



Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe
Curso Engenheiro Civil

GUILHERME GUEDES FEITOSA

**PROJETO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO DE UMA RESIDÊNCIA
UNIFAMILIAR**

**ARACAJU
2023**



Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe
Curso Engenheiro Civil

GUILHERME GUEDES FEITOSA

**PROJETO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO DE UMA RESIDÊNCIA
UNIFAMILIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Fanese como requisito parcial e obrigatório para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. M. Sc. Fagner Ismael
Teixeira de Santana

Coordenador do Curso: Prof. Elísio
Cristovão Souza dos Santos

**Aracaju
2023**

F311p

FEITOSA, Guilherme Guedes

Projeto estrutural em concreto armado de uma residência unifamiliar / Guilherme Guedes Feitosa. - Aracaju, 2023. 40 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia)
Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe.
Coordenação de Engenharia Civil.

Orientador(a): Prof. Me. Fagner Ismael Teixeira de Santana

1. Engenharia civil 2. Concreto armado
3. Projeto estrutural 4. Engenharia de estruturas

I. Título

CDU 624

(043.2)



Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe
Curso Engenheiro Civil

GUILHERME GUEDES FEITOSA

**PROJETO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO DE UMA
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do curso de Engenharia Civil da FANESE, em cumprimento da disciplina Projeto de Engenharia II Obrigatório e elemento obrigatório para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil, no período de 2023.

Aracaju (SE), 06 de NOVEMBRO de 2023.

Nota/Conteúdo: 8,0 (_____)

Nota/Metodologia: 8,0 (_____)

Média Ponderada: 8,0 (_____)

Guilherme Guedes Feitosa

Guilherme Guedes Feitosa

Severino José de Sousa

Prof Orientador

João Santos Dantas

Prof BANCA 1

Renata de Sá

PROF BANCA 2



Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe
Curso Engenheiro Civil

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e a saúde que me foi concedida.

Agradeço aos meus pais por sempre cuidarem de mim durante todos os momentos da minha vida e me incentivarem desde sempre a estudar para alcançar meus objetivos, além de me introduzirem na área de edificações e da engenharia civil.

A toda a minha família, amigos e colegas presentes durante minha vida, em especial durante o período de graduação.

FANESE

Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe
Curso Engenheiro Civil

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Pavimentos da Estrutura	25
Tabela 2: Classe de agressividade ambiental adotada	28
Tabela 3: Cobrimentos das armaduras	29
Tabela 4: Características do concreto	30
Tabela 5: Características do aço	31
Tabela 6: Pavimento Superior	34
Tabela 7: Pavimento Cobertura	35
Tabela 8: Propriedades das paredes.....	35
Tabela 9: Parâmetros adotados para consideração do vento	36

FANESE

Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe
Curso Engenheiro Civil

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Planta Baixa	22
Figura 2: Modelo Estrutural 3D	23
Figura 3: Localização	24
Figura 4: Análise Estática Linear	27
Figura 5: Classificação de agressividade ambiental.....	28
Figura 6: Execução de concretagem de armaduras.....	29
Figura 7: Concretagem da laje superior	30
Figura 8: Estrutura com deformação em 3D	32
Figura 9: Execução de viga na fachada da edificação	33
Figura 10: Execução de alvenaria na laje superior	34
Figura 11: Execução de alvenaria e de viga no pavimento térreo	35

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) investiga e descreve o processo de planejamento e execução de um projeto estrutural em concreto armado destinado a uma residência unifamiliar. A pesquisa aborda as principais etapas e considerações técnicas envolvidas na criação de uma estrutura robusta, segura e durável para esse tipo de construção. A introdução contextualiza a importância do projeto estrutural, destacando sua relevância para a estabilidade e segurança da edificação. A revisão bibliográfica explora normas, regulamentações e técnicas relacionadas ao concreto armado, enfatizando cálculos estruturais, tipos de fundações, lajes, pilares e vigas. A metodologia descreve o processo de desenvolvimento do projeto, incluindo a utilização de estudos de caso, softwares especializados, normas vigentes e as etapas fundamentais do projeto estrutural. Os resultados são apresentados por meio de cálculos, dimensionamentos e simulações que detalham a concepção dos elementos estruturais para atender às exigências específicas de uma residência unifamiliar. A discussão analisa criticamente os resultados, explorando alternativas, desafios encontrados durante o desenvolvimento do projeto e as soluções propostas. Por fim, as considerações finais reiteram os pontos fundamentais abordados no trabalho, enfatizando a importância de um projeto estrutural bem executado para garantir a durabilidade e segurança de uma construção, e sugerindo possíveis direções para pesquisas futuras nessa área.

Palavras-chave: Concreto armado. Projeto estrutural. Engenharia de estruturas. Projeto residencial.

ABSTRACT

This TCC investigates and describes the planning and execution process of a structural project in reinforced concrete intended for a single-family residence. The research addresses the main stages and technical considerations involved in creating a robust, safe and durable structure for this type of construction. The introduction contextualizes the importance of the structural project, highlighting its relevance for the stability and safety of the building. The bibliographic review explores standards, regulations and techniques related to reinforced concrete, emphasizing structural calculations, types of foundations, slabs, columns and beams.

The methodology describes the project development process, including the use of case studies, specialized software, current standards and the fundamental stages of the structural project. The results are presented through calculations, dimensions and simulations that detail the design of two structural elements to meet the specific requirements of a single-family residence.

A discussion critically analyzes the results, exploring alternatives, challenges encountered during the development of the project and the proposed solutions. Finally, as final considerations we reiterate the fundamental points addressed in this work, emphasizing the importance of a well-executed structural project to guarantee the durability and safety of a construction, and suggesting possible directions for future research in this area.

Keywords: Reinforced concrete. Structural project. Structural engineering. Residential project.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	Concreto Armado	15
2.2	Vantagens do concreto armado	15
2.3	Desvantagens do concreto armado	16
2.4	Ferramentas computacionais para projetos estruturais.....	16
2.4.1	Autocad	16
2.4.2	Revit.....	17
2.4.3	Ftool.....	17
2.4.4	P-Calc	17
2.4.5	Smath	18
2.4.6	Eberick	18
2.4.7	TQS.....	19
2.4.8	Cypecad	19
2.5	Normas técnicas para projeto estrutural	20
2.5.1	NBR 6118.....	20
2.5.2	NBR 6120.....	20
3	METODOLOGIA	22
3.1	Abordagem Metodológica	23
3.2	Caracterização da Pesquisa.....	24
3.3	Obra Analisada.....	24
3.4	Procedimentos Metodológicos.....	25
4	ANÁLISE DE RESULTADOS	26
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

Desde o seu surgimento como tecnologia construtiva no século XIX, as estruturas de concreto armado passaram a ter grande participação como solução estrutural na indústria da construção civil. No início a solução estrutural foi empregada para a confecção de elementos simples, posteriormente passou a ser utilizada na construção de passarelas, residências, edifícios e grandes obras. O concreto armado atual se diferencia bastante do usado no século XIX, pois a resistência dos materiais empregados nas primeiras experiências eram muito menores que a dos seus atuais constituintes. A melhora dos componentes e a facilidade na sua execução fazem com que ele seja amplamente utilizado nas edificações, principalmente em edifícios residenciais e comerciais.

O estudo dos elementos de concreto armado é uma das atribuições dos Engenheiros Estruturais. Segundo Almeida (2009), pode-se definir estrutura como a parte resistente, capaz de receber solicitações externas, absorvendo-as internamente e transmitindo-as até seus apoios ou vínculos. A Engenharia Estrutural trata de várias etapas do projeto de estrutura, desde o planejamento, elaboração do projeto, construção e manutenção de sistemas estruturais.

Mesmo com o auxílio de ferramentas computacionais, os engenheiros devem atentar-se a todos os resultados, pois as mesmas devem ser somente um acessório para criação dos projetos. Toda responsabilidade é inteiramente do Engenheiro que a manipula, que deve observar seus resultados e compará-los metodologicamente com as normas brasileiras.

1.1 Objetivo Geral

Este trabalho consiste na análise e dimensionamento dos elementos estruturais (vigas, pilares e lajes) em concreto armado moldado *in loco*, de um pavimento disposto em uma residência unifamiliar a partir de um projeto arquitetônico já definido, tendo em vista uma boa concepção estrutural que atenua os esforços solicitantes, tendo assim um uso racional dos materiais empregados, promovendo a diminuição dos custos finais da edificação.

1.2 Objetivos Específicos

- Aplicar medidas para suavizar os esforços nos elementos visando a racionalização

de materiais;

- Comparar as recomendações da literatura com o que foi executado em obra;
- Analisar o projeto e acompanhar a sua execução.

1.3 Justificativa

O projeto estrutural em concreto armado é fundamental para a construção de edificações seguras e duráveis. Por esse motivo, esse trabalho foi dedicado a explorar a referência bibliográfica sobre esse sistema estrutural, e realizar a análise de um modelo projetado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Concreto Armado

De acordo com Pereira (2015), o concreto armado é um tipo de estrutura que utiliza armações feitas com barras de aço. Essas armações são utilizadas devido à baixa resistência aos esforços de tração do concreto, que tem alta resistência à compressão. Em uma estrutura de concreto armado, o uso de aço em vigas e pilares torna-se indispensável e o dimensionamento precisa ser bem calculado seguindo as normas vigentes dos órgãos reguladores.

O projeto de uma estrutura em concreto armado é realizado por engenheiros especializados em cálculo estrutural. Também conhecidos como calculistas, eles vão dimensionar a bitola do aço a ser utilizado e os elementos que compõem a estrutura, como vigas, pilares, lajes, blocos, sapatas e assim como determinar a resistência do concreto e o espaçamento entre as barras de aço.

Assim como todo tipo de estrutura, o concreto armado tem suas vantagens e desvantagens. Para que um projeto seja bem concebido, a avaliação e comparação de alguns fatores no momento da escolha do tipo de estrutura são indispensáveis para a redução de custos e adequação técnica.

2.2 Vantagens do concreto armado

Dentre as vantagens das estruturas de concreto armado, estão (Sthai, 2021):

- **Resistência:** O concreto armado é um material muito resistente, capaz de suportar cargas elevadas de compressão e tração.
- **Durabilidade:** O concreto armado é um material durável e resistente à corrosão, o que o torna adequado para a construção de estruturas que precisam resistir ao desgaste e à exposição a agentes químicos e ambientais.
- **Flexibilidade:** O concreto armado é um material muito flexível, o que o torna adequado para a construção de estruturas complexas, como pontes, viadutos e edifícios.
- **Economia:** O concreto armado é um material relativamente barato em comparação a outros materiais de construção, como o aço, e pode ser fabricado localmente, o que o torna uma opção acessível para muitos projetos.
- **Segurança:** O concreto armado é um material seguro, capaz de suportar cargas elevadas sem se deformar ou se romper, o que o torna adequado para a construção de estruturas que precisam resistir a terremotos e outras condições extremas.

- Facilidade de manutenção: O concreto armado é um material que exige pouca manutenção, o que o torna uma opção prática e econômica para muitas construções.

2.3 Desvantagens do concreto armado

Dentre as vantagens das estruturas de concreto armado, estão (Sthai, 2021):

- Peso: O concreto armado é um material muito denso e pesado, o que pode limitar seu uso em algumas aplicações.
- Fragilidade: O concreto armado é um material frágil quando submetido a cargas de impacto, o que pode levar a fissuras e rachaduras em sua superfície.
- Dificuldade de reparo: O concreto armado é um material que exige técnicas especiais para reparação em caso de danos, e muitas vezes a estrutura precisa ser parcial ou totalmente substituída em caso de falhas.
- Tempo de secagem: O concreto armado requer um tempo de secagem significativo antes que possa ser utilizado, o que pode atrasar a conclusão de projetos.
- Custo de transporte: Devido ao seu peso e densidade, o transporte de grandes quantidades de concreto armado pode ser caro e desafiador.
- Efeito ambiental: A produção de cimento, que é um componente essencial do concreto, é uma das principais fontes de emissão de gases de efeito estufa, contribuindo para as mudanças climáticas.

2.4 Ferramentas computacionais para projetos estruturais.

2.4.1 Autocad

De acordo com Autodesk (2023), AutoCAD é um software de desenho assistido por computador (CAD) desenvolvido pela Autodesk. Ele é usado para desenho em 2D e 3D, bem como para criar desenhos e modelos técnicos em várias indústrias, como arquitetura, engenharia, construção e manufatura.

O AutoCAD foi lançado pela primeira vez em 1982 e desde então se tornou um dos programas CAD mais populares do mundo. É conhecido por suas ferramentas e recursos poderosos, incluindo a capacidade de criar desenhos precisos e detalhados, modelagem 3D, modelos personalizados e a capacidade de automatizar tarefas repetitivas usando scripts.

O AutoCAD também oferece uma variedade de ferramentas especializadas para diferentes setores, como engenharia elétrica, mecânica e civil. Essas ferramentas permitem que os usuários criem desenhos que atendam a padrões e requisitos específicos da indústria.

2.4.2 Revit

Segundo Autodesk (2023), Revit é um software de modelagem de informações de construção (BIM) desenvolvido pela Autodesk. É amplamente utilizado por arquitetos, engenheiros, designers e construtores para criar modelos 3D de edifícios e estruturas. Ele permite aos usuários criar modelos de edifícios e estruturas com alta precisão e detalhamento, incorporando informações sobre geometria, materiais, iluminação, ventilação, elétrica e hidráulica. Esses modelos podem ser usados para ajudar na visualização, análise, documentação e colaboração em projetos de construção.

Além disso, o Revit também oferece recursos para simular e analisar o desempenho de um edifício, permitindo que os usuários avaliem o consumo de energia, o desempenho estrutural e a sustentabilidade.

2.4.3 Ftool

De acordo com Ftool (2023), Ftool é um software de análise estrutural utilizado principalmente no campo da engenharia civil. Ele fornece ferramentas para analisar o comportamento de estruturas tridimensionais e bidimensionais, como vigas, treliças e estruturas em malha. Essa ferramenta auxilia engenheiros, estudantes e profissionais a compreender e analisar o comportamento de estruturas sob diferentes condições de carga, como cargas estáticas ou dinâmicas.

O Ftool é conhecido por sua interface amigável e é amplamente utilizado para fins educacionais e na fase de projeto preliminar devido à sua facilidade de uso e às representações visuais do comportamento estrutural.

Por meio do Ftool, os usuários podem criar modelos estruturais, aplicar cargas e restrições, e analisar as forças internas, deslocamentos e reações resultantes em uma estrutura. Essa ferramenta é valiosa para entender os princípios básicos da mecânica estrutural e para visualizar como diferentes parâmetros influenciam a integridade estrutural.

2.4.4 P-Calc

Segundo TQS (2023), Pcalc é um aplicativo para análise de pilares de concreto armado submetidos à flexão composta oblíqua.

As principais características do P-Calc são:

- Verificação de pilares submetidos a flexão composta, normal ou oblíqua, quanto ao estado limite último de ruptura e instabilidade;

- Análise de pilares com concretos de alta resistência ($f_{ck} > 50$ MPa);
- Diagrama de interação Esforço normal x Momento fletor (FCO e FCN);
- Resultados gráficos para deformações e tensões na seção;
- Avaliação dos efeitos locais de 2ª ordem considerando não linearidade física e geométrica, de acordo com todos os métodos presentes na norma ABNT NBR 6118;
- Envoltória de momentos mínimos;
- Memória de cálculo em formato PDF;

2.4.5 Smath

Segundo Smath (2023), É um software de matemática que combina elementos de um editor de texto e um programa de cálculo matemático, permitindo aos usuários criar e resolver expressões matemáticas de maneira interativa. A interface do SMATH é projetada para facilitar a entrada de fórmulas matemáticas complexas e realizar cálculos associados a essas expressões.

O SMATH permite a criação de equações, gráficos e tabelas, além de suportar uma variedade de funções matemáticas e operações, tornando-o útil para estudantes, professores e profissionais que trabalham com matemática, engenharia ou ciências.

Por meio de uma interface amigável, o software SMATH permite aos usuários:

- Inserir e editar equações matemáticas.
- Resolver e simplificar expressões.
- Visualizar gráficos 2D e 3D.
- Realizar cálculos simbólicos e numéricos.
- Criar tabelas e representações visuais.

2.4.6 Eberick

Segundo o AutoQi (2023), o Eberick é outro software amplamente utilizado no Brasil para projetos estruturais, assim como o TQS. Desenvolvido pela AltoQi, o Eberick é uma ferramenta de cálculo e modelagem estrutural voltada para projetos de edificações em concreto armado.

Ele oferece funcionalidades semelhantes ao TQS, permitindo a modelagem tridimensional de estruturas, a realização de análises estruturais, o dimensionamento de elementos como lajes, vigas, pilares, fundações e escadas, entre outros.

O software Eberick também facilita a geração de relatórios técnicos, desenhos técnicos e o detalhamento dos elementos estruturais, oferecendo uma interface

amigável para os usuários.

Assim como o TQS, o Eberick é uma ferramenta essencial para engenheiros civis e arquitetos, auxiliando no projeto de estruturas de forma eficiente, precisa e segura, garantindo a conformidade com as normas e regulamentos técnicos. Esses softwares são essenciais para otimizar o processo de projeto estrutural e garantir a qualidade das edificações.

2.4.7 TQS

De acordo com TQS (2023), "TQS" é um software de engenharia estrutural amplamente utilizado no Brasil. Ele é uma ferramenta de cálculo e modelagem estrutural que auxilia engenheiros civis e arquitetos no projeto de estruturas em concreto armado.

O software TQS permite a modelagem de estruturas tridimensionais, realização de análises estruturais, dimensionamento de elementos como lajes, vigas, pilares, fundações, entre outros. É uma ferramenta bastante completa, com uma interface que facilita a visualização e análise das estruturas.

Além disso, o TQS oferece a geração de relatórios técnicos, desenhos técnicos e detalhamento dos elementos estruturais, agilizando o processo de desenvolvimento do projeto.

Esse tipo de software é fundamental para o desenvolvimento de projetos estruturais, pois agiliza cálculos complexos e facilita a visualização das estruturas, auxiliando na tomada de decisões e garantindo a segurança e eficiência das construções.

2.4.8 Cypecad

Segundo Multiplus (2023), O CYPECAD é um software de engenharia estrutural amplamente utilizado em vários países, incluindo o Brasil. Ele é uma ferramenta poderosa para projetos de edificações, permitindo o cálculo e a análise estrutural.

Essa plataforma oferece uma série de funcionalidades, incluindo:

- **Modelagem de estruturas:** Permite a modelagem tridimensional de edifícios, incorporando elementos como lajes, pilares, vigas, fundações e escadas.
- **Análise estrutural:** Realiza cálculos de cargas, reações, esforços e deslocamentos para verificar a estabilidade e resistência da estrutura.
- **Dimensionamento de elementos estruturais:** Calcula e dimensiona os elementos de concreto armado, aço e outros materiais, garantindo que atendam aos critérios de segurança e desempenho.

- Geração de relatórios e desenhos técnicos: Facilita a documentação do projeto, gerando relatórios técnicos e desenhos detalhados para facilitar a compreensão e a implementação da estrutura.

O CYPECAD é reconhecido pela sua versatilidade, sendo utilizado por engenheiros civis, arquitetos e profissionais da construção para projetos de diferentes tamanhos e complexidades. Ajuda a otimizar o processo de projeto estrutural, garantindo a conformidade com as normas e regulamentos vigentes.

2.5 Normas técnicas para projeto estrutural

2.5.1 NBR 6118

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2014) a NBR 6118 é a norma brasileira que estabelece as diretrizes para o projeto de estruturas de concreto armado. Ela fornece critérios para o dimensionamento de elementos estruturais, como lajes, vigas, pilares e fundações, utilizando concreto armado.

Essa norma é fundamental para engenheiros civis e profissionais da área de construção, pois estabelece os requisitos mínimos a serem seguidos no projeto, execução e controle de obras de concreto armado. Ela abrange desde aspectos básicos, como materiais e propriedades do concreto e do aço, até detalhes mais específicos, como cálculo de esforços, dimensionamento de estruturas, armaduras, detalhes construtivos, entre outros.

A NBR 6118 é regularmente revisada e atualizada para garantir que reflita as melhores práticas e os avanços tecnológicos na área de construção civil, visando a segurança, durabilidade e desempenho das estruturas de concreto armado no Brasil. Ela também busca alinhar-se com normas internacionais de engenharia civil, proporcionando uma base sólida para o projeto e execução de obras no país.

2.5.2 NBR 6120

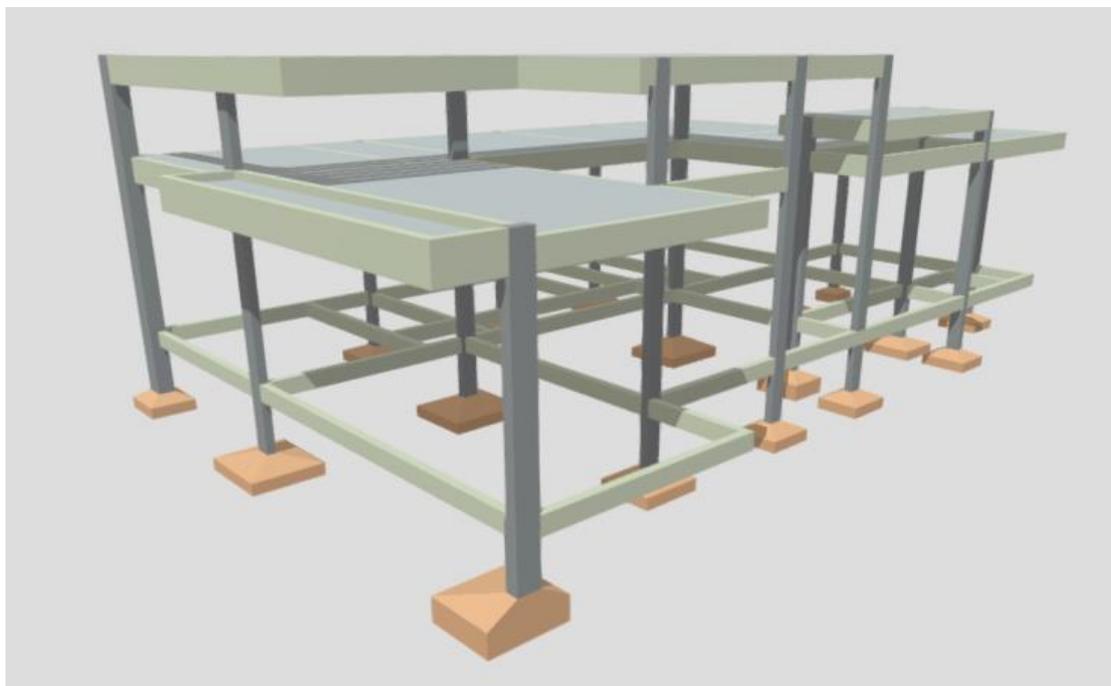
De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2019) a NBR 6120 é uma norma brasileira que se refere ao "Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações". Ela trata das cargas que devem ser consideradas no projeto estrutural de edificações, contemplando tanto cargas permanentes quanto cargas variáveis.

Essa norma é fundamental para engenheiros civis e projetistas estruturais, uma vez que define os critérios a serem adotados no cálculo das cargas que atuam sobre as estruturas, garantindo a segurança e a estabilidade das edificações durante sua vida útil.

A NBR 6120 estabelece as diretrizes para o cálculo e aplicação de diferentes tipos de cargas que atuam nas estruturas, como:

- Cargas permanentes: São aquelas que permanecem constantes ao longo do tempo, como o peso próprio da estrutura, elementos construtivos fixos, entre outros.
- Cargas variáveis: São as cargas que podem variar, como o peso de pessoas, móveis, ações climáticas, e outras cargas que podem ser transitórias ou não constantes.

Figura 2: Modelo Estrutural 3D



Fonte: Rodrigo Matos, 2023.

O modelo estrutural utilizado está situado no Condomínio Alphaville Sergipe 2, na Barra dos Coqueiros, Sergipe, oferece um pavimento com 150 m² de área construída. Com 3 quartos, incluindo uma suíte com closet, 1 WC social, sala de estar e jantar, garagem, cozinha, área de serviço e WC de serviço. A construção é assinada pela Elo Construções e Incorporações LTDA.

A pesquisa em questão é uma revisão bibliográfica, como segundo Gil (2008) “a pesquisa bibliográfica é elaborada com base em material já publicado. Tradicionalmente, esta modalidade de pesquisa inclui material impresso como livros, revistas, jornais, teses, dissertações e anais de eventos científicos”. Utilizou-se material já publicado como: livros e trabalhos de conclusão de curso disponibilizados pelos sites de buscas existentes na internet. Além da revisão bibliográfica, teve também um estudo de caso, que foi a análise do modelo estrutural apresentado.

3.1 Abordagem Metodológica

Gil (2008) estabelece que a pesquisa explicativa é aquela que identifica os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. É o tipo que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão, o porquê das coisas. Assim, a pesquisa em questão além de ser bibliográfica também se classifica como explicativa, pois identificará fatores inerentes à estruturas de concreto armado.

Tabela 1: Pavimentos da Estrutura

Pavimento	Altura (cm)	Nível (cm)
COBERTURA 2	162	504
COBERTURA 1	304	342
TÉRREO	150	38

Fonte: Rodrigo Matos, 2023.

A construção teve início em março de 2023, com previsão de conclusão em um período de oito meses. A estrutura do empreendimento residencial é composta por vigas, pilares e lajes. Quanto aos elementos de fundação utilizados, foram adotadas fundações superficiais, mais especificamente sapatas e vigas baldrame.

3.4 Procedimentos Metodológicos

O Projetista Estrutural recebe o projeto arquitetônico do edifício, compreende e analisa a arquitetura para identificar elementos estruturais necessários. Em seguida, importa as informações para um software de projeto estrutural, como o Eberick, e começa a modelagem estrutural. As etapas utilizadas para a elaboração do projeto estrutural foram:

- Lançamento dos elementos estruturais, começando pelos pilares, considerando cargas e demais parâmetros. Define as dimensões mínimas dos pilares, geralmente seguindo as normas, por exemplo, utilizando dimensões como 14/26 (14cm de largura e 26cm de profundidade). Prossegue com o lançamento das vigas, considerando a distribuição de cargas dos pavimentos e a interligação com os pilares. Modela as lajes, considerando espessura e cargas atuantes sobre elas, integrando-as com os demais elementos estruturais.

- Realização de análises estruturais para verificar a estabilidade e o comportamento da edificação frente às cargas atuantes. Em seguida, geração das pranchas detalhadas mostrando todos os elementos estruturais em escalas adequadas e informações necessárias para a execução da obra.

- Organização de todos os desenhos, cálculos e documentos técnicos em um conjunto de projetos estruturais prontos para execução.

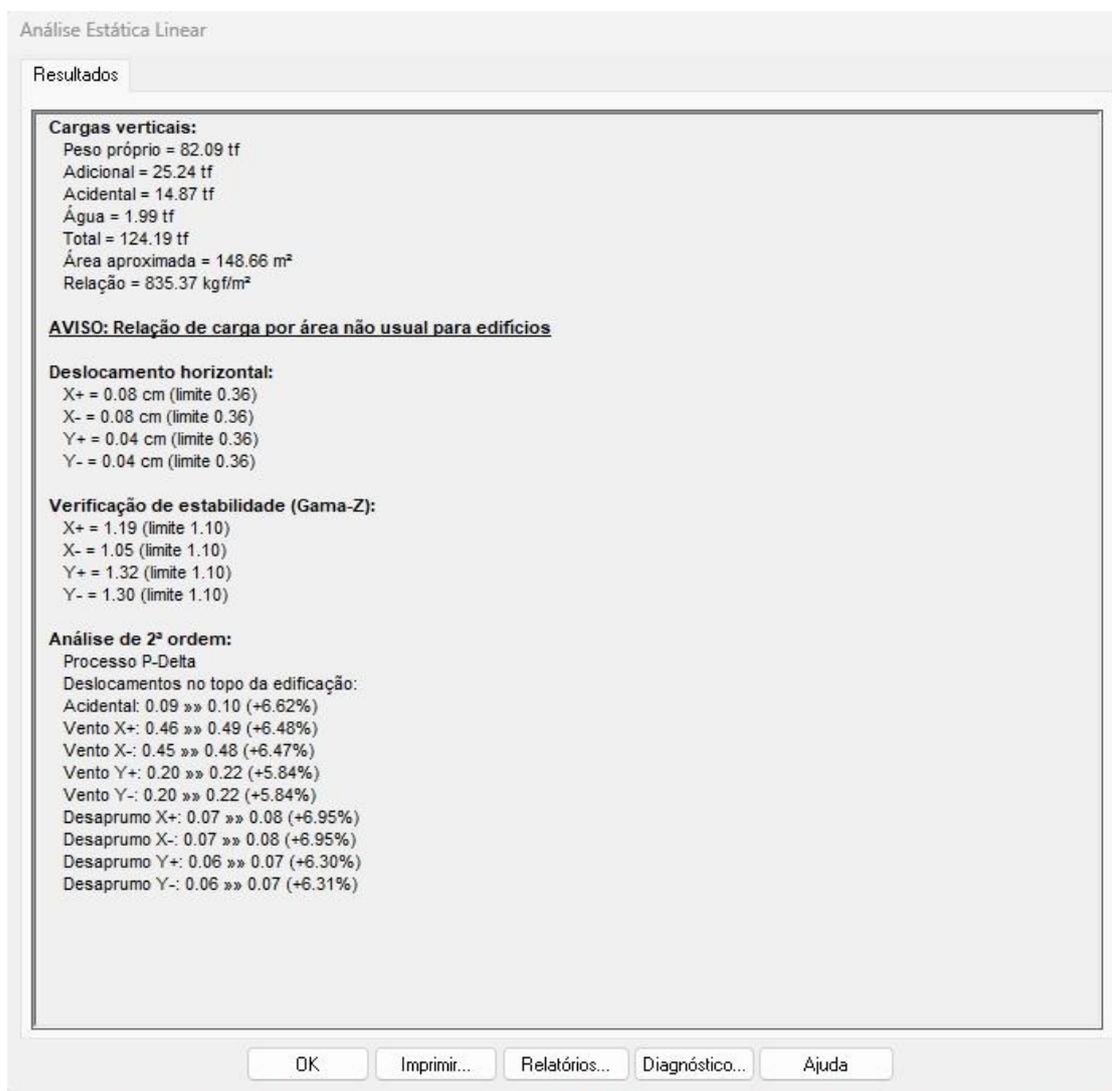
4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Inicialmente, foi conduzida uma análise detalhada, em conformidade com os parâmetros estabelecidos pelo modelo apresentado na figura 4, a fim de validar sua aderência às especificações do projeto, às normas técnicas pertinentes e aos regulamentos vigentes. Essa avaliação abrangeu não apenas as dimensões, resistências e quantidades de materiais, mas também outras características relevantes, garantindo a conformidade com os requisitos estabelecidos.

Esta validação foi embasada em uma pesquisa bibliográfica abrangente, considerando fontes confiáveis e autorizadas no campo de estudo específico. Dentre os principais aspectos investigados, destacou-se a capacidade estrutural para suportar cargas e forças previstas, mediante uma revisão criteriosa de teorias e metodologias.

Esse processo de análise e validação foi fundamental para assegurar que a estrutura em questão atendesse não apenas aos critérios internos estabelecidos pelo projeto, mas também às diretrizes e padrões reconhecidos internacionalmente, garantindo sua integridade e desempenho conforme as expectativas previstas.

Figura 4: Análise Estática Linear



Fonte: Rodrigo Matos, 2023.

De acordo com o item 6.4.2 da norma NBR 6118:2014, a agressividade ambiental de uma estrutura em projeto deve ser classificada de acordo com a Figura 5 (abaixo). Esta classificação está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas de concreto.

Figura 5: Classificação de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: ABNT NBR 6118:2014

A definição desta classe de agressividade ambiental (CAA) é fundamental na concepção do projeto estrutural, pois influenciará nos valores mínimos de resistências características que devem ser respeitados, no valor mínimo do cobrimento de armadura e na máxima abertura de fissura permitida.

Observa-se que a norma define as classes através do tipo de ambiente em que será construída a edificação. Visando garantir a durabilidade da estrutura, que está localizada em um ambiente marinho, com adequada segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente a vida útil da estrutura, foram adotados critérios em relação à classe de agressividade ambiental e valores de cobrimentos das armaduras, conforme apresentado nas tabelas a seguir.

Tabela 2: Classe de agressividade ambiental adotada

Pavimento	Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Risco de deterioração da estrutura
Todos	III	forte	grande

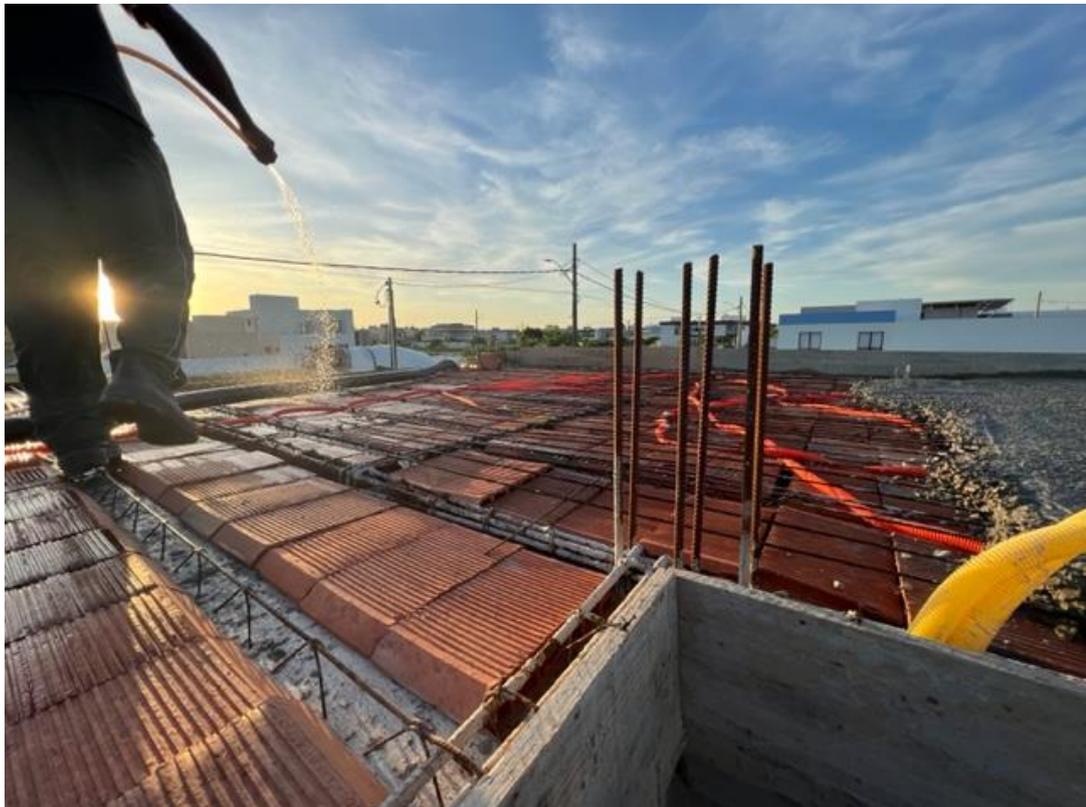
Fonte: Rodrigo Matos, 2023.

Tabela 3: Cobrimentos das armaduras

Elemento	Cobrimento (cm)	
	Peças externas	Peças internas
Vigas	3.50	3.00
Pilares	3.50	3.00
Lajes	3.00	3.00
Sapatas	4.00	-

Fonte: Rodrigo Matos, 2023.

Figura 6: Execução de concretagem de armaduras



Fonte: Autoria Própria

Antes do início da aplicação do concreto, foi supervisionado cuidadosamente a preparação das armaduras. Foi necessário garantir que estivessem limpas, livres de ferrugem e outras impurezas que pudessem comprometer a aderência do concreto. A verificação da disposição correta das armaduras conforme o projeto foi fundamental para garantir a distribuição adequada das cargas estruturais.

O concreto considerado neste projeto e que será empregado na construção deve atender as características da tabela a seguir.

Tabela 4: Características do concreto

fck (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm²)	fct (kgf/cm²)	Abatimento (cm)	Coefficiente de dilatação térmica (/°C)
300	268384	29	5.00	0.00001

Fonte: Rodrigo Matos, 2023.

Durante a fase de concretagem, foi supervisionado de perto a qualidade do concreto utilizado. A consistência e composição adequadas são cruciais para garantir um material que atenda às especificações do projeto. A equipe responsável pela aplicação do concreto deve ser treinada para realizar uma colocação cuidadosa e uma compactação adequada, assegurando que o concreto preencha uniformemente os espaços ao redor das armaduras.

Figura 7: Concretagem da laje superior



Fonte: Autoria Própria

Durante todo o processo, mantive uma comunicação constante com a equipe de obra para garantir que todos os procedimentos estivessem sendo seguidos corretamente. Realizei inspeções regulares para verificar o correto posicionamento das armaduras e o cobrimento adequado conforme as normas estabelecidas.

Alguns desvios das especificações técnicas foram identificados e corrigidos imediatamente. Isso incluiu garantir que a espessura do cobrimento estivesse dentro dos limites estabelecidos, pois isso afeta diretamente a proteção das armaduras contra corrosão e outras formas de degradação.

Ao longo de todo o processo de execução do cobrimento das armaduras, foi priorizado a qualidade, a precisão e o cumprimento estrito das normas e especificações técnicas. Garantir a integridade estrutural da construção foi meu objetivo primordial, e isso só pode ser alcançado através da execução rigorosa e diligente.

O aço considerado neste projeto para dimensionamento das peças em concreto armado e que será empregado na construção deve atender as características da tabela a seguir:

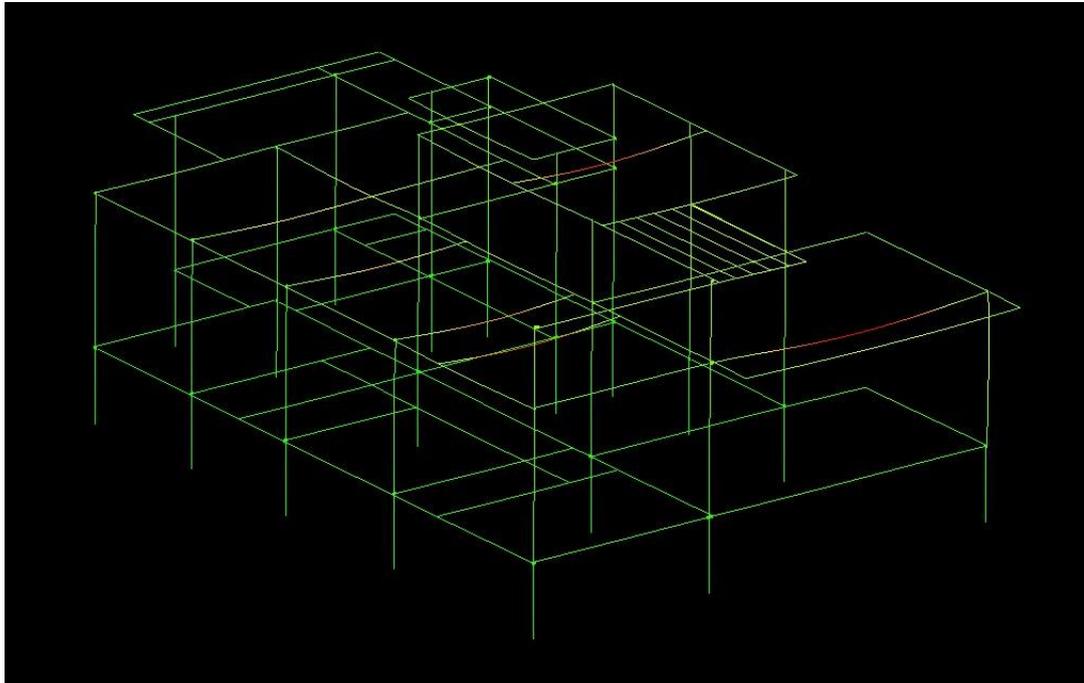
Tabela 5: Características do aço

Categoria	Massa específica (kgf/m³)	Módulo de elasticidade (kgf/cm²)	fyk (kgf/cm²)
CA50	7850	2100000	5000
CA60	7850	2100000	6000

Fonte: Rodrigo Matos, 2023

Foi analisado os resultados das medições de deformações e deslocamentos em diferentes partes da estrutura. Foi verificado que as deformações estão dentro dos limites permitidos e se os deslocamentos estão dentro dos critérios de segurança e funcionalidade estabelecidos. Considerando também a influência das cargas e das condições de serviço sobre essas deformações, conforme o modelo apresentado na figura 6, conforme as orientações da NBR 6118.

Figura 8: Estrutura com deformação em 3D



Fonte: Rodrigo Matos, 2023

Ao longo da execução da construção, foi supervisionado de perto a aplicação das técnicas e materiais adequados para minimizar as deformações indesejadas. Isso inclui a verificação constante do alinhamento e fixação correta de elementos estruturais, bem como o acompanhamento do processo de concretagem para garantir uma distribuição uniforme das cargas. É fundamental garantir que as deformações e deslocamentos estejam dentro dos limites estabelecidos pelas normas de segurança e pelas especificações técnicas.

Figura 9: Execução de viga na fachada da edificação



Fonte: Autoria Própria

Além disso, eu constantemente fiquei atento às condições ambientais e aos efeitos externos que poderiam influenciar as deformações estruturais. Variações de temperatura, assentamentos diferenciais do solo e outras condições ambientais podem causar alterações na estrutura, exigindo ajustes e medidas corretivas para manter sua estabilidade e segurança.

Analisando o comportamento global e local da estrutura em relação aos esforços e às deformações, constatou-se que os elementos estruturais estão em conformidade com as especificações da ABNT NBR 6118, trabalhando de forma adequada e não havendo indícios de falhas ou instabilidades.

Ao longo da execução da obra, foi averiguado atentamente para garantir que os materiais utilizados e os métodos de construção estivessem alinhados com as previsões de carregamento. Isso inclui o acompanhamento dos processos de fundação, estruturação e instalação de elementos, assegurando que tudo esteja de acordo com os requisitos estabelecidos no projeto.

Figura 10: Execução de alvenaria na laje superior



Fonte: Autoria Própria

Os carregamentos foram previstos conforme tipo de ocupação da edificação, definidos com os seguintes valores:

Tabela 6: Pavimento Superior

Lajes							
Dados						Sobrecarga (kgf/m ²)	
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Peso próprio (kgf/m ²)	Adicional	Acidental	Localizada
L101	Treliçada 1D	11	0	243	100	100	-
L102	Treliçada 1D	11	0	243	100	100	-
L103	Treliçada 1D	11	0	243	100	100	-
L104	Treliçada 1D	11	0	243	100	100	-
L105	Treliçada 1D	11	0	243	100	100	-
L106	Treliçada 1D	11	0	243	100	100	-
L107	Treliçada 1D	11	0	243	100	100	-
L108	Treliçada 1D	11	0	243	100	100	-
L109	Treliçada 1D	11	0	243	100	100	-
L110	Treliçada 1D	11	0	243	100	100	-
L111	Treliçada 1D	11	0	251	100	100	-
L112	Treliçada 1D	11	0	243	100	100	-
L113	Treliçada 1D	11	0	251	100	100	-

Fonte: Rodrigo Matos, 2023

Tabela 7: Pavimento Cobertura

Lajes							
Dados						Sobrecarga (kgf/m ²)	
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Peso próprio (kgf/m ²)	Adicional	Acidental	Localizada
L201	Treliçada 1D	11	0	243	100	100	-
L202	Treliçada 1D	11	0	243	100	100	-
L203	Treliçada 1D	11	-103	243	100	100	-

Fonte: Rodrigo Matos, 2023

Figura 11: Execução de alvenaria e de viga no pavimento térreo



Fonte: Autoria Própria

Foram previstos carregamentos devido ao peso das paredes (não estrutural) sobre as vigas, considerando as espessuras e pesos específicos conforme tabela abaixo:

Tabela 8: Propriedades das paredes

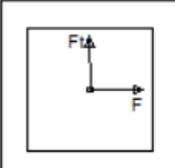
Paredes	
Espessura (cm)	Peso específico (kgf/m ³)
14	1000

Fonte: Rodrigo Matos, 2023

Foram analisados os desempenhos relativos à durabilidade da estrutura, considerando critérios como a qualidade do concreto, a espessura do cobrimento das armaduras e as medidas de proteção contra agentes agressivos, conforme preconizado pela Norma ABNT NBR 6118.

A avaliação do impacto do vento na edificação foi conduzida por meio de uma análise abrangente de múltiplos parâmetros, os quais permitem a definição das cargas aplicadas sobre a estrutura, conforme estabelecido pelas diretrizes e métodos especificados na Norma ABNT NBR 6118. Este processo abrange uma criteriosa avaliação dos efeitos do vento sobre a edificação, considerando fatores como a altura da construção, sua geometria, área frontal exposta ao vento e outras características relevantes, visando determinar as forças atuantes sobre a estrutura de forma precisa e conforme as normativas vigentes.

Tabela 9: Parâmetros adotados para consideração do vento

Parâmetros	Valor adotado	Observações
Velocidade	30.00m/s	-
Nível do solo (S2)	30.00cm	-
Maior dimensão horizontal ou vertical (S2)	Menor que 20 m	-
Rugosidade do terreno (S2)	Categoria III	Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas.
Fator topográfico (S1)	1.0	Demais casos.
Fator estatístico (S3)	1.00	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação.
Ângulo do vento em relação à horizontal	0°	
Direções de aplicação do vento	Vento X+ (V1) Vento X- (V2) Vento Y+ (V3) Vento Y- (V4)	Ver combinações de ações.

Fonte: Rodrigo Matos, 2023

Após uma avaliação rigorosa de acordo com a Norma ABNT NBR 6118, constatou-se a adequação das medidas adotadas para garantir a durabilidade da estrutura ao longo de sua vida útil. Os parâmetros estabelecidos foram confrontados com os resultados obtidos, evidenciando a conformidade com os objetivos delineados no projeto original.

A análise em conformidade com a Norma 6118 demonstrou que a estrutura atende integralmente aos requisitos de segurança, funcionalidade, economia de materiais e prazo de execução estabelecidos nesse referencial técnico. Aspectos essenciais, como resistência estrutural, durabilidade, performance em relação ao uso pretendido, eficiência no uso de recursos e cumprimento dos prazos foram minuciosamente verificados e confirmados conforme as diretrizes e critérios estipulados pela norma mencionada.

Na execução da obra foi verificado que a mesma atendeu aos padrões de qualidade, segurança e conformidade com o projeto, assegurando uma residência segura, durável e funcional para seus ocupantes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo primordial deste estudo foi dedicado à análise minuciosa do projeto estrutural e ao acompanhamento de sua execução. O enfoque direcionado a esses processos permitiu uma compreensão abrangente e detalhada dos desafios enfrentados na concepção e implementação de uma estrutura de concreto armado para uma residência unifamiliar.

Ao longo deste trabalho, pude explorar as intrincadas fases do planejamento estrutural, desde a fase inicial de concepção até a observação prática do projeto sendo materializado no canteiro de obras. A interação constante com os profissionais responsáveis pela execução foi essencial para compreender a transição do plano teórico para a aplicação prática no ambiente construtivo.

A análise crítica do projeto estrutural revelou a importância da conformidade com normas técnicas, como a Norma ABNT NBR 6118, na busca pela segurança, eficiência e durabilidade da estrutura. A observação direta da execução proporcionou uma compreensão realista das variáveis e desafios enfrentados no ambiente de obra, ressaltando a importância do acompanhamento contínuo para garantir a fidelidade ao projeto original e a qualidade da construção.

É inegável que essa experiência proporcionou uma visão ampla e enriquecedora sobre as interações entre teoria e prática no campo da engenharia civil. A compreensão das nuances e desafios encontrados durante a execução reforça a importância do papel do engenheiro não apenas na fase de concepção, mas também na supervisão e acompanhamento da implementação para assegurar a conformidade e a excelência estrutural.

Portanto, este estudo não apenas atingiu seu objetivo de analisar o projeto estrutural, mas também permitiu uma imersão valiosa no ambiente de construção, fornecendo conhecimentos valiosos para futuros projetos e um entendimento mais profundo das complexidades inerentes à execução de projetos estruturais em concreto armado.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT. **NBR 6120**: Ações para o cálculo de estrutura de edificações. Rio de Janeiro, 2019.

ABNT. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas: Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações: Procedimento. Rio de Janeiro, 1988.

ALMEIDA, T. **Análise, projeto e execução de parede diafragma moldada in loco**. Santa Catarina: [s.n.], 2013.

AUTODESK. **AutoCAD: Computer Software**. 2023. Disponível em: <https://www.autodesk.com/products/autocad/overview>

AutoQi. **Eberick**. 2023. Disponível em: <https://www.altoqi.com.br/eberick/>

CARVALHO, Roberto Chust;. FIGUEIREDO, Jasson Rodrigues. **Cálculo de Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado: Segundo a NBR6118/2014**. 4 ed, São Carlos, Edufscar, 2014.

Ferdinand Beer, Jr., E. Russell Johnston, John DeWolf, David Mazurek.: **Mecânica dos Materiais**. 5.ed. 2008.

Ftool. **Ftool**. 2023. Disponível em: <https://www.ftool.com.br/Ftool/site/about>

FUSCO, P.B. et al. (2005). **Concreto Armado: Teoria e Prática**. Editora Zigurate.

GIL, Antonio Carlos: **Como Elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo, Atlas, 2008.

Manfroi, C. et al. (2019). **Concreto Armado: Eu Te Amo, Vol. 1**. Editora Concreto.

Manfroi, C. et al. (2007). **Concreto Armado: Eu Te Amo, Vol. 2**. Editora Concreto.

Multiplus. **CYPECAD**. 2023. Disponível em: <https://multiplus.com/software/cypecad/>

PEREIRA, Caio. **O que é Concreto Armado?**. Escola Engenharia, 2015. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/concreto-armado/>. Acesso em: 14 de junho de 2023.

PINTO, Roberto Carlos de Andrade. ECV5261: **Estruturas de Concreto Armado I**. Florianópolis, UFSC, 2020.



Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe
Curso Engenheiro Civil

Projetos estruturais: vantagens e desvantagens do concreto armado, 2021.
Disponível em: <https://sthai.com.br/vantagens-e-desvantagens-do-concreto-armado/>.
Acesso em: 10/11/2023.

TQS. **P-Calc**. 2023. Disponível em: <https://www.tqs.com.br/b/apps/p-calc/>

TQS. **TQS**. 2023. Disponível em:

<https://docs.tqs.com.br/Docs/Details?id=3124&language=pt-BR>

Smath Studio. **Smath**. 2023. Disponível em: <https://smath.com/en-US/>