



**FACULDADE DO LESTE MINEIRO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**GIULIANO FERREIRA COELHO**

**CONCEPÇÃO DE UM PROJETO ESTRUTURAL EM CONCRETO  
ARMADO PARA CONSTRUÇÃO DE SANITÁRIOS ESCOLARES.**

**CUIABÁ/MT  
2022**



**GIULIANO FERREIRA COELHO**

**FACULESTE - FACULDADE DO LESTE MINEIRO**

**CONCEPÇÃO DE UM PROJETO ESTRUTURAL EM CONCRETO  
ARMADO PARA CONSTRUÇÃO DE SANITÁRIOS ESCOLARES.**

Trabalho de Conclusão de Curso de pós-graduação em Cálculo Estrutural e Fundações, apresentado à Faculeste – Faculdade do Leste Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de Especialização Lato Seno em Cálculo Estrutural e Fundações.

**Orientador:** Prof. Raquel Ramos Sabino

**CUIABÁ/MT  
2022**

## RESUMO

Este trabalho apresenta o resultado dos cálculos da elaboração de um projeto estrutural para construção de uma edificação destinada à implantação de vestiários com banheiros masculinos e femininos para uma escola pública. Optou-se pelo uso de estrutura de concreto armado moldada “in-loco” visando a fácil execução, compatibilização com o projeto arquitetônico, o baixo custo e o alto desempenho estrutural dada sua monoliticidade. As fundações serão do tipo rasas com sapatas isoladas, e lajes treliçadas unidirecional com elementos intermediários inertes de poliestireno expandido. A estrutura foi modelada, analisada, dimensionada e detalhada através do software Eberick V10, em conformidade com ABNT NBR 6118:2014.

**PALAVRAS-CHAVE:** concreto armado; projeto estrutural; estrutura de concreto armado.

## 1. INTRODUÇÃO

A engenharia estrutural é um campo da Engenharia Civil, que, como o próprio nome descreve, se baseia no cálculo estrutural para edificar obras de pequeno, médio e grande porte.

Uma estrutura de concreto armado é uma ligação solidária de concreto e aço que forma uma estrutura resistente a tração (BOTELHO, 2016, p. 27).

Denomina-se concreto armado a associação de aço com concreto, com a finalidade de melhorar a resistência desse a determinado tipo de esforços (AZEVEDO, 2016, P. 78)

Um sistema estrutural é composto de elementos interconectados formando sistema organizado, com o objetivo de resistir aos carregamentos que atuam sobre a estrutura e transferi-los de forma segura para o solo (SANTOS, 2017, p. 15).

O projeto estrutural é um projeto complementar ao projeto arquitetônico, tendo como função o dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais (lajes, vigas, pilares, etc.), no qual garantirá a segurança e a estabilidade da edificação.

A concepção do projeto estrutural, também conhecido de modelagem estrutural, consiste na determinação de um sistema estrutural que seja capaz de

atender à necessidade de uma edificação quanto aos seus aspectos físicos, ambientais, segurança, conforto e economicidade.

Nos dias atuais, todos os escritórios que trabalham com projetos estruturais utilizam softwares especializados para elaboração desses projetos, como o Robot, TQS, Cypecad, SAP2000, Tekla Structures, Eberick, por exemplo. Esses programas auxiliam na modelagem das estruturas, nos cálculos, no dimensionamento das armaduras de aço, na verificação dos requisitos normativos da NBR 6118:2014, e no detalhamento e elaboração dos projetos executivos (desenhos, quantitativos e relatórios técnicos), trazendo também mais rapidez e precisão aos trabalhos.

O engenheiro é o profissional responsável mais capacitado para elaborar esses projetos, eles realizam cálculos e dimensionamento de estruturas, adequando as obras às normas técnicas de segurança. O cálculo estrutural tem a função de evitar a instabilidade da construção, como deformações, vibrações excessivas e ruídos, otimizar a aplicabilidade dos materiais disponíveis para o projeto, prezando pelo melhor custo-benefício e pelo caráter sustentável das instalações, sejam em termos de execução ou manutenção da obra.

## **2. METODOLOGIA**

Para este estudo, optou-se pela elaboração de um projeto estrutural de uma edificação que será destinada à implantação de vestiários com banheiros masculinos e femininos para uma escola pública, e demonstra-lo através de um estudo de caso.

Conforme Branski (2021, apud Eisenhardt et al) o estudo de caso define-se como:

O estudo de caso é um método de pesquisa que utiliza, geralmente, dados qualitativos, coletados a partir de eventos reais, com o objetivo de explicar, explorar ou descrever fenômenos atuais inseridos em seu próprio contexto. Caracteriza-se por ser um estudo detalhado e exaustivo de poucos, ou mesmo de um único objeto, fornecendo conhecimentos profundos.

A metodologia é usada com frequência em pesquisas na área de engenharia, mas nas demais áreas é pouco compreendida e bastante criticada. Uma das principais críticas é a impossibilidade de, a partir da análise de um ou de poucos casos, estabelecer generalizações. Outra crítica importante é a falta de rigor científico, já que o pesquisador está sujeito a aceitar evidências equivocadas ou visões tendenciosas que podem influenciar suas conclusões.

Apesar das críticas, a metodologia vem ganhando atenção crescente: o interesse pelos métodos empíricos vem aumentando devido à necessidade de incorporar dados reais às pesquisas e, com isto, obter resultados mais efetivos. Além disto, o estudo de caso é útil para investigar novos conceitos, bem como para verificar como são aplicados e utilizados na prática elementos de uma teoria.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

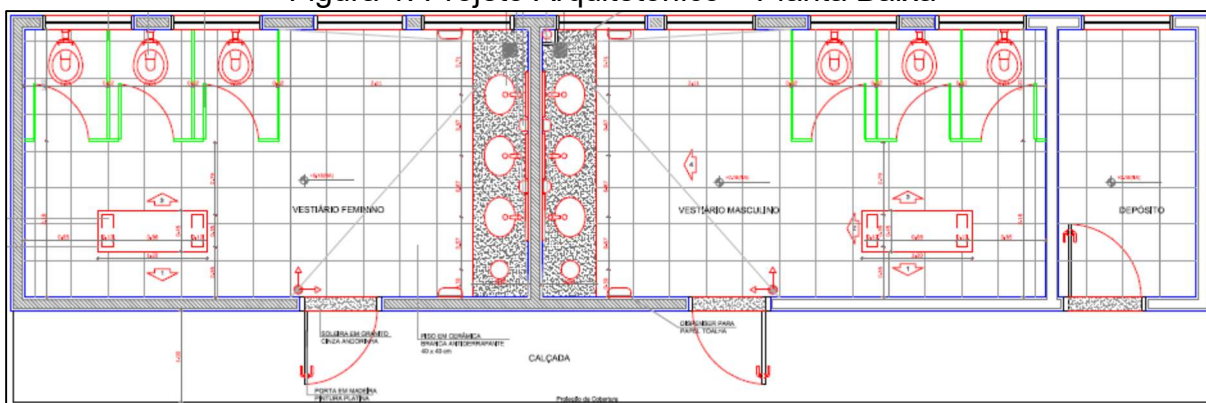
Neste tópico são apresentados os resultados obtidos com o software Eberick V10, na elaboração do projeto estrutural de concreto armado. O software realiza os cálculos, dimensionamentos das armaduras de aço e gera os projetos executivos detalhados.

As configurações do software Eberick V10, foram ajustadas conforme requisitos determinados pela ABNT NBR 6118:2014, bem como as demais normas técnicas pertinentes.

#### 3.1. Elaboração do projeto estrutural

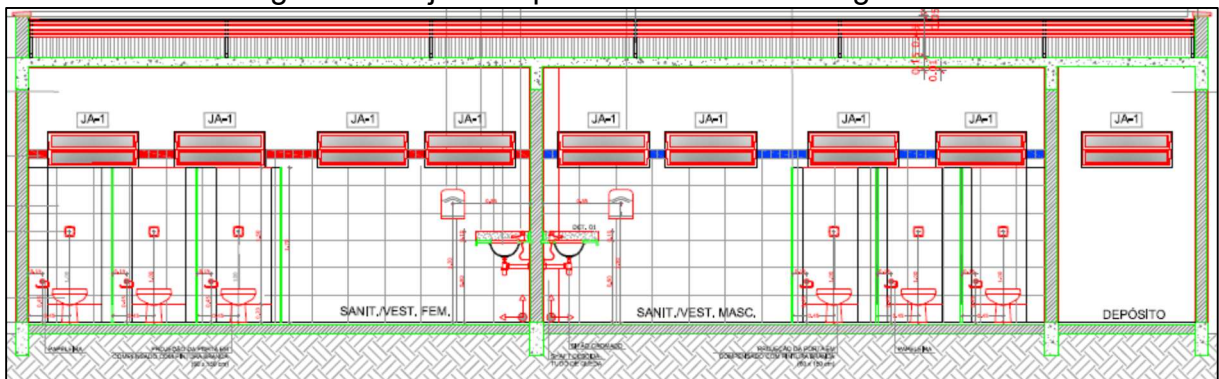
Nesta etapa foi realizada a modelagem preliminar do sistema estrutural, utilizou-se como referência o projeto arquitetônico, uma vez que a estrutura deve ser compatível com o projeto, conforme figuras 1, 2 e 3.

Figura 1: Projeto Arquitetônico – Planta Baixa



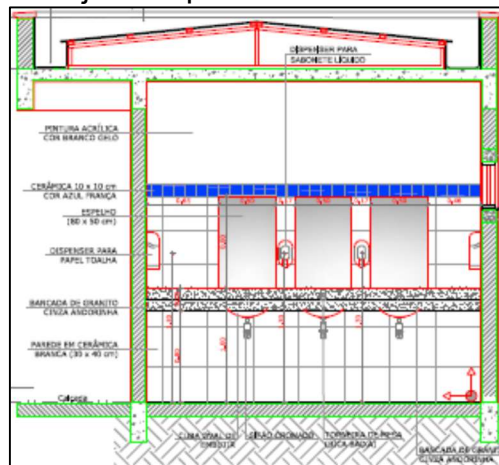
Fonte: Elaboração do autor, 2021

Figura 2: Projeto Arquitetônico – Corte Longitudinal



Fonte: Elaboração do autor, 2021

Figura 3: Projeto Arquitetônico – Corte Transversal



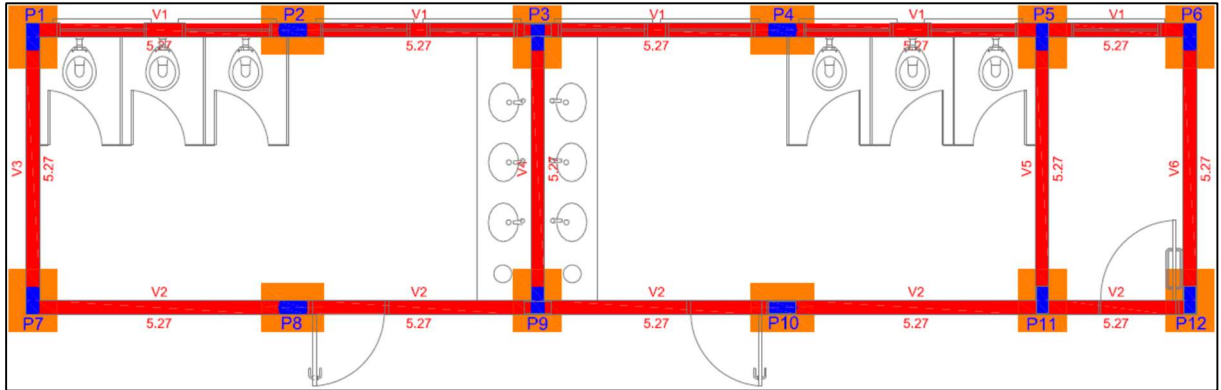
Fonte: Elaboração do autor, 2021

Tendo em mãos o projeto arquitetônico em formato digital (dwg ou dxf), foi possível importar o arquivo para o Eberick e introduzir os primeiros elementos estruturais em concreto armado (pilares, vigas baldrame e sapata). Neste primeiro momento a experiência do projetista é muito importante, quanto maior a experiência, menor a quantidade de ajustes na hora do cálculo e menor a quantidade de retrabalho. A figura 4 demonstra o como ficou o projeto após a introdução dos primeiros elementos estruturais compatibilizados com o projeto arquitetônico.

Após o lançamento de todos os elementos estruturais (sapatas, pilares vigas e lajes), os pilares possuem seção transversal com dimensões de 14cm de largura (b) por 30cm de altura (h), as vigas também possuem seção transversal com dimensões de 14cm de largura (bw) por 30cm de altura (h), e as lajes possuem espessura de 12 cm, conforme figuras 5 e 6. Estas dimensões poderão sofrer alteração caso não passem no cálculo ou pode-se reformular os elementos estruturais, podendo, inclusive, apontar mudanças no projeto arquitetônico, quando for o caso. As sapatas

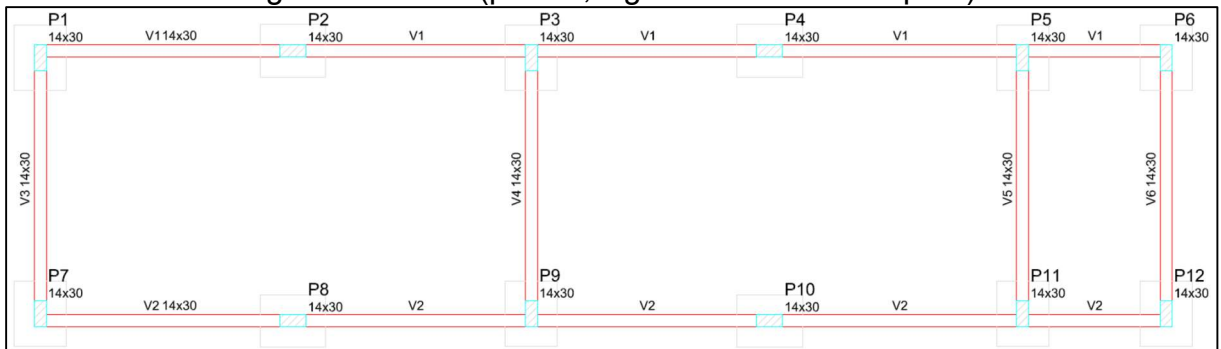
serão dimensionadas automaticamente pelo programa, não necessitando o pré-dimensionamento da mesma. Por fim, pode-se verificar como ficou a estrutura em três dimensões (3D), conforme figura 7.

Figura 4: Térreo (pilares, vigas baldrame e sapata)



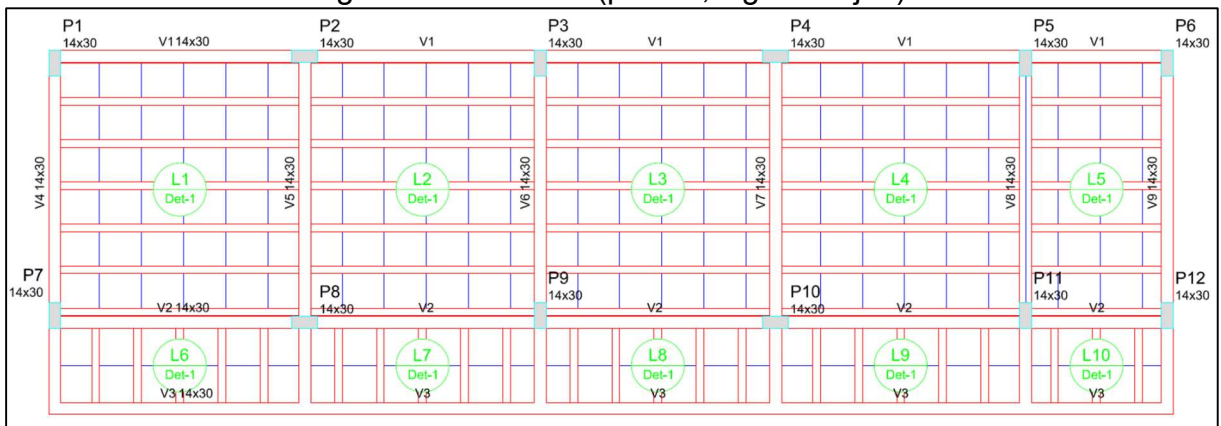
Fonte: Elaboração do autor, 2021

Figura 5: Térreo (pilares, vigas baldrame e sapata)



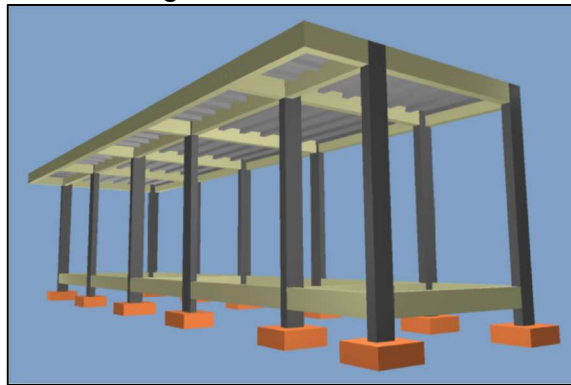
Fonte: Elaboração do autor, 2021

Figura 6: Cobertura (pilares, vigas e lajes)



Fonte: Elaboração do autor, 2021

Figura 7: Estrutura 3D



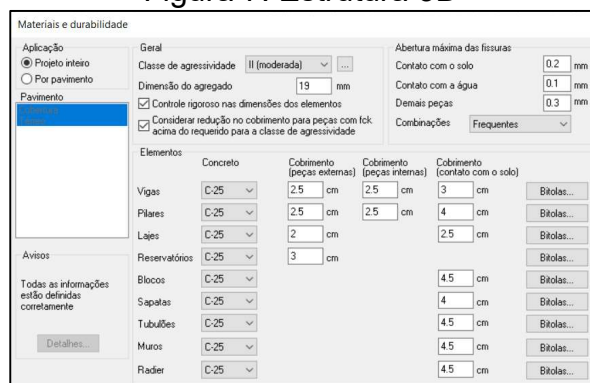
Fonte: Elaboração do autor, 2021

### 3.2. Definição dos materiais, durabilidade e das cargas da estrutura.

As definições da classe de agressividade ambiental foram definidas para Classe II: agressividade moderada, ambiente urbana e risco de deterioração da estrutura pequeno. Concreto utilizado é de 25mpa para todos os elementos estruturais, conforme figura 7.

Para as cargas foram seguidas as determinações NBR 6120:2019, ou seja, as cargas permanentes e as cargas variáveis, tais como: peso próprio da estrutura (concreto armada); peso de componentes e/ou elementos construtivos (paredes, coberturas, pisos, revestimentos, etc.), e cargas de uso (pessoas, mobiliário, equipamentos, etc.). As combinações de cargas foram feitas automaticamente pelo Eberick, gerando o máximo de combinações possíveis conforme o modelo estático do programa. Não foram consideradas as ações dos ventos, uma vez que não é necessário por ser uma edificação térrea.

Figura 7: Estrutura 3D



Fonte: Elaboração do autor, 2021



### 3.3. Cálculo dos esforços e deformações

Para realização dos cálculos pelo software Eberick é preciso configurar os parâmetros de cálculos para os elementos estruturais utilizados, o software já vem com as configurações básicas de acordo com a NBR 6118:2014, entretanto para as sapatas é necessário estabelecer a resistência do solo onde a será construída, neste caso foi adotado o valor de  $200\text{kN/m}^2$ , conforme sondagem realizada no local. Segue os parâmetros utilizados conforme figuras 8, 9, 10 e 11.

Figura 8: Parâmetros sapatas

Fonte: Elaboração do autor, 2021

Figura 9: Parâmetros pilares

Fonte: Elaboração do autor, 2021

Figura 10: Parâmetros vigas

Fonte: Elaboração do autor, 2021

Figura 11: Parâmetros lajes

Fonte: Elaboração do autor, 2021

Após definição dos parâmetros, foi realizado o processamento da estrutura, conforme figura 12. Posteriormente foi realizada a verificação dos resultados da análise estatística linear, conforme figura 13.

Em seguida verificou-se os resultados quanto aos status dos elementos estruturais, conforme figura 14.

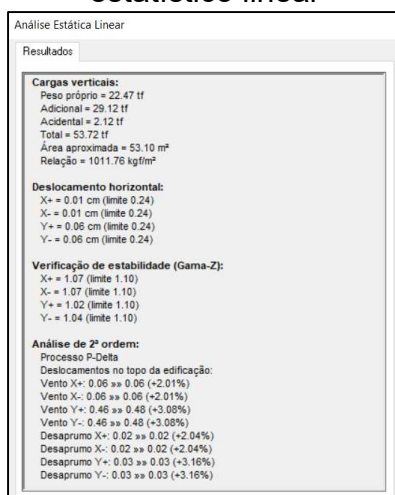
Não foram encontrados avisos de erros nos elementos estruturais. Portanto a estrutura atendeu os pré-requisitos da NBR 6118:2014, conforme processamento realizado pelo software Eberick.

Figura 12: Análise estática linear



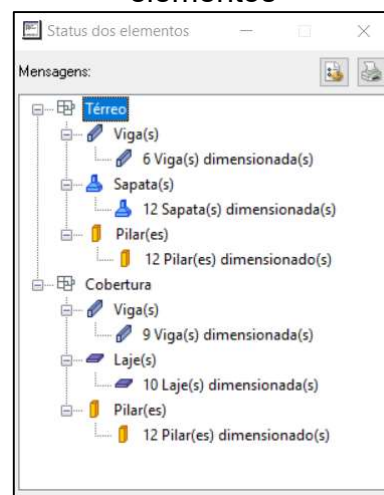
Fonte: Elaboração do autor, 2021

Figura 13: Resultado estatístico linear



Fonte: Elaboração do autor, 2021

Figura 14: Status dos elementos



Fonte: Elaboração do autor, 2021

### 3.4. Análise do dimensionamento dos elementos estruturais

Nesta etapa verificou os resultados dos cálculos de cada elemento estrutural, e se houve superdimensionamento. Vale ressaltar, se a estrutura tivesse sido subdimensionada não passaria nos cálculos ou o relatório dos cálculos acusaria erros no dimensionamento. Como não foram apresentados erros no dimensionamento, apenas verificamos os resultados e a existência de superdimensionamento, afim de garantir a economia na construção.

#### 3.4.1. Sapatas

Resultado do dimensionamento das sapatas (tabela 1).

Tabela 1: Dimensionamento das sapatas

Nome	Dimensões (m)		Armaduras inferiores		Armaduras superiores	
	B H	H0 H1	Dir. B	Dir. H	Dir. B	Dir. H
S1	60.00 75.00	0.25 0.25	9 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.81 cm <sup>2</sup> )	7 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.18 cm <sup>2</sup> )		
S2	60.00 75.00	0.25 0.25	9 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.81 cm <sup>2</sup> )	7 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.18 cm <sup>2</sup> )		
S3	60.00 75.00	0.25 0.25	9 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.81 cm <sup>2</sup> )	7 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.18 cm <sup>2</sup> )		
S4	60.00 75.00	0.25 0.25	9 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.81 cm <sup>2</sup> )	7 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.18 cm <sup>2</sup> )		
S5	60.00 75.00	0.25 0.25	9 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.81 cm <sup>2</sup> )	7 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.18 cm <sup>2</sup> )		
S6	60.00 75.00	0.25 0.25	9 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.81 cm <sup>2</sup> )	7 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.18 cm <sup>2</sup> )		
S7	60.00 75.00	0.25 0.25	9 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.81 cm <sup>2</sup> )	7 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.18 cm <sup>2</sup> )		
S8	60.00 75.00	0.25 0.25	9 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.81 cm <sup>2</sup> )	7 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.18 cm <sup>2</sup> )		
S9	60.00 75.00	0.25 0.25	9 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.81 cm <sup>2</sup> )	7 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.18 cm <sup>2</sup> )		
S10	60.00 75.00	0.25 0.25	9 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.81 cm <sup>2</sup> )	7 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.18 cm <sup>2</sup> )		
S11	60.00 75.00	0.25 0.25	9 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.81 cm <sup>2</sup> )	7 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.18 cm <sup>2</sup> )		
S12	60.00 75.00	0.25 0.25	9 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.81 cm <sup>2</sup> )	7 $\emptyset$ 6.3 c/8 (2.18 cm <sup>2</sup> )		

Fonte: Elaboração do autor, 2021

### 3.4.2. Pilares lance 1 (fundação)

Resultado do dimensionamento dos pilares de ligação da estrutura com as sapatas (tabela 2).

Tabela 2: Dimensionamento dos pilares da fundação

Dados			Resultados					
Pilar	Seção (cm)	lib vínc lih vínc (m)	Nd máx Nd mín (kN)	MBd topo MBd base (kN.m)	MHd topo MHd base (kN.m)	As b Armaduras As h % armad total	Estribo Topo Base cota	Esb b Esb h
P1 1:20	14.00 X 30.00	0.80 RR 0.80 R	48.65 16.78	2.78 0.00	7.02 0.00	1.57 2 $\emptyset$ 10.0 1.57 2 $\emptyset$ 10.0 0.7 4 $\emptyset$ 10.0	$\emptyset$ 5.0 c/12 $\emptyset$ 5.0 c/12 30	19.77 9.23
P2 1:20	14.00 X 30.00	3.80 RR 0.80 RR	53.32 34.15	0.91 0.00	1.56 0.00	1.57 2 $\emptyset$ 10.0 1.57 2 $\emptyset$ 10.0 0.7 4 $\emptyset$ 10.0	$\emptyset$ 5.0 c/12 $\emptyset$ 5.0 c/12 30	93.91 9.23

P3 1:20	14.00 X 30.00	0.80 RR 0.80 RR	68.13 32.67	0.73 0.00	7.04 0.00	1.57 1.57 0.7	2 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 10.0	ø 5.0 c/12 ø 5.0 c/12 30	19.77 9.23
P4 1:20	14.00 X 30.00	3.80 RR 0.80 RR	51.07 32.81	0.83 0.00	1.02 0.00	1.57 1.57 0.7	2 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 10.0	ø 5.0 c/12 ø 5.0 c/12 30	93.91 9.23
P5 1:20	14.00 X 30.00	0.80 RR 0.80 RR	63.62 30.55	1.88 0.00	6.35 0.00	1.57 1.57 0.7	2 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 10.0	ø 5.0 c/12 ø 5.0 c/12 30	19.77 9.23
P6 1:20	14.00 X 30.00	0.80 RR 0.80 RR	37.42 11.19	0.97 0.00	6.45 0.00	1.57 1.57 0.7	2 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 10.0	ø 5.0 c/12 ø 5.0 c/12 30	19.77 9.23
P7 1:20	14.00 X 30.00	0.80 RR 0.80 RR	68.35 31.12	2.63 0.00	7.56 0.00	1.57 1.57 0.7	2 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 10.0	ø 5.0 c/12 ø 5.0 c/12 30	19.77 9.23
P8 1:20	14.00 X 30.00	3.80 RR 0.80 RR	88.71 57.35	0.65 0.00	1.50 0.00	1.57 1.57 0.7	2 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 10.0	ø 5.0 c/12 ø 5.0 c/12 30	93.91 9.23
P9 1:20	14.00 X 30.00	0.80 RR 0.80 RR	97.27 54.59	0.79 0.00	6.37 0.00	1.57 1.57 0.7	2 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 10.0	ø 5.0 c/12 ø 5.0 c/12 30	19.77 9.23
P10 1:20	14.00 X 30.00	3.80 RR 0.80 RR	85.33 55.26	0.67 0.00	0.95 0.00	1.57 1.57 0.7	2 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 10.0	ø 5.0 c/12 ø 5.0 c/12 30	93.91 9.23
P11 1:20	14.00 X 30.00	0.80 RR 0.80 RR	90.22 49.89	1.91 0.00	6.11 0.00	1.57 1.57 0.7	2 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 10.0	ø 5.0 c/12 ø 5.0 c/12 30	19.77 9.23
P12 1:20	14.00 X 30.00	0.80 RR 0.80 RR	51.88 21.28	0.97 0.00	7.10 0.00	1.57 1.57 0.7	2 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 10.0	ø 5.0 c/12 ø 5.0 c/12 30	19.77 9.23

Fonte: Elaboração do autor, 2021

### 3.4.3. Vigas baldrames

Resultado do dimensionamento das vigas baldrames (tabela 3).

Tabela 3: Dimensionamento das vigas baldrames

Dados			Resultados			
Pilar Trecho	Apoio 1 e 1º (m)	Seção (cm)	As Inf (cm²)	As Sup (cm²)	Asw min (cm²)	Fissura (mm)
<b>Viga V1</b>						
P1	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.02
1	2.69	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.02
P2	0.30			2 ø 8.0 0.63		0.05
2	2.52	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.01
P3	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.03
3	2.52	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.01

P4	0.30			2 ø 8.0 0.63		0.04
4	2.69	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.02
P5	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.03
5	1.51	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.00
P6	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.00
<b>Viga V2</b>						
P7	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.02
1	2.69	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.02
P8	0.30			2 ø 8.0 0.63		0.05
2	2.52	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.01
P9	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.03
3	2.52	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.01
P10	0.30			2 ø 8.0 0.63		0.04
4	2.69	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.02
P11	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.03
5	1.51	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.00
P12	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.00
<b>Viga V3</b>						
P7	0.30			3 ø 8.0 1.47		0.06
1	2.64	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.03
P1	0.30			3 ø 8.0 1.12		0.02
<b>Viga V4</b>						
P9	0.30			3 ø 8.0 1.35		0.05
1	2.64	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.02
P3	0.30			3 ø 8.0 1.13		0.02
<b>Viga V5</b>						
P11	0.30			3 ø 8.0 1.26		0.04
1	2.64	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.02
P5	0.30			2 ø 8.0 1.00		0.05
<b>Viga V6</b>						
P12	0.30			3 ø 8.0 1.26		0.05
1	2.64	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.02
P6	0.30			2 ø 8.0 0.92		0.04

Fonte: Elaboração do autor, 2021

#### 3.4.4. Pilar

Resultado do dimensionamento dos pilares do pavimento térreo (tabela 4).

Tabela 4: Dimensionamento dos pilares térreos

Dados			Resultados						
Pilar	Seção (cm)	lib vinc lih vinc (m)	Nd máx Nd mín (kN)	MBd topo MBd base (kN.m)	MHd topo MHd base (kN.m)	As b As h Armaduras total		Estribo Topo Base cota	Esb b Esb h
P1	14.00	3.00 RR	18.93	1.46	7.51	1.57	2 ø 10.0	ø 5.0 c/12	74.14
	X	3.00 RR	3.03	1.61	5.33	1.57	2 ø 10.0	ø 5.0 c/12	34.60

	30.00					0.7	4 ø 10.0	30	
P2	14.00 X 30.00	3.80 RR 3.00 RR	27.02 13.33	3.33 0.61	1.72 1.53	1.57 1.57 0.7	2 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 10.0	ø 5.0 c/12 ø 5.0 c/12 30	93.91 34.60
P3	14.00 X 30.00	3.00 RR 3.00 RR	26.81 9.57	0.67 0.60	8.29 4.88	1.57 1.57 0.7	2 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 10.0	ø 5.0 c/12 ø 5.0 c/12 30	74.14 34.60
P4	14.00 X 30.00	3.80 RR 3.00 RR	25.17 12.28	2.94 0.57	1.52 1.44	1.57 1.57 0.7	2 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 10.0	ø 5.0 c/12 ø 5.0 c/12 30	93.91 34.60
P5	14.00 X 30.00	3.00 RR 3.00 RR	25.61 9.01	1.08 1.14	7.85 4.17	1.57 1.57 0.7	2 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 10.0	ø 5.0 c/12 ø 5.0 c/12 30	74.14 34.60
P6	14.00 X 30.00	3.00 RR 3.00 RR	14.07 0.58	0.69 0.69	5.61 4.15	1.57 1.57 0.7	2 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 10.0	ø 5.0 c/12 ø 5.0 c/12 30	74.14 34.60
P7	14.00 X 30.00	3.00 RR 3.00 RR	36.22 15.63	1.89 1.76	7.26 7.80	1.57 1.57 0.7	2 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 10.0	ø 5.0 c/12 ø 5.0 c/12 30	74.14 34.60
P8	14.00 X 30.00	3.80 RR 3.00 RR	62.46 36.49	1.72 0.52	2.11 1.76	1.57 1.57 0.7	2 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 10.0	ø 5.0 c/12 ø 5.0 c/12 30	93.91 34.60
P9	14.00 X 30.00	3.00 RR 3.00 RR	54.65 30.46	0.73 0.65	9.01 6.79	1.57 1.57 0.7	2 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 10.0	ø 5.0 c/12 ø 5.0 c/12 30	74.14 34.60
P10	14.00 X 30.00	3.80 RR 3.00 RR	59.48 34.67	1.80 0.54	1.58 1.40	1.57 1.57 0.7	2 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 10.0	ø 5.0 c/12 ø 5.0 c/12 30	93.91 34.60
P11	14.00 X 30.00	3.00 RR 3.00 RR	50.78 27.32	1.32 1.27	7.01 6.48	1.57 1.57 0.7	2 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 10.0	ø 5.0 c/12 ø 5.0 c/12 30	74.14 34.60
P12	14.00 X 30.00	3.00 RR 3.00 RR	26.23 9.02	0.95 0.83	5.80 6.56	1.57 1.57 0.7	2 ø 10.0 2 ø 10.0 4 ø 10.0	ø 5.0 c/12 ø 5.0 c/12 30	74.14 34.60

Fonte: Elaboração do autor, 2021

### 3.4.5. Vigas

Resultado do dimensionamento das vigas do pavimento térreo (tabela 5)

Tabela 5: Dimensionamento das vigas do pavimento térreo

Dados			Resultados			
Pilar Trecho	Apoio 1 e 1o (m)	Seção (cm)	As Inf (cm <sup>2</sup> )	As Sup (cm <sup>2</sup> )	Asw min (cm <sup>2</sup> )	Fissura (mm)
<b>Viga V1</b>						
P1	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.00
1	2.69	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.00
P2	0.30			2 ø 8.0 0.63		0.01

2	2.52	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.00
P3	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.00
3	2.52	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.00
P4	0.30			2 ø 8.0 0.63		0.00
4	2.69	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.00
P5	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.00
5	1.51	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.00
P6	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.00
<b>Viga V2</b>						
P7	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.00
1	2.69	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.01
P8	0.30			2 ø 8.0 0.63		0.02
2	2.52	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.00
P9	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.01
3	2.52	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.00
P10	0.30			2 ø 8.0 0.63		0.01
4	2.69	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.01
P11	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.01
5	1.51	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.00
P12	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.00
<b>Viga V3</b>						
V4	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.00
1	2.77	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.02
V5	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.01
2	2.60	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.00
V6	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.01
3	2.60	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.00
V7	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.01
4	2.77	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.01
V8	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.00
5	1.51	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.00
V9	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.00
<b>Viga V4</b>						
	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.00
1	0.86	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.00
P7	0.30			3 ø 8.0 1.29		0.06
2	2.64	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.02
P1	0.30			2 ø 8.0 0.63		0.01
<b>Viga V5</b>						
	0.14					0.00
1	0.86	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.00
P8	0.14			2 ø 10.0 1.53		0.16
2	2.96	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.77		ø 5.0 c/ 15	0.09
P2	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.01
<b>Viga V6</b>						
	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.00
1	0.86	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.00
P9	0.30			2 ø 10.0 1.58		0.13

2	2.64	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.64		ø 5.0 c/ 15	0.04
P3	0.30			2 ø 8.0 0.67		0.02
<b>Viga V7</b>						
	0.14					0.00
1	0.86	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.00
P10	0.14			2 ø 10.0 1.46		0.15
2	2.96	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.68		ø 5.0 c/ 15	0.07
P4	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.01
<b>Viga V8</b>						
	0.14					0.00
1	0.86	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.00
P11	0.30			2 ø 10.0 1.44		0.10
2	2.64	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.04
P5	0.30			2 ø 8.0 0.65		0.02
<b>Viga V9</b>						
	0.14			2 ø 8.0 0.63		0.00
1	0.86	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.00
P12	0.30			2 ø 8.0 0.97		0.07
2	2.64	14.00x30.00	2 ø 8.0 0.63		ø 5.0 c/ 15	0.01
P6	0.30			2 ø 8.0 0.63		0.00

Fonte: Elaboração do autor, 2021

### 3.4.6. Lajes

Resultado do dimensionamento das lajes do pavimento térreo (tabela 6)

Tabela 6: Dimensionamento das lajes do pavimento térreo

<b>Armadura Positiva</b>				
<b>Dados</b>				<b>Resultados</b>
<b>Nome</b>	<b>Espessura (cm)</b>	<b>Carga (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Mdx (kN.m/m)</b>	<b>Asx</b>
L1	12	2.81	2.50	As = 0.42 cm <sup>2</sup> /N (TR 08645 - 0.39 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)
L2	12	2.81	1.24	As = 0.42 cm <sup>2</sup> /N (TR 08645 - 0.39 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)
L3	12	2.81	1.28	As = 0.42 cm <sup>2</sup> /N (TR 08645 - 0.39 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)
L4	12	2.81	1.67	As = 0.42 cm <sup>2</sup> /N (TR 08645 - 0.39 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)
L5	12	2.81	0.69	As = 0.42 cm <sup>2</sup> /N (TR 08645 - 0.39 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)
L6	12	2.81	0.55	As = 0.42 cm <sup>2</sup> /N (TR 08645 - 0.39 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)
L7	12	2.81	0.52	As = 0.42 cm <sup>2</sup> /N (TR 08645 - 0.39 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)
L8	12	2.81	0.52	As = 0.42 cm <sup>2</sup> /N (TR 08645 - 0.39 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)



L9	12	2.81	0.55	As = 0.42 cm <sup>2</sup> /N (TR 08645 - 0.39 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)			
L10	12	2.81	0.52	As = 0.42 cm <sup>2</sup> /N (TR 08645 - 0.39 cm <sup>2</sup> /N) (1ø5.0 c/N - 0.20 cm <sup>2</sup> /N)			
Armadura Negativa							
Dados							Resultados
Viga	Trecho	Laje 1	Laje 2	Reação 1 (kN/m)	Reação 2 (kN/m)	Md (kN.m/m)	As (cm <sup>2</sup> )
V6	2	L3	L2	3.33	3.23	-2.56	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø6.3 c/20 - 1.56 cm <sup>2</sup> /m)
V7	2	L3	L4	3.66	3.93	-2.96	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø6.3 c/20 - 1.56 cm <sup>2</sup> /m)
V8	2	L4	L5	3.50	2.76	-2.55	As = 0.90 cm <sup>2</sup> /m (ø6.3 c/20 - 1.56 cm <sup>2</sup> /m)
V5	2	L1	L2	4.66	3.76	-3.90	As = 1.00 cm <sup>2</sup> /m (ø6.3 c/20 - 1.56 cm <sup>2</sup> /m)

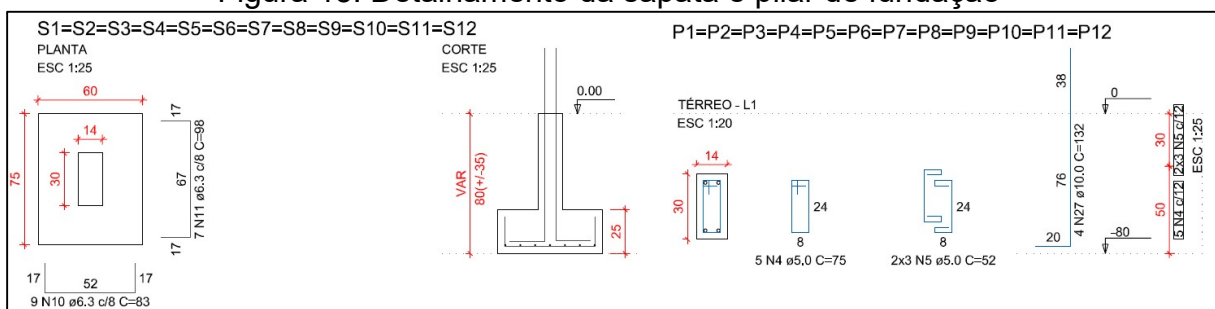
Fonte: Elaboração do autor, 2021

### 3.5. Detalhamento do projeto estrutural

Considerando a grande quantidade de elementos estruturais existentes no projeto, apresentaremos apenas o detalhamento de alguns elementos, a título demonstrar como são apresentados o detalhamento pelo software Eberick, e o projeto completo com os detalhamentos serão apresentados nos anexos I e II.

Detalhamento do projeto executivo da sapata e pilar da fundação (figura 15):

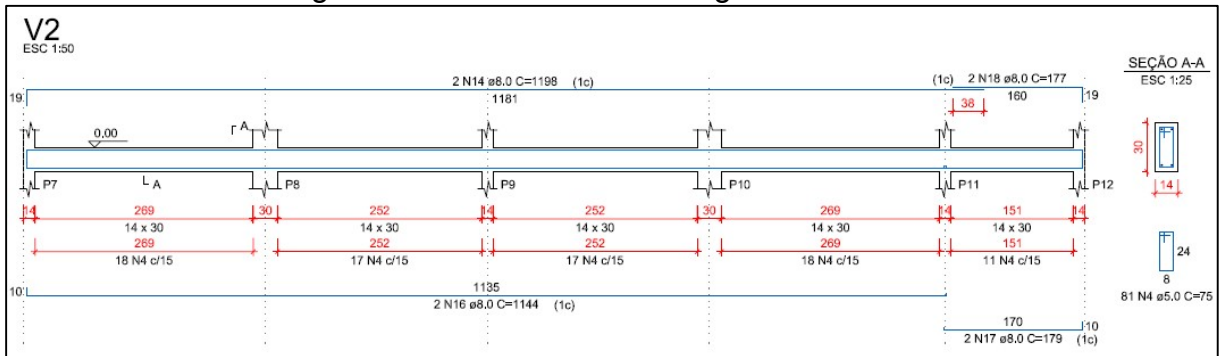
Figura 15: Detalhamento da sapata e pilar de fundação



Fonte: Elaboração do autor, 2021

Detalhe do projeto executivo da viga baldrame V2 (figura 16):

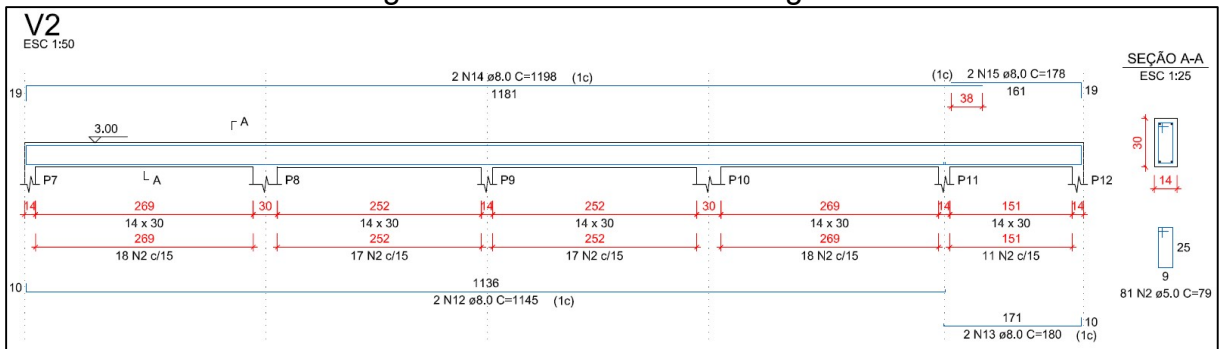
Figura 16: Detalhamento da viga baldrame V2



Fonte: Elaboração do autor, 2021

Detalhe do projeto executivo da viga V2 (figura 17):

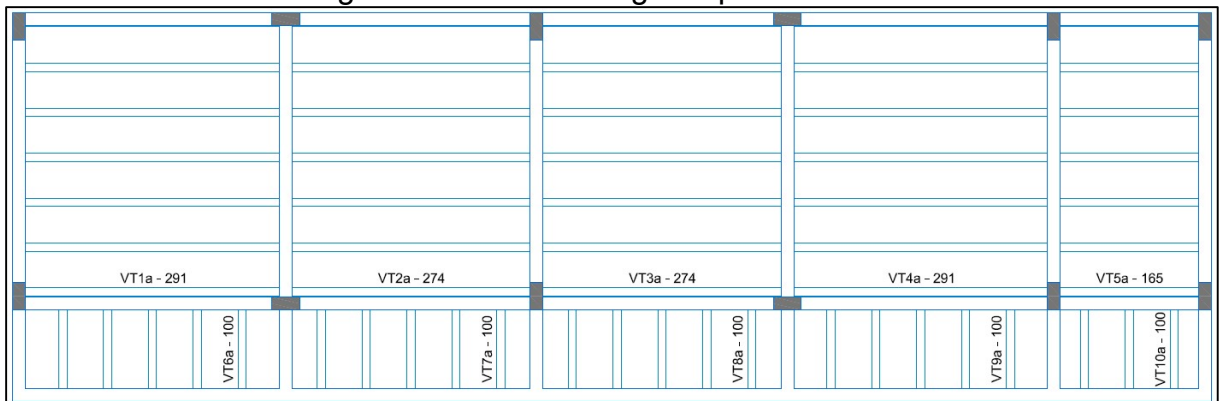
Figura 17: Detalhamento da viga V2



Fonte: Elaboração do autor, 2021

Detalhe do projeto executivo da laja com as vigotas pré-moldadas (figura 18):

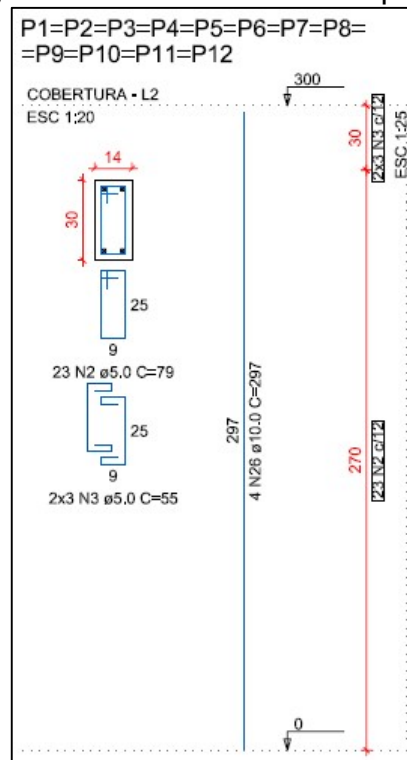
Figura 18: Planta de vigotas pré-moldadas



Fonte: Elaboração do autor, 2021

Detalhe do projeto executivo dos pilares do pavimento térreo (figura 19):

Figura 19: Detalhamento dos pilares



Fonte: Elaboração do autor, 2021

#### 4. CONCLUSÃO

O propósito inicial deste estudo de caso foi alcançado com êxito, uma vez que, com o conhecimento sobre cálculo estrutural e fundações adquirido ao longo do curso de especialização foram suficientes para a elaboração de um projeto estrutural de concreto armado em conformidade com a NBR 6118:2014. Neste trabalho foi possível estudar e analisar todas os processos exigidos na elaboração de projetos estrutural, por meio dos relatórios software Eberick, verificando os resultados do memorial de cálculo, resumo de resultados cargas verticais, deslocamento horizontal, coeficiente gama-z, análise de 2ª ordem de toda a estrutura, bem como os relatório de cálculo das sapatas, cálculos das vigas e os dimensionamentos das armaduras positivas, negativas e transversais, e as verificação de esforços limites, também foi possível verificar os resultados dos cálculo dos pilares, os cálculos das lajes e os resultados das vigotas pré-moldadas. Por fim, foi possível gerar o projeto técnico exigido para a aprovação e a execução da obra.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118-1:2014, **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_. ABNT NBR 6120:1980, **Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 1980.

\_\_\_\_\_. ABNT NBR 7480:2007, **Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação**. Rio de Janeiro, 2008.

\_\_\_\_\_. ABNT NBR 8681:2003, **Ações e segurança nas estruturas – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. ABNT NBR 8953:2015, **Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência**. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. ABNT NBR 14859-1:2016, **Lajes pré-fabricadas de concreto Parte 1: Vigotas, minipainéis e painéis - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_. ABNT NBR 15200:2012, **Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio**. Rio de Janeiro, 2012.

AZEVEDO, Hélio Alves de. **O Edifício Até Sua Cobertura**. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2016.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado eu te amo**. Volume 1. 8ª ed. São Paulo: Blucher, 2015.

\_\_\_\_\_. **Concreto armado eu te amo**. Volume 2. 4ª ed. São Paulo: Blucher, 2015.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; CARVALHO, Luiz Fernando Meirelles. **Quatro Edifícios, Cinco Locais de Implantação, Vinte Soluções de Fundações**. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2015.

Branski, Regina Meyer *et al.* **Metodologia de estudo de casos aplicada à logística**. LALT - Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes, 2021. Disponível em: <<http://lalt.fec.unicamp.br/index.php/trabalhos/metodologia-de-estudo-de-casos-aplicada-a-logistica/>>. Acesso em: 02, janeiro de 2022.

CARVALHO, Roberto Chust; FILHO, Jasson Rodrigues de Figueiredo. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: Segundo a NBR 6118:2014**. 4ª ed. São Carlos: EduFSCar, 2021.

SANTOS, José Sérgio dos Santos. **Desconstruindo o Projeto Estrutural de Edifícios: Concreto Armado e Protendido**. São Paulo: Oficina de Texto, 2017.



