

UNIVERSIDADE POLITÉCNICA A-POLITÉCNICA
Instituto Superior de Humanidades, Ciências e Tecnologias

Engenharia Civil

**Os Custos/ Benefícios das Lajes Aligeiradas Comparativamente a
Lajes Maciças, na Cidade de Quelimane (2021-2022)**

Ilídio Sérgio Daniel Artur

Quelimane

2023

Ilídio Sérgio Daniel Artur

**Os Custos/ Benefícios das Lajes Aligeiradas Comparativamente a
Lajes Maciças, na Cidade de Quelimane (2021-2022)**

Monografia apresentada a Universidade
Politécnica A-politécnica, Instituto Superior de
Humanidades, Ciências e Tecnologias como
requisito parcial para obtenção do grau de
Licenciatura em Engenharia Civil

Tutor: Lic. Huguito Mourão

Quelimane

2023

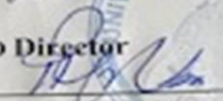



UNIVERSIDADE POLITÉCNICA
A POLITÉCNICA
INSTITUTO SUPERIOR DE HUMANIDADES, CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS - ISHCT

Exmo. Senhor
Ilídio Sérgio Daniel Artur
Licenciando em Engenharia Civil

Visto 27/01/2023

O Director


Pedro R. Mpilimba
MBA

N/Ref.º  /EC-ISHCT/2023

Assunto: Despacho

Em resposta à solicitação apresentada, em carta datada de 09 de Dezembro de 2022, relativamente ao pedido de aprovação de Tutor e do Projecto, no âmbito do Trabalho de Culminação do Curso, intitulado: **Os Custos/Benefícios de Lajes Aligeiradas Comparativamente as lajes maciças, Cidade de Quelimane (2021 - 2022)**, passamos a transcrever o despacho do Exmo. Director do ISHCT, o Mestre Pedro Remigio Mpilimba, datado de 15 de Dezembro de 2022:

*Autorizo a Passar para a Fase Seguinte.
Assinado, 15/12/2022*

Telecomunicações

Quelimane, aos 27 de Janeiro de 2023.

A Coordenação



Florinda Machado
Mestre

O DACH


Carlos Alfandega
Mestre

27/01/2023

04074010

Dedico este trabalho a todos que, de certa forma, influenciaram a nunca desistir dos meus sonhos e a não sentir vergonha em cair, Vergonha é não se levantar novamente

Agradecimentos

Perante a conclusão desta longa jornada, vem a memória pessoas a quem devo muito reconhecimento, pois, sem eles, esta conquista não seria possível, expresso meus agradecimentos:

A Deus, Pai todo-poderoso, Senhor Bom e onipotente, por fazer-me aprender contigo, a colocar em todas as coisas, em meu trabalho, como em minha vida, o numero, o peso e a medida que me dêem o justo equilíbrio, a beleza sóbria e a firmeza que sustenta a paz, que ao erguer grandes obras, eu pense sempre no Homem e um sentimento de ternura e de fraternidade transpareça nos meus planos arrojados, como nos humildes projecto, que, ao construir a cidade dos Homens eu saiba comunicar-lhe esse suplemento de alma que possa fazer alegremente habitada pelos vossos filhos Meu Deus, amem.

Ao meu tutor e docente Huguito Mourão, pela orientação na realização do trabalho.

Aos meus pais, Alfrina Maria Francisco Mucucusa, Isabel Artur, Sérgio Daniel Artur e Douglas Kasuso, pelo esforço e dedicação que fizeram com que eu conseguisse alcançar os meus sonhos e nunca me desamparar daqueles que são os meus objectivos.

Aos meus irmãos, Fania Artur, Stella Kasuso, Allen Kasuso, Carlos Daniel Artur, Ailton Júnior e ao meu querido filho Khallid Artur, minhas motivações para ser um Homem melhor.

Aos meus Avos, Francisco Mucucusa (Que Deus o tenha) e Maria Da Silva Mucucusa, o Homem e a Mulher que mais me inspiro nesta Vida. E aos restantes da extensão da minha família, tios, Primos e sobrinhos.

Em Especial agradecer a Idelmira De Pascoela Cípriano, aos meus Amigos Abel Voabil, Adriana Mota, Adriana Kuca, Dânia Daniel, Euclides Vicente, Francisca Chabana, Jéssica Napica, Márcia Jamnadas, Marciano Chemane, Miguel Figueiredo, Mílvia Gove, Luís Valia, Regina Ernesto e Wilson Taguia, pela força dada até aqui.

Ao meu Amigo e Companheiro Gilberto Divage, por toda ajuda na realização do presente trabalho. E por fim, gratidão aos meus colegas e docentes de curso, pelas discussões, debates, competições, sorrisos, sobretudo dos bons momentos que passamos juntos, sentirei saudades.

“Se enxerguei mais longe, foi porque me apoiei
sobre ombros de gigantes”

(Isaac Newton, 1675)

Parecer do Tutor

O trabalho do estudante ILÍDIO SÉRGIO DANIEL ARTUR, com o tema Os Custos/ Benefícios das Lajes Aligeiradas Comparativamente a Lajes Maciças, na Cidade de Quelimane (2021-2022), é o resultado de um trabalho (monografia), alcançado e ilustrada a sua aplicação neste campo.

O trabalho apresenta abordagens intimamente ligadas a pesquisa, em sequência clara e sucinta, para além de entrevistas informais, questionários, análise de resultados teóricos e numéricos que permitam o autor estabelecer a ponte, teórico-prático e que conduzem as conclusões apresentadas.

Acredito haver neste trabalho abordagens e elementos com relevâncias científicas, pelo que, sou de parecer favorável a sua submissão a comissão científica para apreciação e posterior defesa para obtenção de grau de Licenciatura em Engenharia Civil.

Quelimane, 05 de Julho de 2023

Assinatura do Tutor

/Licenciado: Huguito Mourão/

Resumo

No passado, as estruturas eram construídas sujeitas apenas às cargas distribuídas e vãos relativamente pequenos, adoptando-se estruturas convencionais com lajes maciças. Tendo em vista a redução de custos e tempo de execução, torna-se indispensável um conhecimento maior de novas técnicas que proporcionam atenuar as perdas na construção civil. Neste contexto, o presente trabalho intitulado Os Custos/ Benefícios das Lajes Aligeiradas Comparativamente a Lajes Maciças, na Cidade de Quelimane (2021-2022), procura responder o seguinte problema: Quais são os Custos/Benefícios mediante os Processos Construtivos de Laje Aligeirada Comparativamente a Lajes Maciça na Cidade de Quelimane, no período de 2021-2022, para cobertura de betão? Com Base no problema de investigação apresentado e as eventuais causas se estabelecem as seguintes hipóteses: (i) Os Custos/Benefícios mediante os Processos Construtivos de Lajes Aligeiradas serão mais elevados, comparativamente as Lajes Maciças na Cidade de Quelimane; (ii) Os custos/benefícios mediante os Processos construtivos Lajes Aligeiradas não serão mais elevados, comparativamente as Lajes Maciças na Cidade de Quelimane. O objectivo geral deste estudo é Analisar os Custos/Benefícios mediante os Processos Construtivos de Lajes Aligeiradas comparativamente as Lajes Maciças na Cidade de Quelimane. Os Objectivos específicos são: (i) Identificar os custos/Benefícios de cada modelo; (ii) Avaliar quantitativamente os materiais empregados, verificando-se volumes de formas, betão e aço para os diferentes modelos estruturais; (iii) Identificar qual o impacto que a execução dos dois modelos apresentados, causam ao meio ambiente. Para atender os objectivos propostos foi realizado um estudo multimétodo, usando abordagens qualitativas e quantitativas, a abordagem qualitativa consiste em um estudo de caso, com uma amostra de pesquisa de 20 pessoas, sendo destas o proprietário do local em causa, a equipe técnica e, em empresas ligadas a construção civil e a abordagem quantitativa consiste por meio de comparação de custos para a execução dos dois tipos distintos. Este trabalho acaba concluindo na constatação da estrutura mais vantajosa como a laje Aligeirada, devido ao comparativo dos resultados quantitativos da estrutura onde se analisou mediante os custos- benefícios, as vantagens de cada uma das estruturas.

Palavras-chave: Custos/ Benefícios, Comparação, Lajes, Maciças, Aligeiradas, Estrutura.

Abstract

In the past, structures were built subject only to distributed loads and relatively small spans, adopting conventional structures with solid slabs. With a view to reducing costs and execution time, it is essential to have a greater knowledge of new techniques that provide mitigation of losses in civil construction. In this context, the present work entitled *The Costs/Benefits of Lightened Slabs Compared to Solid Slabs, in the City of Quelimane (2021-2022)*, seeks to answer the following problem: What are the Costs/Benefits through the Construction Processes of Lightweight Slabs Compared to Solid Slabs in the City of Quelimane, in the period 2021-2022, for concrete coverage? Based on the research problem presented and the possible causes, the following hypotheses are established: (i) The Costs/Benefits through the Construction Processes of Lightened Slabs will be higher, comparatively to Solid Slabs in the City of Quelimane; (ii) The costs/benefits through the Lightened Slabs construction processes will not be higher, compared to the Solid Slabs in the City of Quelimane. The general objective of this study is to analyze the Costs/Benefits through the Construction Processes of Lightweight Slabs compared to Solid Slabs in the City of Quelimane. The specific objectives are: (i) Identify the costs/benefits of each model; (ii) Quantitatively evaluate the materials used, verifying volumes of forms, concrete and steel for the different structural models; (iii) Identify the impact that the execution of the two presented models causes to the environment. To meet the proposed objectives, a multimethod study was carried out, using qualitative and quantitative approaches, the qualitative approach consists of a case study, with a research sample of 20 people, including the owner of the site in question, the technical team and, in companies linked to civil construction and the quantitative approach consists of comparing costs for the execution of the two different types. This work ends up concluding with the finding of the most advantageous structure such as the lightened slab, due to the comparison of the quantitative results of the structure where the advantages of each of the structures were analyzed by means of cost-benefits.

Keywords: Costs/Benefits, Comparison, Slabs, Solid, Lightened, Structure.

Lista de tabelas

Tabela 1: Mapa de Quantidade e estimativa orçamental da laje maciça	55
Tabela 2: Mapa de Quantidade e estimativa orçamental da laje Aligeirada.....	56
Tabela 3: Comparativo de custos totais.....	59
Tabela 4: Momentos Obtidos ao partir da tabela de Marcus.....	72
Tabela 5: Momentos obtidos por cálculo	72
Tabela 6: Tabela de Proporções de áreas	82

Lista de quadros

Quadro 1:Características construtivas do edifício.....	51
--	----

Lista de Figuras

Figura 1: Esquema estrutural em betão armado	22
Figura 2: Representação esquemática de um sistema estrutural com lajes maciças.	30
Figura 3: Direcção das Armaduras	24
Figura 4: Armadura positiva da laje maciça.....	32
Figura 5: Armadura negativa da laje maciça.....	32
Figura 6: Betonagem de lajes Maciças.....	33
Figura 7: composição das lajes aligeiradas	34
Figura 8: Armacao das vigotas da Laje aligeirada trelicada	26
Figura 9: Vigota treliçada.....	27
Figura 10: forma da abobadilha de betão leve	28
Figura 11: Tabela de fabricação de enchimento de betão leve.	28
Figura 12: Blocos de aligeiramento cerâmicos	29
Figura 13: Situação não recomendada para comprimentos maiores que 2 metros	36
Figura 14: Situação recomendada para comprimentos até 4 metros	36
Figura 15: Situação recomendada para comprimentos maiores que 4 metros	37
Figura 16: Processos de escoramento de Lajes aligeiradas.....	37
Figura 17: Processos de escoramento metálico de Lajes aligeiradas	38
Figura 18: Abobadilha como cofragens perdidas.....	39
Figura 19: Armaduras longitudinais armadas perpendicularmente as vigotas.....	39
Figura 20: Processo de implantação de tarugos em lajes aligeiradas.....	39
Figura 21: Armaduras da Lajeta em solução aligeirada.....	40
Figura 22: Sequencia para retirada de escoramento em lajes biapoiadas.	42
Figura 23: Sequencia para retirada de escoramento em lajes em consola	42
Figura 24: planta de piso e distribuição dos espaços do edifício sito no Bairro Sampene, Cidade de Quelimane.....	53

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Comparativo do volume de betão para os dois sistemas de lajes	59
Gráfico 2: Comparativo da taxa de armadura executada na obra para os dois sistemas de lajes...	59
Gráfico 3: – Comparativo do custo do betão da laje maciça x Laje Aligeirada.....	59
Gráfico 4: Comparativo do custo do aço da laje maciça x Lajes aligeiradas	60
Gráfico 5: Comparativo do custo do aço da laje maciça x Lajes Aligeiradas.....	60
Gráfico 6: Comparativo de custos totais	60

Lista de abreviaturas e siglas

Adist - área da secção de uma armadura de distribuição;

As – área da secção de uma armadura ordinária;

b- Base;

\emptyset – Diâmetro de um varão, fio ou cabo;

Cm- unidade centimetro;

d – altura útil da laje;

e – espessura do contrapiso;

fcd – valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão;

Fck- Resistencia caracteristica do betao a compreensao;

h – altura da laje (m);

m- metro;

m³- metro cubico;

mm- Milímetro;

p-Passo;

P- carga permanente;

q- carga variável;

Msd – valor de cálculo do momento flector actuante;

Abreviaturas

Abnt- Associação brasileira de normas técnicas;

A400 – designação do tipo de armadura ordinária;

B25 – designação da classe do betão;

ELU - estado limite último;

ELS – estado limite de serviço;

INAE instituto nacional de estatística;

Kg – Kilograma;

kN –Kilonewton;

MZM- metical Mocambicano;

P. UNIT – Preço unitário;

QUANT – Quantidade;

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

RSA – Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes;

UN – Unidade;

Mpa – Megapascal;

kN –Kilonewton

Índice

Capítulo I.....	17
1. Introdução	17
Capítulo II.....	20
2. Revisão de literatura	20
2.1. Marco conceptual	20
2.1.1. Análise Comparativa	20
2.1.2. Custos e Benefícios	20
2.1.3. Sistemas Construtivos.....	21
2.1.4. Laje de betão armado.....	21
2.1.5. Orçamentos na construção civil.....	22
2.2. Desenvolvimento circunstancial	22
2.2.1. Prescrições normativas	22
2.2.2. Nervuras.....	24
2.2.3. Abobadilhas	27
2.3. Marco teórico	28
2.3.1. Laje maciça.....	28
2.3.2. Lajes aligeiradas	33
2.3.3. Impactos ao meio ambiente na construção sustentável	42
2.3.4. Levantamento quantitativo	45
2.3.5. Mão-de-obra	46
2.3.6. Composição de custos	46
2.4. Marco referencial	46
Capítulo III.....	48
3. Metodologia	48
3.1. Tipo e desenho de pesquisa	48
3.2. População e Amostra.....	49

3.3.	Técnicas e Instrumentos de recolha de dados	49
3.4.	Procedimentos administrativos	49
3.4.1.	Análise de viabilidade do estudo proposto e Recolha de dados no espaço delimitado 49	
3.4.2.	Avaliação e levantamento dos consumos e materiais.....	50
3.4.3.	Levantamento dos custos através de Mapa de quantidades.....	50
3.4.4.	Comparação dos resultados	50
3.4.5.	Análise final e conclusões	50
3.5.	Apresentação do estudo de caso	51
3.5.1.	Planta do edifício	52
	Capítulo IV	53
4.	Resultados	53
4.1.	Etapa qualitativa.....	53
4.2.	Etapa Quantitativa	54
	Capítulo V.....	60
5.	Discussão	60
5.1.	Etapa qualitativa.....	60
5.2.	Etapa Quantitativa	62
	Capítulo VI	64
6.	Conclusão.....	64
	Referências bibliográficas	66
	Apêndices	68

Capítulo I

1. Introdução

As edificações se desenvolveram ao longo da história, partindo de abrigos rudimentares feitos com galhos de árvores, adubos e pedra, até chegar às construções sofisticadas atuais, construídas em betão, aço e vidro. No decorrer da evolução da tecnologia da construção, permaneceu constante a presença de algum sistema estrutural capaz de suportar as forças da gravidade, do vento, de sismos e etc.

Diante desse avanço da tecnologia e a competitividade do mercado em diversas áreas, inclusive na construção civil, faz com que os profissionais busquem cada vez mais a otimização de processos e, conseqüente, redução do custo. Dessa forma, os projectistas estruturais de betão armado, devem acompanhar a constante evolução dos processos construtivos.

Enquanto as estruturas eram construídas com vãos relativamente pequenos e sujeitas apenas a cargas distribuídas, o emprego de lajes maciças convencional não acarretava maiores problemas, todavia, à medida que os vãos aumentaram, a utilização desse sistema tornou-se antieconómico.

Actualmente, as empresas investem em novas técnicas tentando reduzir os desperdícios e os custos que envolvem a construção do empreendimento. Isso aplicado ao sistema de lajes torna imprescindível num estudo mais detalhado da estrutura que será utilizada, pois dependendo da redução dos materiais empregados e da quantidade de pavimentos poderá proporcionar vantagens económicas e financeiras consideráveis, sendo não somente pelo lado da economia de materiais, mas também pela rapidez do método construtivo.

Diante dessa e de outras necessidades surgiram novas soluções estruturais, como por exemplo, as lajes Aligeiradas, lajes fungiformes, que melhoram as condições de execução, utilização, qualidade e durabilidade de um edifício.

A Necessidade de estudo deste tema, surge na medida em que se procura encontrar a melhor opção para o projecto estrutural adoptado para análise, levando em consideração o que representa o melhor custo/benefício.

A escolha de determinado sistema estrutural para a constituição de um espaço envolve uma série de variáveis, que vão desde questões muito concretas como custos, mão-de-obra

disponível, prazos e etc. bem como questões delicadas, como valores sociais, culturais e até mesmo sensações e percepções.

A avaliação da viabilidade da execução de determinado sistema estrutural pode ser realizada por alguns aspectos, como o tempo de execução onde geralmente se tem um retorno financeiro mais rápido quanto menor o tempo de execução, o custo total factor que pode gerenciar melhor a obra variando o tempo de execução conforme a disponibilidade de recursos, os materiais e técnicas disponíveis visto que há uma ampla gama de opções, além da complexidade da arquitectura, factor que pode ser limitante a alguns tipos de solução estrutural, devido a vãos demasiadamente extensos, balanços, entre outros. Diante deste facto, apresenta-se o seguinte problema de investigação: Quais são os Custos/Benefícios mediante os Processos Construtivos de Laje Aligeirada Comparativamente a Lajes Maciça na Cidade de Quelimane, no período de 2021-2022, para cobertura de betão?

Com Base no problema de investigação apresentado e as eventuais causas se estabelecem as seguintes hipóteses: (i) Os Custos/Benefícios mediante os Processos Construtivos de Lajes Aligeiradas serão mais elevados, comparativamente as Lajes Maciças na Cidade de Quelimane; (ii) Os custos/benefícios mediante os Processos construtivos Lajes Aligeiradas não serão mais elevados, comparativamente as Lajes Maciças na Cidade de Quelimane.

O presente trabalho tem como objectivo geral: Analisar os Custos/Benefícios mediante os Processos Construtivos de Lajes Aligeiradas comparativamente as Lajes Maciças na Cidade de Quelimane, cujo os objectivos específicos são: (i) Identificar os custos/Benefícios de cada modelo; (ii) Avaliar quantitativamente os materiais empregados, verificando-se volumes de formas, betão e aço para os diferentes modelos estruturais; (iii) Identificar qual o impacto que a execução dos dois modelos apresentados, causam ao meio ambiente.

Diante disto, Procura-se apontar qual a relevância de um estudo dos custos/benefícios das Laje Aligeirada comparativamente a Lajes Maciça para esta edificação, este, que pode servir como subsídio inicial para a escolha de um modelo que apresente melhor a relação custo/benefício para os dois modelos estruturais distintos (modelo estrutural de lajes maciças e modelo estrutural de lajes Aligeiradas).

O estudo Justifica-se ao facto deste ser actual e relevante, pois este é um fenómeno que tem-se deparado no dia-a-dia em maior parte das construções na Cidade de Quelimane, sendo tendencioso adoptar procedimentos construtivos habituais, já não tão antiquados em vez dos novos procedimentos.

A escolha do tema também justifica-se por estar ligado a área de formação, não só, mas também por se estar vivenciando tempos de grande crise financeira, onde se procura formas de desenvolvimento que sejam de baixo custo, mas que apresentem benefícios a altura a modernização.

No contributo social, o estudo é relevante na medida em que poderá servir como subsídio inicial para a escolha de um modelo que apresente melhor a relação custo/benefício para os dois modelos construtivos distintos (modelo convencional de lajes maciças e o modelo convencional de lajes Aligeiradas).

No âmbito profissional, a pesquisa se faz relevante na medida em que contribuirá ao engenheiro, na decisão de adopção de um sistema construtivo de lajes em relação ao outro, levando em consideração os aspectos técnicos, os aspectos económicos, de funcionalidade e a demanda existente.

Quanto ao contributo científico/académico, o estudo é relevante para a comunidade científica e, estudantes e investigadores na área da Engenharia civil na medida em que irá contribuir para o aprofundamento da literatura, mostrando uma pesquisa descritiva, dinâmica e dando dados estatísticos. Servira também de fonte de consulta de trabalhos futuros.

A presente monografia apresenta-se estruturada por seis capítulos. No capítulo I são trazidas as notas introdutórias, problematização, delimitação do tema, justificativa, objectivo geral, objectivos específicos e Hipóteses. No capítulo II, encontra-se a apresenta-se a revisão da literatura onde enunciam-se todas as teorias relativas ao tema em análise e sua contextualização. No capítulo III, são apresentados os procedimentos metodológicos. No capítulo IV são apresentados os resultados da pesquisa. No capítulo V, encontra-se a discussão acerca dos resultados apresentados. No Capítulo VI, apresentam-se a conclusão, deixam-se as sugestões ou propostas que se julgam imprescindíveis para a resolução da problemática estudada, culminando com a apresentação das referências bibliográficas usadas para o subsídio do presente tema e trabalho em estudo.

Capítulo II

2. Revisão de literatura

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Análise Comparativa

Segundo Fachin (2002:04) A análise comparativa consiste em investigar coisas ou factos e explicá-los segundo suas semelhanças e suas diferenças. Permite a análise de dados concretos e a dedução de semelhanças e divergências de elementos constantes, abstractos e gerais, propiciando investigações de carácter indirecto.

Dias (2005:185) conceitualiza a análise comparativa como:

(...) Busca das semelhanças; pela indução chega-se ao geral – o geral é o que é comum, o que se repete; produz-se a categoria geral por generalização. Se, por esse procedimento, constroem-se os conceitos científicos; se, por esse procedimento, definem-se os fenómenos gerais; então, por esse procedimento retêm-se o essencial, o fundamental. (...)

2.1.2. Custos e Benefícios

Para Leone (2000:37), custos são o consumo de um factor de produção, medido em termos monetários para a obtenção de um produto, de um serviço ou de uma actividade que poderá ou não gerar renda.

Martins (2001:24) refere-se a custos como um gasto relativo a bem ou serviço utilizado na produção de outros bens ou serviços, isto é, são os gastos no momento da utilização dos factores de produção (bens e serviços), para a fabricação de um produto ou execução de um serviço.

Conceitualizando em torno da engenharia de custos de construção civil, Dias (2004:14) cita que:

(...) É a área da engenharia onde princípios, normas, critérios e experiência são utilizados para resolução de problemas de estimativa de custos, avaliação económica, de planeamento e de gerência e controle de empreendimentos. Concretamente seus alvos são os serviços de construção, focalizando a dinâmica de processos, que correspondem a fluxos de materiais (consumos) e de trabalho (produtividade e produção), fluxos financeiros, no tempo e no espaço, atendendo às necessidades da tecnologia de construção (...)

Ainda Segundo Dias (2004:14) a engenharia de custos não termina com a previsão de custos de investimentos, prossegue, necessariamente na fase de construção, com o mesmo

rigor, através do planejamento, controle, acompanhamento de custos e definição dos custos de manutenção das mesmas

Segundo Ribeiro (2008:41), os benefícios de construção apresentam-se desde a contribuição ao meio ambiente, além disso, pode-se mencionar a melhoria da saúde e na qualidade de vida, ou seja, são construções sustentáveis são viáveis ambientalmente, economicamente e socialmente.

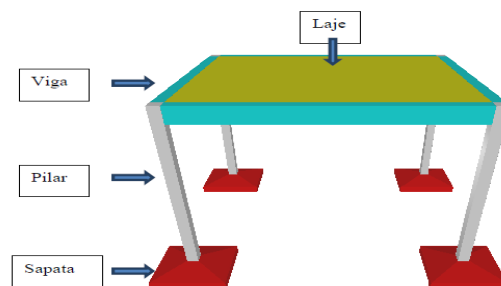
2.1.3. Sistemas Construtivos

De acordo Warszawski (1977:29), ao afirmar que um sistema estrutural é caracterizado por possuir os seguintes atributos que deverão estar muito bem definidos: uma tecnologia de produção (dos componentes e elementos); um projecto do produto (o edifício) e uma organização de produção (do edifício).

Do mesmo modo Schmid & Testa (1969:213) compõe um sistema construtivo a partir de três estruturas essenciais, as estruturas organizacional, técnica e de projecto.

De ponto de vista de Sabbatini (1989:19), sistema Construtivo é um processo construtivo de elevados níveis de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo.

Figura 1: Esquema estrutural em betão armado



Fonte: Google (2022)

2.1.4. Laje de betão armado

A laje de betão armado é definida segundo Leet, et al, (2010:12) como:

(...) Aquelas usadas normalmente como pisos em prédios e pontes ou como paredes de tanques de armazenamento, as lajes caracterizam-se por serem elementos planares com espessuras pequenas se comparadas às outras dimensões. Seu comportamento depende de como estão dispostos os apoios das bordas, podendo ser apoiadas em bordas opostas

(flexão de curvatura simples) ou apoiadas em torno das bordas (flexão de curvatura dupla) (...)

Em meio desta, Bastos (2015:30) define laje de betão armado como:

(...) Responsáveis por receber a maior parte das acções aplicadas numa edificação, provenientes dos mais variados tipos como por exemplo, de pessoas, revestimentos (pisos), paredes, móveis, variando com a finalidade de uso definido pelo tipo arquitectónico. Geralmente as cargas actuam perpendicularmente às lajes, de forma distribuídas na área (peso próprio, revestimento, etc.), distribuídas linearmente ou ainda de forma concentrada (pilares apoiados sobre a laje). De maneira geral, as acções são transmitidas para as vigas de apoio nas bordas das lajes, mas também podem ser transmitidas directamente para os pilares, no caso das lajes lisas ou fungiformes. (...)

2.1.5. Orçamentos na construção civil

De acordo com Leite (2022:33).Orçamento é

(...) A parte de um plano financeiro estratégico que compreende a previsão de receitas e despesas futuras para a administração de determinado exercício, aplica-se tanto ao sector governamental quanto ao privado, pessoa jurídica ou física. “O Orçamento é o cálculo dos custos para executar uma obra ou um empreendimento, quanto mais detalhado, mais se aproximará do custo real” (...)

Por meio do orçamento, conforme afirma Leite (2022:33), é possível analisar a viabilidade económico-financeira do empreendimento, efectuar o levantamento dos materiais e dos serviços e mão-de-obra, necessários para cada etapa de serviço”, elaborar o cronograma físico e efectuar o acompanhamento sistemático da aplicação da mão-de-obra e materiais no empreendimento.

2.2. Desenvolvimento circunstancial

2.2.1. Prescrições normativas

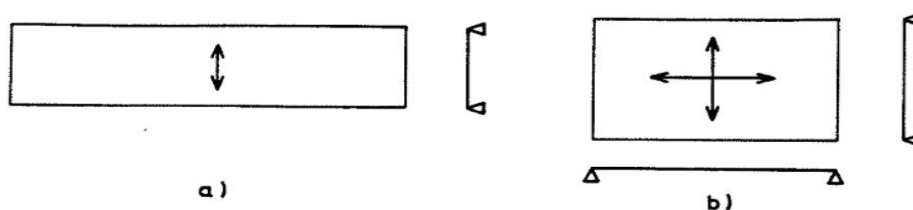
Segundo o REBAP, As espessura das lajes maciças não deve ser inferior aos valores seguintes:

- 5 Cm, No caso de Lajes de terraços não acessíveis, definidos de acordo com o RSA;
- 7 Cm, no caso de Lajes submetidas principalmente a cargas distribuídas;
- 10 Cm, no caso de Lajes submetidas principalmente a cargas concentradas relativamente importantes;
- 12 Cm, no caso de Lajes submetidas a cargas concentradas muito importantes;
- 15 Cm, no caso de lajes apoiadas directamente em pilares.

Uma classificação importante das lajes é no que diz respeito à direcção ou direcções da armadura principal. Dessa forma, pode-se classificar as lajes maciças em duas categorias: laje armada em uma direcção e laje armada em duas direcções.

Caio (2014:19), aponta que quando a relação entre o maior vão e o menor for menor ou igual a dois, a laje será armada em duas direcções, pois ela “trabalha em duas direcções. A Equação e a Figura abaixo demonstram essa colocação:

Figura 2: Direcção das Armaduras



Fonte: Caio (2014)

$$\lambda = \frac{l_y}{l_x} \leq 2$$

Onde:

l_y = maior vão;

l_x = menor vão.

As acções solicitantes nas lajes maciças devem ser determinadas sempre atendendo e avaliando de forma cuidadosa as particularidades de cada projecto. Mas, de forma geral, as acções que devem ser consideradas em projecto se dividem em dois grupos: acções permanentes (p) e acções variáveis (q).

As principais acções permanentes actuantes nas lajes são: peso próprio, contrapeso, revestimento do teto, piso e eventuais paredes.

A verificação da segurança das estruturas de betão armado e pré-esforçado deve ser efectuada de acordo com os critérios gerais estabelecidos no RSA e tendo em conta as disposições do REBAP. A verificação de segurança dos pavimentos devera ser efectuada em relação ao Estados Limites Últimos de Resistência e em relação aos Estados Limites de Utilização: de Fendilhacção e de Deformação, conforme os critérios definidos no regulamento RSA e REBAP.

Quanto ao comportamento em caso de incêndio, os materiais constituintes dos pavimentos (quer os seus componentes prefabricados quer o betão complementar) devem ser da classe de reacção ao fogo M0 (não combustíveis).

No que se refere à resistência ao fogo estes pavimentos deverão ser classificados, no mínimo, nas seguintes classes:

- CF30 desde que apresentem um revestimento na face inferior com uma espessura mínima de 15 mm de argamassa de cimento de areia ou de cimento, cal e areia;
- CF60 desde que apresentem um revestimento na face inferior com uma espessura mínima de 15 mm de argamassa de cimento e agregados leves (vermiculite, perlite ou fibras minerais).

No caso de edifícios de habitação as exigências a satisfazer são as que constam no Regulamento de Segurança contra Incêndio em Edifícios de Habitação.

Quanto ao índice de isolamento sonoro de sons aéreos, Ia, dos pavimentos acabados, isto é, incluindo revestimentos de tecto e de piso ligados rigidamente ao pavimento, dependem da sua massa.

2.2.2. Nervuras

De acordo com Bastos (2015:36), a armadura da nervura tem:

(...) A forma de uma treliça espacial. Nas treliças, o banzo inferior é composto por duas barras e o banzo superior é composto por uma barra. Estes são unidos por barras diagonais inclinadas soldadas por electrofusão, responsáveis por dar rigidez ao conjunto e aumentar a resistência aos esforços cortantes, além de melhorar o transporte e manuseio das peças acabadas (...)

As lajes aligeiradas com treliças pré-moldadas são compostas basicamente por: vigotas treliçada (nervuras), elemento de enchimento ou abobadilha (diminui o uso de betão e serve como forma para o sistema), capa de betão (Lajeta) (responsável por resistir aos esforços de compressão), armadura de distribuição (malha) e eventual armadura de reforço (armadura positiva adicional ou eventual armadura negativa).

Diante disto Sabbatini (1989:37), cita que, as vigotas são dispostas em uma única direcção, normalmente a do menor vão. Dessa forma, essas lajes podem ser consideradas armadas em uma direcção (lajes unidireccionais). Estas vigotas ou nervuras treliçadas são constituídas por:

a) Armação das lajes treliçadas

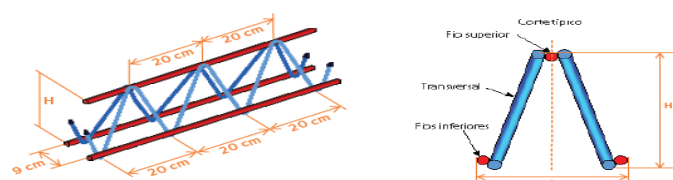
A armação treliçada é uma estrutura metálica espacial prismática em que se utilizam de varões de diâmetro 6 ($\varnothing 6$), Soldados por eletrofusão ou caldeamento, de modo a formar um elemento rígido composto de duas treliças planas, inclinadas e unidas pelo vértice superior.

É constituída por um fio superior (banzo superior), que atua como armadura de compressão durante a montagem e betonagem da laje treliçada, e pode colaborar na resistência ao momento flector negativo (em regiões de apoio central); dois fios inferiores (banzo inferior), os quais resistem às forças de tracção oriundas do momento flector positivam; as diagonais ou sinusóides, que, além de funcionarem como armadura resistente às forças cortantes (quando forem altas), servem para promover uma perfeita coesão ou aderência entre o betão pré-moldado da vigota e o betão do capeamento (moldado in loco).

Quanto às dimensões, ela possui altura, base, passo, saliência inferior, comprimento e diâmetro dos fios. A altura (h) é a distância entre a superfície limite inferior (face inferior da saliência inferior) e a superfície limite superior (banzo superior), perpendicular à base e no eixo da seção treliçada, dada em mm. A base (b) é a distância entre as faces externas entre os fios que compõem o banzo inferior, dada em mm, e mede entre 80 e 120 mm. Passo (p) é a distância entre eixos dos nós entre os aços que compõem a armação treliçada, dada em mm, e tem $s20$ cm. A saliência inferior é a distância entre a face inferior do banzo inferior e a superfície limite inferior da armação treliçada.

São produzidas em três comprimentos: 8, 10 e 12 metros, pois a partir desses valores é possível obter os comprimentos de vãos mais comuns em projetos.

Figura 3: Armação das vigotas da Laje aligeirada treliçada



Fonte: Google (2023)

b) Vigota treliçada e painel treliçado

É o conjunto formado pela armação treliçada, a ferragem adicional e a base de betão. É o produto final que deverá ser entregue pelo fabricante ao cliente, juntamente com o elemento de enchimento e um projecto de montagem.

Deve ser dimensionada para resistir aos esforços após a betonagem da laje, mas também deve ter a rigidez necessária para resistir ao transporte e à montagem.

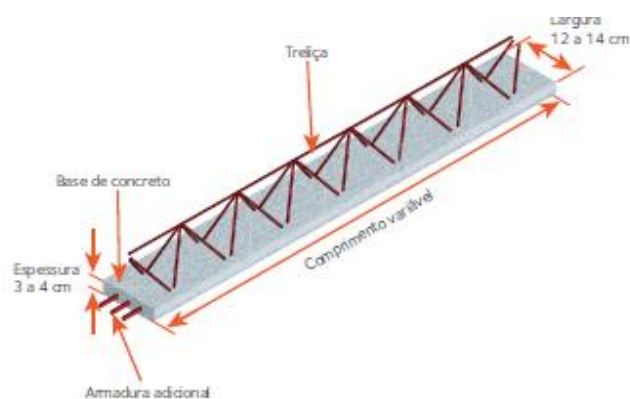
Nas fábricas de laje, as vigotas são moldadas em formas de chapas metálicas de 3 mm de espessura, dobradas tipo calha, com 12 ou 13 cm de base por 3 cm de altura. Geralmente, para pré-lajes, adopta-se a base de 25 cm, e para painéis, base de 1,25 metro. Os comprimentos desta vigota serão definidos em projecto e fornecidos ao fabricante para que sejam produzidos no tamanho exacto.

Devem ser montadas sobre cavaletes, formando, assim, uma pista de betonagem que deve ficar no mínimo a 40 cm do chão, facilitando o lançamento do betão, a desforma e a retirada das vigotas. As formas devem estar sempre limpas e sem rebarbas, devendo ser protegidas com óleo antiaderente (desmoldante) antes de cada betonagem. Devem-se seguir estes procedimentos para evitar que as vigotas sejam danificadas quando forem retiradas.

Deve-se garantir que ao menos 50% da armadura positiva chegue até o apoio e tenha um comprimento suficiente para uma correta ancoragem. Isto é muito importante, pois significa ter uma boa aderência entre o aço e o betão, evitando, assim, que haja qualquer tipo de escorregamento do aço dentro do betão, garantindo a transferência de esforços entre os dois materiais.

O betão utilizado nessa base deve atender às especificações das normas e sua resistência à compressão será no mínimo de 20 Mpa ou aquela especificada no projecto estrutural, prevalecendo o valor mais alto. Utilizando-se um betão com fck da ordem de 20 Mpa, podem-se retirar as vigotas das formas 16 horas depois da betonagem, quando o betão já deverá ter atingido 4 Mpa.

Figura 4: Vigota treliçada

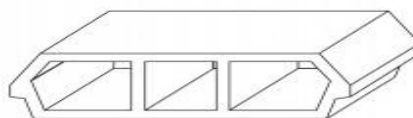


Fonte: Silva (2005)

2.2.3. Abobadilhas

De acordo com Cruz (2018:26), o bloco de aligeiramento, designado vulgarmente como abobadilha é normalmente a solução mais utilizada em lajes de edifícios habitacionais pois confere boa resposta mecânica, facilidade e rapidez de execução em obra. Como o nome sugere, é um material que se perde, pois fica embebido na laje entre as nervuras.

Figura 5: forma da abobadilha de betão leve



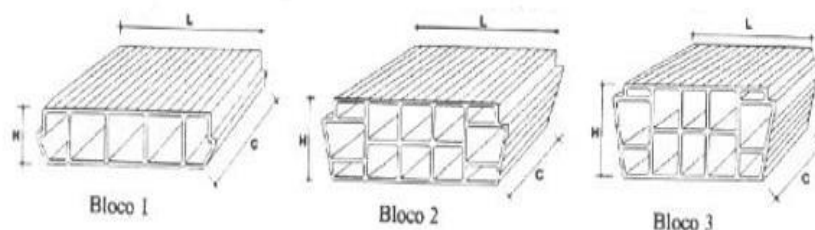
Fonte: Cruz (2018)

Ainda segundo Cruz (2018:26), existem três blocos de aligeiramento mais comumente utilizados:

- Blocos de betão;
- Blocos de betão leve;
- Blocos cerâmicos (ou abobadilhas cerâmicas).

Estes blocos são 25% mais leves que os de betão tradicional o que lhes confere maior facilidade de uso em obra. Outra vantagem destas peças é o seu maior desempenho no isolamento térmico e acústico. A única desvantagem que lhe está associada é o preço elevado em relação aos outros tipos de blocos de aligeiramento.

Figura 6: Tabela de fabricação de enchimento de betão leve.

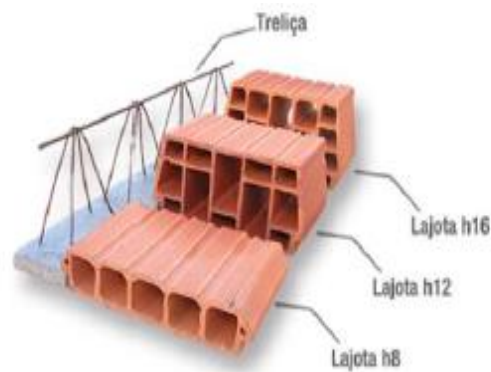


BLOCO	L (cm)	H(cm)	C (cm)
1	25 ou 30	7 ou 8	18,19 ou 20
2	25 ou 30	10	18,19 ou 20
3	25 ou 30	12	18,19 ou 20

Fonte: Cruz (2018)

Os blocos de aligeiramento cerâmicos ou vulgarmente chamados de abobadilhas cerâmicas são os mais usuais em construções cujas lajes são nervuradas unidireccionalmente como é o caso de moradias ou edifícios de pouca exigência qualitativa (estrutural, acústica e/ou térmica). Comummente encontrados em edifícios antigos pois hoje em dia este material tem caído um pouco em desuso sendo os blocos de betão os seus substitutos.

Figura 7: Blocos de aligeiramento cerâmicos



Fonte: Cruz (2018)

2.3. Marco teórico

2.3.1. Laje maciça

De acordo com Bastos (2015:30), comenta que, a laje maciça é assim denominada pelo facto de:

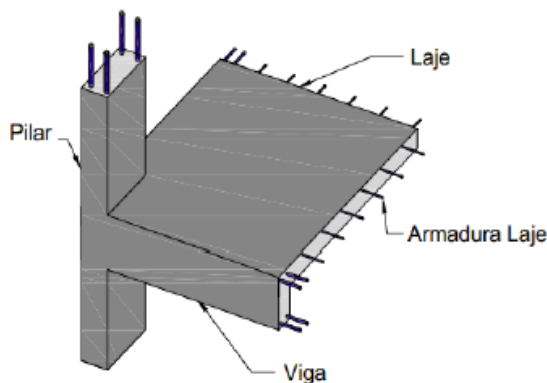
(...) Toda a sua espessura ser composta por betão, contendo também armadura longitudinal disposta e dimensionada adequadamente e eventual armadura transversal. Geralmente contém vigas como elementos de apoio e de definição de abrangência, sendo este o sistema convencional laje-viga. (...)

Caio (2014:18), destaca que:

(...) A distribuição das acções em todas as vigas de contorno, é uma das principais características das lajes maciças (sistema convencional laje-viga). Como consequência desta, há melhor aproveitamento das vigas de modo que todas elas apresentam, em última análise, cargas de mesma ordem de grandeza, gerando assim maior uniformidade destes elementos estruturais. (...)

Segundo Caio (2014:18), conforme figura abaixo ilustra, sistema convencional de estruturas de betão armado é aquele que pode ser constituído por lajes maciças, vigas e pilares, sendo que as lajes recebem os carregamentos oriundos da utilização, os quais são transmitidos para as vigas, onde estas descarregam seus esforços aos pilares e esses às fundações.

Figura 8: Representação esquemática de um sistema estrutural com lajes maciças.



Fonte: Caio (2014)

A betonagem de lajes maciças é comumente realizada em conjunto com as vigas, de tal forma que fique definido um único elemento laje-viga. Para efeito de cálculo, desconsidera-se essa ligação monolítica, admitindo que as lajes estejam apoiadas nas vigas. Barbieri (2016:43).

2.3.1.1. Vantagens da Laje Maciça

De acordo Caio (2014:19), Como vantagens de pavimentos em lajes maciças podem-se citar os seguintes itens:

- Existência de muitas vigas formando pórticos, que acabam garantindo uma rigidez à estrutura de contraventamento;
- Facilidade de lançamento e adensamento do betão;
- Por ser um dos sistemas mais utilizados nas construções de betão, a mão-de-obra treinada facilita a execução da obra;
- Possibilidade de descontinuidade em sua superfície;
- Atende tecnicamente bem aos casos de vão e cargas, em que a solução implique em lajes com alturas menores ou iguais a 15 cm de altura acabada;
- Oferece funções de placa e membrana;
- Pode ser considerada uni ou bidireccional;

2.3.1.2. Desvantagens da Laje Maciça

Como desvantagens dos pavimentos formados por lajes maciças, Caio (2014:20), cita os seguintes itens:

- Grande consumo de formas e escoramento;

- Uma grande quantidade de vigas, deixando a forma do pavimento muito recortada, diminuindo a produtividade da construção;
- Possui peso próprio bastante elevado, acarretando em maiores solicitações dos elementos estruturais (vigas, pilares e fundações);
- Grande consumo de betão e aço para vãos grandes;
- Tempo de execução das formas e tempo de desforma muito grandes;
- Estrutura moldada in loco, e isso onera significativamente os custos de mão-de-obra;
- Limitação quanto a sua aplicação a grandes vãos, devido a demanda de espessuras muito grandes de betão exigido para esta situação;
- Custo relativamente elevado, se comparado a outros sistemas.

2.3.1.3. Processo construtivo de lajes maciças

No sistema convencional de lajes maciças encontram-se os seguintes passos para a produção da estrutura, considerando que os pilares já estejam betonados. Para esse processo construtivo foi utilizada os passos de Caio (2014:20):

a) Montagem das formas de lajes

A primeira etapa é a preparação do escoramento, que segundo Correa (2011:14) tem por função transmitir a carga ao solo sem deformar a estrutura. Basicamente são utilizados três tipos de escoras: pontaletes de madeira de secção quadrada, escoras de eucalipto com diâmetros médios de 10 cm, e escoras metálicas, sendo estas, em geral, locadas. Quando as escoras forem posicionadas directamente no solo, devem apoiar-se em bases de madeira, cuja dimensão deve ser inversamente proporcional à resistência do solo. O espaçamento entre as escoras é usualmente de 50 cm para as de madeira e 100 centímetros para as metálicas.

O escoramento deve ser projectado e executado para suportar o seu próprio peso, o peso da estrutura e das cargas acidentais que possam actuar durante o processo construtivo evitando as deformações prejudiciais não previstos no projecto.

As formas podem ser constituídas de madeiras, tábuas, chapas compensadas ou chapas de aço e vão servir como base até que o betão atinja a resistência especificada. As escoras das formas também podem ser constituídas de madeira ou metal.

Após toda a estrutura de escoramento e barroteamento montada e travada, inicia-se a colocação dos painéis de assoalho, segundo Correa (2011:14) os painéis são colocados lado a lado e pregados nas vigas secundárias (travessas).

b) Colocação das armaduras

Na montagem das armaduras positivas e negativas na forma, segundo Correa (2011:15), primeiro ocorre o posicionamento das armaduras positivas com seus espaçadores, que evitam o contacto entre elas e o fundo da forma, garantindo o recobrimento do aço, conforme (Figura 04). Depois são montadas as armaduras negativas, que se apoiam sobre “caranguejos” (pequenos cavaletes confeccionados com aço e que dão apoio à armadura garantindo seu posicionamento em relação à altura da laje) como indicado na Figura 09.

De acordo com Brandalise *et al.* (2015:31), as barras de aço devem possuir as dimensões de comprimento e dobramento que atendem as indicações do projecto respeitando suas tolerâncias.

Figura 9: Armadura positiva da laje maciça



Fonte: Correa (2011)

Figura 10: Armadura negativa da laje maciça



Fonte: Correa (2011)

Resumidamente, nessa fase são posicionadas as armaduras determinadas na fase de projecto, ou seja, armaduras principais, secundárias e espaçadores. Nessa fase também são adicionados os componentes eléctricos da edificação.

c) Processo de betonagem

Tendo finalizado toda a etapa da montagem da estrutura da forma da laje e feitas todas as verificações, faz-se a liberação para a etapa da betonagem. Segundo Brandalise *et al.* (2015:32) para a betonagem normalmente é utilizado betão feito in loco, respeitando todas as características do betão especificadas em projecto, como módulo de elasticidade, condições de lançamento, adensamento e cura devem ser atendidas para que se obtenha a durabilidade da estrutura.

Em Caio (2014:23), recomenda-se os seguintes procedimentos para o lançamento do betão nas vigas e lajes: Lançar o betão directamente sobre a forma da laje e espalhar com o auxílio de pás e enxadas.

De acordo com a Brandalise *et al.* (2015:32), o molde da forma deve ser preenchido de maneira uniforme, evitando o lançamento em pontos concentrados, que possa provocar deformação do sistema de formas. O betão deve ser lançado com técnica que elimine ou reduza significativamente a segregação entre seus componentes, observando-se maiores cuidados quanto maiores forem a altura de lançamento e a densidade da armadura.

Antes, faz-se a certificação de que as armaduras foram todas posicionadas, as formas devem ser limpas e molhadas e só assim deve ocorrer o lançamento do betão, realizando sempre os processos de nivelamento e adensamento.

Figura 11: Betonagem de lajes Maciças



Fonte: Autor

d) Cuidados da cura

Esse é um passo importante e que muitas vezes é esquecido nas obras. Em suma, deve-se realizar a protecção e hidratação do betão durante o processo de cura sempre que necessário.

e) Desforma

Posteriormente, as formas devem ser retiradas apenas quando o betão atingir a resistência mecânica de projecto, normalmente isso ocorre aos 28 dias.

2.3.2. Lajes aligeiradas

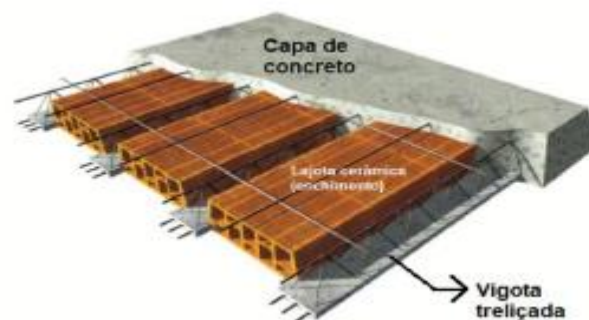
Segundo Caio (2014:24), as lajes aligeiradas podem ser:

(...) Moldadas no local ou compostas de nervuras pré-moldadas. A zona de tracção, região abaixo da linha neutra, constituída de nervuras, entre as quais pode-se adicionar material inerte ou não. No caso das lajes com nervuras treliça das pré-moldadas, os elementos de enchimento mais utilizados são o EPS (isopor), lajota cerâmica e bloco de betão leve. (...)

Diante destes conceitos, Carvalho & Figueiredo Filho (2014:61) acrescentam que:

(...) As lajes aligeiradas proporcionam uma redução no volume de betão total utilizado, ocasionando redução no peso próprio da estrutura devido aos vazios ou materiais leves inseridos na seção além de um melhor aproveitamento do aço e do betão, visto que há remoção do betão traccionado abaixo da linha neutra. (...)

Figura 12: composição das lajes aligeiradas



Fonte: Google (2023)

O sistema de lajes aligeiradas com nervuras treliçadas ou vigotas pré-esforçadas, originário da Europa, foi implantado buscando explorar e superar as limitações técnicas e económicas dos sistemas de lajes maciças utilizados até então, possibilitando diversas aplicações de maneira racional e competitiva e uma óptima relação custo-benefício.

As vigotas e painéis pré-moldados com armação treliçada, denominados de vigotas e painéis treliçados, permitem a perfeita solidarização das peças pré-moldadas com o betão moldado in loco e também apresenta maiores vantagens e facilidades construtivas. É crescente o interesse mundial pela utilização da armação treliçada com os mais diversos objectivos: em obras residenciais, industriais, comerciais, shopping centers, pontes, reservatórios, muros de contenção, entre outros.

2.3.2.1. Vantagens da Laje Aligeirada

De acordo com Botelho & marchetti (2015:38), a laje aligeirada tem vantagens, em especial quando comparada com a laje maciça, sendo estas as seguintes:

- Proporciona um isolamento térmico eficaz, permitindo o aproveitamento do sótão;
- Oferece uma significativa redução de custos de construção.
- Requer menos tempo de execução;
- Reduz o desperdício de betão e madeira e outras quebras de materiais;
- Permite a incorporação do isolamento térmico numa só operação de instalação;
- Reduz o peso da estrutura do edifício;
- Pela facilidade de instalação não exige mão-de-obra tão qualificada;
- Permitem uma qualidade uniforme devido à pré-fabricação.

2.3.2.2. Desvantagens da laje Aligeirada

Botelho & marchetti (2015:38), cita que a laje aligeirada apresenta as seguintes desvantagens:

- Esta laje foi pensada para ser utilizada como laje de piso ou de tecto, não estando preparada para aguentar sobrecargas não previstas nos cálculos do projecto, pelo que não permite grande liberdade arquitectónica. As sobrecargas podem gerar fissuras e outros danos estruturais.
- Pode apresentar menos resistência ao sismo, quando comparada com outras soluções;
- Por ter menos massa pode apresentar uma pior prestação ao nível do isolamento acústico.

- Resultam em alturas maiores aumentando a altura final do edifício ou de cada pé direito.

2.3.2.3. Processos construtivos de lajes aligeiradas

Com Leite (2022:27), narra que, a execução das lajes aligeiradas de betão armado moldadas “in loco” requer alguns cuidados, além de várias etapas como as descritas sucintamente ao seguir.

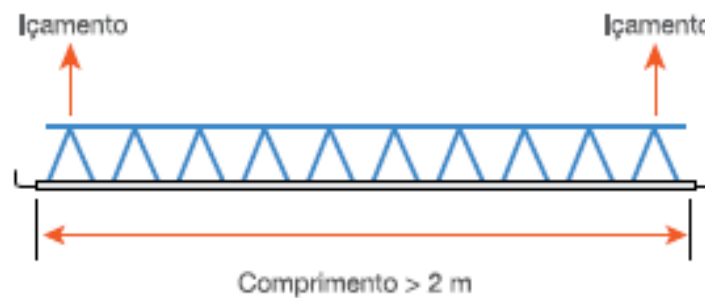
a) Transporte e Manuseio

No transporte, o posicionamento dos pontos de içamento das vigotas é fundamental para garantir a integridade dos fios superiores, pois são eles que irão garantir a autoportância ao sistema. É, portanto, desaconselhável transportar as vigotas pela extremidade.

O ideal é transportá-las de maneira que o içamento seja feito em dois pontos a $1/5$ do vão a partir da extremidade, ou em três pontos, sendo um no meio do vão e outros dois também a $1/5$ do vão, a partir da extremidade.

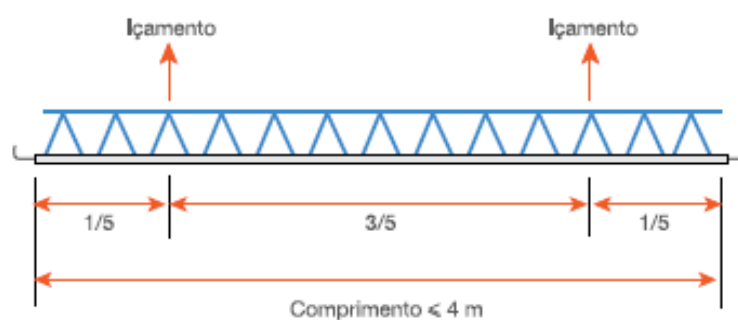
Outro cuidado é posicionar o içamento no encontro entre as diagonais e os fios superiores, como ilustra a figura abaixo

Figura 13: Situação não recomendada para comprimentos maiores que 2 metros



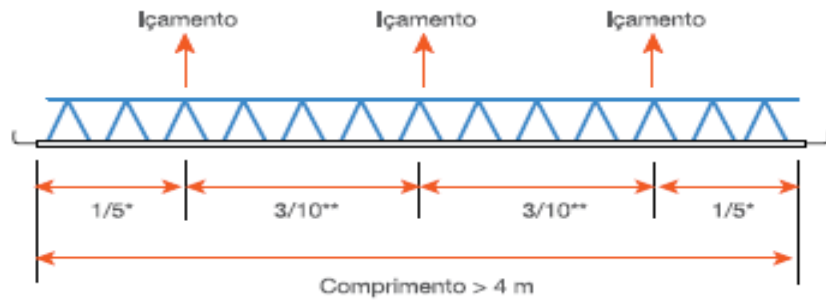
Fonte: Google (2022)

Figura 14: Situação recomendada para comprimentos até 4 metros



Fonte: Google (2022)

Figura 15: Situação recomendada para comprimentos maiores que 4 metros

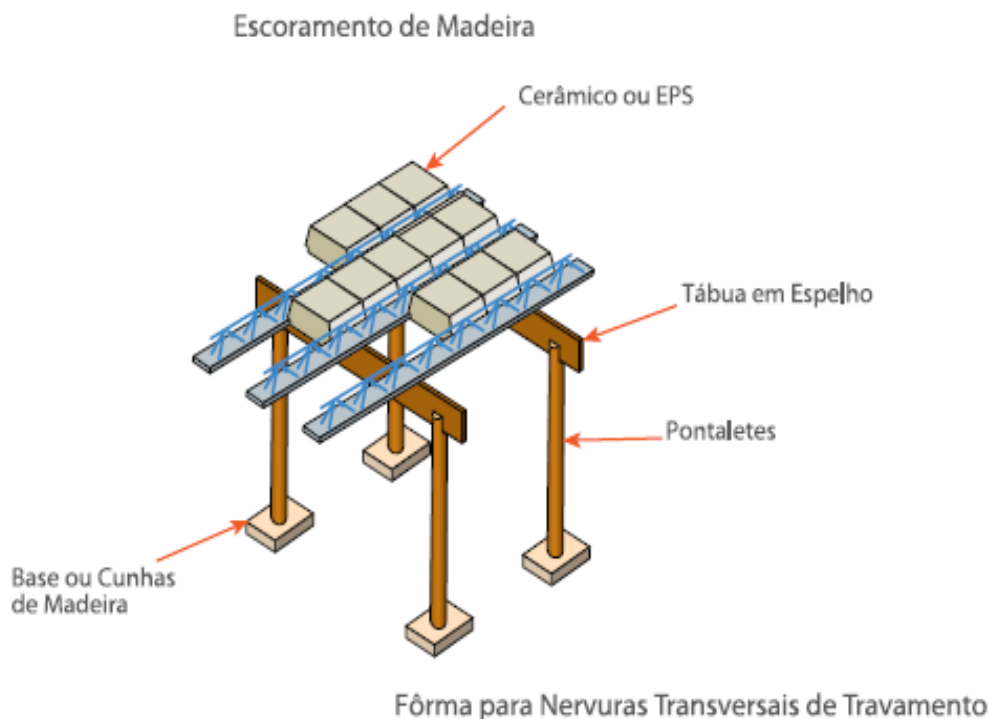


Fonte: Google (2022)

b) Escoramento

Antes da colocação das vigotas ou pré-lajes é necessário o correto posicionamento das linhas de escoras e formas para as nervuras transversais (se for o caso) às vigotas, de acordo com os detalhes abaixo.

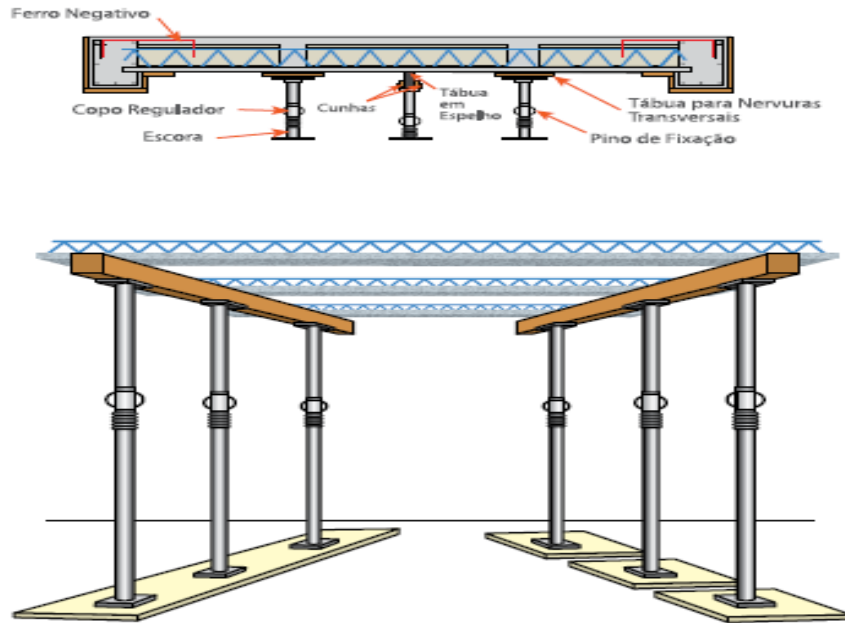
Figura 16: Processos de escoramento de Lajes aligeiradas



Fonte: Google (2022)

Para todo tipo de escoramento, certifique-se de que ele esteja apoiado sobre uma base firme e tenha a altura necessária para possibilitar a contra flecha da laje treliçada regulada através do copo regulador ou cunhas de madeira.

Figura 17: Processos de escoramento metálico de Lajes aligeiradas



Fonte: Google (2022)

c) Formas

As formas utilizadas no betão armado têm por finalidade a forma e sustentação ao betão armado antes que este atinja resistência suficiente para se auto suportar. Estas podem ser de diversos materiais, entre eles destacam-se: madeira, chapa de aço, fibra de vidro e blocos de betão ou cerâmicos.

O material a ser empregado nas formas depende de uma análise económica que deve levar em consideração: o tamanho da obra, o planeamento da obra com o prazo disponível para a execução, a quantidade de reaproveitamento das formas, a qualidade do material a ser empregada nas formas, a mão-de-obra disponível para execução, além do custo do material propriamente dito.

Actualmente nas construções de edifícios convencionais a solução mais rápida e económica adoptada tem sido os blocos de aligeiramento ou abobadilha, sendo que o bloco leve tem como vantagens o reduzido peso específico, ocorrendo assim uma redução no peso próprio da laje acabada e por consequente a redução das acções actuantes na estrutura.

Na realidade os blocos servem como uma forma perdida na laje, sem função de resistir a esforços, visto que, de modo geral sua resistência é muito baixa se comparada com o betão da mesa e nervuras.

Figura 18: Abobadilha como cofragens perdidas



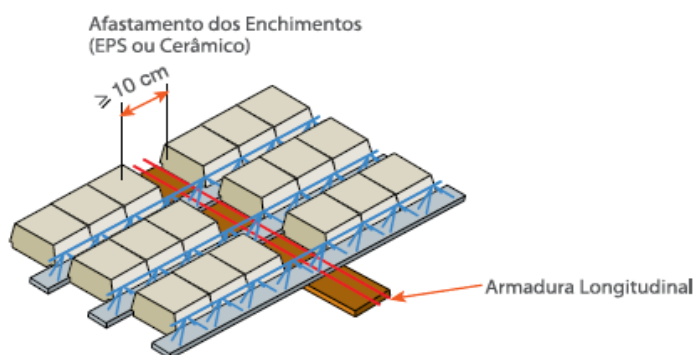
Fonte: Autor

Os blocos são colocados sobre plataformas, as quais são sustentadas pelos cimbramentos, devidamente contra ventados e apoiados em base firme. As plataformas e cimbramentos podem ser de madeira ou aço.

d) Nervuras transversais ou Tarugos

Os tarugos de contraventamento, No caso de lajes aligeiradas, adopta a colocação de nervuras secundárias de travamento, ortogonais às nervuras principais, quando o vão teórico for superior a 4 metros, e exigindo, no mínimo, duas nervuras se esse vão ultrapassar 6 metros

Figura 19: Armaduras longitudinais armadas perpendicularmente as vigotas



Fonte: Google (2022)

Figura 20: Processo de implantação de tarugos em lajes aligeiradas



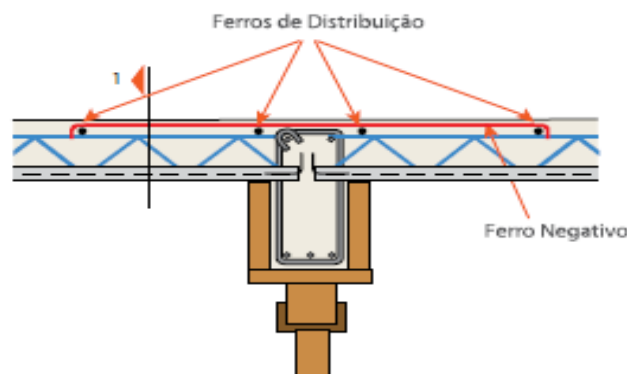
Fonte: Autor

e) Armaduras

Após a colocação dos blocos obedecendo-se os espaçamentos especificados em projecto, colocam-se as armaduras das nervuras com seus respectivos espaçadores, a fim de garantir-se o cobrimento necessário à boa protecção das armaduras contra corrosão.

Caso a laje possua armadura transversal (estribos) esta deve ser posicionada com seu devido espaçamento e fixada através de arames à armadura das nervuras evitando-se assim, que saiam de posição, quando da betonagem da laje. A armadura da mesa deve ser posicionada sobre os blocos, com os espaçamentos e cobrimentos convenientemente especificados no projecto.

Figura 21: Armaduras da Lajeta em solução aligeirada



Fonte: Google (2022)

f) Preparação e lançamento do betão

O betão das lajes Aligeirada deve possuir resistência característica mínima (f_{ck}) estabelecida no projecto da laje. Nos casos correntes esta resistência é da ordem de 25,0 mpa, mas há uma tendência crescente de aumentar-se esta resistência, principalmente com a adição de micro-sílica ao betão, o que permite uma redução nas dimensões das lajes e um conseqüente alívio das acções sobre a estrutura e as fundações.

Além disso o aumento da resistência, como a redução do factor água cimento com trabalhabilidade e consumo de cimento adequados atendem a tendência actual de se prever maior durabilidade às estruturas de betão armado.

Deve-se lançar o betão após o amassamento, não sendo permitido entre o fim deste e o lançamento, intervalo superior a uma hora, sendo que este prazo deve ser contado a partir do fim da agitação. O uso de retardadores de pega faz com que se possa dilatar este prazo, de acordo com as características do aditivo e as recomendações do fabricante.

A betonagem de uma laje aligeirada deve sempre que possível ser executada uma única etapa, evitando-se as juntas de betonagem. Quando isto não for possível deve-se garantir a solidarização na ligação entre o betão já endurecido com o novo, para isto deve-se na ligação remover a nata do betão endurecido e proceder a limpeza do local antes da nova betonagem, garantindo-se assim a boa aderência entre o betão. As juntas de betonagem devem localizar-se em regiões onde os esforços de flexão e cisalhamento são menores.

Recomenda-se a utilização de cruzetas de betão, no caso de lajes aligeirada com blocos, sendo que estas têm por finalidade manter o espaçamento dos blocos, garantido assim, as dimensões das secções transversais das nervuras.

g) Adensamento do betão

O betão das lajes aligeiradas deve sempre ser vibrado, a fim de garantir maior homogeneidade e redução do número de vazios, permitindo-se assim, que atinja-se a resistência mínima prevista em projecto. A vibração é feita com vibradores de imersão, manuseados por operários capacitados evitando-se a desagregação do material, e com dimensões compatíveis com a espessura das nervuras da laje.

h) Cura do betão

Enquanto o betão não atingir o endurecimento satisfatório, este deve ser protegido de agentes prejudiciais como: mudanças bruscas de temperatura, secagem rápida, chuva forte, água torrencial, agentes químicos, bem como contra choques e vibrações que possam produzir fissuração na massa do betão ou prejudicar sua aderência à armadura.

A reacção química de endurecimento do betão necessita de água; como parte da água presente no betão perde-se por evaporação no ambiente, para que a reacção se processe de maneira completa, garantindo-se assim, a resistência desejada, deve-se manter o betão permanentemente humedecido durante o período da cura, daí a necessidade de protecção contra a secagem prematura, no mínimo pelos 7 primeiros dias após o lançamento do betão, aumentando-se este mínimo quando a natureza do cimento assim exigir.

Além de manter – se a superfície do betão humedecida pode-se Protege-la com uma película impermeável evitando-se a evaporação.

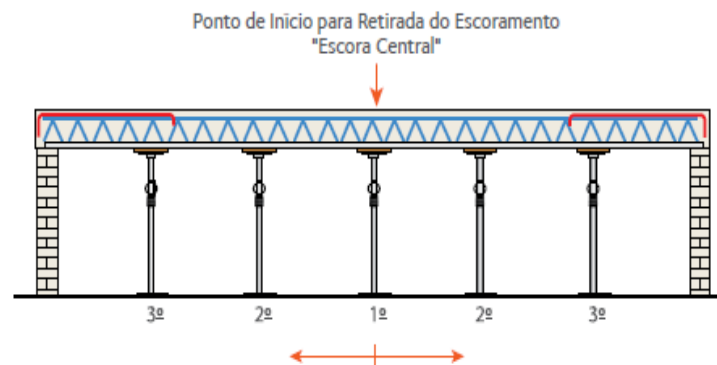
i) Descimbramento

A retirada das formas e escoramentos das lajes aligeiradas deve ser feita quando o betão se achar suficientemente endurecido para resistir às acções actuantes sobre a laje, e que estas não produzam deformações inaceitáveis, tendo em vista que o baixo módulo de deformação longitudinal do betão (e_c) nas primeiras idades, torna maior a probabilidade de deformação para o betão solicitado com pouca idade.

Se recomenda que a retirada das formas seja realizada, no mínimo 48 horas e os escoramentos 21 dias após a betonagem. No caso de edifícios de múltiplos pavimentos não deve-se betonar uma laje enquanto a laje do pavimento imediatamente inferior não estiver sem os escoramentos (no mínimo 21 dias), caso contrário a laje do pavimento inferior estaria sujeita há acções elevadas.

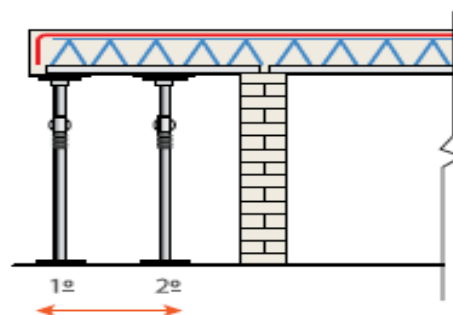
A retirada das formas e escoramentos deve ser efetuada sem choques à estrutura. No caso do emprego do cimento 42.5 (alta resistência inicial) a retirada das formas e escoramentos pode ser antecipada, em função da elevação da resistência inicial do betão, propiciada por este cimento.

Figura 22: Sequencia para retirada de escoramento em lajes biapoizadas.



Fonte: Google (2022)

Figura 23: Sequencia para retirada de escoramento em lajes em consola



Fonte: Google (2022)

2.3.3. Impactos ao meio ambiente na construção sustentável

Os impactos causados ao meio ambiente na construção civil especificam-se sob três tipos de impactos.

2.3.3.1. Impacto de dióxido de carbono

O dióxido de carbono é um composto químico, constituído por dois átomos de oxigénio e um átomo de carbono, a sua representação química é o símbolo CO₂. O gás dióxido de carbono (CO₂) foi descoberto pelo escocês Joseph Black em 1754. Penica (2012:07)

A emissão de dióxido de carbono verifica-se através da queima de combustíveis fósseis e mudanças do uso da terra (desmatamentos florestais e queimadas) impostas pelo homem. As libertações deste gás têm um papel fundamental nas alterações climáticas verificadas na Terra. O excesso de dióxido de carbono que actualmente é lançado para a atmosfera resulta da queima de combustíveis fósseis. Estes excessos são verificados no sector da indústria e dos transportes.

A concentração de dióxido de carbono na atmosfera começou a aumentar no final do século XVIII, quando ocorreu a revolução industrial. Isso verificou-se devido à introdução de novas energias muito poluentes como o carvão mineral e o petróleo. Penica (2012:07)

Desde a revolução industrial que a concentração de dióxido de carbono passou de 280 partes por milhão no ano de 1750, para as actuais 393 partes por milhão, representando assim a um aumento substancial, de aproximadamente 40 %. Penica (2012:07)

Este acréscimo da concentração de dióxido de carbono implica o aumento da capacidade da atmosfera em reter calor, mas por outro lado não consegue reter a temperatura e por isso se está a verificar o aumento da temperatura na Terra.

O sistema climático global está sendo afectado pelas emissões de gases com efeito de estufa, sendo que o mais significativo é o dióxido de carbono. Penica (2012:08)

As emissões de dióxido de carbono continuam a crescer. Provavelmente no ano de 2100, a concentração deste gás poder alcançar 550 partes por milhão. Penica (2012:08)

Assim a actividade da construção é responsável por uma grande parte das emissões de dióxido de carbono, esta actividade envolve muitas outras industrias que produzem as matérias-primas, sendo estas por vezes são muito poluidoras. Por outro lado devido ao

aumento da população mundial, existe falta de terrenos para a implementação de infra-estruturas, por isso o homem recorre às queimadas para efectuar a limpeza dos terrenos e estas queimadas libertam muito dióxido de carbono para a atmosfera.

Os tipos de combustível fósseis mais utilizados na indústria e na construção civil são os seguintes: o carvão, o petróleo, o gás e outros combustíveis. Estas indústrias deviam ter substituído os combustíveis fósseis por biocombustíveis. Penica (2012:08)

Os estudos que existem na literatura de referência sobre as emissões de dióxido de carbono e da energia de processo para a construção de edifícios têm por base o consumo de matérias-primas, são através destas que se vai calcular estes dois valores de referência.

Assim, torna-se um verdadeiro desafio nesta área, construir novos edifícios auto sustentáveis em energia e utilizar ao máximo produtos reciclados ou reutilizados, para assim se reduzirem bastantes as emissões de dióxido de carbono.

2.3.3.2. Impacto de energia

A energia é tudo o que produz ou pode produzir acção, podendo por isso tomar as mais variadas formas: energia mecânica, energia calorífica, energia gravítica, energia eléctrica, energia química, energia térmica, energia solar, energia magnética, energia radiante, energia nuclear e muitas outras formas de energias. Penica (2012:09)

A energia não se cria nem se destrói, apenas se pode transformar, da qual o homem utiliza e explora para a obtenção de produtos transformados e extraíndo-a da natureza e sem a qual este não consegue sobreviver.

Em todo o mundo entre 30 a 40 % do total da energia produzida é utilizada para a construção civil, mas por outro lado esta actividade é responsável por 40 a 50 % das emissões de gases de efeito estufa. Penica (2012:09)

A actividade da construção civil e todas as empresas que dela dependem directamente ou indirectamente são as principais contribuidoras para o desenvolvimento socioeconómico da humanidade. Mas por outro lado a construção civil utiliza a maior parte dos recursos naturais disponíveis na Terra.

A energia incorporada das matérias-primas é a energia que está associada a todo o processo de produção dessas matérias-primas, também a energia utilizada durante a fase da construção do edifício, para associar e combinar os diversos materiais para a sua execução. A

energia incorporada existe em todas as matérias-primas utilizadas na construção dos edifícios, por outro lado também se consome energia deste a implantação do edifício passando pela sua construção, manutenção, demolição e reciclagem do mesmo. Também se gasta muita energia em equipamentos técnicos fundamentais para a comunidade do homem.

A actividade da construção civil tem um processo de produção intensivo, é responsável pela produção de muitos desperdícios, assim está-se a desperdiçar muita energia (energia incorporada na fase de transformação dos produtos) associadas a estes desperdícios.

Reduzir assim o consumo de energia na fase de construção através da melhoria e optimização dos recursos disponíveis, modernização das tecnologias empregues na execução dos edifícios, uso de equipamentos mais eficientes e rentabilizar ao máximo os meios empregues, isso são algumas medidas necessárias para se reduzir o consumo da energia incorporada na fase de construção dos edifícios.

De acordo com Penica (2012:11) um edifício envolve vários tipos de energias, durante a sua vida útil. Assim sendo pode-se considerar que a energia se pode dividir em quatro grandes categorias, que são as seguintes:

- Energia associada à produção de matérias-primas, essenciais para a construção civil (processo de transformação em fábrica);
- Energia de construção, necessária para executar os vários processos construtivos (excepção do edifício);
- Energia de utilização, necessária para a exploração do edifício e para a conservação do mesmo (conforto do homem);
- Energia necessária para a desconstrução/demolição do edifício.

Neste estudo só se considerou, a energia associada à produção das matérias-primas necessárias para executar as várias lajes em estudo e também a energia associada a alguns produtos essenciais para realizar a manutenção das lajes.

2.3.3.3. Impacto do transporte das matérias-primas

Para a realização da actividade da construção civil é sempre necessário deslocar as matérias-primas para os locais de execução das obras. Mesmo que essas distâncias sejam de alguns quilómetros. Para este tipo de actividade como não existem todos os produtos necessário na região onde se vai localizar a obra, têm de se fazer deslocar para lá os produtos.

Para a construção civil os meios de transporte, terrestres, marítimos e ferroviários são os mais utilizados no transporte das matérias-primas.

A grande maioria das matérias-primas utilizadas na construção de edifícios apresentam grandes dimensões e grandes volumes de materiais a transporta para os locais das obras, assim têm de se adaptar as dimensões dos transportes aos produtos a transportar. O meio de transporte mais correcto e usado para transportar as matérias-primas são os camiões, devido a sua facilidade de deslocação desde a fábrica onde os produtos são produzidos até ao local de descarga em obra. Só devendo ajustar as dimensões dos camiões a utilizar, assim temos os seguintes tipos de camiões, rígidos e articulados.

Mas por outro lado este tipo de transporte é muito poluente e também consome muita energia. Este tipo de meio de transporte, o camião consome muito combustível (gasóleo). O petróleo vem da natureza, para se produzir o gasóleo vai-se consumir muita energia incorporada. A energia usada no transporte das matérias-primas torna-se assim parte integrante do edifício.

Hoje existem empresas especialistas no transporte de mercadorias, as chamadas empresas de logística. Estas empresas de logística vão adoptar modernas formas de gestão de negócios, para obter a eficiência e competitividade, procurando sempre atingir a meta de maximizar o lucro e minimizar os custos. Estas empresas vão assim ajustar as rotas das suas viaturas para que estas consumam menos combustível, o que implica logo a redução da poluição, menor emissão de dióxido de carbono, menor consumo de energia incorporada e assim menor custo associado ao transporte de mercadorias.

As empresas envolvidas no comércio de matérias-primas para a construção civil devem ter em conta vários aspectos relacionados com o transporte. Estas devem começar por identificar quais as matérias-primas a serem transportadas e quais os locais de origens e destino. Dependendo da matéria-prima, do seu volume, peso e dimensão, varia o tipo de transporte a escolher.

2.3.4. Levantamento quantitativo

Segundo Leite (2022:33), o início da orçamentação de uma obra requer o conhecimento dos diversos serviços que a compõe. Não basta saber quais os serviços, é preciso saber também o quanto de cada um deve ser feito.

O levantamento quantitativo dos materiais para execução estrutural de uma obra são o volume de betão, a quantidade de aço utilizado na armação dos elementos estruturais e as formas utilizadas nesses elementos na hora da betonagem. Esses insumos são discriminados através de projectos pelo engenheiro calculista, no entanto, na prática são gerados desperdícios que também devem ser incluídos no orçamento.

2.3.5. Mão-de-obra

O custo da mão-de-obra é obtido através da consideração entre os salários dos colaboradores em conjunto com a carga horária necessária para a execução de certa parcela da obra, ainda devem ser considerados encargos sociais, e de mais perspectivas legais que venham a se enquadradas. Leite (2022:34).

Ainda segundo Leite (2022:34), quando se admite um pedreiro que gasta 1h (uma hora) para fazer 1,0m² de alvenaria de bloco cerâmico, será por meio dessa premissa que o total de mão-de-obra de alvenaria será calculado. A produtividade afecta directamente a composição de custo.

2.3.6. Composição de custos

Segundo Leite (2022:35), a composição de custo é definida como sendo o processo para estabelecer o custo de um serviço ou actividade, sendo esses divididos em categorias de acordo com as suas características, mão-de-obra, materiais ou equipamentos. A composição de custo deve ser realizada antes da execução da obra, tornando-se assim uma estimativa do que será gasto no futuro, sendo assim caracterizada como um controle dos custos, podendo desta forma, identificar erros e prevenir desperdícios em uma próxima obra.

2.4. Marco referencial

No estudo sobre a comparação de lajes mediante os seus custos-benefícios Caio (2014), conclui que apesar de ser um estudo prático e simplificado perante a complexidade das análises estruturais, teve grande valia a elaboração deste trabalho na percepção de alguns factores como:

- A laje maciça apresenta maiores quantidades de aço executados na obra e betão em todos os vãos adoptados, porém o custo das vigotas e de abobadilhas é superior do que as quantidades de madeira e aço da laje maciça, ocasionando um custo maior para vãos relativamente pequenos, de até 4,50 m;

- Para obter-se uma avaliação completa dos custos de uma obra é preciso considerar as peculiaridades de cada sistema, bem como suas implicações no processo construtivo global. Cada sistema tem características próprias, com indicações de uso, constatando-se que não são apenas os custos de materiais que determinam a escolha de um modelo em detrimento de outro;
- Em locais onde a mão-de-obra é pouco qualificada e os sistemas convencionais são utilizados há muitos anos, corre-se o risco de encontrar resistência por parte dos operários, seja por falta de conhecimento ou simplesmente por dificuldade de aceitação de novas tecnologias.

Capítulo III

3. Metodologia

Segundo Ramos & Santiesteban (2014:14), metodologia é a ciência que nos ensina a conduzir determinado processo de maneira eficiente e eficaz para alcançar os resultados desejados e tem como objectivo dar-nos a estratégia a seguir no processo. Etimologicamente significa, o estudo dos caminhos, dos instrumentos utilizados para fazer uma pesquisa científica.

3.1. Tipo e desenho de pesquisa

Quanto a sua abordagem a pesquisa é considerada mista, pois visa a integração das pesquisas quantitativas e qualitativas numa única pesquisa, de tal forma que suas análises e conclusões conjuntas possam fornecer uma visão completa sobre o objecto de estudo. Dessa forma pretende-se utilizar o melhor que cada uma delas tem a oferecer para minimizar suas próprias fragilidades. Resumidamente, pode ser definida como de ordem quanti- qualitativa, devido às análises e simulações serem de carácter numérico.

Sob o enfoque da natureza trata-se de uma Pesquisa aplicada porque dedica-se à geração de conhecimento para solução de problemas específicos, é dirigida à busca da verdade para determinada aplicação prática em situação particular.

E quanto ao ponto de vista de seus objectivos, é uma pesquisa explicativa que tem o principal objectivo identificar os factores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenómenos; Explicar a razão e o porquê das coisas. E também é uma pesquisa descritiva, pós têm como objectivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenómeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. São inúmeros os estudos que podem ser classificados sob este título e uma de suas características mais significativas está na utilização de técnicas padronizadas de colecta de dados.

Esta pesquisa pode ser classificada como estudo de caso, visto que os procedimentos técnicos serão realizados em campo, com observação e colecta de dados no local de estudo (Bairro Sampene, na Cidade de Quelimane) e também por meios de pesquisas bibliográficas.

3.2. População e Amostra

A recolha de informações desta pesquisa foi feita num universo de 100 pessoas, sendo que a amostra foi de 20 pessoas, na cidade de Quelimane, sendo os entrevistados os técnicos, engenheiros e arquitectos. Não só, também foram recolhidos em empresas de construção informações que dizem respeito ao tipo de laje mais utilizadas na cidade de Quelimane.

3.3. Técnicas e Instrumentos de recolha de dados

Para a realização deste trabalho baseou-se em vários procedimentos, donde destacam-se como principais, nomeadamente a consulta bibliográfica sobre estudos existentes na área de pesquisa.

Consulta esta que indicará sobre artigos de revistas, livros publicados com as normas e regulamentos de dimensionamentos e quantificação das lajes maciças comparativamente as das lajes aligeiradas; a observação participativa, visando obter dados de importância significativa para a caracterização do objecto e concretização do objectivo da investigação.

Foram realizados inquéritos fechados não só aos Funcionários do edifício situado no Bairro Sampene, mas também em empresas empreiteiras e de fiscalização na cidade de Quelimane, visando obter dados relativos ao modelo estrutural para coberturas mais utilizados na cidade de Quelimane.

3.4. Procedimentos administrativos

O trabalho foi desenvolvido seguindo as etapas abaixo:

- Análise de viabilidade do estudo proposto e Recolha de dados no espaço delimitado;
- Avaliação e levantamentos dos consumos de materiais;
- Levantamento dos custos através de mapas de quantidades;
- Comparação dos resultados;
- Análise final e discussão dos resultados.

3.4.1. Análise de viabilidade do estudo proposto e Recolha de dados no espaço delimitado

Nesta primeira fase observou-se, se o estudo proposto realmente constitui um problema para os moradores, de seguida passar-se-á a analisar como será feita a recolha de dados.

Nesta pesquisa, foi adaptado um questionário formal que pretende dar resposta ao problema de estudo proposto em que as respostas às indagações por meio de um inquérito para posterior se fazer transcrição, a análise e interpretação dos dados. As respostas dos inquiridos representam apenas a opinião individual. O questionário advém dos entrevistados pessoas ligadas a área ou com experiência na construção.

Foram entrevistados 20 indivíduos respectivamente de ambos sexos sem referenciar a idade dos mesmos, sendo que, terão como foco principal na equipe técnica e proprietário do local em estudo e também em empreitadas renomeadas da cidade de Quelimane.

Após a recolha de dados e a interpretação dos mesmos, propôs-se medida adequada para solucionar o problema em causa e preservação da mesma.

3.4.2. Avaliação e levantamento dos consumos e materiais

Com os projectos de cada alternativa obtidos através do dimensionamento das lajes, foi realizada uma avaliação e levantamento dos consumos e materiais, quantificando aço, betão e formas necessárias para a realização das estruturas das Lajes Maciças e Laje Aligeiradas, procurando avaliar a quantidade de insumos.

3.4.3. Levantamento dos custos através de Mapa de quantidades

Após o levantamento de todos os quantitativos da etapa anteriormente, realizou-se o levantamento dos custos através da composição unitária, adoptando valores médios pesquisados de cada insumo na cidade de Quelimane.

3.4.4. Comparação dos resultados

Na realização da comparação dos resultados foi executado de duas formas, a primeira sendo a comparação dos resultados obtidos mediante o questionário realizado. A Segunda comparação dos resultados foi realizada através de quantificação e posteriormente foi realizado gráficos comparativos e outras informações relevantes, visando obter um resultado final quantitativo.

3.4.5. Análise final e conclusões

Através da análise dos dados obtidos e das informações colectadas, compomos uma análise final de cada sistema estudado, podendo-se tirar conclusões e apontar qual das alternativas obteve melhor desempenho em cada quesito, podendo ainda indicar qual será a melhor solução a ser adoptada em cada tipologia.

3.5. Apresentação do estudo de caso

Para o estudo de caso foi seleccionado a Cidade de Quelimane, Bairro Sampene. A cidade de Quelimane é a capital e a maior cidade da província da Zambézia, em Moçambique esta localizada nos rios dos bons sinais, a cerca de 20km do oceano indico, tem um clima tropical, há muito mais pluviosidade no verão que no inverno. Tem uma pluviosidade média anual de 1346 mm.

Segundo INAE instituto nacional de estatística (2011), a cidade conta com uma população estimada de 400,327 habitantes.

O Edifício apresenta seguintes caracterizas:

Quadro 1:Características construtivas do edifício.

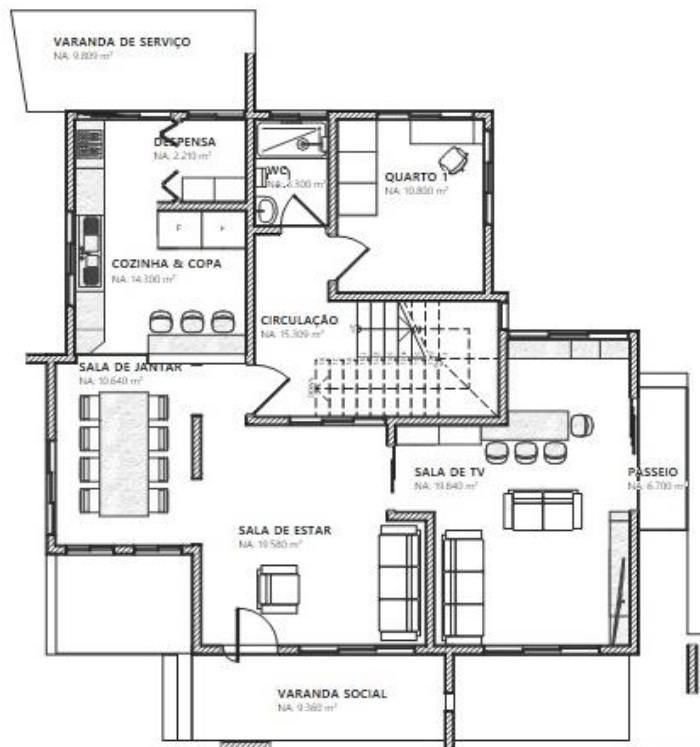
Ordem	Elemento	Características construtivas
1	Alvenaria	A alvenaria em paredes será de bloco de concreto de 150 mm assentados em argamassa de cimento ao traço de 1:4 e reboco de 25mm no interior quanto exterior.
2	Pavimento R/C	O pavimento do piso será de betão classe B25 e aço A400 com recobrimento de 3,0 cm, com 300mm de espessura sobre uma capa de impermeabilização, sendo que o revestimento com mosaico cerâmico.
3	Pavimento 1º andar	O pavimento do piso será de betão armado classe B25 e aço A400 com recobrimento de 3,0 cm, com 250mm de espessura sobre uma capa de impermeabilização com revestimento de mosaico cerâmico.
4	Cobertura	A cobertura do edifício foi de laje aligeirada, betão B25.
5	Vãos	Janelas: todas as janelas do edifício serão de caixilharia metálica (alumínio) do tipo correr, cujos vidros são transparentes de 4mm de espessura. Portas: todas as portas da envolvente do edifício serão de caixilharia de madeira de boa qualidade.

Fonte: Autor

3.5.1. Planta do edifício

A imagem a seguir mostra planta baixa do edifício que pretende-se implantar a laje:

Figura 24: planta de piso e distribuição dos espaços do edifício sito no Bairro Sampene, Cidade de Quelimane.



Fonte: Autor

Capítulo IV

4. Resultados

Neste capítulo serão apresentados os dados obtidos através da metodologia já anunciada e, ainda uma leitura e interpretação.

4.1. Etapa qualitativa

Para esta fase, a operacionalização da apresentação análise e discussão dos resultados teve-se em conta os dados bibliográficos recolhidos através do inquérito realizado, dos depoimentos ou percepções dos entrevistados. Por questões de ética, as questões foram codificadas com a letra “Q”

Q1. Tem noções sobre as Lajes aligeiradas?

Resposta: Todos os inqueridos responderam SIM a questão colocada.

Q2: Tem noções sobre as lajes maciças?

Resposta: Todos os inqueridos responderam SIM a questão colocada.

Q3. Dos modelos estruturais, qual é o modelo mais utilizado em sua região?

Resposta: Todos os inqueridos responderam lajes maciça a questão colocada.

Q4. Qual dos dois modelos apresentados, apresenta melhor os custos/ benefícios no seu processo construtivo?

Resposta: Todos os inqueridos responderam lajes aligeiradas a questão colocada.

Q5.1. Avaliando quantitativamente os materiais dos dois modelos apresentados, qual considera apresentar maior consumo de cofragem (Pranchas e Escoras)?

Resposta: Todos os inqueridos responderam lajes maciças a questão colocada.

Q5.2. Avaliando quantitativamente os materiais dos dois modelos apresentados, qual considera apresentar maior consumo de aço (varão)?

Resposta: Todos os inqueridos responderam lajes maciças a questão colocada.

Q5.3. Avaliando quantitativamente os materiais dos dois modelos apresentados, qual considera apresentar maior consumo de betão?

Resposta: Todos os inqueridos responderam lajes maciças a questão colocada.

Q6. Durante os processos construtivos na execução dos dois modelos apresentados, qual considera ter tecnologias que afectam ao meio ambiente?

Resposta: Dos Inqueridos, catorze responderam a lajes maciças e seis responderam aos dois modelos de lajes, Macica e aligeiradas.

Q.7 Sabendo do tipo de clima predominante e das condições ambientais da Cidade de Quelimane, qual destes Modelos de cobertura adequa-se melhor?

Resposta: Dos Inqueridos, catorze responderam a lajes macicas e seis responderam aos dois modelos de lajes, maciças e aligeiradas.

4.2. Etapa Quantitativa

Para uma análise de quantitativos de aço, betão e formas (cofragens), foram elaboradas tabelas quantitativas dos dois tipos de lajes distintas de modo que se faça a comparação de custos em cada etapa do processo construtivos relacionando custos e suas respectivas quantidades.

Para comprovar a análise das espessuras adoptadas, do varão e das cofragens utilizadas na quantificação, foi feito o devido dimensionamento das lajes encontradas nos apêndices. Para realização do dimensionamento, foi estudado uma das lajes e após o término efectuou-se um estudo global por meio de proporções de áreas.

Para as cofragens neste estudo, foram consideradas cofragens com escoras metálicas com chapas metálicas adquiridas na empresa Faquira construções, a preço de 600 meticais por metro quadrado (m^2). Para as armaduras em estudo, foram adoptados varões A400, em aquisição levou-se em consideração a aquisição dos varões, transporte, manuseamento e mão-de-obra;

Para o fornecimento de betão neste estudo, foi considerado fornecimento do betão por metro quadrado (m^2) A 9500,00 meticais.

Tabela 1: Mapa de Quantidade e estimativa orçamental da laje maciça

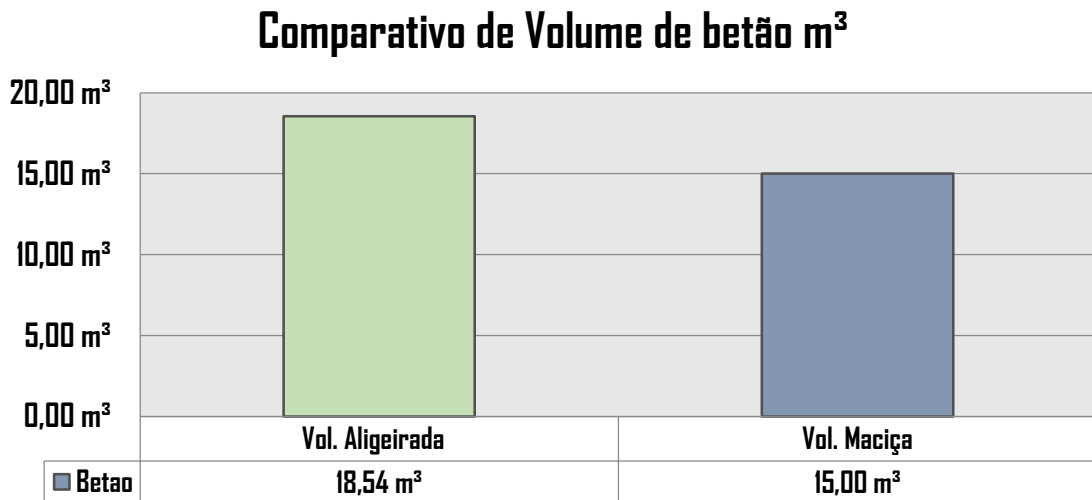
Item	Estrutura	Un	Quan	P. UNIT (MZM)	Total
Projecto:	Construção de uma habitação Unifamiliar rés-do-chão e 1º andar, cidade de Quelimane, Bairro Bazar.			Z. Sísmica	Z. ciclónica
Proprietário	Sérgio Artur			II/III	I
Data:				0.3m/m	210km/h
1.0	Serviços preliminares				
1.1	Mobilização e desmobilização	vg	1.00	60,000.00	60,000.00
1.2	Fornecimento e Montagem de letreiro de obra 1x0.70 m		1.00	10,000.00	10,000.00
	Sub Total 01				70,000.00
2.0	BETÃO, COFRAGENS E AÇO				
	<i>Betão armado (Todos os trabalhos relativos ao betão armado devem estar contabilizados desde o arame, cofragem e desconfrangem, testes e ensaios laboratoriais)</i>				
2.1	Lajes Maciças				
2.1.1	Fornecimento e execução de betão armado B25 em lajes armada conforme os respectivos dados do dimensionamento estrutural	m ³	15.00	9,500.00	142,500.00
2.1.2	Fornecimento de armadura de varões de aço Ø6 em LAJES conforme as especificações da estrutura incluindo arrame para amarração	kg	308.42	150.00	46,263.00
2.1.3	Fornecimento de armadura de varões de aço Ø10 em LAJES conforme as especificações da estrutura incluindo arrame para amarração	kg	1400.22	250.00	350,055.00
2.1.4	Fornecimento de cofragem em lajes incluindo pregos e acessórios para fixação.	m ²	130.25	600.00	78,150.00
	Sub Total 02				616,968.00
3.0	Acabamentos de pavimentos				
3.1.	Revestimentos em betonilha com argamassa de cimento e areia ao traço 1:4 com 2,5 cm de espessura, devidamente desempenada (o Piso e contra piso)	m ²	246.50	350.00	86,275.00
	Sub Total 03				86,275.00
4.0	Arranjos exteriores				
4.1	Limpeza após a conclusão dos trabalhos	Vg	1.00	20,000.00	20,000.00
	Sub total 04				20,000.00
SUB TOTAL GERAL					793,243.00
Contingências 10%					79,324.30
IVA 17%					134,851.31
TOTAL GERAL					1,007,418.61

Fonte: Autor

Tabela 2: Mapa de Quantidade e estimativa orçamental da laje Aligeirada

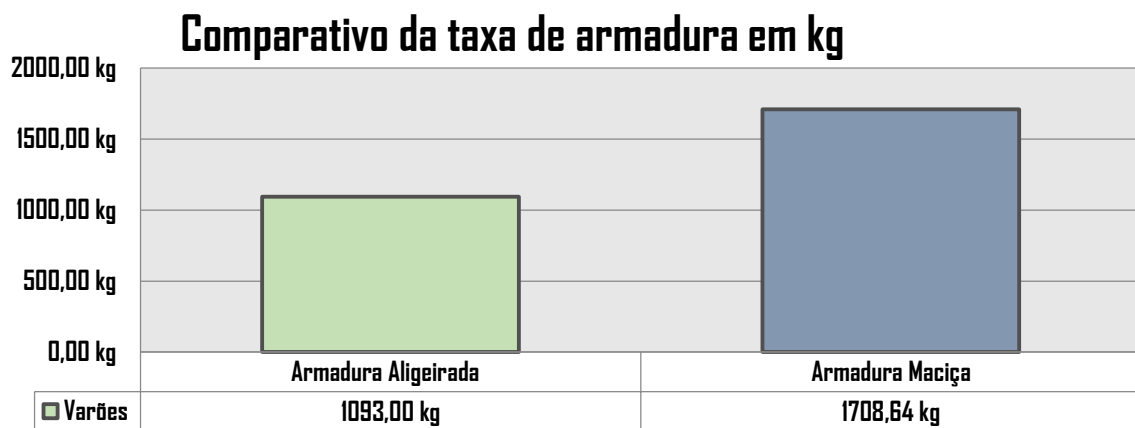
Projecto:	Construção de uma habitação Unifamiliar rés-do-chão e 1º andar, cidade de Quelimane, Bairro Bazar.	Z. Sísmica	Z. ciclónica		
		II/III	I		
Proprietário	Sérgio Artur	0.3m/m2	210km/h		
Data:					
Item	Estrutura	Un	Quan	P. UNIT (MZM)	Total
1.0	Serviços preliminares				
1.1	Mobilização e desmobilização	Vg	1,00	60.000,00	60.000,00
1.2	Fornecimento e Montagem de letreiro de obra 1x0.70 m		1,00	10.000,00	10.000,00
	Sob Total 01				70.000,00
2.0	BETÃO, COFRAGENS E AÇO				
	<i>Betão armado (Todos os trabalhos relativos ao betão armado devem estar contabilizados desde o arame, cofragem e desconfrangem, testes e ensaios laboratoriais)</i>				
2.1	Lajes Aligeiradas				
2.1.1	Fornecimento e execução de betão classe B30 em vigotas armadas conforme os respectivos dados do dimensionamento estrutural	m ³	1,54	8.000,00	12.320,00
2.1.2	Fornecimento e execução de betão classe B25 em lajeta armada conforme os respectivos dados do dimensionamento estrutural	m ³	17,00	9.500,00	161.500,00
2.1.3	Fornecimento de armadura de varões de aço Ø6 em Lajeta, vigotas e tarugos conforme as especificações da estrutura incluindo arrame para amarração e solda	Kg	545,00	180,00	98.100,00
2.1.4	Fornecimento de armadura de varões de aço Ø10 em LAJES conforme as especificações da estrutura incluindo arrame para amarração	Kg	548,00	250,00	137.000,00
2.1.5	Fornecimento de blocos de aligeiramento (abobadilhas/cofragens perdidas), incluindo assentamento e acessórios de fixação	Un	1290,00	50,00	64.500,00
2.1.6	Fornecimento de cofragem em lajes incluindo pregos e acessórios para fixação.	m ²	36,98	600,00	22.188,00
	Sob Total 02				495.608,00
3.0	Acabamentos de pavimentos				
3.1.	Revestimentos em betonilha com argamassa de cimento e areia ao traço 1:4 com 2,5 cm de espessura, devidamente desempenada (o Piso e contra piso)	m ²	246,50	350,00	86.275,00
	Sob Total 03				86.275,00
4.0	Arranjos exteriores				
4.1	Limpeza após a conclusão dos trabalhos	Vg	1,00	20.000,00	20.000,00
	Sob total 04				20.000,00
SUB TOTAL GERAL					671.883,00
CONTINGENCIAS 10%					67.188,30
IVA 17%					114.220,11
TOTAL GERAL					853.291,41

Gráfico 1: Comparativo do volume de betão para os dois sistemas de lajes



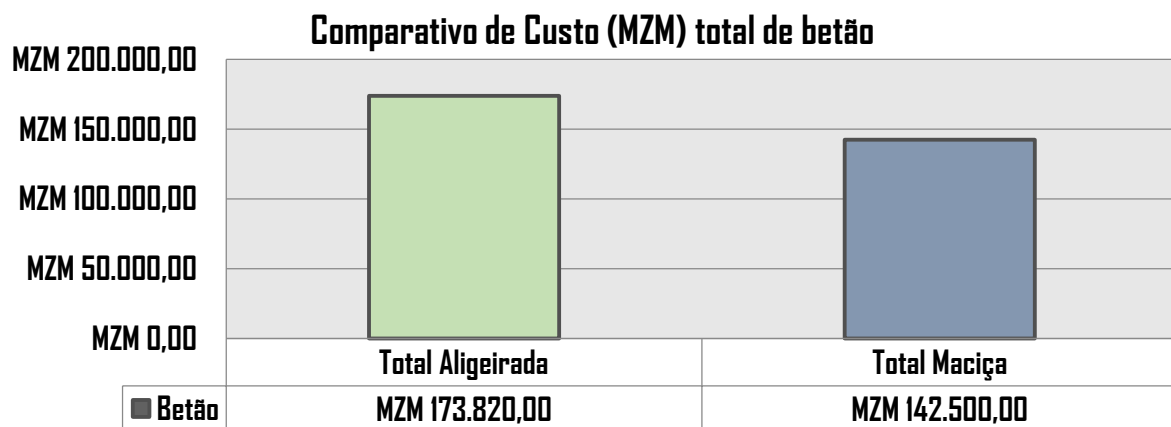
Fonte: Autor

Gráfico 2: Comparativo da taxa de armadura executada na obra para os dois sistemas de lajes



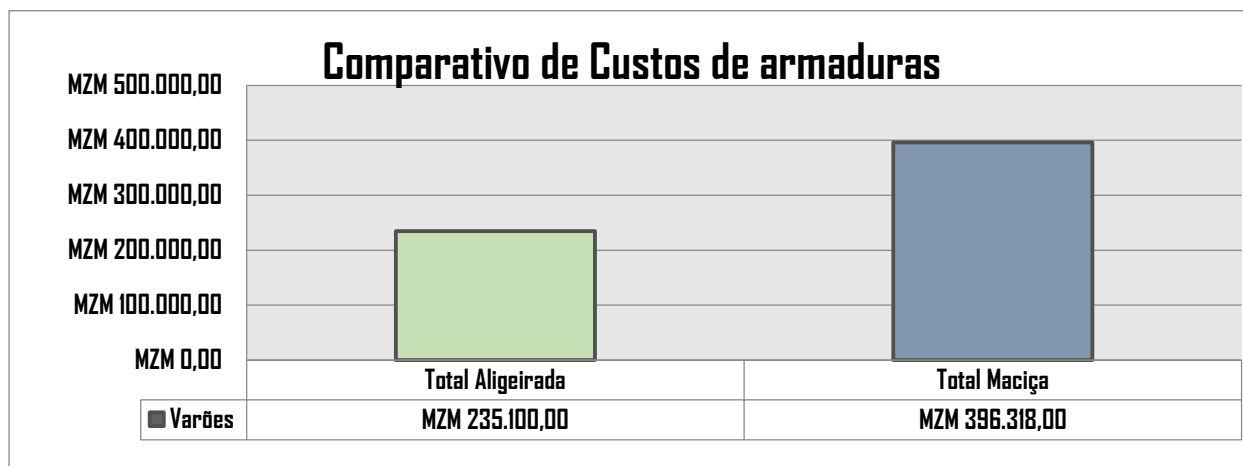
Fonte: Autor

Gráfico 3: – Comparativo do custo do betão da laje maciça x Laje Aligeirada



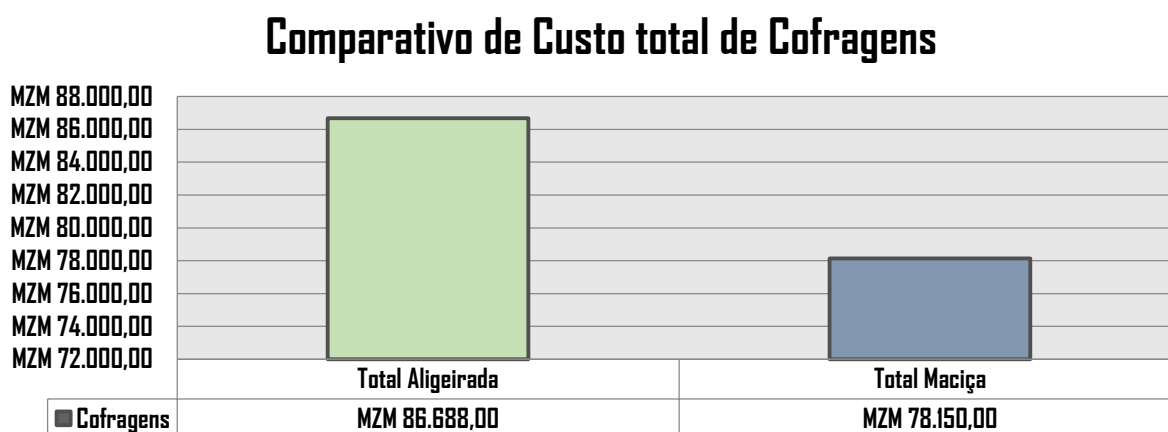
Fonte: Autor

Gráfico 4: Comparativo do custo do aço da laje maciça x Lajes aligeiradas



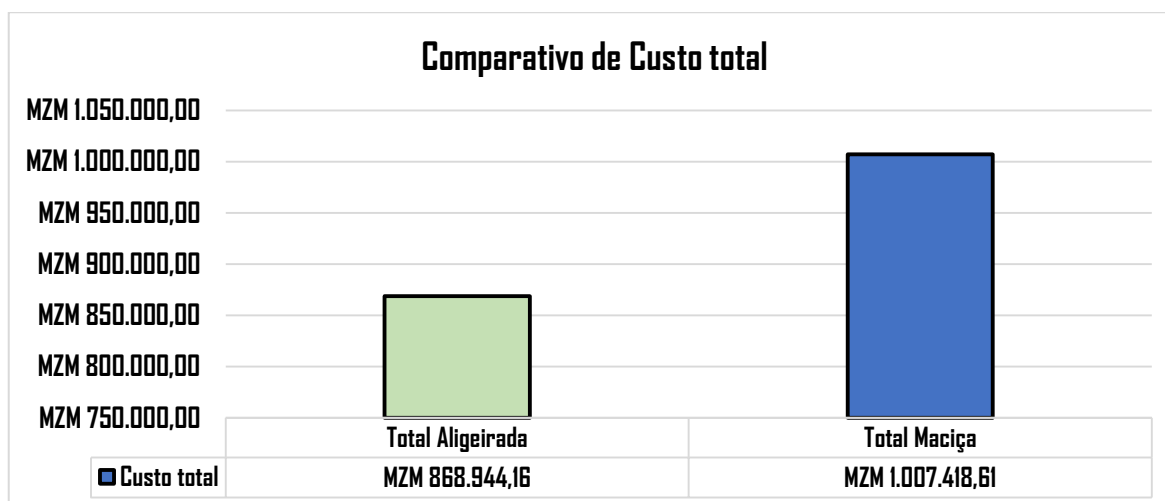
Fonte: Autor

Gráfico 5: Comparativo do custo do aço da laje maciça x Lajes Aligeiradas



Fonte: Autor

Gráfico 6: Comparativo de custos totais



Fonte: Autor

Tabela 3: Comparativo de custos totais

	Total Aligeirada	Total Maciça
Custo total	MZM 868,944.16	MZM 1,007,418.61
Diferença de custo (MZM)	MZM 0.00	MZM 138,474.45
Diferença de custo (%)	0.00%	15.94%

Fonte: Autor

Capítulo V

5. Discussão

No presente capítulo pretende-se discutir os resultados acima apresentados. A presente discussão consiste em analisar sob ponto de vista dos dois tipos de abordagens citadas (Qualitativamente e quantitativamente), utilizando como bases fundamentação teórica e apresentação do posicionamento do autor.

5.1. Etapa qualitativa

Mediante as respostas dos inqueridos, em questões sobre conhecimento das lajes, quais representam melhor os custos/benefícios, primeiramente, se verifica a existência de conhecimento dos dois tipos de lajes em estudo por parte dos inqueridos, porem ainda assim, se deixa a desejar a pouca prática e utilização das Lajes aligeiradas na cidade de Quelimane, sendo que esta corresponde melhor aos custos/benéficos em relação a laje maciça.

Apesar disto, em momento nenhum este desmistifica a utilização das lajes maciças visto que, as lajes aligeiradas também possuem desvantagens citando como exemplo mais comum desta, a dificuldade na execução das instalações eléctricas e uma pior prestação ao nível do isolamento acústico, e com capacidade inferior a suporte de cargas de grande portes.

De forma a dar bases sobre este pensamento, Botelho & marchetti (2015:38) narra que “A laje aligeirada tem vantagens, em especial quando comparada com a laje maciça, por proporcionar um isolamento térmico eficaz, permitindo o aproveitamento do sótão; oferece uma significativa redução de custos de construção; Possibilita a redução da quantidade de colunas e vigas do sistema estrutural de uma edificação; Requer menos tempo de execução; Reduz o desperdício de betão e madeira e outras quebras de materiais; Permite a incorporação do isolamento térmico numa só operação de instalação; Reduz o peso da estrutura do edifício; Pela facilidade de instalação não exige mão-de-obra tão qualificada e Permitem uma qualidade uniforme devido à pré-fabricação.”

Em relação aos resultados sobre a utilização de tecnologias que possam afectar ao meio ambiente, é unânime ficar-se num impasse entre a solução aligeirada e a solução maciça sob a seguinte maneira: Primeiramente, vale ressaltar que o impacto que os processos construtivos no canteiro de obra oferecem ao meio ambiente, não ficam somente em torno do zona da implantação do edifício, é necessário analisar mediante aos tipos de impacto abrangentes quando se fala sobre tais processos construtivos.

Com tudo, se dermos o caso em que, na solução aligeirada, as vigotas e os blocos de aligeiramento (abobadilha) forem adquiridos em estaleiros ou em empresas especialistas na produção do mesmo e não in loco, se poderá considerar que esta solução reduzira drasticamente o impacto que ela proporcionaria ao meio ambiente em torno do local da execução da obra sendo assim mais efectiva em relação a solução maciça.

De modo a dar base a este pensamento, Pénica (2012) cita que, os principais impactos que os processos construtivos dos dois modelos de lajes, podem causar ao meio ambiente são:

- Impacto do dióxido de carbono “A emissão de dióxido de carbono verifica-se através da queima de combustíveis fósseis e mudanças do uso da terra (desmatamentos florestais e queimadas) impostas pelo homem. As libertações deste gás têm um papel fundamental nas alterações climáticas verificadas na Terra. O excesso de dióxido de carbono que actualmente é lançado para a atmosfera resulta da queima de combustíveis fósseis. Estes excessos são verificados no sector da indústria e dos transportes.”
- Impacto de energia “A energia incorporada das matérias-primas é a energia que está associada a todo o processo de produção dessas matérias-primas, também a energia utilizada durante a fase da construção do edifício, para associar e combinar os diversos materiais para a sua execução. A energia incorporada existe em todas as matérias-primas utilizadas na construção dos edifícios, por outro lado também se consome energia deste a implantação do edifício passando pela sua construção, manutenção, demolição e reciclagem do mesmo. Também se gasta muita energia em equipamentos técnicos fundamentais para a comunidade do homem.”
- Impacto de transporte “A grande maioria das matérias-primas utilizadas na construção de edifícios apresentam grandes dimensões e grandes volumes de materiais a transportar para os locais das obras, assim têm de se adaptar as dimensões dos transportes aos produtos a transportar. O meio de transporte mais correcto e usado para transportar as matérias-primas são os camiões, devido a sua facilidade de deslocação deste a fábrica onde os produtos são produzidos até ao local de descarga em obra.”

E por fim, quanto ao impacto que o clima da cidade de quelimane apresenta as soluções aligeiradas e maciça, sabendo que a cidade de Quelimane tem clima predominante húmido, solução aligeirada se torna mais efectiva visto que, devido a redução de varões, a implantação de blocos de aligeiramento e espessura da sua lajeta, esta apresenta melhor isolamento térmico em comparação a solução maciça.

5.2. Etapa Quantitativa

A análise dos resultados foi efectuada comparando:

- Quantidades de betão;
- Quantidades de aço executados na obra;
- Quantidade de cofragens utilizadas.
- Custo do aço laje maciça x Lajes aligeiradas
- Custo do betão consumido da laje maciça x laje aligeirada
- Custo do consumo de cofragens;
- Custo total dos elementos.

Para o gráfico 01 estão dispostos os volumes totais de betão utilizado em cada sistema estrutural. Pode-se observar que o sistema de lajes aligeiradas obteve maior consumo de betão, com um total de 18,54 m³ enquanto sistema de lajes maciças apenas consumiu apenas 15 m³ de betão. Apesar da laje da solução aligeirada se apresentar menos espessa que a laje maciça, vale ressaltar que para o cálculo de volume de betão para esta solução, foram inclusas o volume de betão utilizados para a produção das nervuras, e não só, mas também o volume consumido pelos tarugos.

O gráfico 02 apresenta o comparativo de quantidades totais para o consumo de aço. A solução maciça apresentou maior consumo deste insumo, com um total de 1708,64 kg, sendo que esta solução maciça teve suas armaduras principais dispostas em duas direcções. Apesar da quantificação da solução aligeirada ter incluído o processo de fabricação das vigotas e dos tarugos, respectivamente sobre as suas armaduras, esta sai em vantagem pela utilização de varões com diâmetros menores em relação a solução aligeirada.

Para avaliar a importância de cada insumo e de cada elemento estrutural na formação do preço final dos modelos estruturais abordados neste estudo, foram apresentados gráficos comparativos dos custos de cada material (aço, betão e formas) para cada sistema estrutural.

O comparativo do custo do betão apresenta uma grande relevância para aquilo que será o custo final. No gráfico 03 se pode constatar que a solução aligeirada apresenta maior custo em relação a solução maciça devido ao seu maior consumo de volume de betão.

O aço foi mais representativo nos custos do sistema estrutural Maciça principalmente pela alta demanda deste insumo por ter lajes bidireccionais empregadas.

Quanto as cofragens, estas foi o insumo de maior impacto no custo total da solução aligeirada. Isso pode ser explicado devido não só a utilização de cofragens através das pranchas e escoras, não só, também por estar inclusos os blocos de aligeiramentos (abobadilha) sendo estas assim, consideradas como cofragens perdidas para as lajes.

O gráfico 06 apresenta o comparativo dos custos totais de cada sistema. Na tabela 12 nos resultados, estão dispostos os custos totais, a diferença de custo total e a diferença percentual de custo entre os sistemas estruturais estudados

De posse dos dados apresentados anteriormente, pode-se concluir que o sistema de estrutura de lajes Aligeiradas foi o que apresentou menor custo total, com uma diferença percentual reduzida de 15,94% comparando ao sistema estrutural de Lajes maciças, sendo este a Laje com maior Custo.

Capítulo VI

6. Conclusão

O problema de pesquisa pretendia saber o seguinte: Quais são os Custos/Benefícios mediante os Processos Construtivos de Laje Aligeirada Comparativamente a Lajes Maciça na Cidade de Quelimane, se apresenta relevante e que foi alcançado, pois desta pode-se observar a importância de um estudo para determinação da alternativa estrutural adequada para um pavimento ou cobertura, considerando os Custos/benefícios que estas podem apresentar ao tipo de estrutura a utilizar.

Ao Longo deste trabalho, explorou-se diversas variáveis, desde os aspectos económicos até os benefícios estruturais e ambientais desses sistemas de lajes.

Os resultados desta pesquisa revelaram que as lajes aligeiradas demonstram vantagens significativas em termos de economia de matérias, redução de peso da estrutura e potencial para menor consumo energético durante a fase de construção, no entanto também se observou que as lajes maciças possuem vantagens em especial em casos específicos como em edifícios de grande porte.

A discussão dos resultados permitiu compreender que a escolha entre lajes aligeiradas e lajes maciças não é unilateral, mas sim dependente das necessidades específicas de cada projecto, Factores como o tamanho da estrutura, carga esperada e a localização geográfica, desempenham um papel fundamental na tomada de decisão.

Este estudo não está isento de limitações, algumas delas incluíram a falta de dados específicos para determinados contextos regionais e a complexidade de quantificar certos benefícios ambientais. No entanto, conclui-se com, o modelo de cobertura de betão, que apresenta melhor os custos/ benefício é o Modelo com Lajes Aligeiradas, apresentando uma redução de 15,94 %, em relação ao modelo com lajes maciças.

Este trabalho abordou uma problemática específica (um tipo de edificação), o que não significa que os resultados aqui encontrados sirvam como via de regra para adopção de um modelo estrutural genérico. Porém, vale ressaltar a importância desta pesquisa para casos semelhantes ao objecto de estudo deste trabalho, que pode ser utilizado como referência inicial para tomada de decisões a engenheiros projectistas de estruturas na escolha do modelo estrutural mais adequado economicamente.

Feita a conclusão e mediante as diferentes constatações identificadas ao longo do estudo, sugere-se:

I. Aos Engenheiros

- Utilização de lajes aligeiradas para vãos maiores em projectos que exigem vãos amplos, como áreas de grande salão em edifícios comerciais ou indústria;
- Utilização de lajes maciças para cargas elevadas e em situações de resistência muito rigorosas, devido a sua maior capacidade de carga;

II. Às empreitadas

- A realização de análise de viabilidade económica para cada projecto específico, não somente nos custos iniciais de construção, mas também os custos operacionais ao longo da vida útil das lajes;
- Utilização de projectos híbridos para optimização, as lajes aligeiradas em áreas onde a economia de materiais são empregadas em locais onde a resistência e a capacidade de suportar cargas elevadas são primordiais;
- Considerar a manutenção e reparo ao longo do tempo, as lajes aligeiradas podem requerer inspecções mais frequentes e podem ser mais complexas de reparar em comparação com lajes maciças.

Referências bibliográficas

Associação brasileira de normas técnicas. (2014) nbr 6118: projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro: abnt.

Brandalise, g.m; wessling, l.i.estudo comparativo de custo entre laje maciça simples e laje de vigotas pré-fabricadas treliçadas em edifícios de até quatro pavimentos no município de pato branco, paraná, brasil,2015. Trabalho de diplomação -universidade tecnológica federal do paraná, pato branco.

Botelho, M H. C.; marchetti, O. Concreto armado eu te amo. 4. Ed. São paulo: blucher, 2015. 339 p. V. 2. Isbn 978-85-212- 0894-5.

Caio, F. (2014). Análise Comparativa entre Sistemas Estruturais de Lajes Maciças e nervuradas treliçadas. Centro Universitario Univates, Curso de Engenharia Civil. Porto Alegre: Univates.

Carvalho, r.c.; figueiredo filho, j.r.(2014) cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado – segundo a nbr 6118:2014 . 4.ed. São carlos edufscar.

Dias, C. M. N. P. (2005) a sociologia como ciência em durkheim. Revista praia vermelha. Rio de Janeiro: ufrj, segundo semestre.

Dias, P. R. V. (2004) engenharia de custos: estimativa de custo de obras e serviços de engenharia. 1º edição. Rio de Janeiro.

Fachin, O. (2002) fundamentos de metodologia. 3ª. Ed. São paulo: saraiva

INAE, I. N. (2011). Estatísticas do Distrito de Cidade De Quelimane. Quelimane.

Leet, K. M.; Uang, C; Gilbert. m. (2010) fundamentos da análise estrutural. 3. Ed. Porto alegre: amgh editora ltda,.

Leite, F. J. (2022). Análise comparativa entre dois sistemas estruturais: Lajes treliçada e laje maciça. Florianópolis: Departamento de Engenharia da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Leone, G. S. G. (2000) curso de contabilidade de custos. 2.ed. – são paulo: atlas.

Martins, M. (2001) funcionário feliz empresa produtiva. Banas qualidade, ano ix.

Penica, S. L. (2012). Sustentabilidade das estruturas de Lajes e suas repercussões. Evora: Departamento de engenharia da universidade de Evora.

Ramos, S. T. C. & Naranjo, E. Santiesteban (2014). Metodologia da investigação científica. Angola: escolar editora.

Ribeiro, E. (2008) a perspectiva da entrevista na investigação qualitativa. In: evidência, olhares e pesquisas em saberes educacionais. Número 4. Araxá. Centro universitário do planalto de araxá.

Sabbatini, F. H. (1989). Desenvolvimento de metodos, processos e sistema construtivos-formulacao e aplicacao de uma metodologia. Sao Paulo: Departamento de Engenharia de construcao civil.

Schmid, t. & testa, c. (1969) systems building. Zurich, les edition d'architecture.

Internet

Barbieri, P.(2016) análise teórica e experimental de lajes treliçadas. Orientador: m. Sc. Christian donim. 2016. 74 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado em engenharia civil) - universidade santa cruz do sul, santa cruz do sul. Disponível em:<<http://hdl.handle.net/11624/1748>>. Acesso em: 18 out. 2019.

Bastos, p. S. S. (2015) lajes de concreto. Unesp. Bauru/sp: apostila (notas de aula), (2015) disponível em: < <http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/lajes.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2019.

Correa, G. 2011.montagem de formas em estrutura de concreto armado moldado in loco: lajes.ufrgs,2011. Disponível em:< <https://www.ufrgs.br/eso/content/?p=787>> acessado em 21 de março de 2017. Caio, F. (2014).

Cruz, k. L. Estudo comparativo de dimensionamento e custos entre projetos estruturais com utilização de laje pré-moldadas com bloco cerâmico e eps como elementos de enchimento. Revista on-line ipog. 26 jul. 2018. Disponível em: acesso em: 10nov. 2022

APÊNDICES

Apêndices A: guião do questionário dirigido ao público envolvido na construção civil, cidade quelimane.

1. Notas Introdutórias

O presente questionário enquadra-se numa pesquisa no âmbito de conclusão do curso de Engenharia civil, realizado no Instituto Superior de Humanidades, Ciência e Tecnologia (ISHCT), Universidade Politécnica A-politécnica.

O questionário pretende dar resposta ao seguinte problema de estudo: “*Quais os custos/benefícios mediante dos processos construtivos de lajes Aligeiradas comparativamente as Lajes Maciças na cidade de Quelimane?*”

Os resultados obtidos serão utilizados apenas para fins académicos (obtenção do grau de licenciatura em engenharia civil), sendo que as respostas dos inquiridos representam apenas a sua opinião individual. O questionário advém dos entrevistados pessoas ligadas a área ou com experiência na construção.

Não existem respostas certas ou erradas, por isso solicita-se que responda de forma espontânea e sincera a todas as questões. Na maioria das questões terá apenas de assinalar com uma cruz a sua opção de resposta. Obrigado pela Colaboração.

2. Dados do Colaborador Entrevistado

Sexo: M () F ()

Profissão: _____

Local de Trabalho: _____

Sobre o Questionário

Assinale com X a resposta a sua escolha:

1. Já ouviu falar de lajes aligeiradas (de vigotas e blocos)?

Sim () Não ()

2. Já ouviu falar sobre lajes Maciças (de malha simples ou dupla)?

Sim () Não ()

3. Dos seguintes modelos estruturais, qual é o modelo mais utilizado na sua região?

Lajes Maciças () Lajes aligeiradas ()

4. Qual é o seu parecer diante dos dois modelos apresentados, com melhor os custos/benefícios no seu processo construtivo?

Lajes Maciças () Lajes aligeiradas ()

5. Avaliando quantitativamente os materiais dos dois modelos apresentados:
- a) qual considera apresentar maior consumo de cofragem (Madeira e Escoras)?
Lajes Maciças () Lajes aligeiradas ()
- b) qual considera apresentar maior consumo de aço (ferro/ malha)?
Lajes Maciças () Lajes aligeiradas ()
- c) dos modelos apresentados, qual considera apresentar mais consumo de betão?
Lajes Maciças () Lajes aligeiradas ()
6. Durante os processos construtivos na execução dos dois modelos apresentados, qual considera ter tecnologias que afectam ao meio ambiente?
Lajes Maciças () Lajes aligeiradas ()
7. Sabendo do tipo de clima predominante e das condições ambientais da Cidade de Quelimane, qual destes processos construtivos adequa-se melhor?
Lajes Maciças () Lajes aligeiradas ()
8. Qual é seu parecer em relação aos materiais de construção disponíveis no nosso mercado interno (a Cidade de Quelimane) relativamente as condições ambientais e climáticas vividas nos últimos anos em nossa cidade!?

Apendice B: Dimensionamentos de lajes

I. Dimensionamento de lajes macicas

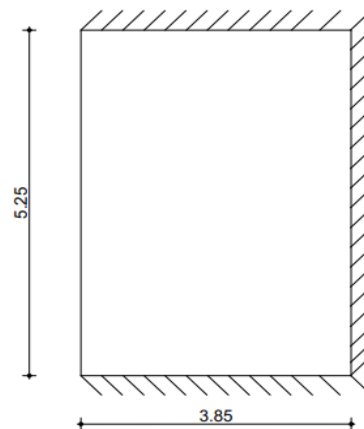
1. Cálculo da espessura das camadas

1.1. Parâmetros a considerar

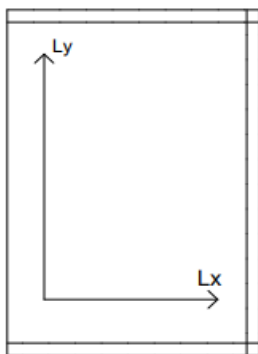
Dada a planta de formas abaixo, de um edifício residencial, pede-se o calculo e o detalhamento das lajes que deverão ser moldadas in loco e estão apoiadas em vigas de 15cm de largura.

Dados:

- Classe do betão: B25
- Classe das armaduras: A400
- Recobrimento: 20cm



2. Esquema estatístico



$$\lambda = \frac{Ly}{Lx} \rightarrow \frac{5,10}{3,60} = 1,42 < 2 \rightarrow \text{Laje armada em duas direcoes}$$

3. Estimativa de espessura de Laje

Dados:

- $\eta=1,0$
- $li= \alpha \cdot l$
- $\alpha= 0,6$ REBAP artº 102.

$$\frac{l_i}{h} \leq 30n \rightarrow h \geq \frac{l_i}{30n} \rightarrow h \geq \frac{5,10 * 0,6}{30 * 1} = 0,102m \rightarrow \text{adopta - se } h \geq 0,12m$$

4. Combinações de acções

- $P_p = 1 * 1 * 0,12 * 25 = 3,0 \text{ kn/m}^2$
- $Q = 3 \text{ kn/m}^2$
- $P_r = 1,50 \text{ kn}$
- $Q_t = 3,0 + 3 + 1,5 = 7,5 \text{ kn/m}^2$

5. Momentos flectores actuantes nas lajes (iniciais)

5.1. Processos de Marcus em lajes armadas em duas direções:

$$M_x = \frac{q * l_x^2}{m_x}; M_y = \frac{q * l_x^2}{m_y}; X_x = \frac{-q * l_x^2}{n_x}; X_y = \frac{-q * l_x^2}{n_y}; q_x = k_x * q$$

Tabela 4: Momentos Obtidos ao partir da tabela de Marcus

Laje	Ly	Lx	λ	Mx	My	Xx	Xy	qx
1	5,10m	3,6m	1,42	30,72	71,80	13,47	36,23	0,89

Tabela 5: Momentos obtidos por cálculo

Laje	Carga kn/m^2	Momento ($\text{kn} * \text{m/m}$)					
		Mx	My	Xx	Xy	qx	qy
	7,5	3,16	1,35	7,22	2,68	6,68	0,82

6. Verificação da altura da laje

Dados:

- $F_{cd} = 13,3 \text{ Mpa}$
- $B = 1,0 \text{ m}$
- $\mu = 0,15$

$$d \geq \sqrt{\frac{M_{sd}}{b * \mu * F_{cd}}} \rightarrow \sqrt{\frac{1,5 * 7,22}{1 * 0,15 * 13,3 * 10^3}} \rightarrow d \geq 0,07m$$

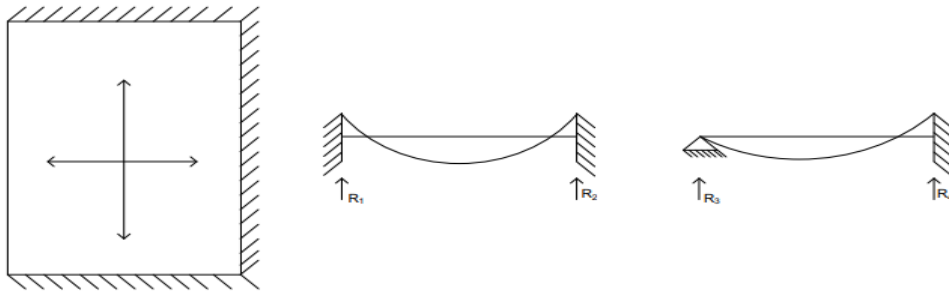
7. Cálculo de reacções de apoio

Dados:

- $q_x = 6,68 \text{ knm/m}$

– $q_y = 0,82 \text{ kn/m}$

Esquemas estáticos



$$R_1 = R_2 = \frac{q_y * l_y^2}{8} = \frac{0,82 * 5,10^2}{8} = 2,67 \text{ kn}$$

$$R_3 = \frac{q_x * l_x^2}{2} = \frac{6,68 * 3,6}{8} = 12,02 \text{ kn}$$

$$R_4 = \frac{q_x * l_x^2}{8} = \frac{6,68 * 3,6^2}{8} = 10,82 \text{ kn}$$

8. Verificação dos estados limites últimos

$$V_{sd} \leq V_{cd}$$

$$V_{sd} = 1,5 * 12,02 \rightarrow V_{sd} = 18,04 \text{ kn}$$

Onde:

- V_{cd} : parcela do valor de cálculo do esforço transversal resistente que depende da resistência do betão;
- V_{sd} : Maior esforço cortante positivo;
- Coeficiente de majoração = 50%.

$$V_{cd} = \alpha * b * d * 0,60 * (1,6 - d)$$

$$V_{cd} = 650 * 1 * 0,10 * 0,60(1,6 - 0,10) \rightarrow V_{cd} = 41,77 \text{ kn}$$

$$V_{sd} \leq V_{cd}$$

$$18,04 < 41,77$$

OK!

9. Cálculo de Armaduras

Para o cálculo das armaduras das lajes, baseou-se de acordo com o recomendado pelo REBAP

Dados:

A400

Fsyd=348 Mpa

$$A_s = \frac{Msd}{0,9 \times d \times f_{syd}} = \frac{1,5 \times 7,22}{0,9 \times 0,07 \times 348 \times 10^3} = \frac{10,83}{21,92} \rightarrow A_s = 0,49 \frac{m^2}{m}$$

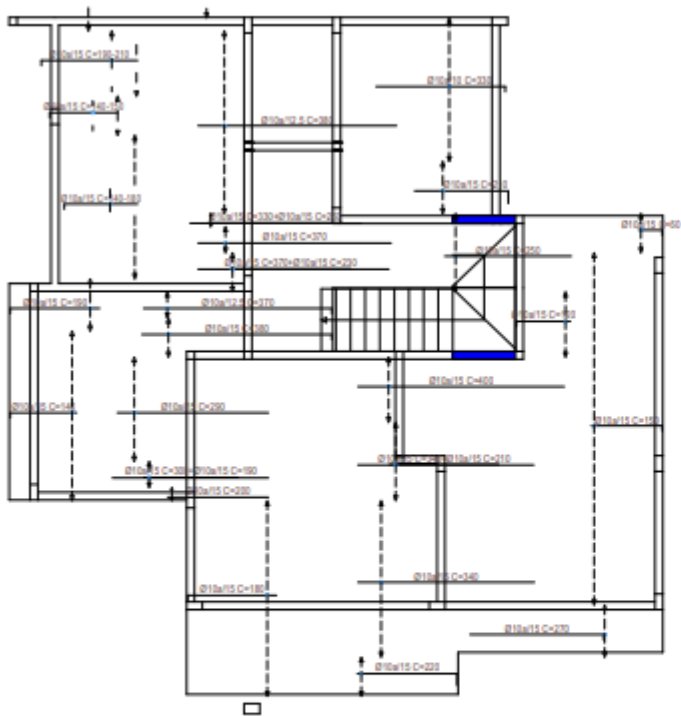
$$A_s = 4,94 \frac{cm^2}{m} \rightarrow \begin{array}{l} A_s = 5,24 \frac{cm^2}{m} \leftrightarrow \emptyset 10 @ 15cm \sqrt{ } \\ A_s = 5,65 \frac{cm^2}{m} \leftrightarrow \emptyset 12 @ 20cm \end{array}$$

$$A_{dist} = 0,20 \times A_s$$

$$A_{dist} = 0,20 \times 5,24$$

$$A_{dist} = 1,13 \frac{cm^2}{m} \rightarrow \begin{array}{l} A_s = 1,13 \frac{cm^2}{m} \leftrightarrow \emptyset 06 @ 25cm \sqrt{ } \\ A_s = 1,44 \frac{cm^2}{m} \leftrightarrow \emptyset 08 @ 35cm \end{array}$$

Adoptado $\emptyset 06 @ 15cm$

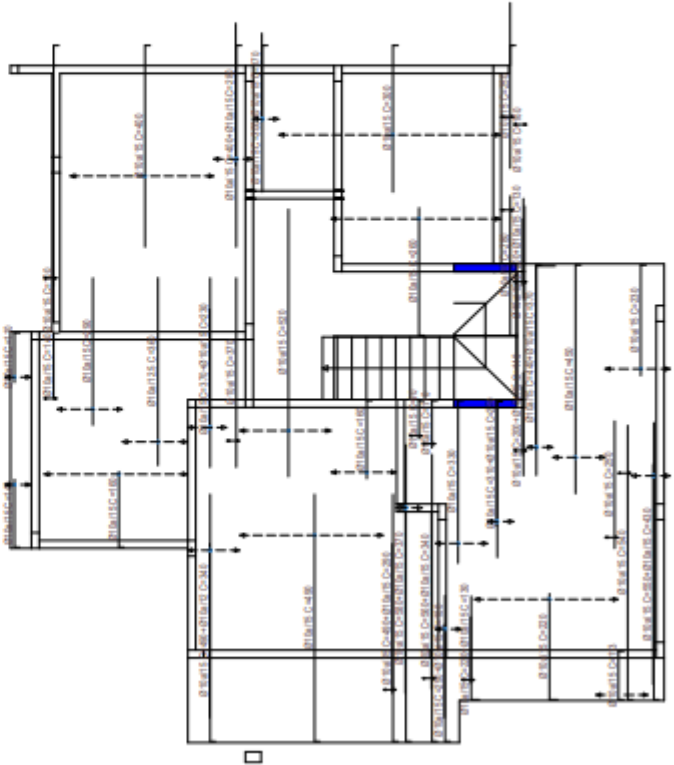


PAVIMENTO DO 1º ANDAR (+4,00 m)
 Armadura longitudinal
 Betão: B25 (C20/25)
 A400
 Escala: 1:100

Resumo Aço		
PAVIMENTO DO 1º ANDAR (+4,00 m)		
Armadura longitudinal		
A400	Ø10	880.9
		625

PAVIMENTO DO 1º ANDAR (+4,00 m)
 Armadura transversal
 Betão: B25 (C20/25)
 A400
 Escala: 1:100

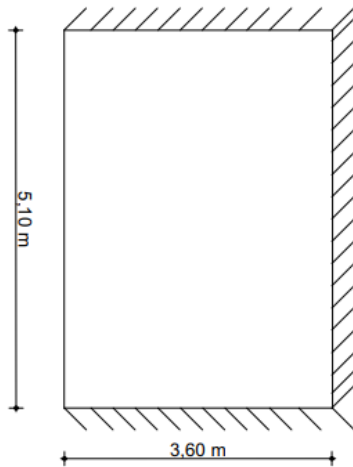
Resumo Aço		
PAVIMENTO DO 1º ANDAR (+4,00 m)		
Armadura transversal		
A400	Ø10	1083.5
		768



II. Dimensionamento de Laje aligeirada

1. Predefinição da altura da laje

1.1. Parâmetros a considerar



$$h = \frac{l}{30} \text{ ou } h = \frac{l}{25}$$

Onde:

h-Espessura total

l- distancia entre os apoios

1st. Vão Maior $l=5,10\text{m}$

$$h = \frac{5,10}{30} = 0,17 \text{ m}; h = \frac{5,10}{25} = 0,20 \text{ m}$$

2nd. Vão menor $l=3,60\text{m}$

$$h = \frac{3,60}{30} = 0,12 \text{ m}; h = \frac{3,60}{25} = 0,14 \text{ m}$$

Após a análise em cada troço, o valor da espessura mínima da laje, toma-se a maior espessura obtido considerando o ponto mais crítico $h=0,20 \text{ m}$.

Para definição da laje (sua altura), tendo em conta que se trata de lajes não tradicionais, teve-se em conta o disposto no documento de homologação do LNEC de Portugal e no ponto 2 do art.º 113 do REBAP.

2. Determinação de ações de cálculo

2.1. Ação permanente (SG)

As ações permanentes em cálculo são:

- $g(\text{peso proprio da laje}) = 0,06 \times 1,0 \times 1,0 \times 25 \rightarrow g = 1,5 \text{ kn/m}^2$;
- $\text{Peso do revestimento}_{\text{tijoleira}} = 0,90 \text{ kn/m}^2$
- $\text{Peso do revestimento}_{\text{reboco}} = 0,02 \times 1 \times 21 = 0,42 \text{ kn/m}^2$
- $\text{Peso do revestimento}_{\text{betonilha}} = 0,05 \times 1,0 \times 1,0 \times 20 = 0,10 \text{ kn/m}^2$
- $\text{Peso do revestimento}_{\text{TOTAL}} = 0,90 + 0,42 + 0,10 = 1,42 \text{ kn/m}^2$;
- $\text{Peso do bloco de aligeiramento} = 0,70 \text{ kn}$
- $\text{Peso das vigotas trelicadas} = 0,394 \text{ kn/m}^2$
- $SG = 4,014 \frac{\text{kn}}{\text{m}^2}$

2.2. Ação variável (SQ)

As ações variáveis são:

- $SQ = 3,0 \frac{\text{kn}}{\text{m}^2} \rightarrow \text{Art}^\circ 15 \text{ do RSA}$

3. Combinação de acções

3.1. Combinações de acções fundamentais (Estados limite de últimos)

$$S_d = g_G \times SG + g_Q \times SQ$$

Onde:

- S_d - Valor de cálculo do Esforço actuante;
- g_G & g_Q - Coeficiente de Majoração;
- SQ - Esforço devido a sobrecargas;
- SG - Esforço devido a cargas permanentes.

$$S_d = 1,5 \times 4,014 + 1,5 \times 3$$

$$S_d = 10,521 \text{ kn/m}^2$$

3.2. Combinações frequentes (E.L. utilização de fendilhacao e deformação)

$$S_f = 1,0 \times SG + \omega_1 \times SQ$$

Onde:

- S_f : Valor frequente dos esforços cortantes;
- SQ - Esforço devido a sobrecargas;
- SG - Esforço devido a cargas permanentes.
- ω_1 - Factor de combinação (art.º35 do RSA).

$$S_f = 1,0 \times 4,014 + 0,3 \times 3$$

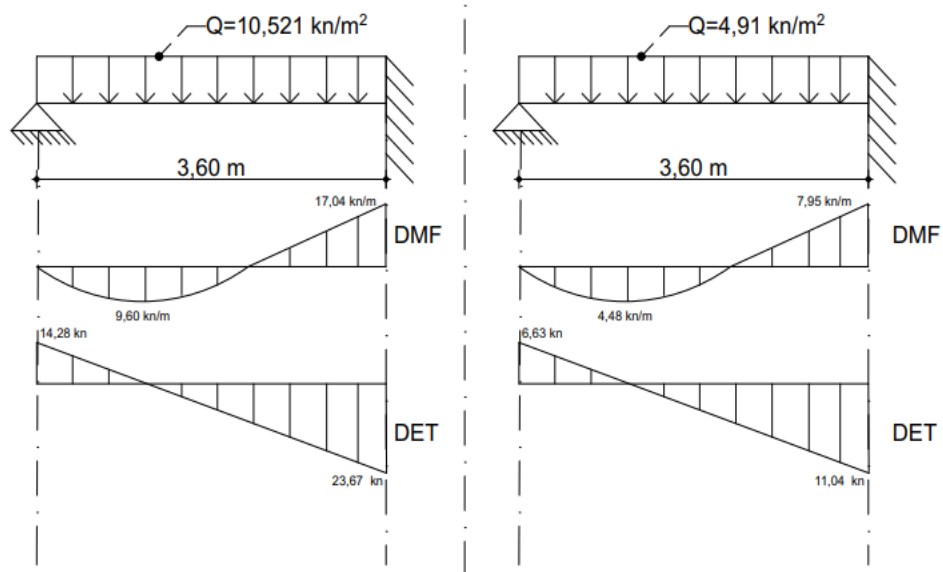
$$S_f = 4.91 \text{ kn/m}^2$$

4. Determinação dos esforços combinados

Dados:

- $A400(f_{syd}) = 348 \text{ Mpa}$;
- $B25(f_{cd}) = 13,3 \text{ Mpa}$
- $\tau_1 = 0,65 \text{ Mpa}$
- $\tau_2 = 4,0 \text{ Mpa}$
- $l_1 = 3,60 \text{ m}$
- $l_2 = 5,10 \text{ m}$
- $S_d = 10,52 \text{ kn/m}^2$
- $S_f = 4.91 \text{ kn/m}^2$

5. Diagramas de combinações de esforços fundamentais e frequentes



6. Verificação dos estados limite nas diversas secções condicionantes

Esta verificação sinje praticamente em comparar os valores máximos:

$$M_{sd} \leq M_{rd}$$

$$V_{sd} \leq v_{rd}$$

$$M_f \leq M_{fctk}$$

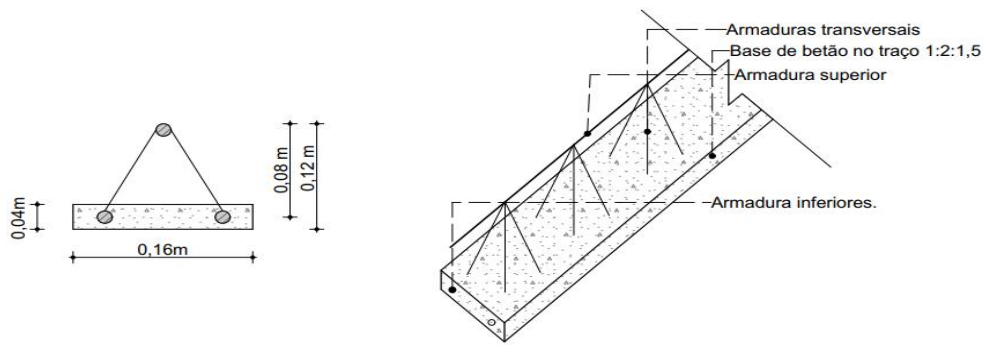
Para vão $l=3,60\text{m}$

$$M_{sd} = 17,04 \text{ knm/m}$$

$$V_{sd} = 23,67 \text{ kn/m}$$

$$M_f = 9,60 \text{ knm/m}$$

Os pormenores construtivos das vigotas utilizados neste dimensionamento foram adoptados mediante a realidade encontrada em execução do estudo de caso, sendo que esta apresenta a seguinte descrição:



6.1. Determinação das armaduras das nervuras

Dados:

- $M_{rd} = 9,60 \text{ kn/m}$
- $D = 0,10 \text{ m}$
- A400
- B25

Formula:

$$\mu = \frac{M_{rd}}{b \times d^2}; A_s = \frac{p \times b \times d}{100}$$

Calculo:

$$\mu = \frac{M_{rd}}{b \times d^2} = \frac{9,60 \times 10^3}{1,0 \times 0,10^2} = 0,96 \text{ Mpa}$$

$$p = 0,296 \rightarrow \text{Tabela de flexao simples n}^\circ 02$$

$$A_s = \frac{p \times b \times d}{100} = \frac{0,296 \times 1,0 \times 0,10}{100}$$

$$A_s = 2,96 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \approx 2,96 \text{ cm}^2 \rightarrow \begin{aligned} A_s &= 3,14 \text{ cm}^2 \leftrightarrow 3\emptyset 10 \\ A_s &= 3,39 \text{ cm}^2 \leftrightarrow 2\emptyset 12 \end{aligned}$$

Obs.: Armadura de esforços transversais adoptado $\emptyset 06$

6.2. Determinação de armaduras para lajeta:

6.2.1. Espessura da lajeta artº 115 do REBAP

A espessura da lajeta, no caso de não existirem blocos de cofragem incorporados, não deve ser inferior a 5 cm; no caso de existirem tais blocos, esta espessura pode ser reduzida a 4 cm ou a 3 cm consoante a distância entre faces de nervuras consecutivas exceder ou não 50 cm.

Nos casos correntes de pavimentos de edifícios sujeitos a cargas distribuídas de valor moderado, as espessuras mínimas indicadas são em geral suficientes para conferir à lajeta resistência que assegure o seu funcionamento conjunto com as nervuras. No caso de cargas distribuídas de valor elevado ou de cargas concentradas importantes, poderá ser necessário adoptar espessuras superiores às mínimas indicadas.

A espessura da lajeta adoptada em estudo foi de 0,08m, para uma laje de 0,2 m de espessura.

6.2.2. Armadura da lajeta artº 117 do REBAP

A lajeta deve ser armada nas duas direcções com varões cujo espaçamento não exceda 25 cm. No caso, porém, de lajes armadas numa só direcção, o espaçamento dos varões colocados em direcção paralela à das nervuras principais pode ser aumentado até 35 cm.

Para este estudo, foi adoptado $\emptyset 06@20cm$

PAVIMENTO DO 1º ANDAR (+4,00 m)
 Planta elementos estruturais
 Betão: B25 (C20/25)
 Aço em lajes: A400
 Escala: 1:100

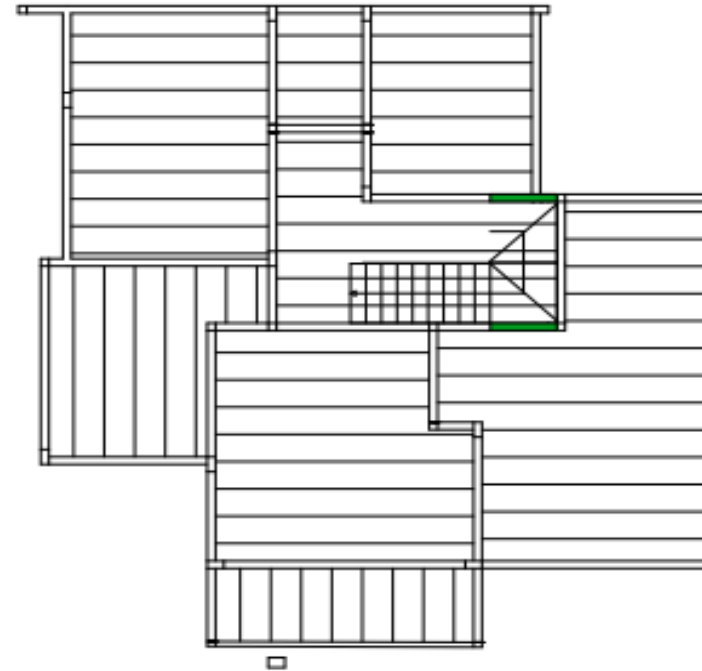


Tabela de características de lajes de vigotas (Grupo 3)
LAJE DE VIGOTAS IN SITU
 Altura da abóbada: 12 cm
 Espessura camada de compressão: 8 cm
 Entre-eixos: 35 cm
 Largura do nervo: 15 cm
 Largura da base: 21 cm
 Alobadilha: Bloco de aligeiramento
 Peso próprio: 5,084 kN/m²
 Nota: Consulte os detalhes referentes a unções com lajes de estrutura principal e das zonas maciças.

Apêndice C: Tabela de Proporções de áreas

Tabela 6: Tabela de Proporções de áreas

Item	Proporções de Áreas				
	Designação	Área calculada	Quantidades	área total	quantidade total
Lajes Aligeiradas					
1.0	Volume de betão lajeta e tarugo	18,36 m ²	2,53 m ³	123,26 m ²	16,99 m ³
1.1	Volume de betão vigotas	18,36 m ²	0,23 m ³	123,26 m ²	1,54 m ³
2.0	Quantidade de varão utilizado				
2.1	Ø10	18,36 m ²	81,22 kg	123,26 m ²	545,27 kg
2.2	Ø6	18,36 m ²	81,52 kg	123,26 m ²	547,29 kg
3.0	Blocos de aligeiramento (Abobadilha)	18,36 m ²	192,00 un	123,26 m ²	1288,99 un
4.0	Cofragens	18,36 m ²	5,95 m ²	123,26 m ²	39,95 m ²
Lajes maciça					
1.0	Volume de betão	18,36 m ²	2,24 m ³	123,26 m ²	15,04 m ³
2.0	Quantidade de varão utilizado				
2.1	Ø10	18,36 m ²	208,568 kg	123,26 m ²	1400,22 kg
2.2	Ø6	18,36 m ²	45,90 kg	123,26 m ²	308,15 kg
3.0	Cofragens	18,36 m ²	19,40 m ²	123,26 m ²	130,24 m ²

Fonte: Autor