



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL
EXECUÇÃO DE PAVIMENTOS DE EDIFÍCIOS EM LAJES
FUNGIFORMES

Relatório do Estágio Profissional apresentado para satisfação parcial dos requisitos necessários a obtenção do grau de
Licenciado em Engenharia Civil

Autor:
Achirafe, Amade

Supervisor:
Eng. Salomão Nguenha
Eng. Semih Yeter

Maputo, Dezembro de 2021



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL

EXECUÇÃO DE PAVIMENTOS DE EDIFÍCIO EM LAJES
FUNGIFORMES

Relatorio do Estagio Profissional apresentado para satisfacao
parcial dos requisitos necessarios a obtencao do grau de
Licenciado em Engenharia Civil

Autor:

Achirafe, Amade

Supervisor:

Eng.Salomão Nguenha

Eng.Semih Yeter

Maputo, Dezembro de 2021

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, **Achirafe, Amade** declaro por minha honra, que este trabalho é resultado da minha investigação com recurso a bibliografia em referência devidamente citada ao longo do mesmo e que é submetido para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Civil, pela Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane.

O Autor

(Achirafe, Amade)

Maputo, aos 27 de setembro de 2021

TERMO DE ENTREGA

Declaro que o estudante **Achirafe, Amade** entregou no dia ____ de Dezembro de 2021 as duas (02) cópias do relatório do seu Estágio profissional com a referência:

Intitulado:_____

A Chefe da Secretaria

Maputo, aos 17 de Setembro de 2021

Relatorio de Estagio profissional apresentado ao departamento de engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane para obtencao do Grau de Licenciatura em Engenharia Civil.

Autor:

(Amade Achirafe)

Supervisores:

(Eng° Salomão Nguenha)

(Eng° Semih Yeter)

I.AGRADECIMENTOS

Agradecer a Allah pela eterna Misericórdia e bênçãos, pelas infinitas portas de oportunidade que me agraciou.

Sou grato a minha Mãe, batalhadora e guerreira, que nunca parou de me motivar para que fosse avante.

Sou grato aos meus colegas que me apoiaram sempre desde o início do curso até o fim.

Agradecer a CERA CONSTRUÇÕES Lda pela oportunidade de emprego, pois proporcionou um estágio ilimitado.

Sou imensamente grato ao engenheiro Semih Yeter, pelos desafios transformadores que me sempre colocou e pela oportunidade de evoluir-me profissionalmente, com desafios que agregaram-me muito conhecimento e muita prática.

Agradecer ao supervisor, Eng.Salomão Nguenha, pelos caminhos e portas que me mostrou para que trilhasse sem me desviar neste processo.

II.RESUMO

O presente relatório de estágio profissional, enquadra-se no âmbito do trabalho final do curso de Engenharia Civil na Universidade Eduardo Mondlane, na área de execução de estruturas em Betão armado.

O estágio foi realizado na Cera construções(Zer Construções), empresa turca, sediada em Maputo, no Museu, rua da Argélia, Nrº:165, possui alvará da 7 classe, empresa com vasta experiência na execução de edifícios em betão Armado, onde o estagiário já era empregado. O relatório de estágio esta subordinado ao tema “Execução de pavimentos de edificios em lajes fungiformes”. Paralelamente, foi feito o acompanhamento de todas atividades concernentes a execução do Edifício cuja a localização cita no bairro Polana caniço B, na rua do rio inhamiara.

Foi com enorme satisfação que o estagiário abraçou esta oportunidade, de poder fazer um acompanhamento ativo de obra, efetivamente integrado numa equipa de trabalho com uma vasta experiência na área.

Este relatório transcreve os conhecimentos adquiridos ao longo do estágio na direção de obra, nomeadamente no que concerne a planeamento, produção, montagem, controlo de qualidade, e aprovisionamento de materiais.

INDICE	
I.AGRADECIMENTOS.....	i
II.RESUMO	ii
IV.INDICE DE FIGURAS.....	vi
V.LISTA DE TABELAS	viii
VI. LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	ix
1.INTRODUÇÃO.....	1
1.1.Objetivos.....	2
1.1.2.Objetivos Gerais	2
1.1.3.Objetivos específicos:	2
1.2.Metodologia	3
2.REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1. Lajes em Edifícios.....	4
2.2. Lajes fungiformes.....	4
2.3. Tipos de lajes fungiformes.....	4
2.3.1. Laje Fungiforme Maciça	4
2.3.2. Laje Fungiforme Maciça com capitel.....	5
2.3.3. Laje Fungiforme Aligeirada	6
2.4.Características, dimensões e geometrias básicas dos elementos que constituem a laje fungiforme.....	8
2.4.1.Espessura da laje fungiforme	8
2.4.2.Capiteis	9
2.4.3.Zonas Maciças junto aos pilares	10
2.4.4.Nervuras.....	11
2.4.5.Bandas Maciças.....	12
2.4.6.Vigas de Bordadura.....	12
2.5.Vantagens e Desvantagens das lajes fungiformes	13
3.CASO DE ESTUDO.....	14
3.1.Solução Estrutural Adoptada	14
3.2. Localização:	14
3.3. Descrição da arquitetura do edifício	15
3.4. Descrição da solução estrutural	16
3.5. Especificações dos Materiais Utilizados	17
3.6.Acompanhamento da Obra	18
3.6.1. Execução de Fundações profundas.....	18
i. Marcação da posição das estacas.....	18
ii. execução da estaca	18

3.6.2. Escavações para exposição das cabeças das estacas	18
3.6.3. Arrasamento das estacas.....	19
3.6.4. Execução de Maciços de encabeçamento	20
I.Armação do Maciço e arranques dos pilares.....	20
II.Cofragem dos Maciços e Vigas de equilíbrio.....	20
III.Betonagem dos Maciços de encabeçamento e Vigas de equilíbrio.....	21
3.6.5. Execução da Estrutura	22
3.6.5.1.Execução dos Muros de contenção	22
i. Armação dos muros	22
ii. cofragem e fita hidroexpansiva.....	22
3.6.5.2.Execução dos pilares.....	23
i. Marcação dos Pilares	23
II.Armação dos pilares	23
III. Cofragem dos pilares	24
IV.Betonagem dos Pilares.....	24
V.Descofragem dos Pilares.....	24
3.6.5.3. Execução do Núcleo Central (Caixa de elevadores e escadas).....	25
i.Armação dos pilares-paredes.....	25
II.Cofragem dos pilares-parede	26
iii.Betonagem dos Pilares-Parede.....	26
IV.Impermeabilização dos Pilares-parede.....	26
3.6.5.4. Laje de pavimento.....	27
I. Reaterro e compactação da base da laje de pavimento com areia vermelha.....	27
II.Nivelamento da camada base.....	28
II. Armação da malha da laje de pavimento.....	28
II.Betonagem da laje de pavimento:	29
III.Acabamento Superficial	29
IV.Juntas de dilatação.....	30
3.6.5.5. Execução de lajes fungiformes maciça constante	30
I. Cofragem da laje	31
II.Armação da laje.....	32
III.Negativos na laje:.....	32
IV.Betonagem da laje:.....	33
v.Descofragem	33
3.6.5.6. Execução de Escadas.....	33
I.Cofragem das escadas.....	33

II.Armação da armadura das escadas	34
III.Betonagem	34
3.6.Actividades executadas para o controle e garantia de qualidade:.....	35
3.6.1.Recebimento e Armazenamento do aço:.....	35
3.6.2.Produção(Preparação das Armaduras)	36
3.6.3.Implantacao da armadura do pilar (Desvio dos arranques da armadura do pilar)	37
3.6.4.Material de Cofragem.....	37
3.6.5.Descofragem e descimbramento	39
3.6.6. Betão	40
4.CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	44
5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

IV.INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Trajetória das cargas nas lajes fungiformes maciças(Trindade, 2009).....	5
Figura 2: Laje fungiforme maciça de espessura constante(fonte-autor)	5
Figura 3: Laje Fungiforme maciça com capitel (Carvalho,2008)	6
Figura 4: Trajetoria das cargas nas lajes aligeiradas(Trindade, 2009).....	6
Figura 5: Secção transversal da zona aligeirada de uma laje fungiforme aligeirada(Tesouro, 1991).....	7
Figura 6: Laje fungiforme aligeirada com blocos perdidos(Ramos, 2006).	7
Figura 7:Laje aligeirada com moldes recuperaveis(FERCANORTE, 2011).	8
Figura 8: Dimensões dos diversos elementos (Jimenes Montoya et al.,2001). Erro! Indicador não definido.	
Figura 9:Dimensões do capitel (Tesoura, 1991).	9
Figura 10:Tamanho mínimo dos maciços juntos aos pilares(Tesoro, 1991).	10
Figura 11: Critérios de dimensionamento em maciços em consola(Tesoro, 1991).....	11
Figura 12:Condicionantes geométricas segundo o Eurocódigo 2 para lajes aligeiradas(Trindade,2009).	11
Figura 13:Modelação das nervuras em planta(tesoro, 1991).....	12
Figura 14:Bandas Maciças.....	12
Figura 15: Localização do edifício em implantação (Fonte-Google earth).....	14
Figura 16:Alçados do edifício	15
Figura 17:: Planta da cave e do Rés do chão respetivamente.....	15
Figura 18:Piso tipo 1 até 16Andar	16
Figura 19: Planta de fundações e planta estrutural do 1 Andar respetivamente	16
Figura 20: Planta Estrutural tipo.....	17
Figura 21:Perfuração de estacas (Fonte-autor).....	18
Figura 22: Escavações e remoção de solos.....	19
Figura 23: Rebaixamento do nível freático	19
Figura 24: Arrasamento de estacas e betão de limpeza respetivamente (Fonte-autor)	20
Figura 25:Armação dos maciços(Fonte-autor)	20
Figura 26:Cofragem dos maciços e vigas de equilíbrio.....	21
Figura 27:Betonagem dos Maciços, vigas de equilíbrio e Descofragem dos mesmos(Fonte-autor)	21
Figura 28: Armação dos Muros de contenção	22
Figura 29:Fita hidroexpansiva(fonte-autor)	23
Figura 30:Armação dos pilares.....	23
Figura 31: Cofragem dos pilares(Fonte-autor).....	24
Figura 32: Descofragem dos pilares(Fonte: autor).....	25
Figura 33: Armação dos pilares-parede, poço do elevador (Fonte-autor).....	26
Figura 34:Cofragem dos pilares parede do poço do elevador(Fonte-autor)	26
Figura 35: Impermeabilização dos pilares Parede, Poço do elevador (Fonte-autor)	27
Figura 36:Aterro e compactação dos solos	28
Figura 37:Nivelamento da camada base (Fonte-autor).....	28
Figura 38: Armação da malha da laje (Fonte-autor)	29
Figura 39: Betonagem da laje de pavimento (Fonte-autor)	29
Figura 40: Afagamento da laje de pavimento (Fonte-autor)	30
Figura 41: Juntas de dilatação das placas	30
Figura 42: Cofragem da laje do R/Chão (Fonte-autor)	31

Figura 43: Colocação das chapas de madeira e estaqueamento(Fonte-autor)	31
Figura 44:Armação da laje do R/Chão (Fonte-autor).....	32
Figura 45: Reforço de negativos da laje (Fonte-autor).....	32
Figura 46: Betonagem da laje do R/Chão (Fonte-autor)	33
Figura 47: Cofragem da escada da cave até R/Chão(Fonte-autor)	34
Figura 48:Armação da escada (Fonte-autor)	34
Figura 49: Armazenamento da armadura (Fonte-autor)	35
Figura 50: Estaleiro de corte e dobragem (Fonte-autor).....	36
Figura 51: Fabrico dos elementos estruturais(fonte-autor).....	36
Figura 52:Desvio da armadura(fonte-autor)	37
Figura 53: Teste de abaixamento (Fonte-autor).....	40
Figura 54: Extração de amostras para ensaio de compressão (Fonte-autor)	41
Figura 55: Altura de queda do betão em lajes	42
Figura 56: Cura do betão dos pilares (Fonte-autor).....	43

V.LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Períodos mínimos para descofragem(Fonte-autor).....	39
Tabela 2: Características de materiais e recobrimentos	17
Tabela 3: Classes de consistência(Fonte-autor)	41
Tabela 4:Resultados do ensaio de cubos aos 3 dias	42

VI. LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A 500 designação dos tipos correntes de armadura ordinária

REBAP-Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado.

S4-Classe de consistência do betão

B35(C30/37) -Classe de resistência do betão

EC2- Eurocodigo

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório de estágio profissional surge no âmbito do trabalho final do curso em Engenharia Civil na Universidade Eduardo Mondlane-Faculdade de engenharia na área de construção.

Actualmente, é de grande importancia a solução a adoptar relativamente ao tipo de laje, uma vez que, o custo deste elemento estrutural em alguns casos particulares pode passar 60% do custo total da estrutura. Com isto, tanto os projectistas de estruturas como as empresas de construção, procuram soluções que, além de simples e eficazes, conduzem a reduções de custos relativamente aos materiais e/ou mão-de-obra.

Cada vez mais, em concepção de edificios, recorre-se a vãos maiores, o que leva a descartar-se as soluções de laje vigada, devido ao aumento da secções das vigas. Este aumento conduz a menor flexibilidade de organização das divisórias, a dificuldade na colocação das condutas e a um acrescimo de custo. Daí que se recorre as lajes fungiformes que tem sido uma solução estrutural cada vez mais utilizada para a realização de pavimentos, dado que permitem maior flexibilidade de organização dos espaços, rapidez de execução, dado que permitem maior flexibilidade de organização dos espaços, rapidez de execução e vencem grandes vãos.

É neste ambito que se desenvolve o presente relatorio sobre um estudo de caso, cuja estrutura do edificio foi concebida em lajes fungiformes macicas ,portanto o presente trabalho vai-se debrucar sobre os varios tipos de lajes fungiformes, suas caracterizações, sua aplicabilidade e a sua execução para o caso de estudo, sem se restringir as actividades executadas para o controle e garantia de quanlidade durante a execucao do edificio.

1.1.Objetivos

1.1.2.Objetivos Gerais

O presente trabalho tem por objectivo estudar as diversas soluções de pavimentos de edificios em lajes fungiformes e apresentar a execução da solução adoptada para o projecto de estudo.

1.1.3.Objetivos específicos:

- Descrição das lajes fungiformes
- Descrição das actividades realizadas durante o acompanhamento da obra
- Descrição das actividades realizadas para controle e garantia de qualidade durante a execução do edificio em estudo.

1.2. Metodologia

De modo a se alcançar os objetivos definidos no presente trabalho, estabeleceu-se as seguintes metodologias:

- Acompanhamento presencial da obra em todas as fases
- Consultas em engenheiros Seniores da área em questão
- Pesquisas Bibliográfica
- Consultas a técnicos e mestres de obras.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Lajes em Edifícios

As lajes são elementos estruturais planas, geralmente horizontais. Devido ao seu peso próprio e as cargas perpendiculares que actuam nelas, estas encontram-se essencialmente submetidas a esforços de flexão. Uma das suas características principais é a sua espessura que é notavelmente inferior quando comparada com as suas outras dimensões. [1]

De acordo com o tipo de apoio as lajes podem ser classificadas em:

- Lajes Vigadas (Apoiadas em vigas)
- Lajes fungiformes (apoiadas diretamente nos pilares)
- Lajes em Meio Elástico (Apoiadas em superfície deformável)

O presente trabalho, aborda apenas as lajes fungiformes.

2.2. Lajes fungiformes

As lajes fungiformes são lajes contínuas em duas direções ortogonais, as quais apoiam diretamente nos pilares, podendo ser maciças ou aligeiradas. Normalmente estas lajes não possuem vigas aparentes.

Este tipo de lajes tem um comportamento resistente diferente do das lajes apoiadas no seu contorno, uma vez que, devido a sua condição de apoio, a estrutura é isostática e a carga propaga-se primeiro numa direção e depois na outra, até chegar aos apoios. De tal forma que, os momentos fletores maiores se produzem na direção do vão maior [1].

2.3. Tipos de lajes fungiformes

Tendo em conta os vãos a vencer, as cargas a suportar e as imposições arquitetónicas, existem vários tipos de lajes fungiformes, que se adequam as diversas situações: [2].

2.3.1. Laje Fungiforme Maciça

Em lajes maciças a trajetória de cargas é feita de uma forma multidirecional, progredindo para os pilares que as suportam, segundo é ilustrado na figura 2.1.

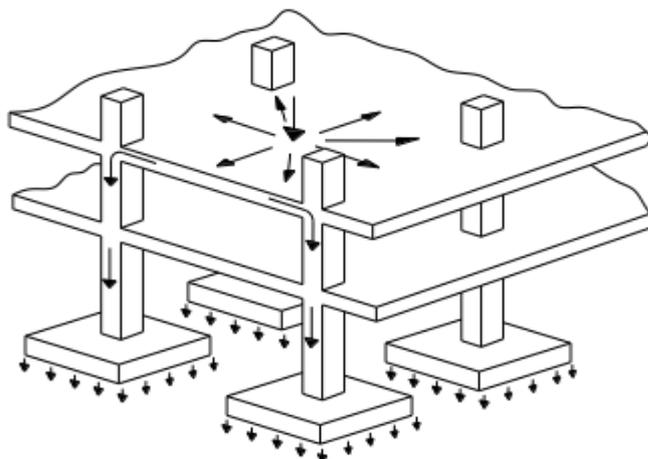


Figura 1: Trajetória das cargas nas lajes fungiformes maciças(Trindade, 2009)

Este tipo de laje mantém a sua espessura constante ao longo do vão(Figura 2) e são usualmente utilizadas em vãos na ordem dos 4,5 a 6,0m, com cargas de valor razoável.

Entre as vantagens deste tipo de laje fungiforme, podem-se nomear, tectos lisos, facilidade de execução e menor quantidade de mão-de-obra comparada com outras soluções(Carvalho, 2008).

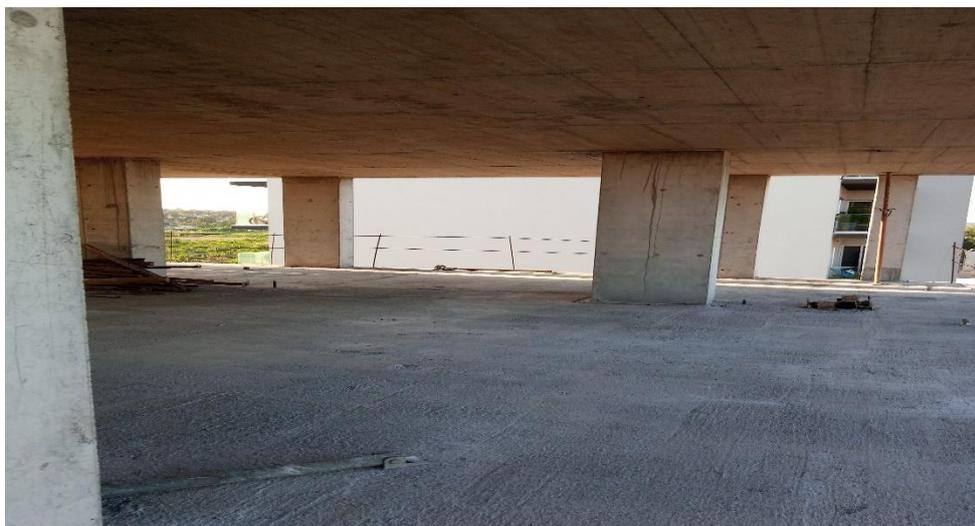


Figura 2: Laje fungiforme maciça de espessura constante(fonte-autor)

2.3.2. Laje Fungiforme Maciça com capitel

Estas lajes são caracterizadas pelo alargamento da secção na zona superior do pilar ou espessamento da laje na zona dos pilares, formando assim um capitel, como mostra a figura.2.3, para maiores vãos e/ou cargas, a espessura necessária para transmitir as ações verticais aos pilares excede a necessária para os esforços de flexão, obrigando a utilização de capiteis para evitar a rotura por punção. Normalmente recorre-se a esta solução para vãos compreendidos entre os 6 a 10m [3]



Figura 3: Laje Fungiforme maciça com capitel (Carvalho,2008)

2.3.3. Laje Fungiforme Aligeirada

As lajes fungiformes aligeiradas estão constituídas por nervuras nas duas direções, por zonas maciças junto dos pilares e por vigas de bordadura.

A vantagem deste tipo de lajes é a diminuição do seu peso próprio através da utilização de blocos de aligeiramento.

Nestas lajes a transmissão das cargas verticais para os pilares, é mediante trajetórias retilíneas ortogonais, quebradas por meio das nervuras como mostra a figura 4. [3]

Segundo Tesoro(1991), as características das lajes fungiformes aligeiradas são definidas pelos seguintes parâmetros, como ilustra a figura 5.

- Distância entre eixos das nervuras, e ;
- Base das nervuras,
- A altura total da laje, h ;
- Altura do bloco de aligeiramento, h ;
- Espessura da camada de compressão, c .

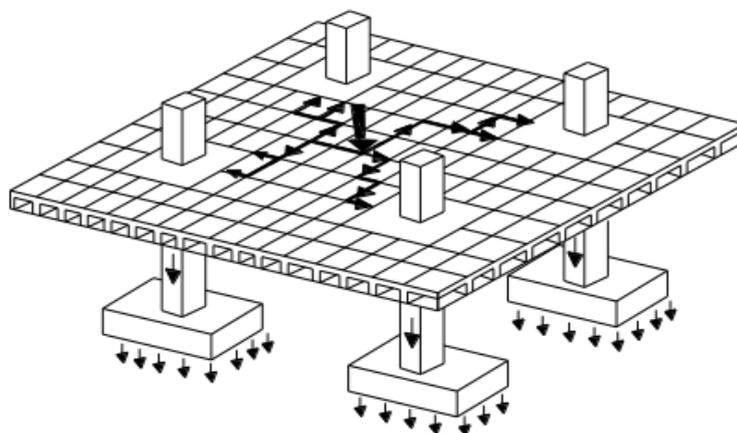


Figura 4: Trajectoria das cargas nas lajes aligeiradas(Trindade, 2009).



Figura 5: Secção transversal da zona aligeirada de uma laje fungiforme aligeirada(Tesouro, 1991).

2.3.3.1.Laje Fungiforme aligeirada com blocos perdidos

As lajes fungiformes aligeiradas com blocos perdidos (figura 6) são constituídas essencialmente por betão armado e por blocos de betão leve ou de poliestireno expandido, os quais funcionam como cofragem perdida. Estes blocos proporcionam uma redução do peso da laje e um bom isolamento térmico e acústico. Entre as principais vantagens deste tipo de pavimento destacam-se o seu peso leve e o seu custo relativamente baixo [4].

Segundo Carvalho(2008), estes pavimentos são económicos para vãos na ordem de 6 a 10m.



Figura 6: Laje fungiforme aligeirada com blocos perdidos(Ramos, 2006).

2.3.3.2.Laje fungiforme nervurada com moldes recuperáveis

Estes pavimentos são realizados a partir de moldes recuperáveis, os quais apos endurecimento do betão são retirados. O molde recuperável tem como funcionalidade o aligeiramento da laje e a cofragem da mesma (figura 7).

As lajes aligeiradas com moldes recuperáveis são utilizadas para abranger vãos entre 6 a 12m [2].



Figura 7:Laje aligeirada com moldes recuperaveis(FERCANORTE, 2011).

2.4.Características, dimensões e geometrias básicas dos elementos que constituem a laje fungiforme

De acordo com Jimenez Montoya et al (2001), é necessário ter em conta algumas indicações praticas sobre as dimensões dos elementos que constituem este tipo de lajes. No entanto, geralmente as normas exigem dimensões mínimas a considerar no dimensionamento de tais elementos.

2.4.1.Espessura da laje fungiforme

A espesura minima das lajes fungiformes para resistência a ações verticais, pode ser condicionada por tres fatores:

- Maior vão(em função da relação vão/espessura), representado pela tabela.
- Deformações(cujos critérios de controlo estão descritos no ponto 7 do eurocodigo 2);
- Esforços atuantes (com especial preocupação junto aos pilares onde se encontra maior concentração de esforços-necessidade de verificar resistência ao punçoamento).

LAJE FUNGIFORME	Esbelteza L/H	H [m]										
		L [m]										
		4	5	6	7	8	9	10	12	20		
Laje maciça	30	0.15	0.20									
Laje aligeirada	30			0.25		0.30	0.35	0.45				

Tabela 1:Espessura de lajes fungiformes em função do maior vão (Martins, João G. 2009)

Com o objetivo de controlar a deformada o Eurocódigo 2 (2010), no ponto 7.4.2, limita a relação vão/altura útil. Tendo em conta a altura útil pode ser determinada a partir da espessura mínima que a laje deve ter.

Segundo o Eurocódigo 2(2010), no caso de lajes fungiformes cujo vão maior seja superior a 8,5m e suportem divisórias que devido a flechas excessivas corram o risco de ser prejudicadas, a relação vão/altura útil devem ser multiplicada por $8,5/leff$ ($leff$ em metros). Sendo $leff$ definido no ponto 5.3.2.2 (1) do mesmo regulamento.

Relativamente a camada de compressão, no caso das lajes aligeiradas, o Eurocódigo 2(2010), exige uma espessura superior a $1/10$ da distância livre entre nervuras ou a 50mm, de acordo com a figura.

Com o fim de melhorar o comportamento mecânico e resistente da laje e a sua durabilidade devera aumentar-se a espessura da camada de compressão. No entanto, isto conduz a um aumento do peso próprio do elemento.

2.4.2.Capiteis

O capitel é o alargamento da secção na zona superior do pilar ou espessamento da laje na zona dos pilares. Atualmente, o seu campo de aplicação tem ficado reduzido às construções do tipo industrial e a espaços comerciais, devido às elevadas sobrecargas que estes tipos de construções conduzem (Tesoro, 1991). Estes elementos têm como objetivo resistir aos momentos e aos esforços de corte na zona do pilar. É importante destacar que a dimensão em planta dos capitéis é de um décimo ou um nono do menor vão adjacente. A secção do capitel deve formar um ângulo não superior a 45° com o eixo do pilar (Figura 9). A partir desse ângulo deve considerar-se como uma zona não útil do ponto de vista resistente [1].

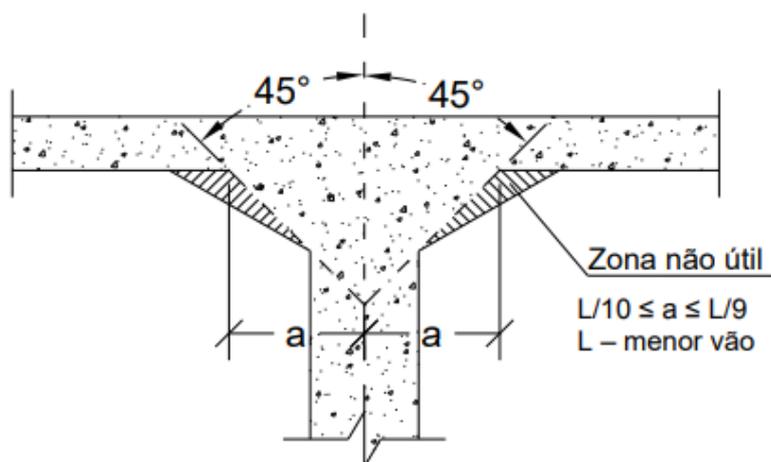


Figura 8:Dimensões do capitel (Tesoura, 1991).

2.4.3.Zonas Maciças junto aos pilares

Nas lajes aligeiradas assim como maciças existem maciços junto aos pilares, os quais tem como função fundamental conduzir aos pilares as cargas que recebem das nervuras e resistir ao punçoamento.

A altura destes maciços é a mesma da laje, encontrando-se portanto embebidos na própria laje. No entanto, quando existem grandes concentrações de esforços na zona dos pilares estes podem ter uma espessura maior à da laje, formando um capitel. Relativamente ao tamanho, os maciços devem ter no mínimo 0,15 vezes o vão correspondente, medido do eixo do pilar até ao bordo, como mostra a Figura 10. Porém, estes são muitas vezes condicionados pela geometria dos blocos de aligeiramento, o que leva a tamanhos superiores ao exigido (Tesoro, 1991)

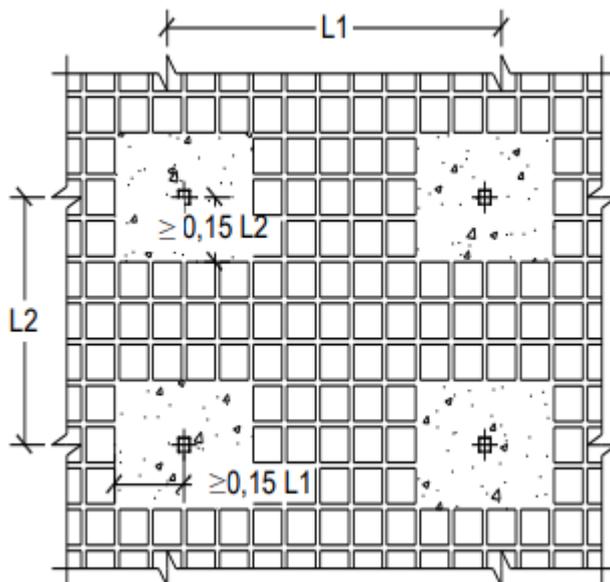


Figura 9:Tamanho mínimo dos maciços juntos aos pilares(Tesoro, 1991).

Quando o pilar é de bordo e a laje para o exterior deste está em consola, como mostra a Figura 11 a), por questões de segurança, uma vez que as normas não fazem referência às dimensões a ter em conta nestas situações, pode-se considerar a regra da compensação, que consiste em dar a mesma dimensão ao maciço do lado interior da laje e do lado em consola. Para consolas que não excedam um metro, (Figura 11 b)), é aconselhável dar continuidade ao maciço até o extremo da laje (Tesoro, 1991).

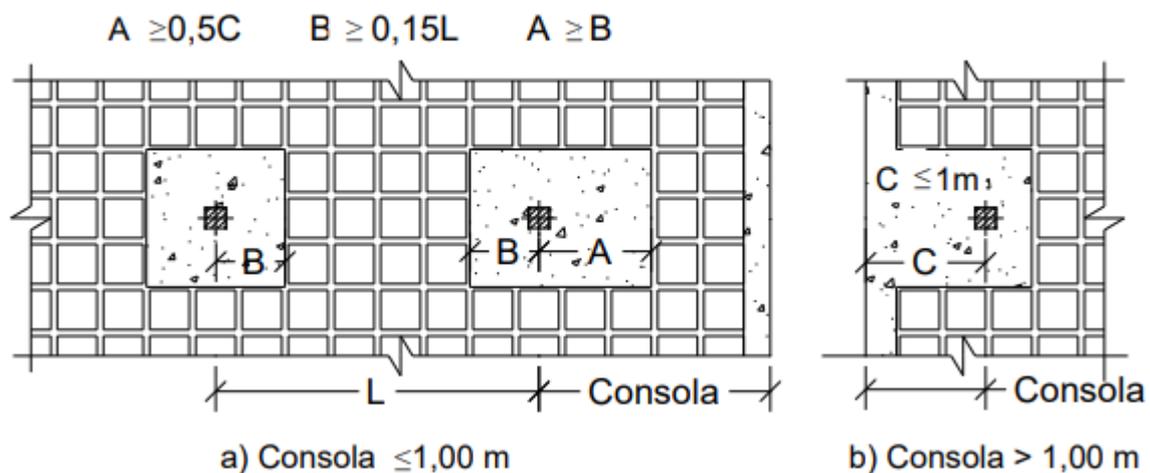


Figura 10: Critérios de dimensionamento em maciços em consola (Tesoro, 1991).

2.4.4. Nervuras

Com a finalidade de que as nervuras transversais tenham rigidez de torção suficiente, o Eurocódigo 2 (2010), refere as seguintes exigências: uma distância máxima entre nervuras de 1500 mm, uma altura da nervura abaixo da camada de compressão que seja inferior a quatro vezes a sua largura e que a distância livre entre nervuras transversais não exceda 10 vezes a espessura total da laje.

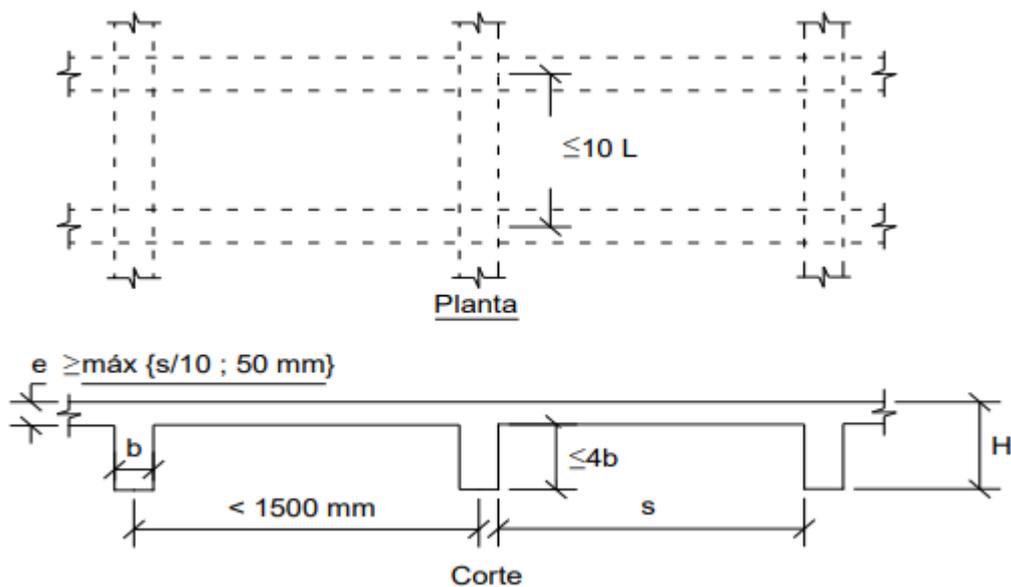


Figura 11: Condicionantes geométricas segundo o Eurocódigo 2 para lajes aligeiradas (Trindade, 2009).

A modelação das nervuras é imposta pela geometria da planta do edifício, e deve ser realizada com o objetivo de obter um melhor traçado do ponto de vista construtivo e estrutural. Para mudar a direção das nervuras, normalmente é necessário simplesmente uma redução dos excessos do betão que se originam nos bordos, quando estes não se encontram paralelos as nervuras (Tesoro, 1991).

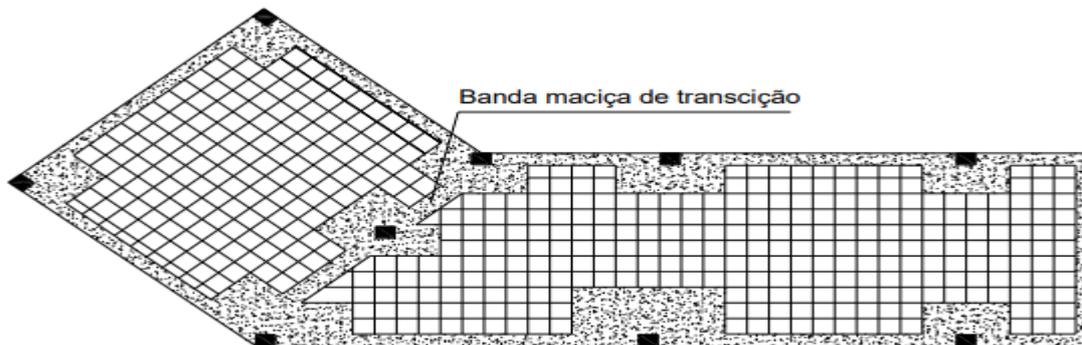


Figura 12: Modelação das nervuras em planta (tesoro, 1991).

2.4.5. Bandas Maciças

De modo a melhorar o comportamento da laje face aos esforços de membrana resultantes das ações sísmicas, nas lajes fungiformes aligeiradas, recorrem-se a bandas maciças nos alinhamentos dos pilares, como é ilustrado na figura 14.

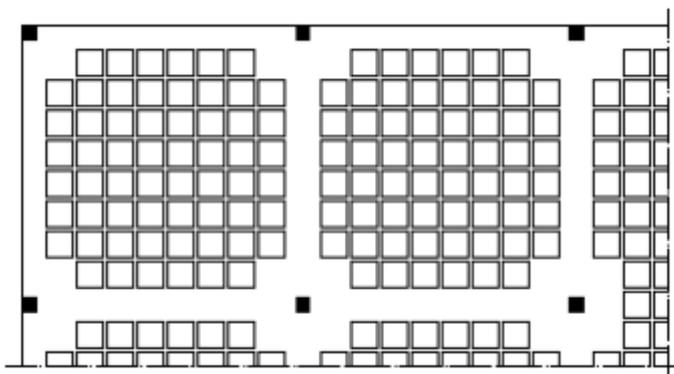


Figura 13: Bandas Maciças

Estas bandas servem também para acertar os moldes com o vão, nas situações em que não seja possível colocar um número certo de moldes no vão.

2.4.6. Vigas de Bordadura

As vigas de bordadura são elementos de grande importância devido às funções que desempenham, nomeadamente (Tesoro, 1991):

- ✓ Unem o bordo da laje aos pilares;
- ✓ Suportam de forma direta os elementos da fachada;
- ✓ Por meio dos estribos ajudam a resistir e a evitar o punçoamento da laje nos pilares de bordo e de canto, sendo estes os mais desfavoráveis;
- ✓ Melhoram o comportamento às ações horizontais;
- ✓ Redistribuem os esforços irregulares.

2.5. Vantagens e Desvantagens das lajes fungiformes

Segundo Trindade (2009) e Faria (2010), cada vez mais no sector da construção de edifícios de betão armado, recorre-se às lajes fungiformes, devido às vantagens que estas proporcionam, entre as quais se destacam:

- ✓ Menor espessura, o que leva a uma altura menor do edifício;
- ✓ Tectos planos, conduzindo a facilidade nas instalações de condutas;
- ✓ Flexibilidade para a colocação de divisórias;
- ✓ Facilidade de execução, dado que as vigas são embebidas na própria laje;
- ✓ Os pilares podem ser distribuídos de acordo com as necessidades do projeto de arquitetura, sem necessidade de estarem alinhados.

No entanto, a utilização deste tipo de lajes conduz a determinados problemas, os quais se devem muitas vezes à reduzida dimensão de apoios, sendo estes:

- ✓ Concentração de esforços como flexão e punçoamento nos apoios;
- ✓ Comportamento sísmico;
- ✓ Deformação.

3.CASO DE ESTUDO

3.1.Solução Estrutural Adoptada

A solução estrutural adotada, para a execução deste edifício, foi lajes fungiformes maciças de betão armado apoiadas diretamente em pilares, com afastamento máximo dos pilares de 7m, e paredes de betão armado. Sendo que as lajes estão sujeitas a forças concentradas foram dimensionadas armaduras de reforços integradas na laje, de modo a resistir ao punçoamento e vigas de bordadura embutidas. As lajes são compostas por duas malhas duplas (inferior e superior) e apresentam uma espessura de 23cm.

As cargas verticais são transmitidas para as lajes, destas para os pilares e são absorvidas pela fundação adotada(Fundações profundas). A transmissão das cargas horizontais provocadas pelo vento e sismo seguem a mesma ordem das cargas verticais, embora sejam transmitidas de forma horizontal para as lajes.

Os pilares são de secção retangular, dispostos de acordo com a arquitetura, e dimensionados de modo a suportar os esforços. Os muros são dispostos e dimensionados de modo a suportar os esforços de impulsão dos solos, e transmitir as cargas à fundação, em geral apresentam uma espessura de 25 cm . Para tornar a estrutura mais resistente as ações horizontais, foi dimensionada uma caixa de escadas e elevador, com paredes internas(divisorias) de 25 e externas de 30 cm de espessura. Devido a sua elevada rigidez, a caixa proporciona ao edifício uma grande vantagem contra as ações horizontais, isto é, proporciona ao edifício uma estabilidade global

3.2. Localização:

O projecto foi implantado num lote situado no bairro da pola Caniço, em Maputo, na rua Rio Inhamiara, com área 1394,81m².

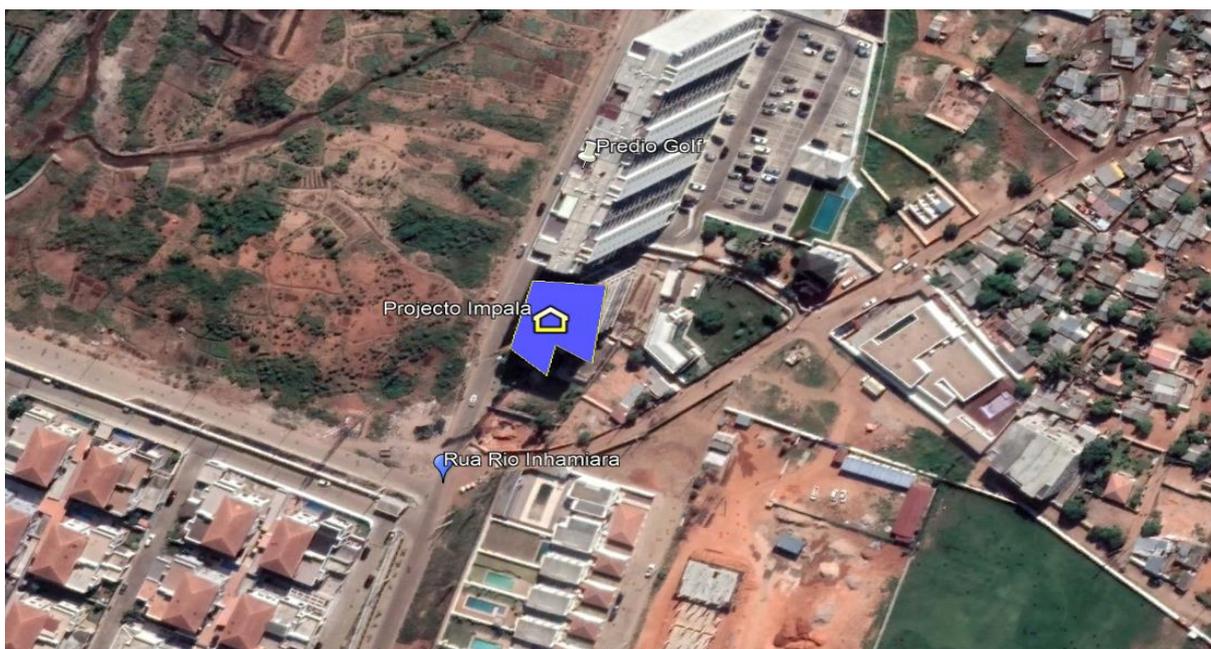


Figura 14: Localização do edifício em implantação (Fonte-Google earth)

A envolvente já possui algumas edificações com destaque para o edifício também de habitação multifamiliar no lado Nordeste do lote (Prédio Golf). O edifício esta implantado com afastamento frontal de 10.88m

3.3. Descrição da arquitetura do edifício

O edifício implantado possui 18 pisos acima do solo (incluindo terraço) e um piso enterrado, dos 18 pisos, 16 pisos estão destinados a habitação, o piso térreo para comercio, o terraço possui um acesso com escada para manutenção do elevador e tanques de água.



Figura 15:Alçados do edifício

Cada piso possui 2 apartamentos do T3 cada, cuja área é de 240m², constituídos por um quarto suite, e 2 quartos comuns, 3 casas de banho, uma de servidão aos quartos, a segunda para visitas e a terceira para serviços.

Na fachada frontal e posterior do edifício, os apartamentos possuem varandas. A varanda frontal, orientada a Noroeste, permite o acesso ao Wc de serviços e á zona de lavandaria exterior que esta protegida por elementos de proteção solar. No piso térreo a pala de projeção/proteção estende-se lateralmente para proteger das intempéries o passeio de acesso ao edifício e loja, o acesso em rampa para a cave e minimizar a entrada de águas pluviais para a cave na cota inferior.

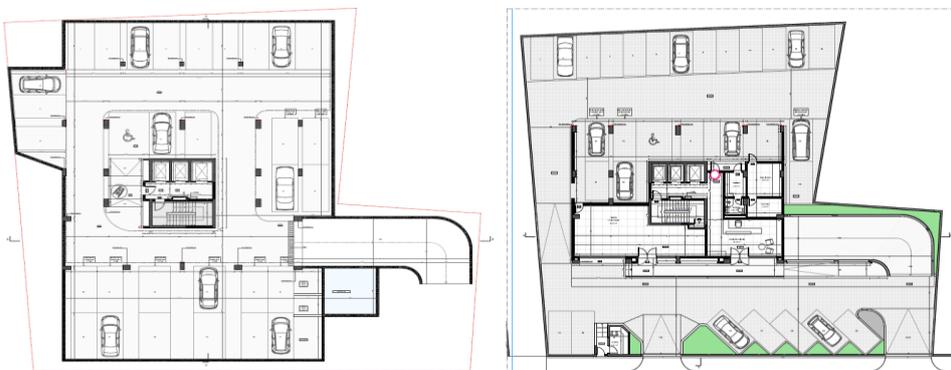


Figura 16:a) Planta da cave

b) Palanta do Rés do chão respetivamente

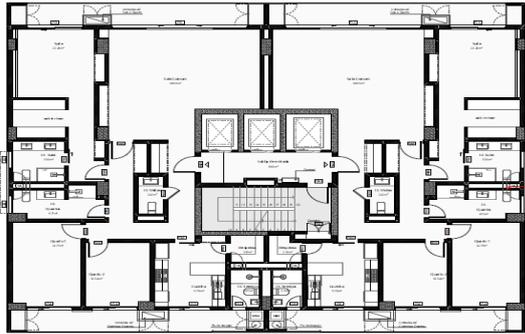


Figura 17: Piso tipo 1 até 16Andar

3.4. Descrição da solução estrutural

O projecto estrutural foi concebido em lajes fungiformes maciças, apoiadas diretamente nos pilares e nas paredes de betão armado

A laje possui uma espessura de 0,23m, é constituída por vigas de bordaduras e capiteis embutidos de reforço ao esforço de punção.

A solução estrutural é constituída por núcleos centrais(Caixas de elevadores e escadas), que proporcionam maior rigidez a estrutura e naturalmente a estabilidade global relativamente as acções horizontais.

Relativamente as fundações adotou-se uma solução de estacas profundas, encabeçados por maciços de encabeçamento que são interligados com as vigas de equilíbrio.

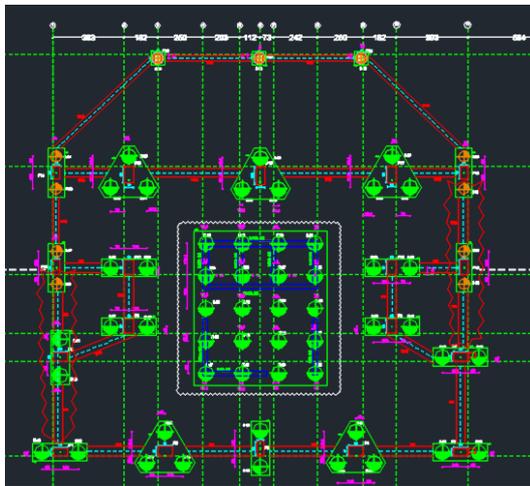
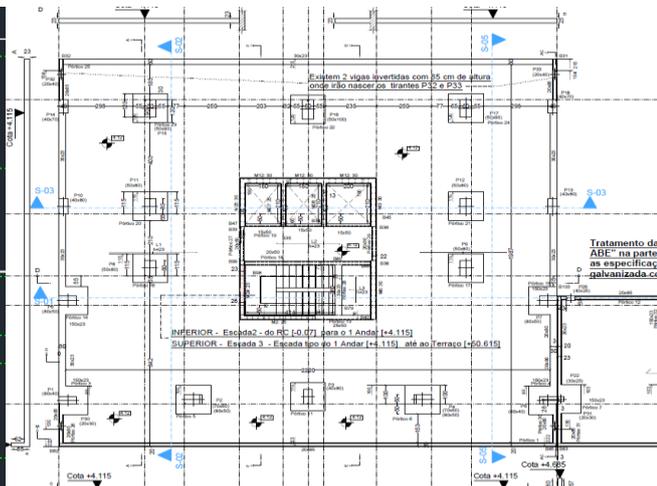


Figura 18: a) Planta de fundações



b) planta estrutural do 1 Andar

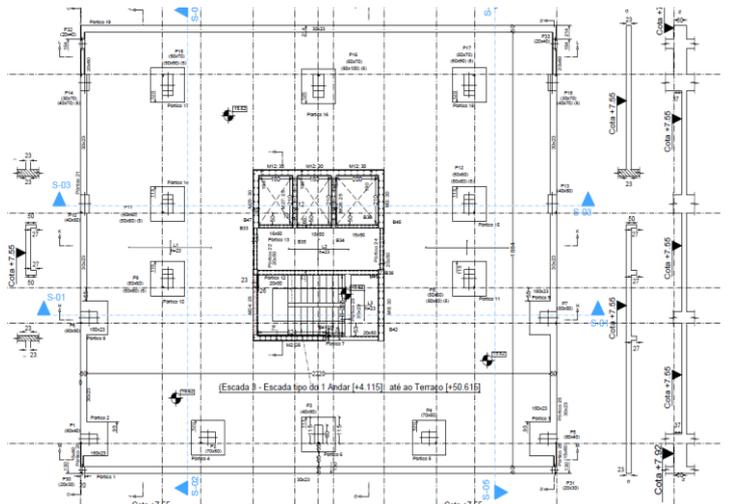


Figura 19: Planta Estrutural tipo

3.5. Especificações dos Materiais Utilizados

Para os elementos estruturais por executar, os materiais usados de acordo com o projecto são os descritos na tabela.

Quadro de características de materiais e recobrimentos				
Elementos estruturais em geral	Classe de resistência do betão		B35 (C30/37)	
	Classe de exposição ambiental		Agressivo	
	Classe de teor de cloretos		Cl 0,2	
	Dimensão máxima do agregado		20 mm	
	Classe de consistência do betão		S3	
	Recobrimentos (mm)	Lajes		30
		Vigas		30
Pilares e Muros		30		
Parede		30		
Escadas		30		
Elementos em contacto com o solo	Classe de resistência do betão		B35 (C30/37)	
	Classe de exposição ambiental		Muito agressivo	
	Classe de teor de cloretos		Cl 0,4	
	Dimensão máxima do agregado		30 mm	
	Classe de consistência do betão		S3	
	Recobrimentos (mm)	Estacas		70
Maciços		50		
Aço em varão			A400	
Regularização de fundações e outros enchimentos			B15	

Tabela 2: Características de materiais e recobrimentos

Quanto a classe de consistência do betão, devido as condições climáticas, e a duração da betonagem dos elementos estruturais, foi-se ajustando a classe de consistência para S4.

3.6. Acompanhamento da Obra

3.6.1. Execução de Fundações profundas

As fundações que foram adotadas para o projeto são as estacas profundas, foram dimensionadas 64 estacas, das quais 32 são de 800mm de diâmetro e as restantes 32 são de 600mm.

A sua execução obedeceu aos seguintes passos:

i. **Marcação da posição das estacas** – Nesta fase o topógrafo fez a marcação da posição das estacas em função do plano diário de execução das mesmas, com ajuda dos seus equipamentos e sua equipe, e com vista a ilustração da marcação, enterrou um pedaço de ferro no centro da estaca.

ii. **execução da estaca** – a estaca foi executada posicionando-se a ponta do trado de hélice continua no topo do ferro de marcação que anteriormente foi semi-enterrado, certificado o posicionamento do trado, iniciou-se a perfuração, que foi feita de forma continua sem retirar-se o trado, e só depois de ser atingida a profundidade de 13m, onde a ponta da estaca assenta, é quando se começou com a retirada do trado, que é feita em paralelo com a injeção do betão, através da tubagem existente no centro do trado, a medida que o trado é retirado, o buraco é preenchido por betão.

Após a betonagem fez-se a introdução da armadura da estaca, e no momento da introdução vibra-se a armadura para facilitar a sua introdução e simultaneamente a compactação do betão.



Figura 20: Perfuração de estacas (Fonte-autor)

3.6.2. Escavações para exposição das cabeças das estacas

Na escavação, os cuidados básicos dizem respeito à programação das etapas da escavação, As etapas foram estabelecidas em função dos volumes de terra a

escavar ou remover. Em princípio, em lotes não muito grandes, a escavação geralmente avançava do local de carregamento para o ponto mais afastado.



Figura 21: Escavações e remoção de solos

3.6.3. Arrasamento das estacas

O arrasamento de estaca é a cota em que deve ser deixado o topo de uma estaca, por tanto para se realizar este trabalho, foi necessário fazer-se o rebaixamento do nível freático, visto que a cota de arrasamento encontrava-se a baixo do nível frático, e havendo necessidade de uma plataforma seca para a realização das actividades de arrasamento fez-se o rebaixamento do nível freático.

O rebaixamento do nível freático consistiu em bombear a água que afluía à escavação para o exterior desta. Recolheu-se a água que afluía à escavação por trincheiras e sistemas de caleiras e conduziu-se-a por gravidade, até um poço de recolha , de onde foi bombada para o exterior. Em todas trincheiras de escoamento da água colocou-se leito de pedra, de modo a criar uma plataforma de trabalho acessível.



Figura 22: Rebaixamento do nível freático

Por tanto foi demolida a cabeça da estaca usando o broboquim, e com o recurso disco diamante delimitou-se a cota de arrasamento de modo que se limitasse a propagação das fissuras causadas pela demolidora e a deixar a superfície de arrasamento lisa .A cota de arrasamento foi definida de modo a deixar a estaca penetrar no maciço de encabeçamento em um comprimento de 5cm e a armadura da estaca penetrou 80cm,100cm e 125cm para diâmetros de 16, 20 e 25mm respetivamente.



Figura 23:a) Arrasamento de estacas

b)betão de limpeza para execucao de macicos de encabeçamento (Fonte-autor)

3.6.4. Execução de Maciços de encabeçamento

Os Maciços de encabeçamento são estruturas de betão armado que têm a função de distribuir as cargas dos pilares a elementos de fundações profundas(estacas).

A sua execução obedeceu os seguintes passos:

I.Armação do Maciço e arranques dos pilares

Antes da modelagem da armadura do maciço, foi feita a marcação da posição do pilar e do maciço pelo topografo, após a marcação iniciou-se a modelagem do maciço, obedecendo os espaçamentos e os empalmos especificados no projecto.



Figura 24:Armação dos maciços(Fonte-autor)

II.Cofragem dos Maciços e Vigas de equilíbrio

As cofragens convencionais de madeira para estruturas de betão armado de edifícios comuns geralmente não são calculadas, a não ser em casos especiais, como peças de grande altura e pecas para grandes vãos. As cofragens são então executadas de acordo com a prática dos mestres de obra, sendo superficialmente verificadas pelo

engenheiro. Os maciços e as vigas foram cofradas de forma faseada, devido a limitação de material de cofragem e volume do trabalho, gerou-se juntas de betonagens ao longo das vigas de equilíbrio, e a betonagem foi realizada em 3 fases ate completa-se a base da fundação.



Figura 25:Cofragem dos maciços e vigas de equilíbrio

III.Betonagem dos Maciços de encabeçamento e Vigas de equilíbrio

O pressuposto para a betonagem é que o betão deve ser colocado e compactado de modo a assegurar que todas as armaduras e elementos a integrar no betão fiquem adequadamente embebidos e que se obtenha a resistência e durabilidade pretendida da estrutura.

O transporte de betão á obra foi feito por meio de camiões-betoneiras, e á elementos por betonar foi feito por meio de camião-bomba.

A betonagem foi realizada em camadas de 50/60cm, de modo a garantir a vibração de menores camadas de betão, afim de eliminar os vazios e garantir o recobrimento da armadura e adaptar a massa, tornando-a mais compacta, e com um bom acabamento.



Figura 26:Betnagem dos Maciços, vigas de equilíbrio e Descofrangem dos mesmos(Fonte-autor)

3.6.5. Execução da Estrutura

3.6.5.1. Execução dos Muros de contenção

Muros são estruturas corridas de contenção de parede vertical ou quase vertical, apoiadas em uma fundação rasa e sobre as vigas de equilíbrio, executados em betão armado.

Os muros executados tinham como propósito conter os solos da cave.

A sua execução obedeceu os seguintes passos:

i. Armação dos muros

A armadura é preparada no estaleiro da obra, tendo se colocado os arranques verticais dos muros anteriormente, sobre as sapatas ou vigas de equilíbrio, empalmou-se as armaduras verticais, e armou-se as cintas na horizontal formando malhas duplas, que são espaçadas por eclipses de formato s, garantindo assim a secção útil do muro, e o recobrimento do mesmo.



Figura 27: Armação dos Muros de contenção

ii. cofragem e fita hidroexpansiva

De modo a evitar a infiltração da água no interior da cave, em todas as juntas de betonagem, horizontais e verticais colocou-se a fita hidroexpansiva que tem como objetivo estanquear as juntas de betonagem (Verticais e horizontais), de modo que a água do exterior não infiltre por meio das juntas para o interior da cave.

Após a colocação da fita, fez-se a cofragem do muro, usando materiais convencionais, chapas de madeiras, e respetivos dispositivos para ancorar a cofragem.



Figura 28:Fita hidroexpansiva(fonte-autor)

3.6.5.2.Execução dos pilares

Os pilares são elementos verticais que recebem as cargas provenientes da laje e transmitem-nas a fundação. No projecto do edifício estes apresentam diversas secções, consoante a sua solicitação.

A sua execução obedeceu os seguintes passos:

i. Marcação dos Pilares

A marcação da posição dos pilares foi realizada pelo topografo, sendo que o arranque dos pilares já estava disposto, foi-se verificando o desvio dos mesmos, e foi feita a devida correção.

II.Armação dos pilares

A representação da armadura de pilar é feita por secções transversais, com indicações minuciosas da posição das armaduras e dos respectivos diâmetros.

A armadura dos pilares foi primeiramente preparada no estaleiro da obra, conforme os comprimentos e as disposições dos estribos especificadas no projecto, e foi executada a montagem no estaleiro da obra, para posteriormente implantar-se na sua posição especificada, empalmando com a armadura de arranque do pilar.



Figura 29:Armação dos pilares

III. Cofragem dos pilares

Para cofragem dos pilares foram usados painéis modulares aprumados nas duas direções, com o auxílio das escoras, o escoramento é uma das fases mais importantes na cofragem de um pilar, para que se possa garantir uma boa dissipação de esforços, para que não se corra o sério risco de que, no dia da betonagem, ocorra a rotura ou tombamento da cofragem.



Figura 30: Cofragem dos pilares(Fonte-autor)

IV. Betonagem dos Pilares

O transporte do betão ate o pilar foi realizado através da bombagem, e para reduzir a altura da betonagem de modo a evitar a segregação do betão devido a altura de queda, o pilar foi enchido em camadas inferiores a 60cm vibradas de forma faseada, e foi vibrado nesta sequência, ate atingir a cota de enchimento do pilar especificada.

V. Descofragem dos Pilares

A descofragem dos pilares foi feita apos uma média de 15h da betonagem, para que fosse satisfeita a segurança em relação a rotura das peças desmoldadas, mas também para que não se verificasse deformações e fendilhações inconvenientes.

E foi feita com o cuidado de se evitar choques no elemento.



Figura 31: Descofragem dos pilares(Fonte: autor)

3.6.5.3. Execução do Núcleo Central (Caixa de elevadores e escadas)

O Núcleo central é constituído por elementos verticais que são designados por pilares-paredes.

São elementos de superfície plana ou casca cilíndrica, usualmente dispostos na vertical e submetidos, preponderantemente, a esforços de compressão. Podem ser compostos por uma ou mais superfícies associadas. Para que se tenha um pilar parede, em algumas dessas superfícies a menor dimensão deve ser $1/5$ da maior, ambas consideradas na secção transversal da parede.

A sua função principal é permitirem transmitir cargas verticais elevadas as fundações, para além de funcionar como elementos de elevada rigidez, visto que restringem deslocamentos laterais e de torção produzidos por cargas horizontais.

O núcleo central foi assente sobre um maciço de encabeçamento com 180cm de altura e 730cm*840cm de área.

A sua execução obedeceu os seguintes passos:

i.Armação dos pilares-paredes

A armação dos pilares paredes também foram moldados no local, estes não levam estribos segundo o projecto, mas sim eclipses que unem as duas malhas garantindo assim a secção útil das paredes.



Figura 32: Armação dos pilares-parede, poço do elevador (Fonte-autor)

II.Cofragem dos pilares-parede

No poço do elevador a cofragem usada foi convencional, Pranchas de madeira fixadas entre si por meio de castanhas e tinjas.



Figura 33:Cofragem dos pilares parede do poço do elevador(Fonte-autor)

iii.Betonagem dos Pilares-Parede

A betonagem dos pilares-Parede, foi realizada da mesma forma que todos os elementos verticais(pilares).

IV.Impermeabilização dos Pilares-parede

A impermeabilização dos pilares-paredes é foi feita na parte externa (Poço do elevador) que estará em contacto directo a água do lençol freático. A infiltração nos elementos de

betão é um problema sério. Ela pode causar a corrosão das armaduras devido a presença de elementos químicos no líquido infiltrante.



Figura 34: Impermeabilização dos pilares Parede, Poço do elevador (Fonte-autor)

3.6.5.4. Laje de pavimento

A laje de betão representa uma camada resistente que suporta diretamente as ações a que o pavimento está submetido (Ações, dinâmicas e estáticas) e transmite as cargas diretamente para o solo, é geralmente reforçada com armadura convencional aço em varão constituindo uma malha.

A laje de pavimento a executar terá como função estacionamento, isto é, será executada na cave do edifício.

A sua execução obedeceu os seguintes passos:

I. Reaterro e compactação da base da laje de pavimento com areia vermelha

O reaterro da camada base da laje de pavimento foi feita depois da preparação adequada do terreno para receber o aterro, especialmente quanto à retirada da vegetação e entulhos de demolições eventualmente existentes, o aterro foi realizado em uma altura de 1.40m no máximo, que foi subdividida em subcamadas de 10cm devido a capacidade da compactadora. A cada subcamada após ter sido espalhada, regou-se e compactou-se. A última camada, leito da laje de pavimento é constituída por pó de pedra, também espalhada e compactada em camada de 10cm de espessura.



Figura 35: a) Aterro

b) compactação dos solos

II. Nivelamento da camada base

A camada base é constituída por tuvenal (pedra e pó de pedra) com uma espessura de 15cm, compactada anteriormente, e nivelada conforme os declives da laje de pavimento de modo a permitir o escoamento das águas interiores até a caixa de bombagem da cave.



Figura 36: Nivelamento da camada base (Fonte-autor)

II. Armação da malha da laje de pavimento.

A laje foi armada com uma malha (nas duas direções) com aço de diâmetro 8mm espaçado a 15cm. Apoiada sobre pavês de 5cm. Antes da colocação da malha foi colocado o plástico impermeabilizante, para impedir o contacto direto do betão com a camada base da laje do pavimento.



Figura 37: a) Armação da malha da laje b)Recobrimento da laje (Fonte autor)

II. Betonagem da laje de pavimento:

O betão é lançado através de um camião-bomba, espalhado e vibrado por uma régua vibratória.



Figura 38: Betonagem da laje de pavimento (Fonte-autor)

III.Acabamento Superficial

A régua vibratória realizou uma primeira regularização da superfície, deixando sempre algumas imperfeições sobre o pavimento. Para proceder a um alisamento, colmatou-se as falhas deixadas pela régua vibratória, alisou-se a superfície com a talocha, equipamento operado manualmente.

Quando o betão começou a ganhar presa, recorreu-se ao helicóptero (Talochas mecânicas), para efetuar-se o afagamento do betão.



Figura 39: Afagamento da laje de pavimento (Fonte-autor)

IV. Juntas de dilatação

As juntas são um elemento construtivo que devem permitir os movimentos de retração e dilatação do pavimento por forma a que, em qualquer ponto do pavimento, a tensão máxima de tracção não ultrapasse a resistência à tracção do betão.

Após ter-se a certeza que o betão atingiu a resistência suficiente para suportar as máquinas e os operadores, previamente fez-se a marcação por onde o corte foi efetuado. E de seguida fez-se o corte até uma profundidade de 75mm usando o equipamento ilustrado na figura 42.



Figura 40: Juntas de dilatação das placas

3.6.5.5. Execução de lajes fungiformes maciça constante

lajes são elementos estruturais bidimensionais com a altura muito inferior as outras direções (Comprimento e largura). Estas realizam a interface entre os pavimentos numa edificação, e transmitem as ações a que estão sujeitas diretamente para os pilares.

A sua execução obedeceu os seguintes passos:

I. Cofragem da laje

O material usado na cofragem deve ser capaz de resistir a qualquer ação a que fiquem submetidos durante a construção, suficientemente rígidos para não sofrerem deformações excessiva, serem suficientemente estanques para não permitirem a fuga da pasta ligante.

Posicionou-se os prumos, segurados por tripés com espaçamento suficiente para receber as duas extremidades das docas (Vigotas de madeira), as vigotas principais e secundarias foram espaçadas em 100cm e 40cm respetivamente. Para garantir segurança e boa fixação na zona de encontro entre duas vigotas principais foi usada a cabeça de prumos.



Figura 41: Cofragem da laje do R/Chão (Fonte-autor)

Com a estrutura de madeira devidamente escorada, foram colocadas as chapas de cofragem em madeira e fixadas por meio de pregos sobre a estrutura, e por fim a laje foi escorada a cada 1m², antes de receber qualquer carregamento (Armadura).



Figura 42: Colocação das chapas de madeira e estaqueamento(Fonte-autor)

II.Armação da laje

O processo iniciou com a colocação dos pórticos (Capiteis, vigas de bordadura e vigas de travamento do Núcleo central).

Posteriormente iniciou-se com a malha inferior depois da colocação dos espaçadores de 3cm que garantem o recobrimento das armaduras.

Os capiteis são armaduras de reforço em relação ao esforço de punçoamento, e estes são embutidos na laje.

Terminada a malha inferior, fez-se a armação da malha superior que é separada da inferior por meio de cavaletes.



Figura 43:a)Armadura de reforço ao punçoamento

b)Armação da laje do R/Chão (Fonte-autor)

III.Negativos na laje:

Nos projectos de outras especialidades estava previsto o uso de corretes para passagem de tubos e cabos para diversos fins. Por tanto estas zonas são deixadas abertas (Não são betonadas) com pequenas caixas, e em alguns pontos com pequenos tubos (para instalações hidráulicas) e na parte exterior são reforçadas com armaduras de reforço de negativos.



Figura 44: Reforço de negativos da laje (Fonte-autor)

IV. Betonagem da laje:

O lançamento do betão da laje foi realizado por meio do caminhão bomba, espalhado e nivelado com ancinho e régua respetivamente, anteriormente vibrado em vários pontos em cada metro quadrado.



Figura 45: Betonagem da laje do R/Chão (Fonte-autor)

v. Descofragem

No caso da laje, a descofragem aconteceu em duas fases, de acordo com o regulamento. Sete dias após a betonagem, tempo suficiente para o betão atingir 65% da sua resistência, mas para assegurar-se que realmente atingiu a resistência, confrontou-se os resultados do ensaio dos cubos, e após confirmar-se a conformidade, prosseguiu-se com a descofragem, inicialmente escorou-se a laje diretamente na laje e retirou-se as vigotas de cofragem, e por fim retirou-se as pranchas de madeira, mantendo a laje escorada.

3.6.5.6. Execução de Escadas

As escadas são elementos estruturais que complementam a estrutura do edifício e que, normalmente, são formados pela combinação de elementos estruturais básicos. A escada que foi executada era de 2 lanços e cada lanço possuía 9 degraus, com um patamar de descanso intermedio.

A sua execução obedeceu os seguinte passos:

I. Cofragem das escadas

A execução da cofragem de escadas deve ser executada com muita cautela e com alguma atenção, verificando-se o espaço disponível, a altura que a escada deve vencer, é um processo de cofragem cuidadoso para que todos degraus sejam simétricos. Primeiro montou-se a estrutura que irá suportar as pranchas de madeira, nomeadamente prumos vigotas de madeira e posteriormente fixou-se as pranchas de madeira. Após a amarração dos lanços e dos patamares, colocou-se os moldes para fazer os degraus das escadas.



Figura 46: Cofragem da escada da cave até R/Chão(Fonte-autor)

II.Armação da armadura das escadas

Composta por malha dupla, superior e inferior respetivamente, armada ao longo do lanço e do patamar da escada. Na zona do patamar, armadura é fixada nos pilares-parede da escada, por meio de perfuração e introdução do epóxi para escorar a armadura.



Figura 47:Armação da escada (Fonte-autor)

III.Betonagem

A escada é betonada no mesmo período que a laje, mas com um betão de classe de consistência diferente com o da laje, isto é, a escada foi betonada com betão de classe de consistência S3 enquanto que a laje foi S4, isto para permitir a melhor trabalhabilidade na escada no momento da vibração e nivelamento, se o betão for muito fluido, devido a rampa da escada, estará instável.

Caso de Obra

3.6. Actividades executadas para o controle e garantia de qualidade:

O controle de produção consiste num conjunto de acções exercidas durante a execução da obra com vista a obter um grau razoável de garantia de que as condições que lhe são exigidas serão satisfeitas.

Este controle deve incidir sobre os materiais e sobre o modo como é executada a obra.

As características dos materiais a utilizar devem ser verificadas á chegada ao estaleiro, podendo para este efeito ser tidos em conta eventuais controles a que tenham sido sujeitos durante a sua produção. No caso de tais controles oferecerem as necessárias garantias, estas acções podem limitar-se a simples operações de identificação.

3.6.1. Recebimento e Armazenamento do aço:

O aço das armaduras deve estar em conformidade com a Norma Europeia para as armaduras de aço, quando disponível e com as disposições validas no local da construção.

Em obra a garantia da observação desta norma é requerida no momento de aquisição da armadura, isto é, requisitada em fornecedores com certificação de qualidade, e para cada fornecimento do aço, deverão apresentar o certificado de qualidade do aço fornecido.

O aço em obra é armazenado sobre a laje da cobertura da cave.

foi armazenado de modo a evitar deteriorações tais como:

Deposição na superfície de substâncias que possam prejudicar quimicamente o aço ou o betão ou que tenham efeito desfavorável sobre a aderência

A superfície das armaduras deve estar livre de ferrugem solta e de substâncias prejudiciais que possam afetar desfavoravelmente o aço, o betão ou a aderência entre ambos.



Figura 48: Armazenamento da armadura (Fonte-autor)

3.6.2. Produção (Preparação das Armaduras)

O diâmetro de dobragem deve ser o requerido conforme especificado no EN1992-1-1 -

-A curvatura máxima que pode ser imposta a uma armadura foi tal forma que não afectasse a resistência desta e não provocasse o esmagamento ou fendimento do betão por efeito da pressão que se exerce na zona da curva.

-A desdobração de varões só poderá ser autorizada se for utilizado equipamento especial. O Corte dos varões deve ser feito, de preferência, por meios mecânicos.



Figura 49: a) Estaleiro de corte

b) Estaleiro de dobragem (Fonte-autor)

A montagem e a implantação das armaduras ordinárias foi efectuada de acordo com o projecto, devesa atender, em especial, aos aspectos ligados ao recobrimento e ao espaçamento das armaduras, ao seu posicionamento de acordo com as tolerâncias previstas e á facilidade de betonagem. Os dispositivos de amarração devem satisfazer as exigências, em particular, devem ser suficientemente rígidos e próximos, de forma a impedir o deslocamento das armaduras ordinárias durante a betonagem. Deixar o Espaço para a passagem do vibrador



Figura 50: a) Montagem da armadura de capitel

b) Montagem das vigas de bordadura (fonte-autor)

3.6.3.Implantacao da armadura do pilar (Desvio dos arranques da armadura do pilar)
Os dispositivos de amarração e os acopladores devem estar em conformidade com a ENV 1992-1-1, uma aprovação técnica europeia ou disposições validas no local da construção.

A armadura do pilar, assim como de outros elementos, deve ser implantada na posição anteriormente marcada, e no topo da malha da laje , devera ser escorada por um estribo, de modo a evitar o desvio da mesma no momento da betonagem.

Por nao ter-se observado este procedimento os armadura de espera dos pilares deslocou da posição real.



Figura 51:Desvio da armadura(fonte-autor)

3.6.3.1.Medidas corretivas:

Aumentou-se a secção do pilar em 5cm, visto que não impactava a disposição ou a arquitetura do projecto, aumentando a secção implantou-se a armadura do pilar na posição correta.

3.6.4.Material de Cofragem

Devem ser concebidos e construídos de modo a satisfazer as seguintes condições:

- a) Suportarem com segurança satisfatória as ações a que vão estar sujeitas, em particular as resultantes do impulso do betão fresco durante a sua colocação e compactação;
- b) terem rigidez suficiente para não sofrerem deformações excessivas, de modo que a forma da estrutura executada corresponde, dentro das tolerâncias previstas, á estrutura projetada;

c) Serem suficientemente estanques para não permitirem a fuga da pasta ligante; no caso de serem constituídas por materiais absorventes de água, devem ser abundantemente molhados antes da betonagem, tendo-se o cuidado, no entanto, de remover toda a água em excesso;

d) permitirem fácil desmoldagem, que não provoque danos no betão e tenha em conta o plano de desmoldagem previsto, podendo ser necessária a utilização de dispositivos especiais;

e) disporem, se necessário, de aberturas que permitem a sua conveniente limpeza e inspeção antes de betonagem e facilitem a colocação e compactação do betão;

g) Terem superfícies de moldagem com características adequadas ao aspeto pretendido para a peça desmoldada.



Figura 52: Cofragem de pilares paredes-requitos de qualidade observados



Figura 53: Laje devidamente escorada

3.6.5. Descofragem e descimbramento

As operações de descofragem e de descimbramento somente devem ser realizadas quando a estrutura tiver adquirido resistência suficiente (Pelo endurecimento do betão) não só para que seja satisfeita a segurança em relação aos estados limites últimos, mas também para que não se verifiquem deformações e fendilhações inconvenientes. Tais operações devem ser conduzidas com os necessários cuidados, de modo a não provocar esforços prejudiciais, choques ou fortes vibrações.

Nos casos correntes e a menos de justificação especial, em condições normais de temperatura e humidade e para betões com coeficientes de endurecimento correntes, os prazos mínimos para a retirada dos moldes e dos escoramentos, contados a partir da data de conclusão da betonagem, são os indicados no quadro abaixo:

Moldes e escoramentos	Tipo de elemento		Prazo (dias)
Moldes de faces laterais	Vigas, pilares, paredes		3
Moldes de faces inferiores	Lages	$L \leq 6 \text{ m}$	7
		$L \geq 6 \text{ m}$	14
	Vigas		14
Escoramentos	Lages	$L \leq 6 \text{ m}$	14
		$L \geq 6 \text{ m}$	21
	Vigas		21

Tabela 3: Períodos mínimos para descofragem(Fonte-autor)



Figura 54: Laje devidamente escorada após a descofragem

3.6.6. Betão

Para o betão fresco recomenda-se que tenha duas propriedades básicas que são: Facilmente trabalhável e não ser propenso a segregação.

Os ensaios em betões são fundamentais para avaliar a consistência, a resistência mecânica e a durabilidade do betão. Estes ensaios são referentes ao betão fresco (slump test) e ao betão endurecido (resistência a compressão e as suas metodologias estão especificadas em normas, guias técnicos e outros documentos oficiais existentes. Na prática, este ensaio tem como finalidade principal o controle de qualidade e a verificação das especificações.

3.6.6.1. Fabrico

O controle e a garantia de qualidade do betão é de inteira responsabilidade do fornecedor (Para o betão proveniente da central), não dispensando assim o controle da qualidade em obra no momento de aplicação.

3.6.6.2. Controle de trabalhabilidade

O teste de “slump test” é um simples teste que serve para verificar se o betão esta com a trabalhabilidade adequada.

A forma usada para estimar a trabalhabilidade, é a partir da medição da consistência que se pode medir por vários processos tais como abaixamento do cone, e ensaio de vebe, sendo correntemente mais utilizado o ensaio de abaixamento.

Com a chegada do betão na obra, recebeu-se a guia e confrontou-se o requisitado com o registado na guia, e o selo do camião-misturador, a hora de saída e hora de chegada. Quando se verificava a conformidade dos requisitos anteriores prosseguia-se a testagem para a sua aceitação. E fez-se o ensaio de trabalhabilidade.



Figura 55: Teste de abaixamento (Fonte-autor)

A norma NP EN-206-1 correspondentes a betões duros, plásticos, moles e muito fluidos apresentados na tabela abaixo:

Classe	Abaixamento (mm)
S1	10-40
S2	50-90
S3	100-150
S4	160-210
S5	>210

Tabela 4: Classes de consistência(Fonte-autor)

3.6.6.3.Resistência a compressão

A resistência a compressão foi determinada levando a ruptura cubos de 15cm de aresta, feitos com uma amostra colhida no decurso da betonagem, e conservados imersos em água. A tensão de ruptura foi obtida da divisão da força aplicada pela área do cubo em contacto com o prato da prensa. Este ensaio foi realizado para três (3), sete (7) e vinte e oito (28) dias respetivamente.



Figura 56: Extração de amostras para ensaio de compressão (Fonte-autor)

Na figura abaixo estão representados os resultados do ensaio aos 3 dias, dos quais constatou-se que estão dentro do padro:

	GLOBAL LABORATORIES	Document No. QRF - CRR - 001
	QUALITY RESULT REPORT FORM	Revision Number /Date 00 / 15 Mar 2013
	CONCRETE CUBE RESULTS	Page Number Page 1 of 1

Client:	Cera Construction	Cast Date:	09 July 2021
Contract:	Predio Impala	Cement Type:	-
Area:	-	Target Strength:	C30/37 mpa
Structure:	Laje 11º Andar(+31,115)	Slump:	200mm
Ref No:	2372	Cast & Cure by:	Lab and Site
Job No:	-	Cure Location:	3,7 Days Site and 28Days Lab

Cube Number	Cast Date	Crush Date	Age Days	Dial Reading	Mass (g)	Strength (mPa)	Average Strength
574	09-Jul-21	12-Jul-21	3	414,80	7738	18,44	3 Days
575	09-Jul-21	12-Jul-21	3	428,60	7747	19,05	
576	09-Jul-21	12-Jul-21	3	408,80	7711	18,17	
577	09-Jul-21	16-Jul-21	7			0,00	7 Days
578	09-Jul-21	16-Jul-21	7			0,00	
579	09-Jul-21	16-Jul-21	7			0,00	
580	09-Jul-21	06-Aug-21	28			0,00	28 Days
581	09-Jul-21	06-Aug-21	28			0,00	
582	09-Jul-21	06-Aug-21	28			0,00	

Standard Deviations	3 Days	7 Days	28 Days
	0,45	0,00	0,00

Tabela 5: Resultados do ensaio de cubos aos 3 dias

3.6.6.4. Lançamento do betão-Altura de queda

Limitou-se a altura de lançamento do betão sendo inferior a 2,5m de queda do betão, medidas especiais foram tomadas para evitar a segregação dos materiais, dentre eles, destaca-se, o acoplamento de uma tubagem flexível no caso de betonagem de elementos verticais, que possibilite a introdução do mesmo no interior do elemento vertical de forma a reduzir a altura de queda.

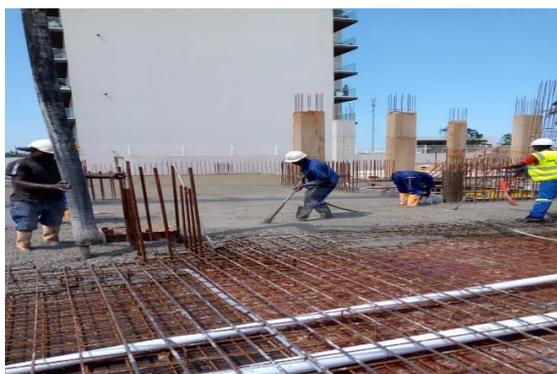


Figura 57: Altura de queda do betão em lajes

O betão na idade jovem deve ser objecto de cura e proteção:

- Para minimizar a retração plástica
- Para assegurar uma resistência superficial adequada
- Para assegurar uma durabilidade adequada na zona superficial

-Para o proteger contra vibrações prejudiciais, impacto ou danos.



Figura 58: Cura do betão dos pilares (Fonte-autor)

4. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O fundamental de um estágio profissional supervisionado, é preparar o estagiário para um campo de trabalho cheio de desafios e problemas por resolver, problemas de engenharia assim como de gestão de todos recursos (materiais e humanos).

Foi nesta ordem de ideia, que o estágio foi muito gratificante, poder aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo dos anos de curso e adquirir outros novos conhecimentos, através de contacto directo com a realidade da Engenharia Civil e com o atual mercado de trabalho, constituindo assim uma mais valia para a conclusão do curso.

Do estágio realizado, concluiu-se que dos objetivos traçados para este trabalho, foram alcançados com sucesso, desde a conciliação dos conhecimentos teóricos e práticos, ao que tange a resolução de problemas de engenharia em obra, os processos executivos de um edifício em laje fungiforme maciça de espessura constante. O processo do estágio destacou-se pelas competências e conhecimentos agregados na vida profissional do estagiário, que se sente preparado para encarar o Mercado de Engenharia.

Relativamente a aplicabilidade das lajes fungiformes, concluiu-se que o critério da escolha do tipo de laje a adoptar em um projecto de edifícios, depende fundamentalmente da concepção estrutural, que por sua vez depende do projecto arquitetónico, particularmente em relação às cargas a vencer e o vão a vencer.

Recomenda-se, a partir do aprendizado que o estagiário teve em obra, em relação ao planeamento, a verificação das atividades planeadas e executadas para que se tenha bastante atenção, de modo a se obter resultados satisfatórios á primeira, isto é, para que as atividades sejam executadas com a qualidade e excelência, é essencial uma constante verificação.

5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]- Jiménez Montoya et al, 2001

[2]- Carvalho, 2008

[3]- TRINDADE, MICAEL DE OLIVEIRA, “Estudo da configuração económica de lajes fungiformes em função da sua geometria e materiais”, dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Especialidade de Mecânica Estrutural

[4]-Chudley e Greeno, 2005

ENV 13670-1: 2005- Execução de estruturas em betão. Parte 1: Regras gerais

REBAP- Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado

LNEC E449: 1998- Varões de aço A400NR

COUTINHO, A. DE SOUSA. Fabrico e propriedades do betão. Vol. Volume I. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2006