



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Licenciatura em Engenharia Civil

RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

**CONTROLO DE QUALIDADE DO BETÃO EM OBRA:
CONSTRUÇÃO DO EDIFÍCIO A FLORA**

Supervisores:

Eng.º Alberto Andissene, M.Sc (FEUEM)

Eng.º Eurico Mendonça (ARZ CONSTRUCTION, Lda.)

Autora:

Chelsea Glória Mahumane

Maputo, Dezembro de 2023



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Engenharia

Licenciatura em Engenharia Civil

RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

**CONTROLO DE QUALIDADE DO BETÃO EM OBRA:
CONSTRUÇÃO DO EDIFÍCIO A FLORA**

Supervisores:

Eng.º Alberto Andissene, M.Sc (FEUEM)

Eng.º Eurico Mendonça (ARZ CONSTRUCTION, Lda.)

Autora:

Chelsea Glória Mahumane

Maputo, Dezembro de 2023

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Gilberto Mahumane e Amélia Tamele.
Pelo apoio incondicional e incentivo em todos os momentos.
Pelo exemplo que são, dedicação e investimento em mim para
Realizar os meus sonhos, me formar e honrá-los com esta conquista.

Êxodo 20:12

Agradecimentos

Sempre acreditei no amor de Deus e no seu cuidado. Mas durante a minha formação, pude percebê-lo ainda melhor. Agradeço a Deus pela sua provisão, presença, por me conduzir todos os dias e pela sabedoria, pois de facto, *sem Ele nada podemos fazer*.

Agradeço aos meus pais e minhas irmãs, por todo amor, por me apoiarem continuamente, por cuidarem de mim e pela paciência nos períodos em que estive ausente durante a minha formação.

Agradeço às minhas avós, Elisa e Glória, pelo apoio, incentivo e orações.

Ao meu noivo, Carlos A., por sempre me encorajar e me desafiar a ser excelente em tudo que faço, por me ajudar na gestão das minhas emoções e fé e por toda força nos dias difíceis.

Agradeço ao meu supervisor, Engenheiro Alberto Andissene, pelo tempo investido, paciência, atenção, dedicação e pelos conhecimentos transmitidos durante a elaboração deste trabalho.

À ARZ, pela oportunidade de estagiar, pelas responsabilidades confiadas e desafios impostos durante o período de estágio, que foram essenciais para a realização deste trabalho e pela abertura para que pudesse confrontar os conhecimentos adquiridos durante a formação. Agradeço pelo vosso cuidado, atenção especial durante a minha adaptação e por todo conhecimento partilhado neste período. Muito obrigada Srs. Emre, Kazim, Remzi, Abdullah, Angelo, Jamal, Avante, Moniz e Dona Talita.

Agradeço aos meus colegas, pela experiência partilhada ao longo da formação, pelo tempo de convivência em que pudemos criar laços como de uma família, em especial a vocês: Alice P., Ermelinda M., Chenice L., Márcia C., Silvia N., Michella M., Thaunde D., Alfabeto V., Manassés A., Donald J., Celso N., Jorge M., Hans D., Sebastião C., Issufo I. Eric G. e Revelino L.

Aos técnicos do LEM,IP e da Central de Betão, pela partilha de conhecimento e experiência, pelo fornecimento de material e informação prontamente, sempre que fosse necessário. Agradeço-os pela oportunidade dada de poder visitar o laboratório e acompanhar os ensaios de compressão.

RESUMO

O edifício A Flora é um projecto da empresa denominada ARZ Construction, com 2 pisos negativos e 10 pisos positivos, com uma área de 701.95m² localizado na Cidade de Maputo, no cruzamento entre as Avenidas Paulo Samuel Kankhomba e a Rua Kamba Simango.

O presente documento, contém uma revisão bibliográfica, um resumo das actividades realizadas durante o estágio profissional de 16 semanas e uma avaliação da qualidade do betão tendo em conta os resultados obtidos em obra e no laboratório da central de betão e do LEM,IP.

Durante a realização do estágio, foram extraídas amostras representativas, em 2 betonagens de elementos estruturais diferentes: laje, núcleo de elevador e pilares. E no presente relatório far-se-á uma análise dos resultados de 2 ensaios realizados, onde focou-se no controlo de qualidade do betão fresco, através do ensaio de abaixamento e endurecido através do ensaio de resistência a compressão do betão, aos 28 dias.

Palavras-chave: Betão; Controlo de qualidade; LEM; Resistência à Compressão; Slump Test; Abaixamento; Amostra; A Flora; Central de betão.

ÍNDICE

DEDICATÓRIA	i
Agradecimentos.....	ii
RESUMO	iii
ÍNDICE.....	iv
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento do trabalho.....	1
1.2. Tema	1
1.3. Problema	1
1.3.1. Descrição do Problema	1
1.3.2. Hipóteses Do Problema.....	2
1.4. Justificativa	3
1.4.1. Oportunidade de Projecto.....	3
1.4.2. Importância do Projecto.....	3
1.5. Delimitação.....	4
1.6. Objectivos Do Estágio.....	4
1.6.1. Objectivo Geral	4
1.6.2. Objectivos Específicos	4
1.7. Metodologia.....	5
1.8. Estrutura Do Trabalho.....	5
2. Revisão Bibliográfica.....	7
2.1. Controlo de Qualidade	7
2.1.1. Generalidades	7
2.1.2. Conceito	8
2.2. Betão	10
2.2.1. Propriedades do Betão.....	10
2.2.2. Produção do betão	18
2.2.3. Transporte do betão	20
2.2.4. Colocação do betão.....	21
2.2.5. Compactação do betão	21
2.2.6. Cura do betão	22
3. ESTUDO DE CASO	24

3.1. Instituição de estágio	24
3.2. Descrição da Obra	25
3.2.1. Localização.....	25
3.2.2. Caracterização da Obra	25
3.3. Actividades Realizadas durante o período de estágio.....	26
3.3.1. Betonagem do Piso 1 e das escadas do edifício	31
3.3.2. Betonagem dos Pilares e Núcleo de elevador	37
3.3.3. Cura do betão	39
4. Apresentação, Tratamento e Discussão dos Resultados.....	40
4.1. Apresentação dos resultados.....	40
4.2. Tratamento dos Resultados	40
4.3. Discussão dos Resultados	41
4.3.1. Verificação da Resistência à compressão do betão	41
4.3.2. Análise comparativa entre resultados obtidos no LEM e na Central de Betão.....	42
4.3.3. Tipos de Rotura identificadas durante os ensaios	43
5. Conclusões.....	44
6. Recomendações	45
7. Referências Bibliográficas.....	46

Lista de Abreviaturas e Símbolos

LEM, IP- Laboratório de Engenharia de Moçambique, Instituição Pública

NP- Norma Portuguesa

EN- Norma Europeia

CB- Central de betão

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

HST- Higiene e Segurança no trabalho

Lista de Figuras

Figura 1: Diagrama com a percentagem média em volume dos constituintes do betão (Fonte: Adaptado de Gago, Pedro; “Programa de formação Acolhimento de Quadros: Betões”)	10
Figura 2: Procedimento do ensaio de abaixamento	12
Figura 3: Abaixamento verdadeiro e deformado.	12
Figura 4: Máquina de Ensaio de compressão, à esquerda pertencente ao LEM e à direita, ao laboratório da central de betão.....	15
Figura 5: Roturas satisfatórias de provetes cúbicos; (Fonte: NP EN 12390-3 2009)	16
Figura 6: Roturas não satisfatórias de provetes cúbicos; (Fonte: NP EN 12390-3 2009)	16
Figura 7: Localização da Obra; (Fonte: <i>Google Maps</i> , Actualização de Novembro de 2023)	25
Figura 8: a) e b) Armaduras dos pilares e núcleo de escadas na vista frontal e superior; c) Betonagem dos pilares da cave no piso -2. (Fonte: Autora)	26
Figura 9: a) Sinalização do condicionamento da via, b) Demonstração do plástico que deve ser colocado antes da betonagem e c) lavagem da bomba de betão dentro do recinto da obra. (Fonte: Autora).....	27
Figura 10: Recepção de material: varões e blocos de alvenaria. (Fonte: Autora)	28
Figura 11: Verificação da espessura da laje, da verticalidade do pilar, do afastamento entre as armaduras da laje e escoramento com nível. (Fonte: Autora).....	29
Figura 12: Verificação com recurso a nível, Acabamentos da betonagem e Pós betonagem	30
Figura 13: Reuniões semanais de HST. (Fonte: Autora).....	31
Figura 14: Guia de Remessa do primeiro camião	32
Figura 15: Colecta da amostra representativa do betão e apresentação da consistência do betão do primeiro camião.....	33
Figura 16: Guia de Remessa do 4º camião, realização do ensaio de abaixamento e apresentação do abaixamento encontrado	34
Figura 17: Betonagem da laje	34
Figura 18: Execução dos moldes manualmente, compactação dos cubos de betão nos moldes padronizados do laboratório da central e nos moldes produzidos na obra	35
Figura 19: Identificação dos cubos após a betonagem e cura dos provetes de betão em tanque.	36
Figura 20: Obtenção das medidas da amostra (área); Pesagem da amostra; Realização do ensaio de compressão.....	36
Figura 21: Realização do ensaio; Leitura dos Resultados no LEM, IP e identificação do tipo de rotura.	37
Figura 22: Guia de Remessa do 1º camião, realização do ensaio de abaixamento e apresentação do abaixamento encontrado.....	37
Figura 23: Remoção dos cubos do tanque de cura e Transporte; Leitura dos Resultados e identificação do tipo de rotura.	38
Figura 24: Cura por aspersão da laje e do Pilar	39
Figura 25: Roturas satisfatórias dos provetes ensaiados	43

Índice de Tabelas

Tabela 1: Classes de Abaixamento	12
Tabela 2: Correspondência entre as classes de resistência a compressão do betão da NP EN 206-1 e do REBAP.	14
Tabela 3: Recobrimentos mínimos. (Fonte: REBAP)	18
Tabela 4: Dados enviados à central de betão para betonagem do piso 1	31
Tabela 5: Dados enviados à central de betão para betonagem dos pilares	37
Tabela 6: Verificação da conformidade do betão do Piso 1	41
Tabela 7: Verificação da Resistência do betão dos Pilares.....	42
Tabela 8: Comparação entre os resultados do LEM e da CB (Piso 1)	42
Tabela 9: Comparação entre os resultados do LEM e da CB (Pilares).....	43

1. Introdução

1.1. Enquadramento do trabalho

Um dos maiores desafios de um estudante na fase de formação, é a noção real e visualização da realidade de tudo que se aprende durante as aulas e avaliações. A realização do estágio profissional, é uma oportunidade ideal para o estudante colocar em prática o que foi aprendendo durante as aulas, ter o primeiro contacto com o mercado de trabalho na área de construção civil e aprender com profissionais mais experientes diversos métodos e técnicas de construção, e é também uma das formas de culminação do curso de Engenharia Civil, para obtenção do grau de licenciatura na Universidade Eduardo Mondlane.

Segundo o Regulamento de Contratação de Empreitada de Obras Públicas, Fornecimento de Bens e Prestação de Serviços ao Estado, no seu artigo 6 do **Decreto n.º 59/2006 de 26 de Dezembro** do Estatuto Orgânico do Laboratório de Engenharia de Moçambique (LEM, IP), uma das obrigatoriedades para obras públicas e particulares é de que a qualidade dos materiais de construção a aplicar nestas obras **deve** ser certificada pelo LEM, IP.

O presente relatório, consistirá em avaliar a qualidade do betão em obra, do edifício A Flora, que está em construção, na cidade de Maputo pela na empresa ARZ Construction, LDA e analisar os resultados do ensaio de Resistência a Compressão realizados pela central de Betão e Laboratório De Engenharia de Moçambique (LEM, IP).

1.2. Tema

Controlo de Qualidade do Betão em Obra: Construção do Edifício A Flora.

1.3. Problema

1.3.1. Descrição do Problema

Um dos materiais mais importantes, mencionados e até mesmo conhecidos na área de Engenharia Civil, é o betão, que com as suas características dá forma as mais diversas estruturas na área de construção. Mas não só dá a forma, como também, confere resistência a compressão, esta que por sua vez combinada ao aço, torna o material

resistente também a esforços de tracção, o que torna o betão muito mais útil e necessário em maior parte das construções realizadas em todo mundo. Maior parte dos edifícios da Cidade de Maputo são feitos de betão armado, o que torna a relevância do conhecimento aprofundado do mesmo, imprescindível. Este betão, na sua maioria, é requerido a uma determinada central, que o produz e transporta para o local onde se realiza a obra e o mesmo, deve chegar a obra, com determinadas características normalizadas e que obedecem o que está descrito no projecto. E uma das formas de validar o uso do mesmo em obra, é avaliando a qualidade do mesmo na sua chegada e mesmo que este betão seja validado, é importante avaliar a sua resistência ao longo do tempo, através do ensaio de resistência a compressão do mesmo.

No presente relatório, pretende-se fazer o controlo de qualidade do betão fresco, avaliar e comparar os resultados referentes a resistência a compressão do betão, obtidos na central de betão, com os obtidos no laboratório (LEM, IP.), avaliar e aferir até que ponto é possível basear-se só no que é fornecido pela central, seu desvio e possíveis diferenças, assim como incentivar a instituição de estágio a efectuar frequentemente o controlo de qualidade do betão, mostrando através deste relatório, a relevância deste controlo e seus resultados.

1.3.2. Hipóteses Do Problema

Hipótese 1:

Efectuar o controlo de qualidade e constatar que o betão produzido e colocado em obra não confere resistência suficiente e buscar possíveis soluções;

Hipótese 2:

Efectuar o controlo de qualidade do betão e constatar que reúne todas as condições para a realização da betonagem e avaliar positivamente os resultados obtidos no laboratório referentes a resistência a compressão do betão aos 28 dias.

1.4. Justificativa

1.4.1. Oportunidade de Projecto

A realização do estágio profissional é uma das formas de culminação do curso de Engenharia Civil, incluindo a apresentação e defesa do relatório do mesmo, acompanhado de um estudo de caso. Esta é uma oportunidade ímpar para a estudante candidata a engenheira, pois esta, tem a possibilidade de comparar o que fora lecionado durante a sua formação, com a realidade que por sua vez, é desafiadora por não cumprir a risca, muitas vezes, o que se aprende durante às aulas.

É também uma oportunidade para a instituição que a recebe, poder aprender desta, por se tratar de um estágio prático, onde o estudante tem espaço para propor soluções e contribuir positivamente através dos conhecimentos adquiridos durante a sua formação, para a melhoria de diversos procedimentos realizados em obra através da execução de projectos, elaboração de planos de trabalho, diários da obra, fiscalização e controlo de qualidade.

1.4.2. Importância do Projecto

Quando se pretende adquirir um imóvel, o que se tem em conta não é só a estética, modernidade, localização segura e estratégica, como é o caso presente, mas também a qualidade, a segurança estrutural e tempo de vida útil do mesmo. Num edifício construído em betão armado, é importante que esteja claro e seja conhecida a sua resistência a compressão máxima, não só pelo projecto, mas também pelo que é avaliado e comprovado em laboratório.

Segundo o Caderno de Encargos de Controlo de Materiais do LEM, nas suas *prescrições comuns a todos os materiais*, todos os materiais a empregar devem ser da melhor qualidade obedecendo às disposições dos elementos de projecto aprovados pelo Dono de Obra, os quais referirão a qualidade do material, o tipo, padrão e as características próprias. Devem ser acompanhados de certificados de origem e obedecer ainda a:

a) Sendo nacionais, às Normas Moçambicanas, Documentos de Homologação de Laboratórios Oficiais, Regulamentos em vigor e Especificações deste Caderno de Encargos.

a) Sendo estrangeiros, às Normas e Regulamentos em vigor no país de origem, caso não haja normas nacionais aplicáveis.

De modo a não colocar em perigo a vida dos que se farão ao edifício, e ainda que segura, é importante garantir que tenha o tempo de vida útil estabelecido pelo projecto e que ao longo desta, não apresente anomalias e ou situações inesperadas aos proprietários de cada uma das casas.

1.5. Delimitação

Segundo Marconi e Lakatos (2013), após a escolha do assunto, o pesquisador deve decidir ou pelo estudo de todo o universo da pesquisa ou apenas sobre uma amostra. Neste caso, será aquele conjunto de informações que lhe possibilitará a escolha da amostra, que deve ser representativa ou significativa.

O estágio na empresa ARZ Construction, LDA., que durou 16 semanas, permitiu a estudante participar de uma das fases de construção do edifício A Flora, onde ao longo do tempo se identificou com uma das várias áreas que foi trabalhando.

1.6. Objectivos Do Estágio

1.6.1. Objectivo Geral

Confrontar os conhecimentos adquiridos durante a formação, acrescentando valor ao trabalho realizado pela empresa.

1.6.2. Objectivos Específicos

- Acompanhar as diversas actividades realizadas em obra;
- Verificar a qualidade do betão fresco e endurecido;
- Realizar ensaios no acto de recepção do betão e no laboratório;
- Comparar os resultados obtidos na central de betão com os obtidos no LEM;
- Propor soluções e sugestões a instituição de estágio de tal forma que seja garantida a qualidade do betão durante a construção.

1.7. Metodologia

Para a elaboração do presente relatório de estágio profissional, a metodologia usada consistiu numa **pesquisa experimental**, onde a finalidade é através desta, se fazer uma análise comparativa de modo a compreender até que ponto pode se confiar nos resultados obtidos no acto da recepção do betão ou pelo laboratório da central de betão, uma vez que em obra, muitas vezes, a não ser que haja alguma razão específica, questionamento ou problema, não se recorre a laboratórios externos para se realizar determinados ensaios, devido aos custos que os mesmos podem incorrer ao orçamento pré-estabelecido para a realização da construção.

Durante os 4 meses de estágio, o **levantamento de informações** por meio de consultas aos trabalhadores da obra, responsáveis do laboratório da central de betão e encarregado da obra, foram muito importantes e úteis para a elaboração do presente relatório, com a vasta experiência que tem, contribuindo para o enriquecimento do conteúdo do caso de estudo e aprendizado da estagiária.

É imprescindível a realização do presente caso de estudo sem a consulta de normas e manuais. Deste modo, ao longo da realização do mesmo, foi utilizado o método de **pesquisa bibliográfica** de obras de diversos autores.

1.8. Estrutura Do Trabalho

Capítulo 1: **Introdução**

Este capítulo apresenta o enquadramento do trabalho, o tema do trabalho, o problema, a justificativa, a delimitação, os objectivos do estágio, a metodologia e a estrutura do trabalho.

Capítulo 2: **Revisão Bibliográfica.**

Neste capítulo são abordados os conceitos teóricos de outros autores e bibliografias que fundamentam o que foi realizado durante o estágio e relatório.

Capítulo 3: **Estudo de Caso: Controlo de Qualidade Do Betão em Obra: Construção do edifício A Flora.**

Este capítulo está dividido em 2 partes:

Na primeira parte, far-se-á uma exposição de uma parte das actividades realizadas durante o período de estágio, priorizando às actividades relacionadas com o estudo de caso e as que foram realizadas com maior frequência pela estagiária. Na segunda parte, serão apresentados os ensaios realizados no âmbito do controlo de qualidade do betão, nos laboratórios da central de betão e LEM.

Capítulo 4: **Apresentação, tratamento e discussão dos resultados**

O 4º Capítulo estará focalizado na apresentação dos resultados obtidos no laboratório e far-se-á o tratamento dos mesmos bem como a sua discussão.

Capítulo 5: **Conclusões e Recomendações.**

No último capítulo do presente relatório, far-se-á comentários e sugestões à empresa de estágio, as conclusões alcançadas ao longo dos 4 meses na mesma, e a conclusão do relatório.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Controlo de Qualidade

2.1.1. Generalidades

Para que se aborde acerca do controlo de qualidade, é importante saber, com base nas mais diversas bibliografias, o que se entende por controlo e qualidade. De um modo geral, em engenharia civil, entende-se o controlo como sendo a monitoria e gestão de processos, recursos e actividades para garantir que um projecto seja concluído com sucesso.

Segundo a ISO 9000, define-se qualidade como sendo aquilo que está adequado ao seu propósito e às suas especificações. Dessa forma, pode-se dizer que qualidade é o equilíbrio entre as necessidades e expectativas dos clientes e o padrão que a organização se propõe a entregar, é entregar o que foi prometido.

Especificamente, quando se fala de qualidade em engenharia civil associando ao caso presente, que se trata da construção de um edifício, refere-se à entrega de produtos e serviços que atendem aos requisitos estabelecidos pelo projecto, normas técnicas e regulamentos vigentes.

Esta qualidade é exigida desde a concepção do projecto até a conclusão da obra. Para que a mesma seja garantida, além da consulta e cumprimento das normas e regulamentos vigentes, é importante que se faça uma boa elaboração do projecto, que se contrate uma mão-de-obra qualificada e especializada, que se faça uma fiscalização exigente cumprindo com o estabelecido no projecto e que haja garantia de materiais de construção de qualidade.

H.W. Chung, em *Understanding Quality Assurance In Construction (1999)*, explica que a qualidade na construção é ainda mais difícil de definir. Primeiro porque, o produto normalmente não é uma unidade repetitiva, mas sim uma peça única que será usada para um trabalho e características específicas. Ele usa como exemplo a construção civil, em que o produto pode ser um edifício inteiro, uma secção de um edifício ou apenas uma componente pré-fabricada que, em última análise, faz parte de um edifício.

Segundo porque, as necessidades a satisfazer inclui não só as do cliente, mas também as expectativas da comunidade na qual o edifício concluído se irá integrar. O custo de construção e o prazo de entrega também são características importantes de qualidade. Tudo isto deve ser devidamente abordado na concepção do edifício, e o resultado deve ser expresso inequivocamente em desenhos e especificações.

2.1.2. Conceito

O controlo de qualidade refere-se às actividades realizadas na linha de produção para prevenir ou eliminar as causas do desempenho insatisfatório. Na indústria transformadora, incluindo a produção de betão pronto e o fabrico de peças pré-fabricadas, as principais funções do controlo de qualidade são o controlo dos materiais recebidos, a monitorização dos processos de produção e os testes do produto acabado.

Antes do início da produção, é feita uma avaliação da qualidade mínima necessária para satisfazer os requisitos declarados e como essa qualidade pode ser alcançada de forma consistente.

O controlo de qualidade do betão é definido como a combinação de acções e decisões, tomadas de acordo com especificações e verificações, que assegura a satisfação das exigências especificadas. O controlo de qualidade divide-se em controlo da produção e controlo da conformidade. (Barroso de Aguiar, J. L. 1996)

Segundo MESEGUER (1991) o controlo da qualidade na construção civil é tradicionalmente associado com a vigilância na obra e realização de alguns ensaios. "Esta simplicidade contrasta com o conceito mais elaborado de controlo da qualidade que se utiliza em outras indústrias, o qual enfoca todas as actividades do processo (desde a concepção e desenho do produto até sua comercialização e serviços de assistência técnica) e utiliza técnicas estatísticas mais ou menos sofisticadas, mas de fácil aplicação."

O autor sugere um mecanismo de controlo da qualidade constituído por dois tipos de controlo, o controlo de produção e o controlo de recepção, aplicado a um modelo do processo de produção onde aparecem cinco actividades principais: Planeamento, Projecto, Materiais, Execução e Uso-Manutenção.

O controlo de produção (CP) é exercido por aquele que executa a actividade, tratando-se de um controlo interno. O controlo de recepção (CR) ocorre na transição de uma actividade para outra, neste caso é o receptor quem executa o controlo, tratando-se de um controlo externo. [8]

Alguns artigos referentes ao mencionado anteriormente, por Barroso de Aguiar, J. L., referentes a subdivisão do controlo de qualidade, extraídos no Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré Esforçado- REBAP, no Capítulo XIV- Garantia de Qualidade:

1. Controlo de Produção

“O controlo de produção consiste num conjunto de acções exercidas durante a execução da obra com vista a obter um grau razoável de garantia de que as condições que lhe são exigidas serão satisfeitas. Este controlo deve incidir, fundamentalmente, sobre os materiais e sobre o modo como é executada a obra.

As características dos materiais a utilizar devem ser verificadas à chegada ao estaleiro, podendo para este efeito ser tidos em conta eventuais controlos a que tenham sido sujeitos durante a sua produção. No caso de tais controlos oferecerem as necessárias garantias, estas acções podem limitar-se a simples operações de identificação.”[REBAP, ART. 173.1 e 173.2]

2. Controlo de conformidade

“O controlo de conformidade consiste num conjunto de acções e de decisões efectuadas com base em regras pré-estabelecidas (regras de conformidade que têm em conta os critérios de amostragem e os critérios de aceitação-rejeição) e destinadas a verificar se a obra cumpre as exigências que lhe são atribuídas, permitindo, em consequência, efectuar um julgamento de «conformidade» ou de «não conformidade». Estas acções devem incidir sobre os materiais, sobre a execução dos trabalhos e sobre a obra terminada.

O controlo de conformidade dos materiais e componentes poderá basear-se em resultados de ensaios e verificações do controlo da sua produção. Caso tal controlo não ofereça as necessárias garantias - ou mesmo se não tiver sido efectuado - há que proceder às verificações e ensaios necessários para habilitar ao julgamento de conformidade.” [REBAP, ART. 174.1 e 174.2]

2.2. Betão

O betão é um material constituído pela mistura devidamente proporcionada de agregados (pedras e areia), com um ligante hidráulico (cimentos), água e, eventualmente, adjuvantes e adições (pozolanas, cinzas ou *filleres*). 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.

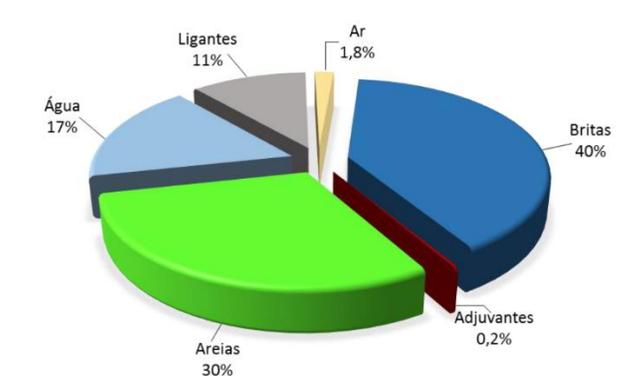


Figura 1: Diagrama com a percentagem média em volume dos constituintes do betão (Fonte: Adaptado de Gago, Pedro; “Programa de formação Acolhimento de Quadros: Betões”)

2.2.1. Propriedades do Betão

Essencialmente, o betão apresenta três (3) propriedades, que são:

- Trabalhabilidade;
- Resistência Mecânica;
- Durabilidade.

2.2.1.1. Trabalhabilidade

Colen e De Brito (2003) definem a trabalhabilidade como sendo a maior ou menor facilidade de manipular, transportar e colocar nos moldes um betão sem que haja segregação ou separação dos componentes. A trabalhabilidade ideal depende do tipo de aplicação e do local onde o betão é aplicado. Quando se betona peças de pequena dimensão ou fortemente armadas, é aconselhável a utilização de um betão mais fluido para evitar o aparecimento de zonas com vazios.

Existem vários métodos de avaliação da trabalhabilidade, mas o mais usado universalmente é o Ensaio de abaixamento do cone de Abrams.

Este ensaio, quantifica a trabalhabilidade através do abaixamento do betão, é de fácil execução e não exige nenhum equipamento especial.

O cone consiste num molde tronco-cónico com as dimensões de 20 cm de diâmetro na base, 10 cm de diâmetro no topo e 30 cm de altura. Este deve ter pegas laterais para colocar as mãos e apoios na base que permitam a sua fixação, por exemplo, com os pés do operador e o interior deve ser liso e sem saliências.

O ensaio de cone de Abrams, também conhecido como ensaio de abaixamento ou ainda *slump test*, é feito da seguinte forma, segundo Coutinho (2006):

1. A amostra do betão é colocada no molde em três porções. A primeira até encher um terço do seu volume, é apiloada com 25 pancadas de um varão com 50 a 60 cm de comprimento e secção transversal de 2 a 3 cm². No apiloamento desta primeira camada é necessário inclinar o varão ligeiramente, dando cerca de metade das pancadas próximo do perímetro e progredindo depois com pancadas verticais até ao centro;
2. A segunda porção deve encher o outro terço do volume do cone, e é apiloada com 25 pancadas através de toda a sua espessura, mas de modo que o varão penetre apenas na camada subjacente. Este processo é repetido para a última camada, superior.
3. Ao encher e apiloar a camada superior deve-se conservar o betão acima do molde, de modo a manter um excesso sobre o topo.

4. Depois de terminado o apiloamento acaba-se bem a superfície rasando o topo por meio de um movimento adequado do varão.
5. Retira-se o molde logo a seguir, não demorando nesta operação mais de 10 segundos nem menos de 5 segundos.
6. A operação total de enchimento e retirada do molde não deve ultrapassar 2 minutos e 30 segundos.

O abaixamento do cone é medido pela diferença entre a altura do molde e a altura do centro do topo superior do cone de betão, eventualmente deformado.

Quando se verificar a queda de parte do cone, ou inclinação do seu topo (figura 3), repete-se o ensaio. Se este facto se verificar em dois ensaios consecutivos poder-se-á concluir que o betão não tem nem a necessária plasticidade nem a coesão suficiente para permitir este tipo de ensaio.

Demonstração do abaixamento verdadeiro e do deformado.

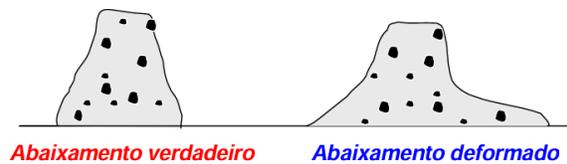
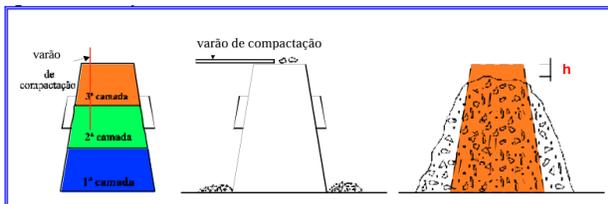


Figura 2: Procedimento do ensaio de abaixamento

Figura 3: Abaixamento verdadeiro e deformado.

A tabela abaixo, da NP EN 206-1-2007, apresenta as classes de abaixamento:

Tabela 1: Classes de Abaixamento

Classe	Abaixamento em mm
S1	10 a 40
S2	50 a 90
S3	100 a 150
S4	160 a 210
S5	≥ 220

2.2.1.2. Resistência Mecânica

A resistência do betão pode ser avaliada em termos de esforços de compressão, tracção, flexão, corte, etc., 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 (pontes, estradas, etc.). [12]

Os factores principais que influenciam na resistência do betão são:

- Constituintes;
- Trabalhabilidade;
- Característica dos moldes;
- Compactação;
- Cura;
- Idade;
- Métodos de ensaio.

Esta resistência mecânica pode ser avaliada, comumente, tendo em conta o objecto de estudo do presente relatório, através do ensaio de resistência a compressão do betão.

Na tabela abaixo são indicadas as classes de betão correspondentes à resistência à compressão aos 28 dias de idade, referidos a provetes cúbicos e cilíndricos.

Tabela 2: Correspondência entre as classes de resistência a compressão do betão da NP EN 206-1 e do REBAP.

Designação da classe de resistência à compressão do betão tipo B	Designação da classe de resistência à compressão do betão tipo C	Resistência característica mínima em cilindros ¹ $\delta_{ck,cylk}$ [MPa]	Resistência característica Mínima em cubos ² $\delta_{ck,cube}$ [MPa]	Resistência característica Mínima em cubos ³ $\delta_{ck,cyk}$ [MPa]
B15	C12/15	12	15	15
B20	C16/20	16	20	20
B25	C20/25	20	25	25
B30	C25/30	25	30	30
B35	C30/37	30	37	35
B40	C35/45	35	45	40
B45	C40/50	40	50	45
B50	C45/55	45	55	50
B55	C50/60	50	60	55

2.2.1.2.1. Ensaio de Resistência a compressão

O betão tem como característica principal a resistência à compressão, e para que a mesma seja aferida, após a betonagem, é importante realizar ensaios laboratoriais. Como objecto de estudo do presente relatório, optou-se por descrever este ensaio, que posteriormente foi realizado durante o estudo de caso.

O princípio deste ensaio, consiste em ensaiar os provetes em uma máquina de ensaio de compressão (figura 4). É registada a carga máxima suportada pelo provete e calcula-se a resistência à compressão do betão. [13]

¹ Provetes cilíndricos com 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura

² Provetes cúbicos com aresta de 15 cm

³ Provetes cúbicos com aresta de 20 cm



Figura 4: Máquina de Ensaio de compressão, à esquerda pertencente ao LEM e à direita, ao laboratório da central de betão.

O provete a ser ensaiado deve ser um cubo, cilindro ou carote, com as dimensões e características estabelecidas pelas normas vigentes e antes de se realizar o ensaio, deve-se preparar o provete. Esta preparação, envolve resumidamente os seguintes passos:

- As superfícies do provete e da máquina devem ser limpas e deve-se garantir que não tenha nenhum resíduo estranho nas suas superfícies que possam entrar em contacto com os pratos;
- Deve-se remover o excesso de humidade da superfície do provete, antes de o colocar na máquina de ensaio;
- Os provetes devem estar posicionados de forma que a carga seja aplicada perpendicularmente à direcção da moldagem.

Após a preparação, é realizada a aplicação da carga, onde selecciona-se uma velocidade constante de aplicação de carga. É aplicada uma carga inicial, que não deve exceder cerca de 30% da carga de rotura e depois aplica-se a carga ao provete sem choques aumentando-a de forma contínua, à velocidade constante seleccionada $\pm 10\%$, até que não possa ser possível aplicar uma carga maior.

É registada a carga máxima em kN e faz-se a avaliação do tipo de rotura que dependendo da forma do provete, tem a sua classificação segundo a norma NP EN 12390-3 2009.

Abaixo apresentam-se as roturas satisfatórias que tem como característica o facto de as quatro faces expostas estarem fissuradas aproximadamente da mesma maneira, geralmente com pequenos danos nas faces em contacto com os pratos.

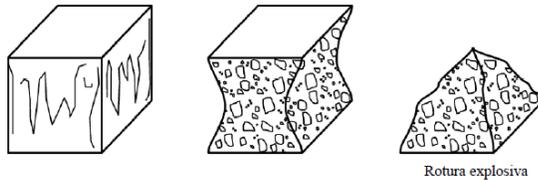
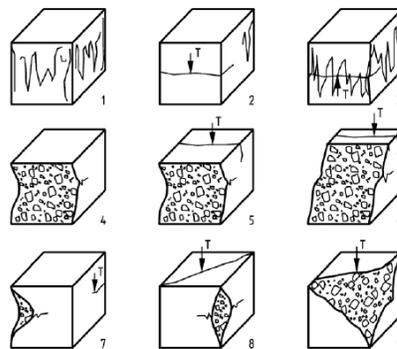


Figura 5: Roturas satisfatórias de provetes cúbicos; (Fonte: NP EN 12390-3 2009)

Se a rotura for não satisfatória, tal deve ser registado fazendo referência à forma de rotura de acordo com a forma em que estiver mais próxima das que serão apresentadas à seguir.



NOTA: T = fissura de tracção

Figura 6: Roturas não satisfatórias de provetes cúbicos; (Fonte: NP EN 12390-3 2009)

Para que se obtenha a resistência à compressão do provete de betão recorre-se à seguinte equação:

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

Onde: f_c é a resistência à compressão, em MPa (N/mm²);

F é a carga máxima à rotura, em N;

A_c é a área da secção transversal do provete na qual a força de compressão foi aplicada, calculada com base na dimensão designada do provete ou a partir das medições no provete feitas após a preparação da amostra.

2.2.1.3. Durabilidade

É a capacidade que um betão tem em comportar-se de modo satisfatório frente às acções ambientais agressivas de carácter físico ou químico que o solicitem, e de proteger adequadamente as armaduras e restantes elementos metálicos incorporados na sua massa, durante o tempo de vida de serviço previsto para a estrutura.

A durabilidade depende de seguintes factores essenciais:

- Relação Água/Cimento;
- Compactação e Cura;
- Espessura de Recobrimento.

Segundo de Colen e De Brito (2003), a durabilidade do betão é, sem dúvida e nos dias de hoje, a propriedade que mais preocupações trás, como é visível nas situações de deterioração das primeiras construções de betão armado, precisamente pela falta de conhecimentos que havia então sobre os factores que aumentavam a durabilidade do betão: a relação água / cimento, a boa compactação e cura do betão, conjuntamente com o recobrimento adequado para cada situação (2 a 5 cm).

O REBAP na sua terceira parte, no Art. 78.º, onde aborda disposições de projecto e disposições construtivas, explica que o recobrimento das armaduras ou bainhas (ou dos agrupamentos destes elementos) deve permitir realizar a betonagem em boas condições e assegurar não só a necessária protecção contra a erosão mas também a transmissão das forças entre as armaduras e o betão.

Na tabela abaixo, são apresentados os recobrimentos mínimos a adoptar, em elementos não laminares em que se utilize betão de classe inferior a B30 e armaduras ordinárias devem ser os seguintes:

Tabela 3: Recobrimentos mínimos. (Fonte: REBAP)

Ambiente	Recobrimento
Pouco agressivo	2,0 cm
Moderadamente agressivo	3,0 cm
Muito agressivo	4,0 cm

Estes recobrimentos podem aumentar em 1,0 cm caso sejam armaduras de pré-esforço e podem ser diminuídos 0,5 cm para betões de classe B30, B35 E B40, e de 1,0cm, para betões de classes superiores a B40. Estas diminuições são cumulativas, não se devendo, porém, em caso algum, adoptar recobrimento inferior a 1,5 cm.

A NP ENV 206 por sua vez, é mais minuciosa na consideração das classes de exposição, estando essas, condicionadas à vários factores, como por exemplo, os ambientes designados por XC, que são os com corrosão induzida por carbonatação, com 4 classes de exposição relacionadas com as condições ambientais (ambiente seco ou permanentemente húmido; húmido, raramente seco; moderadamente húmido e; ciclicamente húmido e seco), que não serão aprofundadas no presente capítulo, visto que o regulamento que se terá como base para este relatório, tendo em conta as classes de exposição usadas em Moçambique, são as apresentadas acima na tabela 3, do REBAP.

A permeabilidade é um dos factores mais decisivos e varia com a boa compactação, dosagem de cimento e consistência do betão. O betão com a consistência plástica (*slump* \approx 10 cm) é o que apresenta uma menor permeabilidade e, por consequência, uma maior durabilidade. O betão seco, por dificuldades de compactação, não atinge a compacidade necessária. No que diz respeito ao betão fluido, por ter uma relação água / cimento elevada, também apresenta elevada permeabilidade. [3]

2.2.2. Produção do betão

O betão pode ser produzido em obra, onde a amassadura é realizada através de betoneiras manuais ou mecânicas, podendo estas últimas ser de eixo vertical, horizontal ou de eixo com inclinação variável.

Uma das maiores desvantagens da produção por betoneiras manuais em obra, é o facto de não ser possível garantir a qualidade do betão esperado, por ser difícil garantir a homogeneização do mesmo, a limitação da quantidade que se pode amassar (volume que não exceda 100 kg de cimento) bem como os prazos de execução.

Já as betoneiras mecânicas, dependendo do tipo de eixo, apresentam algumas vantagens, como é o caso da betoneira de eixo vertical, em que é possível acompanhar o processo da amassadura e realizar as correcções necessárias, o seu betão é muito homogéneo e elas possuem o sistema de raspagem nas paredes do tambor, o que os torna também, muito eficazes e vantajosos para a amassadura de betões mais secos.

O betão, pode ainda, ser produzido em centrais, que são fixas, constituídas por vários equipamentos com a função de armazenamento, transporte/carga e mistura dos constituintes do betão.

Estas centrais, podem estar no estaleiro da própria obra (quando há condições para tal, desde financeiras, espaço suficiente na obra e sua localização), onde o betão é transportado por guias torre ou guias bomba, percorrendo-se curtos percursos de transporte.

Existem também, as centrais móveis, que são ideais para obras de curta duração e ou sempre que o espaço disponível seja reduzido. E as centrais flutuantes, que são usadas em obras hidráulicas e vias de comunicação, assentes em grandes batelões, que podem atingir elevados níveis de produção.

2.2.2.1. Produção do betão em central externa

O betão que é doseado e amassado fora do local de construção e depois entregue (pela central) por via de um camião betoneira, é conhecido como betão pronto.

Este camião, deve ser capaz de manter a homogeneidade do betão, misturando-o durante o trajecto até a obra, e dependendo da central, o mesmo camião, pode efectuar também, a amassadura do betão na totalidade ou parcialmente.

Segundo a ASTM C94, são impostas 50 a 100 rotações, para uma velocidade indicada pelo condutor do camião, onde se após a amassadura, o betão tiver que permanecer no camião, deve-se voltar a velocidade de agitação.

2.2.3. Transporte do betão

O transporte do betão é um dos processos mais importantes antes da betonagem, pois este, se mal observado e executado, poderá causar danos tanto a obra, como a empresa fornecedora de betão.

O sistema de transporte não deve provocar a segregação, permitir a perda de argamassa ou pasta de cimento ou promover a separação entre o agregado grosso e a argamassa. Deve ser suficientemente rápido para que o betão não seque ou perca trabalhabilidade e para que não haja interrupções na betonagem que conduzam à formação de planos de reduzida resistência ou de juntas de trabalho fora dos locais previstos. [5]

O sistema de transporte mais convencional, é o de camião-betoneira (com 4, 6, 8 e 10m³ e em alguns casos, 12m³ de capacidade), que permite o transporte de betão à longas distâncias.

No interior da obra, o betão pode ser transportado através de carros de mão, para pequenas distâncias; pequenos ou grandes carros basculantes; dentro de um balde descartável movido por uma grua; por guinchos e calhas; por um tapete rolante; por tubos de queda livre; por planos inclinados e por bombas de funcionamento contínuo ou pneumático.

Para se extrair o máximo rendimento possível, é necessário preparar cuidadosa e especificamente toda a operação de betonagem. As condições fundamentais para o transporte do betão por bombagem baseiam-se no atrito entre o betão e as paredes internas da tubagem. (Colen e De Brito 2003).

2.2.4. Colocação do betão

Para que se efectue a colocação do betão ou betonagem, é importante preparar o local que irá receber o betão com antecedência, bem como as áreas em que o camião e a bomba do betão irão se localizar.

Deve-se verificar se a cofragem está bem dimensionada e limpa, sem detritos, poeiras e substâncias estranhas, deve-se garantir o recobrimento determinado pelo projecto, deve-se também garantir que em todas as peças de cofragem tenham sido colocadas o óleo descofrante e quando necessário, que tenham sido colocadas todas as tubagens e ou instalações necessárias para o funcionamento correcto da estrutura que se pretende.

Após todas as verificações necessárias e recomendadas, inicia-se o processo de betonagem através do meio de transporte, que segundo Colen e De Brito (2003) “O lançamento do meio de transporte para o local onde será aplicado o betão não deverá ser feito de grandes alturas (não devendo ultrapassar os 2 m) para não provocar alterações no arranjo dos seus vários elementos e permitir que o ar seja convenientemente expelido”.

Por vezes, recorre-se ao talochamento mecânico através de um equipamento (“helicóptero”) que permite o acabamento final da laje, situação corrente para lajes de estacionamento (nestes casos, é usual a aplicação de um endurecedor de superfície que confere à superfície resistência às cargas de utilização), não necessitando de executar revestimentos posteriores (por exemplo, betonilhas). [5]

2.2.5. Compactação do betão

Logo após a colocação do betão, para garantir que não haja a saída do ar e para facilitar o rearranjo dos agregados internamente, é importante realizar a compactação. A compactação pode ser feita através do apiloamento, da vibração com vibradores no interior da massa de betão ou em contacto com as cofragens e; pelas mesas vibratórias (pré fabricação).

“Deve-se evitar um excesso de compactação da massa, para que o agregado grosso não se deposite no fundo dos moldes (no caso dos betões correntes) ou ascenda à

superfície (no caso dos betões leves). Por outro lado, deve-se evitar uma compactação insuficiente, para que não surjam vazios ou lacunas (“chochos”) na massa e na superfície das peças em contacto com os moldes.” [5]

O processo de compactação usado durante o período do estágio descrito no presente relatório, foi o método da vibração.

Durante a vibração, considera-se que está terminado o processo quando apenas as bolhas de ar mais pequenas afloram à superfície do betão. Também se pode considerar a vibração suficiente a partir do momento que o som do vibrador embebido no betão passa a ser constante. Depois de vibrado o betão deverá apresentar na face superior um brilho contínuo.

2.2.6. Cura do betão

Segundo o Engenheiro Rubens Curti (2014), a cura é um conjunto de medidas tomadas para evitar a evaporação da água de amassadura utilizada na dosagem do betão aplicado.

A cura consiste na prevenção contra a secagem prematura, particularmente devido à radiação solar e ao vento e visa a obtenção das propriedades potenciais esperadas para o betão, principalmente na zona superficial. Uma correcta cura do betão permite reduzir a permeabilidade e porosidade da camada superficial do betão, nomeadamente através da redução das fissuras de retenção e secagem.

Marcelli (2007), explica da importância da execução da cura em dias onde os factores externos, como vento, temperatura e baixa humidade não aumentam a taxa de evaporação da água de amassadura, evitando a formação de fissuras plásticas. Para evitar tais patologias, deve-se proceder a cura por um período mínimo de 7 a 10 dias, garantindo assim a integridade do betão.

Mas se o cimento for de elevada resistência inicial, o período de cura poderá ser reduzido à metade, variando de 3 a 5 dias.

Segundo a NP ENV 206, a cura pode ser efectuada de diversos modos: através da manutenção da cofragem no lugar (conservação dos moldes); através da colocação de coberturas húmidas; através da cobertura com plásticos filmes, que são substâncias

impermeáveis; através da aplicação de compostos de cura que formem membranas protectoras e; por aspersão de água, em intervalos frequentes, que é um dos métodos mais comuns e usados em todo o mundo.

3. ESTUDO DE CASO

Controlo de Qualidade do Betão na Construção do Edifício A Flora

3.1. Instituição de estágio

O estágio profissional, no âmbito da culminação do curso de Engenharia Civil, foi realizado na empresa ARZ Construction, LDA.

ARZ Construction, LDA., é uma empresa recém-estabelecida em Moçambique, mas constituída por uma equipe experiente que actua na área de construção civil e imobiliária há mais de 7 anos no país.

A ARZ, foi criada por empresários turcos e possui um alvará de construção de 6ª Classe para execução de obras particulares até 14 pisos. A empresa apresenta bons princípios de ética e deontologia profissional, com uma equipe jovem, proactiva e com abertura para partilhar conhecimento e experiência que tem, com recém-formados, como é o caso presente (estagiária).

3.2. Descrição da Obra

3.2.1. Localização

A construção do edifício A Flora está a decorrer no cruzamento entre as avenidas Paulo Samuel Kankhomba e Rua Kamba Simango, na cidade de Maputo, no distrito Kampfumo, no Bairro da Sommerchield.

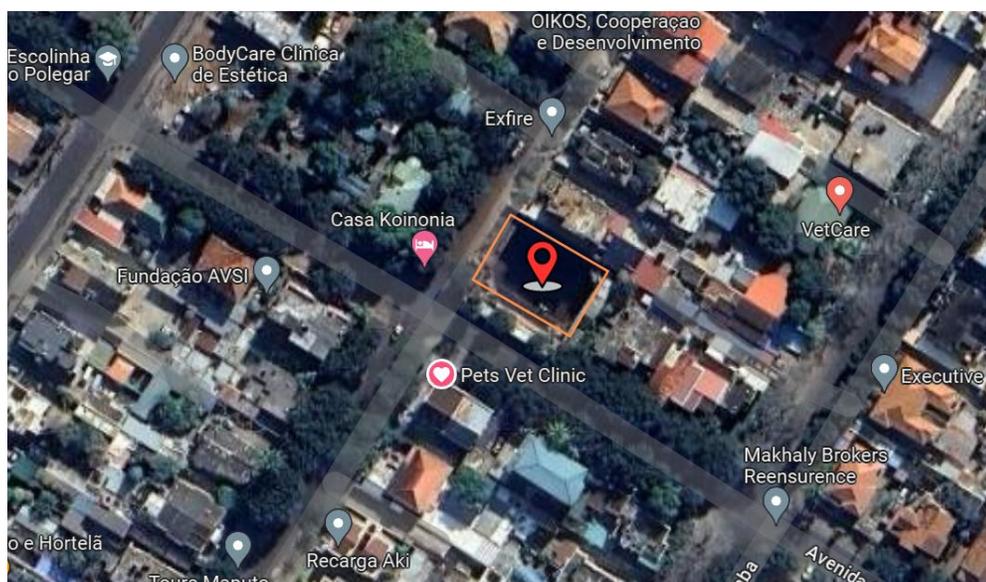


Figura 7: Localização da Obra; (Fonte: *Google Maps*, Actualização de Novembro de 2023)

3.2.2. Caracterização da Obra

O edifício A Flora apresenta uma concepção arquitectónica moderna e uma proposta atractiva para todos os que buscam uma moradia em um bairro prestigiado da Cidade de Maputo.

A área de implantação do edifício é de 701.95 m^2 , o qual é constituído por 2 pisos negativo destinados ao parque de estacionamento e outros 10 pisos positivos para apartamentos T1, T2, T3 e T4.

Os trabalhos preliminares para a construção do edifício A Flora tiveram o seu início a 3 de Outubro de 2022, e consistiram na demolição das 2 casas que ali se encontravam anteriormente. Após tal, foram feitos estudos geotécnicos por uma empresa subcontratada, com o objectivo de definir a que profundidade as fundações e que tipo deviam ser executadas, o nível freático do solo e o tipo de estacas a adoptar.

Também foram feitas contenções periféricas e as fundações adoptadas foram as directas, por ensoleiramento geral, à uma profundidade de 7.95m do nível de solo.

Nos anexos 1 e 2, consta uma das ilustrações do edifício e a planta de um dos pisos.

Para a construção do edifício, está a ser usado o aço A500 e o betão, B35.

Nas figuras 8.a), b) e c), que foram capturadas em Agosto de 2023, é possível observar a execução dos primeiros pilares do edifício e do núcleo de elevadores.



Figura 8: a) e b) Armaduras dos pilares e núcleo de escadas na vista frontal e superior; c) Betonagem dos pilares da cave no piso -2. (Fonte: Autora)

3.3. Actividades Realizadas durante o período de estágio

No processo de fiscalização interna, a estudante teve a oportunidade de auxiliar na gestão da obra, apoiando e intervindo em esclarecimentos e dados relativos às execuções de trabalho que foram elevadas a efeito na obra, e possíveis questionamentos entre as entidades municipais e a empreitada. Desde o cuidado de tratar e ter a documentação completa para efectuar uma betonagem, tendo em conta o condicionamento da via e a duração da betonagem, até a inspecção do processo de betonagem e sinalização na via. Além desta fiscalização, a estudante tinha sob sua responsabilidade o diário de obra (anexo 12) e o cálculo de material necessário, quando exigido, como por exemplo do betão necessário para determinadas áreas e quantidade de estribos a requisitar aos ferreiros.

Nos próximos parágrafos, serão descritas algumas das actividades realizadas regularmente pela estagiária, bem como demonstradas através de imagens fotografadas

durante o período de estágio, com maior enfoque às relacionadas com o caso de estudo, que é o controlo de qualidade do betão.

- **Preparação e sinalização da área externa em que a bomba de betão e o camião betoneira se irão posicionar durante o período de betonagem.**

Deve garantir-se que durante o processo de betonagem, não haja derramamento do betão que possa danificar a via pública ou que a lavagem da via pós-betonagem, não seja acompanhada de substâncias sólidas, de betão ou águas residuais que podem ser descarregados para os colectores municipais de saneamento e drenagem, que podem causar obstruções ou causar alguma interferência no funcionamento dos colectores, de acordo com a **Resolução n.º 68/AMM/2016, de 14 de Dezembro, na Postura de Saneamento e Drenagem.**

Para tal, é estendido um plástico de protecção, conhecido por lona que é um polietileno reutilizável, e pode-se criar uma barreira à volta do mesmo, para evitar que o betão, por ser fluido, transborde para a via pública. A barreira pode ser feita com blocos disponíveis no estaleiro da obra, ou mesmo com pequenos sacos de areia. Uma das formas de evitar a drenagem de resíduos sólidos é, no final da betonagem, se fazer a lavagem da bomba dentro do recinto da obra (Figura. 9 c))

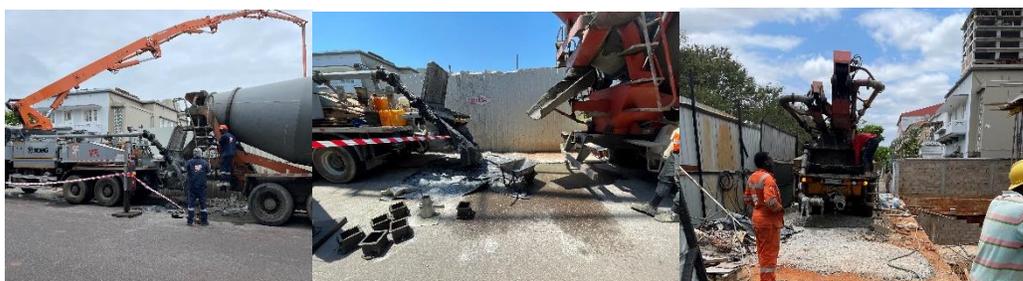


Figura 9: a) Sinalização do condicionamento da via, b) Demonstração do plástico que deve ser colocado antes da betonagem e c) lavagem da bomba de betão dentro do recinto da obra. (Fonte: Autora)

Todo o processo de betonagem, a partir do momento em que a bomba de betão chega à obra, havendo condicionamento parcial ou total da via, além da equipe responsável da

empresa, deve ser acompanhado por um agente da Polícia do Conselho Municipal, responsável por regularizar o trânsito enquanto durar o condicionamento, durante a betonagem, em cumprimento ao estabelecido na **Resolução n.º 66/AM/2017, de 30 de Março, na Postura de Trânsito.**

- **Recepção, controlo e verificação dos materiais como aço, blocos de alvenaria e outros materiais de construção.**



Figura 10: Recepção de material: varões e blocos de alvenaria. (Fonte: Autora)

Durante a recepção dos materiais, como, por exemplo, dos varões de aço, procedia-se com à verificação das etiquetas, confirmando se as mesmas de facto consistiam no requisitado pela empresa, na guia de recepção e no conteúdo (diâmetro e comprimento dos varões).

Após todas as verificações e aprovações, o material era descarregado e armazenado no estaleiro da obra.

- **Fiscalização interna dos trabalhos realizados pelos pedreiros, carpinteiros e ferreiros.**

Durante a fiscalização, avaliou-se o espaçamento entre as armaduras, se se cumpriu com o estabelecido no projecto, o recobrimento, as alturas dos pilares, o procedimento usado para se realizar a cofragem, a espessura da laje, em suma, todas as características que constavam no projecto, analisando sempre também, a sua aplicabilidade e conformidade com o estabelecido nas normas e regulamentos vigentes. Também efectuou-se, a cada cofragem da laje, o escoramento dos prumos metálicos e a verificação das alturas do mesmo com recurso à nível topográfico.



Figura 11: Verificação da espessura da laje, da verticalidade do pilar, do afastamento entre as armaduras da laje e escoramento com nível. (Fonte: Autora)

➤ **Avaliação dos acabamentos da laje após a betonagem**

Durante e após a betonagem, realizam-se trabalhos de acabamento da superfície, neste caso, da laje, com recurso a régua de alisamento e helicópteros.

Mas nem sempre, este acabamento é realizado correctamente e rigorosamente, fazendo com que haja pontos altos e baixos na laje. Estes pontos são mais notórios após a cura da laje ou chuva, onde a água acaba ficando retida nestes pontos mais baixos, como é possível ver a direita na figura 12. O que se faz após a betonagem é com recurso ao nível topográfico e a régua que o acompanha, definir pontos aleatórios e próximos a pilares e núcleo de escadas, e ver a que cota eles se encontram e depois compará-los e identificar a tendência e os pontos altos, baixos, médios e críticos. É possível ver através do anexo 3 um esboço de um dos mapas feitos após a betonagem do piso 0.



Figura 12: Verificação com recurso a nível, Acabamentos da betonagem e Pós betonagem

➤ **Preenchimento do Diário da obra**

O diário da obra, também conhecido com Relatório diário da obra(RDO) é essencialmente, um documento em que se regista todas as actividades realizadas em cada dia da obra, desde o número de trabalhadores, dados meteorológicos, as ocorrências, materiais recebidos, trabalhos interrompidos, finalizados e iniciados, todas informações importantes que caracterizam aquele dia de trabalho. Também eram anexadas imagens que caracterizavam as actividades mais importantes do dia.

No final de cada semana, os diários são compilados e anexados, formando assim o relatório semanal das actividades realizadas.

Este documento é muito importante pois sempre que houver qualquer dúvida em relação a alguma actividade realizada anteriormente, pode-se consultar e nele, também é possível avaliar o avanço da obra e o cumprimento ou não dos prazos estabelecidos para a conclusão de determinadas actividades. No anexo 12 consta um exemplar de um dos diários da obra preenchidos, acompanhado das fotografias registadas naquela data.

➤ **Conscietização sobre a importância de cumprir com as normas e regras de higiene e segurança no trabalho**

Esta que era feita semanalmente, com vista a despertar aos trabalhadores sobre a relevância do uso correcto dos equipamentos de construção, uniforme, luvas e máscara de protecção, capacete e botas de segurança, bem como da tolerância zero em relação ao consumo de álcool horas antes de se fazer ao local de trabalho, colocando em risco o próprio trabalhador bem como os seus colegas e a obra no geral, pelo que, se propôs a aquisição de bafómetro com vista a desencorajar a prática do consumo do álcool no período laboral.



Figura 13: Reuniões semanais de HST. (Fonte: Autora)

3.3.1. Betonagem do Piso 1 e das escadas do edifício

Como explicado durante a revisão de bibliografica, existem várias meios de preparação e transporte do betão, e para o caso presente, recorreu-se à uma central de betão, para a realização da betonagem com recurso a bomba, do primeiro pavimento positivo do edifício, onde foram especificados os seguintes dados:

Tabela 4: Dados enviados à central de betão para betonagem do piso 1

Classe de Resistência	Classe de Consistência	Máxima Dimensão do Agregado (D _{máx})	Volume	Horário
B35	S4	22mm	85 m ³	7H

Antes do início da betonagem, como recomendado na revisão de literatura, procedeu-se as verificações de cofragem e armaduras e a preparação do local em que a bomba de betão ficaria, conforme explicado detalhadamente no capítulo anterior.

Após a chegada da bomba de betão, do agente da polícia municipal e sinalização da via, autorizou-se o início da betonagem, onde fez-se a recepção do primeiro camião de betão e se verificou na guia de remessa o nome da central de betão, o número da série da guia de remessa, o *clip number* que depois é comparado com o selo removido no camião para iniciar a betonagem, a data e hora da amassadura, a matrícula do camião, nome do cliente, nome e localização da obra, quantidade de betão em m³, hora de chegada do betão a obra, hora de início de descarga e tempo de espera.

É possível ver, na imagem abaixo a primeira guia recebida para a betonagem desta laje de 85m³, que iniciou às 09h:34min, o que constitui uma desvantagem para a obra visto que a hora inicial prevista era de 7h, alterando a programação do dia em relação ao cumprimento das actividades

Dados do Cliente		Dados do Camião		Dados da Remessa	
Nome do Cliente	ENL, PAREIA DA, 75010000000	Matrícula	AMQ 505 MC	Quantidade de Betão	210 m ³
Telefone	8487887887887887	Tempo de Espera	09:34	Volume em m ³	210.00
Endereço	80411004	Tempo de Descarga		Armaduras	10.00
				Pavimento	08.00

Figura 14: Guia de Remessa do primeiro camião

No anexo 4, consta o mapeamento da betonagem que foi feito com vista a identificar os pontos onde camião betoneira descarregou o betão, foram no total 9 camiões betoneira e foram escolhidos 4 para se fazer a avaliação da resistência à compressão e consistência do betão.

3.3.1.1. Ensaio de abaixamento

O ensaio foi realizado seguindo os passos apresentados no capítulo 2.2.2.1 de trabalhabilidade, onde para o caso presente, esperava-se o S4, com uma consistência que variasse de 160 a 220mm, segundo a NP EN 206-1-2007.

Para o primeiro camião, obteve-se um abaixamento de 210mm (figura 15)



Figura 15: Colecta da amostra representativa do betão e apresentação da consistência do betão do primeiro camião.

Como,

$$160 \leq 210 \leq 220 [mm] ,$$

o betão fornecido foi aprovado e iniciou-se a bombagem do betão para a laje.

Para os camiões subsequentes, efectuou-se o mesmo procedimento e seleccionou-se mais um demonstrativo, onde se obteve os seguintes resultados:

Para o camião-betoneira 4:

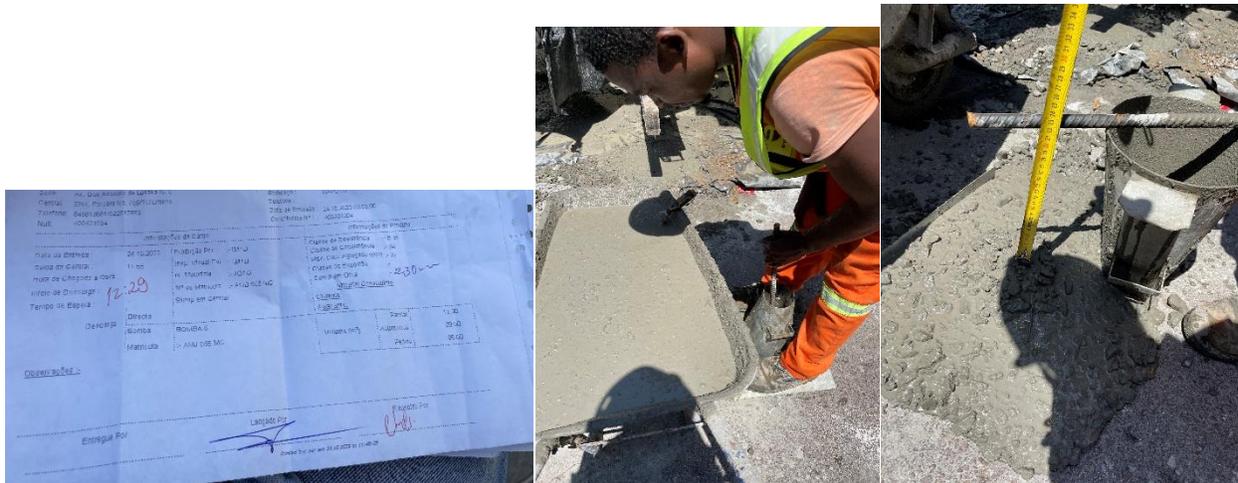


Figura 16: Guia de Remessa do 4º camião, realização do ensaio de abaixamento e apresentação do abaixamento encontrado

Sabe-se que o requerido é o S4, que varia 160mm a 220mm e se obteve 230mm de abaixamento, o que é tolerável segundo a NP 206-1-2007, no artigo 5.4.1, quadro 11, onde é explicado que para o ensaio de abaixamento, para abaixamentos $\geq 100\text{mm}$, a tolerância é de $\pm 30\text{mm}$.

Pelo que, o betão foi aprovado e procedeu-se com à betonagem da laje.



Figura 17: Betonagem da laje

3.3.1.2. Ensaio de Resistência a Compressão

Para que se realizasse o ensaio de resistência a compressão do betão aos 28 dias, era necessário colher as amostras, colocá-las em moldes padronizados e após 24h desmoldá-las e deixar submersas por 28 dias.

As amostras também foram colhidas pela central de betão, com o objectivo de comparar os resultados posteriormente, como parte do objectivo do caso de estudo.

Como forma de obter moldes cúbicos temporários, para a realização dos ensaios, a estudante optou por produzi-los artesanalmente, com recurso às chapas de madeira usadas para cofragem, pregos, barrotes de 10cm e o óleo descofrante presente na obra.

Foram produzidos 10 moldes como é possível ver na primeira imagem abaixo, à esquerda, com 15 cm de aresta:

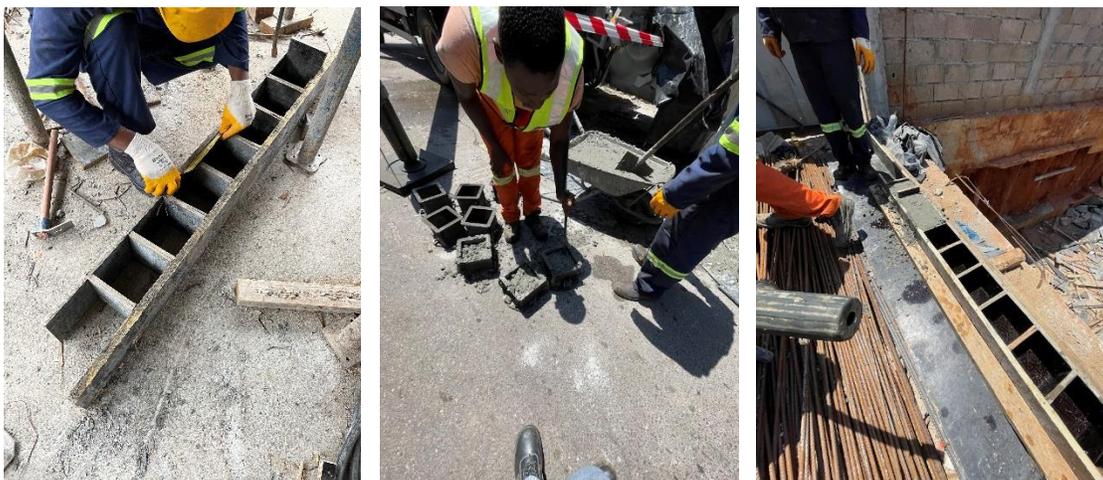


Figura 18: Execução dos moldes manualmente, compactação dos cubos de betão nos moldes padronizados do laboratório da central e nos moldes produzidos na obra.

Logo após a moldagem dos cubos, humedeceu-se folhas que continham a identificação para cada cubo, o nome da obra, o *slump*, data de betonagem, a referência do camião e classe de resistência do betão. A identificação foi a mesma tanto para as amostras colhidas pela central, como pelas colhidas pela estagiária.

E 24h após a betonagem, procedeu-se com a desmoldagem dos cubos, onde mais uma vez, marcou-se os cubos com os detalhes acima referenciados, desta vez, com um marcador permanente. Os provetes permaneceram submersos por 28 dias e após esse período, levou-se ao laboratório (LEM,IP), onde realizou-se o ensaio de resistência à compressão.



Figura 19: Identificação dos cubos após a betonagem e cura dos provetes de betão em tanque.

Os procedimentos para a realização do ensaio de compressão, foram descritos no capítulo 2.2.1.2., onde abordou-se sobre a Resistência Mecânica do betão, pelo que, o presente capítulo estará focado na breve demonstração fotográfica dos procedimentos do ensaio e no capítulo 3.4. far-se-á a apresentação dos resultados obtidos do mesmo.



Figura 20: Obtenção das medidas da amostra (área); Pesagem da amostra; Realização do ensaio de compressão



Figura 21: Realização do ensaio; Leitura dos Resultados no LEM,IP e identificação do tipo de rotura.

3.3.2. Betonagem dos Pilares e Núcleo de elevador

Após proceder-se com os passos preliminares antes da recepção do betão, descritos anteriormente, verificou-se a guia de remessa, onde todos os requisitos foram obedecidos.

Tabela 5: Dados enviados à central de betão para betonagem dos pilares

Classe de Resistência	Classe de Consistência	Máxima Dimensão do Agregado (D _{máx})	Volume	Horário
B35	S4	22mm	23 m ³	7H

3.3.2.1. Ensaio de Abaixamento



Figura 22: Guia de Remessa do 1º camião, realização do ensaio de abaixamento e apresentação do abaixamento encontrado.

Sabe-se que o S4, tem uma consistência que varia de 160 a 220mm, e após a realização do ensaio, o abaixamento foi de 170mm.

Como,

$$160 \leq 170 \leq 220 [mm],$$

o betão fornecido foi aprovado e iniciou-se a bombagem do betão para os pilares.

Para que se betonasse todos os pilares e o núcleo de elevadores, foram necessários 2 camiões betoneira, e o abaixamento para ambos foi de 170mm.

3.3.2.2. Ensaio de Resistência a compressão

Para avaliar a resistência à compressão do betão, foram moldados 6 cubos, que ficaram submersos por 28 dias e depois, enviados ao laboratório para a realização do ensaio. À semelhança do primeiro, a estudante teve a oportunidade de participar do mesmo, onde, seguiu-se com os mesmos passos já descritos nos capítulos anteriores, em relação a preparação, moldagem e medição dos cubos.



Figura 23: Remoção dos cubos do tanque de cura e Transporte; Leitura dos Resultados e identificação do tipo de rotura.

3.3.3. Cura do betão

Durante o período de estágio, após cada betonagem, efectuava-se a cura, no caso dos pilares por 3 a 4 dias, e para a laje 7 dias. O método de cura adoptado foi a cura por aspersão. Abaixo são apresentados alguns registos fotográficos durante a cura:



Figura 24: Cura por aspersão da laje e do Pilar

4. Apresentação, Tratamento e Discussão dos Resultados

4.1. Apresentação dos resultados

Os resultados obtidos durante a realização do ensaio de compressão, foram registados no período em que a estagiária teve a oportunidade de acompanhar de perto a realização dos mesmos no LEM, IP (tanto para o ensaio dos provetes do Piso 1, como dos pilares) e na central de betão (provetes do Piso 1). Uma das fichas fornecidas pelo LEM e consta no anexo 5, como exemplar. E no anexo 6 consta um dos resultados fornecidos pela central de betão.

O preenchimento dos resultados consistiu em registar o peso de cada provete, suas dimensões e a carga de rotura.

4.2. Tratamento dos Resultados

Após a obtenção dos resultados da carga de rotura, procedeu-se com à determinação das tensões de rotura para cada cubo através da expressão:

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

Onde: f_c é a resistência à compressão, em MPa (N/mm²);

F é a carga máxima à rotura, em N;

A_c é a área da secção transversal do provete na qual a força de compressão foi aplicada, calculada com base na dimensão designada do provete ou a partir das medições no provete feitas após a preparação da amostra. Neste caso, padronizou-se para todos os provetes uma secção de 150×150 [mm²]

Tendo a resistência à compressão de cada cubo, procedeu-se com o cálculo da média aritmética para cada amostra que representa cada camiã que forneceu o betão, nas áreas apresentadas no capítulo anterior.

Com todos os resultados obtidos, organizou-se os mesmos nos anexos 7, 8, 9, 10 e 11, fazendo a divisão por camiã em cada anexo.

4.3. Discussão dos Resultados

4.3.1. Verificação da Resistência à compressão do betão

A verificação da compressão do betão far-se-á com base nos resultados obtidos no LEM, tendo em conta o estabelecido no REBAP, no Artigo 13.º e na tabela 2, onde são especificados os valores mínimos característicos da tensão de rotura à compressão aos 28 dias, tendo em conta que a classe de resistência esperada é **B35**, ou seja, no mínimo **37MPa** de tensão de rotura.

➤ Verificação da Resistência à compressão do betão do Piso 1

Tabela 6: Verificação da conformidade do betão do Piso 1

Camião-Betoneira	Tensão de Rotura Média (f_c)	Classe obtida	Verificação da Resistência à compressão
C1	39.53	B35	Verifica
C4	42.85	B35	Verifica
C8	34.68	B30	Não Verifica

Verifica-se, portanto, na tabela 6, que para os camiões 1 e 4, o betão do Piso 1 requerido corresponde ao obtido ao final de 28 dias. O camião 8 por sua vez, representa uma resistência característica relativamente menor, o que pode ter sido ocasionado por diversos factores como as condições de cura do provete, a forma como o provete foi apilado ou ainda, pelo facto de os moldes terem sido produzidos artesanalmente, fazendo com que haja uma divergência significativa entre as 3 amostras deste camião, como é possível notar na tabela 5 do anexo 11.

➤ Verificação da Resistência a Compressão do betão dos Pilares e Núcleo de elevadores

Tabela 7: Verificação da Resistência do betão dos Pilares

Camião-Betoneira	Tensão de Rotura Média (f_c)	Classe obtida	Verificação da Resistência à compressão
C1	20.69	B20	Não Verifica
C2	19.75	B15	Não Verifica

Quanto aos pilares e núcleo de elevadores, para os 2 camiões onde extraiu-se 3 amostras em cada um, a resistência não é verificada. Sendo necessário para este caso, fazer-se um estudo aprofundado para compreender a razão da inconformidade do betão.

O que está em análise neste momento, é a possibilidade de se realizar um ensaio esclerométrico, que é um ensaio de resistência que permite obter *in situ*, de uma forma simples e não destrutiva, a resistência à compressão de elementos de betão. A outra forma de confirmar os resultados obtidos seria recorrendo às resistências obtidas na central de betão. Mas estas por sua vez, como é possível ver em 4.3.2., apresentam uma diferença significativa, daí a necessidade de se fazer um estudo aprofundado e após tal, concluir-se a resistência obtida e as possíveis razões para esta diferença.

4.3.2. Análise comparativa entre resultados obtidos no LEM e na Central de Betão

Para confrontar os resultados obtidos no LEM, colheu-se as médias de cada camião da central de betão (CB) e determinou-se a diferença entre eles, de modo a observar a variação entre os mesmos e possíveis razões. Identifica-se, portanto, as seguintes diferenças entre as resistências à compressão de cada camião:

Tabela 8: Comparação entre os resultados do LEM e da CB (Piso 1)

Camião-Betoneira	Resistência à compressão média (f_c) em MPa		
	LEM	CB	Δ
C1	39.53	41.30	1.77
C4	42.85	44.49	1.64
C8	34.68	44.36	9.68

No Piso 1, para os camiões 1 e 4, nota-se que as diferenças não excedem 5% da resistência que os representa, daí que pode-se que confirmar que as razões da diferença estão associadas ao tipo de molde do provete e ou condições de cura.

Quanto ao camião 8, a razão da grande diferença, o que torna cada resistência característica representativa de betões diferentes, está directamente relacionada à forma que estes provetes foram vibrados.

O caso dos pilares, conforme explicado anteriormente, está ainda em estudo, em busca da razão da diferença significativa entre as suas resistências, como é possível observar na tabela 9.

Tabela 9: Comparação entre os resultados do LEM e da CB (Pilares)

Camião- Betoneira	Resistência à compressão média (f_c) em MPa		
	LEM	CB	Δ
C1	20.69	45.76	25.07
C2	19.75	40.31	20.56

4.3.3. Tipos de Rotura identificadas durante os ensaios

As roturas identificadas foram satisfatórias, e o critério de análise foi o estabelecido na figura 5 da NP EN 12390-3 2009, para provetes cúbicos.

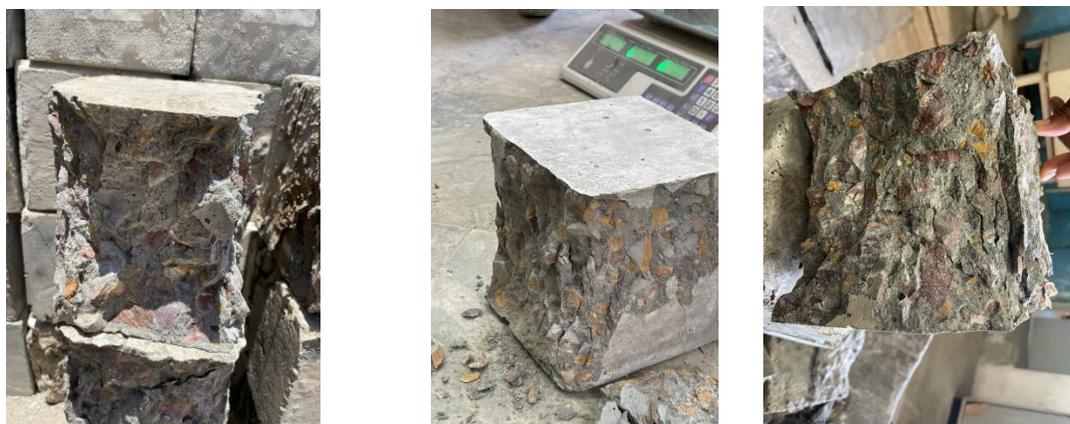


Figura 25: Roturas satisfatórias dos provetes ensaiados

5. Conclusões

O período de estágio foi muito significativo para a estagiária pois, através do mesmo foi possível visualizar vários elementos e fenómenos vistos antes teoricamente. Também foi possível confrontar o conhecimento adquirido durante a sua formação académica e aprender dos técnicos experientes as técnicas de construção e fiscalização de trabalho.

Esta partilha de conhecimento realizou-se não só na instituição de estágio, mas também com os técnicos de laboratório da central de betão e do LEM.

As interações constantes com os fiscais do Conselho Municipal, contribuíram para que a estudante ganhasse interesse em conhecer as diversas posturas municipais vigentes no país e tendo conhecimento das mesmas, pudesse partilhar com a instituição de modo a conhecer os seus direitos, deveres e multas no caso de não cumpri-las.

O controlo de qualidade é fundamental para a garantia de uma construção segura e recomendável para uma empresa de construção civil. Tendo esta garantia, automaticamente as vendas, no caso presente, dos apartamentos, também inspirará segurança aos que terão interesse em adquirir. Daí que é satisfatório, no final desta pesquisa e controlo, conferir a qualidade do betão colocado no edifício que está em construção. Onde parcialmente, confirma-se os resultados obtidos no laboratório, faltando apenas a realização de ensaios adicionais para o confronto dos resultados obtidos após a realização dos ensaios dos provetes do betão dos pilares e núcleo de escadas.

Após o resultado do mesmos, far-se-á uma nova análise e ou serão tomadas medidas preventivas com vista a garantir resultados fidedignos dos ensaios de betão e outros materiais de construção.

6. Recomendações

Durante o período de estágio, foi possível, pela abertura da empresa, realizar o controlo de qualidade do betão, a cada betonagem feita para o edifício A Flora. Este controlo, possibilitou não só a estudante, como também a instituição, a compreender a importância do controle de qualidade e seus impactos positivos para a obra.

Sugere-se que a instituição realize controlos sistemáticos de qualidade do betão e de outros materiais de construção que chegam a obra, separando sempre algumas amostras do mesmo para realização de ensaios em laboratórios certificados, como o LEM;

Uma das dificuldades enfrentadas durante a realização do estudo de caso, foi a ausência do tanque de cura dos provetes na obra e os moldes padronizados, daí que recomenda-se a instituição que invista nos mesmos de modo a garantir que durante o controlo sistemático que será feito futuramente, haja todas as condições criadas para que, havendo necessidade de confrontar os resultados obtidos por entidades diferentes, tal não seja devido aos factores acima apresentados.

Recomenda-se que haja um maior rigor na relação cliente-fornecedor, pois algumas vezes, o trabalho foi comprometido devido a atrasos de entrega do fornecedor, o que em alguns casos condiciona significativamente os prazos estabelecidos e metas diárias de trabalho.

7. Referências Bibliográficas

- [1] LEM, IP. 2016- *Caderno de encargos de controlo de qualidade de materiais*, Maputo
- [2] BARBOSA, M. V. C. 2013- *O betão: Definição, caracterização e propriedade*, Lisboa: ISEL
- [3] ISO 9000 Quality Management. 2017- International Organization for Standardization.
- [4] H.W. Chung, 1999- *Understanding Quality Assurance In Construction*
- [5] COLEN I. e DE BRITO J.2003- *Execução de Estruturas de Betão Armado*. Instituto Superior Técnico
- [6] BARROSO de Aguiar, J. L. 1996- *Controlo de qualidade em obras de betão*.
- [7] MESEGUER, A. G., 1991- *Controle e Garantia da Qualidade na Construção*. São Paulo
- [8] ULRICH, H. 2001- *Controle da qualidade de projectos de edificações*. São Carlos: EESC/USP
- [9] REBAP, *Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado*.
- [10] COUTINHO, Joana de Sousa. 1999- *Materiais de construção 1: Agregados para argamassas e betões*, FEUP, Porto
- [11] NP EN206 – 1 - 2007. *Betão - Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade desempenho, produção e conformidade*.
- [12] *Propriedades fundamentais de Betão Slides*
- [13] NP EN 12390 – 3 – 2009 – *Ensaio do betão endurecido. Resistência a compressão de provetes*.
- [14] FEUEM. 2009-*Regulamento de culminação de estudos nos cursos de engenharia*, Maputo
- [15] <https://www.cimpor.com/boas-praticas-betonagem-a-aplicacao>, 16 de Setembro de 2023
- [16] <https://nucleoparededeconcreto.com.br/a-cura-do-concreto-e-sua-importancia/>, 8 de Novembro de 2023
- [17] <https://www.portaldogoverno.gov.mz/por/Governo/Legislacao/Boletins-da-Republica/>, 20 de Novembro de 2023

8. ANEXOS

ANEXO 1- Imagem ilustrativa do edifício em construção

ANEXO 2- Planta arquitectónica do Piso 1 do edifício

ANEXO 3- Mapa de betonagem para análise dos acabamentos e seus resultados

ANEXO 4- Mapa de betonagem do Piso 1

ANEXO 5- Resultados do ensaio de Resistência a compressão do LEM (Pilares)

ANEXO 6- Resultados do ensaio de Resistência a compressão da Central de Betão (Pilares C1)

ANEXO 7- Tabelas 1 e 2: Tratamento dos Resultados do Camião Betoneira 1 (Piso 1)

ANEXO 8- Tabelas 3 e 4: Tratamento dos Resultados do Camião Betoneira 4 (Piso 1)

ANEXO 9- Tabelas 5 e 6: Tratamento dos Resultados do Camião Betoneira 8 (Piso 1)

ANEXO 10- Tabelas 7 e 8: Tratamento dos Resultados do Camião Betoneira 1 (Pilares)

ANEXO 11- Tabelas 9 e 10: Tratamento dos Resultados do Camião Betoneira 2 (Pilares)

ANEXO 12- Diário da Obra do dia 03 de Setembro de 2023 e respectivas fotografias registadas