



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO
UNIFAMILIAR EM ALTURA**

Autor:

Samuel Albano Comé

Supervisores:

Eng. Yazalde Tayobe (UEM)

Eng. Verdeque Tivane (Canalizações Ancora)

Maputo, Julho de 2023



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO
UNIFAMILIAR EM ALTURA**

Autor:

Samuel Albano Comé

Supervisores:

Eng. Yazalde Tayobe (UEM)

Eng. Verdeque Tivane (Canalizações Ancora)

Maputo, Julho de 2023

Agradecimentos

Agradeço a toda minha família pelo apoio e valores que incutiu em mim que me motivaram a perseguir os meus sonhos e a nunca desistir da minha formação acadêmica

A todos os colegas que estiveram comigo durante a fase de aprendizagem ao longo de todos esses anos na faculdade e no estágio

Ao corpo Docente e todos funcionários do departamento de Engenharia civil que coube a missão de transmitir os conhecimentos para a minha formação e o auxílio em questões administrativas

Ao meu supervisor Eng^o Yazalde Tayobe pelo apoio no acompanhamento durante o estágio

A empresa Canalizações Âncora e toda sua equipe pelo acolhimento e oportunidades de aprendizado em especial ao Eng^o Verdeque Tivane que esteve como o meu mentor e me ajudou muito a me integrar na área de engenharia durante o período de estágio.

A todos, muito obrigado

“Para os crentes, Deus está no princípio das coisas. Para os cientistas, no final de toda reflexão”

(Max Planck)

Resumo

O presente relatório é concernente ao estágio profissional realizado no âmbito do Trabalho Final do Curso de Licenciatura em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane (FEUEM), e tem como principais objectivos descrever as actividades realizadas durante o acompanhamento da construção de um edifício residencial unifamiliar em altura, o estudante optou pelo estágio profissional, com o objectivo de contactar com a realidade profissional da Engenharia Civil, podendo assim, através do acompanhamento activo da obra, por em prática os conhecimentos teóricos e científicos adquiridos ao longo do curso. O estágio foi realizado na empresa Canalizações Âncora e teve duração de cerca de quatro meses, sendo o estagiário acompanhado e auxiliado pelo seu orientador da empresa.

No relatório são descritas as actividades desenvolvidas durante o seu período de estágio onde teve a oportunidade de acompanhar a execução da construção de um edifício residencial unifamiliar em altura de dois pisos.

Contextualização

A construção civil é uma das actividades de maior impacto na sociedade actual e a construção de edifícios altos tem registado um crescimento nos últimos tempo no nosso país, conjuntamente com esse crescimento de obras de grande altura, regista-se o colapso de alguns edifícios devido a sua má execução e a falta de conhecimento dos processos de execução de edifícios, sendo deste modo pertinente abordar e aprofundar a temática dos processos construtivos de um edifício em altura no presente estágio profissional. Este trabalho é realizado por meio da visita a obra com o empreiteiro, revisão bibliográfica.

INDÍCE GERAL

CAPÍTULO 1	6
1.2. Objectivos	8
1.2.1. Objectivo Geral:.....	8
1.2.2. Objectivos Específicos	8
1.3. Estrutura do trabalho	8
1.4. Apresentação da empresa	9
CAPÍTULO 2	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1. Conceito de Processo.....	10
2.2. Interpretação de projecto	10
2.3. Soluções construtivas	11
2.3.1. Tradicional.....	11
2.3.2. Convencional.....	11
2.3.3. Industrial.....	11
2.4. Betão armado	11
2.4.1. Vantagens e desvantagens da solução em betão armado.....	12
2.5. Materiais	13
2.5.1. Betão armado	13
2.5.2. Alvenaria simples.....	14
2.5.3. Alvenaria Estrutural.....	15
2.5.3.1. Vantagens e desvantagens da solução em alvenaria estrutural	16
2.6. Betão	17
2.6.1. Propriedades fundamentais do betão	17
2.6.2. Consistência do betão (Trabalhabilidade), Controlo.....	18
2.6.3. Resistência mecânica.....	20
2.6.4. Equivalência de betões.....	22

2.6.5.	Presagem do betão	23
2.6.6.	Operações no estaleiro.....	24
2.7.	Armaduras para betão	24
2.7.1.	Montagem de Armaduras em estaleiro	26
2.7.2.	Amarração dos varões de armaduras.....	26
2.7.3.	Montagem do aço.....	27
2.7.4.	Recobrimento das armaduras.....	27
2.7.5.	Amarração de armaduras	28
2.7.6.	Fundações.....	30
2.7.7.	Fundações superficiais	30
2.7.8.	Abertura de cabouco	31
2.8.	Patologia na construção civil.....	32
2.8.1.	Anomalias decorrentes do processo de construção:.....	32
2.9.	Cofragens e Descofragens	33
2.9.1.	Conceito de cofragem.....	33
2.9.2.	Classificação das cofragens	34
2.9.3.	Cofragens recuperáveis.....	35
2.9.4.	Descofragens.....	36
2.9.5.	Regras base a ter em atenção na descofragem.....	36
2.9.6.	Montagem de cofragem (Abreu et all, 2013)	37
2.9.7.	Cuidados na montagem de cofragens	37
CAPITULO 3	.....	38
3. ACTIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O ESTÁGIO	.....	38
3.1.	Plano de Estagio.....	38
3.2.	Duração e objectivo principal	38
4.	Descrição do Edifício	41
4.1.	Arquitetura do Projecto.....	41

5.	Descrição do sistema construtivo da residência unifamiliar	43
5.4.	Montagem e colocação das armaduras	45
5.5.	Assentamento de alvenaria para a fundação	49
5.6.	Actividade de betonagem.....	50
5.7.	Descofragem	52
CAPÍTULO 4	.....	54
6. CONCLUSÃO & RECOMENDAÇÕES	.....	54
CAPITULO 5	.....	56
5. BIBLIOGRAFIA	.....	56
5.1.	Referências bibliográficas	56
ANEXOS	.....	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação de elementos em betão armado (Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Concreto_armado)	14
Figura 2: alvenaria não estrutural.....	14
Figura 3: Representação esquemática do ensaio de abaixamento do cone de Abrams (Fonte: NP EN 12350-2)	19
Figura 4: a) Abaixamento verdadeiro; b) Abaixamento deformado.....	19
Figura 5: Curva típica relativa ao desenvolvimento de calor de hidratação de cimento Portland, durante a hidratação e a temperatura constante (Domone, 1994 citado por Coutinho, 2002)	24
Figura 6: Diagramas de tensão-extensão de aços. (Fonte: Eurocódigo 4)	25
Figura 7: Esquemas previstos para amarração segundo R.E.B.A.P. (Fonte: R.E.B.A.P.)	27
Figura 8: Ilustração da amarração do varão (Fonte: Autor)	27
Figura 9: Metodologia de execução do ponto de amarração em cruz (Fonte: Bento 2014)	29
Figura 10: Representação esquemática de fundações superficiais; a)-Sapata isolada; b)-Sapata corrida.....	31
Figura 11: Localização da empreitada	40
Figura 12: Desenho gráfico em 3D do edifício	41
Figura 13: Cabouco aberto para execução da fundação (fonte: Autor)	44
Figura 14: Colocação da membrana de impermeabilização em plástico na fundação (Fonte: Autor)	45
Figura 15: Armadura das vigas e pilares (fonte: Autor)	46
Figura 16: Colocação e amarração dos varões perpendiculares para a fundação (fonte: Autor)...	47
Figura 17: Armadura dos arranques dos arranques dos pilares incorporada na armadura da fundação. (Fonte: Autor)	47
Figura 18: Trabalhos de Amarração da armadura da fundação. (Fonte: Autor).....	48
Figura 19: Cofragem recuperável em madeira de pinho (Fonte: Autor).....	48
Figura 20: Alvenaria estrutural nas fundações (Fonte: Autor).....	49
Figura 21: Alinhamento dos blocos para as paredes (Fonte: Autor).....	50
Figura 22: Betonagem das vigas (Fonte: Autor)	51
Figura 23: cofragem de pilares e escoramento(Fonte:autor)	51
Figura 24: Verificação do rebachamento do betão (fonte autor).....	52

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Classes de consistência (APEB, 2009)	20
Tabela 2: Recomendações de consistência (APEB, 2009)	20
Tabela 3: Classe de betões, resistência característica a compressão (REBAP)	21
Tabela 4: Valores característicos da tensão de rotura do betão a tracção simples, f_{ctm} e f_{ctk} (Mpa) (REBAP)	22
Tabela 5: Tipos correntes de armaduras ordinárias (REBAP)	26

CAPÍTULO 1

1. Introdução

O processo construtivo de edifícios em altura é uma das actividades mais importantes na construção de um edifício, sendo que o processo construtivo condiciona em grande parte a execução das partes constituintes do edifício, por essa via, as condições de disponibilidade dos materiais, dos equipamentos e de mão-de-obra são condicionantes para a construção do edifício, o presente relatório irá relatar sobre o acompanhamento da construção de um edifício em altura onde foram empregues os métodos convencionais para a construção da infraestrutura. Os conceitos teóricos serão abordados de forma resumida e os passos subsequentes que culminaram com a execução do edifício serão abordados em imagens ilustrativas no presente relatório. De referir que as obras em altura careçam de execução segundo o processo adoptado que permita a redução dos riscos de colapso da infraestrutura.

1.1. Contextualização

A realização do estágio serviu para consolidar os conhecimentos teóricos adquiridos no decorrer do curso referentes a construção, vivenciado de perto a realidade do processo construtivo de um edifício. O estágio decorreu durante a construção de um edifício residência unifamiliar em altura no Bairro de Txumene, na cidade da Matola, desenrolando-se no período compreendido entre Fevereiro até Junho de 2023.

Nos últimos tempos tem se registrado o colapso de edifícios altos no nosso país, por essa via sentimos a necessidade de abordar uma das temáticas ligadas ao colapso desses edifícios na fase de execução da parte estrutural dos edifícios em altura e possivelmente minimizar a ocorrências de colapso das estruturas devido não conhecimento dos processos construtivos e dos equipamentos empregados.

1.2. Objectivos

1.2.1. Objectivo Geral:

- Debruçar sobre o processo construtivo de um edifício em altura.

1.2.2. Objectivos Específicos

- Descrever os processos construtivos utilizados na construção do edifício, bem como os materiais aplicados;
- Analisar a sequência dos processos construtivos dos elementos estruturas do edifício;
- Explicar a influência do processo construtivo de um edifício em altura;

1.3. Estrutura do trabalho

O trabalho está organizado em capítulos, nomeadamente:

- Capítulo 1: Objectivos, Metodologia, Estrutura de trabalho;
- Capítulo 2: Revisão bibliográfica;
- Capítulo 3: Descrição do sistema construtivo da residência unifamiliar;
- Capítulo 4: Descrição do Edifício;
- Capítulo 5: Actividades desenvolvidas durante o estágio;
- Capítulo 6: Conclusão e Recomendações;
- Referencias Bibliográficas.

1.4. Apresentação da empresa

A empresa *Canalizações Âncora* surgiu no mercado de trabalho Moçambicano em meados de 2002, A empresa encontra-se sediada em Maputo, sede actual na Av. Joaquim Chissano Nº 1234 *Canalizações Âncora* dedica-se à prestação de serviços de construção civil em toda região de Moçambique, tendo como principal actividade serviços de construção civil, hidráulicos domiciliar e industrial.

1.5. Metodologia

A elaboração do presente relatório baseou-se em visitas à obra, consultas aos docentes e técnicos especializados na matéria e pesquisas bibliográficas de informações relacionadas com processos construtivos.

1.6. Pesquisa bibliográfica

As pesquisas bibliográficas consistiram em recolha de documentos que regulamentam a execução de obras de fiscalização e anomalias de edifícios a nível nacional, livros, e artigos que contenham informações específicas sobre processos construtivos de edifícios.

1.7. Levantamento físico

O Levantamento físico consistiu na realização da visita a obra, onde foram realizadas as tarefas menciona das como objetivos específicos.

1.8. Redação

A redação consistiu na elaboração do presente relatório, onde foram redigidas as actividades realizadas no estágio profissional, bem como as conclusões e recomendações obtidas durante a realização das actividades.

CAPÍTULO 2

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Conceito de Processo

Segundo Dicionário de língua portuguesa, processo é o conjunto de medidas tomadas para atingir algum objectivo. O processo construtivo engloba em si planeamento e o gerenciamento dos materiais, equipamentos e pessoal técnico (Bastos, 2019).

2.1.1. Processo Construtivo

Sequência de acções no canteiro de obras para execução de um sistema (Bastos, 2019). É um conjunto de métodos construtivos bem determinados empregados na execução das várias partes de um edifício, um processo construtivo se caracteriza pelos métodos empregados na construção dos elementos essenciais do edifício (Sabbatini, 1989).

2.2. Interpretação de projecto

Interpretar o projecto é a base fundamental para identificação de todos processos na construção de um edifício sendo de muita importância. Os dados dessa parte encontram-se nos Anexos.

Interpretar o projecto é a base fundamental para identificação de todos processos na construção de um edifício sendo de muita importância. Normalmente para um edifício existem dois componentes de projectos, que são: Projectos de licenciamento Compostos pela arquitectura que destinam -se a submeterem a intenção do requerente à apreciação e outras especialidades; Projectos de Execução - permitem definir com rigor os materiais e acabamentos a utilizar, bem como a sua quantificação, através de um mapa de medições, e uma estimativa de custo.

Os projectos têm que ter todos os dados necessários para que sejam determinados com exactidão (Brabo, 2009):

- As suas Medidas;
- Localização de todos os seus elementos construtivos;
- A forma da construção;
- Os Processos e a sua dependência uma da outra.

2.3. Soluções construtivas

Soluções (processo) construtivas - ditam de que forma e com quais materiais serão utilizados em uma obra (Mobuss).

As soluções construtivas podem ser divididas em três grandes grupos que são: tradicional, convencional e industrial (Santos, 2012).

2.3.1. Tradicional

Ainda que seu emprego seja pontual e em áreas onde a urbanização e infra-estrutura são pequenas, esse sistema pode ser encontrado em algumas regiões do nosso país.

Suas características principais são o emprego de técnicas não industrializadas, trabalho manual e artesanal e materiais obtidos no próprio estaleiro de obras ou arredores, como por exemplo a terra e o barro. Este sistema é utilizado geralmente em zonas onde os recursos financeiros são baixos (Sabbatini, 1989).

2.3.2. Convencional

Neste método pela existência de insumos já industrializados, ferramenta manual e equipamentos modernos para auxílio no desenvolvimento das actividades, abriga maior número de obras. São exemplos de sistemas construtivos convencionais o betão armado e a alvenaria estrutural (Sabbatini, 1989).

2.3.3. Industrial

Este método é baseado no uso intensivo de técnicas de construção industriais em que os processos são mecanizados (Sabbatini, 1989).

2.4. Betão armado

Segundo Saraiva (2013), estruturas de betão armado são essencialmente constituídas por duas partes: parte resistente com função estrutural, e parte não resistente com função de preenchimento e compartimentação designadamente (Aço (armadura) e Betão Simples)

Em seguida apresentam-se os elementos que compõem a parte estrutural:

- **Sapata** - Elemento estrutural tridimensional constituído por betão e armadura de aço, que tem a função de distribuir a carga do pilar ou muro de suporte pelo solo,

sendo necessário garantir a segurança estrutural segundo os estipulados nos regulamentos em vigor no país;

- **Pilar** – Elemento estrutural linear, geralmente vertical, que garante o vão vertical (pé direito) e estabelece o apoio a vigas. Este elemento é predominantemente solicitado a esforços de compressão simples ou composta, sendo necessário garantir a segurança estrutural através de verificações estruturais preconizadas pelo regulamento em vigor no país (R.E.B.A.P.);
- **Viga** - Elemento estrutural linear, geralmente de definição ou concepção horizontal, com exceção das vigas de cobertura inclinada, que permite a execução de vãos entre pilares, dando desta forma apoio às lajes. Estas são solicitadas predominantemente à flexão, sendo necessário garantir a segurança estrutural através de verificações estruturais segundo estipulado nos regulamentos em vigor no país;
- **Laje** - Elemento estrutural bidimensional, geralmente de definição horizontal, com exceção das lajes de cobertura inclinada. Esta constitui os pisos dos edifícios e são predominantemente solicitadas à flexão, sendo necessário garantir a segurança estrutural através de verificações estruturais segundo estipulado nos regulamentos em vigor no país;

2.4.1. Vantagens e desvantagens da solução em betão armado

Vantagens

- Solução robusta e mais resistente às condições climáticas extremas;
- Manutenções mais prolongadas no tempo (dependente dos materiais utilizados);
- Versatilidade na possibilidade de alteração da compartimentação no período de construção;
- Solução de durabilidade considerável sem recurso a grandes necessidades de intervenção de reabilitação ou restauro;
- Esta solução tem a vantagem de estar referenciada na mentalidade da população como a melhor solução.

Desvantagens

- Prazo de construção mais elevado e imprevisível (económico);
- Dificuldade de passagem de tubagens das instalações, sendo necessário abrir roços nas paredes;
- Requer o uso de equipamentos dispendiosos (grua), por períodos longos o que vai encarecer o custo de estaleiro;
- Solução pouco ecológica;
- Custo de mão-de-obra especializada para cofragens e armadores de aço;

2.5. Materiais

2.5.1. Betão armado

Betão colocado entre reforços de aço formados respectivamente por barras chamadas aços, longitudinais e atravessados (estribos) que incorporam resistência de tração ao material. (Coutinho, 1997)

O betão armado como é conhecido surge das seguintes invenções, condições ou combinações entre elas:

- 1) Uma combinação de um material plástico moldado para endurecer com um elemento de reforço metálico;
- 2) Dessa combinação resulta que o material plástico resiste à compressão e o material de reforço à tensão;
- 3) Um outro elemento que os agregue de forma a funcionarem em conjunto e não separadamente tem de ser considerado;
- 4) Considerando ainda que além dos reforços principais longitudinais, haverá sempre esforços transversais que deverão ser considerados com elementos ou varões metálicos adicionais;
- 5) Que qualquer elemento em compressão tem de ter reforços num ou nos dois sentidos (longitudinal e transversal);
- 6) Que este material composto permite uma multifuncionalidade de usos, cada um com uma especificidade que requererá uma combinação especial.



Figura 1: Representação de elementos em betão armado (Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Concreto_armado)

2.5.2. Alvenaria simples

Na estrutura em alvenaria simples funcionam como um esqueleto formado a partir da combinação de pilares, lajes e vigas. As paredes desempenham as funções de separação de compartimentos, ensolamento acústico (Saraiva, 2013).

Esse sistema foi usado para divisão dos compartimentos da casa .



Figura 2: alvenaria não estrutural

Vantagens

- Maior durabilidade que qualquer outro material;
- Grande disponibilidade de material e mão de obra;

- Maior facilidade e baixo custo na execução da alvenaria;
- Melhor relação de custo-benefício entre todos os materiais disponíveis para vedação;
- Material de construção mais barato.

Desvantagem

- Possui baixa produtividade relativa durante a execução;
- Necessidade de revestimento adicional devido à baixa porosidade;
- Maior custo se comparada com alvenaria estrutural;
- Maior tempo de execução.

2.5.3. Alvenaria Estrutural

Segundo Saraiva, 2013, a estrutura em alvenaria estrutural é um tipo em que as paredes de delimitação do espaço edificado desempenham as funções de estabilidade e suporte do edifício, suportando o peso próprio da estrutura e todas acções a que lhe são solicitadas, passando-as directamente para as fundações. Estas estruturas consideram-se de valor economicamente competitivo e sustentável. Uma vez que as próprias paredes estruturais podem ser previstas e concebidas como elementos com boas propriedades térmicas, acústicas e de resistência ao fogo.

O processo construtivo inicia-se pela execução das fundações, sendo estas definidas por sapatas contínuas. Após a execução das fundações inicia-se a elevação das paredes com o assentamento dos blocos até ao nível da primeira laje, sendo repetido o ciclo para os pisos superiores.

2.1.2.2.1 Normas a considerar para o sistema em alvenaria estrutural

Para o dimensionamento de elementos em betão armadas tais como sapatas, lajes maciças e lajes de escadas são aplicáveis as normas referidas para o sistema em betão armado.

Adicionalmente são aplicáveis as seguintes normas:

- Norma EN 1996-1-1+A1, 2013 – Projecto de dimensionamento e reforço de estruturas em alvenaria estrutural

Parte 1-2 – Verificação da resistência ao fogo;

Parte 2 – Considerações de projecto, características de materiais e execução

- Norma (NP EN 771-3, 2012) – Especificações para unidades de alvenaria de betão de agregados (correntes e leves);
- Norma (EN 845-3+A1, 2009) – Especificações de armaduras, componentes e acessórios de reforço para juntas horizontais em malha de aço;
- Norma (NP EN 998-2, 2013) – Especificações de argamassas para alvenaria.

A norma EN 1996-1-1+A1, 2013 dá recomendações relativamente á modulação estrutural de edifícios de pequeno e médio porte em alvenaria estrutural, que se traduzem em:

- Exigências de durabilidade pelo período de vida útil dos edifícios (quer do ponto de vista dos materiais e das estruturas);
- Garantia de propriedades mecânicas dos materiais e exigências para os componentes usados nas paredes estruturais;
- Os vãos dos pavimentos suportados pelas paredes resistentes não devem exceder os 7 m;
- A altura entre os pisos “pé direito” não deve exceder os 3.2 m.

2.5.3.1. Vantagens e desvantagens da solução em alvenaria estrutural

Vantagens

- Período de construção mais reduzido;
- Redução substancial da utilização de aço;
- Facilidade de organização do processo construtivo
- Redução de desperdícios;
- Viabilidade de aplicação de unidades de alvenaria com boas características: térmicas, acústicas e resistência ao fogo, e que simultaneamente asseguram as características mecânicas exigidas para as paredes;
- Menor diversidade de mão-de-obra e materiais;

- Facilidade na passagem de tubagens das instalações pelos septos verticais do bloco;
- Aspecto final do edifício semelhante à construção tradicional.

Desvantagens

- Carece de pessoal profissional capaz de fazer uma leitura adequada do projecto;
- Solução muito estática no sentido de não se poder redefinir novos alinhamentos das paredes nos pisos superiores, tendo estas que ficar alinhadas pelas do piso inferior;
- Não permite a construção de grandes vãos livres;
- Apesar do sistema ser economicamente vantajoso, não é muito utilizado por falta de informação ou desconfiança do sector;
- Impossibilidade de alterações de compartimentação no futuro, está comprometida devido ao posicionamento das paredes estruturais, que não podem ser demolidas.

2.6. Betão

O betão é composto pela mistura devidamente proporcionada de agregados (brita e areia), cimentos, adições (pozolanas, cinzas ou *filleres*), água e adjuvantes (quando necessários). Estes componentes, quando combinados, formam uma pasta que endurece, conferindo à mistura níveis de coesão e resistência que possibilitam a sua utilização como material de construção (Barbosa, 2013).

2.6.1. Propriedades fundamentais do betão

O tipo de betão geralmente utilizado em sapatas isoladas é o betão convencional, cuja resistência característica está compreendida entre os 20 e 25 MPa. Porém a escolha depende sobretudo do projectista ou das condições de agressividade do meio.

De um modo geral exigir-se-á que factores como a trabalhabilidade, a resistência mecânica e a durabilidade sejam características essenciais a garantir num bom betão, às quais estão intimamente ligadas outras propriedades como a homogeneidade, compacidade, impermeabilidade, e outras segundo o tipo de obra a executar.

A resistência do betão é segundo o REBAP avaliada em termos de esforços de compressão, tracção, flexão e corte, sendo que, fundamentalmente, o controlo do

comportamento mecânico deste material seja feito através de ensaios de rotura à compressão e nalguns casos também de flexão, é o caso de pontes e estradas.

As obras de médio e grande porte, em grandes centros urbanos é comum o emprego de betão produzido em centrais. A escolha dessa opção deve-se a diversos factores, entre eles:

- Maior precisão na dosagem,
- Maior uniformidade das diversas betonagens,
- Maior capacidade de produção,
- Possibilidade de repasse da responsabilidade pelo mesmo para central fornecedora,
- Eliminação dos espaços em estaleiro para armazenamento de materiais.

Compete ao encarregado da obra garantir que o betão produzido em obra cumpra com os requisitos para o qual mesmo é concebido.

2.6.2. Consistência do betão (Trabalhabilidade), Controlo

Trabalhabilidade é um termo usado para caracterizar a maior ou menor facilidade com que um betão é transportado, colocado, adensado e acabado e a maior ou menor facilidade com que se desagrega ou segrega durante estas operações. (Coutinho, 1997)

O ensaio mais usado em obra é o de abaixamento do cone de Abrams. O mesmo consiste em medir o abaixamento do betão depois de desmoldado de um cone com dimensões normalizadas segundo a NP EN 12350-2.

O cone deve ter 20 cm de diâmetro na base e 10cm de diâmetro no topo e 30cm de altura (medida perpendicularmente em relação às bases), pegas laterais para facilitar a fixação e a desmoldagem. É utilizado um varão com secção de 2 a 3 cm² (16 ou 20) e comprimento de 50 a 60cm. O cone é enchido em 3 porções, apilado com 25 pancadas cada e a superfície superior é rasada por meio de um varão que permita alisamento da mesma.

Depois de desmoldado, é medida a diferença de alturas (abaixamento) em centímetros do molde e do betão que deforma por acção do próprio peso. O ensaio é demonstrado esquematicamente na figura que se segue:

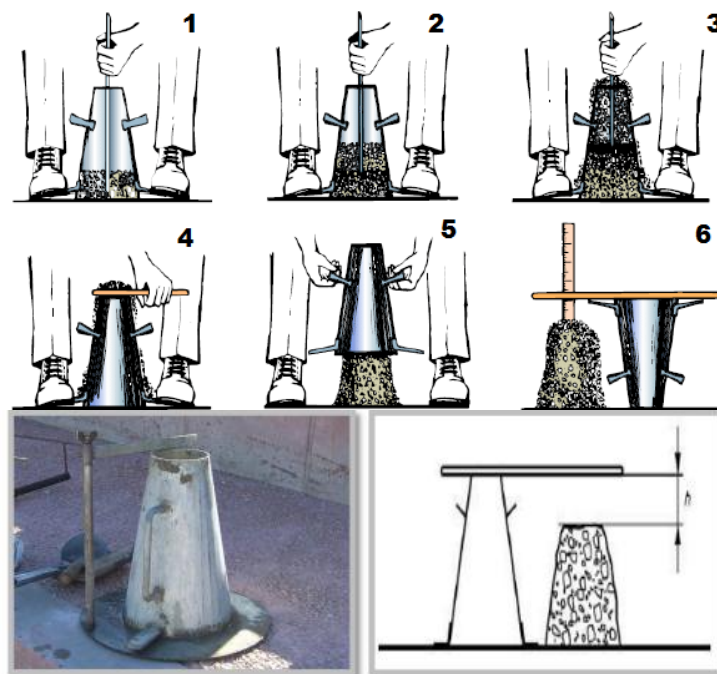


Figura 3: Representação esquemática do ensaio de abaixamento do cone de Abrams (Fonte: NP EN 12350-2)

Este ensaio é muito útil no estaleiro para detectar variações acidentais da composição do betão. Um brusco aumento no abaixamento pode significar, por exemplo, que o teor de humidade do inerte aumentou inesperadamente; a diminuição no abaixamento ou alteração no aspecto do cone, podem ser devidas a uma variação inesperada na granulometria do inerte, como por exemplo, deficiência no teor de areia ou aumento do seu módulo de finura. As variações bruscas no abaixamento e no aspecto do cone podem, portanto, fornecer avisos úteis ao pessoal que procede a amassadura (Coutinho, 1997).

O ensaio só é válido se o abaixamento for verdadeiro, ou seja, se o abaixamento não deforma (ver Figura)

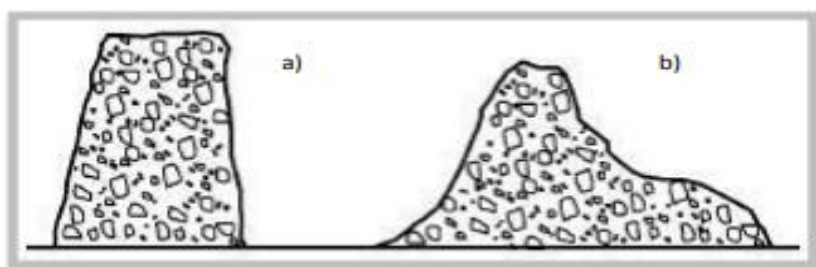


Figura 4: a) Abaixamento verdadeiro; b) Abaixamento deformado.

A classificação da consistência deve ser especificada através de uma classe ou, em casos especiais, através de um valor pretendido, tendo em consideração o método de ensaio mais adequado. Na tabela 1, apresentam-se as classes de consistência em função do abaixamento do betão fresco, medido através do ensaio de abaixamento. Na tabela 2 apresenta-se algumas recomendações de consistência para o betão fresco (APEB, 2009).

Tabela 1: Classes de consistência (APEB, 2009)

Classe	Abaixamento (mm)
S1	10 a 40
S2	50 a 90
S3	100 a 150
S4	160 a 210
S5	>220

Tabela 2: Recomendações de consistência (APEB, 2009)

Condições construtivas	Recomendação (classe)
Betão para bombar	≥S3
Pavimentos com meios tradicionais de colocação e acabamento	≥S3
≥S3 Superfícies com betão a vista	≥S3
Elevado tempo de transporte e/ou clima quente	≥S3
Betões de alta resistência	≥S4

2.6.3. Resistência mecânica

Como todo material de construção, do betão se espera alguma resistência mecânica, é costume que esta constitua a principal contribuição para a resistência das estruturas.

A resistência do betão pode ser avaliada em termos de esforços de compressão, tração, flexão, corte e outros, sendo que, fundamentalmente, o controlo do comportamento mecânico deste material seja feito através de ensaios de rotura a compressão e em alguns casos também de flexão (pontes, estradas) (BARBOSA, 2019).

Após o fabrico do betão fresco, deve-se proceder à sua amostragem na central ou depois de transportado para a obra e antes da colocação do betão na estrutura. Este ensaio consiste na recolha de uma quantidade de betão, que seja representativa da amassadora e ao mesmo tempo suficiente para efectuar os ensaios requeridos (TLEB, 2013).

As amostras de betão devem ser seleccionadas aleatoriamente e colhidas de acordo com a norma NP EN 12350-1:2009

As amostras de betão devem ser colhidas e moldadas em cubos normalizados com 15cm de aresta ou em molde cilíndrico com altura de 30cm e diâmetro de 15cm.

Os moldes são enchidos em três camadas cada uma, apiloada com 25 pancadas e a superfície superior rasada e os cubos identificados de modo a localizar o lote de origem e as partes da construção onde o mesmo terá sido usado. Em seguida levadas ao laboratório para devido ensaio.

As classes de betões a considerar são as indicadas na tabela 3, no qual são especificados os mínimos a satisfazer pelos valores característicos da tensão de rotura a compressão aos 28 dias de idade, referidos a provetes cúbicos ou a provetes cilíndricos, entendendo-se por valor característico aquele valor cuja probabilidade de não ser atingido é de 5%.

Tabela 3: Classe de betões, resistência característica a compressão (REBAP)

Designação da classe	Valor característico mínimo da tensão de rotura por compressão, fck (Mpa)	
	Provetes cúbicos	Provetes cilíndricos
B15	15	12
B20	20	16
B25	25	20
B30	30	25
B35	35	30
B40	40	35
B45	45	40

B50	50	45
B55	55	50

Os valores médios e característicos a adoptar para tensão de rotura do betão á tracção aos 28 dias correspondentes as classes de betão indicadas na tabela 3 devem ser as indicadas na tabela 4. Valores estes que foram obtidos pela relação:

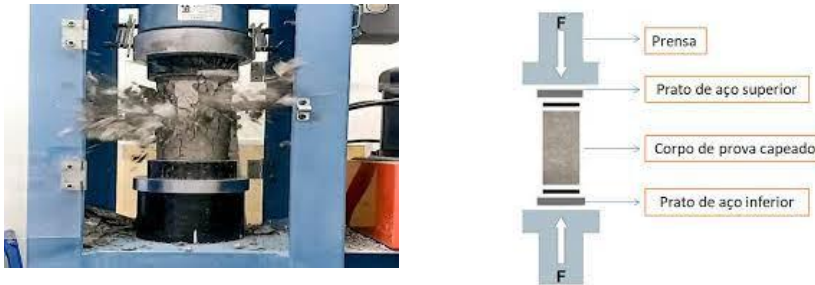


Figura: Ensaio de resistência a compressão do betão

$$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3}$$

Tabela 4: Valores característicos da tensão de rotura do betão a tracção simples, f_{ctm} e f_{ctk} (Mpa) (REBAP)

Classe do betão	B15	B15	B15	B15	B15	B15	B15	B15	B15
f_{ctm}	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
f_{ctk}	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

O betão, apesar de ter boa resistência a compressão, o mesmo representa alguma fraqueza para as acções que induzam esforços de tracção para as estruturas que o tem como material de construção, daí a necessidade de adoptar algum material alternativo, com a finalidade de aumentar a resistência a tração como é o exemplo do betão armado.

2.6.4. Equivalência de betões

Veze sem conta acontece que as especificações técnicas nos cadernos de encargo de concursos indicam o traço para betão para determinada granulometria de inertes ($D_{máx}$) e o empreiteiro depois de chegar ao local de obra encara uma situação de não existência de inertes com tal granulometria às proximidades.

Nestes casos é frequente que os operários por falta de conhecimento, executem o traço do mesmo jeito, sem ter em conta a diferença de granulometrias trazendo assim diferenças substanciais à tensão de rotura entre o betão projectado e o executado, acrescendo assim perigo a segurança da estrutura.

Coutinho, 1997 apresenta uma relação que corrige os volumes absolutos de cimento projectado, c , e do cimento executado, c' , e do inerte projectado, i , e do inerte executado, i' , por unidade de volume de betão, esta é a seguinte:

$$\frac{c}{1-i} = \frac{c'}{1-i'}$$

2.6.5. Presa do betão

Segundo Joana (2002), durante um período inicial designado por período dormente ou indução, após a amassadora de água e cimento, a fluidez ou consistência da pasta mantém-se relativamente constante embora se verifique uma perda gradual de fluidez, é possível recuperá-la se reamassar a pasta.

Em geral 2 a 4 horas depois da amassadura, a temperaturas normais, a mistura começa a ganhar rigidez muito mais rapidamente e considera-se que se atingiu o início de presa, no entanto a resistência é ainda muito baixa e o endurecimento só começa após o fim de presa que ocorre umas horas depois. O endurecimento é, depois, muito rápido nos primeiros um ou dois dias a seguir e, posteriormente, a resistência continua a aumentar, mas a uma taxa cada vez menor, durante semanas, meses e anos (Coutinho, 2002).

A pasta de cimento desenvolve calor, em particular durante a presa e início de endurecimento.

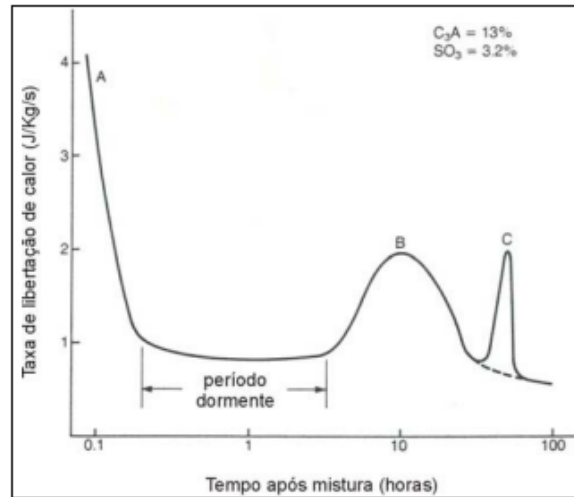


Figura 5: Curva típica relativa ao desenvolvimento de calor de hidratação de cimento Portland, durante a hidratação e a temperatura constante (Domone, 1994 citado por Coutinho, 2002)

2.6.6. Operações no estaleiro

É pouco útil falar das proporções de material, e das exigências a que se impõe ao betão como material de construção quando em estaleiro os constituintes do mesmo não são armazenados e conservados devidamente, a este subcapítulo compete falar dos cuidados a ter no estaleiro.

Incluem as operações no estaleiro as seguintes actividades:

- Cuidados prestados no fabrico;
- Rigoroso cumprimento da fórmula da composição;
- Homogeneidade do betão mantida no transporte;
- Correcta compactação;
- Condições de cura nos primeiros dias.

Se não forem cumpridos, irá comprometer o objectivo final, comprometendo assim o trabalho empreendido na selecção dos componentes e estudo da composição.

2.7. Armaduras para betão

O aço do betão armado, comumente usado, não possui mais do que 2% de carbono. É portanto, um aço macio (a sua resistência é relativamente baixa com uma deformação plástica considerável. (EC2 EN1992-1-1-Anexo C)

As armaduras ordinárias devem ser caracterizadas pelo seu processo de fabrico e pelas suas características geométricas, mecânicas e de aderência. (REBAP)

Quanto ao processo de fabrico, as armaduras podem ser de aço natural (laminado a quente) ou de aço endurecido a frio (por torção, tracção, trefilagem ou laminagem a frio). As características geométricas a considerar são, a forma e dimensões da secção transversal e a superfície, podendo estar lisa ou rugosa.

As propriedades mecânicas a ter em conta são, fundamentalmente, o módulo de elasticidade, a tensão de cedência ou a tensão limite convencional de proporcionalidade a 0.2%, a tensão de rotura, a tensão após rotura, o comportamento em ensaios de dobragem e, quando necessário, a resistência a fadiga.

Quanto as características de aderência, distinguem-se 2 tipos de armaduras: de aderência normal e de alta aderência. Esta distinção é feita com base num critério que tem em conta as características geométricas da superfície dos varões ou, directamente, por ensaios de aderência.

Apresentam-se a seguir os diagramas de tensão-extensão característicos de aços laminados a quente (macios) e aços laminados a frio (duros) respectivamente.

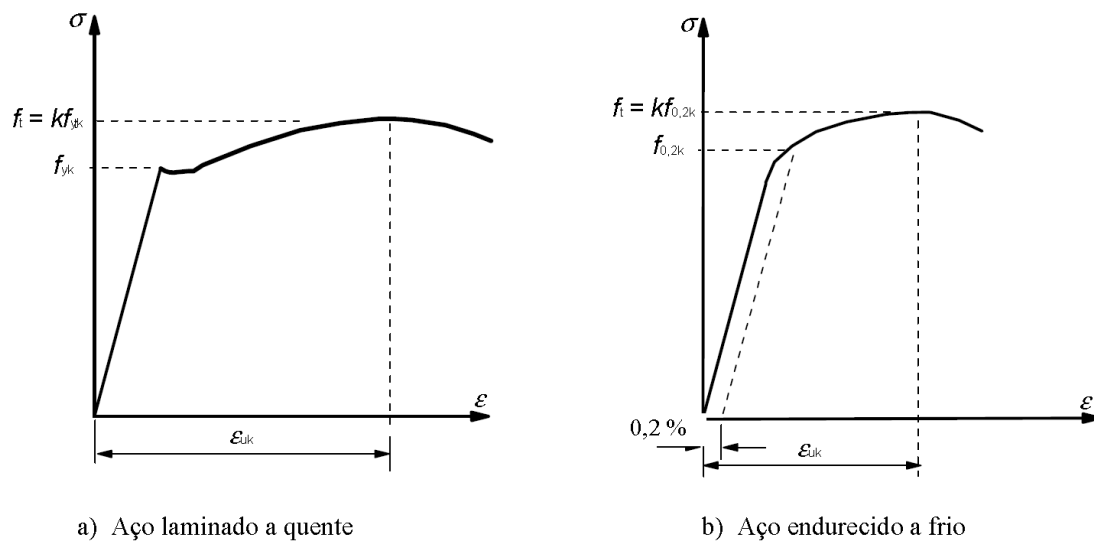


Figura 6: Diagramas de tensão-extensão de aços. (Fonte: Eurocódigo 4)

As armaduras ordinárias do tipo corrente são formadas por varões redondos, simples ou constituindo redes electrosoldadas, com as características definidas na tabela a seguir.

Tabela 5: Tipos correntes de armaduras ordinárias (REBAP)

Designação	Processo de fabrico	Configuração da superfície	Características de aderência	Características mecânicas							
				Tração (1)			Dobragem (2)				
				Tensão de cedência f_{yk} (3) (MPa)	Tensão de rotura f_{tut} (MPa)	Extensão após rotura ϵ_{tut} (4) (%)	Dobragem simples (1)	Dobragem-desdobragem (5) conforme o diâmetro dos varões, \varnothing (mm)			
			12 < \varnothing ≤ 18	18 < \varnothing ≤ 25	25 < \varnothing ≤ 32	32 < \varnothing ≤ 40					
A235 NL	Laminado a quente	Lisa	Normal	235	360	24	2 \varnothing	-	-	-	-
A235 NR		Rugosa	Alta				2 \varnothing (7)	5 \varnothing	7 \varnothing	8 \varnothing	10 \varnothing
A400 NR	Laminado a quente	Rugosa	Alta	400	460	14	3 \varnothing (7)	6 \varnothing	8 \varnothing	10 \varnothing	12 \varnothing
A400 ER	Endurecido a frio	Rugosa	Alta	400	460	12	3 \varnothing (7)	6 \varnothing	8 \varnothing	10 \varnothing	12 \varnothing
A400 EL	Endurecido a frio com torção	Lisa	Normal				4 \varnothing	-	-	-	-
A500 NR	Laminado a quente	Rugosa	Alta	500	550	12	4 \varnothing (7)	8 \varnothing	10 \varnothing	12 \varnothing	14 \varnothing
A500 ER	Endurecido a frio	Rugosa	Alta	500	550	10	4 \varnothing (7)	8 \varnothing	10 \varnothing	12 \varnothing	14 \varnothing
A500 EL (8)		Lisa	Normal				4 \varnothing	-	-	-	-

(1) Ensaio segundo a Norma Portuguesa NP-105. Para os aços endurecidos, estas características devem ser determinadas após envelhecimento artificial (30 minutos a 250°C e arrefecimento à temperatura ambiente).

(2) Os valores indicados no quadro designam os diâmetros dos mandrils, sendo \varnothing o diâmetro dos varões.

(3) Ou tensão limite convencional de proporcionalidade a 0,2%, $f_{0,2k}$.

(4) Comprimento de referência inicial igual a 5 \varnothing .

(5) Ensaio segundo a Norma Portuguesa NP-173, com ângulo de dobragem de 180°.

(6) Dobragem a 90° segundo a Norma Portuguesa NP-173, seguida de aquecimento durante 30 min a 100°C, arrefecimento à temperatura ambiente e posterior desdobragem de 20°.

(7) Somente exigido para varões com diâmetro igual ou menor que 12 mm.

(8) Somente sob a forma de redes electrossoldadas.

2.7.1. Montagem de Armaduras em estaleiro

Ao ferreiro compete a responsabilidade de amarração e montagem da armadura, segundo o especificado no projecto, o mesmo consiste em preparar esquemas de corte e dobragem, dos diversos varões para a estrutura. É indispensável o cumprimento das normas recomendadas e de boas práticas de construção em aspectos que as mesmas sejam omissas. O controlo diz respeito, principalmente aos seguintes aspectos:

- Amarração dos varões;
- Descarga e armazenamento das armaduras;
- Montagem e posicionamento das armaduras
- Recobrimento das armaduras.

2.7.2. Amarração dos varões de armaduras ordinárias

Segundo o R.E.B.A.P., as extremidades dos varões das armaduras ordinárias devem ser fixadas ao betão por amarrações, que podem ser realizadas por prolongamento recto ou curvo dos varões, por laços ou por dispositivos mecânicos especiais.

No R.E.B.A.P., ao comprimento de amarração é atribuída a designação $l_{b,net}$

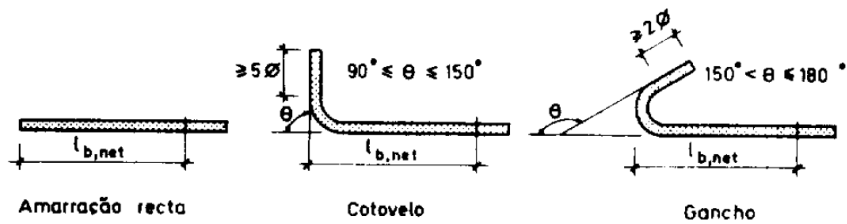


Figura 7: Esquemas previstos para amarração segundo R.E.B.A.P. (Fonte: R.E.B.A.P.)



Figura 8: Ilustração da amarração do varão (Fonte: Autor)

2.7.3. Montagem do aço

Dependendo do tipo de elemento estrutural, a montagem da armadura do ferro pode ser feita numa bancada e posteriormente amarada na sua posição final de funcionamento.

A fiscalização consiste em verificar as disposições do projecto versos a montagem em obra. Nesta fase, há que prestar maior atenção aos afastamentos dos varões, estribos montados, comprimentos de amarração e arranque de pilares, troços de mudança de secção dos pilares, etc. pois, por vezes o montador ou ferreiro tem pouca sensibilidade para com esses detalhes. Procede-se também nesta fase a colocação de bloquetes (espaçadores) que servem de espaçadores para garantir o recobrimento das armaduras.

2.7.4. Recobrimento das armaduras

Os espaçadores são utilizados com a função de garantir o recobrimento mínimo das armaduras pelo betão. A sua colocação deve ser feita no varão que se encontra mais saliente em cada peça (Bento, 2014).

O R.E.B.A.P. em seu artigo 151o recomenda que a tolerância do recobrimento das armaduras é de 0,5cm. Porém, no que se refere aos recobrimentos das armaduras verifica-se que os valores nominais requeridos pelo EC2 são superiores aos indicados pelo REBAP sendo também a diferenciação da agressividade mais rigorosa conforme indicado no quadro seguinte (o valor nominal é o valor mínimo acrescido da tolerância associada ao rigor do posicionamento das armaduras. Este valor nominal deve ser o indicado nos desenhos e deve ser o adoptado para a execução dos espaçadores):

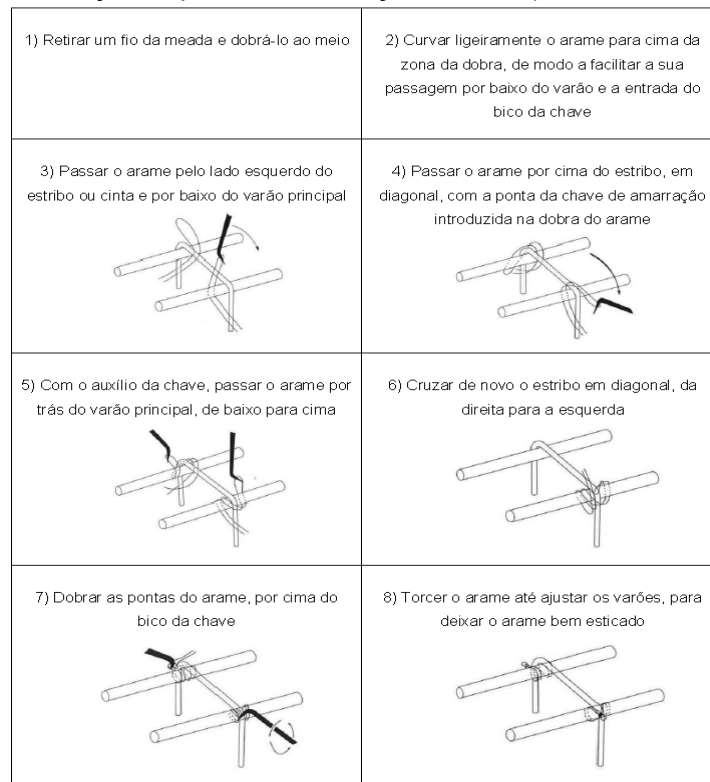
Os espaçadores podem ser de diversos materiais desde que estes garantam estabilidade aquando da betonagem da peça. Os espaçadores mais correntemente usados são os de betão (apesar dos mesmos serem feitos normalmente de argamassa).

2.7.5. Amarração de armaduras

A amarração foi realizada manualmente e com ponto de amarração em cruz.

O ponto de amarração em cruz tem como objetivo ligar estribos ou cintas as armaduras longitudinais e em sapatas do tipo gaiola. O ponto de amarração em cruz deve ser utilizado nas vigas, pilares e sapatas que possuam armadura dupla. Bento 2014 citando Trigo *et al.*, 2009 indica a metodologia de execução na tabela a seguir:

Figura 9: Metodologia de execução do ponto de amarração em cruz (Fonte: Bento 2014)



O processo de montagem da armadura foi realizado obedecendo as normas de execução segundo o projeto de execução, onde seguiu-se os seguintes passos:

- Marcação no pavimento conforme deve ser o espaçamento de 15cm entre os varões com o pó de giz, a marcação servia para a colocação da malha inferior e superior de forma regular,
- Colocação dos varões sobre as marcações feitas com o pó de giz que forma a primeira malha
- Colocação dos varões de forma perpendicular respeitando sempre o espaçamento
- A amarração dos varões, foi realizada manualmente e com ponto de amarração em cruz entre varões, durante a amarração é colocado os bloquetes (blocos de betão) para evitar o contato do varão com a superfície e garantir espaçamento para o betão.
- Após amarração é chamado o fiscal para conferir a disposição da armadura só depois prossegue a fase da colocação da armadura superior.

- A distribuição da armadura superior é feita de tal forma como a armadura inferior, formando uma malha dupla para a fundação.

A solicitação do fiscal era frequente por parte dos técnicos de amarração sem muita prática em leitura do projecto.

2.7.6. Fundações

Segundo Bastos (2019, p. 39), são a parte inferior da estrutura de um edifício que suporta e transmite cargas ao terreno, a infraestrutura ou fundação pode ser: Indirecta ou Directa.

2.7.7. Fundações superficiais

As fundações são a parte da estrutura encarregada de transmitir ao solo a totalidade das cargas que actuam sobre a construção. Devido a reduzida rigidez e resistência do solo, em relação aos demais elementos que compõem a estrutura, as fundações são geralmente extensas em superfície para poder “dispersar” as tensões em uma área do solo suficientemente segura (Moya, Juárez & Blázquez: 2012).

Existem muitos factores que conduzem à opção por fundações superficiais em vez de fundações profundas. Destacam-se, principalmente, as características geológicas e geotécnicas do terreno, embora o grau sísmico da zona, a acção do vento, o nível freático, sejam também factores a considerar (Coelho, 1996).

Quando se refere a edifícios de piso único cujo nível de carregamento não é significativo e as condições geotécnicas forem favoráveis, geralmente se prefere sapatas isoladas.

Para melhor funcionalidade são exigidos os seguintes aspectos das fundações superficiais:

- Profundidade adequada;
- Segurança em relação á rotura;
- Assentamentos aceitáveis.

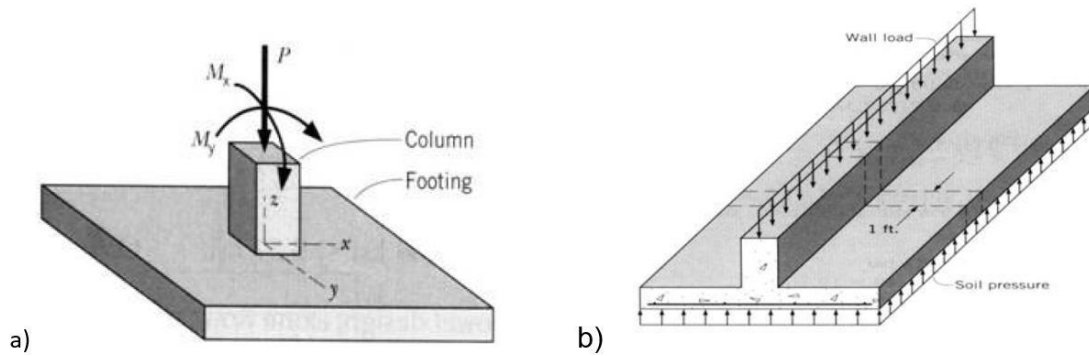


Figura 10: Representação esquemática de fundações superficiais; a)-Sapata isolada; b)-Sapata corrida

Conclui-se então que as fundações podem ser definidas como elementos estruturais de transição entre a estrutura de construção e o terreno sobre o qual ela se apoia, a fim de transmitir com segurança as solicitações oriundas da construção.

Para execução das fundações aqui ter em conta:

2.7.8. Abertura de cabouco

Segundo o dicionário escolar de língua portuguesa dá-se o nome de cabouco a uma escavação na terra; vala; cova ou fosso para assentar alicerces de uma construção.

No processo de abertura do cabouco deve-se salvaguardar que se atinja uma profundidade tal que o solo tenha resistência suficiente para suportar as cargas a que o mesmo será imposto. A base da fundação deve ainda estar livre de influências pelos agentes atmosféricos e correntes de água.

Pode-se então concluir que cabouco o local físico do maciço terroso que servirá de interface na transmissão de esforços da estrutura edificada e o solo.

Na escavação local deve-se ter o cuidado de:

- Confirmar as características do terreno a cota de projecto através de um exame visual e ensaios normalizados;
- Escavação até cota de projecto mais 5cm para betão de limpeza;
- Em função do tipo de solo:

- Escavação vertical com dimensões exactas (dispensa cofragem: devendo-se salvarguardar que o recobrimento mínimo seja acrescido a 7cm e o médio seja 10cm);
- Escavação em talude deixando folga de 50cm (exige cofragem).

Preparação dos cabocos para recepção da fundação que será constituída por sapata corrida.

- Colocação de solo da camada de empréstimo e compactação;
- Colocação de membrana impermeabilizante em plástico;

2.8. Patologia na construção civil

Patologia: É a ciência que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças. No caso do betão, a patologia significa o estudo das anomalias relacionadas à deterioração do betão na estrutura (Claudino, 2021)

O diagnóstico das anomalias em construções de betão armado pode ser complexo devido à variedade dos fenómenos de degradação causadores de anomalias.

As principais causas das anomalias no betão diferenciam-se bastante no tempo de ocorrência: podem ocorrer antes da construção (erros de projecto), durante esta (erros de execução), no decurso da exploração normal da construção (acções biomecânicas, acção do ambiente), em consequência de catástrofes naturais imprevisíveis (acções de acidentes) ou ainda pela vontade humana de uma forma activa (alteração das condições de serviço).

2.8.1. Anomalias decorrentes do processo de construção:

Diversas variáveis podem afectar este processo, principalmente porque o betão é preparado, ou pelo menos colocado e moldado, em obra, o que potencia a ocorrência de enganos ou defeitos na construção:

- Vazios e zonas porosas;
- Segregação;
- Erros de geometria;

- Descontinuidades visíveis;
- Manchas;
- Fissuração.

2.8.2. Anomalias estruturais: As anomalias estruturais traduzem-se normalmente pelo aparecimento de fissuras significativas ou deformações severas.

2.8.3. Anomalias de durabilidade: As anomalias de durabilidade estão relacionadas com a degradação das construções ao longo do tempo:

- Coloração do betão;
- Exposição / corrosão das armaduras;
- Fissuração do betão;
- Desagregação do betão;
- Descasque do betão.

2.9. Cofragens e Descofragens

2.9.1. Conceito de cofragem

A cofragem desempenha um papel importante na construção de estruturas de betão. Com efeito ela ajuda a dar forma e a suportar as mais diversas peças de betão desde a fase de betonagem até ao ponto de endurecimento e ganho da resistência necessária (Abel Pinto 2005).

As cofragens devem obedecer a algumas características, designadamente:

- Ser resistentes o suficiente para suportar as pressões ou o peso do betão e das sobrecargas impostas;
- Ser suficientemente rígidas a fim de manter a forma sem sofrer deformações assinaláveis;
- Ser económicas em termos do custo total da cofragem e dos betões.

Quanto ao modo de fornecimento as cofragens podem ser pré-fabricadas ou comerciais e fabricadas no local da obra para efeitos de uso específico. As cofragens comerciais são geralmente modulares e em dimensões *standard* permitindo flexibilidade na utilização (Abel Pinto 2005).

Quanto aos materiais as cofragens mais comuns são a **madeira**, o **aço** e o **alumínio**, isoladamente ou em combinação.

Madeira - é ainda o material mais utilizado nas cofragens tradicionais pelas seguintes razões:

- É abundante na natureza estando desde logo praticamente apta a ser utilizada
- É um material com resistência significativa e leve, o que facilita o seu transporte e movimentação na obra;
- É fácil de cortar e ligar;
- Permite a obtenção de boas superfícies de acabamento;
- É relativamente barato, tendo em conta a mão-de-obra subsequente;
- É possível de ser transformado industrialmente em outros materiais para cofragens (aglomerados de madeira e contraplacado marítimo);
- Garante um bom isolamento térmico ao betão fresco.
- Permitem o ajuste a qualquer forma geométrica;
- Sua condutibilidade térmica baixa minimiza as retracções devidas as variações de temperatura.
- A madeira permite a liberdade da parte do ar contido no betão, devido à sua porosidade;

Metal - permite um maior número de utilizações, mas são menos adaptáveis do que as cofragens de madeira. Todavia, alguns processos engenhosos permitem a adaptação, com uma aproximação de alguns centímetros, de cofragens metálicas para pilares e pavimentos nervuras. Utiliza-se, sobretudo a chapa de aço quinado ou reforçado com perfis, mas de há alguns anos para cá se procura desenvolver o emprego de cofragens em liga de alumínio moldado, o que é interessante por causa da sua leveza. Tal como nas cofragens de madeira, devem utilizar-se óleos descofrantes (Abel Pinto, 2005).

2.9.2. Classificação das cofragens

As cofragens podem ser classificadas sob diversos pontos de vista como em função dos materiais, possibilidade de reutilização, fins a que se destinam, entre outros. A classificação aqui apresentada tem a ver com o grau de reutilização e é adoptada a proposta feita por (Lança, 2008).



2.9.3. Cofragens recuperáveis

As cofragens recuperáveis são as mais difundidas, devido ao facto de permitirem melhor rentabilização do investimento feito na sua aquisição ou fabrico. Estas englobam as tradicionais (em madeira), as tradicionais melhoradas (através da introdução da normalização e de novos materiais), as racionalizadas (ou modulares) e as especiais (mais indicadas para estruturas especiais) (Cantante de Matos, 2005).

Cofragens tradicionais as cofragens tradicionais prestam-se à execução de praticamente todo o elemento de betão armado, designadamente lajes, vigas, pilares, escadas, muros e paredes, sapatas, entre outros (Cantante de Matos, 2005).

Cofragens tradicionais melhoradas as cofragens semi-racionalizadas ou tradicionais melhoradas foram introduzidas com a intenção de modificar o processo de cofragem e descofragem no sentido de o tornar mais fácil e rápido de executar. A investigação e desenvolvimento na área e a crescente exigência de flexibilidade e economia conduziram à adopção da modulação dos componentes das cofragens tendo em vista melhorar a produtividade a modulação levou, por seu turno, à introdução de alguns elementos de natureza diferente dos que são utilizados nos sistemas tradicionais, como por exemplo:

- Prumos metálicos ajustáveis em altura e vigas metálicas extensíveis em substituir de prumos e de vigas de madeira, respectivamente;
- Painéis de cofragem – racionalização;
- Painéis reforçados e/ou de outros materiais, tais como contraplacado plastificado revestido com fibra de madeira;

- Melhoria dos sistemas de fixação/contravento.

2.9.4. Descofragens

Prazos mínimos para a retirada dos moldes:

Nos casos correntes em condições normais de temperatura e humidade (nas regiões frias os prazos são maiores) e para o betão de cimento Portland Normal, os prazos mínimos para a retirada dos moldes e dos escoamentos, contados a partir da data de conclusão da betonagem, são os indicados a seguir:

- Moldes de faces laterais em vigas, pilares e paredes – 2 a 3 dias;
- Moldes de faces inferiores em lajes de vão inferior a 6 metros – 7 dias;
- Moldes de face inferior em lajes de vão superior a 6 metros – 14 dias;
- Moldes de faces inferiores em vigas – 14 dias;
- Escoramento em lajes de vão inferior a 6 metros – 21 dias;
- Escoramento e cofragem em lajes fungiformes de elevado peso – 28 dias;
- Escoramento em vigas – 21 dias;
- Para as lajes e vigas que na ocasião de descimbramento estejam com solicitações muito próximas da sua capacidade resistente recomenda-se que a descofragem se faça aos 28 dias.

2.9.5. Regras base a ter em atenção na descofragem

Segundo Alamin, B. (1999)

- O tempo de endurecimento até à descofragem é função das dimensões do elemento betonado, do tipo de cimento e das condições de ambiente;
- A descofragem deve ser feita de maneira que, a peça seja sempre sujeita aos esforços para a qual foi projectada;
- Os elementos de aperto e de apoio (parafusos, tirantes, cunhas, pontaletes, prumos, etc.) deverão ser aliviados retirados em intervalos, sem choques bruscos;
- Nunca deverão ser utilizadas alavancas metálicas entre o betão e a cofragem, o que deixa marcas no betão; este cuidado é, naturalmente, mais relevante em obras onde se pretende que o betão fique à vista;
- As arestas das peças acabadas de descofrar, no caso de poderem vir a ser danificadas pelo tráfego de pessoas materiais, deverão ser protegidas por sarrafos.

2.9.6. Montagem de cofragem (Abreu et all, 2013)

Geralmente em fundações é usada cofragem recuperável, nesse tipo de elementos para o caso da obra recomenda-se a utilização de cofragem não precisamente nova devido a inexistência de exigências e ao ambiente em que estará inserida. É comum também o uso de cofragem perdida, em alvenaria ou situações particulares em que não seja possível ou viável recuperar o material.

Para o caso das fundações do edifício em causa foram usados cofragens recuperáveis em madeira (em sapata corrida).

A cofragem corrente em pilares e vigas é em madeira nomeadamente pinho apoiada em cimbres metálicos ou em apoios de madeira com secção suficiente para resistir os esforços derivados das vigas, conforme demonstrado em uma das imagens do presente trabalho,

2.9.7. Cuidados na montagem de cofragens

Segundo Abreu et all (2013) no processo de montagem dos elementos de cofragem deve ter-se em atenção os seguintes aspectos:

Os projectos e detalhes de fabrico, tendo em atenção o aproveitamento das peças de madeira;

União das peças de madeira com pregos, que deverão arrancar se facilmente quando do processo de desmontagem

Montagem dos taipais, geralmente, efectuado no local de aplicação;

Escoras rigidamente ligadas entre si por travessas, de forma a trabalharem em conjunto e não como elementos isolados;

Os trabalhos de cofragem devem contemplar todos os acessórios de apoio as operações de betonagem e de garantia da integridade das armaduras;

Elementos de entivação ou escoramento não devem apoiar directamente no solo, mas sim em elementos horizontais de maior dimensão – melhora a distribuição e diminui tensões no terreno e garante a imobilidade destes pontos

CAPITULO 3

3. ACTIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O ESTÁGIO

3.1. Plano de Estagio

Ao encetar contactos com a empresa Canalizações Âncoras, no sentido de lhe ser permitido a realização do estágio, as reuniões que se seguiram à concessão do estágio por parte da empresa, foi definido o plano de estágio e apresentaram-se os objectivos a atingir com o plano de trabalhos/estágio a seguir enumerados:

- Acompanhamento de obra;
- Acompanhamento, supervisão e aconselhamento da obra;
- Controlo de qualidade, controlo de progresso da obra segundo o cronograma.

3.2. Duração e objectivo principal

Esta fase de experiência no escritório da empresa Canalizações Âncora. Construção Civil e Obras Públicas teve como duração 16 semanas que se distribuíram, cumprindo assim o regulamento da instituição ensino.

Este estágio se configurou como sendo o primeiro contacto com o mundo da construção como profissional da área de Engenharia civil que o estudante teve. Desse modo, a aprendizagem adquirida pelo mesmo nesse espaço de tempo, remete para uma grande discrepância entre a vida académica e a profissional. E sem sombra de dúvidas denotou a necessidade da conciliação entre a parte teórica essencial para formação e a prática fundamental para formação profissional.

Procurou acompanhar todos os procedimentos e técnicas que envolvem a construção de um edifício, desde a fase de projecto, a implantação da obra no terreno.

Em obra, foi necessário compreender todos os processos levados a cabo na construção de um edifício, controlar as operações levadas a cabo na obra, tomar conhecimento de todos os materiais e equipamentos envolvidos e analisar os projectos.

No escritório por um curto período, participou de reuniões sobre o decurso da obra, realizou um planeamento de obra e efectuou o controlo das medições e custos de uma determinada obra.

Durante o período em que decorreu o estágio, esteve envolvido em vários trabalhos que a instituição de acolhimento tinha em curso, o que lhe permitiu adquirir experiência prática, nos domínios das disciplinas que lhe foram lecionadas durante o curso.

Os trabalhos efectuados no estágio, relacionaram-se com a fiscalização na construção de obras, tendo também realizado visita a obra, para efeito de levantamento do existente e para a fiscalização dos trabalhos que se encontravam a ser executadas.

O projecto que foi estudado e trabalhado durante o período de estágio foi:

- **Projecto Residência Unifamiliar**, localizado Bairro de Txumene, Cidade da Matola, Província de Maputo. (Processos Construtivos do edifício).

CAPITULO 4

4. Descrição do Edifício

4.1. Arquitetura do Projecto

O edifício é composto por 3 pisos distribuídos da seguinte forma:

- Rés-do-chão composto por Garagem, Escritório, Cozinha, Sala de Estar, Sala de controlo e Um Quarto;
- Primeiro Piso composto por Duas Suits, Um Quarto, Sala de cinema e Ginásio;
- Segundo Piso ou Terraço acessível que será usado como salão de festas e tem uma área de serviço.



Figura 12: Desenho gráfico em 3D do edifício

4.2. Estrutura do Projecto

Na estrutura o edificio e composto por porticos, com laje vigadas que por sua vez estao assentes sobre pilares que decarregam na fundação que é uma fundação corrida que devido a sua area permite a melhor distribuiçao da carga e minimiza os assentamentos diferencias.

Sistema Construtivo do Edificio

O sistema adoptado foi o convencional, pois encontra-se na periferia dos centros urbanos onde a existência de insumos já industrializados, ferramenta manual e equipamentos modernos para auxílio no desenvolvimento das actividades.

As cofragens foram mistas, de madeira e metalicas recuperaveis conforme esta disposto nas imagens do acompanhamento da obra.

A fundação foi impermeabilizada com membrana de impermeabilização em plástico na isso devido ao clima tropical onde existem periodos de chuvas constantes ao longo do ano.

Capítulo 5

5. Descrição do sistema construtivo da residência unifamiliar

A descrição da construção e sistemas construtivos da referida residência serão abordados da implantação até a execução da viga geral do primeiro piso, actividades que foram realizadas durante o período de estágio.

O edifício foi executado pelo sistema de betão armado e os procedimentos durante a execução são os descritos nos subcapítulos que se seguem.

5.1. Preparação do terreno

É a actividade que geralmente marca o início da obra e consiste na remoção de vegetação e de todo e qualquer entulho que seja indesejado e que ocupe o local da obra. A limpeza envolve também a organização dos espaços de modo que as operações de construção, armazenamento de material seja feito da maneira mais funcional possível.

De modo geral a preparação do terreno envolve:

Registo de todos elementos a reservar e eventual protecção de modo a evitar a sua deterioração (árvores, vedações, muros e mais);

- Limpeza do terreno e terra vegetal (decapagem), retirar eventuais materiais depositados e remover ou transplantar vegetação existente;
- Recolha de informação sobre cadastro de infra-estruturas existentes, caso a obra se localize em meio urbanizado;
- Eventual desvio de instalações tais como condutas de esgotos, água ou gás, cabos eléctricos e outros;
- Eventual demolição de construções antigas e suas fundações;
- Caso exista nível freático elevado, deverão ser executados sistemas que possibilitem a execução da futura escavação (ensecadeiras de estacas-pranchas, rebaixamento do nível freático ou congelamento da água do solo (pouco frequente);

5.2. Implantação da fundação

A implantação da fundação incluiu a marcação das faces dos elementos estruturais das sapatas, definição de alinhamentos com fios de nylon tensionados e amarrados a pregos, cravados no cangalho,

A esquadria dos alinhamentos foi garantida com recurso a esquadro e triangulo segundo o esquema demonstrado na figura 16.

5.3. Abertura de cabouco

No processo de abertura do cabouco salvaguardamos que se atinja uma profundidade tal que o solo tenha resistência suficiente para suportar as cargas a que o mesmo será imposto. A base da fundação foi limpa de modo a evitar influências dos agentes atmosféricos e correntes de água.



Figura 13: Cabouco aberto para execução da fundação (fonte: Autor)



Figura 14: Colocação da membrana de impermeabilização em plástico na fundação (Fonte: Autor)

5.4. Montagem e colocação das armaduras

A colocação da armadura deve ser tal que, garanta a resistência aos esforços a que serão impostos durante a vida útil do edifício. As armaduras como foi referido em capítulos anteriores, destinam-se a ser integradas no betão no caso de peças de betão armado.

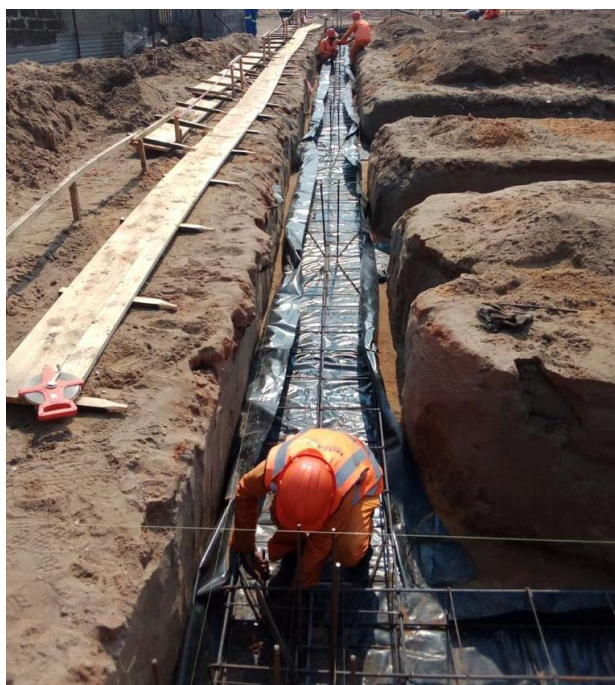
É importante respeitar os diâmetros dos varões e as posições indicadas no projeto, para além de se garantir também uma perfeita amarração dos varões e espaçadores. No caso de malhas em ambas faces, executa-se em primeiro lugar a malha da face mais afastada do operário. A distância entre malhas é garantida com a utilização de cérceas (Bento 2014, citando Trigo *et al* 2009).



Figura 15: Armadura das vigas e pilares (fonte: Autor)



Figura 16: Colocação e amarração dos varões perpendiculares para a fundação (fonte: Autor)



*Figura 17: Armadura dos arranques dos pilares incorporada na armadura da fundação.
(Fonte: Autor)*



Figura 18: Trabalhos de Amarração da armadura da fundação. (Fonte: Autor)



Figura 19: Cofragem recuperável em madeira de pinho (Fonte: Autor)



Figura 20: Alvenaria estrutural nas fundações (Fonte: Autor)

5.5. Assentamento de alvenaria para a fundação

Devido a agressividade do solo e ao processo de humedecimento é recomendável que se use em fundações blocos maciços, em caso de falta dos mesmos é comum o uso de blocos amaciados (blocos correntes com suas cavidades preenchidas com betão, geralmente B15).

Materiais e equipamentos para o assentamento da alvenaria

Os utensílios que são geralmente usados para a execução de paredes em fundações são: Colher de pedreiro, balde; nível e alisador de juntas.

Argamassas de assentamento:

O assentamento inicia-se nos cantos, depois de se estudarem dimensões dos panos e no de blocos a utilizar.



Figura 21: Alinhamento dos blocos para as paredes (Fonte: Autor)

As marcações e assentamentos dos blocos são feitos da extremidade para o centro garantindo sempre que haja argamassa nas juntas.

5.6. Actividade de betonagem

O Processo da betonagem era muito importante, isto é, o empreiteiro deve verificar se tudo está em conformidade antes de requisitar o betão, fazendo os cálculos de forma precisa do volume do betão necessário de forma a evitar o atraso da conclusão da betonagem.

Antes da betonagem o fiscal júnior e o empreiteiro solicitavam a presença do fiscal supervisor para verificar o cumprimento da armadura desde a colocação, disposição e amarração da armadura da malha da fundação e sapata, e uma das actividades

importantes que era feita é a limpeza que consistia na retirada de lixo, resto de arames queimados cortados durante a amarração da armadura.

A verificação do rebaixamento do betão deu-nos a garantia da trabalhabilidade do betão e a sua homogeniedade, ver figura 22.



Figura 22: Betonagem das vigas (Fonte: Autor)



Figura 23: cofragem de pilares e escoramento(Fonte:autor)



Figura 24: Verificação do rebachamento do betão (fonte autor)

5.7. Descofragem

O Processo de descofragem era executado decorrido o período da cura do betão para cada elemento.

Em placas de madeira o processo era executado com recurso a arranca pregos ou pés de cabra com dimensões suficiente para alavancar as tábuas sem risco de sobre-esforço para os trabalhadores e sem danificar o elemento estrutural betonado.

Após a descofragem, era solicitado o fiscal para a verificação do resultado da betonagem e verificação das anomalias que possam prejudicar o próprio elemento, das anomalias, mas encontradas nos elementos são anomalias **(Anomalias Processo de construção):**

- **Segregação do betão**, geralmente notado em pilares.
- **Vazios nos elementos estruturais** vistos em Pilares e vigas, possíveis causas:
 - Deficiente compactação do betão
 - Segregação dos inertes
 - Deficiente vibração
 - Relação Água /betão e cofragem mal escorada.

Quanto a segregação e vazios, com o método de vibração foi nos permitido evitar esses fenômenos e ter resultados de elementos.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSÃO & RECOMENDAÇÕES

CONCLUSÃO

- Podemos concluir que a falta de conhecimento dos processos construtivos podem causar danos ligados ao mau funcionamento dos elementos estruturais do edifício.
- Com o processo construtivo adequado e com os conhecimentos de funcionamento estrutural de alguns elementos da estrutura podemos concluir que as obras poderam decorrer com um risco reduzido de ocorrências de danos ou falhas no seu funcionamento;
- A sequência de construção dos elementos estruturais é linear, partindo da fundação até a laje de pavimento ou cobertura;
- Durante o acompanhamento da obra concluiu-se também que os edifícios em altura são influenciados pelo emprego de sistemas construtivos convencionais ou industriais isso pela natureza dos equipamentos empregues na construção do edifício;

CONCLUSÃO – Limitações

- Acompanhamento da obra apenas na parte estrutural;
- Acompanhamento da obra até a execução da viga geral, não tendo acompanhado a mesma até a execução da laje;
- Falta de ensaios propriamente exigidos para o betão e armadura;
- Período de acompanhamento da obra reduzido.

RECOMENDAÇÕES

- Recomenda-se que, no processo de elaboração do projecto deve ter-se em conta o processo construtivo que sera adoptado para a materialização de todos elementos estruturais do edificio, tomando em conta;
- Que em todas obras nas quais são empregue os sistemas construtivos convencionais ou industriais sejam acompanhadas por um técnico especializado na área de estruturas visto que, pela natureza da construção pode advir uma necessidade de modificações a estrutura que acarretam uma avaliação do especialista e a sua aprovação;
- O estudo ou a verificação do processo construtivo que influencia no funcionamento da estrutura do edificio;
- A equipe que executa a ferragem e a cofragem deve ter qualificação desejada ou experiencia comprovada para executar a mesma.

CAPITULO 7

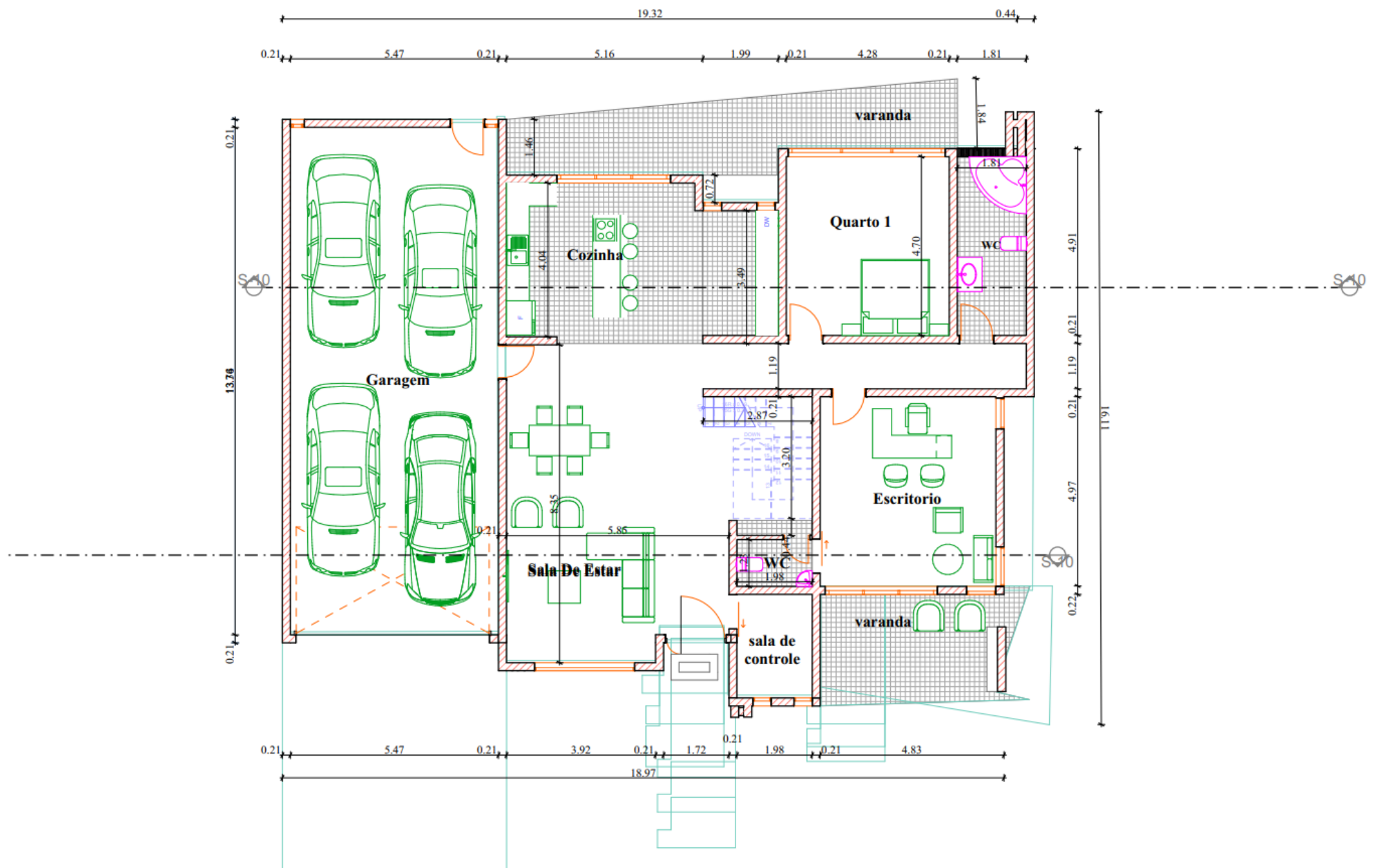
7. BIBLIOGRAFIA

7.1. Referências bibliográficas

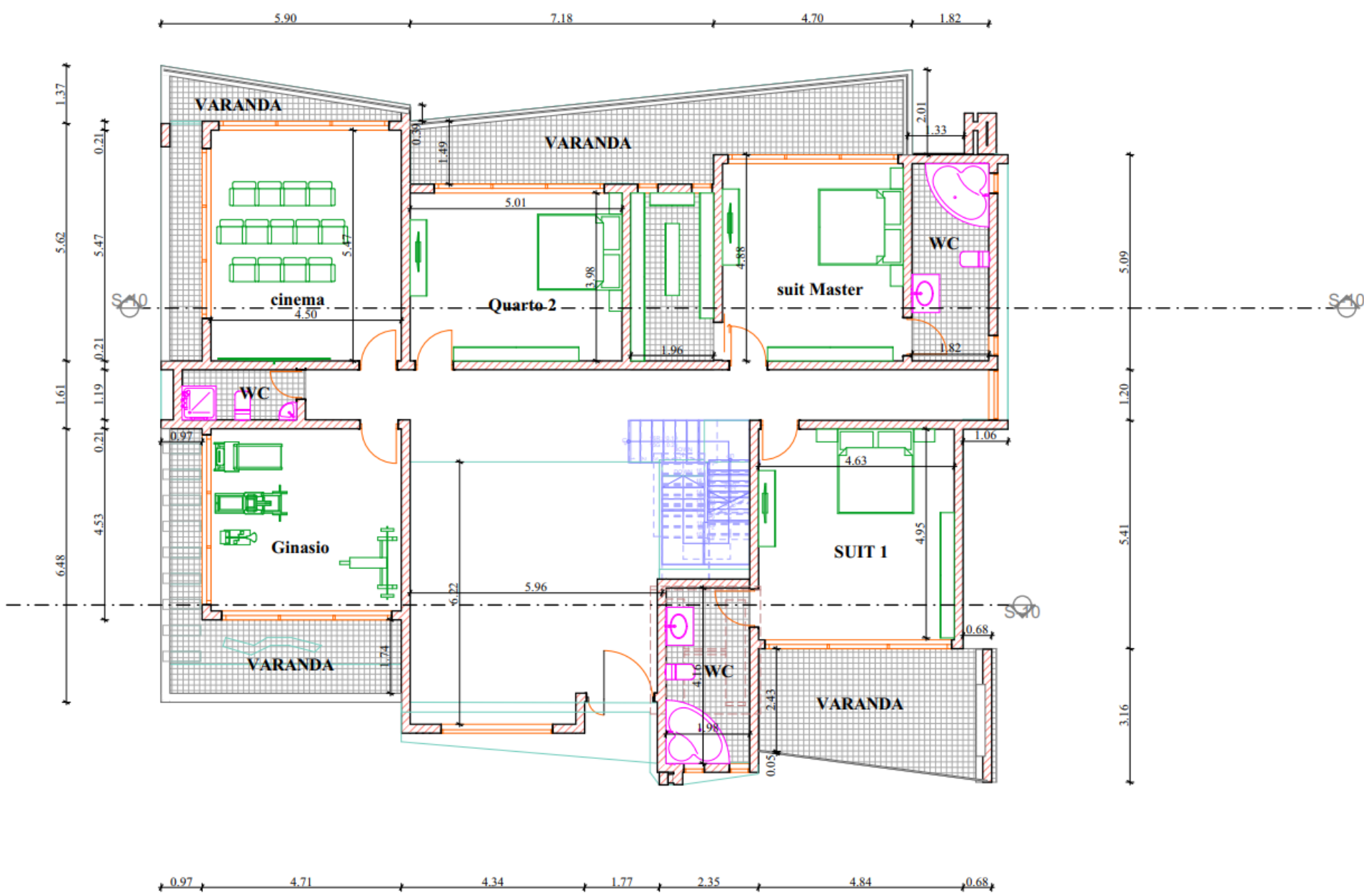
- Abreu, R., Martínez, M., Dias, P., Gomes, J., Serrado, D., Peneda, S., & Correia, J. (2013) – Estruturas betonadas in situ. Folhas da disciplina de Tecnologias de Construção de Edifícios. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Alamin, B. (1999). Analysis of construction loads on concrete formwork. Dissertação de Mestrado em Ciências.
- Concordia University, Québec, Canada.
- Apostila da disciplina de Construção de Edifícios, Prof. Pedro Kopschitz Xavier Bastos, 20^a Edição, 2019;
- Araújo, Octávio; Freire, Tomás, 2004 – Tecnologia e Gestão de Sistemas Construtivos de Edifícios;
- Bento, David Botelho Perdigão, 2014 – Aço em varão para betão armado – caracterização do material e enquadramento actual;
- Branco, Pato, 2013 – Comparativo orçamentário dos sistemas construtivos em alvenaria convencional, alvenaria estrutural e light steel frame para construção de juntas habitacionais;
- Brabo, Regina. 2009 – Leitura e interpretação de projectos arquitectonicos. Brasil: Universidade Federal do Pará.
- Coutinho, A de Sousa, 1997 – Fabrico e Propriedades do Betão, Vol. II, LNEC;
- Coutinho, Joana Sousa – Materiais de Construção 2 práticas (Apontamentos de aulas);
- Coutinho, Joana Sousa, 2002 – Ciência de Materiais I parte;
- Mello, César, 2004 – Avaliação de sistemas construtivos para habitações de interesse social, Porto Alegre;
- Saraiva, Paulo Jorge Rodrigues, 2014 – Estudo comparativo de soluções em alvenaria estrutural e betão armado;
- REBAP, 2010 – Porto Editora;
- Oliveira, Luíz António, 2010 – Tecnologia e processos construtivos de estruturas de edifícios altos;

ANEXOS

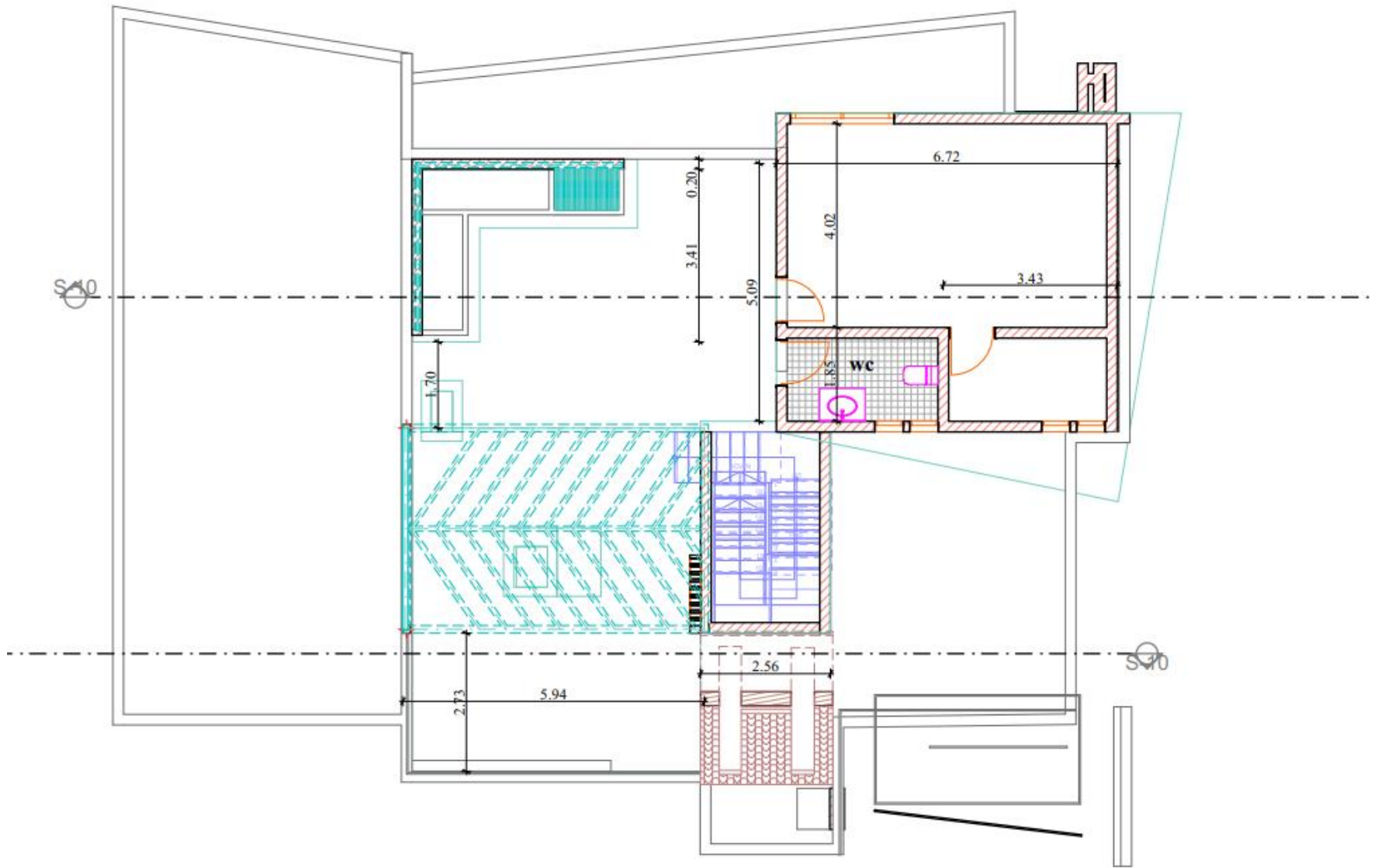
Arquitectura



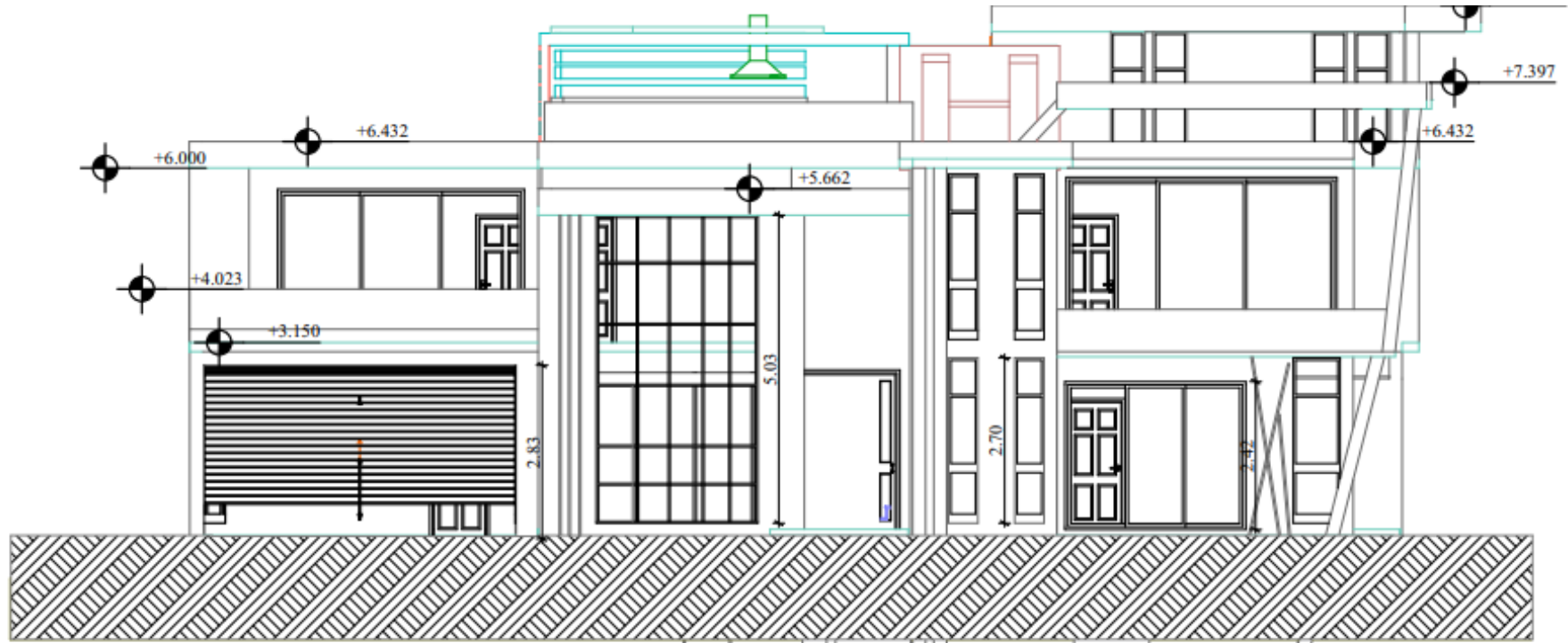
Planta Baixa - Rés-do-chão



Planta Baixa - Primeiro Piso



Planta Baixa - Primeiro Terraço



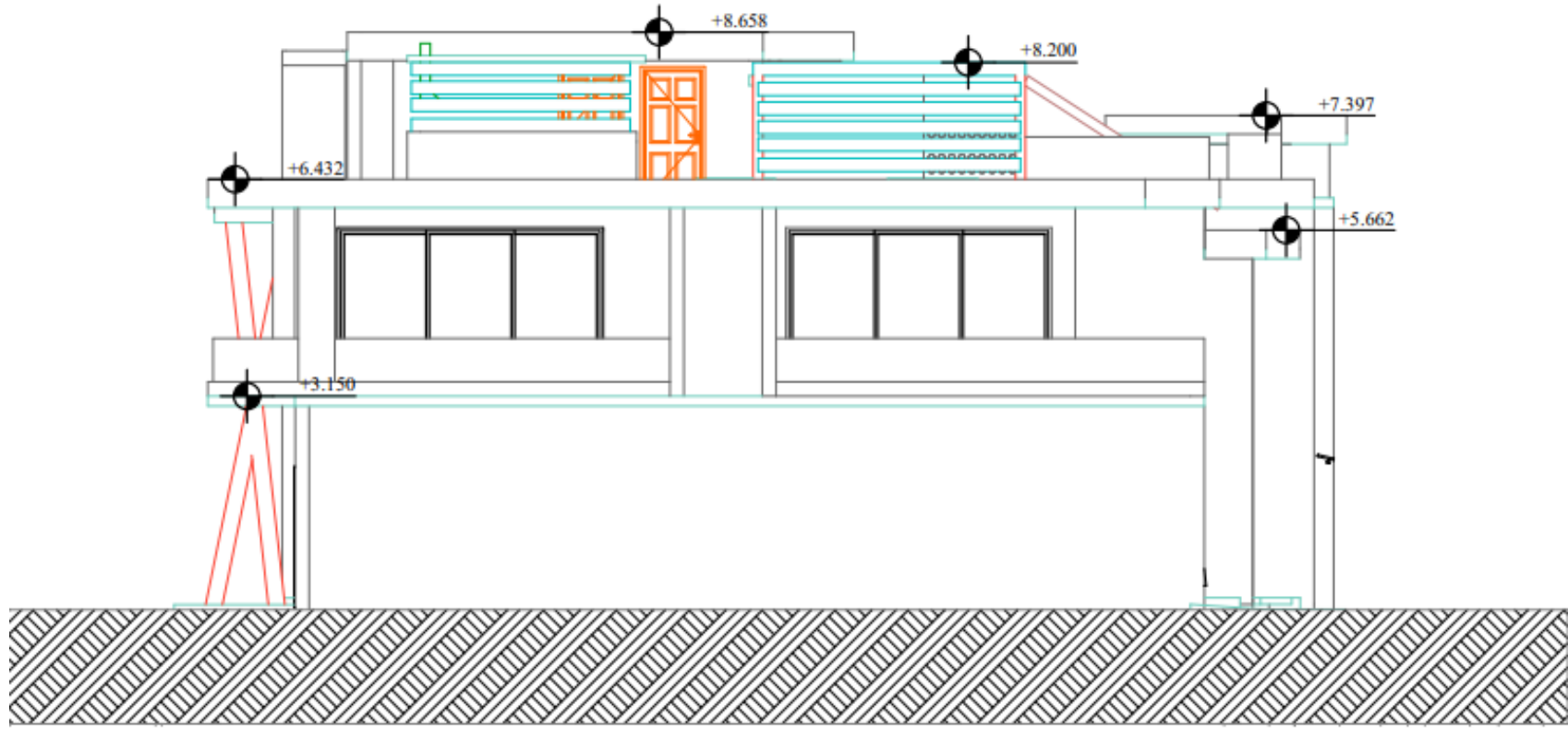
ALACADO FRONTAL



ALACADO POSTERIOR

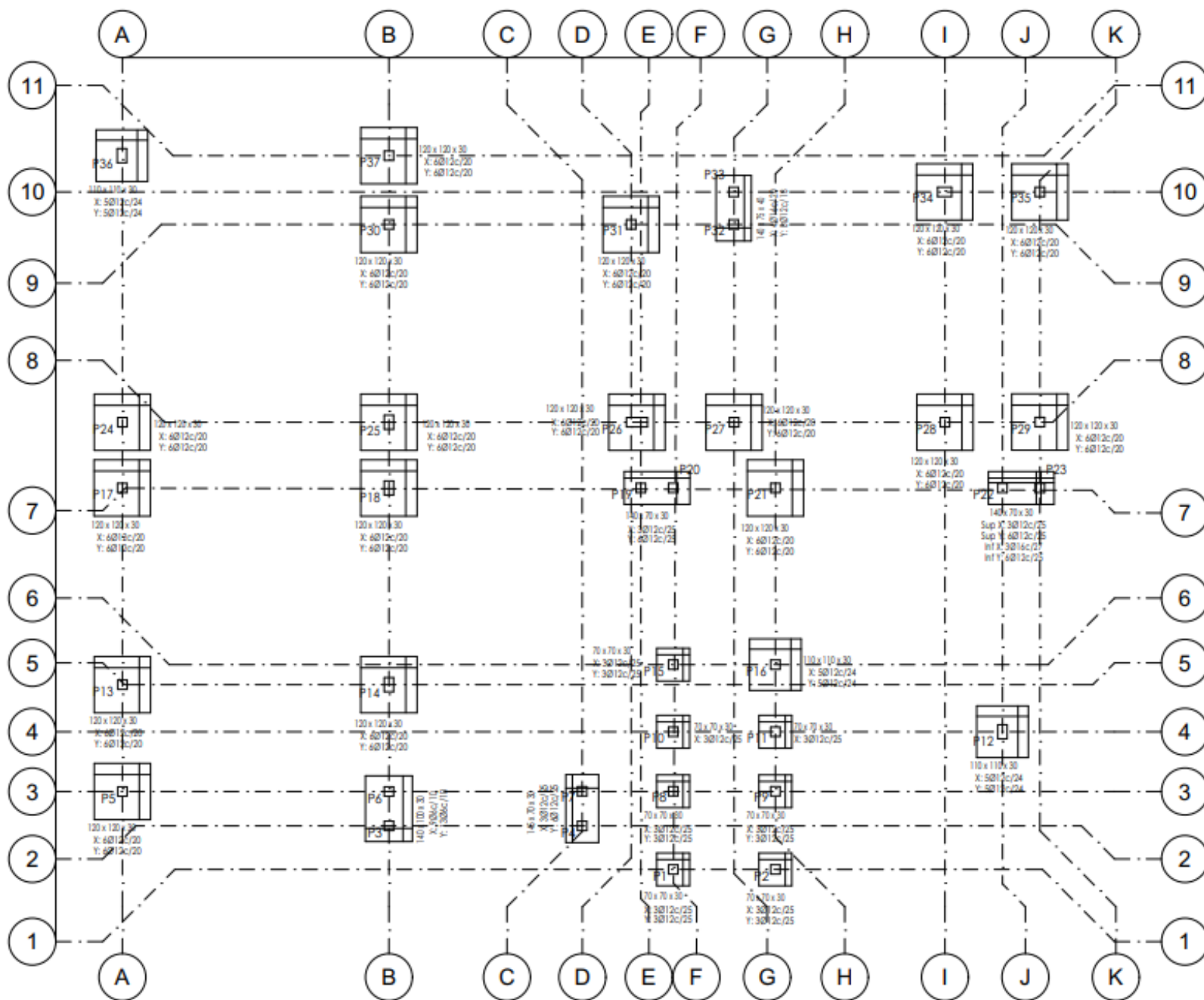


ALCADO LATERAL DIREITO

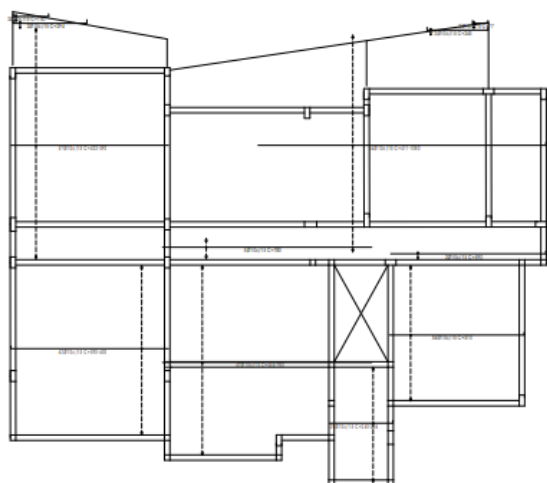


ALCADOS LATERAL ESQUERDO

Planta Estrutural

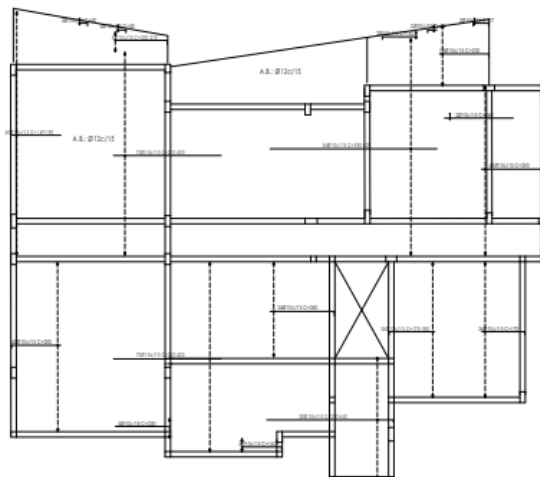


Quadro de Pilares



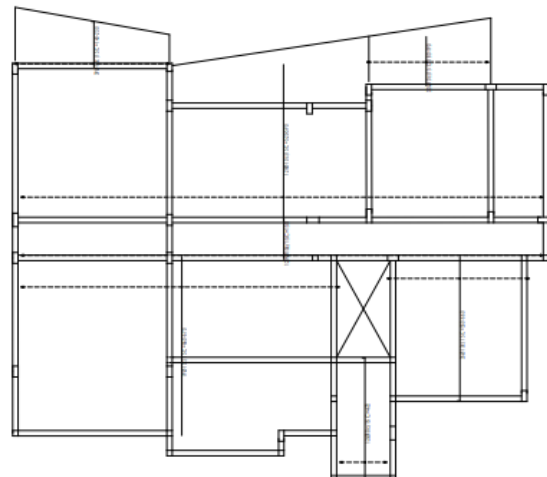
159.1
 Armadura longitudinal inferior
 Concreto C20/25
 AAD
 Escala: 1/50

Resumo Auto	Comp. total	Presp.100%
159.1	1736,2	1192



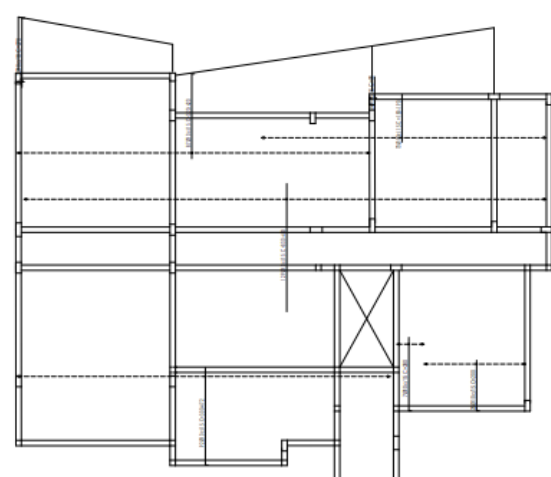
159.2
 Armadura longitudinal superior
 Concreto C20/25
 AAD
 Escala: 1/50

Resumo Auto	Comp. total	Presp.100%
159.2	1574,0	1047



159.3
 Armadura transversal inferior
 Concreto C20/25
 AAD
 Escala: 1/50

Resumo Auto	Comp. total	Presp.100%
159.3	1527,0	1046



159.4
 Armadura transversal superior
 Concreto C20/25
 AAD
 Escala: 1/50

Resumo Auto	Comp. total	Presp.100%
159.4	1452,7	985

Lajes: Primeiro Piso e Cobertura

Resumo Aço Laje1 Vigas		Comp. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
A400	Ø6	1154.2	282	923
	Ø10	428.7	291	
	Ø12	300.6	294	
	Ø16	32.4	56	

Loje1
 Desenho de vigas
 Betão: B25 (C20/25)
 Aço: A400
 Escala: 1:100

