



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

LAURA MAÍRA PENAFORTE DE OLIVEIRA MARQUES

**ESTUDO DA ESTIMATIVA DA CARGA MÁXIMA QUE UMA ESTRUTURA DE
CONCRETO PRÉ-MOLDADO SUPORTA, UTILIZANDO A NORMA ABNT NBR
6118/2014 COM BASE NA NORMA ABNT NBR 6120/2019**

MOSSORÓ

2021

LAURA MAÍRA PENAFORTE DE OLIVEIRA MARQUES

**ESTUDO DA ESTIMATIVA DA CARGA MÁXIMA QUE UMA ESTRUTURA DE
CONCRETO PRÉ-MOLDADO SUPORTA, UTILIZANDO A NORMA ABNT NBR
6118/2014 COM BASE NA NORMA ABNT NBR 6120/2019**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semiárido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Edson
Nogueira Fraga.

MOSSORÓ

2021

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido.O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for the cataloging data provided by the author.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

LAURA MAÍRA PENAFORTE DE OLIVEIRA MARQUES

**ESTUDO DA ESTIMATIVA DA CARGA MÁXIMA QUE UMA ESTRUTURA DE
CONCRETO PRÉ-MOLDADO SUPORTA, UTILIZANDO A NORMA ABNT NBR
6118/2014 COM BASE NA NORMA ABNT NBR 6120/2019**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semiárido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Defendida em 18 de novembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Edson Nogueira Fraga, (UFERSA)
Presidente / Orientador

Prof^ª. Dr^ª Christiane Mylena Tavares de Menezes Gameleir. (UFERSA)
Membro Examinador

Prof. Dr. Marcio Furukava (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e, especialmente:

Aos meus familiares por todo o apoio e compreensão durante todo esse tempo.

Ao professor Edson Fraga, orientador deste trabalho, pela disponibilidade de tempo, cooperação e ajuda durante esses últimos meses.

Aos membros da banca examinadora, por terem aceitado o convite.

Ao engenheiro civil Uberlânio Silva, pelo auxílio à pesquisa.

Aos professores da UFERSA, por todos os ensinamentos.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo estimar as cargas atuantes em uma estrutura de concreto pré-moldado com dois pavimentos segundo as recomendações da ABNT NBR 6120/2019, bem como determinar a capacidade de carregamento máximo da estrutura do prédio em estudo a partir das equações estudadas ao longo da disciplina de Resistência dos Materiais e das dimensões dos pilares e vigas medidas *in loco*. Para o desenvolvimento do trabalho, foi necessário levantar alguns dados acerca dos materiais e elementos estruturais da edificação, viabilizando a determinação da carga máxima que a estrutura suporta com base em alguns cálculos reversos ao processo de dimensionamento. Ao final, os resultados das cargas estimadas segundo os critérios da ABNT NBR 6120/2019 e os resultados das cargas calculadas com fundamento nos dados levantados foram comparados, constatando-se uma discrepância mínima entre esses valores.

Palavras-chave: Cargas, Estrutura de Concreto Pré-moldado, ABNT NBR 6120, Momento Fletor, Compressão.

ABSTRACT

This work aims to estimate the loads acting on a precast concrete structure with two floors according to the recommendations of ABNT NBR 6120/2019, as well as to determine the maximum loading capacity of the structure of the building under study from the equations studied throughout the discipline of Strength of Materials and the dimensions of columns and beams measured in loco. For the development of the work, it was necessary to raise some data about the materials and elements of the building, enabling a determination of the maximum load that a structure support has, based on some reverse calculations to the design process. At the end, the results of the estimated loads according to the criteria of the ABNT NBR 6120/2019 standard and the results of the calculated loads based on the data collected were compared, noting that the discrepancy between the values was not large.

Keywords: *Loads, Precast Concrete Structure, ABNT NBR 6120, Bending Moment, Compression.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama tensão-deformação idealizado para o concreto	20
Figura 2: Diagrama tensão-deformação idealizado para o aço.....	21
Figura 3: Representação da laje.....	22
Figura 4: Representação da viga.....	23
Figura 5: Representação do pilar	24
Figura 6: Distribuição de cargas nas estruturas	28
Figura 7: Viga submetido à flexão	29
Figura 8: Pilar submetido à compressão	30
Figura 9: Planta de Locação dos Pilares e Fundações	31
Figura 10: Ilustração da área de influência.....	33
Figura 11: Viga analisada	36
Figura 12: Pilar analisado	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cargas de uso/ocupação	27
Tabela 2: Peso Específico Aparente do Concreto	33
Tabela 3: Peso da Laje.....	34
Tabela 4: Peso dos revestimentos de pisos e impermeabilizações	35
Tabela 5: Peso das Telhas.....	35
Tabela 6: Análise das cargas obtidas para a viga e pilar	43
Tabela 7: Área total	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ai	Área de influência
Ap	Área da seção transversal do pilar
As	Área da seção transversal da armadura
By	Largura da viga
C	Carga acidental
Dr.	Doutor
Fcd	Resistência de cálculo do concreto
Fck	Resistência característica do concreto à compressão
Fy	Carga máxima suportada pelos pilares
Fyd	Resistência de cálculo do aço
Hp	Altura do pilar
Hv	Altura da viga
Mrd	Momento máximo resistente para o aço
Mrk	Momento máximo resistente admissível para o aço
NBR	Norma Brasileira
P.P.L.	Peso próprio da laje
P.P.P.	Peso próprio do pilar
P.P.R.	Peso próprio do revestimento
P.P.T.	Peso próprio das telhas
P.P.V.	Peso próprio da viga
Rcd	Resultante das tensões de compressão no concreto
Rsd	Resultante das tensões de tração no aço
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Yc	Peso próprio do concreto
Yl	Peso da laje
Yr	Peso do revestimento
Ys	Coefficiente de minoração da resistência do aço
Yt	Peso das telhas

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área
P	Carga
Cm	Centímetro
L	Comprimento
F	Força
kN	Kilonewton
B	Largura
x	Linha neutra
Mpa	Megapascal
M	Metro
M	Momento máximo resistente
Σ	Tensão

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 Considerações Iniciais	16
1.2 Delimitação do Problema	17
1.3 Objetivos.....	17
1.3.1 Objetivo Geral	17
1.3.2 Objetivos Específicos	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1 Materiais Estruturais.....	19
2.1.1 Concreto	19
2.1.2 Aço	21
2.2 Elementos Estruturais	22
2.2.1 Lajes	22
2.2.2 Vigas.....	23
2.2.2.1 Vigas Compostas	23
2.2.3 Pilares	24
2.3 Ações para o Cálculo de Estruturas de Edificações	25
2.3.1 Ações Permanentes.....	25
2.3.2 Ações Variáveis.....	26
2.4 Funcionamento da Estrutura.....	27
2.4.1 Flexão nas Vigas.....	28
2.4.2 Compressão nos Pilares	29
3 METODOLOGIA.....	31
4 ANÁLISES E RESULTADOS	39
4.1 Cargas Atuantes.....	39
4.1.1 Peso Próprio das Vigas	39
4.1.2 Peso Próprio dos Pilares	39
4.1.3 Peso Próprio das Lajes.....	40
4.1.4 Peso Próprio dos Revestimentos	40
4.1.5 Peso Próprio da Telha.....	40

4.1.6 Peso Acidental	40
4.1.7 Carga Total na Laje	41
4.1.8 Carga Total na Viga.....	41
4.1.9 Carga Total nos Pilares.....	41
4.2 Capacidade de carga	42
4.2.1 Cálculo à Flexão nas Vigas	42
4.2.2 Cálculo à Compressão nos Pilares.....	43
4.3 Análise dos Resultados	43
4 CONCLUSÃO	44
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

No Brasil, a primeira obra de grande porte que utilizou os elementos pré-moldados foi o Hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro, em 1926. Entre as vantagens do uso do concreto pré-moldado estão a diminuição dos custos fixos, a rápida execução dos projetos e a alta qualidade e durabilidade, o que o torna uma ótima opção para solução estrutural, proporcionando mais eficiência nos processos construtivos. Ainda assim, há uma série de cargas que atuam sobre a estrutura a serem determinadas de modo a evitar o desperdício ou ainda, uma possível perda da estabilidade.

A determinação dos carregamentos que atuam sobre a estrutura é uma das etapas mais importantes no quesito segurança. Além de que, estabelecer as cargas que as vigas e os pilares suportam é uma informação crucial para algumas situações, como por exemplo, uma reforma de ampliação ou a mudança de uso em um prédio já edificado, para que assim seja possível saber se a estrutura irá desempenhar sua função de forma adequada nas novas condições.

Quanto à estimativa dessas cargas, a ABNT NBR 6120/2019 é a norma que rege a aplicação dos carregamentos e os divide em permanentes e variáveis. Define-se como cargas permanentes aquelas que atuam com valores consideravelmente constantes, por outro lado, as cargas acidentais variam significativamente durante toda a vida útil da edificação.

Além disso, quando se tem algumas informações acerca do projeto estrutural, como as dimensões dos pilares e das vigas, as especificações do aço e do concreto utilizado e os dados da armadura, o cálculo da carga máxima suportada pela edificação se torna possível a partir de algumas equações estudadas ao longo da disciplina de Resistência dos Materiais.

A motivação deste trabalho foi responder ao seguinte questionamento: Se alguém se depara com uma construção/estrutura predial, cujo propósito inicial da obra é desconhecido, e deseja fazer o uso para determinada finalidade que exija uma maior resistência estrutural para uma aplicação específica, como proceder para saber se a estrutura irá suportar essas cargas solicitantes com segurança? Foi pensando nisso que se escolheu uma estrutura com a finalidade conhecida e, aplicando o método da engenharia reversa, buscou-se calcular a capacidade da carga que essa estrutura pode suportar com base nas dimensões das vigas e pilares pré-moldadas da estrutura e, ao final, comparar aos valores estimados de acordo com a ABNT NBR 6120/2019.

Desse modo, o enfoque desta pesquisa foi estimar a carga máxima que uma estrutura de concreto pré-moldado localizada em Mossoró, no Rio Grande do Norte, suporta. A princípio, essa estimativa foi realizada levando em conta os valores de cargas permanentes e acidentais da norma descrita anteriormente e, logo após, alguns cálculos foram realizados com base no processo reverso ao dimensionamento das vigas e dos pilares no intuito de estipular a carga máxima. Por fim, será realizada uma análise comparativa entre os dois resultados de carga máxima obtidos.

1.2 Delimitação do Problema

O problema desse estudo pode ser definido a partir do seguinte questionamento: Quais as cargas máximas estimadas para uma estrutura de concreto pré-moldado, que possui finalidade de uso/ocupação destinada a salas administrativas, situada no interior do município de Mossoró, baseando-se nos princípios estudados na disciplina de Resistência dos Materiais e levando em consideração as cargas permanentes e variáveis exigidas pela ABNT NBR 6120/2019?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral é estimar a carga máxima que uma estrutura de concreto pré-moldado suporta, aplicando os valores estipulados pela ABNT NBR 6120/2019 para estimar as cargas atuantes sobre a edificação e embasando-se, também, nos cálculos de tensão máxima que as vigas e os pilares suportam.

1.3.2 Objetivos Específicos

Especificamente, este trabalho se propôs a:

- Determinar, com as medidas dos elementos estruturais, a área que possui maior influência para servir de análise para os cálculos.

- Estimar, conforme as considerações estabelecidas pela ABNT NBR 6120/2019, as cargas que atuam sobre a área de influência.
- Aplicar os conceitos estudados na disciplina de Resistência dos Materiais para estimar a carga máxima.
- Calcular, para as dimensões da estrutura já construída, as cargas máximas que as vigas e os pilares suportam
- Comparar os resultados de carga máxima obtidos a partir dos cálculos com os valores estimados pela ABNT NBR 6120/2019.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse capítulo é descrito o desenvolvimento do estudo bibliográfico, abordando como subcapítulos as principais informações a respeito da teoria e especificações dos materiais e elementos estruturais, as ações estabelecidas pela ABNT NBR 6120/2019 e os cálculos à flexão nas vigas e à compressão nos pilares.

2.1 Materiais Estruturais

Um material estrutural deve possuir algumas propriedades que não sejam somente a resistência à tração e/ou compressão, como a plasticidade e elasticidade. O material estrutural possui comportamento elástico quando retorna a sua posição original após sofrer uma tensão, sem deixar, portanto, deformações residuais. Em contrapartida, apresenta comportamento plástico quando fica com alguma deformação residual após sofrer um esforço de tensão (SOUZA, RODRIGUEZ, MASCIA, 2008). Cabe citar, nos próximos tópicos, as propriedades de alguns dos principais materiais estruturais, como o concreto e o aço.

2.1.1 Concreto

O concreto é um dos materiais mais empregados na construção civil, sendo composto, de maneira geral, por uma mistura cimento, água, brita e areia. Dentre as inúmeras vantagens do concreto, é válido destacar a sua alta resistência à compressão, apresentando uma grande durabilidade devido as suas propriedades físico-químicas. Vejamos algumas delas:

- Massa específica

Para efeito de cálculo, a massa específica do concreto pode ser adotada como sendo 2500 kg/m^3 , de acordo com a ABNT NBR 8953:015.

- Coeficiente de minoração

De modo geral, o coeficiente de minoração do concreto pode ser adotado como sendo 1,4, de acordo com a ABNT NBR 6118/2014. Esse valor terá como objetivo cobrir as incertezas que serão abordadas nos cálculos.

- Resistência à compressão

O valor da resistência à compressão para o concreto utilizado nas estruturas desse projeto é igual à 40 MPa, de acordo com a ABNT NBR 8953/1992.

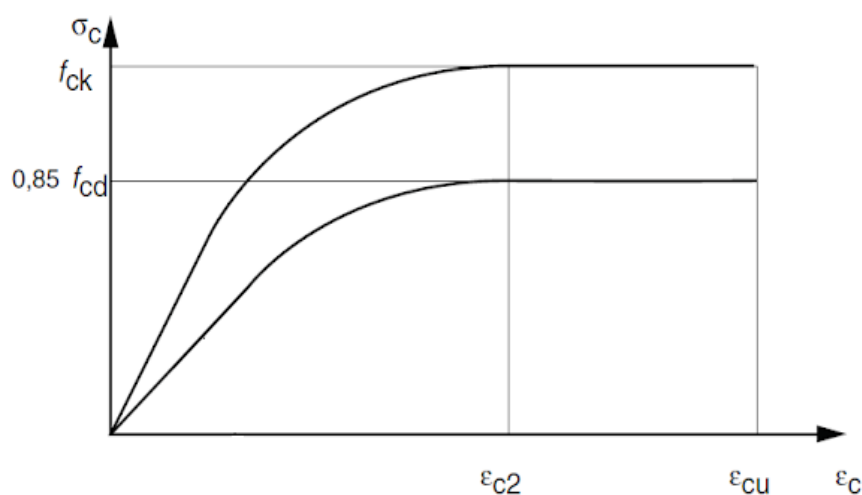
- Módulo de elasticidade

O valor do módulo de elasticidade pode ser estimado em função da resistência característica à compressão do concreto, o módulo de elasticidade obtido é 35 GPa para a classe de resistência C40, de acordo com a ABNT NBR 6118/2014.

- Diagrama tensão-deformação do concreto

O concreto possui um comportamento não linear quando submetido à altas tensões, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Diagrama tensão-deformação idealizado para o concreto



Fonte: ABNT NBR 6118 (2014)

De acordo com a ABNT NBR 6118:2014, o início da região curva pode ser descrito pela Equação 1:

$$\sigma_c = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\epsilon_{c2}}{\epsilon_c} \right)^n \right] \quad (1)$$

Onde σ_c é a tensão máxima do concreto, f_{cd} é a resistência à compressão de cálculo ao concreto, ϵ_{c2} é a deformação específica de encurtamento do concreto no início do patamar plástico, ϵ_c é a deformação específica do concreto e n , para o $f_{ck} \leq 50$ MPa, é igual a 2.

2.1.2 Aço

Sendo, o aço, de ótima resistência à tração, quando adicionado ao concreto, passa a atuar nas regiões tracionadas. Portanto, a baixa resistência à tração do concreto é facilmente solucionada quando as armaduras de aço são aderidas à peça. Vejamos algumas propriedades do aço:

a) Massa específica

Para efeito de cálculo, a massa específica do aço pode ser adotada como sendo 7850 kg/m^3 , de acordo com a ABNT NBR 8953/2015.

b) Coeficiente de minoração

De modo geral, o coeficiente de minoração do aço pode ser adotado como sendo 1,15, de acordo com a ABNT NBR 6118/2014. Esse valor terá como objetivo cobrir as incertezas que serão abordadas nos cálculos.

c) Tensão de escoamento

O aço utilizado possui resistência a tensão de escoamento de 500 MPa, de acordo com a ABNT NBR 7480:2007.

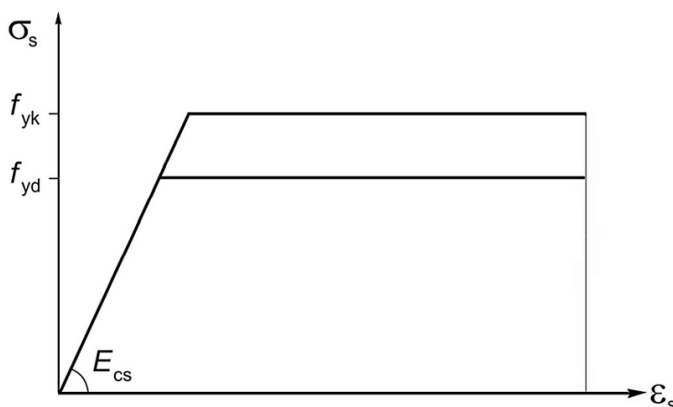
d) Módulo de elasticidade

Na falta de ensaios ou valores fornecidos pelo fabricante, o módulo de elasticidade do aço pode ser admitido igual a 210 GPa, de acordo com a ABNT NBR 6118/2014.

e) Diagrama tensão-deformação

A ABNT NBR 6118/2014 estabelece um diagrama tensão-deformação simplificado para os aços, como ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Diagrama tensão-deformação idealizado para o aço



Fonte: ABNT NBR 6118 (2014)

Onde f_{yd} é a resistência de cálculo do aço ao escoamento na tração e ϵ_{yd} é a deformação específica do aço correspondente ao limite do patamar de escoamento.

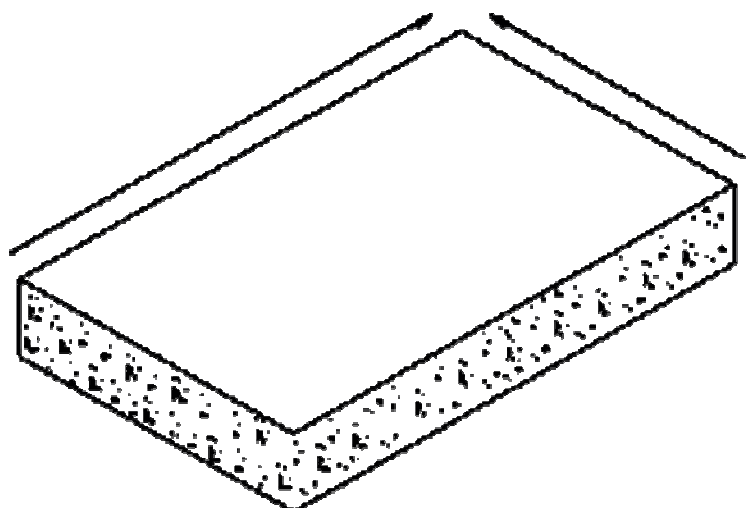
2.2 Elementos Estruturais

As estruturas se caracterizam por serem as partes mais resistentes de uma construção. São elas que absorvem e transmitem os esforços, sendo essenciais para a manutenção da segurança e da solidez de uma edificação. Uma estrutura é formada por elementos estruturais que, combinados, dão origem aos sistemas estruturais. (SOUZA, RODRIGUEZ, MASCIA, 2008).

2.2.1 Lajes

Laje é um elemento plano, bidimensional, cuja função é servir de piso ou cobertura nas construções, e que se destina geralmente a receber as ações verticais aplicadas, provenientes da utilização da laje em função de sua finalidade arquitetônica, como de pessoas, móveis, pisos, paredes, e de outros mais variados tipos de carga que podem existir (BASTOS, 2019).

Figura 3: Representação da laje



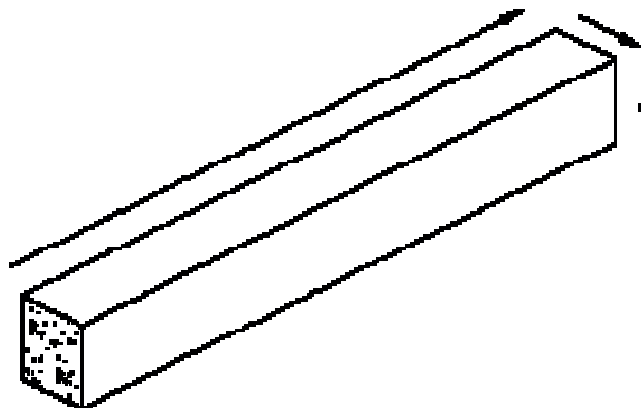
Fonte: Gustavo Breternitz (2021)

A laje é o elemento estrutural responsável por transmitir as cargas que nelas chegam às vigas, que as transferirão aos pilares, que, por sua vez, as conduzirão às fundações. (PORTO; FERNANDES, 2015). De maneira geral, a ABNT NBR 6118/2018 as classifica como sendo maciças, nervuradas ou pré- moldadas.

2.2.2 Vigas

As vigas são estruturas lineares. Podem ser dispostas horizontalmente ou inclinadas, com um ou mais apoios, de forma a garantir que tais barras sejam, no mínimo, isostáticas. Podem ser confeccionadas de madeira, aço, ferro fundido, concreto e alumínio, com aplicações nos mais diversos tipos de construções (SOUZA, RODRIGUEZ, MASCIA, 2008).

Figura 4: Representação da viga



Fonte: Gustavo Breternitz (2021)

As vigas, juntamente com as lajes e pilares, são responsáveis por proporcionar a estabilidade global dos edifícios às ações verticais e horizontais (BASTOS, 2019).

2.2.2.1 Vigas Compostas

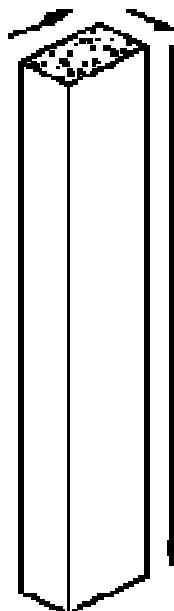
As vigas compostas são elementos estruturais sujeitos à solicitação de flexão, formados por duas ou mais peças justapostas, que são empregados nos variados mais tipos de construções e apresentam várias características (GOÊS, 2007). Podendo citar:

- a) Possibilidade de alcance de grandes vãos com o emprego de peças com dimensões reduzidas.
- b) Redução da presença de defeito.
- c) Maior aproveitamento de tora.

2.2.3 Pilares

São basicamente barras retas, com eixo quase sempre disposto verticalmente. Os esforços predominantes nos pilares são forças normais de compressão. Quando possui seção circular os pilares também são chamados de colunas. Constitui um elemento de grande importância na construção civil em virtude de sua grande utilização em praticamente todos os tipos de construções (SOUZA, RODRIGUEZ, MASCIA, 2008).

Figura 5: Representação do pilar



Fonte: Gustavo Breternitz (2021)

Os pilares são os elementos estruturais de maior importância nas estruturas, tanto do ponto de vista da capacidade resistente dos edifícios quanto no aspecto de segurança.

2.3 Ações para o Cálculo de Estruturas de Edificações

A ABNT NBR 6120/2019 é considerada uma das normas técnicas mais importantes para a elaboração de projetos estruturais, uma vez que concerne às ações de cargas nas estruturas. Em 2017, trinta e sete anos após a sua formulação, a norma entrou em processo de revisão com a inclusão de alguns termos, definições, simbologias e tabelas.

De acordo com a norma, as ações são definidas como “causas que provocam esforços que atuam sobre a estrutura, capazes de produzir ou alterar as deformações ou o estado de tensão nos elementos estruturais”.

Logo, na análise estrutural, deve ser considerada a influência de todas as ações que possam produzir efeitos significativos para a segurança da estrutura em exame, dando importância aos possíveis estados limites últimos, aos estados limites de serviço e, especialmente, às condições de localização e utilização da estrutura para melhor adequação ao uso (COSTA, CARMO, 2021).

Tais ações variam conforme as necessidades e os critérios estabelecidos por cada projeto estrutural. De modo geral, as cargas a serem consideradas pela ABNT NBR 6120/2019 são classificadas em permanentes e variáveis.

2.3.1 Ações Permanentes

De acordo com a ABNT NBR 6120/2019, ações permanentes são as ações que possuem valores praticamente constantes durante toda a vida da construção. Além disso, as ações que variam com o tempo também podem ser consideradas, desde que tendam a um valor limite constante. Vejamos as cargas permanentes que devem ser adotadas, conforme prescrito na norma:

- a) Peso próprio da estrutura: valor calculado conforme as dimensões da estrutura e com o valor do peso específico estabelecido pela norma para os materiais de construção utilizados.
- b) Peso dos elementos construtivos fixos e de instalações permanentes: as massas específicas dos materiais de construção empregados podem ser calculadas com base nos valores indicados pela norma.

c) Peso dos materiais de armazenagem: os valores de peso específico estipulados pela norma para cada tipo material armazenado.

d) Empuxos e pressões hidrostáticas: pressão exercida pela água em locais que permaneçam cheios durante a maior parte do tempo de vida da edificação, como piscinas e reservatórios.

2.3.2 Ações Variáveis

De acordo com a ABNT NBR 6120/2019, as ações variáveis são constituídas por cargas acidentais previstas que atuam com valores que variam significativamente durante toda a vida da construção, sendo ilustradas, algumas delas, na Tabela 1.

Tabela 1: Cargas de uso/ocupação

Local	Carga uniformemente distribuída (kN/m ²)	Carga concentrada (kN)
Refeitórios	3	-
Sala de assembleia com assentos fixos	4	-
Sala de assembleia com assentos móveis	5	-
Academia	5	-
Salão de esportes	5	-
Salão de danças	5	-
Salão de bilhar, sala de jogos	3	-
Pista de boliche	4	-
Sanitários, vestiários	2	-
Cozinhas	3	-
Depósitos	5	-
Salas administrativas	2,5	-
Corredores	3	-
Quadras esportivas	5	-

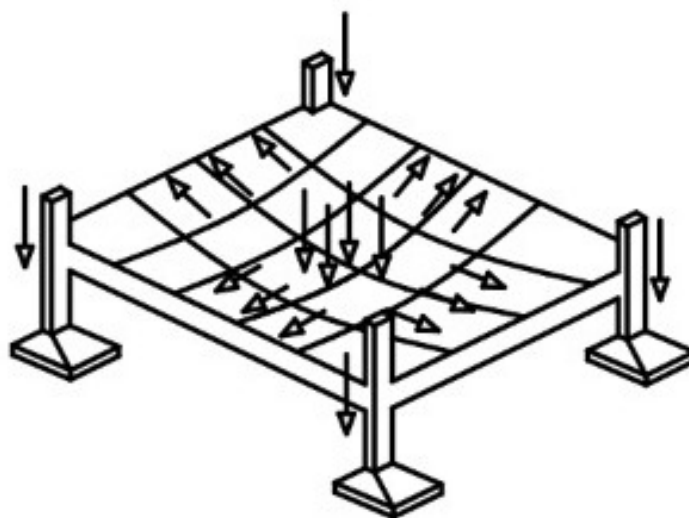
Fonte: ABNT NBR 6120 (2019)

As principais cargas variáveis são as de uso e ocupação da edificação, que são estabelecidas pela norma conforme a finalidade da edificação, todas as estruturas, portanto, devem ser projetadas para suportar essas cargas.

2.4 Funcionamento da Estrutura

O funcionamento real de distribuição das cargas nas estruturas, em geral, não possui um caminho perfeitamente definido. Entretanto, a NBR 6118/2014 admite uma série de simplificações, tornando-o mais simples e de fácil manipulação por meios mais comuns (COSTA, CARMO, 2021).

Figura 6: Distribuição de cargas nas estruturas



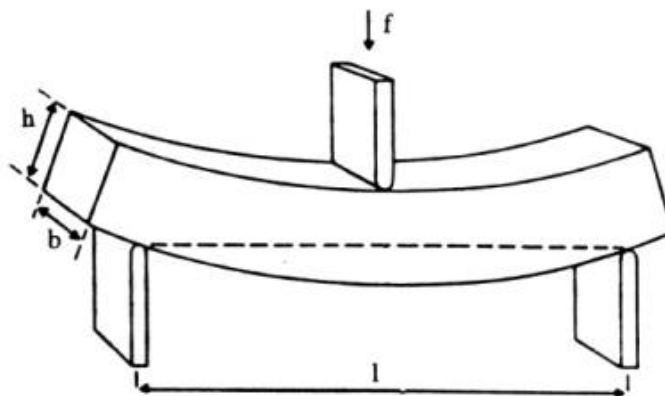
Fonte: Costa, Carmo (2021)

O funcionamento admitido para a distribuição de cargas nas estruturas é de fácil compreensão, basicamente, as lajes suportam as cargas verticais e as transmitem para as vigas que, por sua vez, as transmitem aos pilares que as descarregam nas fundações (COSTA, CARMO, 2021), como mostra a Figura 6.

2.4.1 Flexão nas Vigas

A flexão ocorre quando uma viga é submetida a uma força f , atuando perpendicularmente ao seu eixo, produzindo uma flexão, como ilustra a Figura 7.

Figura 7: Viga submetido à flexão



Autor não identificado

A força f é calculada a partir da Equação 2:

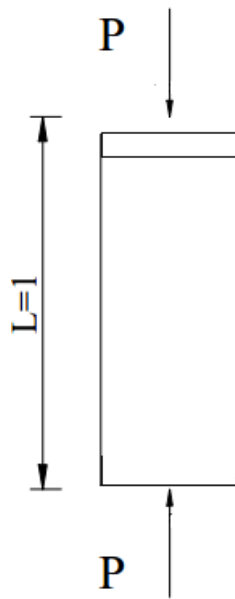
$$F = \frac{8 \cdot M}{L^2} \quad (2)$$

Sendo o momento resultante na seção transversal igual ao momento produzido pela distribuição linear da tensão normal em torno do eixo neutro.

2.4.2 Compressão nos Pilares

Também chamada de compressão centrada, a compressão ocorre quando um pilar é submetido à uma carga P aplicada no seu centro geométrico, ilustrado na figura 8. Os pilares submetidos à compressão simples são os pilares de centro ou pilares intermediários.

Figura 8: Pilar submetido à compressão



Fonte: Sudano, 2005

Onde:

$$P = \sigma \cdot A \quad (3)$$

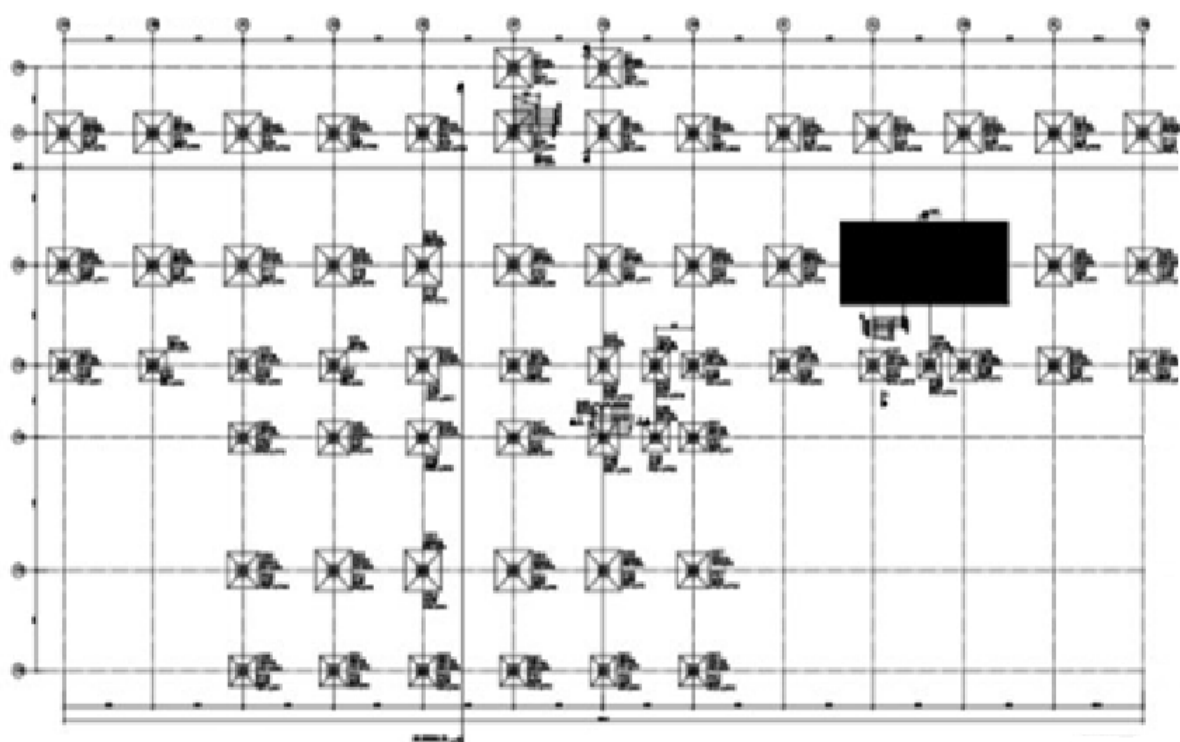
Sendo, para a compressão, $\sigma < 0$.

3 METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de uma pesquisa de caráter exploratório baseada em um estudo de caso realizado em uma estrutura já edificada de concreto pré-moldado situada na Avenida Vieira Diniz, no município de Mossoró. A princípio, foi feita uma revisão nos principais conceitos envolvidos que auxiliaram no desenvolvimento do trabalho, bem como o estudo da norma pertinente.

No tocante à parte prática do trabalho, foram realizadas algumas visitas técnicas à edificação mencionada com a finalidade de levantar algumas informações acerca da estrutura e, conseqüentemente, determinar os carregamentos atuantes sobre o edifício. Cabe informar, ainda, que o Engenheiro Civil disponibilizou uma planta de locação dos pilares e fundações, sendo ilustrada na Figura 9.

Figura 9: Planta de Locação dos Pilares e Fundações



Disponibilizada por Uberlânio Silva em 2021

Foram feitas algumas verificações nesta planta, sendo possível determinar as dimensões e as distâncias dos elementos estruturais que a compõem. Além disso, durante as

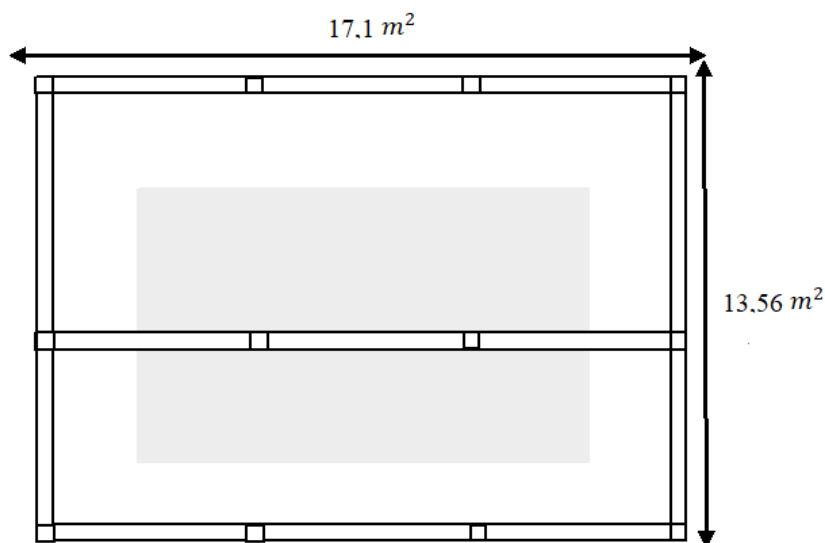
visitas técnicas ao local, constatou-se que o concreto C40 e o aço CA50 foram os materiais estruturais empregados na edificação.

Em seguida, foi realizado o cálculo das cargas atuantes na estrutura através do processo das áreas de influência, que consiste em dividir a área total do pavimento em áreas de influência relativas a cada pilar. Conceitualmente, calcular as cargas atuantes, conforme as especificações da ABNT NBR 6120/2019, requer muitas informações e demanda muito tempo, pois a análise deve ser feita em cada parte da estrutura, levando em consideração algumas variáveis que podem influenciar o resultado final, como o material estrutural, a geometria das peças, as cargas de uso e ocupação, etc. Portanto, considerando que seria inviável calcular os carregamentos em toda a estrutura, eliminou-se as áreas que possuem menor peso, como efeito, menor influência.

Do ponto de vista prático, se uma estrutura suporta as cargas atuantes em uma área com maior influência, conseqüentemente ela suportará as cargas atuantes em uma área de menor influência.

Por meio de alguns estudos no arranjo estrutural, constatou-se que a maioria das vigas e pilares possuíam, respectivamente, 5,7 metros de comprimento e 30x30 cm^2 de seção transversal. Com essa informação, o primeiro critério adotado para a escolha da maior área de influência foi a área da laje, levando sempre em consideração que quanto maior for essa área, maior será a força peso atuante sobre a viga. E por fim, tendo o conhecimento de que os pilares intermediários detêm a maior área de influência, o segundo critério adotado foi a posição dos pilares. A área determinada com base nesses critérios possui 77,292 m^2 e está ilustrada na área cinza da Figura 10.

Figura 10: Ilustração da área de influência



Fonte: Autoria Própria (2021)

Posteriormente, foi feito o cálculo das cargas atuantes conforme estabelecido pela ABNT NBR 6120/2019, considerando as seguintes especificações:

a) Para o cálculo do peso próprio da viga, a sua seção transversal foi multiplicada pelo seu comprimento e pelo peso específico do concreto, como descrito na Equação 4:

$$P.P.V. = B_v \cdot H_v \cdot C_v \cdot \gamma_c \quad (4)$$

Onde P.P.V. é o peso próprio da viga, B_v é a largura da viga, H_v é a altura da viga, C_v é o comprimento da viga e γ_c é o peso específico do concreto estabelecido pela ABNT NBR 6120/2019, sendo ilustrado na Tabela 2.

Tabela 2: Peso Específico Aparente do Concreto

Material	Peso específico aparente γ_{ap} (kN/m³)
Concreto armado	25

Fonte: ABNT NBR 6120 (2019)

b) Para o cálculo do peso próprio dos pilares, a sua seção transversal foi multiplicada pela sua altura e pelo peso específico do concreto, como descrito na Equação 5:

$$P.P.P. = A_p \cdot H_p \cdot \gamma_c \quad (5)$$

Onde P.P.P. é o peso próprio do pilar, A_p é a área da seção transversal do pilar, H_p é a altura do pilar e γ_c é o peso específico do concreto estabelecido pela ABNT NBR 6120/2019, ilustrado na Tabela 2.

c) Para o cálculo do peso próprio das lajes, a sua área foi multiplicada pelo peso da laje com 0,08 m de espessura e preenchimento em lajota cerâmica, como descrito na Equação 6:

$$P.P.L. = A \cdot \gamma_l \quad (6)$$

Onde P.P.L. é o peso próprio da laje, A é a área da laje e γ_l é peso da laje fornecido pela empresa fabricante, ilustrado na Tabela 3.

Tabela 3: Peso da Laje

Altura da laje (sem capa de concreto)	0,08 m
Peso da laje com preenchimento em lajota cerâmica (sem capa de concreto)	59 kg/m ²

Fonte: Itaipu Lajes e Estruturas Pré-Moldadas (2016)

d) Para o cálculo do peso próprio do revestimento, a sua área foi multiplicada pelo seu peso, como descrito na Equação 7. Na ausência de dados experimentais a respeito do revestimento utilizado na estrutura, adotou-se o revestimento de pisos e edifícios residenciais e comerciais com espessura de 0,05 m, por ser o material mais indicado para uso na situação estudada.

$$P.P.R. = A \cdot \gamma_r \quad (7)$$

Onde P.P.R. é o peso próprio do revestimento, A é a área do revestimento e γ_r é peso do revestimento estabelecido pela ABNT NBR 6120/2019 como ilustrado na Tabela 4.

Tabela 4: Peso dos revestimentos de pisos e impermeabilizações

Material	Espessura (cm)	Peso (kN/m²)
Revestimentos de pisos de edifícios residenciais e comerciais ($\gamma_{ap-m} = 20 \text{ kN/m}^3$)	5	1,0

Fonte: ABNT NBR 6120 (2019)

e) Para o cálculo do peso próprio da telha, a sua área foi multiplicada pelo seu peso, como descrito na Equação 8. Na ausência de dados experimentais a respeito do tipo de telha utilizada na estrutura, adotou-se a telha de fibrocimento ondulada de 6 mm, por ser o material mais indicado para uso na situação estudada.

$$P.P.T = A \cdot \gamma_t \quad (8)$$

Onde P.P.T. é o peso próprio da telha adotada, A é a área da telha e γ_t é peso da telha estabelecido pela ABNT NBR 6120/2019 conforme ilustrado na Tabela 5.

Tabela 5: Peso das Telhas

Material	Peso na superfície inclinada (kN/m²)
Telha de fibrocimento ondulada espessura 6 mm	0,18

Fonte: ABNT NBR 6120 (2019)

f) Para o cálculo do peso acidental, a área de influência foi multiplicada pela carga acidental, como descrito na Equação 9.

$$P.A. = A_i \cdot c \quad (9)$$

Onde P.A. é o peso acidental, A_i é a área de influência e c é a carga acidental estipulada pela ABNT NBR 6120/2019 para as salas administrativas, conforme ilustrado na Tabela 1.

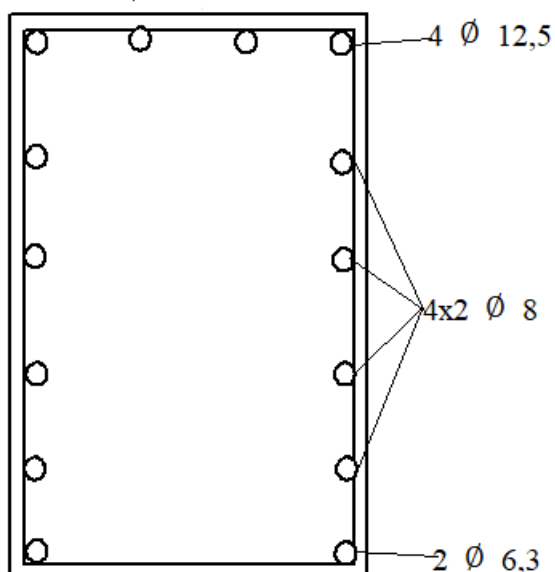
Através do somatório de todos os pesos que foram calculados seguindo as recomendações da ABNT NBR 6120/2019, obteve-se a estimativa da carga total atuando sobre a laje e, conseqüentemente, sobre as vigas e os pilares.

Em seguida, foi realizado o cálculo à flexão nas vigas a partir da Equação 10:

$$R_{sd} = A_s \cdot F_{yd} \quad (10)$$

Onde A_s é a armadura total da viga e F_{yd} é o resultado da tensão de escoamento do aço dividido pelo coeficiente de minoração das resistências dos materiais para o aço. Logo após, foi feito o cálculo da altura útil da viga analisada, que possui seção transversal de 20x60 cm^2 e é armada com 4 barras de 12,5mm, 8 barras de 8 mm e 2 barras de 6,3 mm, como mostra a Figura 11.

Figura 11: Viga analisada



Fonte: Autoria Própria (2021)

$$d = H - c - \frac{\phi}{2} - e - \frac{\phi}{2} \quad (11)$$

Onde d é a altura útil da viga, H é a altura da viga, c é o comprimento, ϕ é o diâmetro dos estribos e $\frac{\phi}{2}$ é o diâmetro da armadura dividido por 2.

Para o cálculo à flexão simples, algumas hipóteses foram admitidas. A primeira delas, é que as armaduras suportam todo o esforço de tração, logo, a resistência à tração do concreto será desconsiderada. Por fim, é admitido que peça atua nos domínios 2 ou 3, conforme os valores estabelecidos na ABNT NBR 6118/2014, onde:

$$\left\{ \begin{array}{l} x > 0 \text{ até } x < 0,259 \cdot d, \text{ para o domínio 2} \\ 0,259 \cdot d \text{ até } x \leq 0,45 \cdot d, \text{ para o domínio 3} \end{array} \right.$$

Para o cálculo da linha neutra, foi levado em consideração o tipo da viga. O resultado foi obtido igualando o R_{sd} com o R_{cd} , uma vez que esses valores são iguais, sendo ilustrado pela seguinte equação:

$$R_{sd} + R_{cd} = 0 \quad \longleftrightarrow \quad R_{cd} = R_{sd} \quad (12)$$

Logo:

$$R_{sd} = R_{cd} = 0,68 \cdot F_{cd} \cdot b \cdot x \quad (13)$$

A resultante do momento máximo resistente foi obtida pela seguinte equação:

$$M_{rd} = A_s \cdot F_{yd} \cdot (d - 0,4 \cdot x) \quad (14)$$

Onde A_s é valor da armadura total da viga, F_{yd} é o resultado da tensão de escoamento do aço dividido pelo coeficiente de minoração das resistências dos materiais para o aço, d é a altura da viga e x é a altura da linha neutra. Visando a segurança, o valor do M_{rd} foi dividido por 1,4, como mostra a Equação 15:

$$M_{rk} = \frac{M_{rd}}{1,4} \quad (15)$$

Logo, obteve-se o valor da carga máxima F que a viga suporta através da Equação 2. Onde M é a resultante do momento máximo resistente e L é o comprimento da viga.

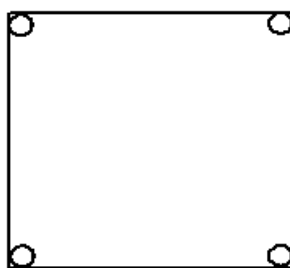
Para o cálculo à compressão nos pilares, inicialmente, a tensão de escoamento do aço foi minorada, conforme a Equação 17.

$$F_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad (16)$$

Onde F_{yd} é o resultado da tensão de escoamento do aço dividido pelo seu coeficiente de minoração das resistências dos materiais.

Para o cálculo à compressão, foi admitido que os vergalhões de aço devem resistir aos esforços à compressão, logo a resistência à compressão do concreto será desprezada. Sabendo que o pilar analisado possui seção transversal de 30x30 cm^2 e quatro vergalhões de 16 mm, como ilustra a Figura 12, temos para o aço a área de 8 cm^2 .

Figura 12: Pilar analisado



Fonte: Autoria Própria (2021)

Logo, a carga máxima que o aço suporta pode ser representado pela Equação 3. Onde P é o resultado da multiplicação da tensão admissível de escoamento do aço pela sua área.

Por fim, as cargas obtidas foram comparadas e discutidas com o intuito de formular conclusões baseadas na discrepância entre esses resultados.

4 ANÁLISES E RESULTADOS

Nesse capítulo são apresentados os principais resultados obtidos no desenvolvimento desse trabalho, a descrição de como se procedeu todos os cálculos, justificativas dos valores adotados e análises dos resultados obtidos.

4.1 Cargas Atuantes

Através dos valores estipulados pela ABNT NBR 6120/2019, para as cargas variáveis e permanentes, foi realizada a estimativa do peso que atua sobre o primeiro pavimento da estrutura e, posteriormente, foi feito o cálculo da carga atuante sobre as vigas e os pilares que estão submetidos aos esforços da área em estudo, ilustrada na Figura 10.

4.1.1 Peso Próprio das Vigas

Através da Equação 4, obteve-se o valor de 17,1 kN para o peso próprio de uma viga de concreto armado com 0,2 m de largura, 0,6 m de altura e 5,7 m de comprimento, cujo peso específico aparente, conforme estabelecido pela ABNT NBR 6120/2019 e ilustrado na Tabela 2, foi adotado como sendo 25 kN/m³.

Todavia, a área analisada possui 11,4 metros de comprimento de viga, o que equivale a duas vezes do comprimento calculado, portanto, para que se possa chegar ao valor do peso próprio total das vigas, esse valor foi multiplicado por dois, resultando em 34,2 kN.

4.1.2 Peso Próprio dos Pilares

Através da Equação 5, obteve-se o valor de 7,4 kN para o peso próprio de um pilar de concreto armado com 30x30 cm^2 de seção transversal e 3,30 m de altura, cujo peso específico aparente, conforme estabelecido pela ABNT NBR 6120/2019 e ilustrado na Tabela 2, foi adotado como sendo 25 kN/m³.

Todavia, existem dois pilares sobrepostos à área que está sendo analisada, portanto, para que se possa chegar ao valor do peso próprio total dos pilares, esse valor foi multiplicado por dois, resultando em 14,8 kN.

4.1.3 Peso Próprio das Lajes

Através da Equação 6, obteve-se o valor de 45,6 kN para o peso próprio de uma laje com preenchimento em lajota cerâmica que possui área de 77,292 m², cujo peso, conforme ilustrado na Tabela 3, foi fornecido pela empresa fabricante e adotado como sendo 59 kg/m².

Todavia, existem dois pavimentos de laje a serem considerados na área que está sendo analisada, portanto, para que se possa chegar ao valor do peso total das lajes, esse valor foi multiplicado por dois, resultando em 91,2 kN.

4.1.4 Peso Próprio dos Revestimentos

Através da Equação 7, obteve-se o valor de 77,292 kN para o peso próprio de uma laje com preenchimento em lajota cerâmica que possui área de 77,292 m², cujo peso, conforme estabelecido pela ABNT NBR 6120/2019 e ilustrado na Tabela 4, foi adotado como sendo 1 kN/ m².

4.1.5 Peso Próprio da Telha

Através da Equação 8, obteve-se o valor de 13,91 kN para o peso próprio de uma telha de fibrocimento ondulada que possui área de 77,292 m², cujo peso, conforme estabelecido pela ABNT NBR 6120/2019 e ilustrado na Tabela 5, foi adotado como sendo 0,18 kN/ m².

4.1.6 Peso Acidental

Através da Equação 9, obteve-se o valor de 192,2 kN para o peso accidental de um prédio com salas administrativas que possui área de influência de 77,292 m², cujo peso, conforme estabelecido pela ABNT NBR 6120/2019 e ilustrado na Tabela 1, foi adotado como sendo 2,5 kN/ m².

4.1.7 Carga Total na Laje

A carga total é dada pelo somatório de todos os pesos que foram encontrados acima, portanto, o valor do peso total calculado, seguindo as recomendações estabelecidas pela ABNT NBR 6120/2019, resultou em 423,6 kN. Cabe ressaltar que o carregamento total calculado atua sobre a laje e que as cargas que não foram consideradas conforme estabelecido pela norma são nulas ou desprezíveis.

4.1.8 Carga Total na Viga

A laje é o elemento estrutural responsável por transmitir o carregamento total para as vigas, portanto, para saber as ações de peso atuante na viga, o peso total calculado deve ser dividido pelo seu comprimento, conforme estudado na disciplina de Resistência dos Materiais. Na área de influência, as vigas possuem 11,4 m de comprimento, o que equivale a 2 vigas. Logo, o carregamento total nas vigas resultou em 37,2 kN.m, por conseguinte, o resultado do cálculo da flexão nas vigas deverá ser superior a esse valor.

4.1.9 Carga Total nos Pilares

As vigas são os elementos estruturais responsáveis por transmitir o carregamento total para os pilares, portanto, para saber as ações de peso atuante no pilar, o peso total calculado deve ser dividido pela quantidade de pilares, conforme estudado na disciplina de Resistência dos Materiais. Na área de influência, existem dois pilares. Logo, a carga em cada pilar resultou em 212,04 kN, por conseguinte, o resultado do cálculo da compressão nas colunas deverá ser superior a esse valor.

4.2 Capacidade de carga

A capacidade de carga que as vigas e os pilares suportam é uma informação decisiva em várias ocasiões, a título de exemplo, a construção de um novo pavimento ou a mudança de uso/ocupação em uma edificação, pois só assim será possível determinar se a estrutura será capaz de demandar as novas solicitações de forma segura. Para esse procedimento, foi feito uma engenharia reversa ao processo de dimensionamento, onde foi obtido uma estimativa da carga máxima que as vigas e os pilares suportam através do cálculo à flexão e compressão.

4.2.1 Cálculo à Flexão nas Vigas

O cálculo à flexão nas vigas resultará no valor da carga máxima que a mesma suporta. A princípio, foi levado em consideração que as armaduras de aço foram dimensionadas para suportar os esforços de tração, já que o concreto não possui resistência à tração suficiente para resistir aos esforços solicitantes sobre a estrutura. Desse modo, obteve-se, através da Equação 10, o valor de 418,7 kN para a resultante de tração imposta no aço, que possui 9,63 m² de área de armadura e 43,48 de resistência de cálculo do aço à tração.

Em seguida, através da Equação 11, obteve-se o valor de 55,5 cm para a altura útil da viga ilustrada na Figura 11, que possui 60 cm de altura, 3 cm de comprimento e estribos com 0,8 cm de diâmetro.

Através da Equação 13, calculou-se o valor de 0,1077 m para a linha neutra, onde a resistência de cálculo do concreto é igual a 28.571 e a largura da viga é igual a 0,2 m. Dividindo o valor obtido para a linha neutra pela altura útil de 55,5 cm, é obtido o valor de 0,194 m, confirmando, portanto, a hipótese estabelecida de que a linha neutra atua no domínio 2.

Obteve-se, para o momento máximo resistente, a resultante de 214,4 kN . m através da Equação 14. Visando a segurança, o valor de 214,4 kN . m foi dividido por 1,4, resultando em 153,1 kN . m.

Por fim, o valor da carga máxima que a viga suporta foi calculado através da Equação 15, resultando em 37,7 kN . m, para uma viga de comprimento de 5,7 m e seção transversal de 20 x 60 cm².

4.2.2 Cálculo à Compressão nos Pilares

O cálculo à compressão nos pilares resultará no valor da carga máxima que o mesmo suporta. A princípio, foi levado em consideração que as armaduras longitudinais dos pilares foram dimensionadas de modo a resistir aos esforços solicitantes, desprezando, portanto, a resistência a compressão do concreto. Posteriormente, visando a segurança, a tensão de escoamento do aço foi minorada, conforme a Equação 17, resultando em 434 MPa.

Por fim, para uma área de aço de 8 cm^2 , obteve-se a resultante da força axial à compressão através da Equação 18. Portanto, a carga máxima suportada pelos pilares é a força axial à compressão dos vergalhões de aço, que resultou em 347,2 kN.

4.3 Análise dos Resultados

Com relação ao cálculo das cargas atuantes, adotou-se as cargas estipuladas pela ABNT NBR 6120/2019, posto a isso, foi calculado o peso próprio das vigas, das colunas, das lajes, do revestimento, das telhas, do uso/ocupação e do peso total, que se deu pelo somatório dos demais pesos, sendo possível estimar, ao final, as ações atuantes nas vigas e nas colunas, conforme ilustrado na segunda coluna da Tabela 6.

Quanto ao cálculo da capacidade de carga máxima que a estrutura suporta, foram adotadas as equações de flexão simples para a viga, tendo em vista que a peça atua no domínio 2, e as equações de compressão para o pilar, considerando, em ambos os cálculos, que as armaduras de aço foram dimensionadas para resistir a todos os esforços solicitantes, obtendo, ao final, os resultados descritos na terceira coluna da Tabela 6.

Tabela 6: Análise das cargas obtidas para a viga e pilar

Elementos Estruturais	Carga estimada conforme a NBR 6120/2019	Capacidade máxima de carga
Vigas	212 kN	215 kN
Pilares	212 kN	347,2 kN

Fonte: Autoria Própria (2021)

Para a viga, a carga estimada, seguindo as recomendações da norma vigente, foi de 212 kN e a capacidade máxima de carga, considerando todos os coeficientes de segurança, foi de 215 kN. Dessa forma, através da análise dos resultados obtidos, constatou-se que a carga máxima calculada possui uma discrepância de 1,014% em relação a carga estimada.

Já para o pilar, a carga estimada, seguindo as orientações da norma vigente, foi de 212 kN e a capacidade máxima de carga, considerando todos os fatores de segurança, foi de 347,2 kN. Comparando os valores obtidos, foi possível obter, para a carga máxima calculada, a discrepância de 61,1 % em relação a carga estimada.

A taxa de discrepância para o pilar pode ser considerada alta se comparada com a da viga. Porém, esse resultado é facilmente explicado quando o pilar, que é ilustrado na Figura 12, é analisado, baseando-se nas seguintes considerações:

a) As armaduras de aço foram dimensionadas de modo a resistir aos esforços solicitantes, como visto ao longo do trabalho.

b) O pilar possui 4 armaduras de aço CA50.

Analisando a Tabela 7, o menor diâmetro após a bitola de 16 mm é a bitola de 12,5 mm.

Tabela 7: Área total

Bitola		TIPO	Área de Aço	Peso Linear
mm	pol.	-	cm ²	kg/m
4.2		CA-60	0,14	0,109
5.0	3/16"	CA-60	0,196	0,154
6.3	1/4"	CA-50	0,31	0,245
8.0	5/16"	CA-50	0,5	0,395
10.0	3/8"	CA-50	0,785	0,617
12.5	1/2"	CA-50	1,22	0,963
16.0	5/8"	CA-50	2,01	1,578
20.0	3/4"	CA-50	3,14	2,466
25.0	1"	CA-50	4,91	3,853
32.0	1 1/4"	CA-50	8,04	6,313

Fonte: ABNT NBR 7480 (2007)

Logo, através da Equação 18, calculou-se a carga máxima suportada pelo pilar com 4 armaduras de aço com 12,5 mm de diâmetro, que resultou em 211 kN. Analisando esse valor

com o resultado da carga estimada de acordo com as orientações da ABNT NBR 6120/2019, ilustrado na Tabela 6, percebe-se que 211 kN é inferior.

Portanto, partindo do princípio que a viga possui 4 armaduras de aço, se as bitolas fossem dimensionadas com o diâmetro de 12,5 mm, a estrutura não iria suportar as cargas solicitantes com segurança e ainda ocasionaria uma perda de estabilidade, posto que, como já mencionado anteriormente, os pilares são os elementos estruturais de maior importância nas estruturas, pois são os principais responsáveis na estabilidade global das edificações. Logo, a taxa de discrepância entre os resultados obtidos para o pilar armado com 4 bitolas de 16 mm é consideravelmente satisfatório, principalmente no quesito segurança.

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram desenvolvidos dois cálculos de modo a garantir a estabilidade da estrutura em estudo e, ao final, foi feita a comparação entre os valores obtidos. Conforme apresentado, não houveram diferenças significativas entre os resultados calculados para as cargas estimadas, seguindo as considerações da ABNT NBR 6120/2019, e calculadas, com base nas dimensões dos pilares e vigas medidas *in loco*, para uma estrutura de concreto pré-moldada cuja aplicação de uso/ocupação é destinada a salas administrativas.

Foi observado que a carga máxima calculada para a viga possui uma discrepância de 1,014% em relação a carga estimada. Já para os pilares, observou-se para a carga máxima calculada a discrepância de 61,1 % em relação a carga estimada.

Comparando os resultados obtidos, inferiu-se que os valores das cargas máximas calculadas são compatíveis aos valores das cargas estimadas pela ABNT NBR 6120/2019, ainda que maiores, o que era de se esperar, pois os elementos estruturais devem ser dimensionados para resistir aos valores estabelecidos pela norma vigente, garantindo, desse modo, a estabilidade da estrutura.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais – Classificação por grupos de resistência. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480**: Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado. Rio de Janeiro, 1996.

BASTOS, P. S. S., **Flexão Normal Simples – Vigas**. Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Faculdade de Engenharia. Bauru, SP. 2015. Disponível em: p.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/FlexaoSimples.pdf. Acesso em: 20 de outubro de 2021.

COSTA, J. B. C., CARMO, L. C., **Projetos Estruturais**. Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC) – Curso de Engenharia Civil. Goiás, 2021. Disponível em: professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/14280/material/Projetos%20Estruturais%20-%20Apostila%20PUC%20GO.pdf. Acesso em: 21 de outubro de 2021.

BASTOS, P. S. S., **Fundamentos do Concreto Armado**. Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Faculdade de Engenharia. Bauru, SP. 2019. Disponível em: www.p.feb.unesp.br/pbastos. Acesso em 21 de outubro de 2021.

HIBBELER, R. C., **Resistência dos Materiais**, 7. Ed São Paulo: Pearson Education: Prentice-Hall, 2010.

FUSCO, Péricles Brasiliense. **Introdução à Engenharia de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Cengage, 2017.

PFEIL, Walter. **Concreto Armado**. 3. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1978.

PORTO, Thiago Bomjardim; FERNANDES, Danielle Stefane Gualberto. **Curso básico de concreto armado**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado eu te amo**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2018.