectuar o espessamento das lajes junto aos pilares, são normalmente os esforços na região do pilar que condicionam a espessura da laje, por exigirem estas zonas, conforme se pode ler no comentário ao artigo n.º 119.º do REBAP, “... atenção particular quer porque são sede de esforços importantes de punçoamento quer pela presença de elevados momentos flectores.”

Conclui-se então que a espessura das lajes fungiformes é, em geral, condicionada pela verificação da deformabilidade e pela garantia do estado limite último de punçoamento.

6.4.2 - Espaçamento máximo dos varões da armadura principal

As armaduras principais devem ficar sempre colocadas de modo a funcionarem com maior braço, pelo que as armaduras de distribuição são sempre colocadas interiormente às principais.

O espaçamento dos varões de armadura principal não deve ser superior a 1,5 vezes a espessura da laje, com máximo de 35 cm.

6.4.3 - Armadura principal mínima

Faz-se a mesma verificação que foi feita para as escadas.

6.4.4 - Armaduras transversais

Adoptam-se os mesmos critérios utilizados nas vigas relativamente à disposição das armaduras para o esforço transversal.

6.4.5 - Armadura de punçoamento

O punçoamento ocorre em lajes fungiformes consistindo na formação de um tronco de cone que tem tendência a desligar-se do resto da laje e resulta da interacção de efeitos de corte e flexão na zona da laje próxima do pilar.

A armadura de punçoamento deve ser distribuída em toda a zona da laje compreendida entre o contorno da área directamente carregada e um contorno exterior a este, situado à distância de $1,5d$ e os varões que constituem tal armadura não devem ser afastados entre si mais de $0,75d$ em qualquer direcção, sendo d a altura útil da laje.

6.5 - Muros de contenção

Um muro de suporte é em geral uma obra de retenção de terras. A construção de um muro de suporte tem como objectivo estabelecer com segurança o desnível entre duas superfícies do terreno.

A pressão exercida sobre uma estrutura de suporte depende das características físicas do solo suportado e do seu comportamento mecânico, incluindo o modo como este evolui no tempo, quando sujeito a cargas externas aplicadas.

A principal característica de um muro de suporte é o seu funcionamento estrutural, pois a sua estabilidade é garantida em relação ao derrube e ao deslizamento, pelo peso do terreno sobre a área da sapata. A sua espessura é condicionada pela existência ou não de impulsos da água e pelos impulsos do terreno.

O muro de suporte em causa vai ser de betão armado, por isso deve-se ter cuidado com as propriedades dos betões, quanto à tensão admissível no terreno, quanto ao nível freático e também a obrigação de satisfazer as especificações regulamentares.

Nesta avaliação de estabilidade é necessário quantificar previamente as forças que estão em jogo. Duas dessas forças são o impulso activo, que não é mais do que o integral do diagrama de pressões activas que actuam a toda a altura da estrutura de suporte, a outra força é o impulsivo passivo onde a estrutura de suporte comprime o solo gerando reacções do solo ao movimento da estrutura.

A quantificação de pressões de terras e seu respectivo diagrama será feito a partir de teorias de equilíbrio limite tais como Coulomb e Rankine, entre outras.

6.6 - Sapatas interligadas por vigas de fundação

As sapatas interligadas por vigas de fundação permitem a absorção de qualquer possível assentamento diferencial entre sapatas e permitem uma maior economia na sua dimensão, pois os momentos flectores base passaram a ser absorvidos pelas vigas de fundação.

A adopção de vigas de fundação interligando sapatas é uma boa prática de construção sendo que em solos rochosos com elevada capacidade de suporte, admita-se que as vigas possam ser dispensadas.

As vigas de fundação deverão trabalhar ao nível das sapatas, mais concretamente com a face superior alinhada com a face superior das sapatas.

Para o cálculo de um sistema de fundações constituído por sapatas interligadas por vigas de fundação, esse sistema deverá permitir que as sapatas possam estar sujeitas a uma tensão uniformemente distribuída por parte do solo em toda a largura, correspondendo a uma força resultante vertical e centrada, enquanto as vigas de fundação absorvem os momentos flectores, devidos aos próprios momentos na base dos pilares ou a posições excêntricas dos pilares.

No dimensionamento e pormenorização das vigas de fundação, uma vez que não há uma legislação clara no REBAP, considera-se para todos os efeitos que será uma viga normal e os critérios desta serão adaptados.

6.7 - Paredes de betão

6.7.1 - Generalidades

Consideramos como Paredes os elementos laminares sujeitos a esforços de compressão, associados ou não a flexão, e cuja largura exceda cinco vezes a espessura.

O artigo 124.º, do citado regulamento, impõe que a espessura mínima das paredes não seja inferior a 10 cm, e ≥ 10 cm

Por outro lado, a sua esbelteza, λ não deve exceder 120, $\lambda \leq 120$.

Do artigo 59.1 do REBAP tiramos que:

$$\lambda = l_0 / i$$

sendo:

l_0 - comprimento efectivo de encurvadura na direcção considerada

i - raio de giração da secção transversal na direcção considerada

6.7.2 - Armaduras longitudinais (verticais)

De acordo com o artigo 125.º do REBAP, a secção total da armadura longitudinal das paredes deverá ser tal que:

$\rho \geq 0,4\%$ da secção da parede, no caso de armaduras de aço A235

$\rho \geq 0,3\%$ da secção da parede, no caso de armaduras de aço A400 ou A500

$\rho \leq 4\%$ da secção da parede

Os varões devem ser distribuídos pelas duas faces da parede, com espaçamentos não superiores a 2 vezes a espessura desta, com o máximo de 30 cm, isto é:

$$s \leq 2e ; s \leq 30 \text{ cm}$$

sendo:

s – espaçamento de varões

e – espessura da parede

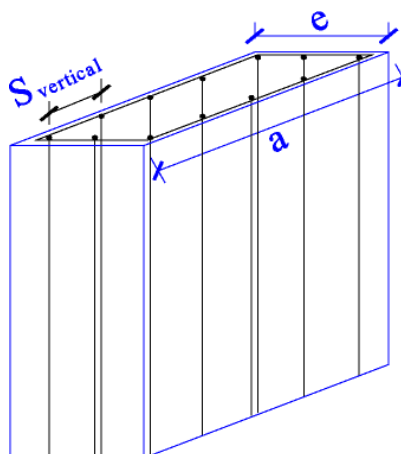


Figura 17 – Espaçamento de varões (Nova Faceta)

6.7.3 - Armaduras transversais

Conforme o preconizado no artigo 126.º do REBAP, as armaduras transversais (horizontais) devem ser colocadas junto de ambas as faces das paredes, exteriormente à armadura longitudinal (vertical), de tal modo que a secção desta armadura em cada face respeite as seguintes regras:

$$\rho \geq 0,001 b a, \text{ no caso de armaduras de aço A235}$$

$$\rho \geq 0,005 b a, \text{ no caso das armaduras de aço A400 ou A500}$$

sendo:

b – espessura da parede

a – altura da parede

Observe-se ainda que os varões de armadura transversal não devem ser espaçados mais de 30cm.

6.7.4 - Armadura de cintagem

No caso particular da secção total da armadura longitudinal exceder 2% da secção da parede, esta armadura deve ser convenientemente cintada de acordo com os critérios estabelecidos para os pilares, com excepção dos espaçamentos das armaduras, os quais não devem exceder o menor dos seguintes valores:

$s \leq 16 \Phi$ vertical (16 vezes o menor diâmetro dos varões da armadura vertical)

$s \leq 2 e$

$s \leq 30$ cm

sendo:

s – espaçamento dos varões

e – espessura da parede

As disposições regulamentares que dizem respeito à espessura mínima, à armadura vertical, à armadura horizontal e à armadura de cintagem são, em princípio, aplicáveis a todos os tipos de paredes, independentemente do seu modo de funcionamento.

Constitui, ainda, boa norma de construção, não executar paredes com espessura inferior a 0,15 m, atendendo a que quanto mais fina for a parede, maiores dificuldades teremos em armar o ferro e em fazer uma betonagem de forma correcta.

7 – CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO

7.1 - Introdução

Depois de no capítulo anterior se ter abordado os vários aspectos e parâmetros preconizados no REBAP, no que diz respeito às estruturas de betão armado, proceder-se-á de seguida à aplicação desses mesmos regulamentos, nomeadamente e acima de tudo, no dimensionamento e pormenorização dos principais elementos constituintes da estrutura de um edifício de betão armado, bem como a respectiva análise dos resultados. O edifício projectado, foi modelado e os seus esforços e armaduras calculados com recurso ao software CYPECAD.

A análise terá como objectivo a aplicação dos regulamentos, no dimensionamento dos pilares, paredes de betão, muros de contenção, vigas, lajes e sapatas com vigas de fundação.

A caracterização do edifício e a respectiva modelação, assim como a verificação da qualidade do modelo, são aspectos importantes para a compreensão da definição do edifício e essenciais para garantir que os resultados obtidos, sejam precisos o mais coerentes possíveis.

O edifício em causa é essencialmente de habitação, com dois pisos parcialmente enterrados que são o logradouro (piso-2) e a cave (piso -1), sendo que o logradouro funciona como garagem e a cave funciona simultaneamente como arrecadação e habitação.

Relativamente à solução estrutural em betão armado do presente edifício, esta é caracterizada por uma estrutura porticada de contorno definida pelos pilares exteriores e pelas vigas de bordadura em cada nível de piso, assim como pela existência de uma zona interior a este pórtico de contorno onde um conjunto de pilares e um núcleo de elevadores servem de apoio a uma solução de laje fungiforme maciça.

No que concerne aos pilares (nem todos serão contínuos em altura), estes são caracterizados por possuírem secções rectangulares de dimensões variadas, estando agrupados em várias famílias de pilares de acordo com essas dimensões.

As fundações adoptadas são de tipo directo, constituídas por sapatas, com vigas de fundação.

Relativamente aos pisos parcialmente enterrados, estes encontram-se dotados de muros de contenção.

7.2 - Materiais

No presente edifício utilizou-se para os elementos estruturais betão C25/30, assim como aço A400NR em todos os elementos de betão armado.

Ao C25/30 corresponde um f_{cd} de 16,7 Mpa e um f_{ck} de 25 Mpa.

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

7.3 - Acções

Para proceder à definição das acções e combinações de acções a utilizar no projecto estrutural, recorreu-se ao disposto RSA, assim como a tabelas técnicas adequadas e a medições efectuadas nas plantas de arquitectura. Assim sendo, chegou-se aos seguintes valores para as acções na estrutura, consoante o tipo de carga:

Cargas Permanentes

Este tipo de carga corresponde ao peso próprio dos elementos estruturais, sendo que, para o betão armado, o valor de 25 KN/m³ foi o valor considerado para o peso volúmico.

Restantes Cargas Permanentes (RCP)

Tipo de RCP	Valor	Definição
Revestimento pavimento	0,7 KN/m ²	Ladrilho cerâmico. Argamassa de assentamento
Paredes Exteriores	3,20 KN/m ²	Dois paramentos de tijolo furado duplo
Paredes Divisórias	2,60 KN/m ²	paredes simples com panos de tijolo furado
Cobertura	3 KN/m ²	Valor que tem em conta eventuais acréscimos de carga que poderão existir nesta zona (Camadas isolantes ou impermeabilizantes, etc.)

Tabela 3 – Quadro com os valores da restante carga permanente

Sobrecargas (SC)

Tipo de SC	Valor	Definição
Pavimento interior e cobertura	2 kN/m ²	Compartimentos destinados a utilização de carácter privado
Varandas	5 kN/m ² ou 2 kN/m ²	5,00 kN/m ² numa faixa de 1m de largura adjacente ao parapeito 2,0 kN/m ² na restante superfície

Tabela 4 – Quadro com os valores da sobrecarga

7.4 - Modelação da estrutura

Na modelação da estrutura do edifício em estudo, foi utilizado como anteriormente referido o software CYPECAD, pelo que se descreve de seguida e sucintamente, todo o processo, opções e valores tomados para a modelação dos vários elementos estruturais constituintes da estrutura:

7.4.1 - Fundações

Para as fundações dos pilares admite-se que o terreno de fundação é capaz de absorver, sem se deformar, todos os esforços oriundos dos pilares.

Relativamente às fundações do núcleo central, considera-se que o solo de fundação onde este elemento assenta não tem capacidade para absorver os esforços provenientes das paredes sem se deformar pois a quantidade de esforços horizontais que este chama a si é bastante maior que o de cada um dos pilares.

7.4.2 - Pilares

Os pilares foram modelados como elementos de barra simples, aos quais se atribuiu as características da secção real do pilar (dimensões e material) e um comprimento igual à distância entre pisos.

No que diz respeito à ligação com outros elementos, nomeadamente vigas, tendo estas uma inércia considerável, admitiu-se que os pilares se encontram perfeitamente encastrados às mesmas.

7.4.3 - Vigas

As vigas foram modeladas através de elementos de barra aos quais foram atribuídos as características da secção da viga (dimensões e material), com o comprimento necessário para promover a sua ligação monolítica aos vários elementos estruturais.

7.4.4 - Lajes

As lajes foram modeladas através de um elemento finito de área sendo que este tipo de elemento tende a ser mais preciso, o qual foi atribuído as características da secção (dimensões e material).

7.4.5 - Muros de contenção

Para os muros de contenção considera-se que o terreno de fundação onde este elemento assenta não tem capacidade para absorver os esforços provenientes das paredes sem se deformar. Este pressuposto resulta, do ponto de vista de dimensionamento, numa atitude conservativa, uma vez que se sobrestimam os valores dos momentos positivos nas paredes. Note-se que deverá ser preconizada alguma armadura para resistir aos momentos negativos que surgirem na parte inferior da sapata.

7.4.6 - Escadas

Relativamente à consideração das escadas, optou-se por não efectuar uma modelação geométrica, tendo-se apenas aplicado as cargas resultantes das escadas nos pilares (ao nível dos patamares intermédios, aplicação de uma carga pontual) e nas extremidades das vigas do pórtico das escadas, ao nível de cada piso.

A não consideração da escada no modelo altera as características dinâmicas da estrutura.

7.4.7 - Aplicação de cargas

No que diz respeito ao peso próprio dos vários elementos constituintes da estrutura, nomeadamente vigas, pilares e lajes, o próprio programa (CYPECAD), com base nas dimensões dos elementos e entrando em consideração com o tipo de material dos mesmos, faz o cálculo automático do seu peso, pelo que não foi necessário aplicar quaisquer cargas referentes ao peso próprio da estrutura.

Relativamente à restante carga permanente e sobrecargas, estas foram introduzidas na estrutura através da aplicação de cargas distribuídas ao nível da laje de cada piso, cujos valores foram já apresentados nas tabelas 3 e 4.

Relativamente à acção sísmica a sua definição será apresentada mais à frente.

Desta forma, chegou-se então ao seguinte modelo de cálculo abaixo representado:

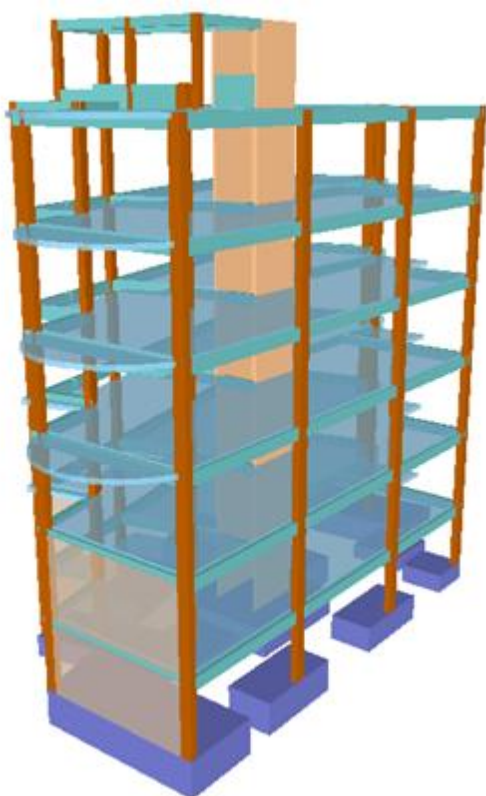


Figura 18 – Vista Principal da modelação do edifício dimensionado (Nova Faceta)

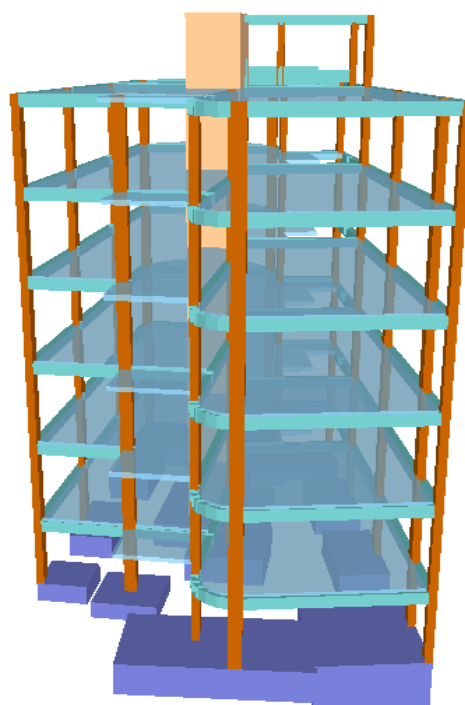


Figura 19 – Vista Posterior da modelação do edifício dimensionado (Nova Faceta)

Nota: As vigas de fundação entraram no cálculo mas não estão representadas nas figuras.

7.5 - Aferição do modelo

A aferição da qualidade do modelo torna-se essencial de modo a identificar eventuais erros de modelação e assim evitar resultados e respectivas análises passíveis de incoerências levando a conclusões menos correctas.

Por conseguinte, a verificação da qualidade do modelo centrou-se na verificação do seguinte parâmetro:

- Correcta introdução dos elementos estruturais relativamente à arquitectura

Correcta introdução dos elementos estruturais relativamente à arquitectura

Na inserção de pilares teve-se o cuidado de respeitar a arquitectura para que os pilares fossem inseridos nas paredes sempre que possível de forma a rentabilizar as áreas das divisões, sendo que para isso analisou-se todas as plantas do edifício, conseguindo-se assim uma optimização das suas localizações.

As vigas foram inseridas tendo em conta a localização das paredes, tendo-se o cuidado de ver quais as condições efectivas de apoio para saber qual o vão teórico a utilizar no dimensionamento das vigas e pilares, aquando da sua inserção no programa.

No que diz respeito às lajes introduziu-se aquando da definição dos pilares e vigas, sendo que para o espaço que corresponde as escadas ficou limitado com um lintel, pois como foi explicado anteriormente, para as escadas optou-se por não efectuar uma modelação geométrica, tendo-se apenas aplicado as cargas resultantes das escadas nos pilares.

As paredes de betão e muros de contenção foram inseridos tendo em conta as limitações geométricas.

7.6 - Definição da acção sísmica

Não existem dúvidas de que a acção sísmica surge como uma acção a considerar aquando do dimensionamento das estruturas, cujo efeito dependerá da sismicidade onde a estrutura está localizada.

Foram definidos os vários parâmetros que permitiram definir o espectro de resposta a utilizar na estrutura modelada, ou seja, estamos perante um edifício que se admite estar localizado na zona A (zona de maior sismicidade), está fundado em terreno do tipo II (solos muito duros), como é referido no artigo 29.2.º do RSA. Tratando-se de um edifício em betão armado, admite-se um coeficiente de amortecimento de 5%.

Submeteu-se então a estrutura, á respectiva acção sísmica, mas também às restantes cargas já apresentadas, nomeadamente, peso próprio, restante carga permanente e sobrecargas, sendo de referir que estas mesmas acções foram aplicadas segundo duas combinações distintas, nomeadamente, a combinação fundamental com a sobrecarga como variável base e a combinação sísmica, tal como definido no artigo 9.º do RSA.

Relativamente ao REBAP (artigo 32.2.º), este destaca 3 tipos de estruturas, às quais estão associados os respectivos coeficientes de comportamento:

Tipo de estrutura	ductilidade normal	ductilidade melhorada
Estruturas em pórtico	2,5	3,5
Estruturas mistas pórtico-parede	2,0	2,5
Estruturas parede	1,5	2,0

Tabela 5 – Quadro com os coeficientes de comportamento

O coeficiente escolhido foi 2,5 pois a estrutura em causa é um sistema porticado, no qual tanto as cargas verticais como laterais são essencialmente suportadas por pórticos cuja resistência ao corte na base do edifício é superior a 65% da resistência total ao corte de todo o sistema estrutural.

Por conseguinte, a partir dos esforços obtidos, procedeu-se então ao dimensionamento e pormenorização dos vários elementos já identificados, análise que se apresenta de seguida.

8 – ANÁLISE AOS RESULTADOS DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS

8.1 - Pilares

Começando pela localização dos pilares temos:

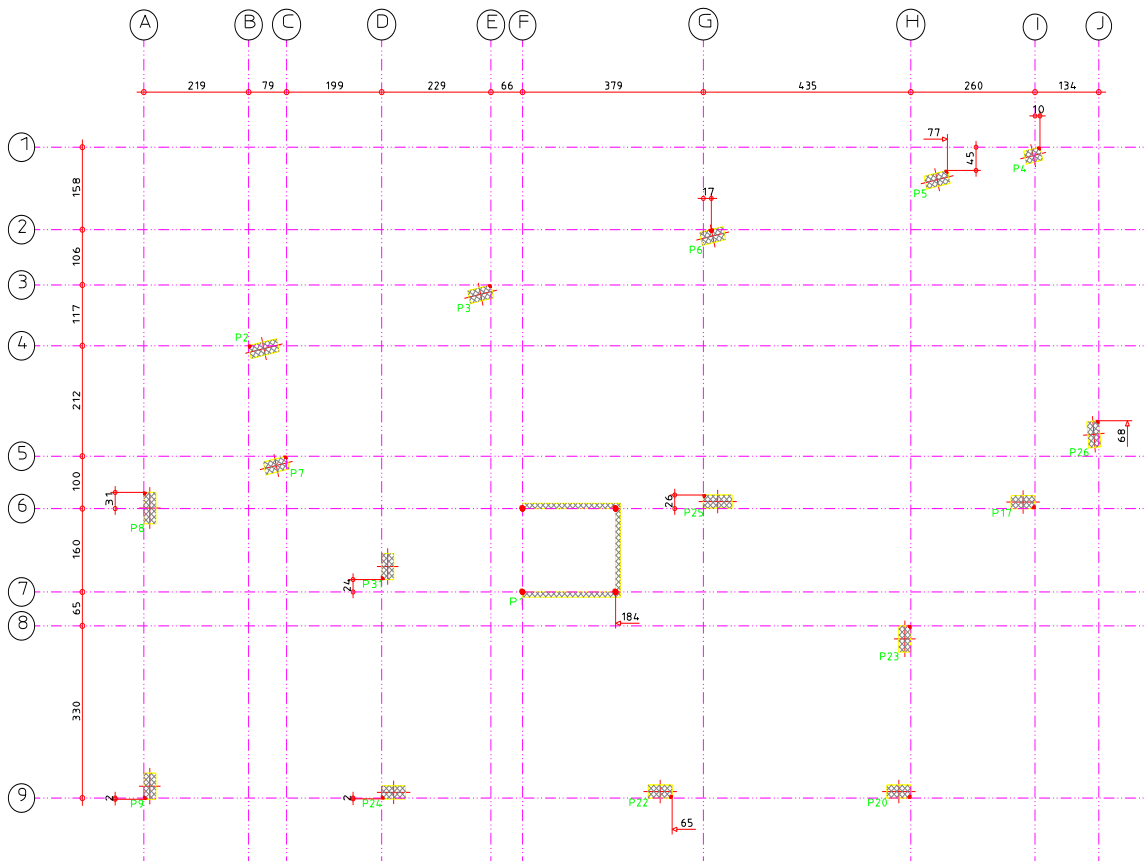


Figura 20 – Planta de Implantação dos pilares (Nova Faceta)

Esta planta resultou na introdução de cotas no software para melhor definir a localização dos pilares.

Esta planta é importante pois permite evitar erros durante a implantação e execução dos pilares, pois as cotas foram introduzidas com base na arquitectura, definindo uma grelha precisa e que evitará equívocos na localização dos pilares.

As disposições de armaduras adoptadas destinam-se a dotar os pilares de uma reserva suficiente de ductilidade que pode ser essencial se ocorrerem desvios relativamente à resposta estrutural prevista. Os pilares extremos, especialmente os do canto, são os mais vulneráveis à acção sísmica devido aos efeitos torsionais. Por este motivo, devem ser dotados de uma reserva suplementar de resistência, para que se deformem sem perda da mesma.

Para que a estrutura do edifício possua maior ductilidade, teve-se que respeitar maiores exigências a nível de pormenorização nas zonas críticas, designadamente a colocação de cintas mais apertadas para confinar o betão, garantindo que este resiste a maiores deformações e para controlar a encurvadura das armaduras.

8.1.1 - Armaduras longitudinais

No quadro de pilares o diâmetro mínimo utilizado foi Ø12, o que é aceitável pois o diâmetro mínimo é Ø10, para o A400, como se pode verificar na tabela 1.

A tabela 1 também faz referência á relação entre a secção da armadura longitudinal e a área da secção dos pilares, relação essa que tem que ser maior que 0,6% para o A400.

Os pilares que possuem secção de 25 × 50 e tenham secção de armadura correspondente a 4Ø16 e 6 Ø12 são o caso mais desfavorável, onde a relação entre a armadura aplicada e dimensão do pilar é menor, sendo que se a condição da tabela 1 for verificada para os pilares em causa, logicamente também verificará para os outros pilares.

A armadura 4Ø16 tem de área 8,04 cm² e a armadura 6 Ø12 têm de área 6,79 cm², a área total será então 14,83 cm².

A área de secção dos pilares é 25 cm × 50 cm, a que corresponde uma área de 1250 cm².

Verificando a relação A_s / A_c , chega-se á conclusão que $14,83 / 1250 \times 100 = 1,19 \%$, satisfaz o mínimo de 0,6 % da tabela 1, verificando assim condição.

A condição a seguir exigida diz que relação entre a secção da armadura longitudinal e a área da secção dos pilares têm que ser menor que 8%.

Fez-se o raciocínio inverso relativamente á condição anterior, os pilares que possuem secção de 25×35 e tenham secção de armadura correspondente a $6\text{Ø}20$ e $2\text{Ø}16$ são o caso mais desfavorável, onde a relação entre a armadura aplicada e dimensão do pilar é maior, sendo que se a condição for verificada para os pilares em causa, logicamente também verificará para os outros pilares.

A armadura $6\text{Ø}20$ tem de área $18,85 \text{ cm}^2$ e a armadura $2\text{Ø}16$ têm de área $4,02 \text{ cm}^2$, a área total será então $22,87 \text{ cm}^2$.

A área de secção dos pilares é $25 \text{ cm} \times 35 \text{ cm}$, a que corresponde uma área de 875 cm^2 .

Calculando a relação A_s / A_c temos que $22,87 / 875 \times 100 = 2,614\% \leq 8\%$, está verificada também esta condição.

Vemos que em cada pilar a armadura longitudinal tem 1 varão junto de cada ângulo da secção respeitando dessa forma o artigo 121.3.º do REBAP.

O espaçamento S_1 (ver fig. 12) não é excedido em nenhum dos pilares cuja largura seja maior que 40 cm sendo que nos pilares com dimensões menores que 40 cm se pôs varões apenas junto aos cantos, exemplo disso é o pilar 28.

8.1.2 - Armaduras transversais

Nas armaduras transversais o espaçamento a que deverá obedecer será o seguinte:

$$s \leq \min (12 \times 12 = 144 \text{ mm} = 14,4 \text{ cm})$$

$$s \leq \min (12 \times 16 = 192 \text{ mm} = 19,2 \text{ cm})$$

ou

$$s \leq \min (C = 25 \text{ cm})$$

ou

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

Verifica-se que o valor máximo de espaçamento é 14,4 cm quando se utiliza no mínimo ferros Ø12 e 19,2 cm quando se utiliza no mínimo ferros Ø16. Se analisarmos o quadro dos pilares vê-se que o espaçamento mínimo utilizado é 15 cm para ferros Ø12 e 20 cm para ferros Ø16, no entanto visto que a diferença é pequena, a utilização deste espaçamento não deverá pôr em causa a estrutura.

Como as armaduras longitudinais não têm varões com diâmetro igual ou superior a 25 mm não houve necessidade de verificar o que está disposto no artigo 122.2.º

No que diz respeito ao artigo 122.3.º, o procedimento aí aconselhado foi adoptado para os pilares cuja distância entre varões se encontrem a mais de 15 cm, caso contrário não se utilizou esse procedimento.

8.2 - Vigas

As disposições relativas a dimensões mínimas, são em geral estabelecidas de modo a evitar uma excessiva concentração de armaduras, por insuficiência dimensional, nas zonas de maior responsabilidade estrutural.

As limitações impostas à geometria da secção transversal das vigas, são aplicadas a elementos predominantemente sujeitos a esforços de flexão

As disposições a nível dimensional, como as disposições construtivas das armaduras, destinam-se a assegurar um comportamento de ductilidade face às diferentes intensidades da acção sísmica nas estruturas, permitindo que estas possam sofrer deformações sem diminuição significativa da sua capacidade resistente.

A distância entre varões deve permitir a betonagem e a compactação do betão.

Na análise aos pórticos concluiu-se que estes apresentavam condições para a execução da estrutura, pelo que não se procedeu a nenhuma correcção.

8.3 - Lajes

Depois de escolhida a disposição dos pilares e vigas, a escolha do tipo de laje recaiu sobre a fungiforme. Esta escolha foi fortemente condicionada por questões de arquitectura e processos construtivos, mas também, pela grandeza dos vãos a vencer e dos valores das cargas de utilização.

Na escolha da espessura da laje, geralmente esta é condicionada pelas deformações em serviço, portanto teve-se o cuidado de verificar se a altura proporcionava uma armadura de flexão económica, se a espessura é a adequada para evitar o punçoamento da laje e eventualmente à resistência ao esforço transversal.

Podemos observar que a nível de lajes e em todos os pisos a espessura mínima utilizada foi de 15 cm, que corresponde à laje do último piso que serve de cobertura à caixa de elevador e às escadas que dão acesso ao terraço. Está então verificado o “15 cm, no caso de lajes apoiadas directamente em pilares.”.

Podemos também observar as armaduras de reforço e suas distâncias aos pórticos, armaduras que servem para verificar a segurança à deformabilidade junto aos pilares pois são os esforços na região do pilar que condicionam a espessura da laje.

8.3.1 - Armadura principal mínima

A armadura longitudinal é constituída por 1Ø10//15, a que corresponde 0,79 cm².

Como iremos verificar a condição por metro temos que achar o número de armaduras longitudinais nesse metro. Sabemos que as nossas armaduras estão espaçadas por 15 cm, o que dá 7 secções de armaduras por metro com um Ø10. A área total das secções será então 7Ø10 o que dará 5,5 cm².

Considerou-se o recobrimento de 2 cm e a espessura de laje considerada nos cálculos foi de 20 cm, a pior situação.

Fazendo os cálculos para a verificação temos que:

$$\rho = 5,5 / ((20 - 2) \times 100) \times 100 = 0,31 \geq 0,15$$

Verifica assim a percentagem de armadura mínima para o A400.

8.3.2 - Armaduras transversais

Nos estribos sabe-se que tem uma armadura de 1Ø10//15, a que corresponde 0,79 cm². Como iremos verificar a condição por metro temos que achar o número de armaduras transversais nesse metro. Sabemos que as nossas armaduras estão espaçadas por 15 cm, o que dá 7 secções de armaduras por metro com um Ø10. A área total das secções será então 7Ø10 o que dará 5,5 cm².

Procedeu-se aos cálculos:

$$\rho = 5,5 / 100 \times 15 \times \sin 90 \times 100 = 0,37 \geq 0,10, \text{ está verificada a condição.}$$

8.3.3 - Espaçamento máximo dos varões da armadura principal

Sabendo que a espessura mínima utilizada nas lajes foi de 15 cm, multiplica-se este valor por 1,5 o que dá 22,5 cm sendo esta a condição dominante já que é inferior a 35 cm.

Em todas as lajes os espaçamentos máximos foram de 15 cm, quer na face superior ou inferior, por isso a condição acima está verificada.

8.3.4 - Pormenorização do Punçoamento

A rotura por punçoamento constitui um mecanismo de colapso local associado a uma rotura frágil (sem aviso prévio) e que pode gerar um colapso progressivo da estrutura, pois a rotura junto a um pilar implica um incremento de carga em pilares vizinhos.

De realçar que antes de se optar pelo recurso à utilização de armaduras específicas para a resistência ao esforço de punçoamento, optou-se antes, por uma das seguintes intervenções ao nível da geometria da estrutura:

1. Aumento global da espessura da laje;
2. Aumento das dimensões (em planta) do próprio pilar;
3. Aumento local do pilar (capitel)
4. Diminuição do afastamento dos pilares e, conseqüentemente, da sua área de influência e carga de punçoamento associada (não foi usado, dada a implantação dos pilares ser muito condicionada pela Arquitectura).

Não esquecer também que as acções sísmicas, em sistemas estruturais com lajes fungiformes, aumentam a excentricidade da carga a transmitir ao pilar agravando as características resistentes por punçoamento.

No que diz respeito à verificação da pormenorização da armadura, sabe-se que o d é 18 cm, correspondente à espessura mais baixa utilizada que é 20 cm menos o recobrimento que é 2 cm. Fez-se o cálculo para $1,5d$ que dá 27 cm.

A distância de cada estribo é 5 cm e a distância do pilar ao primeiro estribo é 7,5 cm.

Sabendo que a armadura necessária para verificar o punçoamento é constituída por 4 estribos, procede-se aos cálculos e verifica-se que dá 22,5 cm valor inferior a 27 cm.

No diz respeito ao espaçamento dos varões estes encontram-se a 5 cm, menor que $0,75d$. É verificada a condição relativamente ao afastamento dos varões que constituem a armadura.

$$0,75 \times 18 = 13,5 \text{ cm} \geq 5 \text{ cm}$$

8.4 - Sapatas interligadas por vigas de fundação

No quadro podemos ver as armaduras superiores e inferiores para cada direcção, altura e dimensões de cada sapata.

Relativamente aos resultados obtidos pelo programa a única alteração efectuado refere-se ao espaçamento das armaduras, pois para cada pilar diferia. Uniformizou-se então os espaçamentos das armaduras pela segurança, ou seja, se o espaçamento desse 17 cm, baixava-se para 15 cm, se desse 21cm, baixava-se para 20 cm.

Este procedimento adoptou-se para simplificar a implantação dos pilares na obra.

As sapatas deverão ser executadas de acordo com os desenhos constantes no projecto.

Durante a escavação das sapatas deverá existir condições de drenagem de água eficazes, possibilitando dessa a recolha e a evacuação de águas de qualquer origem.

Deve-se evitar a execução de uma vala que liga os pilares junto à superfície, já que do ponto de vista estrutural é má, originando nos pilares a criação de um troço curto, altamente rígido que proporcionará grandes momentos, sobretudo pelas acções sísmicas, além disso a viga de fundação deixa de ter o funcionamento considerado no cálculo.

A disposição construtiva das vigas de fundação será verificada de seguida.

8.4.1 - Armaduras longitudinais.

Nas fundações da folha 1 podemos ver sapatas ligadas por **vigas de fundação (VF)** que têm de secção (40×60) cm.

A armadura longitudinal é constituída por 4Ø12, 5Ø20 e 4Ø16, a que corresponde 4,52 cm², 15,71 cm² e 8,04 cm² somando o valor total dá 28,27 cm². Considerou-se o recobrimento de 4 cm.

Fazendo os cálculos para a verificação temos que:

$$\rho = 28,27 / ((60 - 4) \times 40) \times 100 = 1,26 \geq 0,15$$

Verifica assim a percentagem de armadura mínima para o A400. Artigo 90.1.º

O artigo 90.2.º faz referência á relação entre a secção da armadura longitudinal e a área total da secção da viga, relação essa que tem que ser menor que 4% .

Sabendo a área da armadura longitudinal, que é 28,27 cm² e a área total da secção da viga (40 × 60 = 2400 cm²) podemos confirmar que $28,27 / 2400 \times 100 = 1,18\%$, não excedendo os 4% do Artº 90.2.º

Idêntico processo se fez para VF1

A armadura longitudinal é constituída por 2Ø10 e 6Ø16, a que corresponde 1,57 cm², e 12,06 cm² somando o valor total dá 13,63 cm². Considerou-se o recobrimento de 4 cm.

Fazendo os cálculos para a verificação temos que:

$$\rho = 13,63 / ((50 - 4) \times 25) \times 100 = 1,19 \geq 0,15$$

Verifica assim a percentagem de armadura mínima para o A400. Artigo 90.1.º

O artigo 90.2.º faz referência à relação entre a secção da armadura longitudinal e a área total da secção da viga, relação essa que tem que ser menor que 4% .

Sabendo a área da armadura longitudinal, que é 13,63 cm² e a área total da secção da viga (50 × 40 = 2000 cm²) podemos confirmar que $13,63 / 2000 \times 100 = 0,68\%$, não excedendo os 4% do Artº 90.2.º

8.5 - Paredes de Betão

8.5.1 - Armaduras longitudinais

Logradouro, Cave e R/Chão

No artigo 125.º do REBAP, diz que a relação entre a secção total de armadura longitudinal e a secção da parede deverá ser maior que 0,3 % para o A400.

Visto que a nossa parede de betão têm a forma de U, optou-se por dividi-la em três secções, para a verificação ser mais perceptível.

A primeira e terceira secção têm de comprimento 215 cm e cada varão está espaçado 15 cm, por isso durante esse comprimento iremos ter duas fileiras de varões, onde cada fileira irá ter 14 varões com diâmetro de Ø20.

A segunda secção tem de comprimento 160 cm e cada varão está espaçado 12,5 cm, por isso durante esse comprimento iremos ter duas fileiras de varões, onde cada fileira irá ter 13 varões com diâmetro de Ø16.

A armadura longitudinal da primeira e terceira secção será 28Ø20 que corresponde a uma área de 87,97 cm².

A armadura longitudinal da segunda secção terá 26Ø16 que corresponde a uma área de 52,26 cm².

A área total da armadura da parede de betão será a soma das parcelas, o que dará 228,2 cm².

A área de secção de parede é $215 \times 20 + 160 \times 20 + 215 \times 20$, o que dá 11800 cm².

Procedeu-se então á verificação da condição:

$$228,2 / 11800 \times 100 = 1,93 \%$$

A verificação dá superior a 0,3 por cento para o A400.

De referir ainda que os varões estão distribuídos com espaçamentos inferiores a duas vezes a espessura da parede, pois a parede tem de espessura 20 cm e se multiplicarmos esse valor por 2, dará um espaçamento máximo de 40 cm, no entanto esse espaçamento máximo está limitado pela condição de 30 cm.

Como os espaçamentos da parede de betão são de 12,5 cm e 15 cm está verificada a condição.

Para a parede P21 correspondente aos restantes pisos a verificação das armaduras longitudinais será a seguinte:

No artigo 125.º do REBAP, diz que a relação entre a secção total de armadura longitudinal e a secção da parede deverá ser maior que 0,3 % para o A400.

Visto que a nossa parede de betão têm a forma de U, optou-se por dividi-la em três secções, para a verificação ser mais perceptível.

A primeira e terceira secção têm de comprimento 215 cm e cada varão está espaçado 15 cm, por isso durante esse comprimento iremos ter duas fileiras de varões, onde cada fileira irá ter 10 varões com diâmetro de Ø12 e 4 varões com diâmetro de Ø16.

A segunda secção tem de comprimento 160 cm e cada varão está espaçado 15 cm, por isso durante esse comprimento iremos ter duas fileiras de varões, onde cada fileira irá ter 11 varões com diâmetro de Ø12.

A armadura longitudinal da primeira e terceira secção será 20Ø12 e 8Ø16 que corresponde a uma área de 38,68 cm².

A armadura longitudinal da segunda secção terá 22Ø12 que corresponde a uma área de 24,86 cm².

A área total da armadura da parede de betão será a soma das parcelas, o que dará 102,22 cm².

A área de secção de parede é $215 \times 20 + 160 \times 20 + 215 \times 20$, o que dá 11800 cm².

Procedeu-se então á verificação da condição:

$$102,22 / 11800 \times 100 = 0,87 \%$$

A verificação dá superior a 0,3 por cento para o A400.

De referir ainda que os varões estão distribuídos com espaçamentos inferiores a duas vezes a espessura da parede, pois a parede tem de espessura 20 cm e se multiplicarmos esse valor por 2, dará um espaçamento máximo de 40 cm, no entanto esse espaçamento máximo está limitado pela condição de 30 cm.

Como os espaçamentos da parede de betão são de 12 cm e 16 cm está verificada a condição.

8.5.2 - Armadura Cintagem

Logradouro, Cave e R/Chão

Na verificação da armadura longitudinal verificou-se que a relação entre esta e a secção da parede foi 1,93 %, sendo portanto menor que 2%, dispensando desta forma os critérios utilizados para os pilares.

O espaçamento não deve exceder o mínimo dos seguintes valores:

$$s \leq 16 \times 16 = 256 \text{ mm} = 25,6 \text{ cm}$$

$$s \leq 2 \times 20 = 40 \text{ cm}$$

$$s \leq 30 \text{ cm}$$

Verifica-se que o valor máximo de espaçamento é 25,6 cm, se analisarmos a parede de betão em causa, nota-se que o espaçamento máximo utilizado é 15 cm, respeitando o espaçamento máximo exigido.

Armadura de Cintagem para Restantes Pisos

Na verificação da armadura longitudinal verificou-se que a relação entre esta e a secção da parede foi 0,87 %, sendo portanto menor que 2%, dispensando desta forma os critérios utilizados para os pilares.

O espaçamento não deve exceder o mínimo dos seguintes valores:

$$s \leq 16 \times 12 = 192 \text{ mm} = 19,2 \text{ cm}$$

$$s \leq 2 \times 20 = 40 \text{ cm}$$

$$s \leq 30 \text{ cm}$$

Verifica-se que o valor máximo de espaçamento é 19,2 cm, se analisarmos a parede de betão em causa, nota-se que o espaçamento máximo utilizado é 15 cm, respeitando o espaçamento máximo exigido.

8.6 - Escadas

Nas escadas vamos ter 2 lanços, pois é o que está indicado na arquitectura. A pormenorização desses lanços resultou no procedimento que está descrito na página 20 que provém da sebenta de Betão Estrutural 2, leccionada no ISEL e também dos conhecimentos práticos adquiridos nessa mesma cadeira.

Calculou-se as armaduras principais e de distribuição, no entanto para confirmar se a pormenorização das armaduras estava correcta procedeu-se às verificações do REBAP, para a disposição de lajes armadas numa direcção.

Na distribuição da armadura principal mínima só iremos **verificar a escada 1** pois é aquela que apresenta menor armadura principal sendo por isso o pior caso.

Na verificação da armadura de distribuição serão verificados ambas as escadas.

O modelo estrutural de cada escada corresponde a uma laje armada em uma só direcção, simplesmente apoiada, solicitada por cargas verticais.

8.6.1 - Armadura principal mínima

Na escada 1, a secção de armadura é constituída por Ø10//15 que corresponde cerca de 0,79 cm². Como iremos verificar a condição por metro temos que achar o número de secções nesse metro. Sabemos que as nossas armaduras estão espaçadas por 15 cm, o que dá 7 secções de armaduras por metro com um Ø10. A área total das secções será então 7Ø10 o que dará 5,5 cm². O recobrimento será 2 cm.

$$\rho = 5,5 / ((15 - 2) \times 100 \times 100) = 0,423 \geq 0,15$$

Verifica a percentagem mínima de armadura longitudinal (ρ)

8.6.2 - Espaçamento máximo dos varões da armadura principal

Sabendo que a espessura é de 15 cm, multiplica-se este valor por 1,5 o que dá 22,5 cm, sendo esta a condição dominante já que é inferior a 35 cm.

Em ambas as escadas o espaçamento máximo foi de 15 cm.

8.6.3 - Armadura de distribuição

Em ambas as escadas os varões das armaduras de distribuição estão com espaçamento de 15 cm, respeitando o máximo de 35 cm.

A secção da armadura transversal deverá ser no mínimo igual a 20% da secção da armadura principal.

Na escada 1, a secção de armadura de distribuição é constituída por Ø10//15 que corresponde acerca de 0,79 cm².

Neste caso não é necessário fazer contas, pois ambas terão a mesma armadura, cada uma terá 100% da armadura da outra, verificando a condição.

Na escada 2, a secção de armadura de principal é constituída por Ø12//15 que corresponde acerca de 1,13 cm² e a armadura transversal é Ø10//15 que corresponde acerca de 0,79 cm².

Se dividirmos $0,79 \text{ cm}^2 / 1,13 \text{ cm}^2 \times 100 = 69,9 \% > 20 \%$

A secção da armadura de distribuição é superior a 20% da secção da armadura principal.

8.7 - Muros de Contenção

Para achar as armaduras dos muros de contenção definiu-se no software os impulsos actuantes, as cotas e o tipo de terreno e outros parâmetros.

Adoptou-se a armadura que o programa forneceu, na pormenorização das armaduras dos muros de contenção.

As sapatas são betonadas em primeiro lugar e só depois é betonado o muro. As sapatas ficam envolvidas pela terra o que constitui um ambiente húmido e impede o contacto directo do betão com o ambiente seco exterior.

Quando o muro é betonado o betão da sapata já sofreu grande parte da retracção a que está sujeito. O muro ao retrair é impedido de se deformar pela restrição imposta pela sapata.

O betão do muro fica assim sujeito a tensões horizontais, que serão controladas com armaduras horizontais junto às faces do muro.

9 – EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO

Este capítulo irá abordar procedimentos gerais a adoptar para garantir a qualidade de execução das armaduras em obra, procedimentos que devem ser respeitados.

O transporte e o armazenamento das armaduras devem ser efectuados de modo a evitar, que entre a recepção e a colocação em obra surjam deteriorações.

Deteriorações essas que podem ser substâncias que possam prejudicar quimicamente o aço ou o betão e que tenham dessa forma um efeito desfavorável sobre a aderência.

O corte dos varões deve ser feito, de preferência, por meios mecânicos.

A dobragem dos varões, deve ser feita por meios mecânicos, a velocidade constante, com auxílio de mandris, de modo a assegurar um raio de curvatura constante na zona dobrada.

Só é permitido efectuar desdobragem de varões nos casos especiais em que tal seja indispensável (varões de espera, por exemplo) e desde que, obviamente, a operação não danifique os varões.

A montagem das armaduras deve ser efectuada de modo a respeitar as dimensões do projecto, dentro das tolerâncias prescritas, e assegurar suficiente rigidez para que a armadura mantenha a sua forma durante o transporte, a colocação e a betonagem. Devem ainda ter-se presentes os condicionamentos ligados à colocação e à compactação do betão.

A colocação das armaduras nos moldes deve ser feita de modo a respeitar os recobrimentos previstos no projecto. Os posicionadores a utilizar devem ser convenientemente envolvidos pelo betão, não devem prejudicar a betonagem nem devem contribuir para o enfraquecimento da peça.

Não esquecer que as estruturas devem ser mantidas em condições que preservem a sua aptidão para o desempenho das funções que estão descritas para que foram concebidas.

Durante a vida da estrutura devem ser efectuadas inspecções regulares, a fim de detectar possíveis danos e permitir a sua reparação em tempo útil.

10 – CONCLUSÕES

Na minha opinião os objectivos estabelecidos no estágio foram atingidos, pois nele houve a oportunidade de evoluir e de lidar com os problemas que aparecem neste tipo de actividade.

Permitiu conhecer o mercado de trabalho e de lidar com profissionais do meio, o que foi uma experiência enriquecedora quer ao nível da capacidade de comunicação com colegas de trabalho quer com clientes no dia-a-dia.

Outro objectivo conseguido foi o de desenvolver o espírito crítico durante a análise de projectos, sendo que para isso foram fundamentais os conhecimentos adquiridos ao longo do curso.

Pode-se então dizer que o desenvolvimento deste relatório, teve a intenção de ir abordando as questões propostas à luz, de forma a saber justificar as opções, valores e procedimentos tomados para a modelação dos vários elementos estruturais constituintes da estrutura.

A análise aos elementos estruturais deste relatório teve o intuito de escolher as melhores soluções, pois estas passam sempre por soluções de compromisso entre os vários parâmetros em jogo

11 – BIBLIOGRAFIA

REBAP; “Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado”; Decreto-Lei nº349-c/83, de 30 Julho e Decreto-Lei nº 128-99, de 21 Abril, Porto Editora, 2004

RSA; “Regulamento de Segurança e Acções para estruturas de Edifícios e Pontes”; Decreto-Lei nº235/83, de 31 Maio, Porto Editora, 2005

Gorgulho, A. – “Folhas da cadeira de Betão Estrutural II ”, disciplina de Betão Estrutural II, Instituto Superior Engenharia de Lisboa, 2007/2008

Reis, A.; Farinha, M.; (2005) – “Tabelas Técnicas”, Edições Técnicas, Lisboa.

“Estruturas de Edifícios – Acetatos”, disciplina de Estruturas de Edifícios, Instituto Superior Técnico, 2007

Gomes, A.; Vinagre, J. - “Betão Armado e Pré-Esforçado I – Tabelas de Cálculo”, disciplina de Betão Armado e Pré-Esforçado I, Instituto Superior Técnico, 1997