



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Área Departamental de Engenharia Civil



**Acompanhamento de Obra - Optimização de Soluções
Técnicas de Cofragem (Atlântico Estoril Residence)**

TIAGO ANDRÉ MAURÍCIO CABRAL

Licenciado em Engenharia Civil

Relatório de Estágio para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil na Área de
Especialização de Edificações

Orientadores:

Licenciado Manuel Augusto Gamboa

Mestre Adolfo Bernardino Franco

Jurí:

Presidente: Doutor João Alfredo Ferreira dos Santos

Vogais:

Mestre António Jorge Silva e Sousa

Licenciado Manuel Augusto Gamboa

Mestre Adolfo Bernardino Franco

Dezembro de 2013

RESUMO

O acompanhamento de obra exposto neste documento baseou-se na actividade de cofragem desenvolvida na obra – *Atlântico Estoril Residence*, sendo o empreiteiro geral a Britalar – Sociedade de Construções, S.A e o dono de obra a Porta da Frente.

O estágio foi realizado na empresa Confrasilvas – Cofragens, S.A, subempreiteiro de cofragem da referida obra, onde o estagiário colabora como director de obra, trabalhando com a finalidade de garantir o correcto desenvolvimento e gestão da subempreitada na especialidade de cofragem.

Esta obra apresenta singularidades e condicionantes específicas ao nível das soluções de cofragem, pelo que proporcionou uma ocasião de aprendizagem e expansão de conhecimentos nessa área.

Este documento tem como objectivo expor o estudo e selecção dos sistemas de cofragem, bem como as competências adquiridas durante o estágio, resultantes do desenvolvimento e consolidação do conhecimento académico e profissional.

Como responsável de todos os trabalhos de cofragem em obra, a metodologia de trabalho utilizada pelo estagiário contempla as etapas e aspectos técnicos da execução subdividida em duas grandes partes – a escolha do sistema de cofragem a utilizar e o planeamento e execução dos trabalhos em obra.

Posto isto, é esperada a oportunidade de evoluir e desenvolver competências na área da cofragem e de uma forma geral na direcção e execução de obras.

PALAVRAS-CHAVE

Planeamento, cofragem, estrutura de betão armado, betonagem.

ABSTRACT

The monitoring of the exposed work in this document was based on the activity of shuttering work - Atlântico Estoril Residence, which the general contractor are Britalar - Sociedade de Contruções S.A and the owner of the project Porta da Frente.

The internship was developed at the company Confrasilvas - Cofragens, S.A, formwork subcontractor of the specify work, where the intern collaborate and work technical director, gathering all the preparations and measurements, among others, with the goal for the proper development and management of subcontracted work in formwork specialty.

This project represents singularities and some restrictions at the level of the solutions, which provided an opportunity of learning and expanding knowledge in the formwork area.

This document intent to explain the study and selection of the present formwork systems as well as the skills acquired during the internship, resulting the development and consolidation of academic and professional knowledge.

As responsible of all the formwork labor, the methodology used by the intern include the steps and technical aspects of the execution, subdivided into two major parts - the choice of formwork system and the planning and execution of the constructions tasks.

To conclude, I expected the opportunity to evolve and develop skills.

KEYWORDS

Planning, formwork, reinforced concrete structure, concreting.

ÍNDICE DE TEXTO

	Página
Resumo.....	ii
Palavras-Chave.....	ii
Abstract	iii
Keywords	iii
1 Introdução	1
2 Empresa - Confrasilvas	3
2.1 Inserção do Estagiário e Organização Geral da Empresa.....	4
3 Obra – Atlântico Estoril Residence.....	5
3.1 Descrição Geral	5
3.2 Incorporação da Confrasilvas na Empreitada	6
4 Sistemas de Cofragem.....	7
4.1 Introdução.....	7
4.2 Classificação Geral	8
4.2.1 Cofragem Tradicional	11
4.2.2 Cofragem Tradicional Melhorada ou Semi-Racionalizada.....	12
4.2.3 Cofragem Racionalizada ou Modular	13
4.2.3.1 Cofragens Ligeiras ou Desmembráveis	14
4.2.3.2 Cofragens Semi-Desmembráveis.....	17
4.3 Cofragens Adoptadas.....	18
4.3.1 Laje.....	18
4.3.1.1 Análise de Projecto	18
4.3.1.2 Descrição da Solução	20
4.3.1.3 Pontos Singulares.....	23

4.3.2	Núcleos.....	27
4.3.2.1	Análise de Projecto	27
4.3.2.2	Descrição da Solução	28
4.3.2.3	Pontos Singulares.....	30
4.3.3	Pilares	30
4.3.3.1	Análise de Projecto	30
4.3.3.2	Descrição da Solução	31
4.3.3.3	Pontos Singulares.....	33
5	Planeamento, Preparação e Execução	34
5.1	Laje	34
5.1.1	Planeamento	34
5.1.2	Projecto de Cofragem.....	38
5.1.2.1	Laje Maciça Tipo	38
5.1.2.2	Consola com Espessura Variável.....	41
5.1.2.3	Laje Maciça com Duplo Pé-Direito	42
5.1.2.4	Laje Maciça c/ Espessura de 0,70m.....	44
5.1.2.5	Cobertura do Ascensor Panorâmico.....	45
5.1.3	Processo de Execução – Laje Maciça Tipo.....	46
5.1.4	Controlo de Produção.....	48
5.2	Pilares	49
5.2.1	Planeamento	49
5.2.2	Projecto de Cofragem.....	49
5.2.2.1	Pilares em Molde Especial Confrasilvas.....	49
5.2.2.2	Pilares em Molde Circular	50
5.2.2.3	Pilares em Doka Framax Xlife.....	50
5.2.2.4	Pilares em Molde Semicircular conjugado com Doka Framax Xlife	51

5.2.3	Processo de Execução	52
5.2.4	Controlo de Produção.....	54
5.3	Núcleos	54
5.3.1	Planeamento	54
5.3.2	Projecto de Cofragem.....	54
5.3.3	Processo de Execução	56
5.3.4	Controlo de Produção.....	57
6	Conclusão.....	58
	Referências Bibliográficas	59

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Organigrama funcional de Obra;	4
Figura 2 – Organigrama funcional da Empresa;	4
Figura 3 – Aspecto final do edifício;.....	5
Figura 4 – Organização geral hierárquica e funcional da Obra;.....	6
Figura 5 – Custos da execução (%) de uma estrutura de betão armado (Adaptado [5]);.....	8
Figura 6 – Cofragem tradicional para muros/paredes, pilares e laje (Adaptado [6]);.....	11
Figura 7 – Cofragem de laje com um sistema tradicional melhorado [4];.....	12
Figura 8 – Castanhas (aplicação de esticadores em cofragem) (Adaptado [5]);.....	13
Figura 9 – Sistemas de contraplacado com quadro de aço e em vigas de madeira;.....	14
Figura 10 – Ligações/Ancoragens com auxílio de vigas rigidificadoras (Adaptado [8]);.....	15
Figura 11 – Exemplo de grampos de fixação (Adaptado [8]);.....	15
Figura 12 – Sistema de painéis para lajes (Adaptado [7]);.....	16
Figura 13 – Sistema em painéis para lajes, sem vigas secundárias (Adaptado [9]);.....	16
Figura 14 – Mesa de cofragem à esquerda Painel para Parede à direita [9];.....	17
Figura 15 – Cofragem trepante (à esquerda) e auto-trepante (à direita) [9];.....	18
Figura 16 – Laje tipo;.....	19
Figura 17 – Lajes em consola;.....	19
Figura 18 – Sistema de cofragem <i>Skydeck</i> ;.....	20
Figura 19 – Posição cofrante e forquilha de apoio em baixo (60 mm) (Adaptado [9]);.....	21
Figura 20 – Sistema <i>Dokaflex</i> e sua aplicação nos capitéis;.....	22
Figura 21 – Sistema tradicional melhorado em vigas;.....	23
Figura 22 – Conjugação dos Sistemas para execução de laje;.....	23
Figura 23 – Localização da laje de pé-direito duplo e aspecto final (Adaptado [11]);.....	24

Figura 24 – Cofragem da laje de duplo pé-direito;	24
Figura 25 – Localização da laje 0,70 m e escoramento (Adaptado [11]);	25
Figura 26 – Corte da consola de espessura variável;	25
Figura 27 – Localização da consola Piso 2 e 3 e do Piso 4 ao 8 (Adaptado [11]);	26
Figura 28 – Mesa de cofragem especial para consola de espessura variável;.....	26
Figura 29 – Localização da cobertura e escoramento (Adaptado [11]);	27
Figura 30 – Localização dos núcleos (Adaptado [11]);	28
Figura 31 – Evolução dos núcleos em altura (Adaptado [11]);.....	28
Figura 32 – Diagrama de pressões (Adaptado [5]);	29
Figura 33 – Painel aplicado na superfície cofrante [12];	29
Figura 34 – Conjugação das duas soluções, <i>Framax Xlife</i> e molde especial;	30
Figura 35 – Secções de pilares da obra (Adaptado [11]);	31
Figura 36 – Molde de pilar Confrasilvas tipo;	31
Figura 37 – Pilar executado com os painéis <i>Doka</i> ;	32
Figura 38 – Pilar circular <i>Alisply</i> [13];.....	32
Figura 39 – Pilar P16 e sistema de cofragem adoptado;	33
Figura 40 – Cofragem de pilares com as diversas soluções;.....	33
Figura 41 – Faseamento do planeamento inicial (Adaptado [11]);.....	34
Figura 42 – Faseamento da execução de lajes (exemplo);.....	35
Figura 43 – Zona condicionante da obra - poços de fundação;.....	36
Figura 44 – Condicionantes para a betonagem de laje no piso 1;	36
Figura 45 – Laje do Piso 3, diferença de cotas;	37
Figura 46 – Sequência de execução a partir do piso 4 (Adaptado [11]);	37
Figura 47 – Aplicação do cabeçal de caída (à esquerda) e apoio (à direita);.....	39
Figura 48 – Esquema de colocação de Tapajunta SAL;.....	39
Figura 49 – Prumo Pep 20 (Adaptado [9]);.....	40

Figura 50 – Esquema com parte de uma planta de cofragem e o bloco tipo;.....	40
Figura 51 – Preparação tipo para capitel;.....	41
Figura 52 – Tabuleiro de Mesa e forro em contraplacado (Corte esquemático);.....	41
Figura 53 – Laje com prumos <i>Multiprop 625</i> ;.....	42
Figura 54 – Preparação para montagem de cimbres em capitéis;.....	42
Figura 55 – Elementos constituintes do <i>Cimbre G – Ulma</i> (Adaptado [14]);.....	43
Figura 56 – Preparação para laje;.....	44
Figura 57 – Condicionantes para a preparação do escoramento em altura;.....	45
Figura 58 – Exemplo dos passos 2 a 4;.....	46
Figura 59 – Colocação da Mesa de cofragem especial com recurso a grua;.....	46
Figura 60 – Sequência de montagem de <i>Skydeck</i> ;.....	47
Figura 61 – Aspecto final da laje tipo;.....	47
Figura 62 – Armação/aplicação de aço e betonagem;.....	48
Figura 63 – Representação do molde de pilar tipo;.....	49
Figura 64 – Esquema de cofragem para pilar de secção 2,40 x 0,25 (m) em planta;.....	50
Figura 65 – Aplicação de grampos maxila e cintas universais (Adaptado [12]);.....	51
Figura 66 – Pilar P16 e sua preparação em planta;.....	51
Figura 67 – Pormenor do fecho em madeira e fixação dos painéis [12];.....	52
Figura 68 – Marcação;.....	52
Figura 69 – Molde de pilar, separado em dois "L" após limpeza;.....	53
Figura 70 – Moldes após passo 5 e 6;.....	53
Figura 71 – Betonagem de pilar;.....	53
Figura 72 – Preparação e compatibilização entre <i>framax</i> e molde fabricado em planta;.....	55
Figura 73 – Painéis já preparados para serem aplicados no núcleo;.....	56
Figura 74 – Constituição das ancoragens/varões dywidag roscados e sua colocação;.....	57

ÍNDICE QUADROS

	Página
Quadro 1 – Classificação geral dos sistemas de cofragem (Adaptado de [4]);	9
Quadro 2 – Classificação dos sistemas de cofragem horizontais (Adaptado de [4]);	10
Quadro 3 – Classificação dos sistemas de cofragem verticais – Pilares (Adaptado de [4]); ...	10
Quadro 4 – Classificação dos sistemas de cofragem verticais – Paredes (Adaptado de [4]); ..	10
Quadro 5 – Prazos de Descofragem (Adaptado [10]);	20
Quadro 6 – Planeamento Inicial;	35
Quadro 7 – Dimensões tipo dos Painéis <i>Framax Xlife</i> (Adaptado [12]);	55

ANEXOS

Anexo 1 – Quadro de Lajes.

Anexo 2 – Quadro de Pilares.

Anexo 3 – Plantas dos Pisos com a Evolução da Obra.

Anexo 4 – Preparação do Piso 0.

Anexo 5 – Preparação do Piso 4.

Anexo 6 – Pormenor da Mesa P/ Consola.

Anexo 7 – Preparação do Piso 1 (Duplo Pé-Direito).

Anexo 8 – Preparação do Piso 1 (Duplo Pé-Direito e Esp. de 0,70m).

Anexo 9 – Preparação da Cobertura do Ascensor Panorâmico.

Anexo 10 – Preparação de Molde de Pilar Confrasilvas.

Anexo 11 – Preparação de Pilar em Doka Framax e Moldes Redondos.

Anexo 12 – Preparação do Núcleo NE 1.

1 INTRODUÇÃO

A trabalhar na empresa Confrasilvas – Confragens S.A desde 2008, desempenhando funções que tiveram início no departamento de aprovisionamentos, passando depois a fazer parte do departamento de produção, como medidor, preparador e actualmente director de obra, o estagiário foi integrado em Fevereiro de 2013 na construção do edifício *Atlântico Estoril Residence* como responsável por todos os trabalhos de cofragem.

Esta obra trata na sua globalidade da demolição do edifício existente e construção de um novo edifício habitacional e turístico, com uma área total de construção de cerca de 24.920 m². A Confrasilvas iniciou as actividades em Outubro de 2012, tendo a seu cargo os trabalhos execução de 47.000 m² de cofragem e da aplicação de 10.000 m³ de betão.

A primeira fase de construção passou pela execução de toda a contenção em paredes do tipo “Muniqué”, em segunda fase a construção do edifício com uma área de implantação de aproximadamente 5.600 m², crescendo 11 pisos, desde o piso -1 ao piso 9.

O prazo de execução da estrutura de betão armado foi de 10 meses com início em Outubro de 2012 e fim no mês de Julho de 2013, contudo este prazo não foi conseguido por atrasos na demolição e desaterro necessário para o início das fundações, fundações essas que deveriam ter fim a meados de Fevereiro de 2013, mas só foi possível a sua conclusão no final de Maio de 2013 e com isto o prazo da obra prolongou-se até Setembro de 2013.

A obra revelou-se um desafio para o estagiário contendo dois aspectos de grande exigência. O primeiro, deriva da necessidade de cumprimento do prazo final da obra, quanto ao segundo, diz respeito às diversas singularidades de projecto que impuseram a utilização de diversos tipos de cofragem e escoramento.

Estes dois aspectos particulares, em conjunto com a dimensão da obra constituíram, um bom meio para a aplicação e desenvolvimento das aptidões do estagiário.

Neste documento é apresentado todo o trabalho desenvolvido, desde a análise de projecto, à descrição da solução, pontos singulares, planeamento, até às pormenorizações com todos os passos de execução.

No presente capítulo, o capítulo um, fez-se uma síntese de todo o trabalho desenvolvido, bem como do seu âmbito e principais objectivos.

No capítulo dois é feita a apresentação da empresa Confrasilvas – Cofragens, S.A, descreve-se e ilustra-se a organização geral da empresa, bem como a inserção do estagiário na instituição.

No capítulo três descreve-se a obra *Atlântico Estoril Residence* e os intervenientes na sua construção de forma hierárquica.

No capítulo quatro é apresentada uma introdução de classificação dos sistemas de cofragem e respectiva descrição. Ainda no mesmo capítulo é feita a análise de projecto por elemento, o motivo da escolha do sistema de cofragem, descrição e apreciação dos pontos singulares.

No capítulo cinco é descrita a execução dos trabalhos em obra, o planeamento, a preparação/pormenorização dos elementos a cofrar com o decorrer das actividades, referência e análise às equipas, durações e rendimentos obtidos.

Ao longo de todo o trabalho são apresentadas figuras e esquemas de forma a evidenciar os aspectos mais importantes e específicos das actividades desenvolvidas, bem como todas as pormenorizações de execução feitas para a obra que serão apresentados em anexo.

2 EMPRESA - CONFRASILVAS

A Confrasilvas – Cofragens, S.A. teve a sua origem no ano de 1993, com o intuito de ser uma mais-valia no mercado da Construção Civil e Obras Públicas, mais especificamente no ramo da cofragem sendo uma das empresas de topo e referência a nível nacional, estendendo a sua área de negócio à execução de estruturas de betão armado, apostando sempre na diferenciação, através da qualidade dos serviços, garantias dadas pelos seus recursos e conhecimentos processuais [1].

Esta instituição tem como visão ser referência nacional e internacional no segmento de negócio da cofragem, consolidando e reforçando a sua posição de líder, aspirando também, de forma sustentável, sólida e segura, fortalecer a sua posição no mercado global. A internacionalização foi e é um objectivo, inicialmente em Angola e posteriormente na Roménia, Alemanha, Brasil, Geórgia, Moçambique e França, entre outros países, tal como se demonstra na figura 2.

Em Agosto de 2011, destaca-se ao ser pioneira na obtenção da Certificação em Qualidade, Ambiente e Segurança, segundo a ISO 9001 (Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos), ISO 14001 (Sistemas de Gestão Ambiental – Requisitos e Linhas de Orientação) e OHSAS 18001 (Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho – Requisitos).

A instituição é detentora de um alvará de classe 7 com habilitações no ramo dos Edifícios e Património Construído, Vias de Comunicação, Obras de Urbanização e outras Infra-Estruturas e Obras Hidráulicas, apresentando no ano anterior (2013) um volume de negócios de perto de 13.595.000,00 €, e tendo cerca de 100 colaboradores nos seus quadros a esta data.

A empresa trabalha com diversos fornecedores de material e equipamento para a cofragem, contudo desenvolve soluções próprias e à medida de cada projecto, soluções que procuram um maior sucesso na sua execução conseguindo maior rapidez, segurança e qualidade em todos os trabalhos.

A qualidade e o rigor dos serviços prestados têm sido reconhecidos ao longo dos anos e desde 2008 a 2013 que recebe o prémio de PME Líder.

2.1 Inserção do Estagiário e Organização Geral da Empresa

O estagiário foi inserido em Portugal no departamento de produção centro, com o cargo de director de obra, como se demonstra o esquema abaixo (Figura 1).

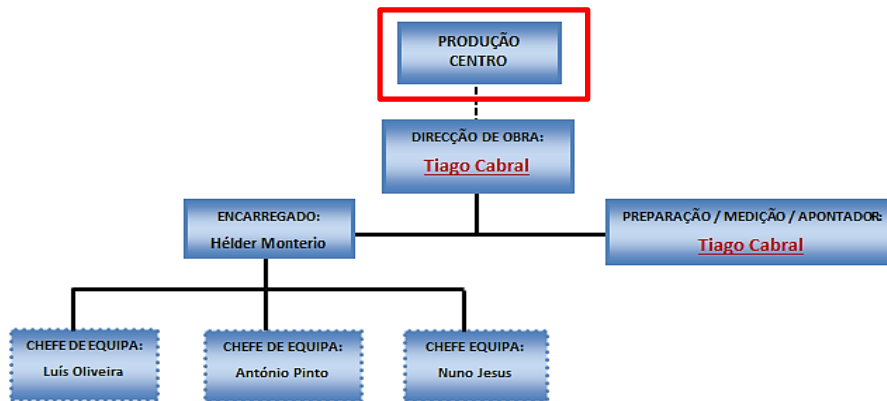


Figura 1 – Organograma funcional de Obra;

Apresenta-se também no organograma da figura 2, a organização funcional da empresa e a respectiva hierarquia.

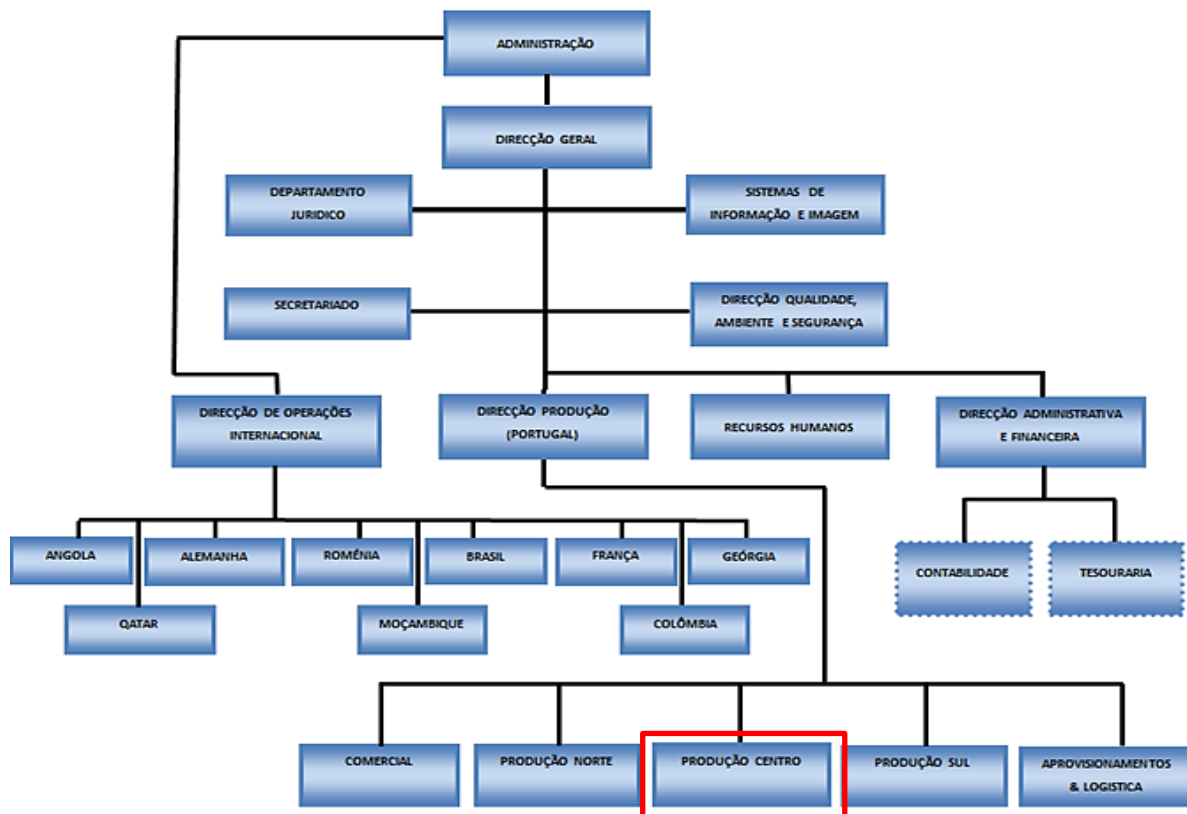


Figura 2 – Organograma funcional da Empresa;

3 OBRA – ATLÂNTICO ESTORIL RESIDENCE

3.1 Descrição Geral

No local onde anteriormente estava erguido o Hotel Atlântico Estoril, edifica-se um empreendimento composto por 25 apartamentos com qualidade de excelência e de grandes dimensões, num investimento total de 27 milhões de euros. As tipologias vão do T2 ao T5 e as áreas oscilam entre os 185 e os 405 m² [2].

O projecto integra um conceito inovador para o reposicionamento estratégico da unidade, assente na materialização de um sofisticado espaço hoteleiro integrado num contexto residencial de alto luxo, como se observa na figura 3.



Figura 3 – Aspecto final do edifício;

O presente edifício têm uma área total de construção de cerca de 24.920 m² repartidos pelos 11 pisos, desde o piso -1 ao piso 9, sendo área de implantação de aproximadamente 5.600 m².

Um dos aspectos particulares desde edifício é a presença de imponentes varandas no seu alçado tardoz aliadas a grandes envidraçados com a ideia de desfrutar o máximo a bela paisagem do mar.

3.2 Incorporação da Confrasilvas na Empreitada

A Confrasilvas deu início às actividades em Outubro de 2012, tendo a seu cargo os trabalhos de 47.000 m² de cofragem e da aplicação de 10.000 m³ de betão.

De um modo esquemático, na fase de execução da estrutura de betão armado a organização hierárquica e funcional da obra foi a seguinte:

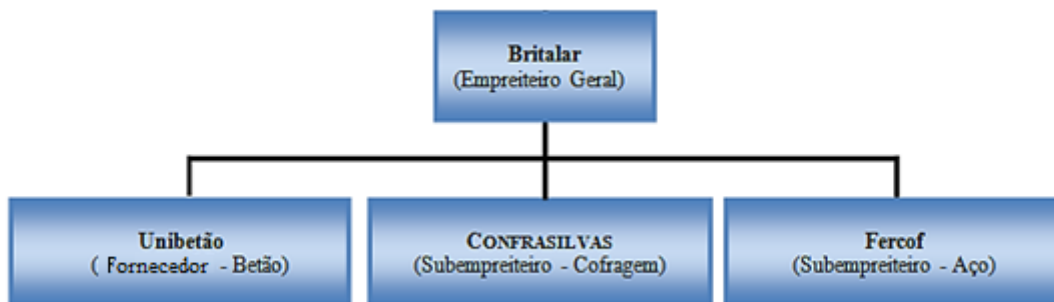


Figura 4 – Organização geral hierárquica e funcional da Obra;

4 SISTEMAS DE COFRAGEM

4.1 Introdução

Os sistemas de cofragem são, na sua maioria, estruturas provisórias, que devem ser facilmente montáveis, desmontáveis e reutilizáveis. De um modo geral, os escoramentos e cofragens constituem as peças básicas da moldagem dos diversos elementos de betão [3], importa então distinguir estes dois conceitos.

Os escoramentos ou cimbramentos são todos os elementos que servem para sustentar o elemento em betão até que atinja resistência suficiente para suportar os esforços a que estará submetida. As suas funções são suportar as seguintes acções:

- Cargas de equipamentos, pessoal e materiais durante a fase construtiva;
- Peso próprio da cofragem;
- Estruturas de betão até que estas adquiram resistência suficiente.

A cofragem é o termo que designa o molde que sustenta o betão fresco e lhe confere a forma final pretendida para a estrutura enquanto este não tem resistência para se auto-sustentar. Os materiais mais utilizados na execução de cofragens são a madeira ou seus derivados, o aço, o plástico ou a conjugação de vários dos materiais referidos.

A todos os tipos de cofragem são exigidas uma série de características, das quais se destacam as seguintes [3, 4, 5]:

- As juntas da cofragem devem ser suficientemente finas/estanques para evitar a saída de finos e pasta de cimento;
- Fácil betonagem, descofragem e limpeza dos moldes;
- Permitir que o betão preencha a totalidade da secção pretendida com recurso a uma correcta vibração;
- Resistência às tensões/acções provocadas pelo processo construtivo, isto é, betonagem e vibração;
- Indeformabilidade e desempenho da superfície, mantendo o betão com a forma pretendida até ao seu endurecimento;
- Permitir a aplicação de Pré-Esforço.

O custo da mão-de-obra e dos materiais usados para a execução de cofragens pode ultrapassar os 50% do custo da estrutura de betão armado (especificamente nos edifícios), tal como se verifica na figura 5.

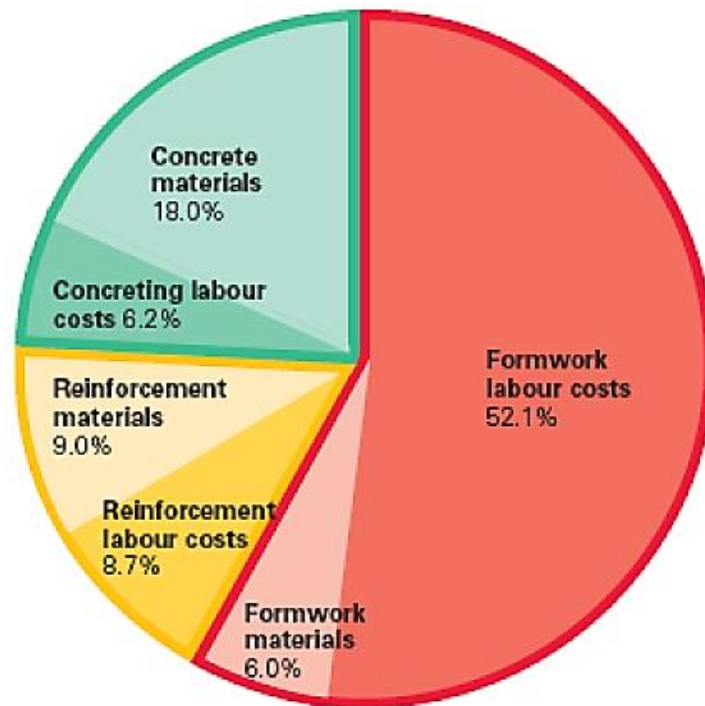


Figura 5 – Custos da execução (%) de uma estrutura de betão armado (Adaptado [5]);

Posto isto, as evoluções dos sistemas de cofragem devem centrar-se essencialmente na redução dos custos com a mão-de-obra, optimizando-a da melhor forma possível e no sentido de redução da carga de mão-de-obra necessária para a sua montagem, desmontagem, limpeza e transporte para uma nova fase.

4.2 Classificação Geral

As cofragens dividem-se em dois grandes grupos, as recuperáveis e as perdidas, tendo ainda a presença de cofragens descartáveis, contudo com aplicação muito reduzida e em casos muito específicos.

No quadro seguinte, temos uma possível divisão/classificação geral dos diversos sistemas de cofragem.

Quadro 1 – Classificação geral dos sistemas de cofragem (Adaptado de [4]);

Cofragens Recuperáveis	Tradicionais	
	Semi-Racionalizadas ou Tradicionais Melhoradas	
	Racionalizadas ou Modulares	Ligeiras ou Desmembráveis
		Semi-Desmembráveis
	Especiais	Vigas de Lançamento
		Carro de Avanço
Cofragens Perdidas	Estruturais ou Colaborantes	
	Não-Estruturais ou Não-Colaborantes	
Cofragens Descartáveis		

As cofragens recuperáveis constituem o maior grupo de sistemas de cofragem, possibilitando uma melhor rentabilidade do investimento no acto da sua compra ou processo de fabrico, onde se incluem: as tradicionais (em madeira), as tradicionais melhoradas (através da introdução da normalização e de outros materiais) e as racionalizadas (ou modulares) [6]. Serão as cofragens recuperáveis onde estará objecto especial de estudo e de análise.

Quanto as cofragens perdidas são aquelas que após o processo de betonagem dos elementos ficam integradas na construção, isto é, não são retiradas no final do processo e consequentemente fica impossibilitada a sua reutilização.

As cofragens descartáveis consistem em elementos que, após executarem a sua função de molde e o betão adquirir a resistência suficiente, são retirados e não voltam a ter qualquer função, ou seja, são utilizados apenas uma vez.

Analisando agora a classificação dos sistemas de cofragem, de acordo com a execução, subdividem-se na perspectiva de cofragem vertical e cofragem horizontal.

Para a cofragem de elementos horizontais, na sua maioria lajes, temos as seguintes classificações:

Quadro 2 – Classificação dos sistemas de cofragem horizontais (Adaptado de [4]);

Cofragens Recuperáveis	Tradicionais	
	Semi-Racionalizadas ou Tradicionais Melhoradas	
	Racionalizadas ou Modulares	Ligeiras ou Desmembráveis
		Semi-Desmembráveis
Cofragens Perdidas	Não-Estruturais ou Não-Colaborantes	Tubos Metálicos
		Abobadilhas
		Blocos
		Cofragens Plásticas
	Estruturais ou Colaborantes	Pré-Lajes, Soluções Mistas, etc.

Para cofragens verticais a classificação reparte-se por cofragem de pilares (quadro 3) e cofragem de paredes e muros (quadro 4), obtendo-se as classificações abaixo indicadas:

Quadro 3 – Classificação dos sistemas de cofragem verticais – Pilares (Adaptado de [4]);

Cofragens Recuperáveis	Tradicionais	
	Semi-Racionalizadas ou Tradicionais Melhoradas	
	Racionalizadas ou Modulares	Ligeiras ou Desmembráveis
		Semi-Desmembráveis
Cofragens Descartáveis		

Quadro 4 – Classificação dos sistemas de cofragem verticais – Paredes (Adaptado de [4]);

Cofragens Recuperáveis	Tradicionais		
	Semi-Racionalizadas ou Tradicionais Melhoradas		
	Racionalizadas ou Modulares	Ligeiras ou Desmembráveis	Sistemas de Painéis
		Semi-Desmembráveis	Sistemas de Paredes

4.2.1 Cofragem Tradicional

As cofragens tradicionais podem ser utilizadas para a cofragem de qualquer elemento de betão armado [6], como se exemplifica na figura 6.

Neste tipo de cofragem a madeira é o material de eleição e a cofragem é executada integralmente com vigas, barrotes e tábuas de madeira maciça sem recurso a outros materiais. Ainda que possam ser criadas assemblagens de tábuas e barrotes sob forma de taipais e estrados, podendo existir algum tipo de normalização ao nível das dimensões dos elementos, sendo ligadas entre si com recurso a pregos. Em cada processo de aplicação a cofragem é desmontada, sofrendo uma reparação e a respectiva limpeza. Em madeira, são também os prumos de secções mais ou menos normalizadas, formando os elementos de suporte.

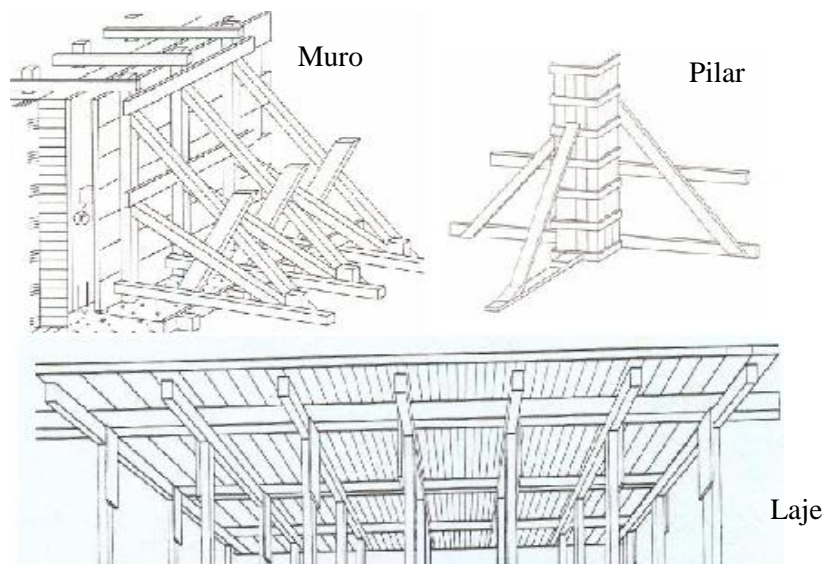


Figura 6 – Cofragem tradicional para muros/paredes, pilares e laje (Adaptado [6]);

Vantagens

- Realização de peças com qualquer forma geométrica;
- Versatilidade, em obras em que a sua dimensão não proporcionam grande facilidade para a aplicação de sistemas racionalizados;
- Baixo custo do material que constitui o sistema;
- Material (Madeira) com resistência significativa e leve, facilitando o transporte e a movimentação;

Desvantagens

- Pequeno número de reutilizações (no máximo 5);
- Dificuldades de limpeza;
- Forte incidência de mão-de-obra;
- Elevados tempos de cofragem e descofragem.

4.2.2 Cofragem Tradicional Melhorada ou Semi-Racionalizada

As cofragens semi-racionalizadas ou tradicionais melhoradas surgem como uma resposta à necessidade de alterar o processo de cofragem e descofragem no sentido de o tornar mais fácil e rápido de executar. A evolução dos sistemas de cofragem levou à modulação dos seus componentes, para alcançar uma maior produtividade [6].



Figura 7 – Cofragem de laje com um sistema tradicional melhorado [4];

Este tipo de cofragem introduziu alguns elementos de natureza diferente (figura 7) dos que são utilizados nos sistemas tradicionais [4], tais como:

- Prumos metálicos, ajustáveis para o escoramento e contraventamento;
- Painéis de cofragem em madeira ou contraplacado com medidas moduladas;
- Melhoria dos sistemas de fixação com recurso a ligações pregadas, aparafusadas ou com esticadores de aço utilizando castanhas (figura 8).

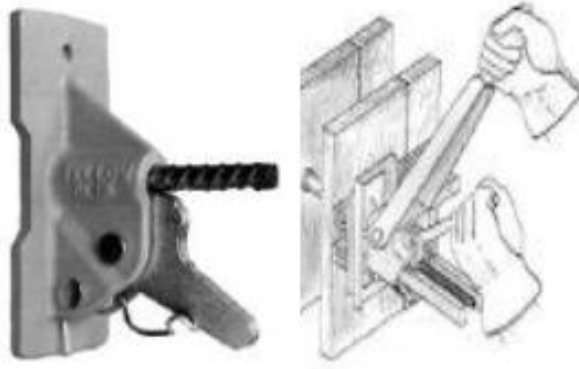


Figura 8 – Castanhas (aplicação de esticadores em cofragem) (Adaptado [5]);

4.2.3 Cofragem Racionalizada ou Modular

As cofragens racionalizadas ou modulares são constituídas por elementos normalizados, fabricados em materiais que permitem um elevado número de reutilizações, e entre si ligados de modo a permitirem uma fácil montagem e desmontagem. Distinguem-se das tradicionais e tradicionais melhoradas, na medida em que foram concebidas por forma a aumentar a sua rentabilidade, sobretudo com base numa normalização de dimensões e processos de montagem e desmontagem [4,6]. Analisando agora as vantagens e desvantagens têm-se:

Vantagens

- Optimização dos materiais e mão-de-obra (Melhores rendimentos);
- Fácil montagem e desmontagem;
- Rendimento e taxas de reutilização elevadas;
- Bom acabamento final e superfícies regulares;
- Calculadas e projectadas.

Desvantagens

- Preço elevado do material que constitui os sistemas;
- Exigem cuidados de limpeza e conservação;
- Menor versatilidade.

Assim, de acordo com o peso/dimensão crescente das unidades elementares que constituem os sistemas, ter-se-á, correntemente, as cofragens ligeiras ou desmembráveis e as semi-desmembráveis [4,6].

4.2.3.1 Cofragens Ligeiras ou Desmembráveis

Estes sistemas são os que contemplam uma separação entre os elementos de suporte e os de cofragem, sendo que estes últimos são desmembrados em módulos [4,6].

Dos sistemas racionalizados apresentados, constitui o mais versátil e flexível adaptando-se facilmente a várias formas geométricas e possuindo maior facilidade de acondicionamento e transporte.

Dentro deste grupo de cofragens, destacam-se os seguintes subgrupos [4]:

1) Sistema em painéis para paredes, pilares e vigas

Existe no mercado uma vasta gama de medidas de painéis por forma a cobrir as diferentes necessidades impostas em obra.

De acordo dos materiais utilizados no quadro de suporte e no seu revestimento, estes sistemas podem ser classificados em:

- Sistema de contraplacado com quadro de aço galvanizado (figura 9, à esquerda);
- Sistema de contraplacado com quadro em alumínio;
- Sistema de contraplacado com quadro em vigas de madeira (figura 9, à direita);
- Sistema de quadro e revestimento metálico.



Figura 9 – Sistemas de contraplacado com quadro de aço e em vigas de madeira;

Quanto à conexão entre painéis pode ser feita com diversos acessórios, dependendo do sentido da ligação e do elemento a cofrar. Os mais importantes são os seguintes:

- Ancoragens/Varão Roscado com porcas de aperto (figura 10, à direita), utilização:
 - Ligação entre painéis de faces opostas do elemento;
 - Ligação entre painéis de faces contíguas do elemento.

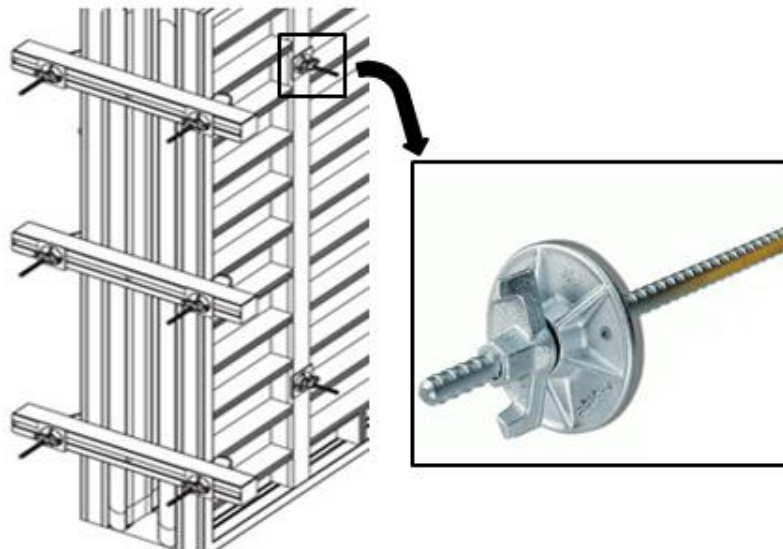


Figura 10 – Ligações/Ancoragens com auxílio de vigas rigidificadoras (Adaptado [8]);

- Grampos de fixação (ilustrados na figura abaixo), utilização:
 - Ligação entre painéis de faces contíguas do elemento (painéis formando “L”);
 - Ligação entre painéis da mesma face do elemento (painéis adjacentes).

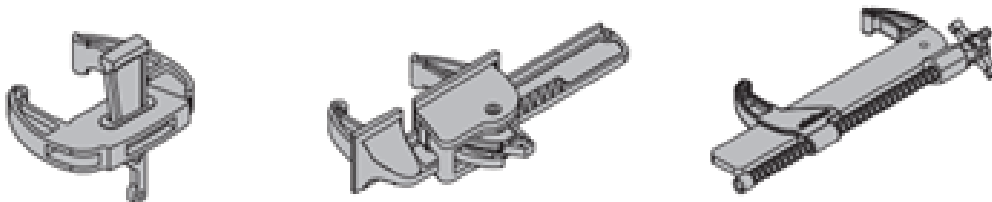


Figura 11 – Exemplo de grampos de fixação (Adaptado [8]);

Este tipo de cofragem possui outros tipos de elementos de conexão, tais como, esquadros exteriores e vigas rigidificadoras (figura 10, à esquerda).

2) Sistema em painéis para lajes

Os sistemas racionalizados para a execução de lajes decompõem-se nos seguintes elementos:

- Prumos (Escoramento) (a);
- Vigas longarinas ou vigas principais (b);
- Vigas carlingas ou vigas secundárias (c);
- Painéis de cofragem (d).

Juntando então os todos os elementos obtêm-se, como exemplo, o sistema de cofragem seguinte, figura 12.

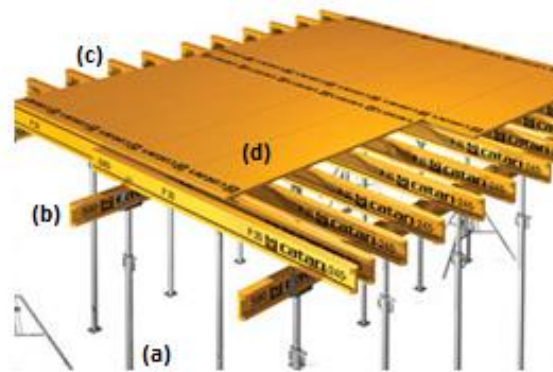


Figura 12 – Sistema de painéis para lajes (Adaptado [7]);

No entanto, existem soluções no mercado que excluem a utilização de vigas secundárias, tal como o sistema de se mostra abaixo, na figura 13.

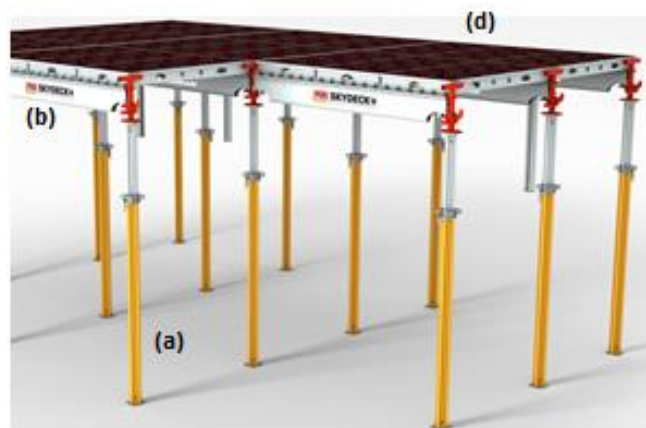


Figura 13 – Sistema em painéis para lajes, sem vigas secundárias (Adaptado [9]);

São sistemas que se adaptam bem à realização de lajes fungiformes maciças ou aligeiradas devido à sua rapidez e facilidade de montagem e desmontagem.

4.2.3.2 Cofragens Semi-Desmembráveis

São sistemas em que os próprios painéis de cofragem incluem os elementos de suporte, movimentando-se sempre em conjunto (figura 14), necessitando apenas de alguns prumos para realização de escoramento em função da altura e do elemento a betonar.

Neste grupo, destacam-se sobretudo os Sistemas Mesa e Parede e as Cofragens Trepantes.

1) Sistemas Mesa e Parede

O sistema de mesa proporciona um desenvolvimento económico em obras com lajes de grandes superfícies, devido à sua estrutura simples e adaptada à prática e à elevada velocidade com que pode ser movimentada. Este possui as seguintes características:

Desvantagens

- Pouca versatilidade, devido às suas dimensões ajusta-se a obras com lajes de grandes superfícies.

Vantagens

- Alternativa ao sistema de cofragem desmembrável de lajes;
- Sistema de superfície horizontal suportado por prumos ou cimbres;
- Movimentação entre pisos através de uma grua;
- Movimentação horizontal recorrendo a dispositivo deslizante (Carrinhos);
- Rapidez e flexibilidade na execução;
- Economia de tempo e mão-de-obra;
- Número elevado de utilizações.



Figura 14 – Mesa de cofragem à esquerda Painel para Parede à direita [9];

Quanto, ao sistema de parede, pouco acrescenta às soluções de cofragem ligeiras ou desmembráveis, a diferença é a presença constante dos elementos de escoramento e contraventamento no painel.

2) Sistema de Cofragem Trepante e Auto-Trepante

O sistema de cofragem trepante (figura 15) é normalmente constituído por dois painéis (um em cada face da parede a ser betonada) que se deslocam em paralelo, associados a uma estrutura metálica rígida que funciona em paralelo com elementos de fixação.

Quanto aos sistemas de cofragem auto-trepante (figura 15) é semelhante ao trepante com a diferença do próprio conjunto dispor de um sistema hidráulico capaz de o movimentar autonomamente [4].

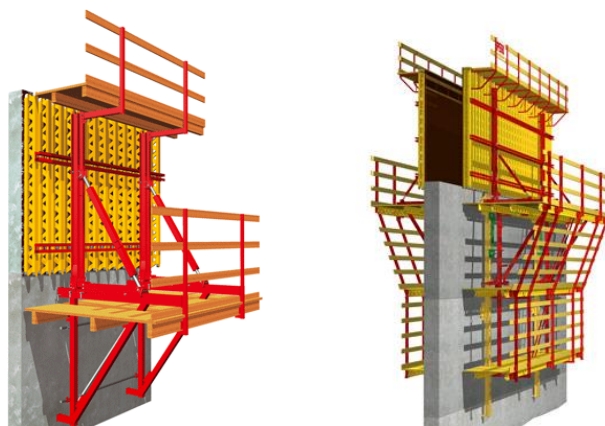


Figura 15 – Cofragem trepante (à esquerda) e auto-trepante (à direita) [9];

4.3 Cofragens Adoptadas

4.3.1 Laje

4.3.1.1 *Análise de Projecto*

As lajes da presente obra são do tipo fungiformes maciças e caracterizam-se pela presença de vigas na sua periferia, de capitéis rebaixados nos pilares interiores e duma varanda em consola no alçado tardoz, virado para o mar (figuras 16 e 17). Estas apresentam espessuras na sua

maioria de 20 cm, variando a sua área entre os 3.000 m² nos pisos enterrados e os 1.850 m² nos pisos elevados, com vãos tipo de 8,00 m no sentido longitudinal da obra e 5,90 m no sentido transversal. Quanto ao pé-direito, a obra apresenta zonas de pé-direito entre os 2,73 m e 3,30 m, tendo a presença de um pé-direito duplo com 6,17 m (Anexo 1).



Figura 16 – Laje tipo;

As vigas são na sua maioria de secção 50 x 25 cm, sendo que a posição em relação à laje varia. Quanto aos capitéis tem dimensões várias, dependendo do pilar, e espessuras que vão de 30 a 40 cm. No que diz respeito às lajes em consola atrás mencionadas são de dois tipos, na zona central encontram-se lajes pré-esforçadas com 36 cm de espessura e com um vão de 5,32 m (figura 17.b), à sua esquerda e a sua direita estão presentes lajes em consola de espessura variável e com um vão de 3,32 m (figura 17.a).



Figura 17 – Lajes em consola;

4.3.1.2 Descrição da Solução

O sistema de cofragem adoptado faz parte de um tipo de cofragem racionalizada ou modular, mais propriamente, sistemas de cofragem ligeiros ou desmembráveis.

Na zona de laje optou-se pelo sistema de cofragem do tipo *Skydeck*, da Peri, tal como se ilustra na figura 18.



Figura 18 – Sistema de cofragem *Skydeck*;

De acordo com o artigo 153.º do REBAP só seria possível a descofragem das lajes ao final do 14º dia, tal como se verifica no quadro 5.

Quadro 5 – Prazos de Descofragem (Adaptado [10]);

MOLDES E ESCORAMENTOS	TIPO DE ELEMENTO		PRAZO (dias)
FACES LATERAIS	VIGAS, PILARES, PAREDES		3*
FACES INFERIORES	LAJES	l < 6m	7
		l > 6m	14
	VIGAS		14
ESCORAMENTOS	LAJES	l < 6m	14
		l > 6m	21
	VIGAS		21

Contudo, relacionando-se e articulando os aspectos seguintes verificou-se que seria possível a descofragem ao final do 3º dia, sem prejuízo para a respectiva laje.

- Características singulares do presente sistema de cofragem;
- Cargas de dimensionamento da laje;
- Coeficiente de endurecimento (artigo 16.º do REBAP).

Para a descofragem o cabeçal de caída é libertado e a superfície cofrante baixa 60 mm (figura 19, à direita). Os painéis podem ser facilmente retirados e imediatamente utilizados no próximo ciclo [9].

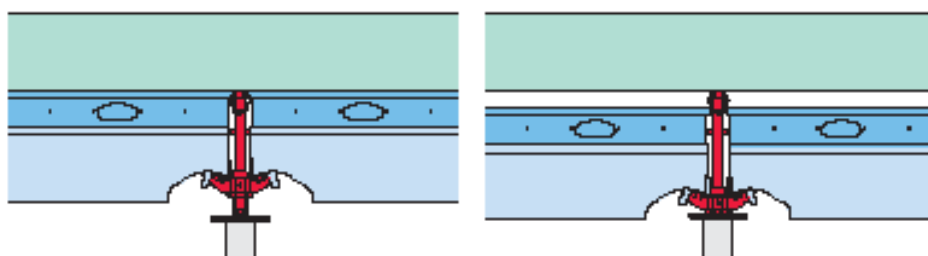


Figura 19 – Posição cofrante e forquilha de apoio em baixo (60 mm) (Adaptado [9]);

A viga principal *Skydeck* reduz o número de prumos necessários - apenas um prumo é necessário por cada área de laje de 3,65 m². Isto simplifica o transporte dos materiais de cofragem pela obra, nomeadamente pelos pisos que estejam cofrados ou com presença do pós-escoramento.

O *Skydeck* garante uma linha de suporte recta no final da cofragem, presente na figura 18.

Posto isto, apresentam-se como sendo um sistema que trás as seguintes vantagens [9]:

- **Descofragem num prazo reduzido;**
Isto significa, para a obra, *stocks* reduzidos de cofragem, ficando as vigas e painéis disponíveis para o próximo ciclo de betonagem, após o 3º dia.
- **Elementos leves;**
Os elementos do *Skydeck* são de alumínio. Nenhum componente do sistema excede os 15 kg. Graças ao reduzido peso dos elementos individuais permite a fácil montagem e descofragem.
- **Fácil de limpar;**
O sistema *Skydeck* minimiza os custos de limpeza, pois as vigas principais ficam protegidas por baixo dos painéis.

- **Reduzido número de prumos.**

A viga principal SLT 225 do *Skydeck* necessita de apenas 0,29 prumos/m² (por exemplo, comparando com outro sistema de cofragem racionalizado desmembrável com larga utilização, o *Ulma Rapid*, necessita de 0,375 prumos/m²). Menos prumos representam poupança de tempo e um espaço de trabalho mais amplo e desimpedido.

Quanto à cofragem dos capitéis recorreu-se a um sistema também ele do grupo das cofragens racionalizadas mas do tipo *Dokaflex*, utilizando uma estrutura em vigas *Doka H 20*, tal como se ilustra abaixo.



Figura 20 – Sistema *Dokaflex* e sua aplicação nos capitéis;

Este sistema as seguintes vantagens:

- Montagem rápida e segura;
- Adaptação a qualquer geometria contornando perfeitamente os pilares e paredes;
- Adequado para o apoio adicional para sistemas de cofragem de laje modulares (aspecto fundamental para a escolha do sistema).

Para as vigas foi utilizada um sistema tradicional melhorado, presente na figura 21, com recurso a prumos metálicos ajustáveis, vigas de madeira com dimensões *standard* (vigas principais e secundárias). Para a superfície de cofragem, fundo e laterais da viga recorreu-se a contraplacado cortado depois de acordo com as dimensões pretendidas.



Figura 21 – Sistema tradicional melhorado em vigas;

Por fim, para a cofragem dos “remates” presentes entre a cofragem dos elementos de laje referidos, utilizou-se um tipo de cofragem tradicional melhorada, constituído pelos mesmos elementos apresentados anteriormente para as vigas.

Conjugando os sistemas anteriores temos, uma execução do género da imagem abaixo.



Figura 22 – Conjugação dos Sistemas para execução de laje;

4.3.1.3 Pontos Singulares

1) Laje Duplo Pé-Direito

A laje de duplo pé-direito de 6,17 m localiza-se no Piso 1 junto a contenção e ao longo de toda a faixa longitudinal da obra, como se apresenta na planta e imagem presente na figura 23.



Figura 23 – Localização da laje de pé-direito duplo e aspecto final (Adaptado [11]);

Para a execução da cofragem desta laje, optou-se pelo sistema *Skydeck* (figura 24) aliando um escoramento/travamento em cimbra no sentido longitudinal aos prumos metálicos típicos do sistema, para facilitar tanto a cofragem como a descofragem.



Figura 24 – Cofragem da laje de duplo pé-direito;

2) Laje Duplo Pé-Direito com Espessura de 0,70 m

A laje de duplo pé-direito com a espessura de 0,70 m e 0,90 m na zona dos capitéis encontra-se situada no piso 1, local indicado na seguinte planta.

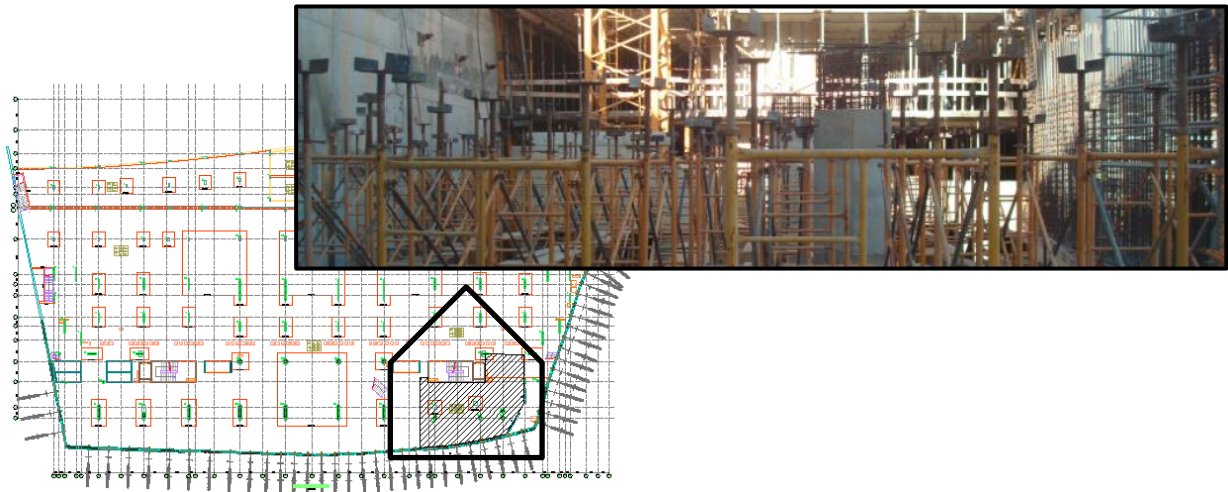


Figura 25 – Localização da laje 0,70 m e escoramento (Adaptado [11]);

O sistema de cofragem do tipo *Skydeck* só garante a estabilidade até lajes com 0,40 m de espessura, assim sendo, teve que se optar por outro sistema. Em alternativa, recorreu-se ao sistema de cofragem do tipo *Dokaflex*.

Esta escolha deve-se ao facto do sistema permitir variar as distâncias entre vigas primárias e secundárias ajustando-se a qualquer espessura de laje (carga).

Quanto ao pé-direito, este sistema só permite o escoramento com prumos metálicos até um máximo de 5,50 m, pelo que se recorreu ao escoramento em cimbra do tipo *Ulma – Cimbra G* (figura 25, à direita), perfeitamente compatível com o sistema de vigas *H20 Dokaflex*.

3) Laje em Consola com Espessura Variável

Esta consola localiza-se no piso 2 e 3 do edifício ao longo de todo o desenvolvimento longitudinal da obra (figura 27, a cima). No piso 4 surge um troço central de laje em consola pré-esforçada que divide a consola anterior em dois troços (figura 27, a baixo).

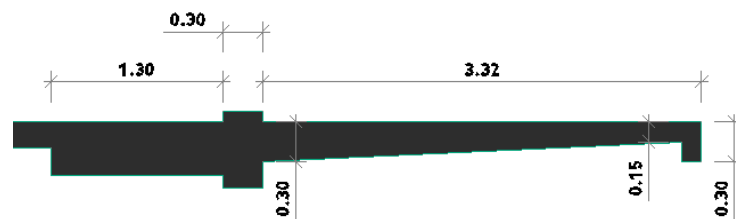


Figura 26 – Corte da consola de espessura variável;

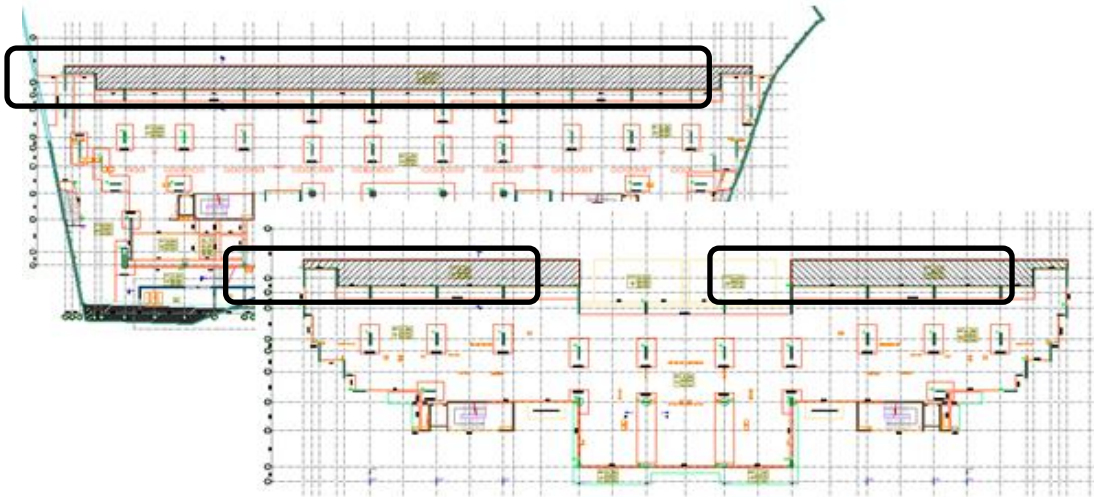


Figura 27 – Localização da consola Piso 2 e 3 e do Piso 4 ao 8 (Adaptado [11]);

O ponto-chave para a escolha do sistema a aplicar nesta consola é a presença de uma viga (figura 26) à ponta que impossibilita a sua cofragem com o sistema tradicional melhorado utilizado nesta obra para o efeito (apresentava grandes dificuldades ao nível do travamento, pondo em risco a sua correcta execução).

Para contornar estas particularidades optou-se pelo fabrico de uma mesa de cofragem especial, pertencente aos sistemas de cofragem racionalizados e semi-desmembráveis, presente na figura 28.



Figura 28 – Mesa de cofragem especial para consola de espessura variável;

Esta mesa de cofragem foi fabricada pela empresa Confrasilvas sendo constituída, de um modo geral, por uma estrutura em tubo de aço rectangular e perfis IPE a distribuir as cargas aos prumos. Quanto à superfície cofrante, a mesa é forrada com contraplacado.

4) Cobertura do Ascensor Panorâmico

A cobertura do Ascensor panorâmico apresenta a altura de 20,80 m, compreendido entre o piso 3 (cota 18,62 m) e o fundo da laje do piso 9 (cota 39,42 m).

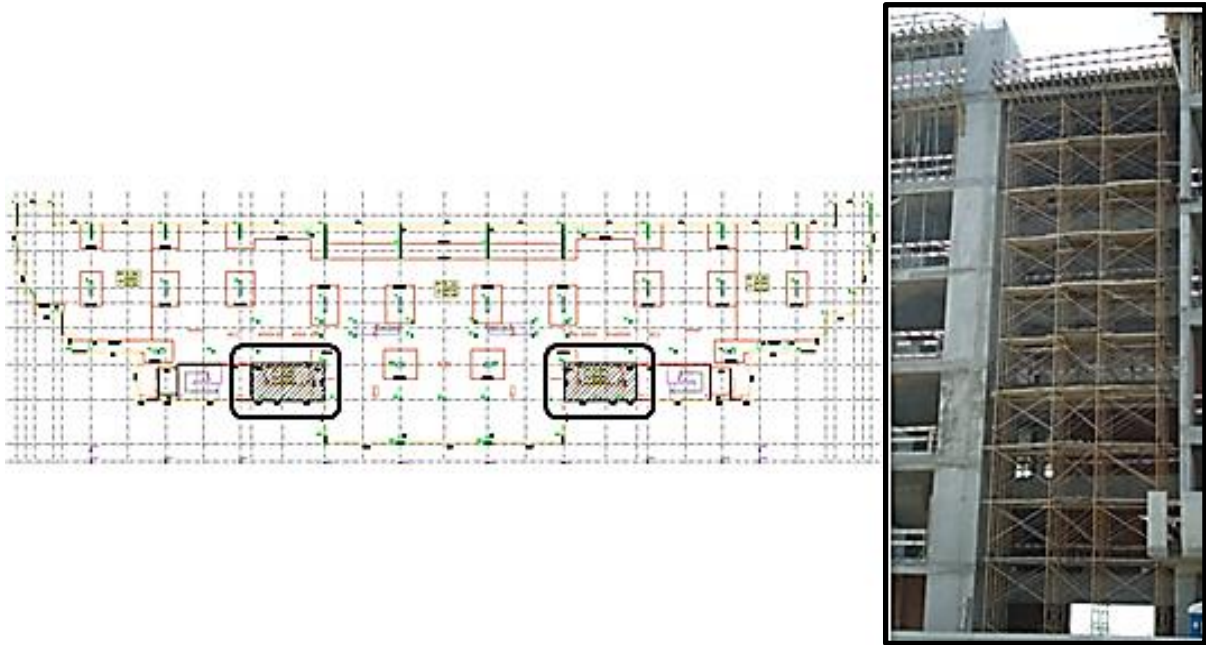


Figura 29 – Localização da cobertura e escoramento (Adaptado [11]);

Dado ao pé-direito indicado acima, a solução recaiu novamente na montagem de um escoramento em cimbra do *Ulma – Cimbra G* para os 20,80 m de altura (figura 29), tendo em especial atenção o travamento da estrutura e aplicando o sistema já descrito *Dokaflex* para a cofragem da zona indicada.

4.3.2 Núcleos

4.3.2.1 *Análise de Projecto*

O edifício apresenta 4 núcleos de betão armado, dois núcleos (NE 1 – Núcleo de Escadas 1) de caixa de escadas e elevador (figura 30, sombreado a rosa) e outros dois núcleos (NAP – Núcleo do Ascensor Panorâmico) do ascensor panorâmico (figura 30, sombreado a azul), agrupando-se um NE1 e um NAP de cada lado do edifício, tendo a localização seguinte.

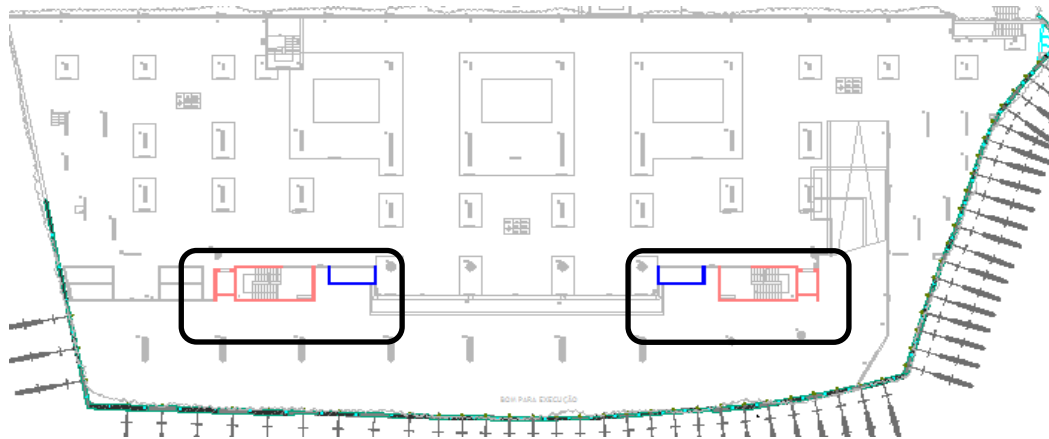


Figura 30 – Localização dos núcleos (Adaptado [11]);

As paredes constituintes do núcleo têm uma espessura de 0,20 m e uma altura tipo de 3,30 m. Quanto às suas disposições, variam à medida que se sobe os pisos, tal como se explicita na figura 31.

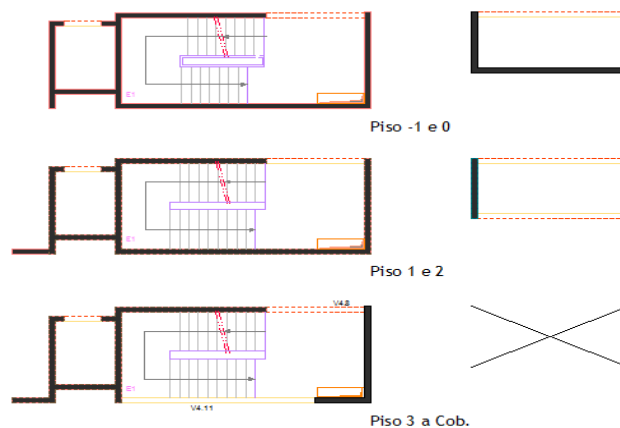


Figura 31 – Evolução dos núcleos em altura (Adaptado [11]);

4.3.2.2 Descrição da Solução

O sistema de cofragem adoptado pertence ao grupo das cofragens racionalizadas ou modulares, mais propriamente, aos sistemas de cofragem ligeiros ou desmembráveis de painéis para paredes, pilares e vigas.

Para a execução destes núcleos as duas melhores soluções encontradas foram: painéis modulados *Framax Xlife (Doka)* e os *Trio (Peri)*, ambos com alturas de painel de 3,30 m, o que se ajusta na perfeição à altura dos núcleos em obra.

As vantagens da utilização destes sistemas são as seguintes [12]:

- **Grande resistência estrutural;**

Com painel de 3,30 m de altura suporta 83 kN/m^2 (carga uniformemente distribuída, figura 32, à direita) e $82,5 \text{ kN/m}^2$ (carga triangular, figura 32, à esquerda) na prática significa possibilidade de rápida betonagem e reduzidas deformações.

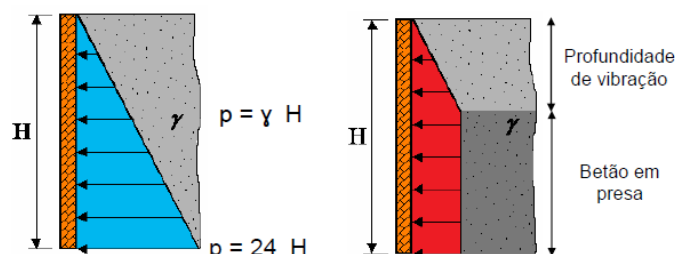


Figura 32 – Diagrama de pressões (Adaptado [5]);

- **Rápida utilização;**

A elevada distância entre ancoragem permite diminuir o número de ancoragens a aplicar, reduzindo os tempos de cofragem e os custos de mão-de-obra.

- **Fácil manuseamento e planeamento;**

Unidades de translação compactas para tempos de grua reduzidos e fácil adaptação à maioria das geometrias.

- **Elevado número de aplicações;**

- **Excelente resultado do betão.**

A escolha final recaiu sobre os painéis *Framax Xlife*. Um dos motivos da escolha foi a qualidade da superfície cofrante dos painéis *Framax Xlife* que possuem um revestimento composto por madeira e plástico (figura 33).

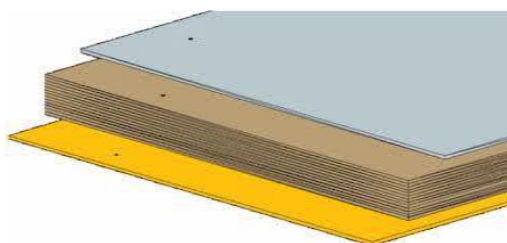


Figura 33 – Painel aplicado na superfície cofrante [12];

O segundo deve-se às combinações de painéis garantindo variações de larguras de 0,15 m, contrariamente ao sistema *Trio* que só garante variações de larguras em incrementos de 0,30 m, dando assim uma menor resposta à adaptação das diversas geometrias.

4.3.2.3 Pontos Singulares

Apesar do sistema utilizado para os núcleos apresentar grande flexibilidade a nível de adaptação à geometria do elemento a cofrar, foi necessário conjugá-lo com alguns moldes fabricados pela empresa Confrasilvas com o intuito de rematar alguns pontos do núcleo NE 1 (Núcleo de Escadas 1).



Figura 34 – Conjugação das duas soluções, *Framax Xlife* e molde especial;

Os moldes fabricados para o efeito são constituídos por uma estrutura em tubo de aço rectangular composta por tubos na vertical, soldadas entre si por meio de travessas de 2 tubos de aço rectangular e forrado com contraplacado marítimo, perfazendo a solução presente na figura 34.

4.3.3 Pilares

4.3.3.1 Análise de Projecto

A obra tratada apresenta uma grande variedade de secções de pilares até ao piso 3, sendo que daí em diante todos os pilares têm forma rectangular, num total de 539 pilares repartidos pelos 11 pisos. Quanto às alturas variam de 2,73 m a 3,30 m e na zona de pé-direito duplo temos uma altura de 6,17 m (Anexo 2).

De entre a variedade de pilares encontramos na obra as secções ilustradas na figura 35.

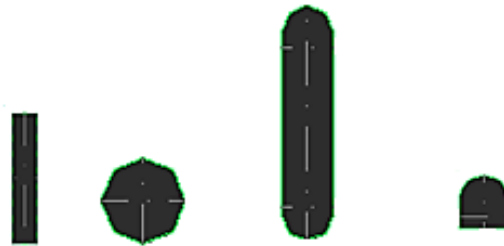


Figura 35 – Secções de pilares da obra (Adaptado [11]);

No piso 0 encontram-se o número máximo de pilares e a maior variedade de secções, detém 108, mais 9 que vêm da fundação (zona pé-direito duplo), o que perfaz um total de 117 pilares. Nos restantes pisos temos um número bastante mais baixo, situando-se nos 38 pilares por piso.

4.3.3.2 Descrição da Solução

1) Pilares Rectangulares / Quadrados

Para a execução deste tipo de pilar foram adoptadas duas soluções.

Uma das soluções, passou pelos moldes fabricados no estaleiro da empresa Confrasilvas. O molde é composto por estrutura de tubo rectangular de aço formando duas partes em “L” (figura 36, ao centro) forradas com contraplacado marítimo.

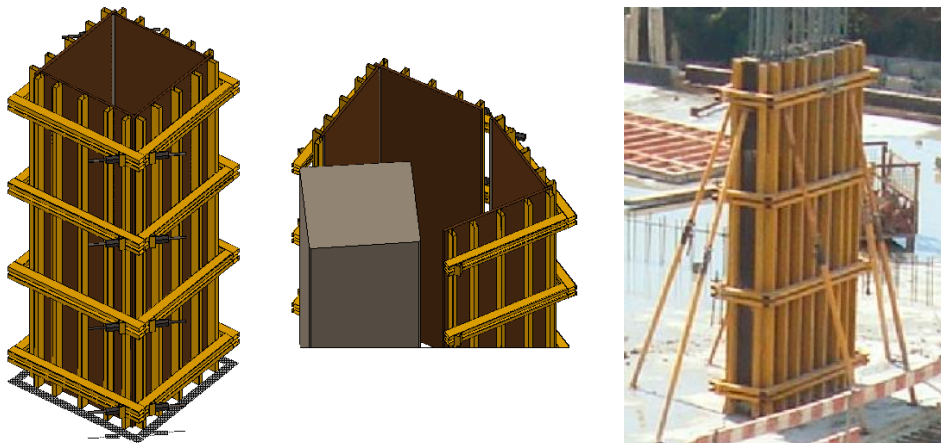


Figura 36 – Molde de pilar Confrasilvas tipo;

A outra baseou-se no sistema *Doka Framax Xlife*, já apresentado para a execução de núcleos, obtendo-se soluções do tipo da ilustrada abaixo.



Figura 37 – Pilar executado com os painéis *Doka*;

2) Pilares Circulares

Para a cofragem de pilares circulares optou-se pelo sistema de pilares *Alisply – Alsina*.

O sistema de pilares metálicos *Alisply*, apresentado na figura 38, permite a realização de pilares circulares ou pilares com extremidades em semicírculos. A presença de uma aba para aperto e fixação com grampos (figura 38, à esquerda), adapta-se facilmente a qualquer painel de quadro metálico existente no mercado, e foi esta a condição que levou a escolha deste sistema.

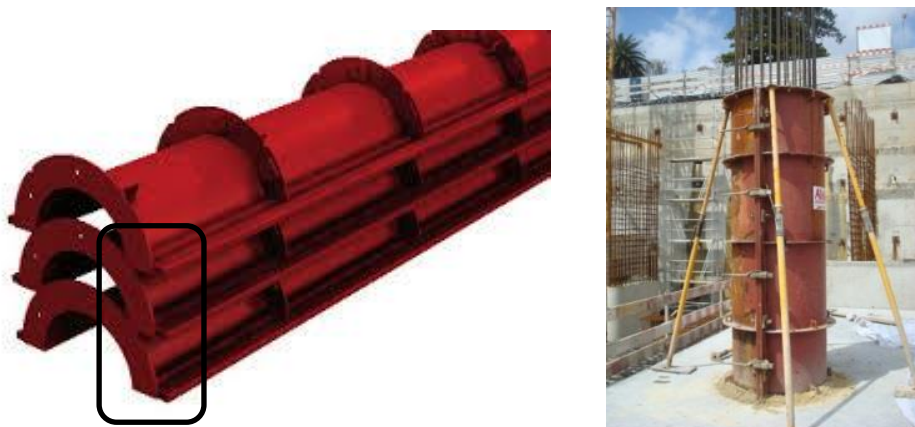


Figura 38 – Pilar circular *Alisply* [13];

4.3.3.3 Pontos Singulares

A única singularidade encontrada foi o pilar P 16 (figura 39). Para a execução deste tipo de pilar combinou-se semicírculos de pilares circulares *Alisply* com os painéis do tipo *Doka Framax Xlife*.



Figura 39 – Pilar P16 e sistema de cofragem adoptado;

A escolha recaiu neste sistema por dois motivos, o primeiro pelo número de aplicações reduzido, o segundo pela secção impar e dificilmente encontrada noutra obra. Estes dois aspectos, aliados às soluções presentes no mercado, já expostas anteriormente, torna inviável o fabrico de um molde especial para o efeito.

Na figura seguinte, é possível verificar a utilização dos diversos sistemas em simultâneo.



Figura 40 – Cofragem de pilares com as diversas soluções;

5 PLANEAMENTO, PREPARAÇÃO E EXECUÇÃO

A preparação e o planeamento de cofragem assumem relevante importância por forma a poder racionalizar a mão-de-obra e todo o material, isto é, com a preparação e planeamento temos o objectivo de antecipar a localização do material, o tipo de material/acessório, a sua quantificação, e fundamentalmente antecipar todos os passos da execução por forma a otimizar a solução e a duração da actividade, cumprindo assim o prazo de execução proposto.

5.1 Laje

5.1.1 Planeamento

As datas previstas no planeamento global da obra e especificamente para as lajes condicionaram e marcaram o andamento de todas as actividades afectas à estrutura de betão armado.

Inicialmente, o planeamento apontava para fim a dia 13 de Setembro de 2013, tal como é demonstrado no quadro 6, em que a obra era dividida de um modo geral em cinco betonagens de laje com áreas a rondar os 800 m² até ao piso 2 (figura 41, à esquerda), sendo do piso 3 para cima em quatro betonagens com áreas de aproximadamente 460 m² (figura 41, à direita).

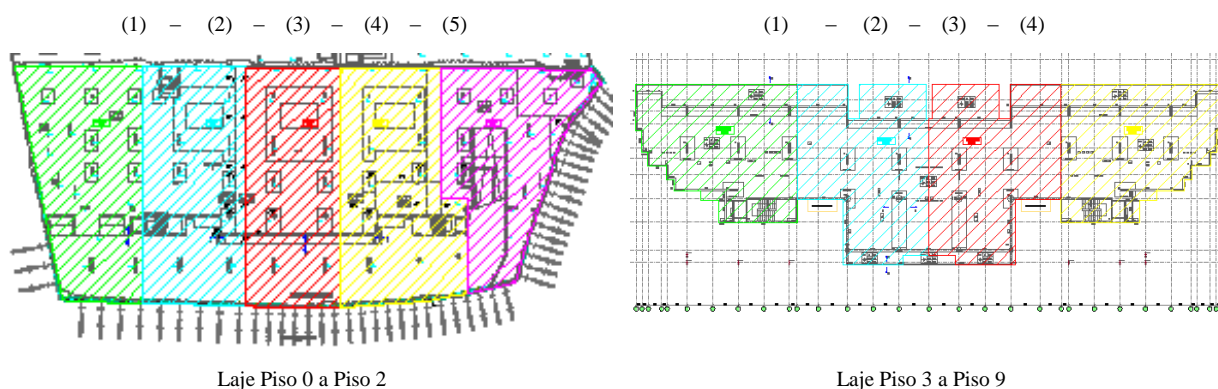


Figura 41 – Faseamento do planeamento inicial (Adaptado [11]);

Quadro 6 – Planeamento Inicial;

Betonagem de Lajes	Primeira Betonagem	Última Betonagem
Piso 0	15 de Março	26 de Abril
Piso 1	3 de Abril	16 de Maio
Piso 2	19 de Abril	4 de Junho
Piso 3	7 de Maio	14 de Junho
Piso 4	24 de Maio	26 de Junho
Piso 5	13 de Junho	15 de Julho
Piso 6	28 de Junho	26 de Julho
Piso 7	10 de Julho	9 de Agosto
Piso 8	24 de Julho	22 de Agosto
Piso 9	7 de Agosto	6 de Setembro
Cobertura	2 de Setembro	13 de Setembro

Demonstrando, como exemplo, o planeamento para o faseamento da execução de lajes entre o dia 20 de Junho e 26 de Julho de 2013 (figura 42), em que são considerados 6 dias para cada uma das fases subdivididos nas seguintes durações por actividade, temos:

- Cofragem – 3 dias;
- Armação e Aplicação de Aço – 2,5 dias;
- Betonagem – 0,5 dia.

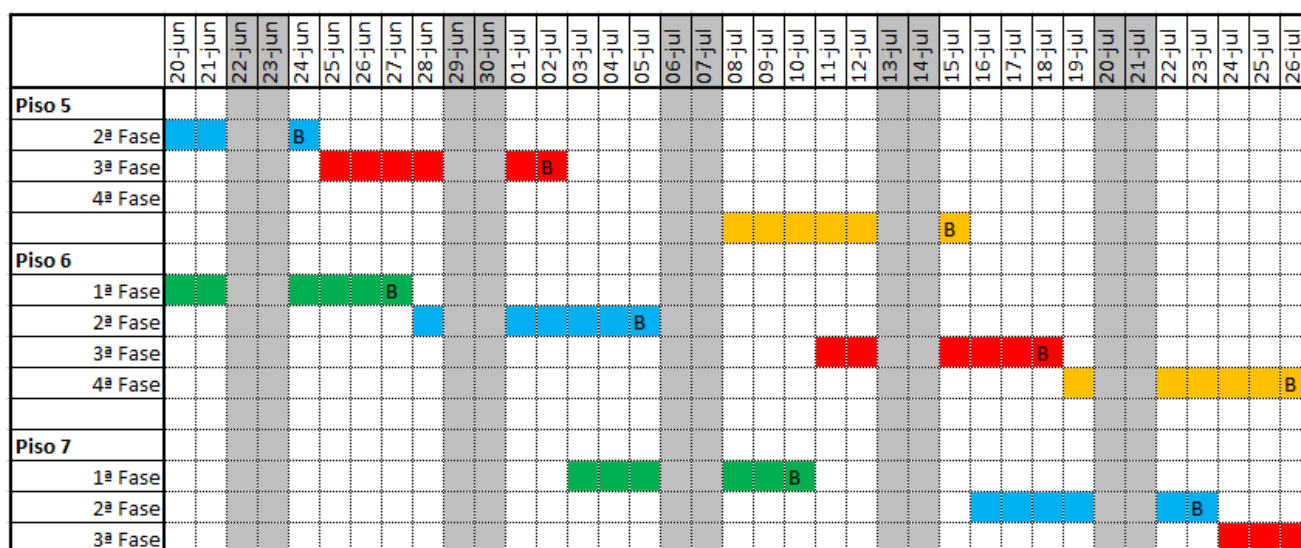


Figura 42 – Faseamento da execução de lajes (exemplo);

Contudo, o planeamento da obra foi estabelecido semanalmente, através de reuniões entre os diversos intervenientes na execução da estrutura de betão armado, que de acordo com as dificuldades encontradas e descritas abaixo levaram ao seguinte número de fases na execução de laje por piso.

- Laje do Piso 0 – Cinco fases de betonagens.

Atraso da execução de fundações na zona central. Erro no projecto de fundações que não previa o encontro de terreno de má qualidade. A fiscalização e o empreiteiro geral decidiram pela execução de poços de fundação, o que conduziu a situação ilustrada abaixo.



Figura 43 – Zona condicionante da obra - poços de fundação;

- Laje do Piso 1 – Nove fases de betonagens (até ao momento).

Atraso decorrente das fundações, apresentada anteriormente, acrescentando a necessidade de deixar uma zona da obra por executar para que houvesse acesso (figura 44) e ainda a fase de betonagem referente a laje de espessura de 0,70m.



Figura 44 – Condicionantes para a betonagem de laje no piso 1;

- Laje do Piso 2 – Seis fases de betonagem.

Neste piso as condicionantes não existiam, porém, optou-se por realizar mais uma fase de betonagem em duas zonas que só subiria mais um piso, logo não eram

condicionantes para a conclusão da obra no prazo, e reforçar, para ganhar tempo nas zonas onde o edifício ainda subiria um número considerável de pisos.

- Laje do Piso 3 – Nove fases de betonagens.

Ao número de betonagem do piso 2, neste piso temos mais uma condicionante, a presença de lajes a diferentes níveis, ilustrados na figura 45, o que elevou o número de fases betonagens.



Figura 45 – Laje do Piso 3, diferença de cotas;

- Laje do Piso 4 a 8 – Quatro fases de betonagens.

A partir do piso 4 verifica-se a estabilização da forma do edifício, isto é, do piso 4 em diante os pisos são todos iguais, apresentando-se a sequência presente na figura 46.

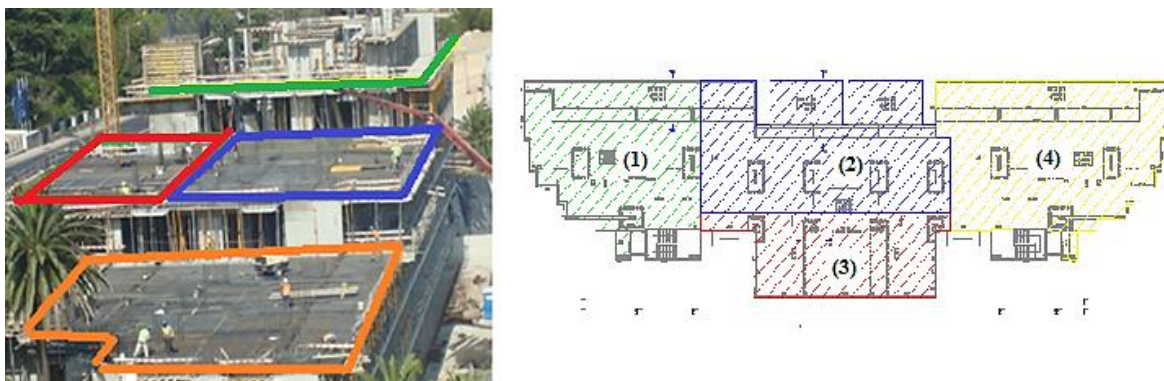


Figura 46 – Sequência de execução a partir do piso 4 (Adaptado [11]);

A junta de betonagem no sentido longitudinal na zona central da obra relaciona-se com a presença das consolas pré-esforçadas. Para que o pré-esforço fosse aplicado ao final de 8 dias, optou-se por colocar um betão de uma classe de resistência à compressão superior (C45/55), na zona apresentada na figura 46, a azul.

- Laje do Piso 9 – Três fases de betonagens.

No piso 9 temos menos uma betonagem do que no ciclo anterior, pelo desaparecimento das consolas pré-esforçadas e pela diminuição em termos de área do piso em questão.

- Cobertura – Uma Betonagem.

No anexo 3, apresenta-se a evolução da obra de acordo com o atrás exposto, recorrendo às respectivas plantas e a uma escala de cores que marcam o faseamento dos trabalhos por mês.

É de notar que as juntas de betonagens foram localizados a 1/5 do vão (local onde se encontram os menores esforços na estrutura) e idealizados para permitir que todas as lajes tivessem áreas semelhantes, com o objectivo de uniformização de quantidade, rotatividade de material e duração da actividade.

5.1.2 Projecto de Cofragem

De acordo com as betonagens descritas e quantificadas, apresentam-se as metodologias utilizadas para as preparações/projectos. Para cada laje executada em obra deve ser feita uma preparação para execução.

5.1.2.1 Laje Maciça Tipo

A esmagadora maioria das lajes da obra foi executada recorrendo ao sistema *Skydeck*, já apresentado anteriormente, aquando da descrição da solução.

O sistema é constituído por diversas peças. Apresentam de seguida as utilizadas em obra:

- Painéis SDP (figuras 47 e 48)
 - Painel SDP 1,50 x 0,75;
 - Painel SDP 1,50 x 0,375;
 - Painel SDP 0,75 x 0,75;
 - Painel SDP 0,75 x 0,375.

- Cabeçais
 - Cabeçal de Caída SFK (Figura 47, à esquerda);
 - Cabeçal de Apoio SSK (Figura 47, à direita).

A diferença chave destes dois cabeçais é o facto de o Cabeçal de Apoio permitir que se encoste a estrutura/painel a outro elemento sem necessidade de se executar um fecho em cofragem tradicional, tal como se demonstra abaixo.



Figura 47 – Aplicação do cabeçal de caída (à esquerda) e apoio (à direita);

- Tapajuntas SAL – Preenche o vazio deixado entre os módulos, no sentido perpendicular às vigas principais, como se demonstra na figura 48. Quanto a dimensões, temos as seguintes:
 - Tapajunta SAL 1,50;
 - Tapajunta SAL 0,75;
 - Tapajunta SAL 0,375.



Figura 48 – Esquema de colocação de Tapajunta SAL;

- Vigas Principais SLT
 - Viga Principal SLT 2,25;
 - Viga Principal SLT 1,50.

- Prumos Pep 20 400 – Escoramento próprio para trabalhar com o sistema a aplicar, tal como se vê na figura abaixo.



Figura 49 – Prumo Pep 20 (Adaptado [9]);

Partindo do material acima apresentado, formando o bloco tipo e adaptando-o na melhor disposição, obtemos de forma esquemática o seguinte projecto de execução de cofragem,

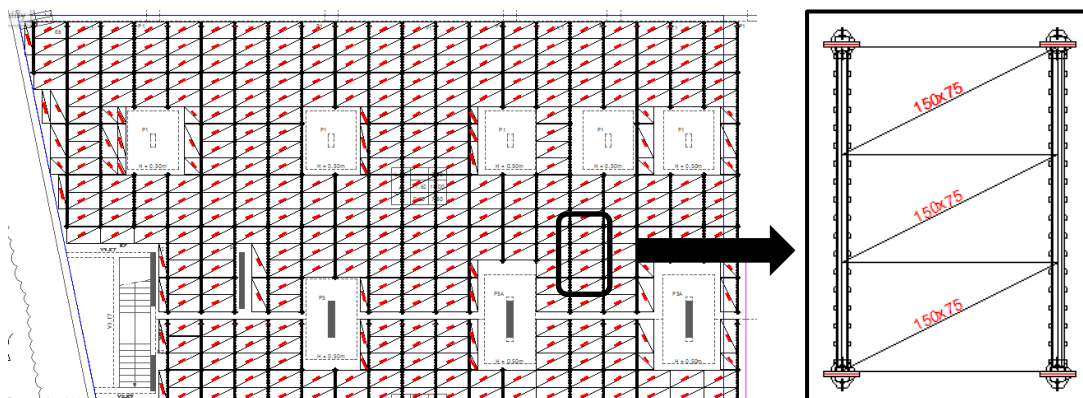


Figura 50 – Esquema com parte de uma planta de cofragem e o bloco tipo;

Quando à preparação dos capitéis foi realizada partindo do sistema *Dokaflex* que possui o material a seguir exposto:

- Vigas Principais de Madeira H20 2,65m ou 16x8cm c/ 4,00m;
- Vigas Secundarias de Madeira H20 2,45m;
- Painéis de Madeira 2,00 x 0,50m;
- Prumos Ulma Forte 2,10/3,65m.

A conjugação do referido material resultou no sistema de cofragem ilustrado na figura 51.

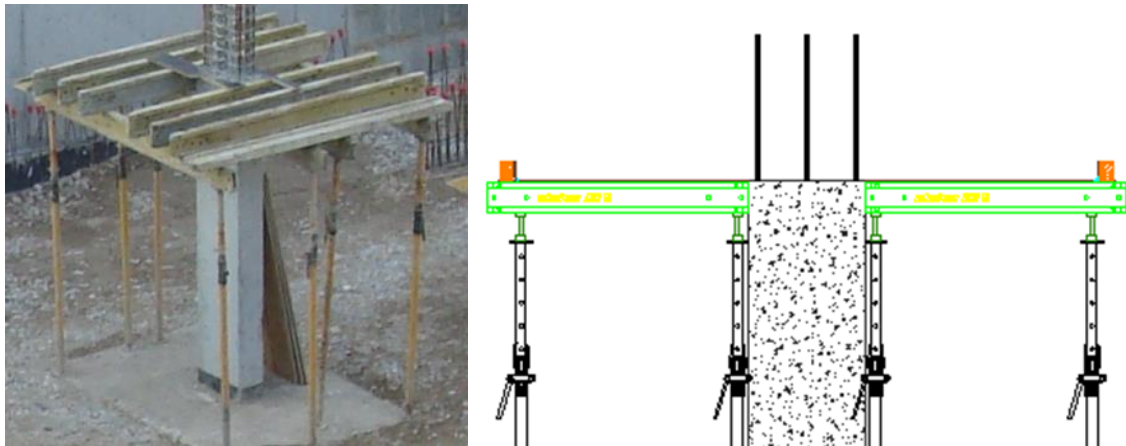


Figura 51 – Preparação tipo para capitel;

No anexo 4 e 5 é exibida uma preparação do Piso 0 (primeira laje da obra) e uma do Piso 4 (piso onde a obra ganha uniformidade e se inicia o ciclo mais importante).

5.1.2.2 Consola com Espessura Variável

A mesa utilizada já foi exposta na figura 28 (construída pela Confrasilvas), sendo a sua constituição a seguinte:

- Estrutura: Tubos de aço rectangular 80x40x2 mm unidos por soldadura formando um tabuleiro com 6,10x2,20 m e dois perfis IPE 140, para a distribuição de carga aos prumos *Multiprop 350* devidamente travados com os *Bastidores MRK 225 e 150*;
- Forro: Contraplacado marítimo fixado por meio de rebites, aplicando de quebra arestas de PVC com aba, nas esquinas da viga.

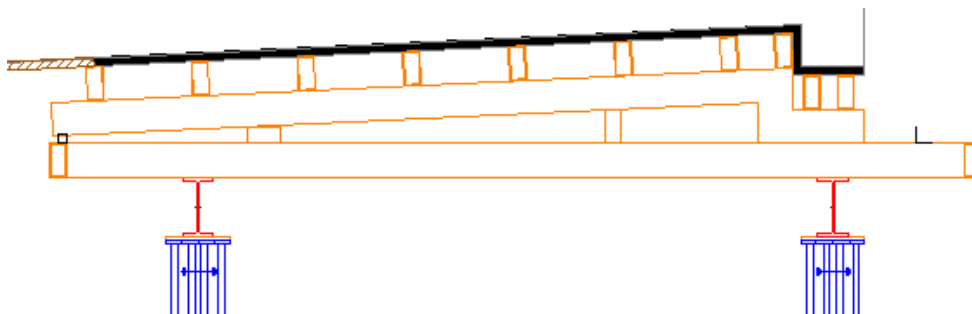


Figura 52 – Tabuleiro de Mesa e forro em contraplacado (Corte esquemático);

No anexo 6 é apresentado o pormenor da mesa que complementa a figura 52.

5.1.2.3 Laje Maciça com Duplo Pé-Direito

Como já foi especificado no capítulo anterior a obra contém uma zona de duplo pé-direito no Piso 1, junto a contenção. Esta particularidade foi também alvo de estudo, utilizando todos os elementos constituintes da cofragem de uma laje maciça de pé-direito normal e seguindo todo o processo de preparação para a superfície cofrante apresentada no tópico das lajes maciças tipo, tal como se apresenta no anexo 7, mas modificando o escoramento, tanto da laje como dos capitéis.

Para a laje foram utilizados para o efeito prumos *Multiprop 625* (figura 53) que permite vencer a altura de 6,17m.



Figura 53 – Laje com prumos *Multiprop 625*;

Para o escoramento dos capitéis foi projectada uma estrutura em cimbre do tipo *Ulma – Cimbre G*, tal como se ilustra a seguir.

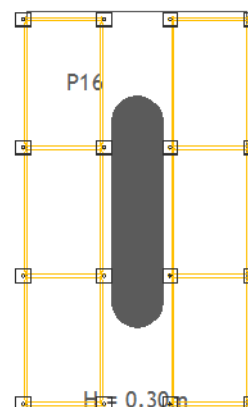


Figura 54 – Preparação para montagem de cimbre em capitéis;

Este escoramento é constituído pelas seguintes peças apresentadas na figura abaixo [14]:

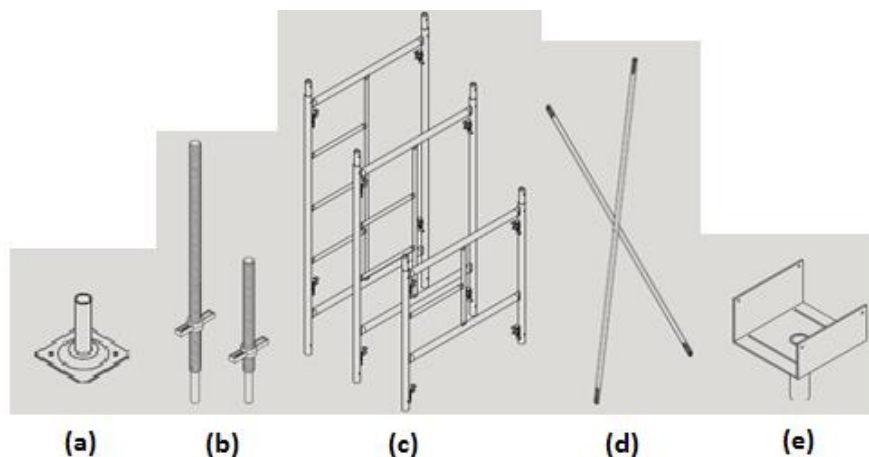


Figura 55 – Elementos constituintes do *Cimbra G – Ulma* (Adaptado [14]);

- **Placa Base (a)**
É colocada na fase inicial da montagem, momento em que se leva a cabo a implantação sobre a base. Proporciona um apoio estável ao Cimbra.
- **Veio de Nivelamento (b)**
Serve para nivelar a estrutura e realizar o ajuste do Cimbra ao nível requerido. É introduzido na fase inicial da montagem, introduzindo-o na Placa Base, e na fase final, introduzindo-o no Suplemento.
- **Suplementos G-100 de 1,55m (c)**
O Suplemento é o elemento mais característico deste sistema. A sua forma é a de uma armação composta de duas partes. Numa destas partes, há uma série de tubos horizontais que cumprem a função de escada.
- **Cruzetas Bicolor 1,50 m (d)**
São dois tubos do mesmo tamanho ligados mediante um rebite que permite o giro de um relativamente ao outro. Uma vez montados, tomam a forma de uma cruz. As Cruzetas proporcionam a separação exacta entre Suplementos.
- **Cabeçal 160 (e)**
Para a utilização da cofragem descrita é o cabeçal ideal pois possui a dimensão suficiente para a colocação de duas vigas de madeira.

5.1.2.4 Laje Maciça c/ Espessura de 0,70m

Acrescendo às dificuldades de uma laje de pé-direito duplo tem-se a presença de uma laje com espessura de 0,70 m, que é tratada no desenho exposto no anexo 8.

O sistema escolhido para laje e capitéis foi do tipo *Dokaflex*, mas com um escoramento totalmente em cembre *G – Ulma* (malha 0,96 x 0,76m).

O processo de preparação e material constituinte dos capitéis já foram descritos e devidamente ilustrado anteriormente, na figura 53.

Quanto à laje, a superfície cofrante foi obtida recorrendo a material:

- Vigas Principais de Madeira 16x8 cm c/ 4,00 m (Dupla) (afastadas 0,96m);
- Vigas Secundarias de Madeira H20 2,45 m (afastadas 0,40m);
- Painéis de Madeira 2,00 x 0,50 m;

Para a laje foi tomado o seguido longitudinal da obra como sendo o sentido de montagem para o escoramento e por consequência o sentido de funcionamento das vigas principais, apresentada na figura 56.

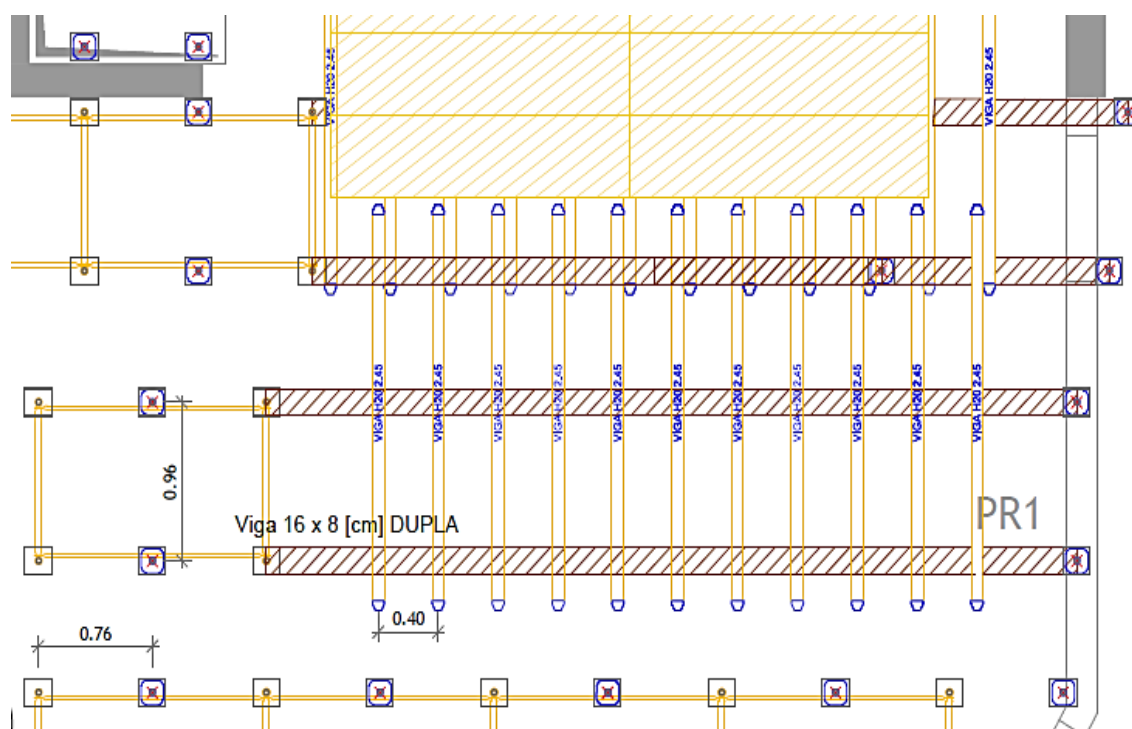


Figura 56 – Preparação para laje;

5.1.2.5 Cobertura do Ascensor Panorâmico

A solução projectada para esta laje foi do tipo *Dokaflex* com escoramento em cimbra *G – Ulma*, já descrita anteriormente (figura 56).

A preparação para a execução de cofragem na cobertura do ascensor panorâmico presente no anexo 9, reflecte essencialmente a esquematização e colocação do escoramento em cimbra, posto isto, e como é o caso mais importante da sua montagem, apresenta-se o processo para a preparação do escoramento em altura.

Partindo da cota 18,62 m (Piso 3) e sabendo que o fundo da laje a cofrar (Piso 9) se situa à cota 32,42 m, tem-se uma altura de 20,80 m.

Os dois pontos essenciais para o cálculo do número de peças a montar em altura são:

- A abertura máxima para os veios de nivelamento é de 0,65m (figura 57, à direita);
- A escolha do sistema de cofragem utilizado, neste subtraiu-se 38 cm, resultantes da soma das espessuras do painel (2 cm), da viga H20 (20 cm) e viga de madeira 16x8cm (16 cm), como se justifica na figura 57, à esquerda.

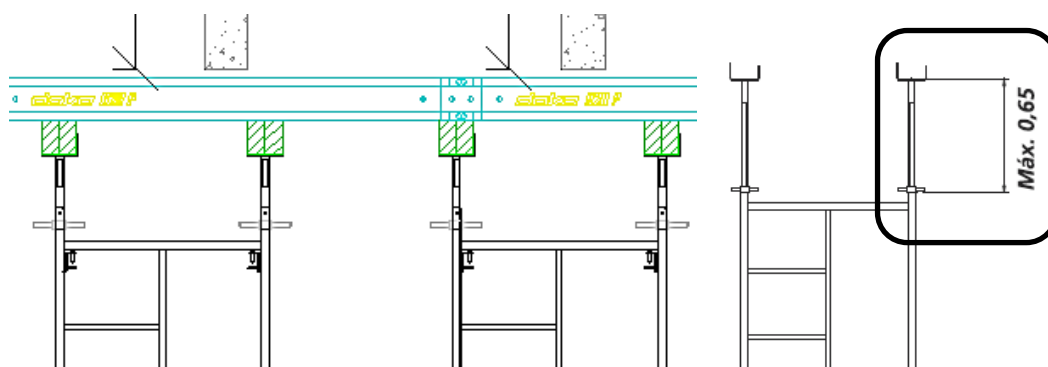


Figura 57 – Condicionantes para a preparação do escoramento em altura;

Posto isto, a altura de cimbra a montar será no mínimo de 19,77 m, como se demonstra abaixo:

- $20,80 - 0,65$ (só foi colocado veio de nivelamento na parte superior) $- 0,38 = 19,77$ m

A solução adoptada passou pela montagem de dez suplementos de 1,85 m e um de 1,55 m (em altura), conjuntamente com as restantes peças para o bom funcionamento do sistema, já apresentado anteriormente na figura 55.

5.1.3 Processo de Execução – Laje Maciça Tipo

O processo de execução descrito é de uma cofragem em laje maciça tipo em *Skydeck*, com capitéis em *Dokaflex*, vigas executadas com recurso a cofragem tradicional melhorada e mesas especiais para consola de espessura variável, pois foi este o tipo execução de laje predominante durante a obra. Os passos de execução são os seguintes:

- 1º Regularização do piso onde irá assentar o escoramento se for caso disso;
- 2º Passar a cota de referência para os pilares ou outros pontos de orientação, recorrendo a um laser ou a uma mangueira de nível (Altimetria);
- 3º Preparação dos prumos metálicos à devida altura para as vigas e capitéis;
- 4º Cofragem de vigas e capitéis, isto é, inicia-se a cofragem da laje pelas zonas a cotas inferiores;



Figura 58 – Exemplo dos passos 2 a 4;

- 5º Colocação, nivelamento e alinhamento das mesas;



Figura 59 – Colocação da Mesa de cofragem especial com recurso a grua;

6º Montagem de laje em *Skydeck* seguindo a seguinte sequência:

- a. Preparação dos Prumos metálicos à devida altura e já com o cabeçal colocado;
- b. Colocação da Viga principal;
- c. Colocação dos painéis.



(a)

(b)

(c)

Figura 60 – Sequência de montagem de *Skydeck*;

- 7º Cofragem dos “remates”, zonas onde o sistema *Skydeck* não consegue contornar perfeitamente os elementos, na sua maioria em torno dos capiteis;
- 8º Colocação de cofragem para os respectivos negativos;
- 9º Limpeza e aplicação de óleo descofrante;



Figura 61 – Aspecto final da laje tipo;

- 10º Colocação da armadura (armação e aplicação de aço);
- 11º Betonagem, incluindo os trabalhos de vibração e compactação do betão;



Figura 62 – Armação/aplicação de aço e betonagem;

12º Descofragem ao final do 3º dia (figura 18, à direita).

5.1.4 Controlo de Produção

No que diz respeito à produção para a execução da laje descrita a cima, e partindo da observação da laje do piso 4 em diante, foi possível verificar o seguinte:

- Equipa de 10 Homens, distribuídos pelas seguintes actividades:
 - Cofragem de capitéis – 2 Homens;
 - Cofragem de vigas – 2 Homens;
 - Montagem de laje – 2 Homens;
 - Remates de laje – 2 Homens;
 - Escoramento e descofragem – 2 Homens.
- Produção – 2 fases de laje por semana (meio piso – 920 m²);
 - Equivalente a cofrar um troço de laje (460 m²) em aproximadamente 3 dias
- Horas trabalhadas semanalmente em média por esta equipa (10 Homens) – 600 h.H.

Assim, obteve-se um rendimento de 1,53 m²/h.H (920 m² / 600 h).

5.2 Pilares

5.2.1 Planeamento

O planeamento para os pilares é fortemente influenciado pelas fases de betonagem previstas para as lajes. Posto isto, o que definiu-se que seriam necessários dois dias para a betonagem dos pilares relativos a uma dada fase da laje.

5.2.2 Projecto de Cofragem

5.2.2.1 *Pilares em Molde Especial Confrasilvas*

O molde projectado é um elemento vertical composto por duas partes em “L” unidas por meio de dobradiças (esquematisado na figura 63, à direita) e formado por:

- Estrutura: Tubos de aço rectangular 80x40x2 mm na vertical, soldados entre si por meio de travessas de 2 tubos de aço rectangular 80x40x2 mm, garantindo-se um afastamento máximo entre travessas de 900 mm.
- Forro: Contraplacado marítimo de 21 mm fixado por meio de rebites, aplicação de quebra arestas de PVC 15/21 com aba, nas esquinas.

No anexo 10 é apresentada a preparação tipo para o referido molde.

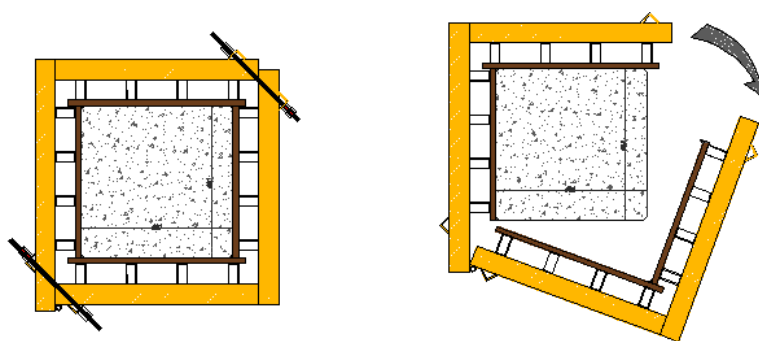


Figura 63 – Representação do molde de pilar tipo;

É de referir que cada molde tem de ser acompanhado por varões roscados e respectivas porcas para aperto na proporção de 2 por cada travessa.

5.2.2.2 Pilares em Molde Circular

Para este tipo de pilar não é necessária nenhuma preparação a não ser a compatibilidade do número de moldes em obra, com o que necessário para dar resposta às exigências da obra, ou seja, dois dias para a betonagem dos pilares, como já foi referido no início do subcapítulo.

5.2.2.3 Pilares em Doka Framax Xlife

Para os pilares de secção 2,40 x 0,25 m e 3,60 x 0,25 m a cofragem utilizada foi do tipo o *Doka Framax Xlife*.

Quanto à execução dos pilares de secção 2,40 x 0,25 m permitem a utilização do painel 2,40 x 3,30 m, que acoplado com o painel 3,30 x 0,45 m, formam moldes em “L”, executando assim a cofragem do pilar de um modo simples, tal como se apresenta na figura 64, e sem necessidade de colocação em obra de mais um molde para o efeito.

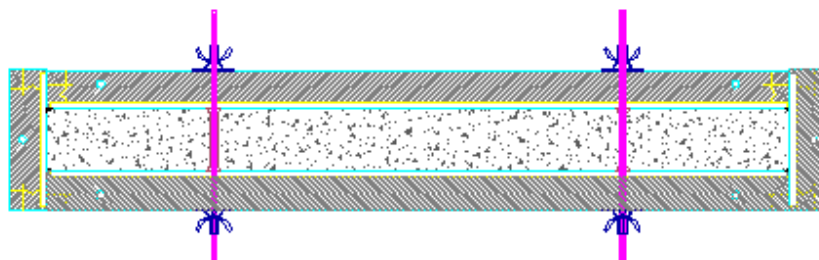


Figura 64 – Esquema de cofragem para pilar de secção 2,40 x 0,25 (m) em planta;

Para a união dos painéis que formaram o “L”, e para a união dos dois “L” utilizaram-se grampos ajustáveis *framax* (ver figura 11) e as respectivas ancoragens/varões roscados que garantem o aperto através das porcas (ver figura 10).

Quanto aos pilares de secção 3,60 x 0,25 m, por impossibilidade de transporte de um molde único para a sua cofragem, (camião só tem cerca de 2,50 m de largura e uma altura máxima de carga de aproximadamente 2,70 m) optou-se pelo sistema cofragem em painéis *Doka Framax Xlife*.

A sua execução passou também pela formação dos dois “L”, utilizando um painel 2,40 x 3,30 m, um painel de 1,20 x 3,30 Universal e colocado no topo, perfazendo uma solução semelhante à apresentada na figura 64.

Para a união dos dois “L” utilizaram-se os grampos ajustáveis e ancoragens identificados acima, contudo para a ligação de painéis contíguos foram usados grampos maxila e vigas rigidificadoras, cintas universais 0,90m para garantir o seu alinhamento, tal como exemplificado na figura seguinte.

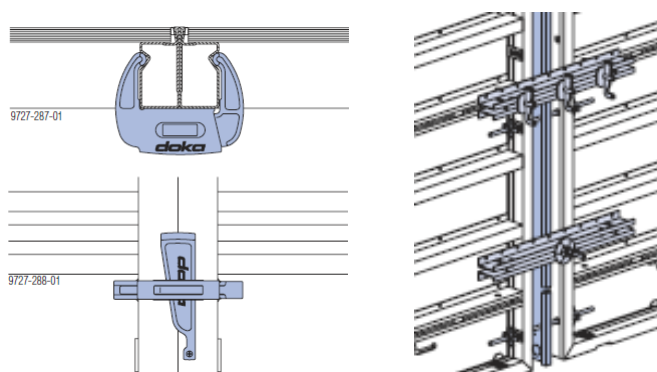


Figura 65 – Aplicação de grampos maxila e cintas universais (Adaptado [12]);

Para estes pilares é também necessária a aplicação de quebra arestas de PVC 15/21 nos cantos.

A preparação detalhada deste tipo de solução é apresentada no anexo 11.

5.2.2.4 Pilares em Molde Semicircular conjugado com Doka Framax Xlife

Para os pilares com as extremidades em semicírculo obteve-se a seguinte solução para execução (figura 66).

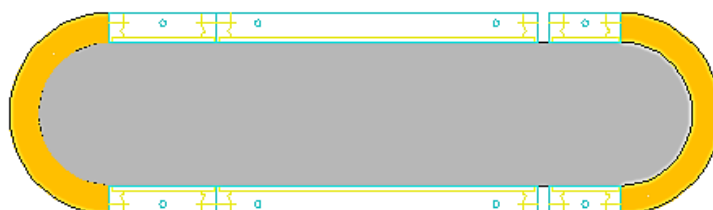


Figura 66 – Pilar P16 e sua preparação em planta;

O molde para o pilar P16 necessitava da combinação um molde de pilar circular de diâmetro igual a 60 cm que será dividido em 2 partes e conjugado com os painéis *Doka Framax Xlife* de 1,35 x 3,30 m e os painéis 0,45 x 3,30 m e 0,30 x 3,30 m nas extremidades. Apesar da optimização ficavam a faltar 5cm, assim sendo, aplicou-se um fecho em madeira entre dois dos painéis, tal como se ilustra abaixo.

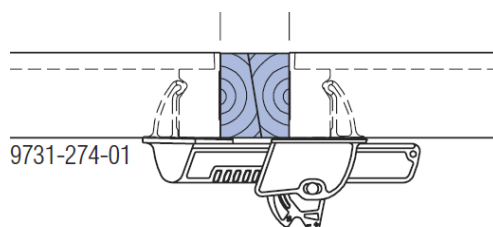


Figura 67 – Pormenor do fecho em madeira e fixação dos painéis [12];

Mais uma vez, as ligações entre os dois “L” previamente montados passam por grampos ajustáveis e ancoragens.

O pilar P16 é apresentado, também ele no anexo 11.

5.2.3 Processo de Execução

O processo de execução do pilar, seja qual for, tem como principio a montagem de dois “L” que serão posteriormente colocados no local exacto para a cofragem do pilar, pressupondo que o aço já foi previamente armado, segue os seguintes passos:

1º Marcação exacta da localização do pilar (Topografo);



Figura 68 – Marcação;

2º Montagem dos elementos em “L”;

3º Limpeza e aplicação de óleo descofrante;



Figura 69 – Molde de pilar, separado em dois "L" após limpeza;

4º Colocação dos moldes no seu respectivo lugar;

5º Aperto e fixação dos dois “L”, com recurso a grampos ou varões roscados/ancoragens;

6º Colocação de escoramento e respectivo aprumo/verticalidade do molde.



Figura 70 – Moldes após passo 5 e 6;

7º Betonagem, incluídos os trabalhos de vibração e compactação do betão;



Figura 71 – Betonagem de pilar;

8º Rectificação da verticalidade do pilar;

9º Descofragem após 12 horas (de acordo com o artigo 153.º (1) – R.E.B.A.P).

5.2.4 Controlo de Produção

No que diz respeito à produção o factor condicionante para a execução da cofragem de pilares é o tempo de grua, contudo, e partindo do ciclo que foi mais vezes repetido e por isso o mais observado, conclui-se o seguinte:

- Equipa de 3 Homens;
- Produção – Todos os pilares de um piso acima do piso 4 – 575 m²;
- Horas trabalhadas em 8 dias em média por esta equipa – 240 h.H.

Assim, temos um rendimento de aproximadamente 2,40 m²/h.H (575 m² / 240 h.H).

5.3 Núcleos

5.3.1 Planeamento

O planeamento para os núcleos é também ele marcado pelo planeamento efectuado para as lajes e pilares. Assim sendo, foi estipulado que no dia seguinte à finalização da betonagem dos pilares, ter-se-ia que betonar os respectivos núcleos, para o bom andamento dos trabalhos.

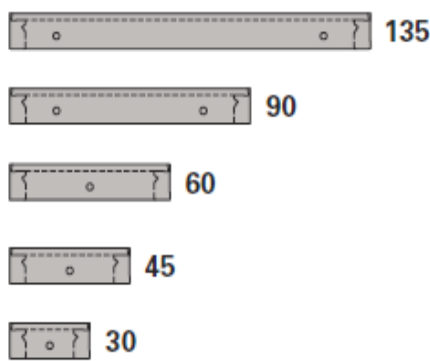
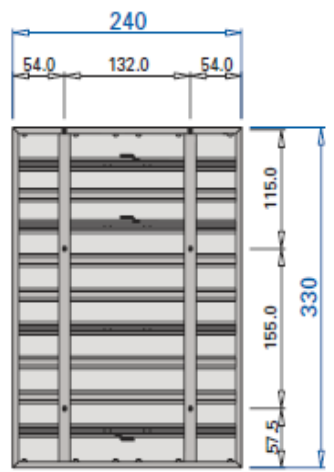
5.3.2 Projecto de Cofragem

Todas as preparações/pormenorizações efectuadas para os núcleos tiveram como ponto de partida a análise das dimensões de painéis *Doka Framax* existentes no mercado, isto para tentar a busca da melhor solução em termos de disposição.

Outro aspecto relevante é a conjugação da furação existente nos painéis de ambas as faces, e nesse sentido, a preparação toma especial importância, pois permite antecipar e estudar todas as combinações possíveis até se chegar a uma solução ideal.

Posto isto, no quadro abaixo estão presentes as dimensões de painéis utilizadas. Quanto aos acessórios como grampos, cintas e ancoragens já foram referidos e descritos anteriormente.

Quadro 7 – Dimensões tipo dos Painéis *Framax Xlife* (Adaptado [12]);

Framax Xlife (Dimensões)	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 3.30 x 2.40 ▪ 3.30 x 1.35 ▪ 3.30 x 0.90 ▪ 3.30 x 0.60 ▪ 3.30 x 0.45 ▪ 3.30 x 0.30 <p>Existem ainda:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 3.30 x 0.90 UNIV ▪ 3.30 x 1.20 UNIV ▪ Canto Interior 3.30
	

Para o núcleo NAP (Núcleo do Ascensor Panorâmico) não existiu qualquer tipo de dificuldade, isto é, a solução resultou perfeitamente recorrendo apenas aos painéis acima descritos.

Quanto ao NE 1 (Núcleo de Escadas 1), apesar do sistema *Doka Framax Xlife* apresentar boa adaptação às formas geométricas apresentadas não se conseguiu resolver todas as situações. Assim sendo, estudou-se um molde para a resolução destes pontos, e obtendo-se a seguinte optimização, exemplificado na figura 72.

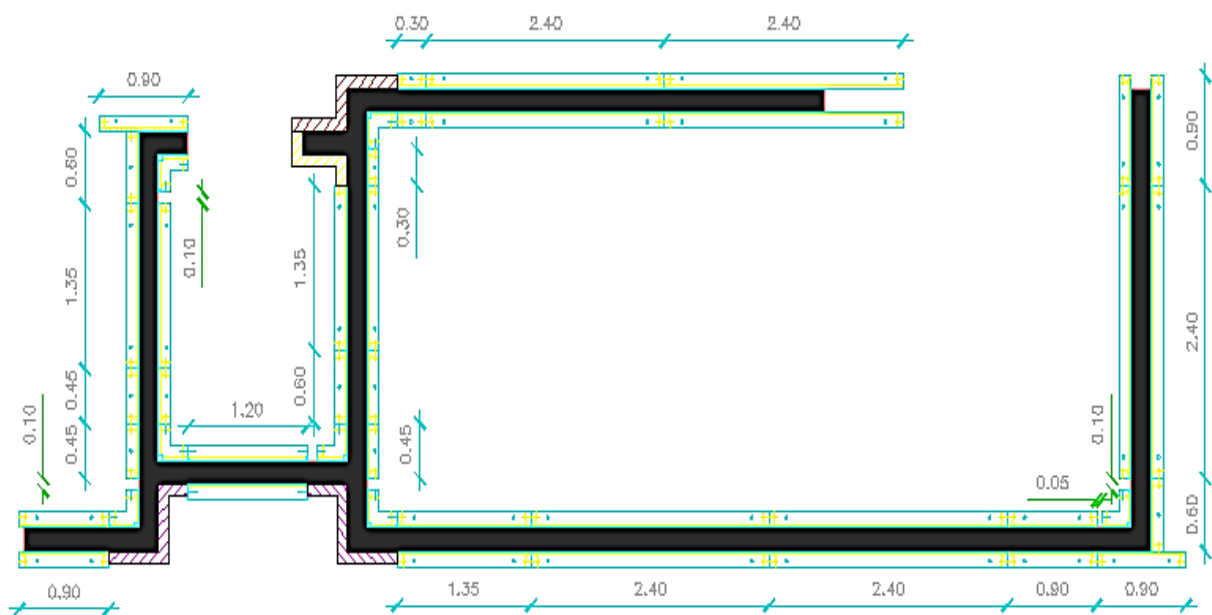


Figura 72 – Preparação e compatibilização entre *framax* e molde fabricado em planta;

Para tratar estes cantos fabricaram-se 4 moldes perfeitamente compatíveis com os painéis, constituídos por:

- Estrutura: Tubos de aço rectangular 80x40x2 mm na vertical, soldados entre si por meio de travessas de 2 tubos de aço rectangular 80x40x2 mm, garantindo-se um afastamento máximo entre travessas de 900 mm.
- Forro: Contraplacado marítimo de 21 mm fixado por meio de rebites, aplicação de quebra arestas de PVC 15/21 com aba, nas esquinas.

Por fim, as preparações afectas ao NE 1 e os pormenores dos cantos são apresentados no anexo 12.

5.3.3 Processo de Execução

O processo de execução dos núcleos cofrados com recurso ao sistema *Doka Framax Xlife*, pressupondo que o aço já foi previamente armado, segue os seguintes passos:

- 1º Marcação exacta da localização das diversas paredes constituintes do núcleo (Topografo);
- 2º Preparação dos conjuntos de painéis devidamente fixados entre eles para reduzir o tempo de grua na sua colocação;



Figura 73 – Painéis já preparados para serem aplicados no núcleo;

- 3º Colocação dos painéis de um dos lados e em caso de caixas colocação do seu interior;
- 4º Colocação dos varões roscado (5), de acordo com o que se ilustra na figura abaixo, com os respectivos tubos (4) e cones (2) em PVC para permitir que os mesmos sejam retirados aquando da descofragem e após o desaperto das porcas (1);

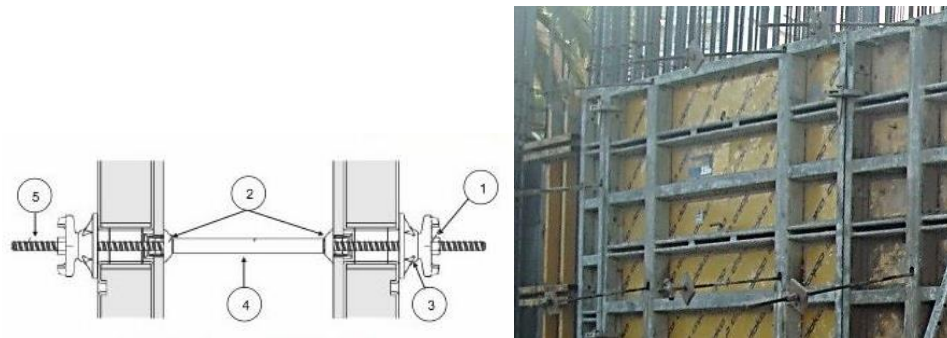


Figura 74 – Constituição das ancoragens/varões dywidag roscados e sua colocação;

- 5 ° Colocação dos painéis que cofraram a face oposta, aperto através das ancoragens/varões roscados e alinhamento dos diversos painéis através das vigas rigidificadoras;
- 6 ° Betonagem, incluídos os trabalhos de vibração e compactação do betão;
- 7 ° Descofragem após 12 horas (de acordo com o artigo 153.º (1) – R.E.B.A.P).

5.3.4 Controlo de Produção

Para a análise da produção observou-se a execução do núcleo, NE 1, em 2 fazes distintas:

Até ao Piso 4 – NE 1 = 192 m²

- Equipa de 4 Homens
- Duração – 2 dias e meio (2 dias para a cofragem e meio dia para descofrar)
- Horas trabalhadas – 100 h.H.

Assim, temos um rendimento de 1,92 m²/h.H (192 m² / 100 h.H).

A partir do Piso 4 – NE 1 = 151 m²

- Equipa de 4 Homens
- Duração – 2 dias (1 dia e meio para a cofragem e meio dia para descofrar)
- Horas trabalhadas – 80 h.H.

Temos então, um rendimento de 1,89 m²/h.H (151 m² / 80 h.H)

6 CONCLUSÃO

O estágio teve lugar na obra – *Atlântico Estoril Residence*, obra que se destacou pela singularidade dos elementos a dar forma em betão armado e pela recuperação de prazo de execução pelo atraso na demolição e desaterro.

A utilização das melhores soluções de cofragem em todos os trabalhos constituiu o grande objectivo do estagiário, onde teve de aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo percurso académico em situações ímpares até então.

A metodologia adoptada passou pela escolha do sistema de cofragem a utilizar, analisando o projecto e compreendendo as condicionantes fundamentais para uma selecção acertada, bem a elaboração de pormenorizações/projectos e planeamentos parciais de acordo com o andamento da obra.

No decorrer dos trabalhos foram sentidas algumas dificuldades, a começar no planeamento estabelecido ao longo das semanas, passando pelas pormenorizações/preparações que exigiram constantes alterações que decorreram das alterações de planeamento, mas essencialmente pelas singularidades referidas e constantes mudanças das tipologias dos elementos.

Contudo, numa análise global durante o estágio foi possível verificar que arte da cofragem e a sua técnica construtiva são hoje em dia de vital importância para o bom andamento e rentabilidade das obras, dada a quase ilimitada variedade de peças em betão armado a que se tem de dar forma.

É ainda inevitável referir, a influência que as soluções do projecto de execução (estruturas e fundações) tiveram na análise feita para a escolha dos sistemas de cofragem, e por consequência no rendimento obtido para a obra, e na rotatividade da cofragem no decorrer da construção.

Através deste estágio foram adquiridos valiosos conhecimentos na competência específica na área dos sistemas de cofragem que se revelou muito importante para a aprendizagem e desenvolvimento das competências em causa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Confrasilvas. Acedido em Fevereiro 2013.
Disponível em: <http://www.confrasilvas.pt>;
- [2] Porta da Frente. Acedido em Fevereiro 2013.
Disponível em: <http://www.portadafrente.com>;
- [3] Pereira, Hélder S., Martins, João G. 2008; Execução de Estruturas de Betão – Materiais de Construção II.
- [4] Abreu, R., Martinez, M., Dias, P., Gomes, J., Serrado, D., Peneda, S.; Estruturas Betonadas *in situ*; Instituto Superior Técnico – Lisboa.
- [5] Gamboa, Manuel A. (2008); Processos de Construção e Edificações; Instituto Superior de Engenharia de Lisboa – Lisboa.
- [6] Lança, P.; Processos de Construção – Cofragem; Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Beja – Beja.
- [7] Sistemas de Cofragem – Catari. Acedido em Março 2013.
Disponível em: <http://www.catari.net>;
- [8] Sistemas de Cofragem – Doka. Acedido em Abril 2013.
Disponível em: <http://www.doka.com>;
- [9] Sistemas de Cofragem – Peri. Acedido em Abril 2013.
Disponível em: <http://www.peri.pt>;
- [10] R.E.B.A.P. (1983); Regulamento de estruturas de betão armado e pré-esforçado; Porto Editora.

- [11] A400, Projectistas e Consultores de Engenharia. (2012); Estruturas e Fundações – Projecto de Execução. Estoril.
- [12] Sistemas de Cofragem – Doka. Acedido em Maio 2013.
Disponível em: <http://www.doka.com>;
- [13] Sistemas de Cofragem – Alsina. Acedido em Maio 2013.
Disponível em: <http://www.alsina.es>;
- [14] Sistemas de Cofragem – Ulma. Acedido em Maio 2013.
Disponível em: <http://www.ulmaconstruction.com>;

ANEXO 1

ANEXO 2

ANEXO 3

ANEXO 4

ANEXO 5

ANEXO 6

ANEXO 7

ANEXO 8

ANEXO 9

ANEXO 10

ANEXO 11

ANEXO 12