



**CISNE FACULDADE DE QUIXADÁ  
ENGENHARIA CIVIL**

**ALEXSANDRE ROBERTO CARNEIRO LOPES JÚNIOR**

**ANÁLISE COMPARATIVA DO DIMENSIONAMENTO DE UMA  
ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO DE MÉDIO PORTE COM O  
AUXÍLIO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS**

**QUIXADÁ**

**2019**

ALEXSANDRE ROBERTO CARNEIRO LOPES JÚNIOR

ANÁLISE COMPARATIVA DO DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE  
CONCRETO ARMADO DE MÉDIO PORTE UTILIZANDO FERRAMENTAS  
COMPUTACIONAIS

Artigo Científico apresentado ao Curso de Engenharia Civil da CISNE - Faculdade de Quixadá, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof Me. Bergson da Silva Matias.

QUIXADÁ

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
CISNE Faculdade de Quixadá  
Mayra Helena de Sousa Oliveira CRB-3/1624

---

- L85a           Lopes Júnior, Alexandre Roberto Caneiro.  
                  Análise comparativa do dimensionamento de estruturas de concreto armado em pequeno porte utilizando ferramentas computacionais / Alexandre Roberto Caneiro Lopes Júnior. – 2019.  
                  35 f. : il.  
                  Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – CISNE Faculdade de Quixadá, Curso de Engenharia Civil, Quixadá, 2019.  
                  Orientação: Prof. Me. Bergson da Silva Matias.
1. Projeto Estrutural. 2. Softwares. 3. Eberick. 4. TQS.  
I. Título.

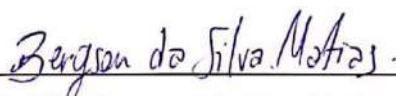
ALEXSANDRE ROBERTO CARNEIRO LOPES JÚNIOR

ANÁLISE COMPARATIVA DO DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE  
CONCRETO ARMADO DE PEQUENO PORTE UTILIZANDO FERRAMENTAS  
COMPUTACIONAIS

Artigo Científico apresentado ao Curso de  
Engenharia Civil da CISNE - Faculdade de  
Quixadá, como requisito parcial para obtenção  
do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Aprovado em 09/12/2019.**

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Me. Bergson da Silva Matias (Orientador)  
CISNE - Faculdade de Quixadá



Prof. Esp. Evangelista Miranda de Sousa  
CISNE - Faculdade de Quixadá



Prof. Esp. Paulo Rogério Freitas de Matos  
CISNE - Faculdade de Quixadá

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus por ter me dado o dom da sabedoria e força para concluir essa jornada.

A esta faculdade e seu corpo docente pela oportunidade dada.

Ao meu orientador Bergson da Silva Matias, pelo suporte, pelas suas correções e incentivos.

Aos meu pais que me deram todo o apoio e incentivo.

E a todos que de maneira direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos .....</b>	<b>8</b>
1.1.1	Objetivos Gerais.....	8
1.1.2	Objetivos Específicos.....	8
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1</b>	<b>Concepção estrutural .....</b>	<b>8</b>
2.1.1	Sistemas estruturais.....	9
<b>2.2</b>	<b>Dimensionamento de uma estrutura.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3</b>	<b>Ferramentas Computacionais .....</b>	<b>10</b>
2.3.1	AltoQi Eberick.....	10
2.3.2	CAD/TQS .....	11
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA DA PESQUISA.....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>13</b>
<b>4.1</b>	<b>Edificação .....</b>	<b>13</b>
<b>4.2</b>	<b>Concepção Estrutural.....</b>	<b>15</b>
4.2.1	Pilares.....	15
4.2.2	Vigas .....	15
4.2.3	Lajes.....	17
4.2.4	Carregamento.....	17
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>18</b>
<b>5.1</b>	<b>Dimensões finais.....</b>	<b>18</b>
<b>5.2</b>	<b>Carga nas Fundações.....</b>	<b>20</b>
<b>5.3</b>	<b>Vigas.....</b>	<b>22</b>
5.3.1	Momentos .....	22
5.3.2	Flechas .....	25
<b>5.4</b>	<b>Lajes.....</b>	<b>26</b>
<b>5.5</b>	<b>Consumo de Materiais.....</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>29</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>30</b>
	<b>ANEXO A – PLANTAS DE FORMAS .....</b>	<b>32</b>

# ANÁLISE COMPARATIVA DO DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO DE PEQUENO PORTE UTILIZANDO FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

Alexsandre Roberto Carneiro Lopes Júnior<sup>1</sup>

Bergson da Silva Matias<sup>2</sup>

## RESUMO

O processo de cálculo e o dimensionamento de uma estrutura são bastante complexos e demandam muito tempo, sendo suscetíveis a erros com maior facilidade quando feito à mão. Com a evolução da tecnologia se criaram programas capazes de nos auxiliar na elaboração de um projeto estrutural, com cálculos e considerações que seriam quase impossíveis de serem feitos à mão, além da rapidez que é proporcionada. Existem inúmeros *softwares* para cálculo estrutura e cada um com suas particularidades, com a grande gama de *softwares* disponíveis no mercado, surge o questionamento de qual utilizar. Foi utilizado para essa análise o Eberick e TQS, quem são atualmente os dois mais utilizados no mercado no Brasil, sendo comparados os esforços na estrutura e o consumo de material. De maneira geral o ambos os programas apresentaram semelhança, porem sendo o TQS com o maior número de critérios editáveis possibilitando uma gama maior de soluções estruturais.

**Palavras-chaves:** Projeto Estrutural. *Softwares*. Eberick. TQS.

## ABSTRACT

The process of calculating and sizing a structure is quite complex and time consuming and is more susceptible to errors when done by hand. With the evolution of technology programs have been created that can help us in the elaboration of a structural project, with calculations and considerations that would be almost impossible to be done by hand, besides the speed that is provided. There are numerous software for structure calculation and each one with its particularities, with the wide range of software available in the market, arises the question of which to use. Eberick and TQS were used for this analysis, which are currently the two most used in the market in Brazil, being compared the efforts in the structure and the material consumption. In general, both programs presented similarities, however, TQS with the largest number of editable criteria allowing a larger range of structural solutions.

**Keywords:** Structural project. *Softwares*. Eberick. TQS.

---

<sup>1</sup> Alexsandre Roberto Carneiro Lopes Júnior, graduando do curso de Engenharia Civil na Faculdade CISNE de Quixadá. E-mail: eng.alexsandrej@gmail.com

<sup>2</sup> Prof. Me. Bergson da Silva Matias, docente do curso de Engenharia Civil na Faculdade CISNE de Quixadá. E-mail: bergson.matias@faculdadecisne.edu.br

## 1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia e as grandes transformações que ela causa, hoje em dia a informação passou a ser um importante recurso, assim novos aplicativos e *softwares* foram surgindo com capacidades de armazenar e gerenciar enorme quantias de dados, influenciando de forma direta a maneira de como os projetos estruturais de concreto armado são elaborados.

Antigamente os cálculos estruturais eram feitos manualmente e de maneira simplificada não levando em consideração a interação de todos os elementos, além de ocorrer erros pelo cansaço, aumentando as chances de retrabalho e falhas na hora da execução.

Segundo Kimura (2007), atualmente, todas as etapas presentes no projeto de um edifício, desde o lançamento dos dados, passando pela análise estrutural, dimensionamento e detalhamento dos elementos, até a impressão de desenhos, de alguma forma, são influenciadas pela rapidez e precisão que a informática proporciona. Um edifício inteiro é processado em minutos e todos os seus dados armazenados em um pequeno "pen-drive".

Tendo em vista a criação de computadores cada vez mais poderosos, é de praxe que os programas também se aperfeiçoem adicionando novas análises, interações entre estruturas, combinações de ações, etc. Tornando a prática muito mais segura e o mais próximo da realidade possível.

De acordo com essa descrição se torna claro a necessidade de aprimorar cada vez mais no âmbito da informática, sabendo que seu papel é auxiliar o Engenheiro tomando cuidado para não deixar de lado os conceitos fundamentais de Engenharia.

Com a grande variedade de *softwares* de cálculo estrutural no mercado é de grande importância a escolha, tendo em vista que a depender do *software* pode haver diferenças significativas nos cálculos das estruturas, tais como o consumo de materiais, fator determinante na economia do projeto, sem esquecer que o profissional deve ter capacidade teórica suficiente para analisar os resultados obtidos e se em caso de necessidade resolver possíveis problemas que podem ocorrer no decorrer da elaboração do projeto, já que os programas são ferramentas que apenas auxiliam o profissional.



## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivos Gerais

O objetivo desse trabalho é analisar o dimensionamento de uma estrutura e comparar os resultados dos cálculos e soluções apresentados pelos principais *softwares* atualmente utilizados no Brasil.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Estudar as literaturas específicas para o dimensionamento das estruturas;
- Conhecer e aprender a manusear os softwares;
- Analisar o processo de lançamento da estrutura e seus carregamentos nos softwares;
- Analisar as resultantes dos esforços no relatório de processamento global da estrutura;
- Comparar soluções de dimensionamento e quantidade de material utilizado na estrutura apresentados pelos softwares.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

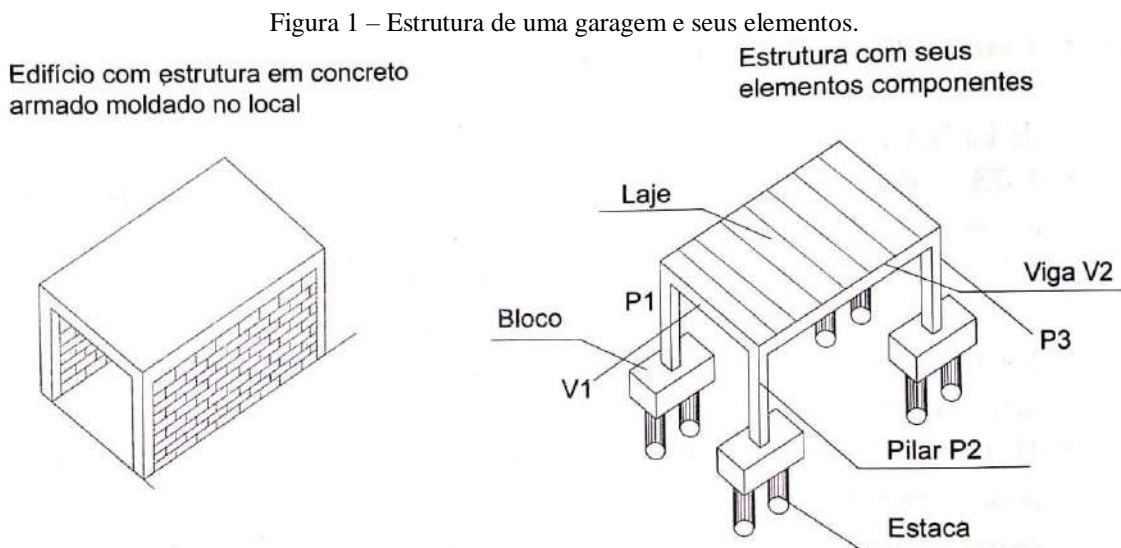
A concepção estrutural consiste em estabelecer um arranjo adequado dos elementos para formar sistemas estruturais capaz de resistir as solicitações das edificações de forma eficiente obedecendo os aspectos de segurança, economia, estético e funcional (ARAÚJO, 2009).

Para que seja concebida uma concepção estrutural é necessário o conhecimento do comportamento estrutural de cada uma das peças que compõe uma estrutura. Sendo assim o projeto estrutural deve estar compatível com os demais projetos, principalmente o arquitetônico onde se determinará principalmente forma da estrutura.

### 2.1.1 Sistemas estruturais

O sistema estrutural é basicamente a maneira em como os elementos estruturais são organizados. De acordo com Pinheiro (2003), a escolha do sistema estrutural depende de fatores técnicos e econômicos, dentre eles: capacidade do meio técnico para desenvolver o projeto e para executar a obra, e disponibilidade de materiais, mão-de-obra e equipamentos necessários para a execução.

Como exemplo podemos observar na Figura 1 uma garagem para carros, cuja desratização pode ser feita da seguinte maneira: a laje de concreto (plana) suporta seu peso, os revestimentos e mais alguma carga accidental (água da chuva, pessoas etc.); as vigas recebem os esforços da laje (placa de concreto) e os transmitem, juntamente com seu próprio peso (mais o peso de pare, se houver), aos pilares; os pilares recebem todas as cargas e as transmitem, também com seu peso, para as fundações.



Fonte: Carvalho e Figueiredo Filho, 2014.

## 2.2 DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTRUTURA

O cálculo, ou dimensionamento, de uma estrutura deve garantir que ela suporte, de forma segura, estável e sem deformações excessivas, todas as solicitações a que estará submetida durante sua execução e utilização. Entretanto não se pode pretender que uma estrutura tenha segurança total contra todos os fatores aleatórios que intervêm em uma

edificação. A insegurança está relacionada basicamente às seguintes incertezas (CARVALHO E FIGUEIREDO FILHO, 2014):

- Resistência dos materiais utilizados;
- Características geométricas da estrutura;
- Ações permanentes e variáveis; e
- Valores de solicitações calculados, que podem ser diferentes dos reais em virtude de todas as imprecisões inerentes ao processo de cálculo.

O dimensionamento de uma estrutura consiste em comprovar que uma seção previamente conhecida ou não definida completamente (as dimensões podem ser alteradas para resistir o que é solicitado) é capaz de resistir às solicitações mais desfavoráveis que poderão atuar. Para isso existem dois métodos de cálculo, os métodos clássicos, ou das tensões admissíveis, e os métodos de cálculo na ruptura, ou dos estados limites que é o mais comum a ser utilizado, pois promove uma segurança maior (CARVALHO E FIGUEIREDO FILHO, 2014).

## 2.3 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

### 2.3.1 AltoQi Eberick

A AltoQi, idealizadora do Eberick, foi criada em 1989 e em 1990 lança seu primeiro produto, o PROVIGA, *software* para cálculo e detalhamento de vigas contínuas. Com pouco tempo depois foram lançados os *softwares* PROPILAR, PROLAJE e PROINFRA, todos desenvolvidos para ambiente MS-DOS. Em 1996 foi desenvolvido para ambiente Windows o AltoQi Eberick, integrando totalmente em sua plataforma os projetos de vigas, lajes, pilares e infraestrutura sendo atualizado constantemente para garantir maior produtividade, segurança e agilidade no dimensionamento e detalhamento.

O programa tem como base a análise de dois tipos de modelos estruturais, a por pavimentos isolados que como o próprio termo diz, consiste em analisar a estrutura de maneira separada, dividindo a estrutura em pequenos pórticos, pavimento por pavimento, não prevendo efeitos horizontais, ou seja, ignorando ações de vento, conseqüentemente não considerando a verificação da estabilidade global. Ao contrário desse modelo existe também a análise através de pórticos espaciais que leva em consideração a influência de todos os elementos de todos os pavimentos além de prever efeitos horizontais, fazendo com que o modelo de pavimentos

isolados seja inadequado tendo em vista que a norma pede que na análise estrutural dever ser considerada a influência de todas as ações que venham a produzir efeitos significativos a segurança da estrutura (AltoQi, 2019).

Os principais passos para a elaboração de um projeto segundo a AltoQi são:

- a. Ao criar um novo projeto deve-se determinar o número de pavimentos e em quais níveis eles estão para assim inserir o projeto arquitetônico referente a cada nível na árvore de projeto que será criada.
- b. Com a arquitetura servindo como guia é posicionado os elementos estruturais (laje, viga e pilar) informando suas dimensões e vinculações entre os elementos assim como os carregamentos atuantes.
- c. É realizado o processamento da estrutura onde é feito uma análise da estrutura, e com os esforços máximos resultantes é realizado o dimensionamento e detalhamento automático da estrutura.

### **2.3.2 CAD/TQS**

Desenvolvido pela TQS Informática Ltda na década de 80, o CAD/TQS trata-se de um sistema integrado onde é subdividido em diversos subsistemas cada um com a sua função dentro do projeto estrutural englobando desde a concepção estrutural até a emissão das plantas finais.

O TQS conta com mais 4 modelos de análise estrutural além do modelo de pórtico espacial mais grelha para as lajes. Com tudo o seu grande diferencial é o modelo de efeito incremental que leva em consideração as ações presentes em todo o processo construtivo da edificação que em algum momento podem ultrapassar a capacidade definida no projeto estrutural (TQS Informática, 2019).

Segundo a TQS o funcionamento do seu sistema pode ser resumido nas seguintes etapas:

- a. Ao criar um novo edifício será preenchido dados importantes em uma janela com diversas abas tais como tipo de modelo que irá ser utilizado quantidade de pavimentos e suas arquiteturas, materiais utilizados, cargas e suas combinações e a edição de alguns critérios.

- b. Através do editor CAD é definido a posição e a dimensão dos elementos estruturais bem como as ações que atuarão na estrutura.
- c. Com base no lançamento da estrutura o sistema gera e calcula automaticamente modelos matemáticos, composto por grelhas e pórticos espaciais, gerando um relatório detalhado que é analisado e interpretado pelo engenheiro.
- d. Com os dados dos esforços obtidos, o sistema dimensiona e detalha as armaduras automaticamente de cada um dos elementos estruturais também possibilitando que o profissional otimize e refine através de editores especiais de armadura.

### **3 METODOLOGIA DA PESQUISA**

O método de pesquisa utilizado é a análise comparativa, permitindo o pesquisador observar e estudar o objeto por várias lentes e perspectivas, melhorando seu estudo e os resultados obtidos. A pesquisa será desenvolvida de acordo com as seguintes etapas:

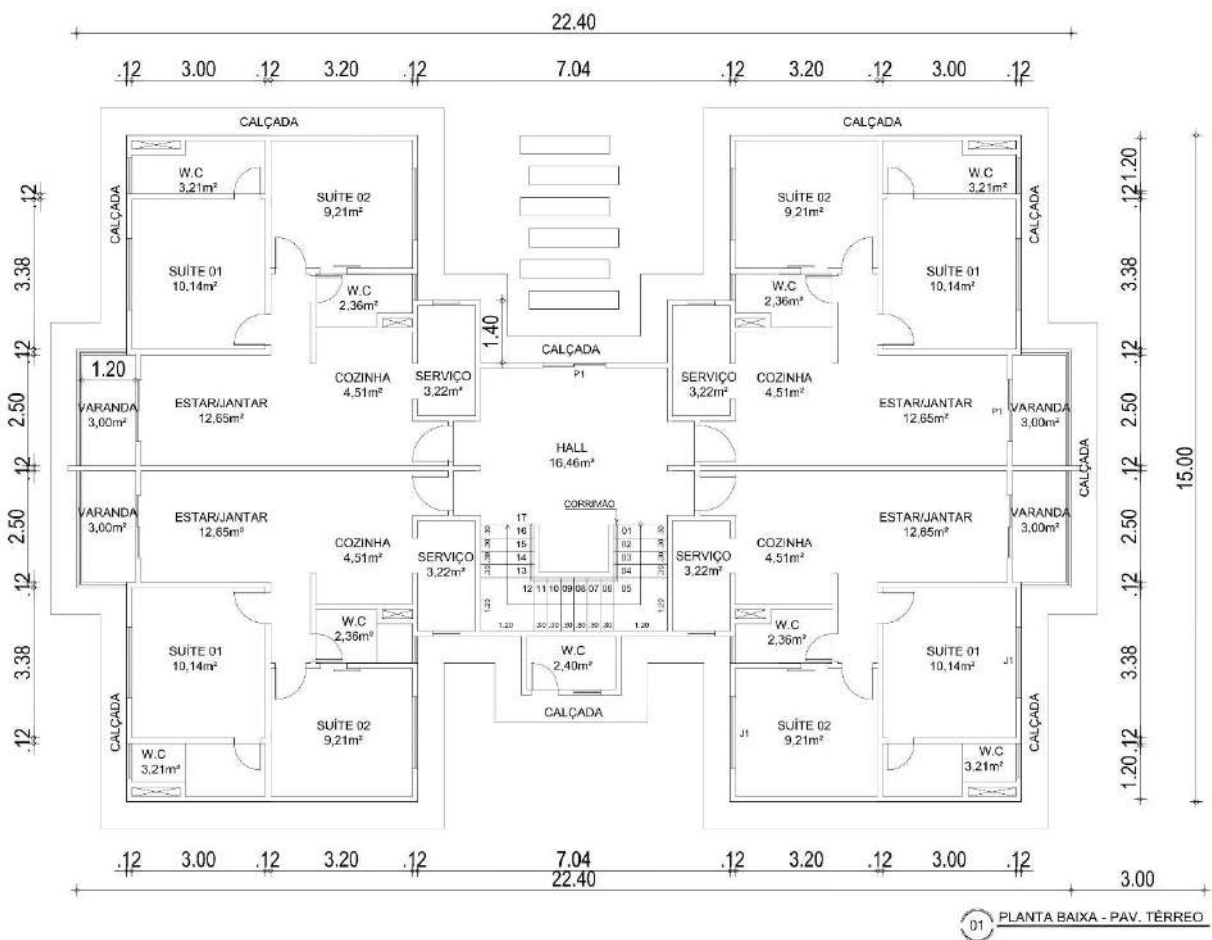
- Revisão bibliográfica: Nessa etapa será abordado um estudo geral das estruturas de concreto armado baseando-se em literaturas que tem como base a NBR 6118 (2014) como foco em obter conhecimento necessário de modo a facilitar o entendimento da pesquisa.
- Treinamento, elaboração do croqui e pré-dimensionamento: Após a revisão bibliográfica será feito um treinamento e familiarização com os *softwares* a serem utilizados e em conjunto a criação do croqui da edificação. Após o término do croqui será feito um pré-dimensionamento da estrutura para se obter uma base para o lançamento da estrutura.
- Lançamento da estrutura e das cargas: Com as dimensões pré-estimadas e o croqui elaborado, será modelado a estrutura nos programas e a inserção das cargas na estrutura.
- Processamento da estrutura: Nessa última etapa será feito o processamento da estrutura e de acordo com os relatórios obtidos nos programas será coletado os dados oriundos do carregamento da estrutura e por fim realizar a comparação entre si.

## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 EDIFICAÇÃO

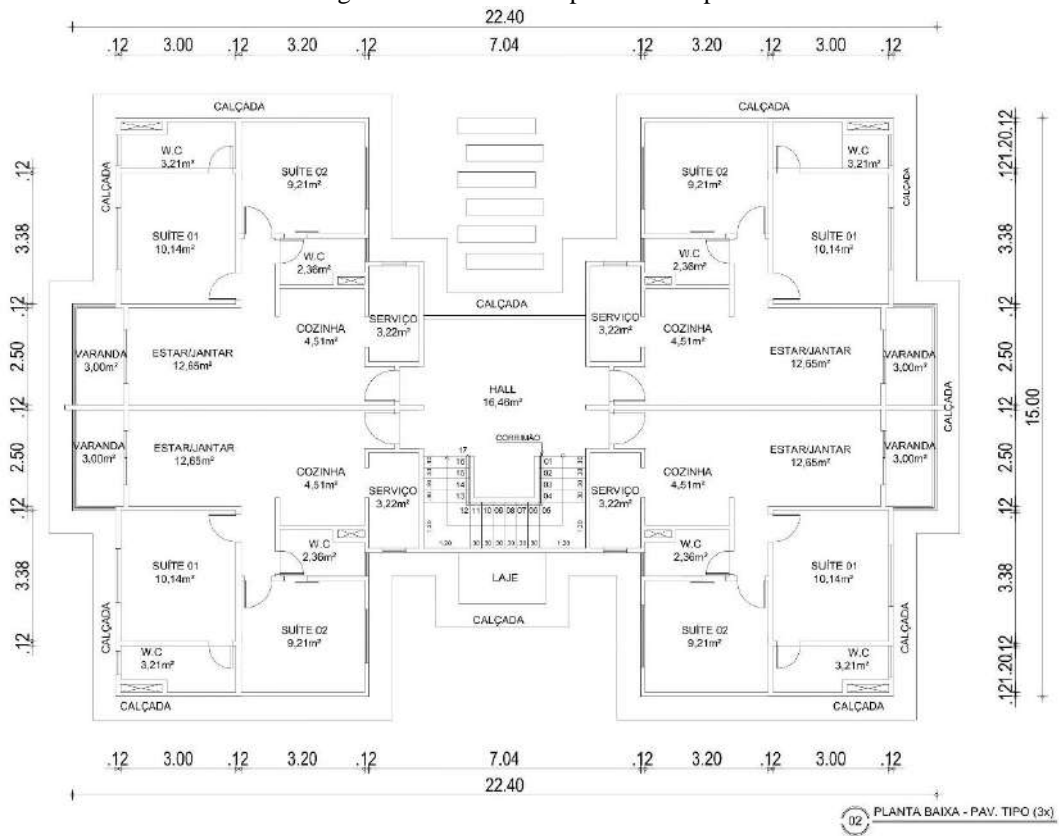
A estrutura elaborada trata-se de um prédio residencial localizado em Caucaia – CE constituído de o pavimento térreo, três pavimentos tipos e cobertura totalizando 5 pavimentos como mostrado nas Figuras 2, 3 e 4.

Figura 2 – Planta baixa pavimento térreo.



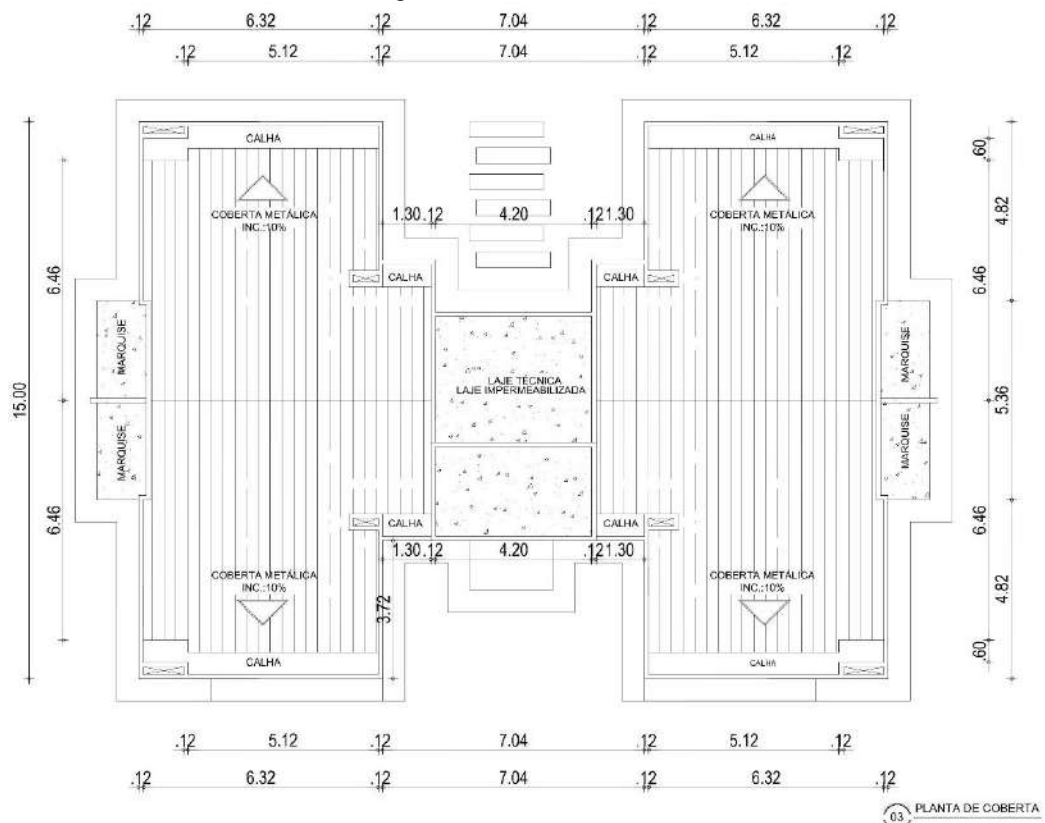
Fonte: Autor, 2019.

Figura 3 – Planta baixa pavimento tipo.



Fonte: Autor, 2019.

Figura 4 – Planta de cobertura.



Fonte: Autor, 2019.

Dados que serão utilizados para seu dimensionamento:

- Pé direito: 3 metros;
- Classe de agressividade ambiental: II – Moderada;
- Concreto para vigas, lajes e pilares: 30 MPa;
- Concreto para fundação: 20 MPa;
- Aço adotado: CA-50 e CA-60;
- Velocidade do vento: 45 m/s;

## 4.2 CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

A disposição dos elementos estruturais dessa edificação está disponível nas plantas de formas no Anexo A.

### 4.2.1 Pilares

Para o pré-dimensionamento dos pilares, foram locados de maneira genérica e assim feito o processo das áreas de influência para estimar as cargas atuantes nos pilares.

Utilizando a carga vertical usual em edifícios de 10kN/m<sup>2</sup> (por pavimento) nenhum dos pilares ultrapassou área mínima exigida em norma. Com isso para o projeto todos os pilares foram locados com as dimensões de 18x20 cm.

### 4.2.2 Vigas

De acordo com a arquitetura, as paredes estão definidas com espessura de 12 cm, desta forma para as vigas serão adotadas largura com folga de 1cm para cada lado em relação a parede, ou seja, 14 cm.

Segundo Alva (2014) para as alturas das vigas ( $h$ ) é adotado três equações empíricas para cada tipo de viga:

- a) Vigas simplesmente apoiadas:  $l/12 < h < l/10$  (Adotado  $l/10$ );
- b) Vigas contínuas:  $l/15 < h < l/12$  (Adotado  $l/12$ );
- c) Vigas em balanço:  $l/6 < h < l/5$  (Adotado  $l/5$ ).



h= altura estimada

l= vão médio

Em caso de vigas contínuas deve-se fazer as médias dos vãos para utilizar na formula.

Tabela 1 – Dimensões iniciais das vigas do pavimento tipo.

<b>Viga</b>	<b>Dimensão (cm)</b>
<b>V1=V2=V27=V28</b>	14x60
<b>V3=V4=V25=V26</b>	14x30
<b>V5=V6=V23=V24</b>	14x20
<b>V7=V8</b>	14x20
<b>V9=V10=V20=V21</b>	14x20
<b>V11=V12=V18=V19</b>	14x40
<b>V13</b>	14x40
<b>V14=V15</b>	14x20
<b>V16</b>	14x40
<b>V17</b>	14x40
<b>V22</b>	14x40
<b>V29=V46</b>	14x30
<b>V30=V31=V44=V45</b>	14x50
<b>V32=V43</b>	14x50
<b>V33=V42</b>	14x50
<b>V36=V39</b>	14x60
<b>V37=V38</b>	14x50

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 2 – Dimensões iniciais das vigas do pavimento coberta.

<b>Viga</b>	<b>Dimensão (cm)</b>
<b>V1=V2=V17=V18</b>	14x60
<b>V3=V4</b>	14x20
<b>V5=V6=V14=V15</b>	14x30

<b>V7=V8=V12=V13</b>	14x40
<b>V9</b>	14x40
<b>V10</b>	14x40
<b>V11</b>	14x40
<b>V16</b>	14x40
<b>V19=V32</b>	14x30
<b>V20=V21=V30=V31</b>	14x50
<b>V22=V29</b>	14x50
<b>V23=V28</b>	14x50
<b>V24=V27</b>	14x60
<b>V25=26</b>	14x50

Fonte: Autor, 2019.

#### 4.2.3 Lajes

As lajes adotadas para essa edificação foi a nervurada unidirecional em treliça e enchimento em EPS. A nervura possui altura de 8cm e largura de 12 cm, a laje em um topo tem uma capa de concreto de 4 cm totalizando 12 cm de altura.

#### 4.2.4 Carregamento

Os carregamentos na estrutura se dividem em cargas permanente que consiste em cargas que atuarão ao longo de toda a vida da estrutura e cargas acidentais são aquelas que atuam em função do uso da estrutura (móveis, veículos, pessoas e outros). As cargas adotadas em cada pavimento estão dispostas na Tabela 3, valores estes retirados com base na NBR 6120/1980.

Tabela 3 – Carregamentos da estrutura.

<b>Pavimento</b>	<b>Carga Permanente (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga Acidental (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga parede (kN/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Coberta</b>	0,5	1	0,156
<b>Tipo</b>	0,5	1	0,437
<b>Térreo</b>	0	0	0

Fonte: Autor, 2019.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 DIMENSÕES FINAIS

Após o processamento da estrutura no Eberick, foram analisados os esforços e os avisos emitidos pelo programa, com isso algumas dimensões do nosso sistema estrutural tiveram que ser alteradas para que pudessem ser dimensionadas de maneira correta. Esses novos valores foram utilizados no TQS para se obter uma comparação fiel entre ambos.

Tabela 4 – Dimensões finais dos pilares em toda a prumada.

<b>Pilar</b>	<b>Dimensão (cm)</b>
<b>P1=P4=P27=P30</b>	18x25
<b>P2=P3=P28=P29</b>	18x25
<b>P5=P6=P25=P26</b>	18x30
<b>P7=P8=P21=P22</b>	18x35
<b>P9=P12=P17=P20</b>	18x35
<b>P10=P11=P18=P19</b>	20x35
<b>P13=P14</b>	18x25
<b>P15=P16</b>	18x30
<b>P23=P24</b>	18x30

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 5 – Dimensões finais das vigas do pavimento tipo.

<b>Viga</b>	<b>Dimensão (cm)</b>
<b>V1=V2=V27=V28</b>	14x50
<b>V3=V4=V25=V26</b>	14x40
<b>V5=V6=V23=V24</b>	14x40
<b>V7=V8</b>	14x40
<b>V9=V10=V20=V21</b>	14x40
<b>V11=V12=V18=V19</b>	14x40
<b>V13</b>	14x50
<b>V14=V15</b>	14x30
<b>V16</b>	14x50

<b>V17</b>	14x50
<b>V22</b>	14x40
<b>V29=V46</b>	14x40
<b>V30=V31=V44=V45</b>	14x50
<b>V32=V43</b>	14x50
<b>V33=V42</b>	14x50
<b>V36=V39</b>	14x60
<b>V37=V38</b>	14x40

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 6 – Dimensões finais das vigas do pavimento coberta.

<b>Viga</b>	<b>Dimensão (cm)</b>
<b>V1=V2=V17=V18</b>	14x40
<b>V3=V4</b>	14x40
<b>V5=V6=V14=V15</b>	14x40
<b>V7=V8=V12=V13</b>	14x40
<b>V9</b>	14x40
<b>V10</b>	14x40
<b>V11</b>	14x50
<b>V16</b>	14x40
<b>V19=V32</b>	14x40
<b>V20=V21=V30=V31</b>	14x40
<b>V22=V29</b>	14x50
<b>V23=V28</b>	14x40
<b>V24=V27</b>	14x50
<b>V25=26</b>	14x40

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 7 – Dimensões das fundações em cada *software*.

Fundação	Eberick			TQS		
	Bx x By (cm)	h1 (cm)	h0 (cm)	Bx x By (cm)	h1 (cm)	h0 (cm)
<b>S1=S4=S27=S30</b>	100x105	35	20	100x110	30	20
<b>S2=S3=S28=S29</b>	100x105	35	20	100x110	30	20
<b>S5=S6=S25=S26</b>	125x140	40	20	145x135	40	20
<b>S7=S8=S21=S22</b>	140x155	40	20	135x155	45	20
<b>S9=S12=S17=S20</b>	135x155	40	20	135x155	45	20
<b>S10=S11=S18=S19</b>	135x150	40	20	135x155	45	20
<b>S13=S14</b>	110x120	35	20	115x125	35	20
<b>S15=S16</b>	125x140	40	20	140x130	40	20
<b>S23=S24</b>	110x120	35	20	95x110	30	20
<b>Total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>14,53</b>			<b>14,74</b>		

Fonte: Autor, 2019.

Para as fundações ambos os *softwares* calculam de maneira automática através da pressão admissível do solo. O TQS em relação ao Eberick, possui uma área total superior de 0,21 m<sup>2</sup>.

## 5.2 CARGA NAS FUNDAÇÕES

A Tabela 8 apresenta os valores de carga total que é transferida para a fundação. As cargas são calculadas através de combinações de cargas permanentes, cargas acidentais e peso próprio, sendo utilizado apenas valores característicos, ou seja, não majorados.

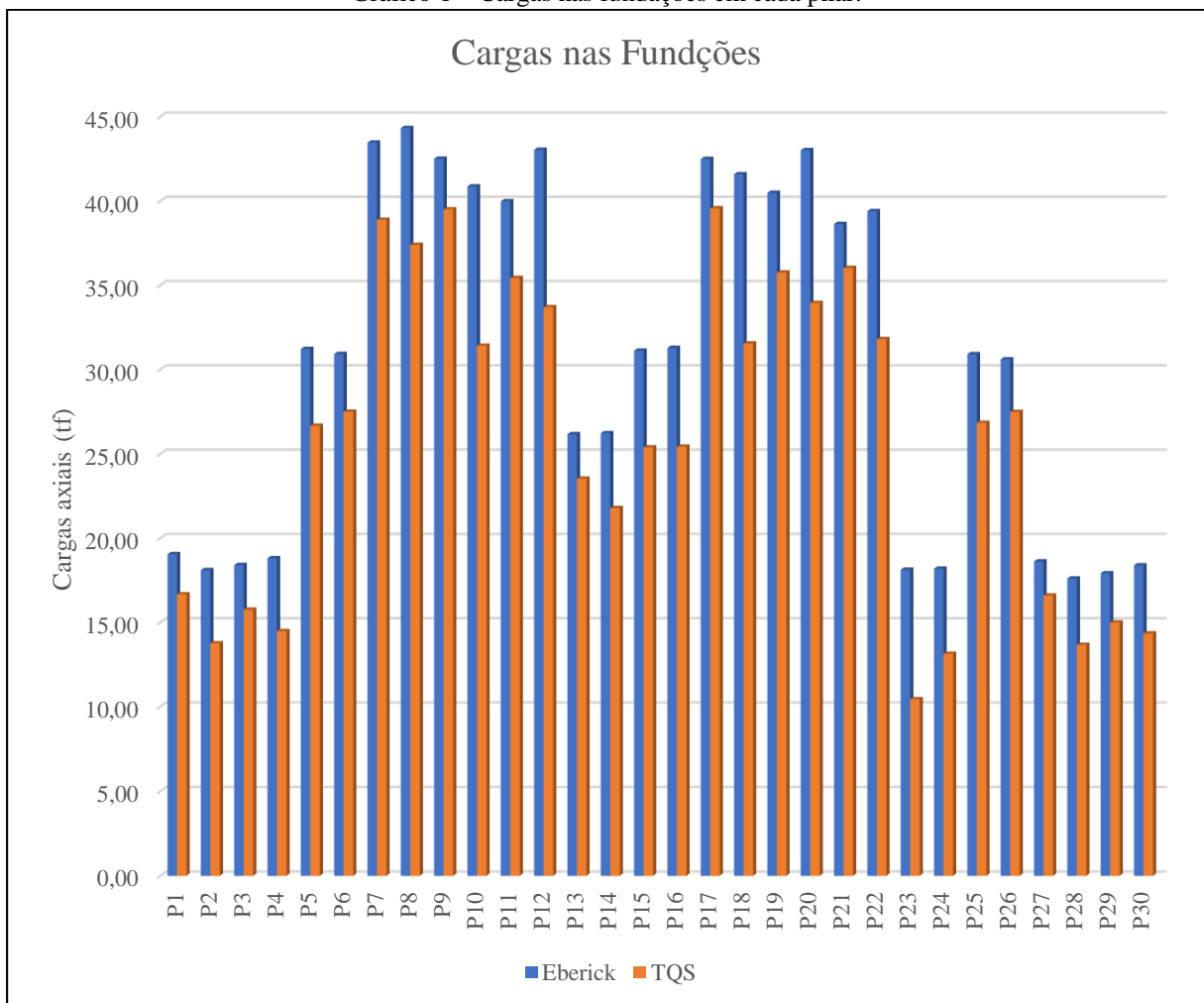
Tabela 8 – Cargas nas fundações em cada pilar.

Pilares	Flechas Totais (cm)		
	Eberick	TQS	Relação (%)
<b>P1</b>	19,04	16,66	12,50
<b>P2</b>	18,10	13,75	24,03
<b>P3</b>	18,40	15,75	14,40
<b>P4</b>	18,80	14,48	22,98
<b>P5</b>	31,22	26,66	14,61
<b>P6</b>	30,92	27,49	11,09

<b>P7</b>	43,46	38,88	10,54
<b>P8</b>	44,32	37,39	15,64
<b>P9</b>	42,50	39,5	7,06
<b>P10</b>	40,86	31,41	23,13
<b>P11</b>	39,98	35,43	11,38
<b>P12</b>	43,03	33,69	21,71
<b>P13</b>	26,16	23,52	10,09
<b>P14</b>	26,22	21,78	16,93
<b>P15</b>	31,12	25,38	18,44
<b>P16</b>	31,28	25,42	18,73
<b>P17</b>	42,49	39,56	6,90
<b>P18</b>	41,58	31,54	24,15
<b>P19</b>	40,48	35,75	11,68
<b>P20</b>	43,01	33,95	21,06
<b>P21</b>	38,63	36,02	6,76
<b>P22</b>	39,39	31,80	19,27
<b>P23</b>	18,12	10,44	42,38
<b>P24</b>	18,18	13,13	27,78
<b>P25</b>	30,91	26,84	13,17
<b>P26</b>	30,60	27,48	10,20
<b>P27</b>	18,61	16,59	10,85
<b>P28</b>	17,60	13,66	22,39
<b>P29</b>	17,91	14,99	16,30
<b>P30</b>	18,38	14,34	21,98
<b>Total (tf)</b>	<b>921,30</b>	<b>773,28</b>	16,07

Fonte: Autor, 2019.

Gráfico 1 – Cargas nas fundações em cada pilar.



Fonte: Autor, 2019.

De maneira geral os valores apresentados possuem semelhanças, porém os valores apresentados pelo Eberick são maiores, totalizando 148,02 tf a mais comparado ao TQS. O pilar P8 é o que possui a maior carga axial apresentado pelo Eberick, já o TQS apresenta o P17 o que possui a maior carga axial sendo transferida para as fundações ainda assim sendo menor em 6,5 % comparado ao outro programa.

### 5.3 VIGAS

#### 5.3.1 Momentos

A Tabela 9 apresenta os valores de momentos máximos positivos e negativos referente ao pavimento tipo 1.

Tabela 9 – Momentos máximos.

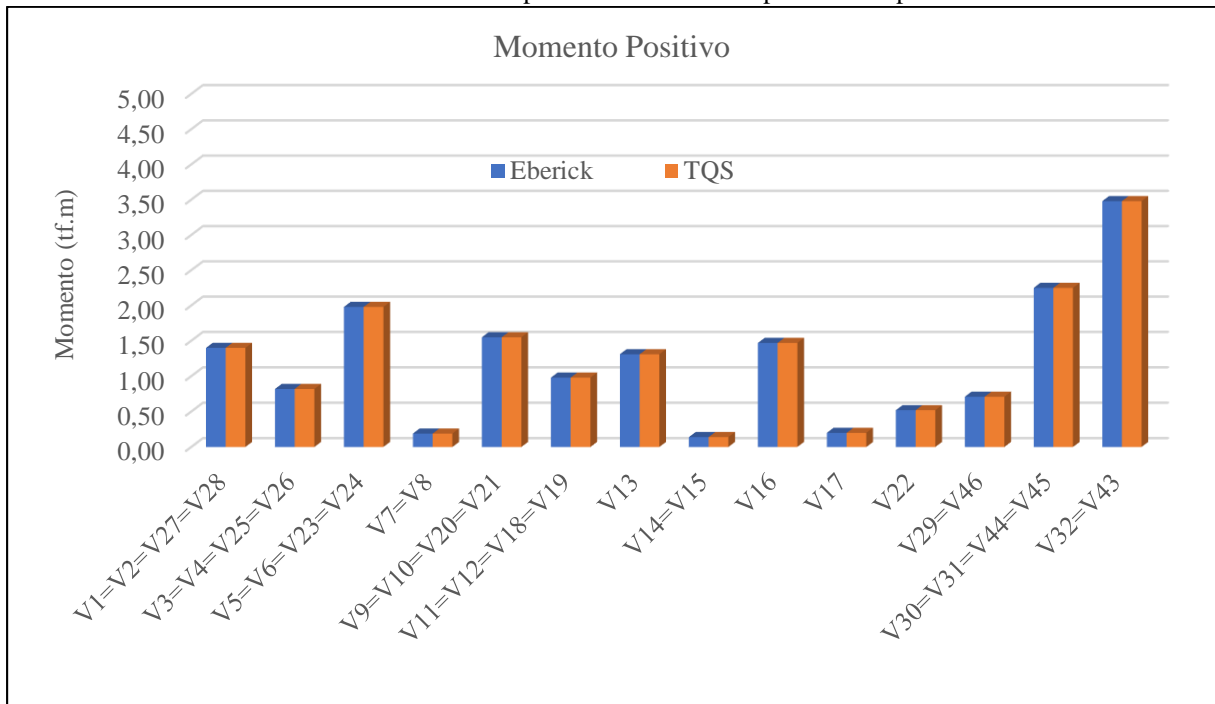
Vigas	Momentos máximos			
	Positivo (tf.m)		Negativo (tf.m)	
	Eberick	TQS	Eberick	TQS
<b>V1=V2=V27=V28</b>	1,35	1,40	2,21	2,23
<b>V3=V4=V25=V26</b>	0,84	0,82	1,33	1,34
<b>V5=V6=V23=V24</b>	2,10	1,98	0,00	0,00
<b>V7=V8</b>	0,18	0,19	0,24	0,46
<b>V9=V10=V20=V21</b>	1,57	1,55	2,46	2,47
<b>V11=V12=V18=V19</b>	1,26	0,98	2,34	2,33
<b>V13</b>	1,31	1,31	2,29	2,26
<b>V14=V15</b>	0,14	0,14	0,00	0,00
<b>V16</b>	1,46	1,47	2,14	2,00
<b>V17</b>	0,09	0,20	2,24	2,24
<b>V22</b>	0,54	0,52	1,96	1,82
<b>V29=V46</b>	0,74	0,71	0,03	0,08
<b>V30=V31=V44=V45</b>	2,24	2,25	4,68	4,87
<b>V32=V43</b>	3,84	3,48	4,96	4,79

Fonte: Autor, 2019.

As vigas V32 e V43 foram as que foram apresentadas como as que tem maiores momentos fletores em ambos os *softwares*, variando muito pouco entre os dois programas, fenômeno que se repete para todas as outras vigas. Para o Eberick as vigas V32 e V43 novamente foram as vigas que obtiveram o maior momento negativo, já no TQS foram as vigas V30, V31, V44 e V45.

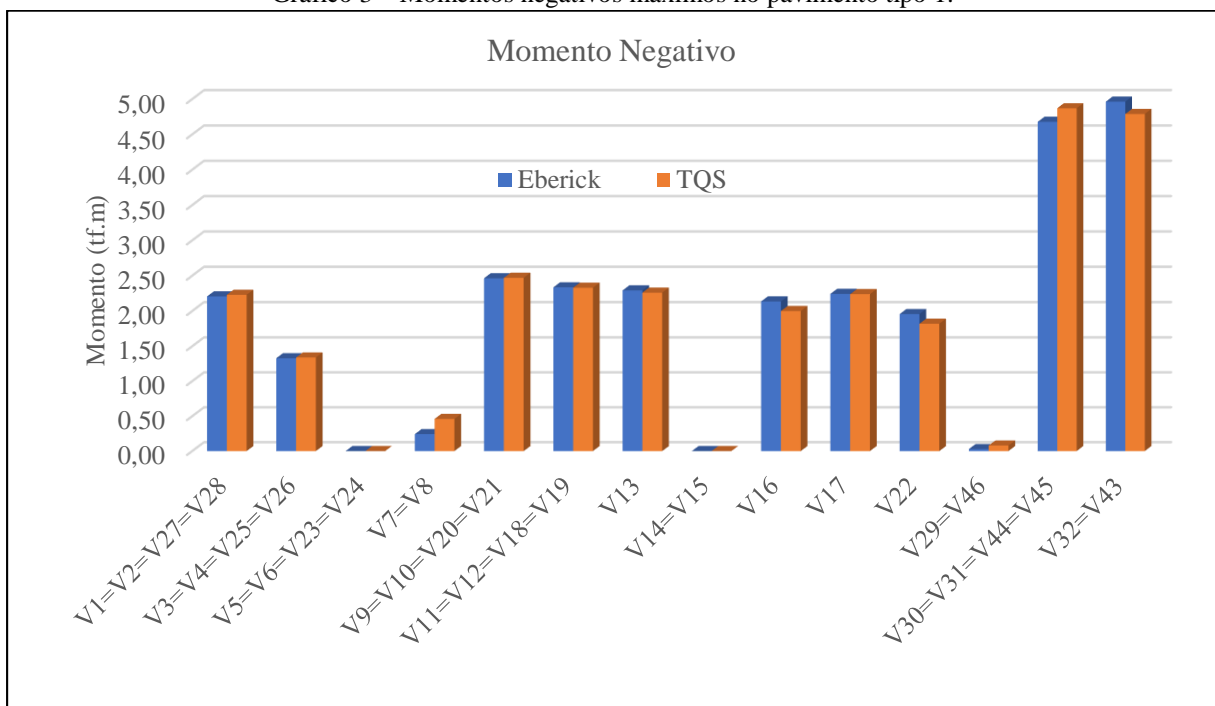


Gráfico 2 – Momentos positivos máximos no pavimento tipo 1.



Fonte: Autor, 2019.

Gráfico 3 – Momentos negativos máximos no pavimento tipo 1.



Fonte: Autor, 2019.

As vigas V5, V6, V14, V15, V23 e V24 possuem momentos negativos iguais a 0 pois foram determinados que os apoios fossem rotulados. O TQS possui critérios que consideram os

apoios elásticos que resultam em esforços realistas, ou seja, tornando os momentos negativos menores, diferentemente do Eberick que considera os apoios totalmente rígidos.

### 5.3.2 Flechas

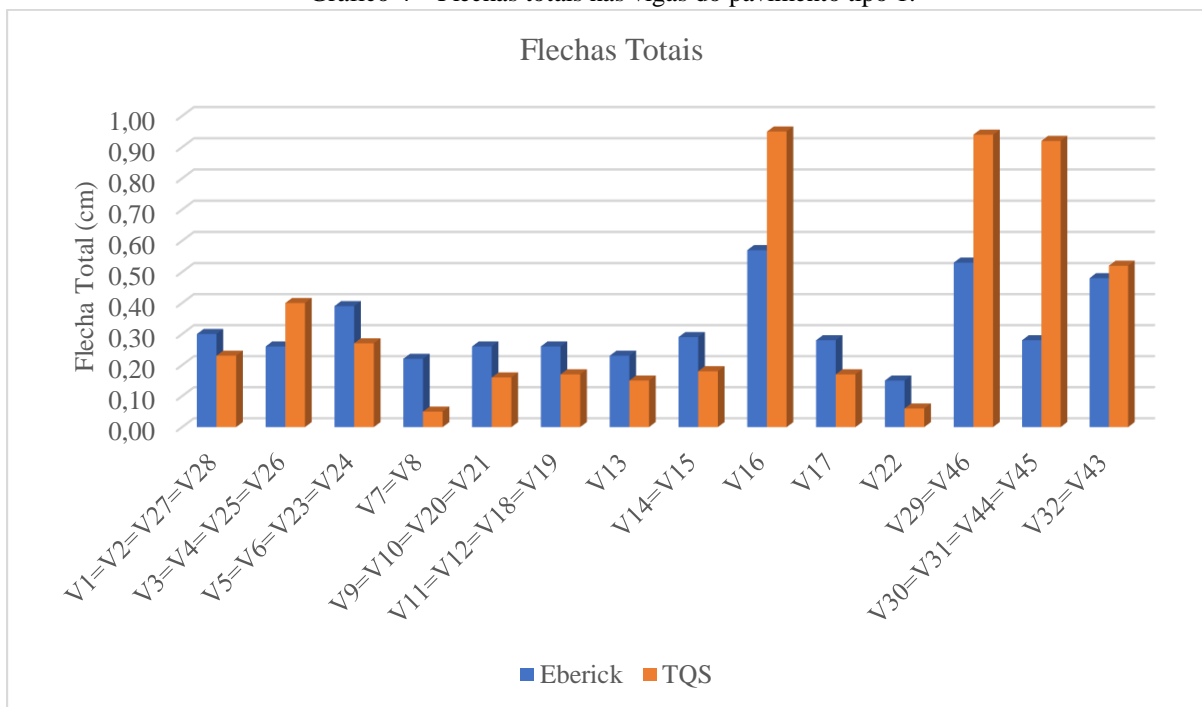
O cálculo das flechas é feito através das grelhas não lineares que leva em consideração a fissuração do concreto que por sua vez é um fator determinante para calcular a rigidez real da seção. Na Tabela 10 observa-se a viga V16 é considerada a que possui a maior flecha em ambos os *softwares*.

Tabela 10 – Flechas totais nas vigas do pavimento tipo 1.

Vigas	Flechas Totais (cm)	
	Eberick	TQS
<b>V1=V2=V27=V28</b>	0,30	0,23
<b>V3=V4=V25=V26</b>	0,26	0,40
<b>V5=V6=V23=V24</b>	0,39	0,27
<b>V7=V8</b>	0,22	0,05
<b>V9=V10=V20=V21</b>	0,26	0,16
<b>V11=V12=V18=V19</b>	0,26	0,17
<b>V13</b>	0,23	0,15
<b>V14=V15</b>	0,29	0,18
<b>V16</b>	0,57	0,95
<b>V17</b>	0,28	0,17
<b>V22</b>	0,15	0,06
<b>V29=V46</b>	0,53	0,94
<b>V30=V31=V44=V45</b>	0,28	0,92
<b>V32=V43</b>	0,48	0,52

Fonte: Autor, 2019.

Gráfico 4 – Flechas totais nas vigas do pavimento tipo 1.



Fonte: Autor, 2019.

De acordo com o Gráfico 4 grande parte das vigas possui flecha maior no Eberick com exceção de alguma como a V16 e a V29 que possuem flechas consideravelmente maiores no TQS.

Apesar de ambos fazerem esse cálculo através de grelhas não lineares, o TQS possui a função de definir os cruzamentos, onde o usuário determina a viga se apoia, já no Eberick isso ocorre de maneira automática onde as vigas menos rígidas se apoiam em vigas mais rígidas nos cruzamentos. Essa diferença pode ser um dos fatores determinantes que ocasione essa alteração brusca nas flechas.

#### 5.4 LAJES

As lajes em ambos os softwares são também calculados através de grelhas não lineares, porem por se tratar de lajes treliçadas unidirecionais existe diferença na hora de gerar a grelha, pois o Eberick distribuiu as formas de maneira automática já o TQS é feita de forma manual onde o usuário faz a distribuição da maneira que achar mais eficiente.

Tabela 11 – Flechas totais das lajes do pavimento tipo 1.

<b>Lajes</b>	<b>Flechas Totais (cm)</b>	
	<b>Eberick</b>	<b>TQS</b>
<b>L1=L4=L41=L42</b>	0,20	0,24
<b>L2=L3=L39=L40</b>	0,51	0,85
<b>L5=L6=L33=L34</b>	0,89	1,92
<b>L7=L10=L35=L38</b>	0,22	0,13
<b>L8=L9=L36=L37</b>	0,26	0,18
<b>L11=L12=L31=L32</b>	0,13	0,16
<b>L13=L14=L24=L28</b>	0,42	0,59
<b>L15=L18=L22=L30</b>	0,41	0,94
<b>L16=L17=L23=L29</b>	0,45	0,85
<b>L19</b>	0,29	0,29
<b>L20=L21=L26=L27</b>	0,18	0,20
<b>L26</b>	0,17	0,07

Fonte: Autor, 2019.

Todas as lajes adjacentes que possuem o posicionamento das nervuras no mesmo sentido foram engastadas, com isso pode-se observar na Tabela 11 ambos os *softwares* acusaram as lajes L5, L6, L33 e L34 como as que possuem as maiores flechas, valores justificáveis pois essas lajes foram definidas como apoiadas em seus dois bordos.

## 5.5 CONSUMO DE MATERIAIS

Através dos relatórios gerados em cada *software*, foi possível extrair os dados de consumo para cada pavimento.

Tabela 12 – Consumo de concreto.

<b>Pavimento</b>	<b>Eberick (m³)</b>	<b>TQS (m³)</b>	<b>Relação (%)</b>
<b>Coberta</b>	29,20	29,90	-2,40
<b>Tipo</b>	99,90	101,40	-1,50
<b>Térreo</b>	26,20	24,70	5,73
<b>TOTAL</b>	155,30	156,00	-0,45

Fonte: Autor, 2019.

Na Tabela 12, nota-se que os resultados são bem próximos e que a maior variação no volume de concreto é no pavimento térreo, sendo 5,73 % maior para o Eberick.

Tabela 13 – Consumo de Aço.

<b>Pavimento</b>	<b>Eberick (Kg)</b>	<b>TQS (Kg)</b>	<b>Relação (%)</b>
<b>Coberta</b>	1130,70	2074,2	-83,44
<b>Tipo</b>	4719,70	7746,9	-64,14
<b>Térreo</b>	1511,40	681,3	54,92
<b>TOTAL</b>	7361,80	10502,40	-42,66

Fonte: Autor, 2019.

A Tabela 13, mostra que no pavimento tipo e cobertura tiveram maior consumo de aço no TQS, sendo no pavimento cobertura a maior diferença, verificado em 83,44% a mais.

Um dos fatores que bastante influenciaram a chegada nesses valores foi a parte de dimensionamento de lajes, que no TQS calcula armadura perimetral, adicionando armadura em toda a borda, mesmo não considerando-a como engastada, já no Eberick é calculado somente do necessário. Isso faz com que possa ser considerado um superdimensionamento do TQS pois esse cálculo não exigido em norma.

Tabela 14 – Taxa de aço.

<b>Pavimento</b>	<b>Eberick (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>TQS (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Relação (%)</b>
<b>Coberta</b>	38,72	69,37	-79,15
<b>Tipo</b>	47,24	121,23	-156,61
<b>Térreo</b>	57,69	27,58	52,19
<b>TOTAL</b>	47,40	88,63	-86,96

Fonte: Autor, 2019.

Apesar de os volumes de concreto terem dados bem próximos, percebe-se que na Tabela 15, mostra que em todos os pavimentos o Eberick tem maior área de formas sendo a maior diferença no pavimento tipo onde a área é 17,44 % superior.

Tabela 15 – Consumo Formas.

<b>Pavimento</b>	<b>Eberick (m<sup>3</sup>)</b>	<b>TQS (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Relação (%)</b>
<b>Coberta</b>	293,2	244,3	16,68
<b>Tipo</b>	1071,6	884,7	17,44
<b>Térreo</b>	248,1	216,9	12,58
<b>TOTAL</b>	1612,90	1345,90	16,55

Fonte: Autor, 2019.

## 6 CONCLUSÃO

Ao calcular uma estrutura de concreto armado deve-se levar em consideração diversos critérios para se obter um resultado mais próximo da realidade possível coisa que em um dimensionamento manual se torna mais difícil devido a inviabilidade do tempo e possíveis erros humanos, além de ser usado métodos simplificados.

Cada programa faz sua análise de acordo com os critérios configurados inicialmente. No Eberick as análises e cálculos são feitas de maneira bem mais automáticas em comparação ao TQS que possuem bem mais critérios editáveis como é o caso das considerações de apoio, em que nele é considerado como elástico ainda sim tendo a possibilidade de ser alterado. Outro exemplo é a distribuição de nervura que no Eberick é feita de maneira automática impossibilitando soluções diferentes que podem vir a ser mais viáveis, sendo notório a utilização majoritária do software TQS nas grandes empresas de projeto estrutural.

Para estruturas de pequeno e médio porte é aconselhável o uso do Eberick por se tratar de um programa que tem uma boa análise e fornece o resultados mais rápidos sem precisar fazer muitas alterações nos critérios, já para estruturas mais complexas e de grande porte se aconselha o uso do TQS por possibilitar maior número de soluções estruturais possuindo inúmeros critérios editáveis para a análise da estrutura.

Tonou-se claro nesse trabalho que mesmo os programas sendo um facilitador. ao se dimensionar a estrutura o usuário necessita ter um bom conhecimento técnico e normativo além de dominar bem o *software*. Ao observar os resultados de maneira geral percebe-se uma semelhança, sendo comprovada o lançamento correto da estrutura.

Em função disso foi possível adquirir conhecimentos mais específicos em relação ao comportamento de estruturas mais complexas através de relatórios e análises apresentados, fazendo com que se perceba outras possibilidades na hora de conceber a estrutura.

## REFERÊNCIAS

- ALTOQI. **Modelo de cálculo**. 2017. Disponível em: <[http://help.altoqi.com.br/Eberick/default.aspx#pageid=modelo\\_de\\_calculo](http://help.altoqi.com.br/Eberick/default.aspx#pageid=modelo_de_calculo)>. Acesso em: 16 nov. 2019.
- ALVA, G. M. S. **Pré-dimensionamento da estrutura**. Notas de aula. UFSM. Disponível em: <[http://coral.ufsm.br/decc/ECC1008/Downloads/Aulas\\_9-12\\_2014.pdf](http://coral.ufsm.br/decc/ECC1008/Downloads/Aulas_9-12_2014.pdf)>. Acesso em 14 nov. 2019.
- ARAÚJO, José Milton de. **Projeto Estrutural de edifícios de concreto armado: Um Exemplo completo**. 2º ed. Rio Grande: Dunas, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. 3 ed. Rio de Janeiro, 2014.
- \_\_\_\_\_. **NBR 5738: Concreto – Procedimento para modelagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015.
- \_\_\_\_\_. **NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 1980.
- \_\_\_\_\_. **NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado–Especificação**. Rio de Janeiro, 2007.
- BASTOS. Paulo Sérgio dos Santos. **Lajes de Concreto**. UNESP. Departamento de Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia. Disponível em: <<http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Lajes.pdf>>. Acesso em 25 mai. 2019.
- CAMPOS FILHO. Américo. **Projeto de Lajes Maciças de Concreto Armado**. UFRGS. Departamento de Engenharia Civil. Escola de Engenharia. Disponível em: <[http://www.lem.ep.usp.br/pef2303/pef2303\\_concepcao%20t.pdf](http://www.lem.ep.usp.br/pef2303/pef2303_concepcao%20t.pdf)>. Acesso em 25 mai. 2019.
- CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado: Segundo a NBR 6118/2003**. 4º ed. São Carlos: EdUFSCar, 2017.
- KIMURA, Alio Ernesto. **Informática aplicada a estrutura de concreto armado: Cálculo de edifícios com o uso de sistemas computacionais**. 1. ed. São Paulo: EDITORA PINI LTDA, 2007. 623 p. ISBN CDD-624.18340285.
- PINHEIRO, Libânio M.; MUZARDO, Cassiane D.; SANTOS, Sandro P. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. São Carlos: [s. n.], 2007.
- SILVA, Diesley Rênis Soares da; CRUZ, Jônatas Martins. **Estudo comparativo de dimensionamento estrutural de um edifício em concreto armado entre dois softwares**. 2017. 123 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - UniEvangélica, Anápolis, 2017.

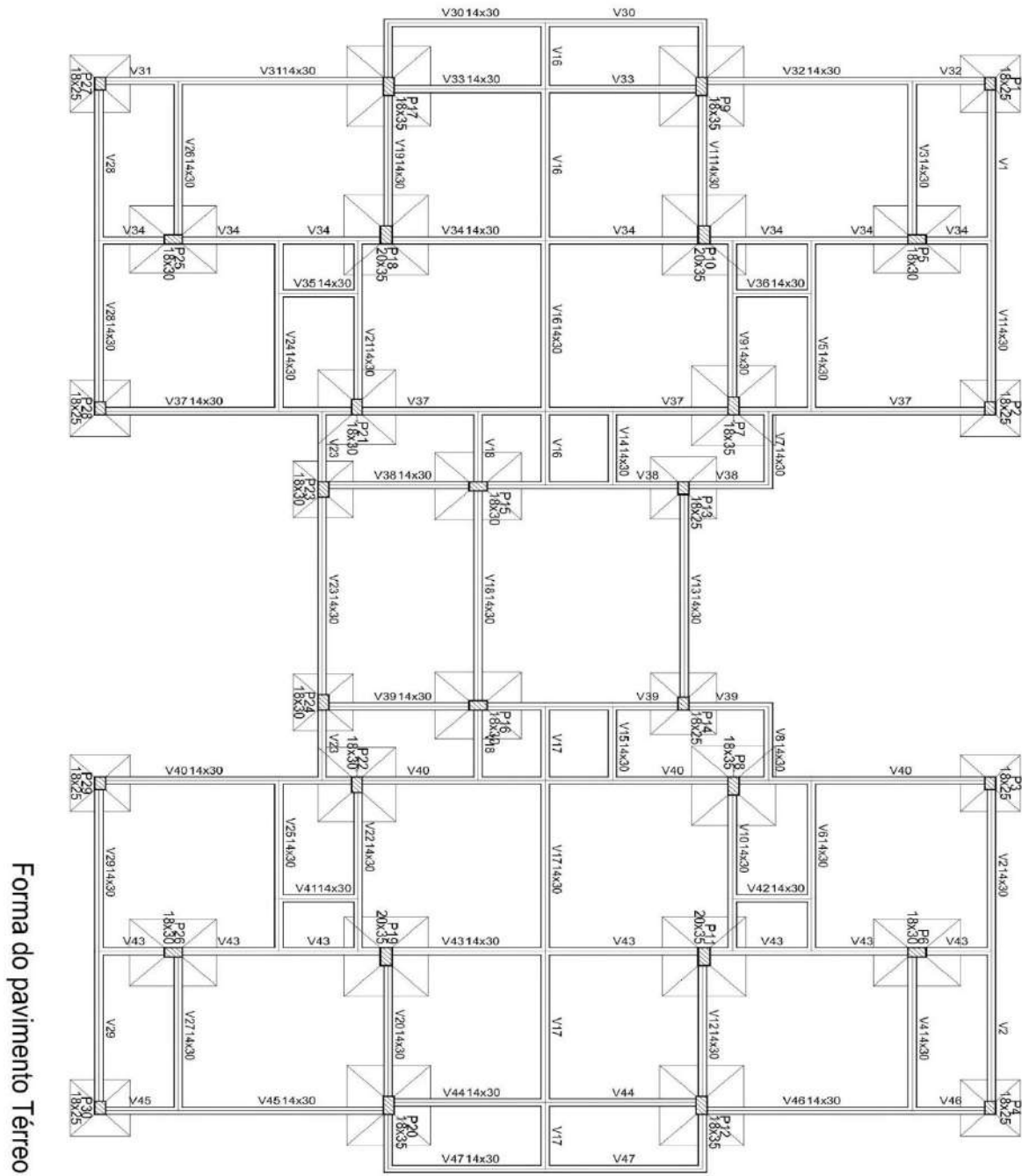
SOUZA, Marcos Roberto de; VARGAS, Alexandre. **Análise comparativa entre dois softwares comerciais para dimensionamento de estruturas em concreto armado**. 2014. 19 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2014.

VASCONCELOS, Augusto Carlos de. **Evolução do cálculo de estruturas**. [S. l.], 2012. Disponível em: <<http://www.tqs.com.br/tqs-news/consulta/58-artigos/1035-evolucao-do-calculo-de-estruturas>>. Acesso em: 5 maio 2019.

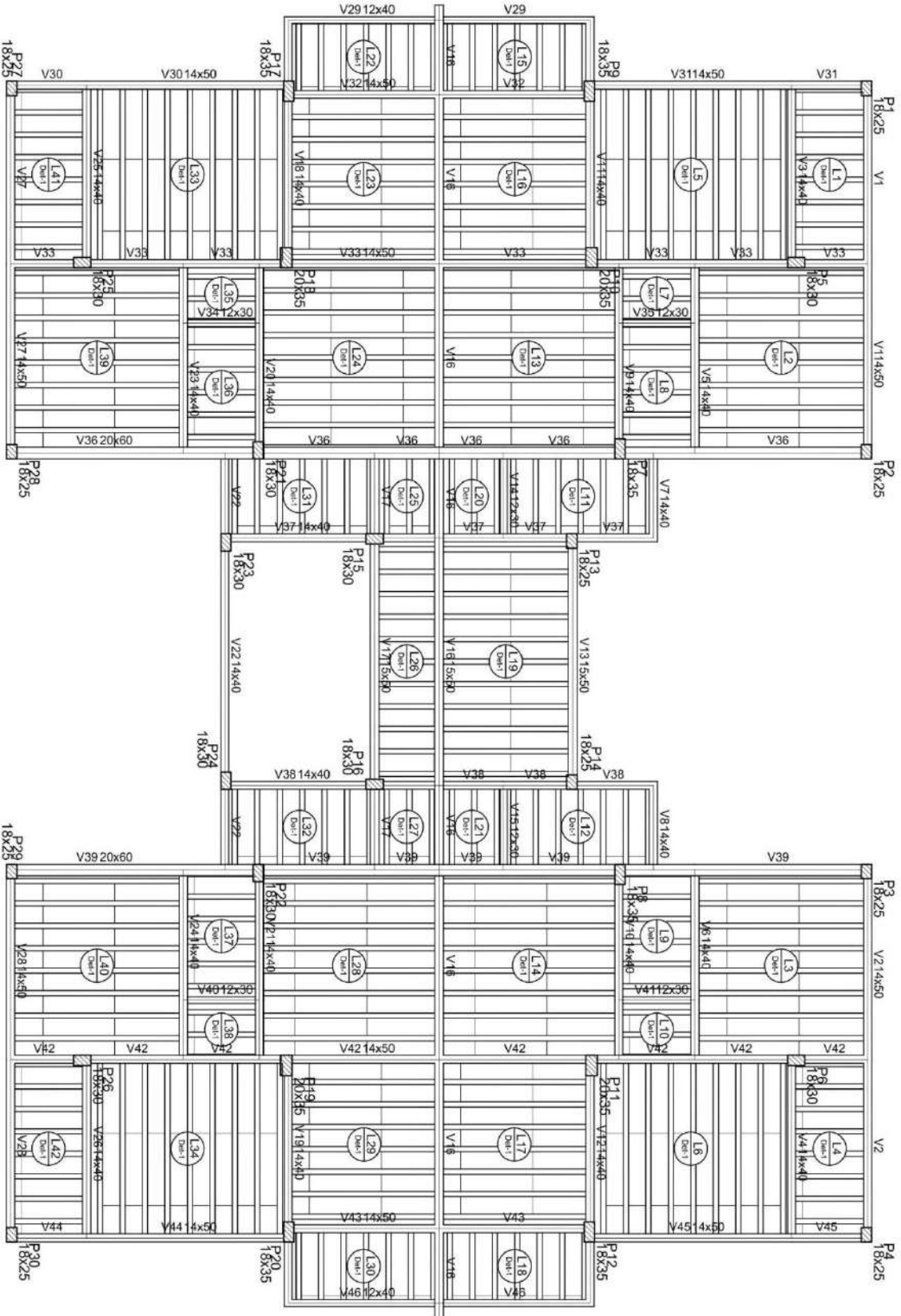
VERGUTZ, Juliano André; CUSTÓDIO, Ricardo. **Análise comparativa de resultados obtidos em softwares de dimensionamento de estruturas em concreto**. 2010. 189 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.



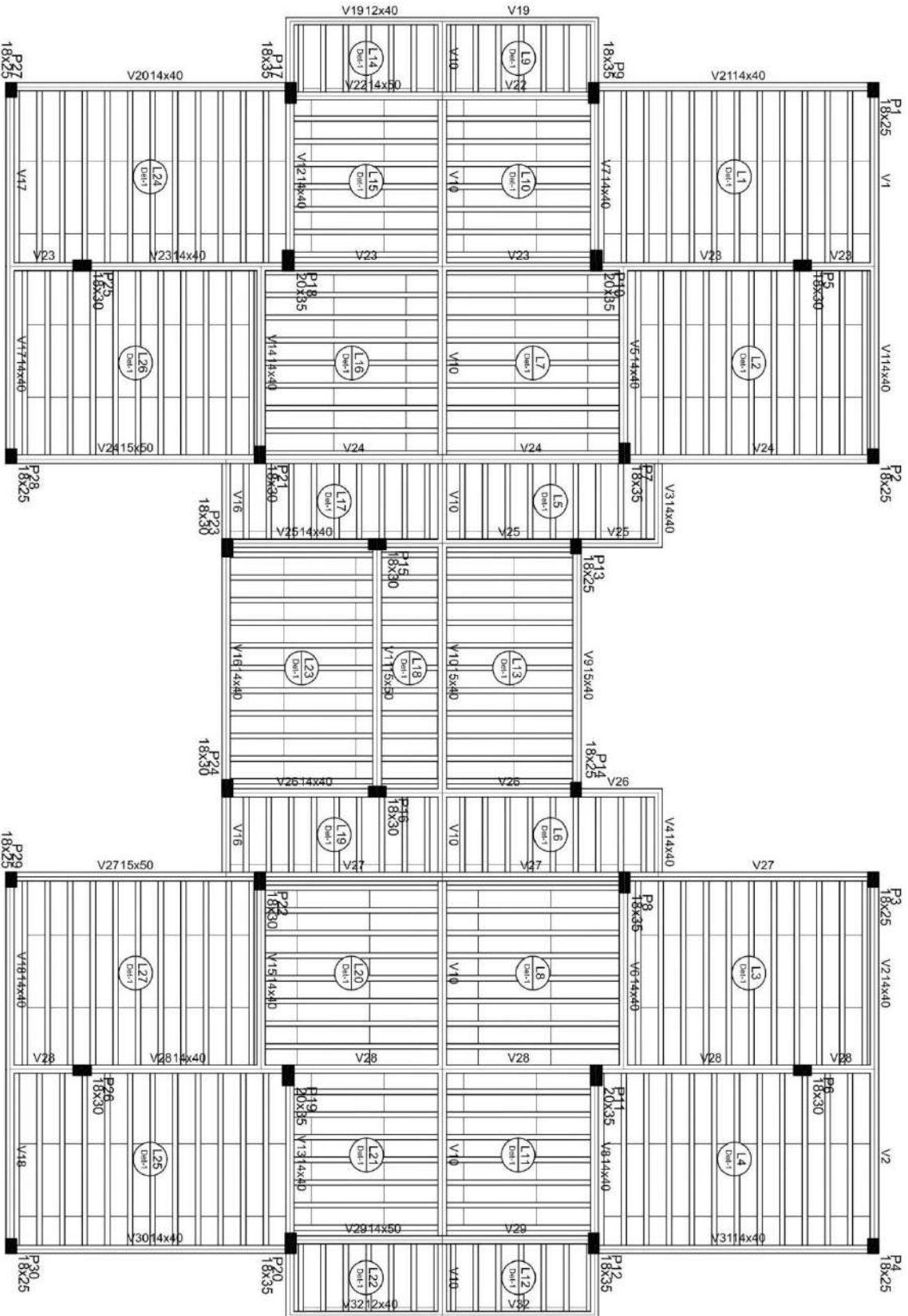
ANEXO A – PLANTAS DE FORMAS



Forma do pavimento Térreo



Forma do pavimento Tipo 1



Forma do pavimento Coberta