



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



RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

CONTROLO DE QUALIDADE DO BETÃO E DE BLOCOS

Elaborado por: **POPATLAL, Raj Maruti**

Supervisor: Doutor. Aurélio Sine, Eng. (UEM/LEM)

Maputo, 30 Março de 2023



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL



RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

CONTROLO DE QUALIDADE DO BETÃO E DE BLOCOS

Elaborado por: **POPATLAL, Raj Maruti**

Supervisor: Doutor. Aurélio Sine, Eng. (UEM/LEM)

Maputo, 30 Março de 2023

DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho,

Primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino e meu guia.

Aos meus pais, irmão, minha esposa, minha cunhada e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

A todos os meus amigos e grandes companheiros de jornada. Em especial aos grupos Mozzywood, Fantastic Four, Pandas, Lemanade Crew e à Felizarda, pelo excepcional apoio e incentivo que me deram durante o curso.

Ao Prof. Daniel Fumo, Eng. José Nicol's e todos os meus monitorandos das disciplinas que leccionei, com os quais ganhei muito conhecimento técnico de engenharia dos materiais, de pedagogia e relações humanas.

A todos os docentes e colaboradores da Faculdade de Engenharia e em especial os do Departamento de Engenharia Civil, a Prof. Alexandra Neves, ao Dr. Américo Dimande, ao Prof. Nelson Matsinhe, ao Eng. Dipac Maganlal, a Dna. Eulália e a Dna. Leonor que sempre me guiaram desde o início à conclusão do curso.

Ao meu supervisor Dr. Eng. Aurélio Sine, por ser uma constante fonte de motivação e incentivo ao longo de todo o projecto.

Os meus sinceros agradecimentos ao Laboratório de Engenharia de Moçambique, IP (LEM, IP), pela oportunidade que me concedeu para a realização do estágio profissional. Agradeço também a todos os colaboradores do LEM, IP que apoiaram durante o período do estágio.

Muito obrigado a todos.

RESUMO

O controlo de qualidade é um aspecto que deve ser de conhecimento de todos os profissionais envolvidos nos processos de aplicação dos materiais de construção, incluindo o betão. Isso porque ele está relacionado ao cumprimento dos requisitos de qualidade, que interferem diretamente nas expectativas, na segurança e na satisfação do utilizador. Em Moçambique, apesar dos esforços redobrados, não se tem seguido com rigor este aspecto.

O betão e o bloco são materiais de grande uso na indústria de construção civil, e em Moçambique não é excepção. A verificação da conformidade do betão deve ser feita para todas estruturas, embora haja algumas mais exigentes que as outras, isto porque permitem avaliar se a classe especificada pelo fabricante corresponde à classe do betão fornecido. No caso do bloco, é preciso classificá-los de forma que se possa definir a sua aplicação.

Neste estudo foram analisadas 50 amostras de betão e 21 amostras de blocos. Para o betão foi feita uma verificação da conformidade usando a NP EN 206-1, e posteriormente fez-se a verificação da conformidade e classificação, tendo em conta os resultados de resistência à compressão. Para os blocos foi feita uma classificação usando as Tabelas Técnicas, depois de determinar a resistência à compressão.

Na análise feita, verificou-se que 68% das amostras não apresentavam conformidade em relação ao betão especificado. Quanto a classificação dos betões, 54% das amostras tinham classe inferior a especificada. Por outro lado, 67% das amostras de blocos correspondiam a 2.^a classe e 19% esteve abaixo desta classe.

ÍNDICE

DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTOS.....	I
RESUMO.....	II
LISTA DE SÍMBOLOS.....	V
SIGLAS.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE TABELAS.....	VII
LISTA DE GRÁFICOS.....	VII
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contextualização/Enquadramento.....	1
1.2. Formulação do problema.....	1
1.3. Objectivos.....	1
1.4. Descrição da metodologia de trabalho.....	1
2. DESCRIÇÃO DA INSTITUIÇÃO DE ESTÁGIO.....	3
2.1. Natureza.....	3
2.2. Estrutura.....	3
2.3. Atribuições.....	3
2.4. Departamento de Estágio.....	4
3. ENQUADRAMENTO NORMATIVO DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO.....	6
4. MATERIAIS.....	8
4.1. Betão.....	8
4.1.1. Características do betão.....	8
4.2. Bloco vazado de betão simples.....	15
4.2.2. Absorção e área líquida.....	17
4.2.3. Resistência à compressão.....	17
5. ENSAIOS REALIZADOS.....	18
5.1. Ensaio de resistência à compressão do betão.....	19

5.1.2. Determinação dos resultados.....	22
5.2. Ensaio de resistência à compressão de blocos.....	26
5.2.1. Determinação dos resultados	27
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	29
6.1. Resistência à compressão de cubos de betão	29
6.2. Resistência mecânica de blocos de betão simples	31
7. CONCLUSÃO	34
8. RECOMENDAÇÕES E FUTURAS LINHAS DE TRABALHO	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
ANEXOS.....	38

LISTA DE SÍMBOLOS

- a – Absorção total, em percentagem
- e – Espessura
- f_{bk} – Resistência característica à compressão de blocos
- f_{bm} – Valor médio da resistência à compressão de blocos
- f_{ci} – Valor individual da tensão de rotura do cubo de betão à compressão
- f_{ck} – Valor característico da tensão de rotura do betão à compressão
- $f_{ck,i}$ – Tensão de rotura individual do provete
- f_{cm} – Valor médio da resistência à compressão de betão
- mm – Milímetro
- δ – Coeficiente de variação

SIGLAS

- EN - Norma Europeia
- INNOQ, IP - Instituto Nacional de Normalização e Qualidade, Instituto Público
- ISO – International Organization for Standardization
- LEM, IP – Laboratório de Engenharia de Moçambique, Instituto Público
- NM - Norma Moçambicana
- NP - Norma Portuguesa

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Variação da tensão de rotura do betão com a razão A/C.....	10
Figura 2: Influência da razão A/C na permeabilidade.....	11
Figura 3: Valor característico da resistência (f_{ck}).....	14
Figura 4: Bloco vazado comum em Moçambique.....	15
Figura 5: Bloco vazado comum.....	16
Figura 6: Dimensão dos furos.....	16
Figura 7: Medição do abaixamento do betão (consistência do betão).....	19
Figura 9: Moldes para provetes cúbicos (LEM, IP).....	19
Figura 10: Moldes para provetes cilíndricos (LEM, IP).....	20
Figura 11: Cubos de betão imersos no tanque de cura (LEM, IP).....	20
Figura 14: Compactação do betão em moldes cúbicos por meio de uma agulha vibradora	21
Figura 13: Medição da massa do provete na balança electrónica.....	21
Figura 14: Compressão uniaxial do provete cúbico de betão.....	21
Figura 15: Amostra de blocos para ensaio.....	26
Figura 19: Corpo de prova posicionado para o ensaio de compressão.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Normas moçambicana usadas no tratamento de blocos	6
Tabela 2: Normas portuguesa usada no tratamento do betão.....	7
Tabela 3: Critérios de conformidade para a resistência à compressão	15
Tabela 4: Determinação da tensão característica, classificação e verificação do critério de conformidade de cubos de betão com aresta de 150 mm e idade de 28 dias.....	23
Tabela 5: Tensão característica dos blocos e sua classificação	28
Tabela 7: Análise percentual dos critérios de conformidade segundo NP EN 206.....	29
Tabela 6: Distribuição das classes especificada e determinada.....	31
Tabela 8: Resultado da análise dos blocos	31

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Conformidade das amostras segundo NP EN 206-1	30
Gráfico 2: Distribuição das classes de blocos com dimensão de 20x20x40 cm	32
Gráfico 3: Distribuição das classes de blocos com dimensão de 10x20x40 cm	32
Gráfico 4: Distribuição das classes de todos os blocos ensaiados.....	33

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização/Enquadramento

O presente relatório de estágio profissional, para a culminação dos estudos do curso de licenciatura em engenharia civil. O estágio foi realizado no Laboratório de Engenharia de Moçambique, Instituto Público (LEM, IP), por um período de 3 meses, na área de Materiais de Construção.

1.2. Formulação do problema

Um dos maiores desafios enfrentados pela indústria da construção, é a materialização exacta do que estiver prescrito num projecto. Para a verificação e controlo da qualidade de produção, recorre-se aos ensaios *in-situ* ou em laboratório, porém, esta acção não é por si só suficiente para garantir que haja semelhança entre o que foi projectado, executado e o especificado pelas normas e regulamentos. Daí vem a necessidade da existência de um controlo de conformidade, sem excluir a observância de todo o processo de produção, a fim de evitar quaisquer possíveis erros durante os ensaios.

1.3. Objectivos

1.3.1. Geral

- ♦ Avaliar a qualidade do betão e de blocos de algumas obras.

1.3.2. Específicos

- ♦ Realizar ensaios de verificação da resistência mecânica do betão e de blocos;
- ♦ Avaliar a qualidade dos elementos ensaiados de acordo com as normas em vigor;
- ♦ Verificar a conformidade do betão.

1.4. Descrição da metodologia de trabalho

No que se refere à metodologia de recolha de dados utilizada ao longo do estágio, tratou-se de uma metodologia de índole qualitativa, sendo que os principais instrumentos de recolha de dados foram a observação e a análise documental.

É de referir que ao longo de todo o estágio, a observação realizada teve um carácter de observação participante, sendo que, sem descurar o papel de observador, foi possível acompanhar as actividades laboratoriais, ajudando sempre que fosse necessário ou solicitado pelo supervisor e colaboradores. Também é importante salientar que, apesar de se tratar de uma observação participante, o registo da mesma não foi feito em simultâneo, ou seja, a redação do que foi observado foi feita posteriormente à observação.

A análise documental constituiu um complemento da observação direta. Ao longo do estágio foram consultados alguns documentos escritos facultados pelo supervisor e feita uma revisão bibliográfica, nomeadamente, livros, manuais, dissertações, artigos, normas e regulamentos e consulta aos engenheiros e técnicos da área.

2. DESCRIÇÃO DA INSTITUIÇÃO DE ESTÁGIO

2.1. Natureza

(LEM, IP, 2019, artigo 1)

O Laboratório de Engenharia de Moçambique, Instituto Público, abreviadamente designado por LEM, IP é um instituto público de fiscalização e normalização da qualidade de obras públicas e privadas, dotado de personalidade jurídica e autonomia administrativa e financeira.

2.2. Estrutura

(LEM, IP, 2019, artigo 14)

O LEM, IP, tem a seguinte estrutura orgânica:

- ♦ Direcção Geral;
- ♦ Serviços Centrais de Materiais de Construção e Estruturas;
- ♦ Serviços Centrais de Geotecnia, Hidráulica e Vias de Comunicação;
- ♦ Gabinete Jurídico;
- ♦ Departamento de Qualidade e Metrologia;
- ♦ Departamento de Planificação e Administração;
- ♦ Departamento de Recursos Humanos; e
- ♦ Repartição de Aquisições.

Por sua vez, os Serviços Centrais de Materiais de Construção e Estruturas integram os seguintes departamentos (Regulamento Interno do LEM, IP (2021):

- ♦ Departamento de Materiais de Construção (Departamento de estágio);
- ♦ Departamento de Estruturas e Obras.

2.3. Atribuições

(LEM, IP, 2019, artigo 3)

1- O LEM, IP, tem por atribuições:

- a) Promoção da investigação, homologação e controlo de qualidade no domínio da engenharia civil e de materiais de construção, sobretudo das obras públicas;

- b) Promoção e coordenação da investigação científica, controlo de qualidade de obras e do desenvolvimento tecnológico, tendo em vista o contínuo aperfeiçoamento e a boa prática da Engenharia Civil;
 - c) Prestação de serviços de Ciência e Tecnologia a entidades públicas e privadas, nacionais e estrangeiras, contribuindo para a inovação, a disseminação do saber e a transferência tecnológica;
 - d) Promoção e coordenação de estudos experimentais no campo de engenharia civil e dos materiais de construção;
 - e) Homologação dos resultados da investigação na área de controlo de qualidade de obras;
 - f) Colaboração com estabelecimentos de ensino na preparação do pessoal técnico dos vários graus de especialização e revisão dos currícula respectivos; e
 - g) Exercício da sua acção de criação, desenvolvimento e difusão da investigação e controlo de qualidade no âmbito da Engenharia Civil, nomeadamente Engenharia Civil/Obras Públicas; Edifícios; Habitação e Urbanismo e Tecnologia da Construção; Ambiente; Hidráulica e Recursos Hídricos; Transportes, Infraestruturas e Vias de Comunicação; Geotecnia e Obras Subterrâneas; Metrologia; Indústria dos Materiais; Componentes e outros materiais e produtos para construção.
- 2- O controlo de qualidade das obras públicas e privadas e dos materiais de construção a aplicar em obras públicas e privadas é feito pelo Laboratório de Engenharia de Moçambique, IP.

2.4. Departamento de Estágio

O estágio profissional realizou-se no Departamento de Materiais de Construção. De acordo com o Regulamento Interno do LEM, IP (2021), são funções do Departamento de Materiais de Construção:

- a) Proceder a investigação e estudos relativos aos materiais e processos de construção;
- b) Controlar a qualidade de materiais de construção a aplicar em obras tais como edifícios, pontes, barragens de betão, pontes, postes de transmissão de energia eléctrica, pavimentos de vias rodoviárias, ferroviárias, aeroportuárias e todos os materiais usados na construção de estruturas de engenharia civil;

- c) Proceder a investigação, estudo e ensaios relativos aos materiais de construção tradicionais e não tradicionais que envolvam novas tecnologias;
- d) Proceder ao controlo sistemático da qualidade de materiais de construção nacional e importados e garantir a sua certificação;
- e) Participar na elaboração de cadernos de encargo-tipo, nos termos previstos na legislação específica;
- f) Emitir pareceres sobre o licenciamento de laboratórios comerciais e na certificação dos materiais de construção;
- g) Participar em actividades de normalização e qualidade de materiais e processos de construção e respectiva regulamentação;
- h) Pesquisar, desenvolver e disseminar técnicas para a determinação e julgamento das propriedades mecânicas e físicas das matérias-primas usadas no fabrico de betão, produtos cerâmicos, plásticos, madeiras e vidro e propôr recomendações sobre as condições do seu uso;
- i) Estudar, desenvolver e disseminar técnicas para a determinação e julgamento das propriedades mecânicas e físicas dos materiais usados na construção civil (metálicos, cerâmicos, plásticos, vidro e madeiras);
- j) Desenvolver e implementar critérios de avaliação e certificação da qualidade dos materiais usados na indústria de construção civil (cimento, argamassas e betões, produtos cerâmicos, plásticos, vidro e madeiras); e
- k) Realizar as demais actividades integradas no seu âmbito de competências ou que lhe forem superiormente incumbidas.

3. ENQUADRAMENTO NORMATIVO DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Em Moçambique a entidade responsável pela normalização, metrologia, certificação e gestão da qualidade é o Instituto Nacional de Normalização e Qualidade, Instituto Público (INNOQ, IP).

Segundo INNOQ (2014), o modelo de gestão da qualidade disponibilizado pela Norma NM ISO 9001 serve de referência, a nível internacional, a um vasto conjunto de organizações, independentemente da sua área de actividade e da sua dimensão.

O INNOQ apresenta, para o betão, a norma NM NP EN 206: 2009, no entanto, devido a necessidade de introdução de algumas correcções pontuais, será usada para o mesmo fim a norma NP EN 206: 2007, por ser a fonte primária da outra.

Para o controlo de qualidade, são apresentadas na Tabela 1 as Normas Moçambicanas (NM) e às Tabelas Técnicas (Reis, Farinha and Farinha 2010) para a avaliação dos blocos e, as Normas Portuguesas (NP), Tabela 2 para a avaliação do betão.

Tabela 1: Normas moçambicana usadas no tratamento de blocos

NORMA	TÍTULO
NM 354:2007	Blocos vazados de betão simples para alvenaria – Requisitos Pode-se não mencionar
TABELAS TÉCNICAS – 2010	Tensões de rotura de diversos materiais
NM 355:2007	Blocos vazados de betão simples para alvenaria – Métodos de ensaio

Tabela 2: Normas portuguesa usada no tratamento do betão

ESTADO	NORMA	TÍTULO
BETÃO FRESCO	NP EN 12390-15:2020	Método adiabático para determinação do calor libertado pelo betão durante o seu endurecimento
	NP EN 12350-1:2009	Amostragem
	NP EN 12350-2:2009	Ensaio de abaixamento
	NP EN 12350-3:2009	Ensaio Vêbê
	NP EN 12350-4:2009	Grau de compactabilidade
	NP EN 12350-5:2009	Ensaio da mesa de espalhamento
	NP EN 12350-6:2009	Massa volúmica
	NP EN 12350-7:2009	Determinação do teor de ar
BETÃO ENDURECIDO	NP EN 206-1:2007	Betão. Especificação, desempenho, produção e conformidade
	NP EN 12390-1:2012	Forma, dimensões e outros requisitos para o ensaio de provetes e para os moldes
	NP EN 12390-2:2009	Execução e cura dos provetes para ensaios de resistência mecânica
	NP EN 12390-2:2009 ERRATA 2010	Execução e cura dos provetes para ensaios de resistência mecânica
	NP EN 12390-3:2021	Resistência à compressão de provetes
	NP EN 12390-4:2021	Resistência à compressão Características das máquinas de ensaio
	NP EN 12390-5:2009	Resistência à flexão de provetes
	NP EN 12390-6:2011	Resistência à tracção por compressão de provetes
	NP EN 12390-7:2009	Massa volúmica do betão endurecido
	NP EN 12390-8:2009	Profundidade de penetração da água sob pressão
	NP EN 12390-10:2019	Determinação da resistência à carbonatação do betão sob níveis atmosféricos de dióxido de carbono
	NP EN 12390-11:2017	Determinação da resistência do betão à penetração dos cloretos por difusão unidirecional
	NP EN 12390-13:2014	Determinação do módulo de elasticidade secante à compressão

4. MATERIAIS

4.1. Betão

Segundo a NP EN 206-1:2007, define-se o betão como o material formado pela mistura de cimento, agregados grossos e finos e água, com ou sem a incorporação de adjuvantes e adições, que desenvolve as suas propriedades por hidratação do cimento.

Para que uma peça materializada em betão tenha um bom desempenho durante a sua vida útil prevista, é necessário que se observe com a devida cautela todas as recomendações apresentadas pelas normas vigentes. Assim, é comum haver uma boa selecção dos constituintes, dosagem, mistura e colocação do betão, porém haver resultados inesperados e não especificados no projecto.

Portanto, não se pode garantir controlo de qualidade do betão, com a observância atenta dos procedimentos recomendados, apenas em algumas fases de produção do betão e ignorando outras. E mesmo depois da descofragem, é necessário que se garanta a durabilidade da estrutura, embora esta seja uma propriedade observável a médio e longo prazos.

4.1.1. Características do betão

Alguns dos conceitos e aspectos básicos que influenciam o comportamento do betão no estado fresco ou endurecido, estão relacionados com a sua composição.

“Sob o ponto de vista do projecto de estruturas, interessam basicamente duas propriedades fundamentais a que o betão deve satisfazer: a **resistência** e a **durabilidade**. No entanto, para que estas propriedades possam ser atingidas, é necessário que o betão possa ser colocado e compactado de forma adequada, surgindo assim uma terceira propriedade fundamental: a **trabalhabilidade**” (Costa e Appleton 2002).

Para melhor entendimento, é preciso conhecer as propriedades do betão em dois estados: fresco e endurecido.

O período durante o qual o betão está no estado fresco é insignificante relativamente ao seu tempo de vida total. No entanto, durante essa fase, o betão passa por diferentes

operações, tais como a amassadura, o transporte, a colocação, a compactação e o acabamento (Alves 2022). Estas operações, influenciam a qualidade das obras por intervirem na compacidade, na resistência, na homogeneidade, no aspecto, na estanquidade, etc. (Vieira 2012).

O comportamento do betão no estado fresco é avaliado, essencialmente, pela sua trabalhabilidade. Segundo Coutinho (2006) entende-se por trabalhabilidade à maior ou menor facilidade com que o betão é transportado, colocado, adensado e acabado, mantendo a sua homogeneidade durante estas operações.

A norma NP EN 206-1 utiliza o conceito de consistência para caracterizar a trabalhabilidade.

Os métodos de ensaio para verificar a consistência são os previstos na norma NP EN 206-1, nomeadamente: abaixamento, Vêbê, compactabilidade e mesa de espalhamento. Em Moçambique, é geralmente empregue o ensaio de abaixamento, por este ser o mais comum, como também pela facilidade com que pode ser executado. O procedimento deste ensaio está descrito na NP EN 12350-2 «Ensaio de betão fresco. Parte 2: Ensaio de abaixamento».

A trabalhabilidade do betão é influenciada por diferentes factores inerentes tanto à sua composição como às condições da betonagem. O mais importante dos factores é o teor de água. Quanto mais elevado, mais fácil o manuseamento do betão. Tal deve-se ao facto de ser constituinte mais fluido e de aumentar a distância entre as partículas, o que facilita o movimento da mistura.

O estado endurecido do betão inicia após a presa. Neste estado, o betão não apresenta um comportamento plástico e passa a ter características essencialmente elásticas.

Para o betão já endurecido, a resistência à compressão é considerada a sua propriedade mais importante, ainda que não se possam descurar outras propriedades relativas à deformabilidade e à durabilidade (Vieira 2012).

Abaixo apresentam-se resumidamente os aspectos da composição do betão que influenciam a sua qualidade:

- ♦ **Tipo e dosagem do ligante** – Pelo facto dos diferentes ligantes terem variadas proporções e tipos de aditivos, estes afectam directamente na resistência mecânica do betão. A dosagem usada na composição do betão, afecta a trabalhabilidade do mesmo. As misturas com baixo teor de ligante, apresentam textura áspera e são pouco trabalháveis, com tendência de segregação e apresentam dificuldade no acabamento superficial. As misturas ricas em ligante, afectam a trabalhabilidade e tornam o betão mais coeso e difícil de colocar e compactar.
- ♦ **Razão água-cimento (A/C)** – esta afecta directamente a resistência mecânica, a trabalhabilidade, a porosidade e permeabilidade da pasta, bem como a durabilidade do betão (Barbosa 2013).

Conforme se observa na Figura 1 a razão A/C é inversamente proporcional à tensão de rotura à compressão, enquanto a permeabilidade é directamente proporcional (Figura 2). Por sua vez, a durabilidade pode vir a diminuir com o aumento da permeabilidade, pois o betão torna-se mais propenso à acção dos agentes agressivos.

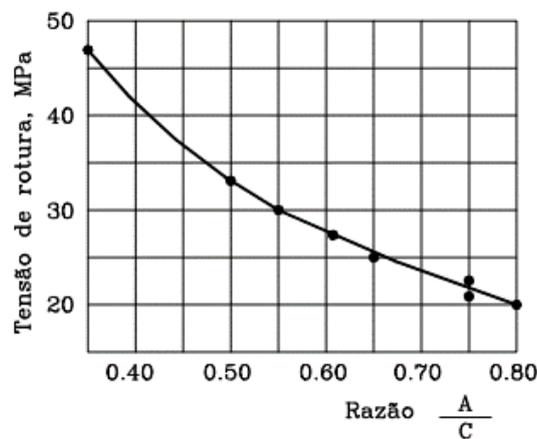


Figura 1: Variação da tensão de rotura do betão com a razão A/C

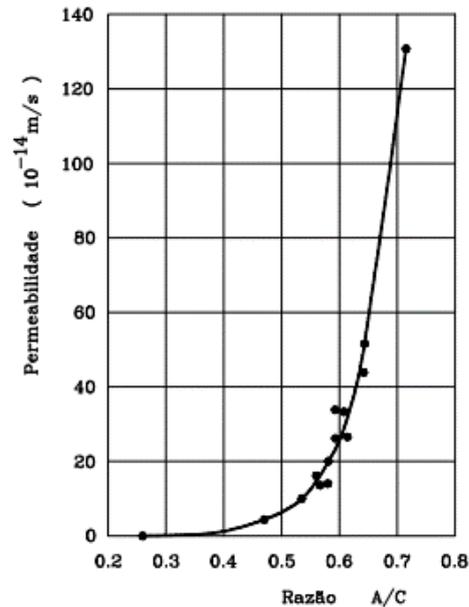


Figura 2: Influência da razão A/C na permeabilidade

- ♦ **Máxima dimensão do agregado (D)** – trata-se de um parâmetro muito importante para a composição do betão, bem como na prática pode criar segregação e compacidade no betão.

4.1.1.1. Resistência à compressão

A resistência à compressão é a que se avalia mais habitualmente e que mais se utiliza para prescrever o betão. É usada tanto para caracterizar o betão como para verificar a sua constância e conformidade. O método normalizado para a determinação da resistência à compressão encontra-se regulamentado na NP EN 12390-3 «Ensaio do betão endurecido. Parte 3: Resistência à compressão dos provetes». Neste ensaio, os provetes são ensaiados até a rotura numa máquina de ensaio de compressão uniaxial, registando-se a carga máxima suportada pelo provete, que, dividida pela secção, resulta no valor da resistência à compressão. Esta, por sua vez, depende dos seguintes factores:

- ♦ Volume e forma dos agregados;
- ♦ Componentes e finura do cimento;
- ♦ Aditivos;
- ♦ Razão A/C;
- ♦ Compactação e vibração;
- ♦ Forma e dimensão dos provetes;

- ♦ Idade;
- ♦ Condições de cura;
- ♦ Condições de humidade do betão, na altura do ensaio.

4.1.2. Produção, aplicação e controlo

Transcrito da introdução da NP EN 206-1 cita-se o seguinte: «A presente Norma Europeia define tarefas para o especificador, para o produtor e para o utilizador. Por exemplo o especificador é responsável pela especificação do betão, secção 6, e o produtor é responsável pelo controlo de conformidade e da produção, secções 8 e 9. O utilizador é responsável pela colocação do betão na estrutura.»

4.1.2.1. Especificar o betão

A NP EN 206-1 indica como deve ser especificado o betão em três situações distintas, das quais a mais utilizada é:

- ♦ Betão de comportamento especificado – tendo como referência as classes de resistência e de exposição indicadas na norma e outros requisitos para os materiais e para a composição. Neste caso, a responsabilidade pelo betão é do produtor. Para a sua especificação indicam-se sempre os seguintes elementos:
 - Classe de resistência;
 - Classe de exposição
 - Máximo teor de cloretos;
 - Máxima dimensão do agregado mais grosso;
 - Classe da massa volúmica, para betões leves e pesados; e
 - Classe de consistência.

Estes elementos, nesta ordem, junto com a referência da NP EN 206-1, são utilizados para identificar de forma abreviada um determinado betão de comportamento especificado, por exemplo C30/37; XD2(P); CL 0,20; Dmax 22; D1,8;S4.

4.1.2.2. Métodos de estudo da composição

Segundo Coutinho (Materiais de construção 1: Agregados para argamassas e betões 1999) no estudo da composição do betão devem ter-se em conta os seguintes factores:

- ♦ Disponibilidade local de materiais;

- ♦ Trabalhabilidade adequada à aplicação do betão;
- ♦ Resistência e durabilidade apropriadas no estado endurecido;
- ♦ Minimização do custo final do produto.

Os métodos de cálculo da composição do betão, mais aplicados na prática são os baseados nas curvas de referência. Estes métodos partem do princípio de que a composição granulométrica óptima do betão é dada por uma certa curva, previamente estabelecida experimentalmente. A curva de referência mais usada é a de Faury.

4.1.2.3. Operações da betonagem

Após a amassadura, que pode ser efectuada na obra ou numa central, o betão é transportado até ao local onde será moldado na sua forma final. As diferentes operações de betonagem incluem a:

- ♦ Colocação: conjunto de procedimentos necessários para colocar o betão no molde;
- ♦ Compactação: operação para otimizar a compacidade do betão;
- ♦ Cura: procedimento efectuado para evitar a saída prematura de água por evaporação;
- ♦ Protecção: operação para resguardar o betão de acções externas.

A norma NP EN 13670 «Execução de estruturas de betão. Parte 1: Regras gerais» estabelece as exigências para as matérias relacionadas com a execução das estruturas.

4.1.3. Controlo e verificação da conformidade

O controlo da conformidade pode ser definido como a avaliação efectuada pelo produtor para verificar se o produto satisfaz os requisitos especificados, e é parte integrante do controlo da produção (Vieira 2012).

Para o betão, estão estabelecidos na NP EN 206-1 os planos de amostragem e os critérios para o controlo da conformidade, sendo várias as propriedades que podem ser avaliadas. No entanto, a resistência característica à compressão (f_{ck}) é sempre calculada. Como está definido na NP EN 206-1, a resistência característica é o valor da resistência abaixo do qual se espera que ocorram apenas 5% de todos os possíveis resultados da população (Figura 4), representativos do volume de betão em consideração. Quando calculada a partir de resultados obtidos em provetes de 28 dias,

é o valor considerado na identificação da classe de resistência do betão, de resistência característica obtida em provetes normalizados, cilíndricos de 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura ou em cúbicos de 15 cm ou 20 cm de aresta.

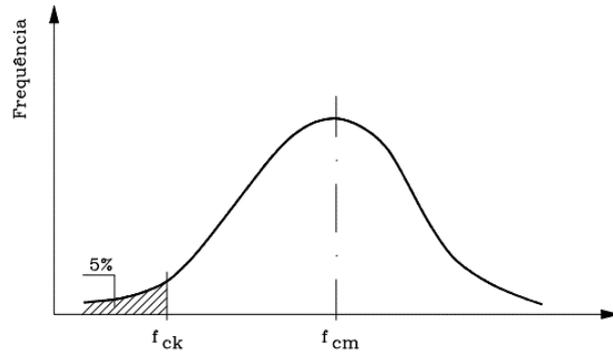


Figura 3: Valor característico da resistência (f_{ck}).

Admitindo uma distribuição normal, a resistência característica é dada pela seguinte expressão (Costa e Appleton 2002):

$$f_{ck} = (1 - 1.64 \delta) f_{cm} \quad \text{Eq. 1}$$

Em que:

$$f_{cm} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{ci} \quad \text{Eq. 2}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{f_{ci} - f_{cm}}{f_{cm}} \right)^2} \quad \text{Eq. 3}$$

O coeficiente de variação, δ , como que é determinado essencialmente pela qualidade dos meios empregues para fabricar o betão que influenciam a precisão com que é efectuada a dosagem dos seus componentes, pela organização do estaleiro e ainda pelo controlo exercido sobre o fabrico. Valores superiores a 0.25 não são admissíveis na execução de estruturas de betão armado (Costa e Appleton 2002).

Segundo a norma NP EN 206-1, a conformidade da resistência à compressão do betão é avaliada em provetes ensaiados aos 28 dias para:

- ♦ A média (f_{cm}) de grupo de n resultados de ensaios consecutivos, com ou sem sobreposição (critério 1 – C1);
- ♦ Cada resultado individual (f_{ci}) (critério 2 – C2).

A conformidade é confirmada se forem satisfeitos ambos os critérios da tabela seguinte, reproduzida do quadro 4.14 da NP EN 206-1, tanto para a produção inicial como para a produção contínua.

Tabela 3: Critérios de conformidade para a resistência à compressão

Produção	Número de resultados de ensaios no grupo	Critério 1	Critério 2
Inicial	3	$f_{cm} \geq f_{ck} + 4$	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$
Contínua	≥ 15	$f_{cm} \geq f_{ck} + 1,48\sigma$	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$

4.2. Bloco vazado de betão simples

Os blocos de betão simples ou de argamassa (Figura 4), são componentes de alvenaria cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta e constituído por uma mistura homogénea, compactada e endurecida de agregados, cimento portland, água e, eventualmente, aditivos. São produzidos por vibrocompactação e curados ao ar ou em câmaras húmidas com aquecimento (Portela 2015).



Figura 4: Bloco vazado comum em Moçambique

4.2.1. Análise dimensional

Conforme a NM 355: 2011, a análise dimensional consiste na verificação das dimensões do corpo-de-prova, tais como a largura, comprimento, altura, espessura das paredes, dimensões dos furos e raio dos arcos (Figura 5).

As leituras são feitas por meio de uma escala metálica calibrada com resolução de pelo menos 1 mm e comprimento adequado à dimensão máxima do corpo-de-prova e, são expressas em milímetros, largura (l), comprimento (c), altura (h), espessura de parede (e).

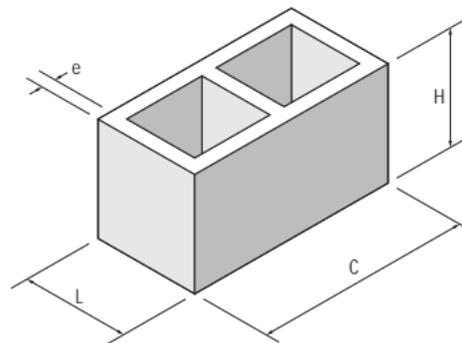


Figura 5: Bloco vazado comum

O valor de cada dimensão do corpo-de-prova é o resultado da média de pelo menos três determinações executadas em pontos distintos na face com a parede de menor espessura, sendo realizada uma determinação em cada extremidade e uma no meio do corpo-de-prova, com aproximação de 1 mm.

Devem ser realizadas duas determinações no centro aproximado de cada furo do bloco, sendo uma na direcção longitudinal do bloco e outra na direcção transversal, tomada na face de maior espessura (face superior no momento do assentamento), com aproximação de 1 mm (Figura 6).

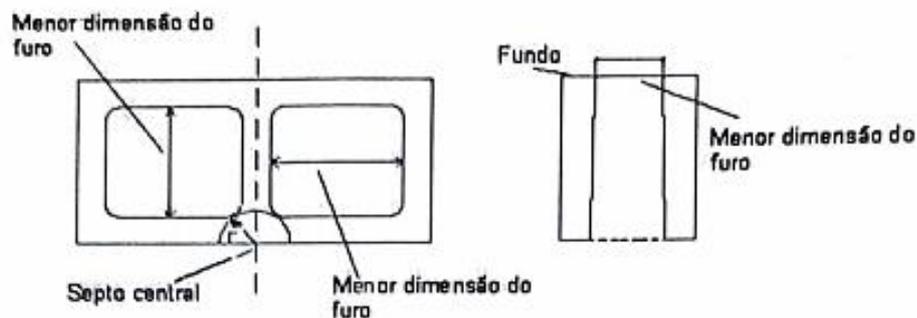


Figura 6: Dimensão dos furos

Como resultado do ensaio apresenta-se o seguinte:

- ♦ As dimensões nominais, expressas como média das determinações executadas para a largura, altura e comprimento em milímetros;
- ♦ A área bruta (A_b), calculada com o valor médio das dimensões totais da secção de trabalho do corpo-de-prova: $A_b=bl$ (mm^2);
- ♦ A espessura mínima da parede longitudinal (e_l), expressa como a média das medidas das paredes longitudinais;
- ♦ A espessura equivalente longitudinal (e_{Eq}), expressa como a soma das espessuras de todas as paredes transversais dos blocos (e_t), dividida pelo comprimento nominal do bloco (l):

$$e_{Eq} = \frac{\sum e_t}{l} \quad \text{Eq. 4}$$

4.2.2. Absorção e área líquida

Na secção 5 da NM 355: 2011 descrevem-se os processo de determinação da absorção de água e área líquida.

4.2.3. Resistência à compressão

A resistência mecânica de cada amostra de bloco de betão é determinada através da relação entre a carga de rotura (em Newtons) e a área bruta (em mm^2) do corpo-de-prova (determinada na secção 4 da NM 355:2011), quando submetido ao ensaio de compressão axial; expressa em MPa.

Os blocos de betão no LEM, IP são especificados de acordo a tabela 7.12.4. das Tabelas Técnicas (2010) e classificam-se da seguinte forma:

- ♦ Blocos de argamassa de cimento de 2.^a qualidade, quando a tensão de rotura é de 3 a 5 MPa;
- ♦ Blocos de argamassa de cimento de boa qualidade, quando a tensão de rotura é 7 MPa;
- ♦ Blocos de argamassa de cimento de qualidade superior, quando a tensão de rotura é 10 MPa.

5. ENSAIOS REALIZADOS

No departamento em que foi efectuado o estágio profissional, especificamente no Laboratório de Agregados e Betões e no Laboratório de Pré-Fabricados e Cerâmicos fazem-se os seguintes ensaios:

- ♦ Agregados:
 - Massa volúmica;
 - Baridade;
 - Granulometria;
 - Absorção de água e humidade;
 - Alongamento;
 - Índice de lamelação;
 - Esmagamento.
- ♦ Betões:
 - Estudo da composição do betão;
 - Ensaio de abaixamento do cone de Abrams;
 - Resistência à compressão de provetes cúbicos/cilíndricos e carotes;
 -
- ♦ Blocos de betão simples
 - Resistência à compressão uniaxial;
 - Absorção de água;
 - Determinação da baridade;

Conforme instruído pelo supervisor, para o estágio profissional, focou-se apenas nos seguintes ensaios:

- ♦ Controlo de conformidade de cubos de betão;
- ♦ Determinação da resistência mecânica do bloco de betão.

No entanto, durante o estágio profissional, foi possível acompanhar algumas actividades e ensaios que decorriam em simultâneo. Desses foi possível observar o seguinte:

- ♦ Ensaio de abaixamento do cone de Abrams (Figura 7);
- ♦ Preparação de provetes cúbicos de betão;
- ♦ Granulometria;

- ♦ Determinação da massa volúmica e baridade dos inertes;
- ♦ Ensaio de tracção do aço (Laboratório de Metais e Ligas).



Figura 7: Medição do abaixamento do betão (consistência do betão)

5.1. Ensaio de resistência à compressão do betão

A norma NP EN 206-1 estabelece que a resistência à compressão deve ser determinada em provetes cúbicos de 150 mm (Figura 8) ou provetes cilíndricos de 150/300 mm (Figura 9) (onde 150 corresponde ao diâmetro do cilindro e 300 à altura).



Figura 8: Moldes para provetes cúbicos (LEM, IP)



Figura 9: Moldes para provetes cilíndricos (LEM, IP)

A resistência à compressão de referência é determinada sobre moldes cilíndricos ou cúbicos, mantidos em condições saturadas em tanques de cura, aos 28 dias de idade.



Figura 10: Cubos de betão imersos no tanque de cura (LEM, IP)

O [ANEXO 1](#) mostra um exemplo do relatório do ensaio de compressão axial de amostras de cubos de betão feito.

Para a preparação do ensaio é mencionado na NP EN 206-1 que devem-se seguir os passos apresentados na NP EN 12390-3. Nesta, é indicado que o ensaio deve ser feito com uma máquina de ensaios de compressão (prensa de compressão uniaxial).

5.1.1. Procedimento

Para a preparação do ensaio, as faces de ensaio do provete devem ser moldadas (forma de cubo ou cilindro), conforme mostra a Figura 11.



Figura 11: Compactação do betão em moldes cúbicos por meio de uma agulha vibradora

Após a remoção do tanque de cura (28 dias depois), os provetes devem ser submetidos ao ensaio de resistência à compressão dentro de 10 h. As instalações devem estar em climas quentes a uma temperatura de 25 ± 5 °C. Antes de colocar o provete na prensa, deve-se certificar que as superfícies de apoio encontram-se livres de grãos ou qualquer material estranho, como também, deve-se remover o excesso de humidade da superfície do provete, e por fim posicionar o provete de forma que a carga aplicada seja perpendicular à direcção de moldagem (Figura 13).



Figura 12: Medição da massa do provete na balança electrónica



Figura 13: Compressão uniaxial do provete cúbico de betão

A aplicação da carga é feita numa velocidade constante dentro do intervalo de $0,6 \pm 0,2$ MPa/s, e após a sua aplicação da carga inicial, que não deve exceder de 30% da carga de rotura, aplicar a carga ao provete sem choques aumentando-a de forma contínua, a velocidade constante, até atingir o valor máximo que pode ser suportado pelo provete. Assim que se atingir a rotura, deve-se registar o valor da carga indicada em kN.

5.1.2. Determinação dos resultados

Para a análise foram considerados os dados de ensaios de 50 entidades, cuja informação consta no ANEXO 2. A informação constante no referido anexo foi compilada através de fichas de ensaios realizados anteriormente.

Com base na classificação especificada pelas entidades, avaliou-se a conformidade. Para a verificação tomaram-se em consideração os critérios apresentados na Tabela 3. Para verificação do Critério 2 considerou-se a menor tensão de rotura dos provetes de cada lote ($f_{ci,min}$) (Tabela 4).

Com base na Eq. 1, foi determinada a resistência característica e efectuou-se a classificação do betão, conforme o Quadro 7 da NP EN 206-1 (ANEXO 3).

Tabela 4: Determinação da tensão característica, classificação e verificação do critério de conformidade de cubos de betão com aresta de 150 mm e idade de 28 dias

Entidade	Classe especificada pela entidade	f_{ck} especificado (MPa)	$f_{ci,min}$ (MPa)	f_{cm} (MPa)	Critério		Verificação da conformidade				f_{ck} (MPa) Eq. 1	Classe obtida
					C1 f_{ck+4}	C2 f_{ck-4}	C1	C2	C1 e C2	δ		
E1	C30/37	37,0	29,3	31,1	41,0	33,0	KO	KO	NÃO	0,063	27,9	C20/25
E2	C30/37	37,0	44,3	45,1	41,0	33,0	OK	OK	SIM	0,021	43,6	C30/37
E3	C30/37	37,0	37,6	39,3	41,0	33,0	KO	OK	NÃO	0,053	35,9	C25/30
E4	C30/37	37,0	38,5	40,2	41,0	33,0	KO	OK	NÃO	0,035	38,0	C30/37
E5	C30/37	37,0	40,0	41,8	41,0	33,0	OK	OK	SIM	0,033	39,5	C30/37
E6	C30/37	37,0	33,1	36,0	41,0	33,0	KO	OK	NÃO	0,064	32,3	C25/30
E7	C30/37	37,0	41,9	42,8	41,0	33,0	OK	OK	SIM	0,016	41,6	C30/37
E8	C30/37	37,0	41,0	41,4	41,0	33,0	OK	OK	SIM	0,010	40,7	C30/37
E9	C30/37	37,0	35,1	36,4	41,0	33,0	KO	OK	NÃO	0,033	34,4	C25/30
E10	C25/30	30,0	35,5	36,4	34,0	26,0	OK	OK	SIM	0,018	35,3	C25/30
E11	C30/37	37,0	40,1	41,8	41,0	33,0	OK	OK	SIM	0,034	39,5	C30/37
E12	C30/37	37,0	37,8	38,5	41,0	33,0	KO	OK	NÃO	0,015	37,5	C30/37
E13	C30/37	37,0	43,4	45,7	41,0	33,0	OK	OK	SIM	0,044	42,4	C30/37
E14	C30/37	37,0	39,3	40,1	41,0	33,0	KO	OK	NÃO	0,016	39,0	C30/37
E15	C30/37	37,0	43,1	45,1	41,0	33,0	OK	OK	SIM	0,036	42,5	C30/37
E16	C30/37	37,0	32,5	38,6	41,0	33,0	KO	KO	NÃO	0,114	31,4	C25/30
E17	C30/37	37,0	34,9	36,0	41,0	33,0	KO	OK	NÃO	0,024	34,6	C25/30
E18	C30/37	37,0	42,7	44,3	41,0	33,0	OK	OK	SIM	0,031	42,1	C30/37
E19	C20/25	25,0	19,0	21,3	29,0	21,0	KO	KO	NÃO	0,080	18,5	C12/15
E20	C25/30	30,0	27,7	28,1	34,0	26,0	KO	OK	NÃO	0,010	27,6	C20/25
E21	C25/30	30,0	29,0	30,4	34,0	26,0	KO	OK	NÃO	0,062	27,3	C20/25
E22	C30/37	37,0	36,5	38,7	41,0	33,0	KO	OK	NÃO	0,061	34,9	C25/30

Entidade	Classe especificada pela entidade	f _{ck} especificado (MPa)	f _{ci,min} (MPa)	f _{cm} (MPa)	Critério		Verificação da conformidade					f _{ck} (MPa) Eq. 1	Classe obtida
					C1 f _{ck+4}	C2 f _{ck-4}	C1	C2	C1 e C2	δ			
E23	C30/37	37,0	42,1	43,6	41,0	33,0	OK	OK	SIM	0,027	41,7	C30/37	
E24	C30/37	37,0	29,7	30,5	41,0	33,0	KO	KO	NÃO	0,025	29,3	C20/25	
E25	C25/30	30,0	25,9	28,8	34,0	26,0	KO	KO	NÃO	0,072	25,4	C20/25	
E26	C30/37	37,0	40,0	40,8	41,0	33,0	KO	OK	NÃO	0,019	39,5	C30/37	
E27	C30/37	37,0	37,0	37,7	41,0	33,0	KO	OK	NÃO	0,024	36,2	C25/30	
E28	C30/37	37,0	40,6	41,9	41,0	33,0	OK	OK	SIM	0,023	40,3	C30/37	
E29	C30/37	37,0	44,2	45,0	41,0	33,0	OK	OK	SIM	0,015	43,9	C30/37	
E30	C30/37	37,0	32,1	34,5	41,0	33,0	KO	KO	NÃO	0,052	31,6	C25/30	
E31	C30/37	37,0	29,3	30,5	41,0	33,0	KO	KO	NÃO	0,042	28,4	C20/25	
E32	C30/37	37,0	38,2	38,9	41,0	33,0	KO	OK	NÃO	0,025	37,3	C30/37	
E33	C25/30	30,0	34,7	35,1	34,0	26,0	OK	OK	SIM	0,008	34,6	C25/30	
E34	C35/45	45,0	35,5	35,8	49,0	41,0	KO	KO	NÃO	0,006	35,4	C25/30	
E35	C30/37	37,0	37,5	39,8	41,0	33,0	KO	OK	NÃO	0,061	35,8	C25/30	
E36	C30/37	37,0	37,0	37,5	41,0	33,0	KO	OK	NÃO	0,009	36,9	C25/30	
E37	C30/37	37,0	30,9	35,0	41,0	33,0	KO	KO	NÃO	0,130	27,5	C20/25	
E38	C25/30	30,0	33,3	34,1	34,0	26,0	OK	OK	SIM	0,027	32,6	C25/30	
E39	C30/37	37,0	47,5	49,4	41,0	33,0	OK	OK	SIM	0,029	47,1	C35/45	
E40	C30/37	37,0	48,1	49,6	41,0	33,0	OK	OK	SIM	0,022	47,8	C35/45	
E41	C30/37	37,0	32,5	34,2	41,0	33,0	KO	KO	NÃO	0,035	32,2	C25/30	
E42	C30/37	37,0	32,4	33,7	41,0	33,0	KO	KO	NÃO	0,041	31,4	C25/30	
E43	C30/37	37,0	35,6	36,1	41,0	33,0	KO	OK	NÃO	0,009	35,5	C25/30	
E44	C30/37	37,0	35,7	38,3	41,0	33,0	KO	OK	NÃO	0,090	32,7	C25/30	
E45	C30/37	37,0	40,5	40,8	41,0	33,0	KO	OK	NÃO	0,008	40,3	C30/37	
E46	C30/37	37,0	29,2	30,6	41,0	33,0	KO	KO	NÃO	0,036	28,8	C20/25	

Entidade	Classe especificada pela entidade	f_{ck} especificado (MPa)	$f_{ci,min}$ (MPa)	f_{cm} (MPa)	Critério		Verificação da conformidade					f_{ck} (MPa) Eq. 1	Classe obtida
					C1 f_{ck+4}	C2 f_{ck-4}	C1	C2	C1 e C2	δ			
E47	C25/30	30,0	24,8	27,5	34,0	26,0	KO	KO	NÃO	0,075	24,1	C16/20	
E48	C25/30	30,0	24,9	25,5	34,0	26,0	KO	KO	NÃO	0,016	24,8	C16/20	
E49	C30/37	37,0	37,2	37,3	41,0	33,0	KO	OK	NÃO	0,004	37,1	C30/37	
E50	C30/37	37,0	33,7	33,9	41,0	33,0	KO	OK	NÃO	0,004	33,7	C25/30	

5.2. Ensaio de resistência à compressão de blocos

Conforme abordado anteriormente, este ensaio permite classificar os blocos de forma que se possa seleccionar a sua aplicação. Este estudo foi feito tendo como a base NM 355: 2011.

Segundo a norma NM 355, ao receber as amostras, estas devem ser identificadas pelo fabricante, por lotes segundo a sua procedência e transportados e manipulados com as devidas precauções, para que a sua qualidade não seja afectada.



Figura 14: Amostra de blocos para ensaio

Para se executar o presente ensaio, usa-se uma prensa de compressão uniaxial e tem-se em consideração o seguinte:

- ♦ **Corpos-de-prova:** da amostra recebida pelo laboratório são separados os blocos que vão constituir os corpos-de-prova (Figura 14), ensaiados secos ao ar, de acordo com a NM 355. Para esse fim:
 - a) São usadas pastas ou argamassas capazes de resistir às tensões do ensaio para regularizar as faces de trabalho dos corpos de prova, ou fazer uma rectificação adequada;
 - b) A pasta deve ser colocada sobre o molde de capeamento, cuja superfície não deve se afastar do plano mais que 8×10^{-2} para cada 4×10^2 mm, previamente untado com leve camada de óleo;
 - c) Esta superfície deve ser suficientemente rígida e estar apoiada de modo a evitar deformações visíveis durante a operação de capeamento;
 - d) Comprime-se a superfície a ser capeada de encontro à pasta ou argamassa, obrigando que as faces laterais do bloco fiquem perpendiculares à referida superfície, com tolerância máxima de $\pm 5^\circ$;

- e) O capeamento deve apresentar-se plano e uniforme no momento do ensaio, não sendo permitidos remendos;
- f) A espessura média do capeamento não deve exceder a 3 mm.
- ♦ **Dimensões:** a área bruta do corpo-de-prova deve ser calculada com o valor médio das dimensões totais da secção de trabalho do corpo-de-prova, sem desconto das áreas de furos ou reentrâncias, determinadas segundo a análise dimensional, conforme foi abordado em 4.2.1.
- ♦ **Posição dos corpos-de-prova:** todos os corpos-de-prova devem ser ensaiados de modo que a carga seja aplicada na direcção do esforço que o bloco deve suportar durante o seu emprego.

O corpo-de-prova deve ser colocado na prensa de modo que o seu centro de gravidade esteja no eixo de carga dos pratos da prensa (Figura 15).



Figura 15: Corpo de prova posicionado para o ensaio de compressão

Os comandos da prensa devem ser controlados de forma que a tensão aplicada, calculada em relação à área bruta, se eleve progressivamente à razão de $(0,05 \pm 0,01)$ MPa/s.

5.2.1. Determinação dos resultados

Considerando os dados obtidos através do ANEXO 4, a Tabela 5 mostra valores da tensão característica dos blocos, calculados com base na NM 355: 2011 e a classificação dos blocos conforme as Tabelas Técnicas (Reis, Farinha e Farinha 2010).

Tabela 5: Tensão característica dos blocos e sua classificação

Entidade	Dimensões do bloco bxhxl (cm)	f_{bm} (MPa)	Classificação
E'1	20x20x40	24,0	SUPERIOR
E'2	20x20x40	3,0	SEGUNDA
E'3	20x20x40	6,0	SEGUNDA
E'4	20x20x40	4,0	SEGUNDA
E'5	20x20x40	2,0	NÃO CLASSIFICÁVEL
E'6	20x20x40	4,0	SEGUNDA
E'7	20x20x40	3,0	SEGUNDA
E'8	20x20x40	2,0	NÃO CLASSIFICÁVEL
E'9	20x20x40	1,0	NÃO CLASSIFICÁVEL
E'10	20x20x40	4,0	SEGUNDA
E'11	20x20x40	4,0	SEGUNDA
E'12	20x20x40	3,0	SEGUNDA
E'13	20x20x40	6,0	SEGUNDA
E'14	20x20x40	7,0	BOA
E'15	20x20x40	4,0	SEGUNDA
E'16	20x20x40	2,0	NÃO CLASSIFICÁVEL
E'17	20x20x40	6,0	SEGUNDA
E'18	20x20x40	7,0	BOA
E'19	10x20x40	6,0	SEGUNDA
E'20	10x20x40\	3,0	SEGUNDA
E'21	10x20x40	6,0	SEGUNDA

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1. Resistência à compressão de cubos de betão

Com base na NP EN 206, as amostras de betão submetidas ao ensaio de compressão axial satisfazem o critério 1 em 32% e ao critério 2 em 72%, conforme mostra a Tabela 6. O critério 1 refere que o valor médio das tensões obtidas deve ser superior ao valor característico acrescido de 4 unidades. Geralmente o valor da média aritmética das tensões individuais dos provetes é próximo da tensão característica, por isso há mais satisfação do critério 2 do que do critério 1.

O critério 2 requer que o valor de tensão mínima obtida seja superior a tensão característica subtraída de 4 unidades. Este é um critério fácil de satisfazer, salvo em situações em que um provete apresente uma resistência muito inferior relativamente aos outros elementos da amostra ensaída.

Tabela 6: Análise percentual dos critérios de conformidade segundo NP EN 206

	C1		C2		C1 + C2	
	N.º de amostras	% de amostras	N.º de amostras	% de amostras	N.º de amostras	% de amostras
Verifica	16	32	36	72	16	32
Não verifica	34	68	14	28	34	68
Total	50	100	50	100	50	100

O Gráfico 1 apresenta os resultados sintetizados da avaliação da conformidade, constantes na Tabela 6.

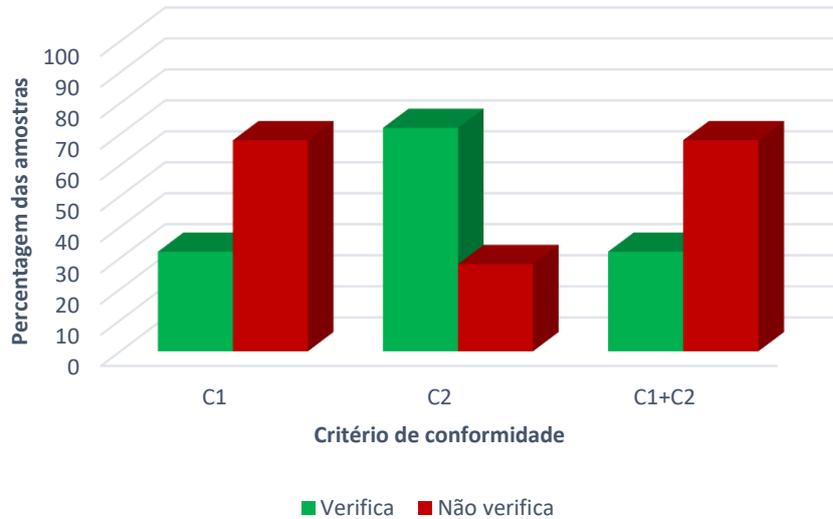


Gráfico 1: Conformidade das amostras segundo NP EN 206-1

Para a verificação da conformidade, é preciso que cumulativamente sejam satisfeitos os critérios 1 e 2. Pela análise, verifica-se que 68% das amostras não apresentavam conformidade do betão. Isto pode dever-se ao facto das entidades produtoras não terem especificado devidamente o betão, ou mesmo não terem sido considerados os processos e contolos de produção prescritos na norma. Pelo que, a falta de controlo no processo de produção poder fazer com que se produza um betão com resistências diferentes às desejadas.

Conforme explicado acima, a qualidade de um material de construção civil, em particular o betão, depende da verificação rigorosa e consciente de todos passos de produção, desde o projecto, selecção dos materiais até ao ensaio ou concepção do produto final.

No que concerne à classificação das 50 amostras recebidas, obteve-se a seguinte distribuição, conforme a Tabela 7:

Tabela 7: Distribuição das classes especificada e determinada

Classe especificada pela entidade	N.º de amostras	N.º de amostras por classe determinada	Classe determinada abaixo da especificada	% de amostras	
				Classe determinada igual à classe especificada	Classe determinada acima da classe especificada
C20/25	1	C12/15 – 1	100	0	0
C25/30	8	C16/20 – 2 C20/25 – 3 C25/30 – 3	62,5	37,5	0
C30/37	40	C20/25 – 5 C25/30 – 15 C30/37 – 18 C35/45 – 2	50	45	5
C35/45	1	C25/30 – 1	100	0	0

Ao analisar a distribuição da Tabela 7, foram apresentadas quatro classes de betão, nomeadamente C20/25, C25/30, C30/37 e C35/45. Para as classes C20/25 e C35/45, as classes determinadas foram abaixo da especificada. Para a classe 25/30, 62,5% das amostras apresentavam classe inferior à especificada e 37,5% igual. No entanto, a classe C30/37, apresentou 50% de amostras abaixo da classe especificada e os remanescentes igual ou superior.

6.2. Resistência mecânica de blocos de betão simples

Os blocos ensaiados têm dimensões, 20x20x40 cm (18 amostras) e 10x20x40 cm (3 amostras) e constatou-se o seguinte, conforme apresentado na Tabela 8:

Tabela 8: Resultado da análise dos blocos

Qualidade	Bloco de 20x20x40 (cm)		Bloco de 10x20x40 (cm)		Todos os blocos	
	N.º de amostras	% de amostras	N.º de amostras	% de amostras	N.º de amostras	% de amostras
Não Classificável	4	22	0	0	4	19
Segunda	11	61	3	100	14	67
Boa	2	11	0	0	2	10
Superior	1	6	0	0	1	5
Total	18	100	3	100	21	100

Da síntese da Tabela 8 obtiveram-se os seguintes gráficos:

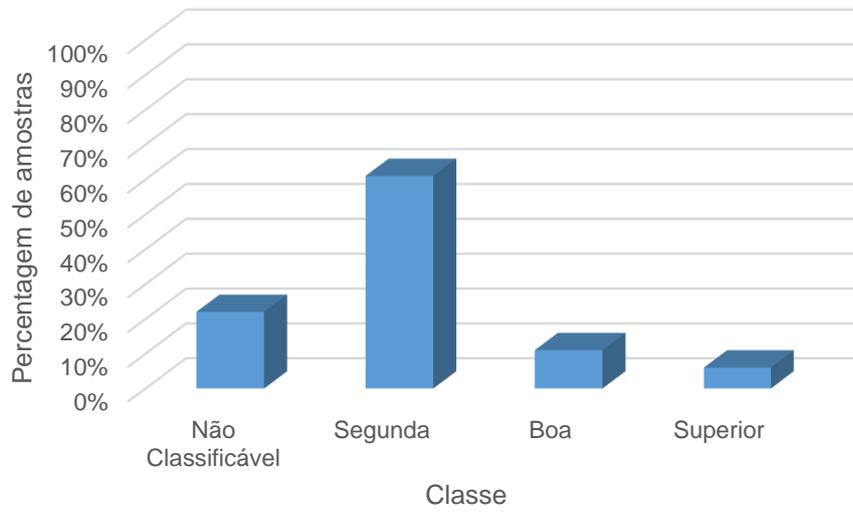


Gráfico 2: Distribuição das classes de blocos com dimensão de 20x20x40 cm

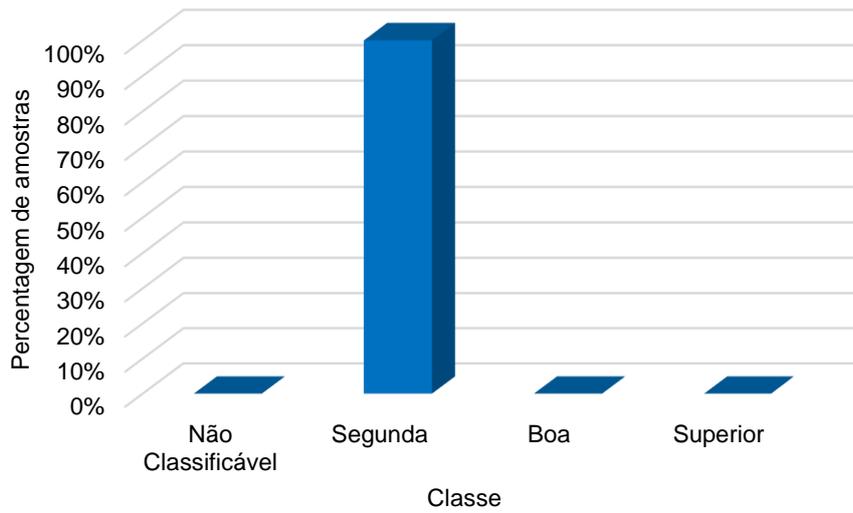


Gráfico 3: Distribuição das classes de blocos com dimensão de 10x20x40 cm

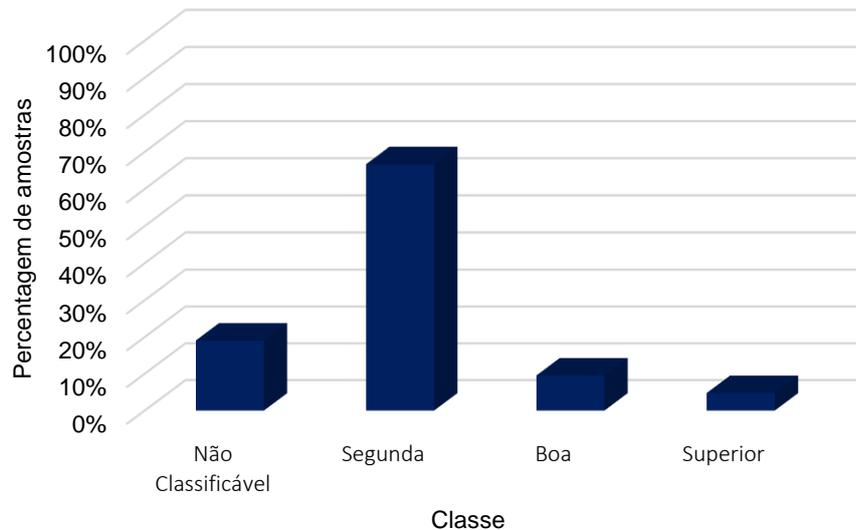


Gráfico 4: Distribuição das classes de todos os blocos ensaiados

Nos bloco de 20x20x40, existem 4 amostras (22%) que não são possíveis de classificar, por apresentarem tensões de rotura inferiores às prescritas nas Tabelas Técnicas. Assume-se que estes blocos não podem ser usados para algum fim construtivo.

A maioria dos blocos ensaiados, 61% para blocos de 20x20x40 cm e 100% para blocos de 10x20x40 cm, são classificados como de segunda qualidade. Estes podem apenas ser usados para fins de alvenaria de divisórias.

Para os blocos de 20x20x40, 17% de amostras podem ser usadas para fins de alvenaria estrutural, dos quais 6% poderão ser utilizados para alinhamento de alvenaria de fundação (subterrânea).

Ao analisar o Gráfico 4, pode se supôr (apesar do universo de amostragem ser reduzido) que a maioria das entidades (67%), trouxeram para análise blocos produzidos em unidades cuja qualidade é para aplicar em alvenaria de divisórias. É preciso analisar com mais atenção se realmente os produtores estão a focar a sua produção para blocos de segunda classe, ou se existe algum processo na produção que tem afectado a qualidade do produto final.

Há que ter em atenção um aspecto, normalmente os ensaios são solicitados para produtos que tenham carácter estrutural, e apenas 15% das amostras apresentam resistência para tal fim, das quais apenas uma amostra tinha carácter estrutural para fundações.

7. CONCLUSÃO

O controlo de conformidade do betão é uma análise muito extensiva. Partindo de cada um dos componentes, deve-se estudar as propriedades físicas, químicas e mecânicas individualmente e combinadas, incluindo os processos de composição, fabrico, transporte e colocação. Todos estes aspectos contribuem para a classificação e verificação da conformidade do produto final, e conseqüentemente no desempenho estrutural da obra.

Neste trabalho foram analisadas apenas algumas propriedades, contudo, foi estudada uma das mais importantes, a resistência à compressão, que tem maior peso na verificação da conformidade.

Em obras que tenham necessidade de controlo de qualidade, é importante que se verifique a conformidade do betão produzido e aplicado, como forma de não se executarem obras de baixa qualidade, principalmente nas que é requerido um alto rigor e qualidade de execução.

É comum em Moçambique, a alvenaria em bloco ser usada para fins estruturais, principalmente em construções de habitação, onde a alvenaria tem um papel muito fundamental na sub-estrutura e superestrutura.

Isto é espelhado pelos resultados obtidos, da avaliação das 50 amostras de betão 68% não verificou a conformidade, e da classificação resultou que 54% esteve abaixo da classe especificada. No que se refere aos blocos, 67% referem-se a segunda classe, e 19% esteve abaixo desta.

8. RECOMENDAÇÕES E FUTURAS LINHAS DE TRABALHO

Após a conclusão do estágio profissional, recomenda-se ao LEM, IP e aos seus colaboradores:

- ♦ Para terem maior rigor na execução dos ensaios, bem como no registo e lançamento dos mesmos. Isto permitirá ter maior credibilidade dos trabalhos feitos, bem como o instituto, pois existem profissionais altamente competentes, mas ao mesmo tempo um grande relaxamento e desinteresse na execução das tarefas;
- ♦ A aderirem ao uso das recentes normas e regulamentos nacionais, regionais e internacionais no país, para que se possam realizar ensaios e produzir trabalhos de investigação e tornar-se um laboratório de referência.
- ♦ O LEM, IP deve envidar esforços para certificar o betão e blocos que são os materiais mais usados na indústria de construção moçambicana, assim como dos demais materiais, de forma gradual.

Para futuras linhas de trabalho recomenda-se:

- ♦ Uma verificação das análises requeridas vs análises realizadas;
- ♦ É pertinente efectuar uma investigação interna, para a verificação da conformidade dos betões e blocos ensaiados pelo LEM, IP. Para tal deve-se alargar o leque das amostras, tendo em consideração as propriedades e os processos de fabrico dos mesmos

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, Vanessa Bezerra de, Tiago de Macedo Sousa, and Wagner Carvalho Santiago. *Estudo da conformidade dos blocos estruturais de concreto da classe C produzidos no Brasil*. São Francisco: IBRACON, 2020.
- Alves, José Dafico. *Materiais de construção*. 9ª Edição. Goiânia, 2022.
- Amorim, Apoena. *Gestão de qualidade: Normas da qualidade*. Canal Educação, 2018.
- André, João. *Betão. Decreto-Lei 90/2021 e normas associadas: NP EN 206 e NP EN 13760*. APEB, 2022.
- Barbosa, Mafalda Valadas Corder. *O Betão: Definição, caracterização e propriedades*. Lisboa: ISEL, 2013.
- Costa, António, and Júlio Appleton. *ESTRUTURAS DE BETÃO I: PARTE II - MATERIAIS*. Lisboa: IST, 2002.
- Coutinho, Joana de Sousa. *Materiais de construção 1: Agregados para argamassas e betões*. Porto: FEUP, 1999.
- . *Materiais de construção 2: 1ª parte - Ligantes e Caldas*. Porto: FEUP, 2006.
- Coutinho, Joana Sousa. *NP EN 12350 - Ensaios de betão fresco*. Porto: FEUP, 2003.
- Cunha, Paulo, Barroso Aguiar, Pedro Oliveira, and Aires Camões. *Conformidade da resistência à compressão de betões - um exemplo no norte de Portugal*. Universidade do Minho, 2011.
- INNOQ. *Catálogo de Normas Moçambicanas*. Maputo: INNOQ, 2014.
- LEM, IP. *Estatuto Orgânico do Laboratório de Engenharia de Moçambique, IP*. Maputo: LEM, 2019.
- . *Regulamento interno*. Maputo: Decreto-Lei nº 2/2021 de 9 de Agosto, Presidência da República, 2021.
- Levy, Salomon, and Paulo Helene. *CURA: Como, quando e por quê*. Vol. 20. São Paulo: téchne, 1996.

- Mattos, Eduardo Klatt. *Materiais de construção*. Rio de Janeiro: Estácio, 2015.
- NBR 15812 - 2:2010. *Alvenaria estrutural - Blocos cerâmicos. Parte 2: Execução e controle de obras*. Rio de Janeiro: ABNT, n.d.
- NBR 6136:2016. *Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos*. Rio de Janeiro: ABNT, n.d.
- NM 34:2007. *Fabricação de bloco maciço e bloco vazado de solo-cimento com utilização de prensa hidráulica, procedimento*. Maputo: INNOQ, n.d.
- NM 36:2007. *Bloco maciço de solo-cimento - Especificações*. INNOQ, n.d.
- NP EN 206-1:2007. *Betão. Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade*. IPQ, n.d.
- Pinheiro, António Carlos da Fonseca Bragança, and Marcos Crivelaro. *Materiais de Construção*. 1ª Edição. São Paulo: Érica, 2014.
- Portela, Rafael Pires. *Fator de eficiência da resistência prisma/bloco cerâmico de paredes vazadas*. Santa Maria: UFSM, RS, 2015.
- Reis, A. Correia dos, M. Brazão Farinha, and J. P. Brazão Farinha. *Tabelas Técnicas*. Lisboa: Edições Técnicas E.T.L., 2010.
- Ulrich, Helen. *Controle da qualidade de projectos de edificações*. São Carlos: EESC/USP, 2001.
- Vieira, Manuel. *Ciência e Engenharia de Materiais de Construção*. Lisboa: IST Press, 2012.

10. ANEXOS

ANEXO 1: Exemplo de um relatório do ensaio à compressão de cubos de betão feito no LEM

Entidade Requisitante: Ex				Registo nº xx.xxx					
Obra a que se destina:				Norma: NP EN 12390-3-2003					
Material: Cubos de (150x150x150)									
Referência		Datas		Idade (Dias)	Massa (kg)	Secção (10 ³ mm ²)	Carga de Rotura (10 ³ N)	Tensão de Rotura (MPa)	Tensão de rotura média (MPa)
Cliente	LEM IP	Fabrico	Ensaio						
15X15X15		22/11	20/12	28	7,652	22,5	440,0	19,6	18,7
					7,549	22,5	480,0	21,3	
					7,345	22,5	340,0	15,1	
		24/11	22/12	28	7,803	22,5	480,0	21,3	21,3
					7,651	22,5	520,0	23,1	
					7,595	22,5	440,0	19,6	

ANEXO 2: Dados de tensões de rotura de ensaios de compressão de cubos de betão (LEM)

Entidade	Classe especificada pela entidade	f _{ci,n} (MPa)		
		n=1	n=2	n=3
E1	C30	33,8	30,2	29,3
E2	C30/37	46,4	44,6	44,3
E3	C30/37	38,0	37,6	42,2
E4	C30/37	38,5	40,3	41,9
E5	C30/37	43,4	40,0	42,0
E6	C30/37	36,3	33,1	38,7
E7	C30/37	43,6	42,8	41,9
E8	C30/37	42,0	41,3	41,0
E9	C30/37	36,0	38,0	35,1
E10	C25	35,5	37,1	36,6
E11	C30	43,6	40,1	41,8
E12	C30/37	37,8	39,2	38,4
E13	C30/37	43,4	45,3	48,3
E14	C30/37	40,9	40,1	39,3
E15	C30/37	45,2	43,1	47,1
E16	C30	40,5	42,7	32,5
E17	C30	34,9	37,0	36,0
E18	C30/37	42,7	46,1	44,2
E19	C20/25	23,0	19,0	22,0
E20	C25	28,4	28,1	27,7
E21	C25	29,2	29,0	33,1
E22	C30	37,7	36,5	42,0
E23	C30/37	43,9	44,9	42,1
E24	C30/37	30,3	29,7	31,5
E25	C25/30	30,7	25,9	29,7
E26	C30/37	40,6	40,0	41,9
E27	C30/37	37,1	39,0	37,0
E28	C30/37	42,1	40,6	42,9
E29	C30/37	44,2	45,0	45,8
E30	C30/37	32,1	36,4	35,1
E31	C30/37	32,3	29,9	29,3
E32	C30/37	38,3	40,3	38,2
E33	C25	34,7	35,2	35,4

Entidade	Classe especificada pela entidade	fci,n (MPa)		
		n=1	n=2	n=3
E34	C35	36,0	35,5	35,8
E35	C30/37	43,2	38,8	37,5
E36	C30/37	37,0	37,7	37,8
E37	C30	41,4	32,8	30,9
E38	C25	35,4	33,6	33,3
E39	C30/37	49,8	47,5	51,0
E40	C30/37	48,1	50,1	50,6
E41	C30/37	34,9	35,2	32,5
E42	C30/37	33,0	35,6	32,4
E43	C30/37	36,4	35,6	36,2
E44	C30	36,1	35,7	43,2
E45	C30/37	40,5	40,6	41,2
E46	C30/37	31,9	29,2	30,7
E47	C25	24,8	28,0	29,8
E48	C25	24,9	25,7	25,8
E49	C30	37,2	37,5	37,2
E50	C30	33,9	34,0	33,7

ANEXO 3: Classes de resistência à compressão para betão de massa volúmica normal (Quadro 7 – NP EN 206-1)

Classe de resistência à compressão	Resistência característica mínima em cilindros $f_{ck,cyl}$ (MPa)	Resistência característica mínima em cubos $f_{ck,CUBE}$ (MPa)
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

ANEXO 4: Dados de tensões de rotura de ensaios de compressão de blocos de betão (LEM)

Entidade	Dimensões do bloco bxhxl (cm)	f _{bi} (MPa)
E'1	20x20x40	24,5
		24,2
		25,4
		23,1
		22,1
		23,2
E'2	20x20x40	2,8
		3,1
		2,3
		3,3
		3,4
		2,5
E'3	20x20x40	6,0
		6,3
		6,1
		5,9
		6,0
		5,8
E'4	20x20x40	4,5
		3,8
		3,7
		4,3
		4,2
		2,7
E'5	20x20x40	2,0
		1,9
		2,0
		2,5
		2,3
		2,0
E'6	20x20x40	2,8
		5,2
		3,6
		5,6
		4,4
		4,1
E'7	20x20x40	2,5
		2,6
		2,8

Entidade	Dimensões do bloco bxhxl (cm)	f _{bi} (MPa)
		2,7
		2,3
		2,2
E'8	20x20x40	2,1
		2,2
		2,2
		2,0
		2,1
		2,1
E'9	20x20x40	1,1
		1,1
		1,0
		1,1
		1,0
		1,1
E'10	20x20x40	3,5
		3,9
		3,2
		3,4
		3,4
		3,7
E'11	20x20x40	3,9
		4,1
		4,8
		3,8
		3,7
		4,3
E'12	20x20x40	3,7
		3,3
		3,5
		3,3
		3,1
		3,3
E'13	20x20x40	5,9
		6,2
		5,5
		6,8
		7,0
		7,5
E'14	20x20x40	6,5
		6,7
		6,7

Entidade	Dimensões do bloco bxhxl (cm)	f _{bi} (MPa)
		8,3
		8,0
		8,2
E'15	20x20x40	3,4
		5,6
		3,9
		2,7
		2,7
		3,8
E'16	20x20x40	2,9
		2,6
		2,7
		2,6
		2,2
		2,0
E'17	20x20x40	7,6
		7,0
		6,3
		7,0
		5,1
		4,8
E'18	20x20x40	6,5
		6,6
		6,6
		7,5
		6,3
		6,3
E'19	10x20x40	6,7
		6,4
		5,9
		4,8
		6,6
		6,1
E'20	10x20x40	3,9
		4,1
		2,3
		2,9
		3,2
		3,1
E'21	10x20x40	6,1
		6,3
		5,8

Entidade	Dimensões do bloco bxhxl (cm)	f_{bi} (MPa)
		5,7
		6,3
		6,3