

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ALEXANDER SANTOS DE MOURA

MARCOS VINICIUS BORGES CAMARGO FRAZÃO

**ESTUDO DO DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES EM
RADIÉR – PARA REGIÃO DE ANÁPOLIS - GO**

ANÁPOLIS / GO

2019

ALEXANDER SANTOS DE MOURA
MARCOS VINICIUS BORGES CAMARGO FRAZÃO

**ESTUDO DO DIMENSIONAMENTO FUNDAÇÕES EM
RADIÉR- PARA REGIÃO DE ANÁPOLIS-GO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADORA: VANESSA HONORATO DOMINGOS

ANÁPOLIS / GO: 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

MOURA, Alexander Santos/ FRAZÃO, Marcos Vinicius

Estudo do dimensionamento de fundações em radier – Para região de Anápolis -GO

100P (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Fundações superficiais

2. Radier

3. Projeto radier

4. Concreto armado

I. ENC/UNI

II. Bacharel (10º)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MOURA, Alexander Santos; FRAZÃO, Marcos Vinicius Estudo do dimensionamento de fundações em radier – Para região de Anápolis - GO. TCC. Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 79p. 2019.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Alexander Santos de Moura

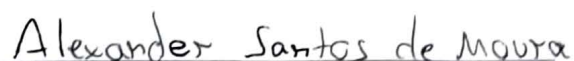
Marcos Vinicius Frazão

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo do dimensionamento de fundações em radier – Para região de Anápolis - GO

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

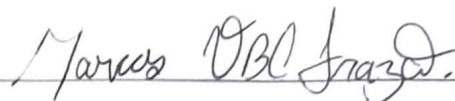
ANO: 2019

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Alexander Santos de Moura

E-mail: alexandersantostmoura@hotmail.com



Marcos Vinicius Borges C Frazão

E-mail: marcosvbcfrazao@gmail.com

ALEXANDER SANTOS DE MOURA
MARCOS VINICIUS BORGES CAMARGO FRAZÃO

**ESTUDO DO DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES EM
RADIER – PARA REGIÃO DE ANÁPOLIS - GO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:

Vanessa Honorato Domingos
VANESSA HONORATO DOMINGOS, Mestra (UniEvangélica)
(ORIENTADORA)

Glediston Nepomuceno Costa Júnior
GLEDISTON NEPOMUCENO COSTA JÚNIOR, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)

Ana Lúcia Carrijo Adorno
ANA LÚCIA CARRIJO ADORNO, Doutora (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 05 de DEZEMBRO de 2019.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família e a todos que me apoiaram nessa longa jornada estudantil, não foi fácil devido a vários acontecimentos em minha vida pessoal, porém somos testados a todo instante para nos tornar mais fortes, e acredito que Deus tem um propósito maior para cada um, no final de tudo.

Alexander Santos de Moura

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram no meu árduo processo de formação profissional e como indivíduo. A Deus, por conceder-me serenidade, coragem e força para enfrentar os obstáculos. Aos meus pais, pela forte e acolhedora base familiar. Aos professores e mestres, por todo o conhecimento transmitido. Aos colegas de classe e futuros colegas de profissão, pelo companheirismo.

Marcos Vinicius Borges Camargo Frazão

RESUMO

Realizou-se um estudo sobre dimensionamento da fundação superficial do tipo radier para uma casa residencial simples, no município de Anápolis – GO. Este tipo de fundação é comumente utilizado para obras populares, devido a uma melhor trabalhabilidade e rápida execução. O estudo sobre o radier se torna interessante, uma vez que não possui uma normativa brasileira específica para este tipo de fundação, de modo que para seu dimensionamento é preciso utilizar o método para cálculo de lajes maciças da NBR 6118 (ABNT, 2014), considerando-as apoiadas ao solo. O *American Concrete Institute* (ACI 360R-92, 1997) define radier como laje de fundação incessantemente suportada pelo solo e traz normativas para o cálculo e detalhamento deste tipo de fundação. São apresentados os procedimentos para a análise e cálculo da fundação em radier, utilizando as normativas para atender os requisitos necessários. A laje de fundação foi discretizada em lajes menores, utilizando o método de analogia a grelha para análise dos momentos fletores e cálculos da área de aço. Os resultados demonstraram que o radier está sujeito a esforços de punção dos pilares e devido a isso, apresenta uma espessura de concreto mais elevada, o que elevaria o custo total da execução, em contrapartida, das nove lajes de fundação discretizadas, apenas três apresentaram uma taxa de armadura elevada.

PALAVRAS-CHAVE:

Radier. Laje de fundação. Dimensionamento. Projeto. Analogia a grelha.

ABSTRACT

A study will be conducted on the sizing of the radier type superficial foundation for a simple residential house in Anápolis - GO. This type of foundation is commonly used for popular works due to better workability and quick execution. The study of radier becomes interesting since it does not have a specific Brazilian normative for this type of foundation, so that for its dimension it is necessary to use the method for calculating massive slabs of NBR 6118 (ABNT, 2014) considering them. grounded. The American Concrete Institute (ACI 360R-92, 1997) defines radier as a foundation slab that is relentlessly supported by the ground and provides guidelines for the calculation and detailing of this type of foundation. The procedures for the analysis and calculation of the radier foundation using the rules to meet the necessary requirements are presented. The foundation slab was discretized into smaller slabs using the grid analogy method for analysis of bending moments and steel area calculations. The results showed that the radier is subjected to column puncture stresses and because of that it has a higher concrete thickness, which would increase the total cost of execution in contrast to the nine discretized foundation slabs only three had a high reinforcement rate.

KEYWORDS:

Radier. Foundation slab. Sizing. Project. Analogy the grid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fundação superficial e profunda.....	20
Figura 2 - Fundação superficial do tipo bloco.....	20
Figura 3 - Fundação superficial do tipo sapata.....	21
Figura 4 - Fundação superficial do tipo sapata corrida	21
Figura 5 - Fundação superficial do tipo grelha.....	21
Figura 6 - Fundação superficial do tipo sapata associada	22
Figura 7 - Fundação superficial do tipo radier	22
Figura 8 - Fundações mistas para radiers	23
Figura 9 - Equipamento SPT	25
Figura 10 - Laudo sondagem SPT	26
Figura 11 - Recalques de uma fundação superficial sob carga vertical centrada	28
Figura 12 - Diferentes bulbos de pressão	29
Figura 13 - Radier do tipo liso.....	32
Figura 14 - Pilares com mísulas ou pedestais.....	32
Figura 15 - Radier em grelha ou semirrígido	33
Figura 16 - Radier rígido ou em Caixaão	33
Figura 17 - Cortes no solo para passagem das tubulações	35
Figura 18 - Colocação da armadura e espaçadores.....	36
Figura 19 - Lançamento e adensamento do concreto	37
Figura 20 - Pressão de contato variação linear.....	38
Figura 21 - Pressões constantes na faixa de influência dos pilares	38
Figura 22 - Pressões de contato variando linearmente sob um radier	39
Figura 23 - Cálculo da área de influência dos pilares.....	39
Figura 24 - Esquema de cálculo como um sistema de vigas	40
Figura 25 - Esquema de cálculo método ACI.....	41
Figura 26 - Malha para emprego do Método das Diferenças Finitas	42
Figura 27 - Análise simples de radier pelo MEF	43
Figura 28 - Análise complexa de radier pelo MEF	43
Figura 29 - Laje e grelha equivalente	44
Figura 30 - Representação de uma grelha sobre base elástica.....	44
Figura 31 - Laje calculada em uma direção.....	46
Figura 32 - Laje calculada nas duas direções (2D).....	47

Figura 33 - Laudo de Sondagem	49
Figura 34 - Discretização do radier	53
Figura 35 - Posição dos pilares no radier	55
Figura 36 - Área de influência dos pilares no radier	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estados de compacidade e de consistência	26
Quadro 2 - Classes de agressividade ambiental (CAA)	45
Quadro 3 - Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto	46
Quadro 4 - Condição Laje L1 - 1D	59
Quadro 5 - Condição Laje L2 - 1D	60
Quadro 6 - Condição Laje L3 – 2D	61
Quadro 7 - Condições lajes L4 e L5	63
Quadro 8 - Condição Laje L6 - 1D	64
Quadro 9 - Condições lajes L7	65
Quadro 10 - Condições lajes L8	66
Quadro 11 - Condições lajes L9	67

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Valores de K_v (kg/cm^3).....	27
Tabela 2 - Correlação da tensão admissível com K_v	28
Tabela 3 - Peso específico dos materiais de construção.....	52
Tabela 4 - Classificação das lajes maciças apoiadas em todo o contorno.....	53
Tabela 5 – Pilares projeto estrutural.....	54
Tabela 6 – Cálculo do carregamento exercido nas lajes.....	58
Tabela 7 - Bitolas e espaçamento das barras.....	58
Tabela 8 - Armadura principal L1.....	60
Tabela 9 - Armadura principal L1.....	60
Tabela 10 - Armadura secundária L1.....	60
Tabela 11 - Armadura principal L1.....	60
Tabela 12 - Armadura principal L1.....	61
Tabela 13 - Armadura secundária L1.....	61
Tabela 14 - Armadura Direção X L3.....	62
Tabela 15 - Armadura principal L1.....	62
Tabela 16 - Armadura Direção Y L3.....	63
Tabela 17 - Armadura principal L3.....	63
Tabela 18 - Armadura Direção X L4 e L5.....	64
Tabela 19 - Armadura principal X L4 e L5.....	64
Tabela 20 - Armadura Direção Y L4 e L5.....	64
Tabela 21 - Armadura principal Y L4 e L5.....	64
Tabela 22 - Armadura principal L1.....	65
Tabela 23 - Armadura principal L1.....	65
Tabela 24 - Armadura secundária L1.....	65
Tabela 25 - Armadura Direção X L7.....	65
Tabela 26 - Armadura principal L7.....	66
Tabela 27 - Armadura Direção Y L7.....	66
Tabela 28 - Armadura principal Y L7.....	66
Tabela 29 - Armadura Direção X L8.....	66
Tabela 30 - Armadura principal X L8.....	67
Tabela 31 - Armadura Direção Y L8.....	67
Tabela 32 - Armadura principal Y L8.....	67

Tabela 33 - Armadura Direção X L9.....	67
Tabela 34 - Armadura principal X L9	68
Tabela 35 - Armadura Direção Y L9.....	68
Tabela 36 - Armadura principal Y L9	68
Tabela 37 - Resultados lajes 1D	68
Tabela 38 - Armaduras obtidas lajes 1D	68
Tabela 39 - Resultados em X Lajes 2D	69
Tabela 40 - Resultados em Y Lajes 2D	69
Tabela 41 - Quantitativos	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACI	<i>American Concrete Institute</i>
A_s	Área de aço
cm	Centímetro
F_{cd}	Resistência de cálculo do concreto
F_{ck}	Resistência característica do concreto
PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida
m	Metro
NBR	Norma Brasileira
NSPT	Número de golpes no amostrador padrão para penetrar 15 cm
SPT	<i>Standard Penetration Test</i>
\emptyset	Diâmetro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 JUSTIFICATIVA.....	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Objetivo geral	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
1.3 METODOLOGIA	17
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	18
2 FUNDAÇÕES.....	19
2.1 HISTÓRICO	19
2.2 DEFINIÇÃO	19
2.3 Escolha da alternativa de fundação	23
2.4 ESTUDO DO PERFIL GEOTÉCNICO	24
2.4.1 Ensaio por percussão SPT	25
2.4.2 Coeficientes de recalque horizontal e vertical do solo.....	27
2.4.3 Cálculo de recalques.....	28
2.4.3.1 <i>Ensaio de placa.....</i>	29
2.5 FUNDAÇÕES DO TIPO RADIER	30
2.5.1 Classificação quanto a rigidez.....	31
2.5.2 Aplicabilidade do Radier	33
2.5.3 Processo executivo	34
3 MÉTODOS DE CÁLCULO	38
3.1 MÉTODO ESTÁTICO	38
3.2 CÁLCULO COMO UM SISTEMA DE VIGAS SOBRE BASE ELÁSTICA	40
3.3 Método da placa sobre solo de winkler.....	40
3.4 Método do American concrete institute	41
3.5 Método das diferenças finitas.....	42
3.6 Método dos elementos finitos	42
3.7 ANALOGIA DE GRELHA	43
4 DADOS CONSIDERADOS NO DIMENSIONAMENTO.....	45
5 RESULTADOS	49
5.1 SOLO	49
5.2 cálculo DO RADIER.....	50

5.2.1	Dados considerados no dimensionamento.....	51
5.2.2	Classificação da laje de fundação quanto suas dimensões.....	52
5.2.3	Cargas atuantes na fundação	54
5.2.4	Condições de contorno e cálculo dos esforços.....	58
5.2.5	Cálculos dimensionamento	59
<i>5.2.5.1</i>	<i>Procedimento de cálculo para a laje L1.....</i>	<i>59</i>
6	CONCLUSÃO.....	71
	REFERÊNCIAS	73
	APÊNDICE A	78
	APÊNDICE B	79
	APÊNDICE C.....	94
	APÊNDICE D.....	95
	ANEXO A	100

1 INTRODUÇÃO

Fundação é o elemento responsável por transmitir as cargas oriundas da estrutura para o terreno, devendo ser projetada e executada de maneira adequada, ou seja, não gerando problemas ou danos de qualquer natureza para a estrutura. Para isso ser possível uma fundação deve satisfazer a dois requisitos: (I) segurança correlação a ruptura geotécnica e estrutural, (II) recalques compatíveis com a estrutura (DANZIGER, 2008 *apud* MANTUANO, 2013).

De acordo com Alonso (1983, *apud* Pacheco, 2010) as fundações superficiais ou rasas são aquelas que se apoiam abaixo da infraestrutura e tem suas cargas transmitidas ao solo através de sua base.

Abordou-se neste trabalho a fundação rasa do tipo radier, que segundo Berberian (2015) é usual na prática da engenharia adotar esta solução quando o solo de boa capacidade de suporte encontra-se em profundidades ou em condições tais que inviabilizam técnica e economicamente soluções tradicionais.

Por se tratar de uma fundação direta, que distribui uniformemente todo o peso da edificação no terreno, pode ser utilizado em variados tipos de solo, desde que seja feita uma análise conjunta do cálculo estrutural e do estudo da capacidade de carga do solo, analisando também o bulbo de tensões gerado. O estudo e conhecimento das características geotécnicas do solo é imprescindível para correta determinação do tipo de fundação a ser utilizada (CUNHA & SANTOS, 2017).

No projeto estrutural utilizam-se vários modelos de cálculo, desde os mais simplificados até os complexos. Segundo Dória (2007) o modelo mais simples seria o cálculo de uma laje “trabalhando” de maneira invertida, apoiada nas paredes e solicitada pela reação do solo, desta forma o projetista deve considerar a distribuição de tensões no solo compatíveis com a natureza da fundação. Um modelo mais preciso e complexo, recomendado para obter o comportamento realista, seria considerar a laje apoiada em base elástica, que é obtida a partir das características do solo. Comumente a análise dos esforços e cálculo é realizada por programas específicos, que normalmente utilizam o Método dos Elementos Finitos e o método da placa sobre o solo de Winkler.

1.1 JUSTIFICATIVA

No ramo da engenharia civil, mais especificamente na área de projetos, é imprescindível o conhecimento geral sobre fundações, a fim de se obter uma gama maior de

opções garantindo a segurança e o menor custo possível. Na parte de execução tais conhecimentos colaboram para se adaptar à realidade, visando elaborar um melhor planejamento estando preparado para imprevistos.

Em Pacheco (2010) é citado que o radier tem como sua vantagem o processo executivo fácil, garantindo um menor custo de mão de obra em relação as outras fundações e que sua utilização de acordo com Velloso e Lopes (2011) se torna viável quando a soma das cargas da estrutura dividida pela tensão admissível do solo for maior que a área da edificação.

De acordo com Pacheco (2010) as fundações rasas são amplamente utilizadas pelo Brasil, devido ao custo mais acessível e características de solo favoráveis. Segundo o autor, grande maioria das edificações pertencentes ao Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) utilizam-se de fundações rasas, dentre elas sapatas e radiers são mais recorrentes.

No que se refere as vantagens da utilização do radier, tem-se que é um tipo de fundação que pode ser usado em variados tipos de solos, a mão de obra é mais barata, devido ao seu processo executivo ser menos trabalhoso, levando a outra vantagem, que é o menor tempo de produção. De acordo com Pacheco (2010) as fundações rasas são amplamente utilizadas pelo Brasil devido ao custo mais acessível. Segundo o autor, a grande maioria das edificações com fundações rasas são de radier. Tendo em vista essas vantagens e que o uso desse tipo de fundação tem sido mais recorrente em obras populares, espera-se que o trabalho contribua com o acervo de projetos e métodos de cálculo para o dimensionamento de fundações rasas do tipo radier.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um projeto de fundação rasa do tipo radier, apresentando os dados e cálculos obtidos.

1.2.2 Objetivos específicos

A fim de atingir o objetivo do trabalho, tem-se como objetivos específicos:

- Analisar as características de um perfil geotécnico na região de Anápolis por meio de laudos de sondagem *Standard Penetration Test* (SPT);

- Definir de forma teórica as características recomendáveis para utilizar e executar um radier;
- Projetar uma fundação do tipo radier, apresentando o memorial de cálculo, os desenhos e as especificações

1.3 METODOLOGIA

O tema em questão foi abordado utilizando como base dissertações acadêmicas, artigos e revistas científicas para retirada e síntese de informações relevantes para a discussão desejada. A análise foi feita de acordo com os autores e complementada com dados e imagens retiradas dos títulos mencionados.

Na revisão bibliográfica foi abordado o tema de fundações e definições necessárias para o correto entendimento do assunto, de acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2010) e com autores especialistas em tal tema.

Após a etapa de definições, foi feita a análise do critério de escolha dos tipos de fundações e dos critérios de recomendação do uso de fundações superficiais do tipo radier, informando os dados mais influentes na escolha da fundação a ser utilizada em uma edificação.

A próxima etapa é constituída dos critérios para análise do solo e sua influência para o tipo de fundação abordada neste trabalho. Foi realizada a análise do tipo de solo para a região de Anápolis, por meio de um laudo de sondagem, com o qual foi indicado o tipo de fundação recomendada para o tipo de solo e edificação.

Apresentou-se o projeto da edificação e o projeto do plano de cargas, conforme as cargas advindas da estrutura. Foram demonstrados os métodos de cálculo utilizados para o dimensionamento da fundação do tipo radier e então foram realizados os cálculos para a edificação demonstrada.

Após a demonstração dos cálculos, a estrutura foi projetada, adicionando os valores obtidos pelo teste e análise do solo e plano de carga da edificação e então foi gerado o projeto final e detalhamento da fundação do tipo radier. Foram utilizados boletins de estudos de sondagens de solo da região de Anápolis.

Os dados e informações apresentados no projeto foram obtidos calculando-se a estrutura, suas reações e analisando as características do solo e seu comportamento.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 1 apresenta a parte introdutória, onde se encontram os objetivos gerais, justificativa e metodologia.

Já no Capítulo 2 apresenta os tipos de fundações rasas, suas características e os fatores que influenciam na escolha do tipo de fundação a ser utilizado, focando sobre o tema chave que é o radier, os fatores considerados para o estudo do perfil geotécnico do solo, juntamente com um exemplo de um ensaio de penetração do solo e também é demonstrado o processo executivo do radier.

O Capítulo 3 expõe a parte teórica dos métodos de cálculo de um radier, apresentando as fórmulas e dados necessário, para o dimensionamento.

O Capítulo 4 mostra os resultados obtidos através das variáveis encontradas no local de estudo.

O Capítulo 5 mostra a parte conclusiva, com observações acerca do trabalho.

2 FUNDAÇÕES

2.1 HISTÓRICO

Conforme descrito e analisado por Neto (2012) o histórico das técnicas de fundações está ligado à cultura do homem desde a pré-história, formando conceitos de forma empírica, como síntese de vastas experiências construtivas ao decorrer dos milênios. Na pré-história e história antiga, a necessidade de abrigar-se dos outros animais e de eventos climáticos forçou o homem do Neolítico a improvisar abrigos, onde não havia grutas ou cavernas. Tais abrigos se desenvolveram em cabanas e choupanas, feitas de madeiras leves, que quando construídas à beira dos lagos eram feitas sobre estacas elevadas, proporcionando ideias sobre a resistência do solo.

Ainda segundo Neto (2012), nos impérios antigos do Oriente, os materiais de construção passaram a ser o tijolo cerâmico e a pedra, na Mesopotâmia e no Egito, respectivamente. Os terrenos onde eram feitas construções maiores e mais pesadas geralmente cediam e as construções ruíam ou eram demolidas. Ao aproveitarem os escombros como base para novas construções, obras como de palácios e templos eram assentes sobre fundações arrumadas com restos de paredes ou outras estruturas misturadas com terra e compactadas.

Da história moderna até a fase contemporânea, os conhecimentos e conceitos adquiridos de forma empírica foram substituídos por conceitos técnicos e científicos, fundamentados por estudos em mecânica dos solos e em engenharia de fundações, dando notoriedade a cientistas que desenvolveram estudos e observações detalhadas acerca destes temas, como por exemplo Karl Terzaghi (VARGAS,2012).

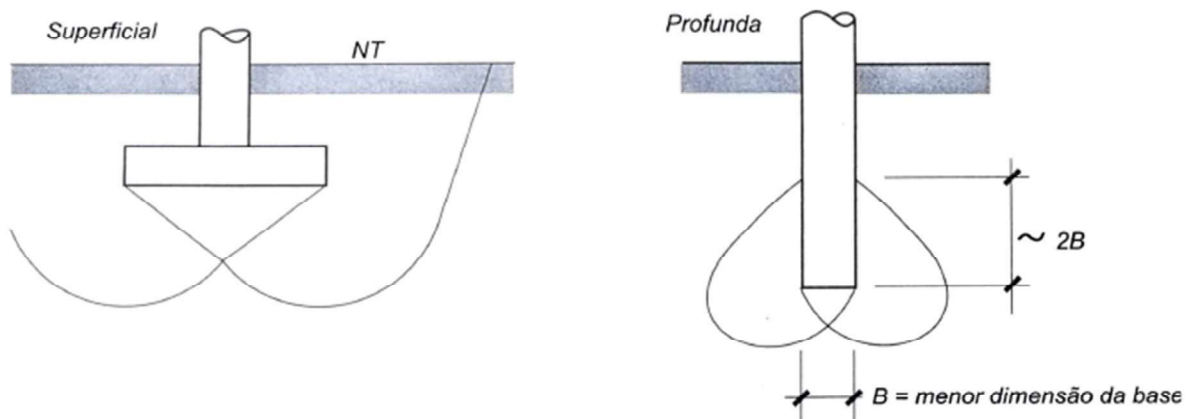
2.2 DEFINIÇÃO

A Norma Brasileira NBR 6122 (ABNT, 2010) que trata do projeto e execução de fundações, define fundação superficial (rasa ou direta) como elemento de fundação em que a carga é transmitida ao terreno pelas tensões distribuídas sob a base da fundação, e a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente à fundação é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. A norma define também fundações profundas como elemento de fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por combinação das duas, devendo sua ponta

ou base estar apoiada em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta , conforme a Figura 1, e no mínimo 3,0 metros.

A distinção entre estes dois tipos é feita segundo o critério (arbitrário) de que uma fundação profunda é aquela cujo mecanismo de ruptura de base não atinge a superfície do terreno. Como os mecanismos de ruptura de base atingem, acima da mesma, até 2 vezes sua menor dimensão, a norma NBR 6122 estabeleceu que fundações profundas são aquelas cujas bases estão implantadas a mais de 2 vezes sua menor dimensão, e a pelo menos 3 m de profundidade (LOPES *apud* VELLOSO, 2012, p.212).

Figura 1 - Fundação superficial e profunda

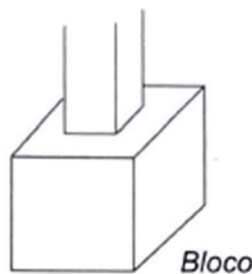


Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

Há ainda as fundações mistas, que mesclam as características de fundações superficiais com profundas como a sapata associada à estaca ou o radier sobre estacas, por exemplo. Quanto aos tipos de fundação superficial há: bloco, sapata, sapata corrida, grelha, sapata associada e radier (VELLOSO & LOPES, 2011).

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2010), bloco (Figura 2) é o elemento de concreto, dimensionado de forma que as tensões de tração resultantes nele sejam resistidas pelo concreto, sem necessidade de armadura.

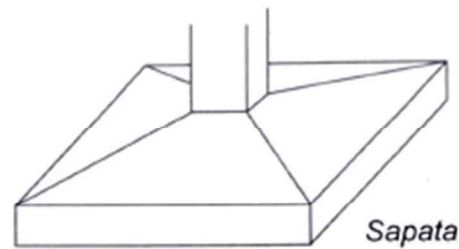
Figura 2 - Fundação superficial do tipo bloco.



Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

Por definição da NBR 6122 (ABNT, 2010), sapata (Figura 3) é o elemento de fundação superficial de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas por armadura especialmente disposta para esse fim.

Figura 3 - Fundação superficial do tipo sapata



Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

O conceito de sapata corrida (Figura 4), conforme a NBR 6122 (ABNT, 2010), é o elemento de fundação superficial sapata sujeita à ação de uma carga distribuída linearmente ou de pilares em um mesmo alinhamento (também chamada de baldrame ou de viga de fundação).

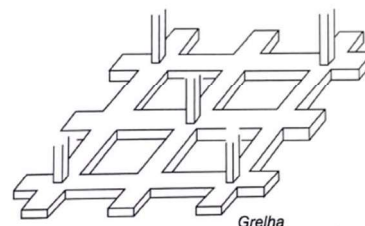
Figura 4 - Fundação superficial do tipo sapata corrida



Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

Segundo Velloso e Lopes (2011), grelha (Figura 5) é o elemento de fundação constituído por um conjunto de vigas baldrame ou vigas de fundação que se cruzam. Este tipo de fundação não é citado na norma NBR 6122 (ABNT, 2010).

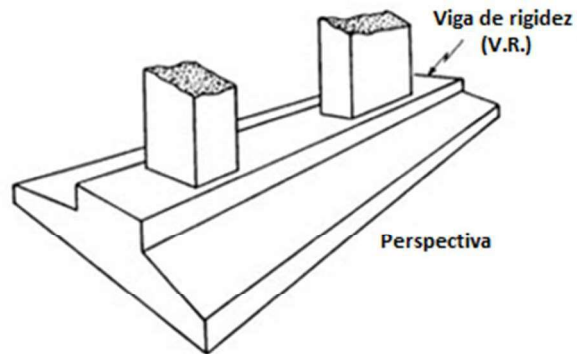
Figura 5 - Fundação superficial do tipo grelha.



Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

Segundo Velloso e Lopes (2011) sapata associada (Figura 6) é aquela comum a mais de um pilar.

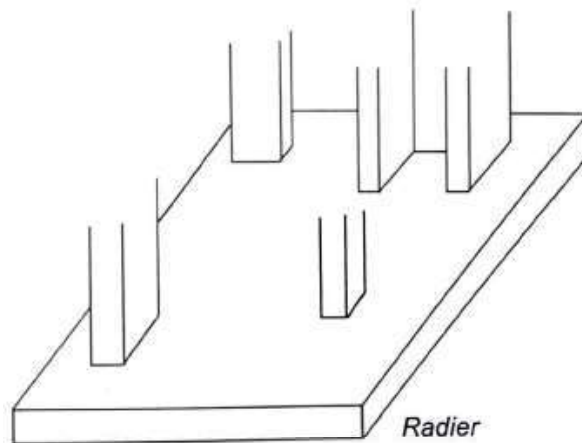
Figura 6 - Fundação superficial do tipo sapata associada



Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

Radier, conforme a Figura 7, de acordo com Velloso e Lopes (2011) caracteriza-se como elemento de fundação superficial que recebe todos ou a maior parte dos pilares de uma edificação.

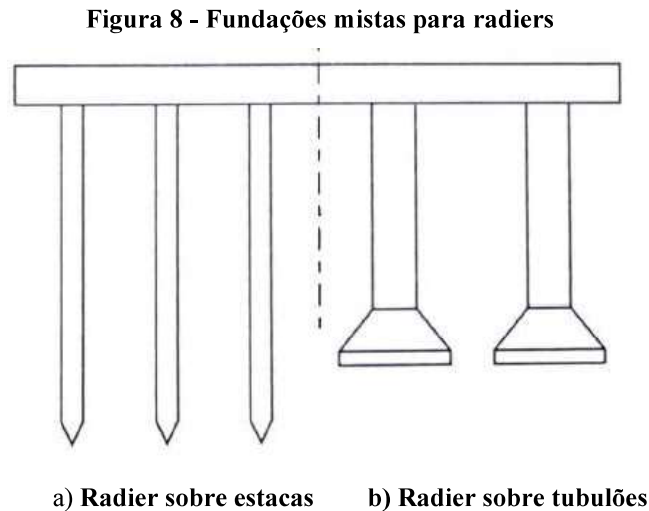
Figura 7 - Fundação superficial do tipo radier



Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

Há ainda fundações do tipo mistas (Figura 8), que são definidas por Velloso e Lopes (2011) como elementos de fundação onde associa-se fundações superficiais e fundações profundas. Como exemplo tem-se o radier estaqueado. Ao considerar-se que a carga da edificação seja distribuída uniformemente sobre a superfície do radier, há uma tendência deste elemento de fundação apresentar recalques maiores em seu centro. Adicionar estacas na região

central reduziria essa tendência e diminuiria os recalques diferenciais. De tal forma tem-se essas principais variações de fundação mista para os radiers (VELLOSO & LOPES, 2011).



Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

2.3 ESCOLHA DA ALTERNATIVA DE FUNDAÇÃO

Segundo Veloso & Lopes (2011) para a escolha do tipo de fundação e posteriormente a elaboração de um projeto é necessário analisar alguns itens:

- Topografia da área;
- Perfil geotécnico;
- Dados sobre a estrutura;
- Dados sobre as construções vizinhas.

A forma de execução de um determinado tipo de fundação pode causar algum tipo de acidente ou agravar uma erosão já existente, devido ao porte do equipamento a ser utilizado no processo executivo ou a quantidade de terra a ser escavada, inviabilizando a execução da fundação. A análise topográfica da área fornece os dados planialtimétricos do terreno, dados sobre possíveis erosões ou má formações do solo e dados sobre encostas e taludes (VELLOSO & LOPES, 2012).

A investigação do subsolo de forma preliminar e complementar oferece os dados necessários para o estudo do perfil geotécnico e determinação da tensão admissível pelo solo. As características do solo podem ser determinadas por diversos ensaios padronizados e recomendados para cada caso específico. Para região de Anápolis usualmente utiliza-se ensaios de sondagem simples, o SPT (*Standard Penetration Test*).

Os dados sobre a estrutura a se construir influenciam significativamente na escolha do tipo de fundação. Informações como: qual sistema estrutural será utilizado e de qual material será constituído, quais cargas deverão ser suportadas e quais reações provocarão na estrutura e o tipo e uso que terá a nova obra.

O processo executivo da fundação pode trazer consequências para as edificações vizinhas, que em certos casos podem não estar preparadas para suportar impactos adicionais. A vibração provocada pela escavação e construção pode resultar em patologias nestas edificações ou até seu desmoronamento. Sendo necessário analisar o tipo de estrutura, número de pavimentos, desempenho das fundações, carga média por pavimento e a existência de subsolo nas edificações vizinhas (VELLOSO & LOPES, 2012).

No caso de fundação de pontes, dados sobre o regime do rio são importantes para avaliação de possíveis erosões e escolha do método executivo. Nas zonas urbanas, as condições dos vizinhos constituem frequentemente o fator decisivo na definição de fundação. E quando fundações profundas ou escoramentos de subsolos são previstos, o projetista deve ter uma ideia da disponibilidade de equipamentos na região da obra (VELLOSO & LOPES, 2012, p. 211)

2.4 ESTUDO DO PERFIL GEOTÉCNICO

Antes de elaborar um projeto de fundações é necessário conhecer o perfil geotécnico do local onde será executada a obra, logo se julga indispensável os ensaios de campo afim de conhecer as características do terreno (QUARESMA & DANZIGER, 2012).

Algum dos métodos mais utilizados em campo são:

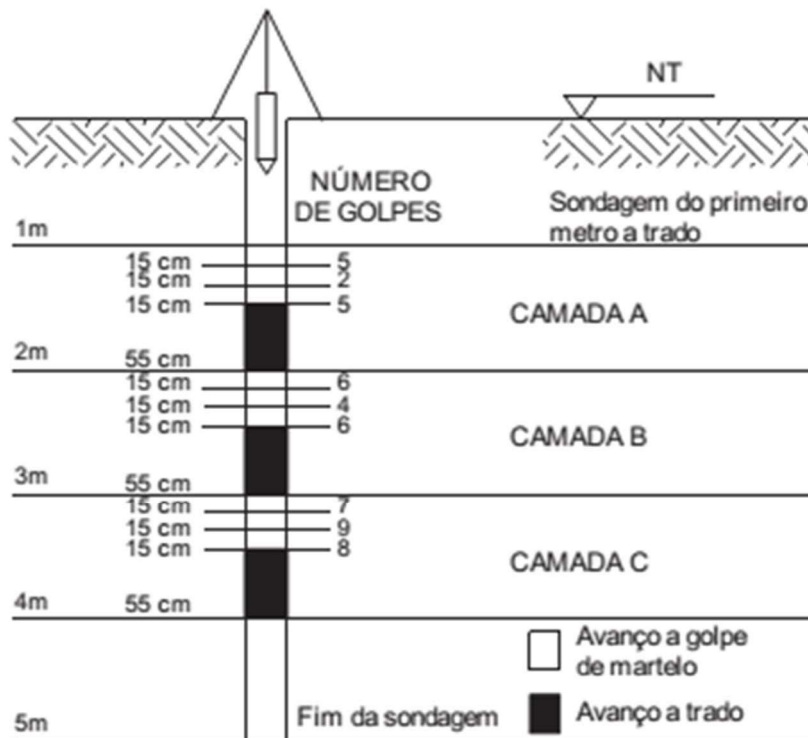
- “*Standard Penetration Test*” - SPT
- “*Standard Penetration Test*” complementado com medidas de torque – SPT-T
- Ensaio de penetração de cone – CPT
- Ensaio de penetração do cone com medida das pressões neutras, ou piezocone – CPT-U
- Ensaio de Palheta - “*Vane Test*”
- Pressiômetros (Ménard e auto perfurantes)
- Dilatômetro de Marchett
- Provas de carga
- Ensaio geofísicos - “*Cross-Hole*”

2.4.1 Ensaio por percussão SPT

Nesse trabalho foi utilizado o ensaio por percussão, o SPT, que segundo a NBR 6484 (ABNT, 2001) o método, conforme a Figura 9, consiste na perfuração do primeiro metro por meio de um trado manual ou mecanizado, onde é iniciado o processo de cravação do amostrador padrão pela queda livre de 75 cm de um martelo com 65 kg, no qual a resistência é obtida pelo número de golpes efetuados para penetrar 3 camadas de 15 cm a cada metro, sendo a primeira camada de 15 cm desconsiderada, levando em conta apenas o somatório das outras duas camadas ou o chamado NSPT, através desse dado é possível determinar a tensão admissível do solo que será utilizada nos cálculos para o dimensionamento do radier.

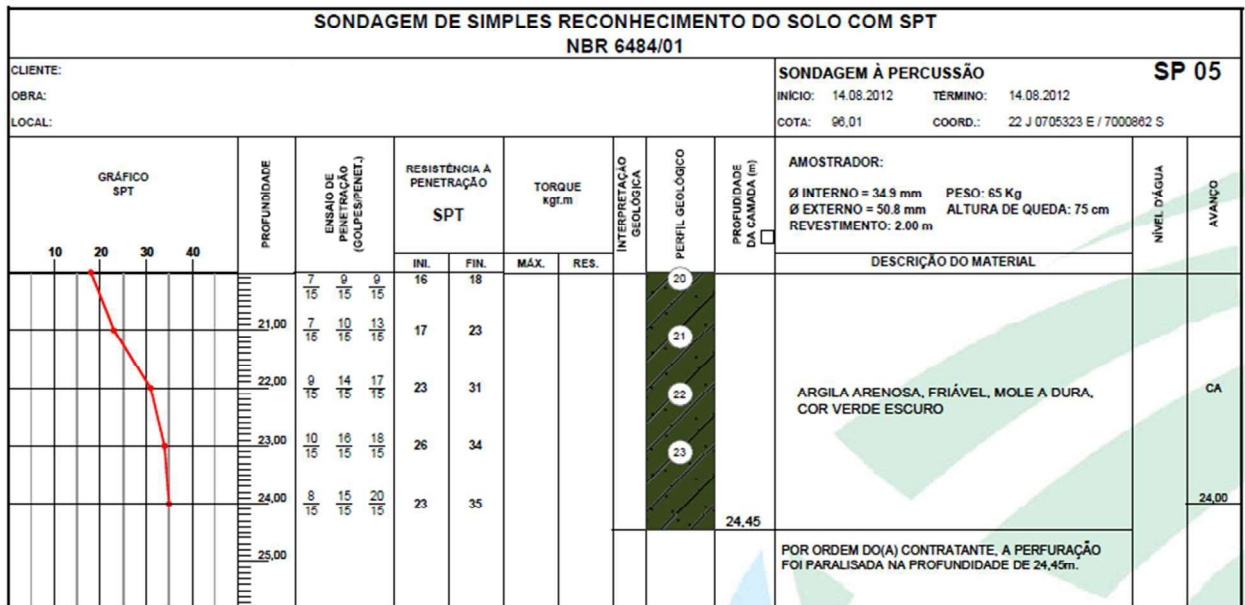
Quando se é realizado um laudo de sondagem (Figura 10) pretende-se obter o tipo de solo através de amostras deformadas, o nível de água ou N.A. relativo e a resistência como citado acima (QUARESMA & DANZIGER, 2012)

Figura 9 - Equipamento SPT



Fonte: D-GEO GEOLOGIA E ENGENHARIA AMBIENTAL, 2012.

Figura 10 - Laudo sondagem SPT



Fonte: D-GEO GEOLOGIA E ENGENHARIA AMBIENTAL, 2012.

Segundo Souza (2013) para cada tipo de solo existe um tipo de radier, por exemplo: para um solo do tipo expansível, ou seja coesivo que contem presença de argilominerais, é recomendado o radier nervurado, com mais rigidez, pois se fosse utilizado um radier do tipo liso talvez os recalques diferenciais seriam inadmissíveis, o que consequentemente estaria indo contra a segurança e aumentando o custo da fundação. Logo, para caracterização do perfil geotécnico do local onde será executada a obra, é determinado o tipo de solo através de amostras deformadas e a, compacidade e consistência, definida pelo NSPT, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Estados de compacidade e de consistência

Solo	Índice de resistência à penetração N	Designação
Areias e siltes arenosos	≤ 4	Fofa(o)
	5 a 8	Pouco compacta(o)
	9 a 18	Medianamente compacta(o)
	19 a 40	Compacta(o)
	> 40	Muito compacta(o)
Argilas e siltes argilosos	≤ 2	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média(o)
	11 a 19	Rija(o)
	> 19	Dura (o)

Fonte: NBR 6484 (ABNT, 2001).

2.4.2 Coeficientes de recalque horizontal e vertical do solo

De acordo com Pordeus (2009) o método de placa sobre o solo de Winkler relata que a pressão de contato solo-estrutura é proporcional ao recalque, considerando o radier apoiado sobre diversas molas.

Segundo Alexandre Júnior (2012) a obtenção dos parâmetros de reação do solo é necessária para a análise da capacidade do solo. A obtenção dos parâmetros é feita principalmente através de ensaios, porém, na ausência destes, aplicam-se as tabelas de correlações empíricas de Béton – Kalender (1962, apud ALEXANDRE JÚNIOR, 2012),

Tabela 1 - Valores de K_v (kg/cm^3)

Turfa leve - solo pantanoso	0.5 a 1.0
Turfa pesada - solo pantanoso	1.0 a 1.5
Areia fina de praia	1.0 a 1.5
Aterro de silte, areia e cascalho	1.0 a 2.0
Argila molhada	2.0 a 3.0
Argila úmida	4.0 a 5.0
Argila seca	6.0 a 8.0
Argila seca endurecida	10.0
Silte compactado com areia e pedra	8.0 a 10.0
Silte compactado com areia e muita pedra	10.0 a 12.0
Cascalho miúdo com areia fina	8.0 a 12.0
Cascalho médio com areia fina	10.0 a 12.0
Cascalho grosso com areia grossa	12.0 a 15.0
Cascalho grosso com pouca areia	15.0 a 20.0
Cascalho grosso com pouca areia compactada	20.0 a 25.0

Fonte: ALEXANDRE JÚNIOR, 2012.

Segundo Tizott (2013) determinado o coeficiente de reação vertical do solo é possível correlacionar seu valor com a tensão admissível para o perfil de solo, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Correlação da tensão admissível com K_v

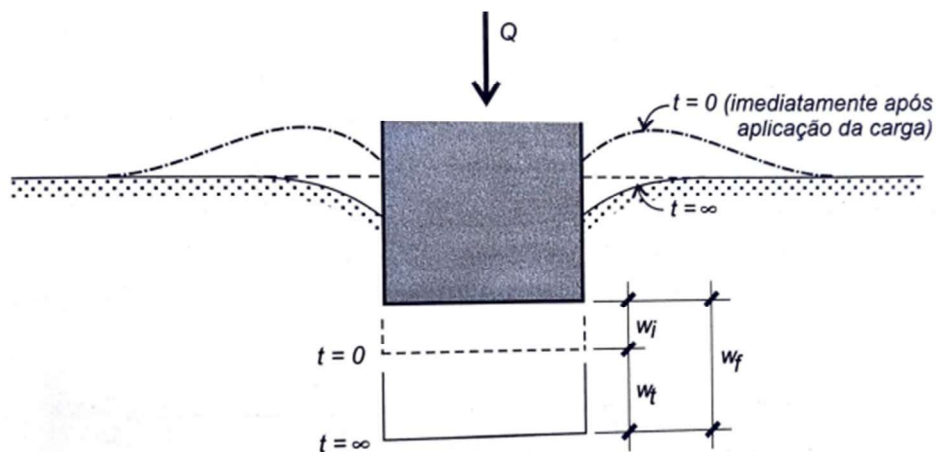
Tensão admissível (kgf/cm ³)	K_v (kgf/cm ³)
2,15	4,30
2,20	4,40
2,25	4,50
2,30	4,60
2,35	4,70
2,40	4,80

Fonte: ALEXANDRE JÚNIOR, 2012.

2.4.3 Cálculo de recalques

Uma fundação ao ser carregada fica sujeita a recalques que ocorrem instantaneamente e a recalques que se processam com o tempo, denominado recalque secundário. O recalque imediato ocorre logo após o carregamento da fundação e está relacionado ao valor da carga e capacidade do solo. O recalque secundário se deve à migração de água dos poros e consequentemente diminuição do índice de vazios (VELLOSO & LOPES, 2011).

Figura 11 - Recalques de uma fundação superficial sob carga vertical centrada



Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

Onde:

w_i = Recalque instantâneo;

w_t = Recalque que ocorre com o tempo;

w_f = Recalque final.

Segundo Velloso e Lopes (2011), em solos de rápida drenagem o recalque final ocorre mais rapidamente, devido a praticamente não haver excessos de poropressão com o

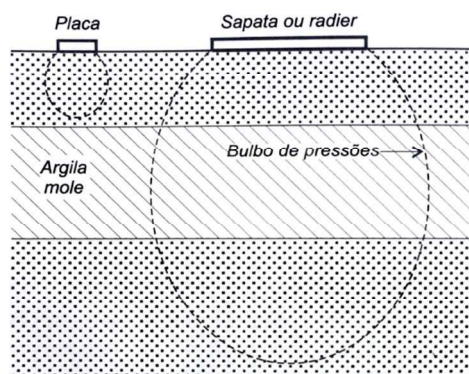
carregamento. Para obtenção da previsão de recalques existem categorias que podem ser separadas em: métodos racionais, métodos semiempíricos e métodos empíricos. Os métodos semiempíricos correlacionam ensaios de penetração *in situ* (SPT, por exemplo) com modelos para previsão de recalques.

2.4.3.1 Ensaio de placa

O ensaio de placa é descrito segunda a norma NBR 6489 (ABNT, 1984) onde são definidos os tipos de ensaio quanto a localização, quanto ao tipo de placa e quanto ao modo de carregamento. As características gerais do ensaio são previstas em norma e são citados os cuidados necessários na execução e interpretação dos resultados, como por exemplo diferentes bulbos de tensão (Figura 12). A interpretação depende dos objetivos do ensaio, sendo os mais comuns (VELLOSO & LOPES, 2011):

- Obter parâmetros de deformação (E);
- Obter parâmetros de resistência (S_u ou ϕ');
- Obter o coeficiente de reação vertical (k_v);
- Prever o recalque de uma fundação por extrapolação direta.

Figura 12 - Diferentes bulbos de pressão



Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

A obtenção dos parâmetros de deformação e de resistência (Equações 1 e 2) vem da retroanálise de fórmulas da Teoria da Elasticidade e de fórmulas de capacidade de carga. O coeficiente de reação vertical k_v , relação pressão-recalque, é calculado (Equação 3 e 4) para métodos de análise e cálculo de fundações que utilizam a Hipótese de Winkler (VELLOSO & LOPES, 2011).

$$w = q B \frac{1 - \nu^2}{E} I_s = q B \frac{1}{E^*} I_s \quad (1)$$

$$q_{ult} = S_u N_c , \quad N_c = 6,2 \quad (2)$$

$$k_v = q/w \quad (3)$$

$$k_v = \frac{E}{1 - \nu^2} \frac{1}{I_s} \frac{1}{B} \quad (4)$$

Onde:

q = Pressão de contato, A/V sendo V a carga vertical e A a área da sapata;

w = Recalque;

B = Menor dimensão do radier;

ν = Coeficiente de Poisson;

E = Módulo de Young;

I_s = Fator de forma do radier e de sua rigidez.

2.5 FUNDAÇÕES DO TIPO RADIER

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2010), a fundação superficial é caracterizada como radier geral, quando recebe todos os pilares da obra ou radier parcial, quando recebe apenas partes dos pilares da obra. Para fins de dimensionamento e elaboração de projeto, estes dois casos são tratados da mesma forma.

Berberian (2015) explica que os radiers são definidos como fundações superficiais que recebem cargas de maneira não alinhada. Usualmente, no projeto de fundações, adota-se o radier quando o solo com boa capacidade de suporte está localizado em profundidades elevadas ou em condições em que soluções tradicionais tornam-se inviáveis técnica e economicamente.

Segundo Velloso e Lopes (2011), é adotada fundação em radier quando as sapatas possuem áreas que se aproximam uma das outras ou mesmo se interpenetram devido às cargas elevadas nos pilares e tensões de trabalho baixas e/ou quando deseja-se uniformizar os recalques por meio de uma fundação associada. Velloso informa ainda uma orientação prática quanto a escolha do radier: quando a área total das fundações superficiais do tipo sapata for maior que a metade da área da construção, deve-se adotar o radier.

Segundo Faria (2015) o radier é comumente projetado em concreto armado simples, sendo uma fundação de rápida execução, não exigindo grandes escavações ou montagens de formas muito complexas.

O radier é descrito pelo *American Concrete Institute* (ACI) como uma laje que é incessantemente suportada pelo solo, com carregamento total distribuído uniformemente, sendo menor ou equivalente a 50% da tensão admissível do solo. A espessura da laje pode variar ou ser uniforme e pode haver elementos que propiciem o enrijecimento da estrutura como vigas ou nervuras (ACI 360R-92, 1997).

Segundo Berberian (2015), existem três grandes grupos de Radiers, sendo o critério de distinção a rigidez relativa apresentada por cada elemento. Tanto Berberian (2015) quanto Velloso e Lopes (2012) descrevem a classificação dos tipos de radiers correlacionando seu grau de rigidez com a forma geométrica do sistema estrutural. É realizada uma análise da rigidez em função da forma geométrica empregada na fundação.

2.5.1 Classificação quanto a rigidez

Conforme descrito por Berberian (2015), os três grandes grupos de radiers, denominados por ele como grandes famílias de radiers são:

- Flexíveis ou em placas;
- Semirrígidos, nervurados ou grelhados;
- Rígido, celulares ou em caixões “egg box”.

A rigidez ou flexibilidade de uma fundação ou estrutura é caracterizada pela sua rigidez relativa (HETENYI & BOROWICKA *apud* BERBERIAN, 2015).

O *American Concrete Institute* (ACI,1998) define parâmetros que classificam quanto à rigidez da fundação (Equação 5), um radier pode ser considerado rígido se:

$$l \leq \frac{1,75}{\sqrt[4]{\frac{K_v b}{4 E_c I}}} \quad (5)$$

Onde:

l = espaçamento entre as colunas;

b = largura da faixa de influência da linha de colunas;

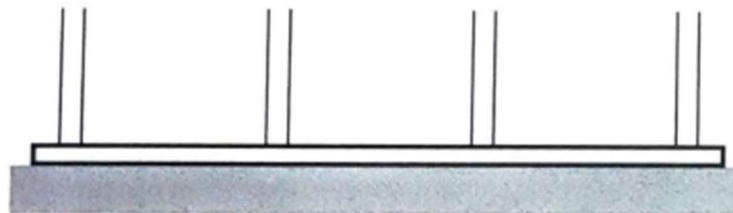
K_v = coeficiente de reação vertical;

$E_C I$ = rigidez à flexão da faixa.

Segundo Velloso e Lopes (2011), se caso pelo menos um dos parâmetros não for atendido, o radier é classificado como rígido.

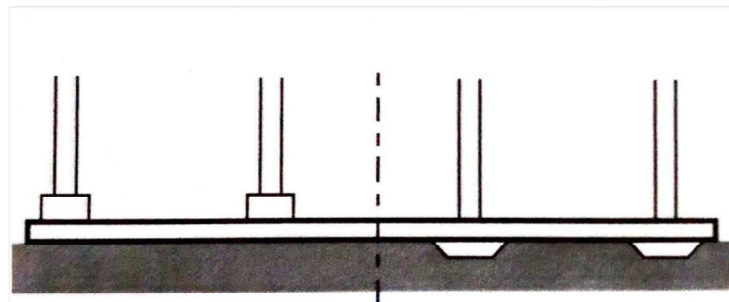
Os flexíveis ou em placa (Figura 13) são onde os pilares distribuem sua carga sobre a placa, tornando-a uma laje cogumelo. Esse tipo de radier é o mais utilizado por ser o mais econômico e com melhor trabalhabilidade. Para uniformizar as deformações nas regiões dos pilares, comumente utiliza-se mísulas ou pedestais invertidos (Figura 14) (BERBERIAN, 2015).

Figura 13 - Radier do tipo liso



Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

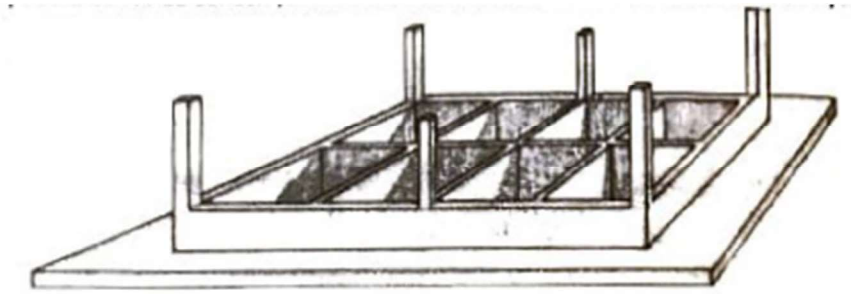
Figura 14 - Pilares com mísulas ou pedestais



Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

O radier semirrígido em grelha ou nervurado é feito por uma laje enrijecida por nervuras ou vigas cruzadas. É recomendado quando os recalques diferenciais criados pelo radier em placa tornam-se inadmissíveis (BERBERIAN, 2015).

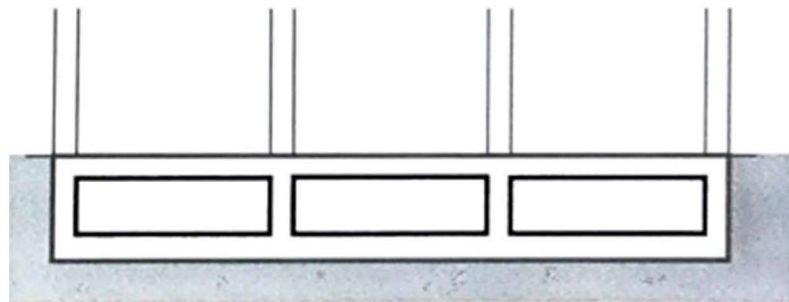
Figura 15 - Radier em grelha ou semirrígido



Fonte: BERBERIAN, 2015.

O tipo de radier rígido ou “egg box” é conveniente quando os recalques diferenciais não possam existir. Sua forma possui duas lajes, uma de piso e outra de teto. Devido seu tipo alguns autores se referem por radier em caixão ou celular (TENG, 1975 *apud* BERBERIAN, 2015).

Figura 16 - Radier rígido ou em Caixão



Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

Este tipo é comumente empregado em projetos de reservatórios, onde trincas geradas por recalques diferenciais são altamente indesejáveis (ZEEVART, 1972 *apud* BERBERIAN, 2015).

2.5.2 Aplicabilidade do Radier

Segundo Berberian (2015), a relação custo/benefício do radier é favorável, entretanto sua aplicação prática tem sido dificultada pela complexidade dos cálculos para a determinação dos esforços internos e dificuldade de obter-se valores do coeficiente de recalque que sejam representativos.

Fundações por “Radier” são, sem dúvida alguma, o tipo e a solução mais intuitiva que se poderia dar a um projeto de fundações de uma estrutura qualquer. A primeira ideia, a mais primitiva, sem tecer nenhuma consideração sobre a qualidade do terreno de

fundação, supõe implantar um edifício apoiado em sua própria laje de fundo (BERBERIAN, 2015).

Em sua dissertação Pacheco (2010) cita Velloso e Lopes (2011) que definem que a fundação em radier possui custo elevado em comparação as demais fundações rasas devido ao alto consumo de concreto.

Berberian (2015) cita as vantagens deste tipo de fundação em relação aos demais sistemas estruturais, e define quatro características principais que influenciam na relação custo/benefício:

- A simplicidade de execução, não sendo necessário a contratação de empresas ou equipamentos especializados para sua execução;
- A economia, levando em conta que este sistema leva a própria laje de fundo como fundação, não sendo necessária a execução de um contrapiso como base;
- A rapidez de execução, tendo em vista que não se faz necessário a execução de outros tipos de fundação, tais como sapatas, estacas ou tubulões (exceto para radiers sobre estacas ou sobre tubulões);
- A relação com solos não muito resistentes, devido a elevada área de contato do radier as pressões transmitidas ao solo serão muito baixas em relação ao carregamento total, minimizando os recalques.

Pacheco (2010) cita também a eficiência do radier e relação custo benefício quando analisado pelos critérios de tempo e praticidade de execução, possuindo como contraponto a necessidade de um planejamento mais elaborado dos outros sistemas da edificação, como instalações elétricas e hidrossanitárias, para que não haja a necessidade de fazer cortes na fundação, o que diminuiria sua eficiência (PACHECO, 2010).

Berberian (2015) analisa aspectos que dificultam a aplicação mais ampla dos radiers, não caracterizando-os como desvantagens e sim como empecilhos. Tais aspectos dão-se a dificuldade em prever com precisão as deformações do radier e dificuldades em obter-se parâmetros do solo. Entretanto, conforme analisado pelo autor, atualmente a utilização de softwares de cálculo e a existência de ensaios de solo especializados e simplificados facilitaram na obtenção das informações necessárias ao projeto (BERBERIAN, 2015).

2.5.3 Processo executivo

Segundo Dória (2007) o desempenho estrutural da fundação em radier está relacionado tanto com as características do solo sobre o qual está apoiado quanto à qualidade do concreto

utilizado. Segundo o autor, as recomendações presentes na literatura estrangeira dão ênfase na preparação do solo para proporcionar um suporte uniforme e na dosagem, fabricação e aplicação do concreto.

De acordo Almeida (2001, *apud* Dória, 2007) o solo de apoio deve fornecer suporte firme e razoavelmente uniforme, mesmo quando molhado.

Lima (2011) cita e exemplifica as etapas do processo executivo deste tipo de fundação. Segundo o autor, a preparação da base do radier inicia-se com o nivelamento do solo utilizando verificações topográficas *in loco* que definem os ajustes necessários no terreno, que deve estar rigorosamente nivelado.

De acordo com Dória (2007) a preparação do solo consiste em seu nivelamento e compactação, cuidados que devem ser observados para o melhor desempenho da fundação.

Na próxima etapa, segundo Lima (2011), são passadas as tubulações para o sistema hidrossanitário (Figura 17) e os eletrodutos para o sistema elétrico, também são instaladas as caixas de inspeção e de passagem. Comumente as tubulações são enterradas sob o radier e envolvidas com areia.

As tubulações devem ser posicionadas sob a placa com saídas para parte de cima da laje, evitando cortes não desejados no radier já concretado. Observando que nas etapas que antecedem a execução devem ser realizados estudos e projetos detalhados para os sistemas elétricos e hidrossanitários (DÓRIA, 2007).

Figura 17 - Cortes no solo para passagem das tubulações



Fonte: LIMA, 2011.

Após a passagem das tubulações pelo solo, é colocada uma camada de brita 1 e pó de pedra, que envolve as tubulações já instaladas e possibilita um nivelamento mais preciso do terreno. Sobre a camada de brita coloca-se uma lona plástica, com o intuito de impedir que a água ou nata do concreto fresco escoe para a brita e para ajudar na impermeabilização (LIMA, 2011).

Após essa etapa, são confeccionadas as formas necessárias para fechar a área que será concretada, com a altura conforme demonstrado no cálculo estrutural (DÓRIA, 2007).

Já colocada a lona plástica em toda superfície necessária, é iniciada a colocação da armadura (Figura 18). A armadura é comumente constituída por malhas metálicas, emparelhadas de forma simples ou duplas, e barras de reforço ao longo das malhas e abaixo dos pilares e paredes, que podem ou não ser utilizadas conforme a necessidade constatada pelo projetista. Nesta etapa é importante observar o cobrimento mínimo, estipulado pela norma NBR 6118 (ABTN, 2014), e observar a posição dos arranques dos pilares (LIMA, 2011).

Figura 18 - Colocação da armadura e espaçadores



Fonte: LIMA, 2011.

Após a colocação das armaduras e verificação dos espaçamentos, dá-se início à etapa de concretagem da fundação. Antes da concretagem em si são realizadas verificações de conformidade do nivelamento do terreno e se as locações de paredes e instalações hidrossanitárias e elétricas estão corretas. Então inicia-se o lançamento do concreto, que é feito por bomba ou carregado manualmente (Figura 19). É feito o adensamento do concreto por meio de adensadores, comumente mecânicos. O nível desejado é obtido por meio das marcações das

mestras. Então o concreto é espalhado, com o auxílio de um sarrafo, e é dado o acabamento final (LIMA, 2011).

Figura 19 - Lançamento e adensamento do concreto



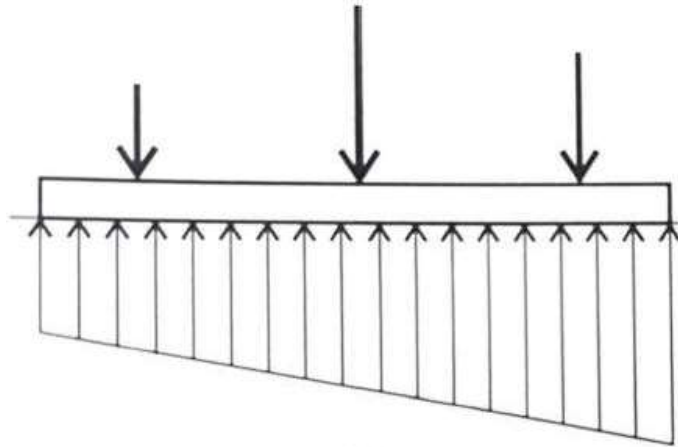
Fonte: LIMA, 2011.

3 MÉTODOS DE CÁLCULO

3.1 MÉTODO ESTÁTICO

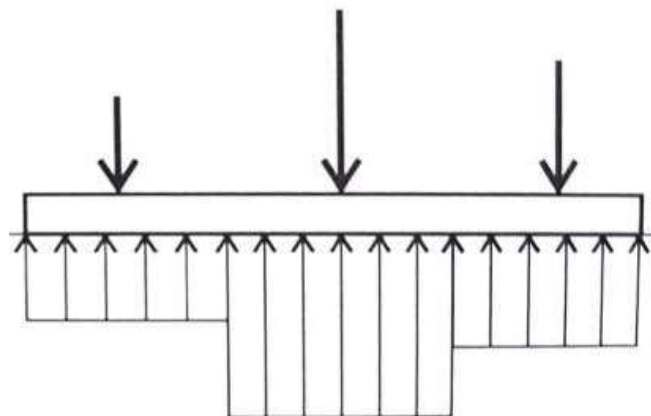
O método por cálculo estático é baseado na distribuição das pressões de contato conforme duas hipóteses: a primeira hipótese considera que as pressões variam linearmente sob o radier (Figura 20) e a segunda hipótese considera que as pressões são uniformes nas áreas de influência dos pilares (Figura 21). Assim são utilizados dois métodos de cálculo. A primeira hipótese é comumente utilizada para radiers mais rígidos, enquanto a segunda para radiers mais flexíveis (VELLOSO & LOPES, 2011).

Figura 20 - Pressão de contato variação linear



Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

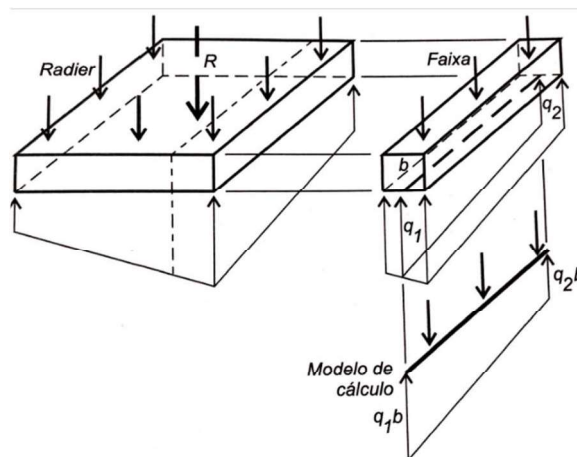
Figura 21 - Pressões constantes na faixa de influência dos pilares



Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

O cálculo com variação linear é obtido somente através da resultante do carregamento (Figura 22). Este método é utilizado para calcular radiers em caixão ou nervurados, que apresentam maior rigidez relativa (DÓRIA, 2007).

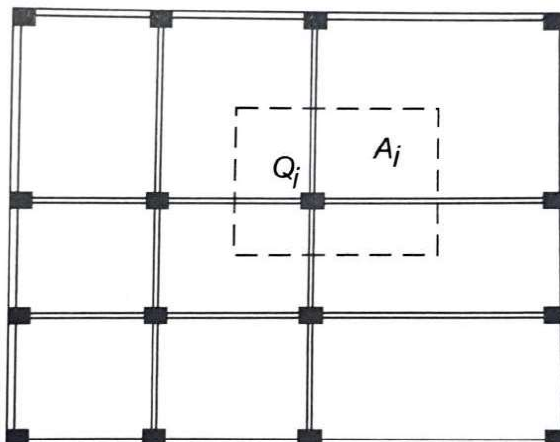
Figura 22 - Pressões de contato variando linearmente sob um radier



Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

O cálculo utilizando a área de influência dos pilares é comumente utilizado para radiers de rigidez relativa média. O procedimento de cálculo consiste em determinar a área de influência de cada pilar (Figura 23), calcular a pressão média nesta área, determinar uma pressão média atuando nos painéis e calcular os esforços nas vigas e lajes e as reações nos apoios (VELLOSO E LOPES, 2011).

Figura 23 - Cálculo da área de influência dos pilares



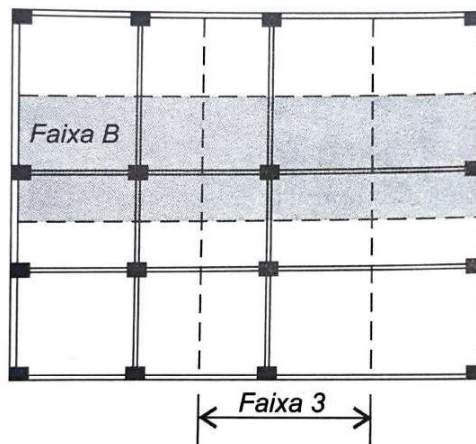
Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

O cálculo pelo método estático leva em conta apenas o equilíbrio estático das cargas atuantes e a reação do terreno, sendo indicado apenas para o cálculo dos esforços internos na fundação para seu dimensionamento estrutural, pois não é feita nenhuma consideração quanto à deformação do solo (DÓRIA, 2007).

3.2 CÁLCULO COMO UM SISTEMA DE VIGAS SOBRE BASE ELÁSTICA

Este método separa o radier em dois sistemas de faixas (Figura 24) e então cada faixa é tratada como uma viga de fundação isolada sobre base elástica, geralmente com a Hipótese de Winkler.

Figura 24 - Esquema de cálculo como um sistema de vigas



Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

3.3 MÉTODO DA PLACA SOBRE SOLO DE WINKLER

De acordo com Dória (2007) e como foi estudado em Velloso e Lopes (2011) pelo método de Winkler as pressões de contato exercidas no solo são diretamente proporcionais aos recalques. O solo é comparado a um sistema de molas onde seus deslocamentos podem ser calculados pela Equação 6:

$$D \left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{2 \partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) + k \cdot w = 0 \quad (6)$$

A rigidez à flexão da placa é relacionada a D, onde é calculado pela Equação 7:

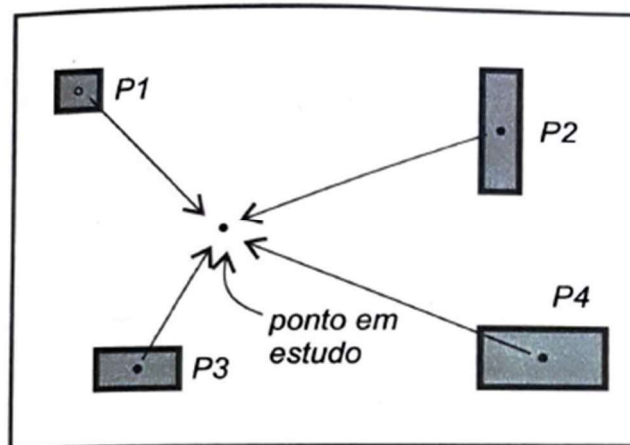
$$D = \frac{E_c t^3}{12(1 - \nu^2)} \quad (7)$$

Onde t é a espessura da placa, E_c é o Módulo de Young do material da placa (concreto por exemplo) e ν é o coeficiente de Poisson do material da placa (VELLOSO E LOPES, 2011).

3.4 MÉTODO DO AMERICAN CONCRETE INSTITUTE

Este método proposto pelo instituto de concreto americano baseia-se no método da placa sobre solo de Winkler, sendo aplicável a radiers lisos e flexíveis. Os momentos fletores e esforços cortantes produzidos por cada pilar são calculados para cada ponto em estudo da placa (Figura 25) (DÓRIA, 2007).

Figura 25 - Esquema de cálculo método ACI



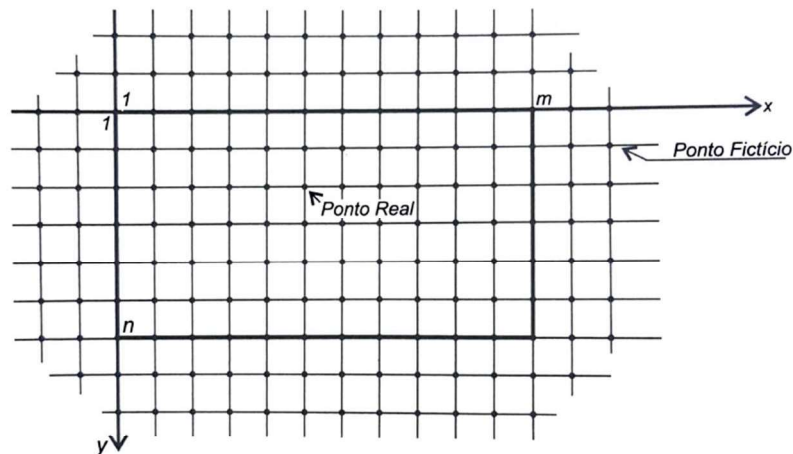
Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

Tanto Velloso e Lopes (2011) quanto Dória (2007) apresentam a sequência de procedimentos do método, que consiste em: Calcular a rigidez à flexão D (Equação 7) da placa, definir um número de pontos da placa em que os esforços internos serão calculados, calcular os momentos fletores convertendo-os para coordenadas retangulares e por fim calcular o esforço cortante e convertê-lo em coordenadas retangulares. O procedimento é repetido para cada pilar e os resultados são somados algebricamente.

3.5 MÉTODO DAS DIFERENÇAS FINITAS

Segundo Dória (2007) o método das diferenças finitas relaciona, por um sistema de equações algébricas, o deslocamento de um ponto aos deslocamentos dos pontos vizinhos. Na placa, uma malha é imaginada onde nos cruzamentos estão os pontos de estudo (Figura 26) (VELLOSO & LOPES, 2011).

Figura 26 - Malha para emprego do Método das Diferenças Finitas



Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

A equação diferencial de flexão da placa (Equação 8), em termos de diferenças finitas, incluindo uma sobrecarga uniforme p e uma carga concentrada P (DÓRIA, 2007).

$$\frac{\Delta^4 w_k}{\Delta x^4} + \frac{2\Delta^4 w_k}{\Delta x^2 \Delta y^2} + \frac{\Delta^4 w_k}{\Delta y^4} = \frac{p_k}{D} - \frac{k_v w_k}{D} + \frac{P}{D\Delta x \Delta y} \quad (8)$$

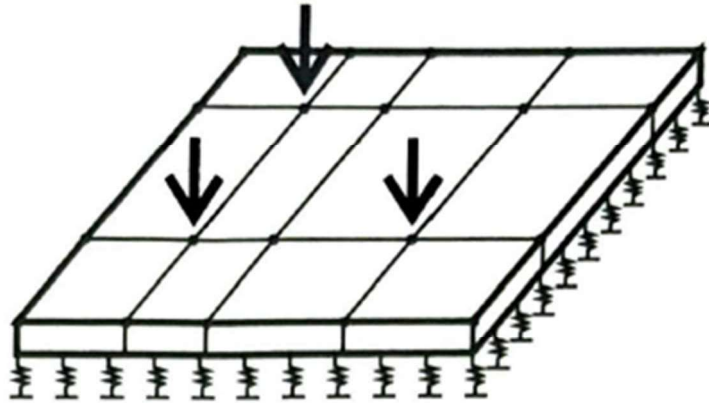
3.6 MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

Comumente utilizado por *softwares* comerciais para cálculos de estruturas, São utilizados programas para análise linear bi e tridimensional dos elementos (VELLOSO & LOPES, 2011). O método dos elementos finitos (MEF) emprega funções aproximadas para representar os deslocamentos de cada elemento, impondo condições de compatibilidades de deslocamentos e rotações nos elementos adjacentes (DÓRIA, 2007).

O modelo mais simples para análise do radier consiste no uso de elementos de placa, representando o radier e apoios elásticos ou molas, representando a rigidez do solo (Figura 27).

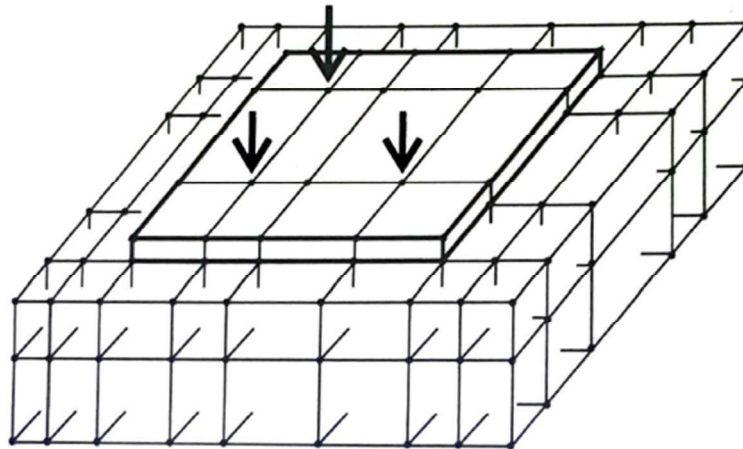
Um segundo modelo de cálculo, mais complexo, utiliza elementos de placa ou sólidos, para representar o radier e elementos sólidos, representando o solo (Figura 28).

Figura 27 - Análise simples de radier pelo MEF



Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

Figura 28 - Análise complexa de radier pelo MEF



Fonte: VELLOSO & LOPES, 2011.

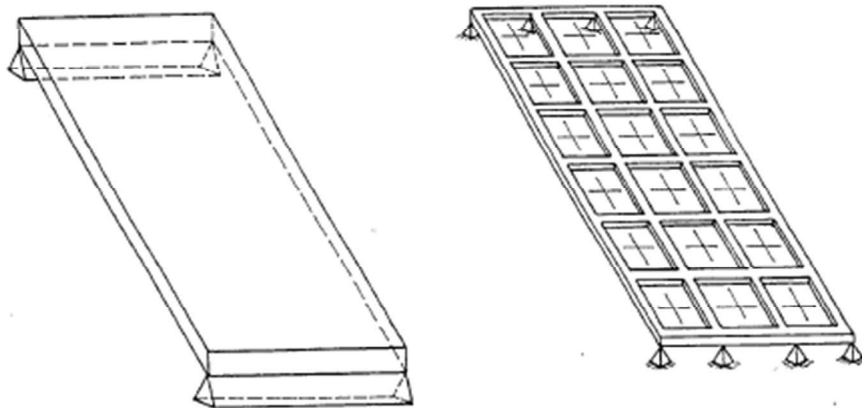
O modelo de elementos finitos possibilita acompanhar variações do solo num plano horizontal e analisar placas com uma geometria mais complexa, não somente em planta, mas também em termos de espessuras (VELLOSO & LOPES, 2011).

3.7 ANALOGIA DE GRELHA

Este método estudado por Barboza (1992) é citado e descrito por Dória (2007) e é muito utilizado para análise de lajes, devido sua facilidade de compreensão e utilização,

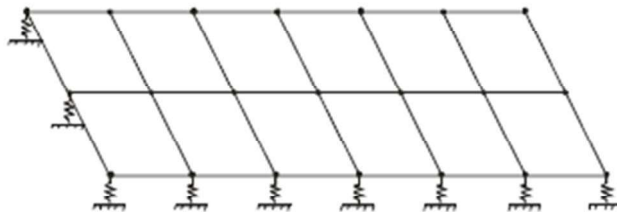
apresentando resultados satisfatórios. O princípio do método está em substituir o radier por uma grelha equivalente (Figura 29) composta de elementos do tipo barra, onde cada barra corresponde a uma determinada faixa da laje de acordo com a abertura escolhida para a malha (Figura 30)

Figura 29 - Laje e grelha equivalente



Fonte: HAMBLY *apud* BARBOZA, 1992.

Figura 30 - Representação de uma grelha sobre base elástica



Fonte: DÓRIA, 2007.

Segundo Barboza (1992) as rigidezes longitudinais da laje são concentradas nas barras longitudinais e as rigidezes transversais são concentradas nas barras transversais. As rigidezes das barras devem ser tais que as duas estruturas se submetidas ao mesmo carregamento deformarão de maneira idêntica e os esforços em qualquer barra da grelha serão iguais às resultantes das tensões na seção transversal da parte da laje representada pela barra.

4 DADOS CONSIDERADOS NO DIMENSIONAMENTO

Para o dimensionamento adequado da laje de fundação é necessário adotar valores determinados e normatizados para o cálculo. Por não haver uma norma técnica específica para o dimensionamento de radiers, é utilizado o mesmo procedimento do dimensionamento de lajes maciças. Primeiramente define-se a classe de agressividade ambiental, conforme Quadro 2.

Quadro 2 - Classes de agressividade ambiental (CAA)

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: NBR 6118 (ABNT, 2014).

Com a definição da classe de agressividade ambiental, conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014) de acordo com o tipo de ambiente para efeito de projeto são encontrados outros dois parâmetros utilizados no cálculo, conforme Quadro 3, a relação água/cimento e a classe do concreto a ser utilizado. Tais valores são determinantes no momento do cálculo de área de aço da estrutura.

Quadro 3 - Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

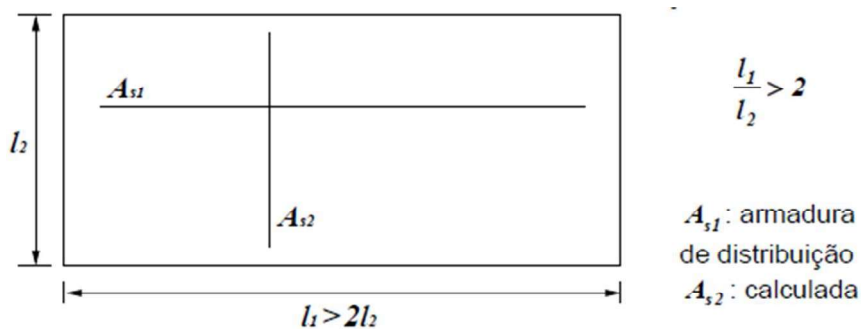
Concreto ^a	Tipo ^{b,c}	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

^a O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.
^b CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.
^c CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2014).

Posteriormente é feita a classificação das lajes de fundação quanto a sua dimensão, definindo-as como lajes calculadas em uma direção, Figura 31, e lajes calculadas nas duas direções conforme a Figura 32.

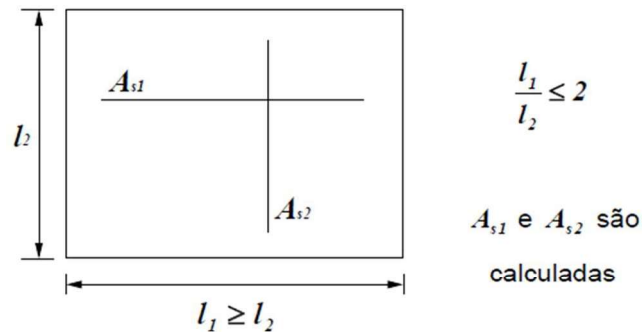
Após a obtenção dos esforços totais aos quais estão submetidas, faz-se a análise para cada tipo de laje quanto aos seus engastamentos. Para lajes calculadas em apenas uma dimensão (1D) utiliza-se as condições de contorno mostradas na Figura 31.

Figura 31 - Laje calculada em uma direção

Fonte: Carvalho e Figueiredo Filho (2014).

Para lajes calculadas em duas direções (2D) é feita a análise dos tipos de apoios que a laje de fundação possui em todas suas direções, após esta análise calcula-se a relação entre as suas duas dimensões, com este coeficiente obtêm-se os esforços e momentos em cada direção da laje.

Figura 32 - Laje calculada nas duas direções (2D)



Fonte: CARRIJO, 2018.

Após a determinação dos esforços e momentos fletores, o dimensionamento da armadura principal será realizado de acordo com a tabela de KMD presente em Carvalho e Figueiredo Filho (2014).

$$KMD = \frac{1,4 \cdot M \cdot 10^6}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \quad (9)$$

Onde:

M = Momento fletor encontrado para a laje de fundação [kN.m/m]

b_w = Largura seção laje (Adotada=1m) [mm]

d = Altura útil calculada da laje de fundação [mm]

$$F_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,4}$$

F_{ck} = Resistência característica do concreto à compressão

Calculado o valor de KMD buscou-se o valor de K_z correspondente na tabela presente em Carvalho e Figueiredo Filho (2014). Caso o valor de KMD não seja exato com os valores tabelados é realizada uma interpolação com os valores mais próximos, para obter-se o valor de K_z correspondente.

A área de aço é calculada nas duas direções da laje de fundação, sendo realizadas as verificações de escoamento, área de aço mínima e área de aço máxima. O valor encontrado deve ser maior ou igual a área de aço mínima, caso seja inferior considera-se para determinação da armadura a área de aço mínima.

$$A_s = \frac{1,4 \cdot M \cdot 10^4}{K_z \cdot d \cdot f_{yd}} \quad (10)$$

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot b_w \cdot h \quad (11)$$

$$A_{s,max} = \frac{4}{100} \cdot b_w \cdot h \quad (12)$$

Onde:

$A_{s,min}$ = Área de aço mínima [cm²/m]

$A_{s,max}$ = Área de aço máxima [cm²/m]

M = Momento fletor obtido [kN.m/m]

ρ_{min} = Taxa mínima de armadura (0,15% para $F_{ck}=30$ MPa)

b_w = Largura seção laje (Adotada=1m) [cm]

h = Espessura da laje de fundação (Adotada=16cm)

Encontrada a área de aço e feitas as verificações dos valores máximos e mínimos, define-se o intervalo de diâmetros de barras a serem adotadas e o espaçamento máximo entre as barras.

$$5,0mm \leq \phi \leq \frac{h}{8} \quad (13)$$

$$S_{max} = \leq \begin{cases} 2 \cdot h \\ 200 \text{ mm} \end{cases} \quad (14)$$

Onde:

ϕ = Diâmetro da barra de aço [mm]

h = Espessura total da laje de fundação [mm]

S_{max} = Espaçamento máximo entre as barras.

5 RESULTADOS

Apresenta-se neste capítulo os procedimentos seguidos para o cálculo da fundação em radier. É apresentado o laudo de sondagem do solo na região estudada e a análise do perfil de solo determinando os coeficientes de reações verticais.

5.1 SOLO

O solo onde será realizado o radier se encontra na região sudeste de Anápolis mais especificamente no Bairro Jundiá. O laudo de sondagem SPT adotado foi emitido no dia 11/04/2019, conforme a Figura 33.

Figura 33 - Laudo de Sondagem

Profundidade (m)	Número da amostra	Nível D'água (m)	Soma do número de golpes		RESIST. A PENETRAÇÃO DO BARRILHETE TIPO SPT		DESCRIÇÃO DO MATERIAL	
			1ª+2ª	2ª+3ª	GRÁFICO DO N.º GOLPES		Perfil Geológico	DESCRIÇÃO TÁCTIL VISUAL
					10	20		
-1,00	0							Argila arenosa marrom
-2,00	1		4	4				Argila arenosa mole marrom
-3,00	2		7	12				Argila siltosa rija vermelha
-4,00	3		22	30				Argila siltosa dura vermelha
-5,00	4		36	38				Silte argiloso duro vermelho
-5,10	5		30/10					Silte argiloso duro vermelho
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								

ENSAIO LAVAGEM (MIN.)	10	20	30
AVANÇO A CADA 10 MIN. (cm)			

MEDIDAS DE NÍVEL D'ÁGUA			
DATA	HORA	N.A. (m)	Prof. Furo
11/04/19		-2,10	-5,10

Através deste laudo observa-se que o solo da região possui as duas primeiras camadas de solo argiloso com consistência mole, além do elevado nível de água (cota -2,10m), porém por ter sido executado no mês de abril, que ainda está no período chuvoso, pode-se considerar que este é o nível de água máximo.

Em relação a resistência, o solo analisado possui um NSPT crescente, atingindo uma boa resistência aos 5 m de profundidade, o que é bom para fundações superficiais, porém as duas primeiras camadas possuem um solo fraco o que poderá ocasionar um recalque por adensamento, devido a força aplicada por metro quadrado do radier.

Na profundidade em que será feita a laje de fundação, o solo é constituído de argila arenosa mole marrom e logo abaixo temos uma camada de argila siltosa rija vermelha. Conforme demonstrado no Quadro 2, o coeficiente de reação vertical K_v para este solo varia entre 4.0 a 5.0 kgf/cm³. O valor de K_v foi adotado como 4,5 kgf/cm³.

Com a determinação do coeficiente de reação do solo é possível determinar através de correlação empírica a tensão admissível do solo, como demonstrado na Tabela 2. Para o perfil de solo encontrado no laudo de sondagem SPT e com coeficiente de reação vertical igual a 4,5 kgf/cm³, a tensão admissível do solo encontrada através da correlação é de 2,25 kgf/cm².

A determinação da tensão admissível do solo é utilizada para verificar se o solo suportará as cargas advindas da estrutura, de forma que a tensão admissível do solo deve ser maior do que a tensão exercida pela fundação.

O carregamento total para cada laje foi determinado conforme a Tabela 5, para o cálculo da tensão que a fundação exercerá no solo foram somados todos os carregamentos mais o peso próprio dos elementos estruturais e fundação. O valor obtido foi de 200,62 KN/m² ou 2,05 kgf/cm². Observa-se que o valor de tensão admissível do solo é maior que o valor da tensão aplicada pela estrutura, deste modo o solo suportará a tensão que é aplicada sobre ele.

5.2 CÁLCULO DO RADIER

São demonstrados os procedimentos e cálculos utilizados para a análise estrutural e dimensionamento do radier em concreto armado, utilizando a metodologia de analogia em grelha sobre base elástica. Através da modelagem geométrica da edificação foram adicionadas as cargas próprias da estrutura, as possíveis cargas adicionais e sobrecargas de acordo com a NBR 6120 (ABNT,2019) obtendo-se as cargas aplicadas em cada pilar que serão transmitidas ao radier.

Aplicando o conceito de analogia em grelha, a laje de fundação foi substituída por uma grelha equivalente. O radier foi discretizado em lajes menores delimitadas pelas paredes de cada cômodo obtendo-se nove lajes distintas com dimensões diferentes onde foram calculados os esforços aplicados e as armaduras de aço necessárias para resistir aos esforços.

Na apresentação do cálculo manual foi feita a discretização das lajes do radier em lajes menores correspondentes a cada cômodo da edificação, com a finalidade de facilitar a análise local dos carregamentos e detalhamentos.

O dimensionamento foi realizado utilizando o método de cálculo de lajes maciças em concreto armado apoiadas diretamente sobre o solo.

Na apresentação dos dados e cálculo obtidos foi realizada a modelagem geométrica da fundação e detalhamentos das cargas da estrutura e do tipo de solo com base na análise do perfil de solo realizado no item 4.1.

5.2.1 Dados considerados no dimensionamento

Na etapa de especificações dos materiais utilizados (concreto e aço) é necessário adotar valores determinados e normatizados para o cálculo. Primeiramente define-se a classe de agressividade ambiental em que a estrutura e a fundação estarão expostas, de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), conforme Quadro 2.

Para a região de Anápolis a classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto é urbana, definido a classe de agressividade II. Então é determinada a classe de concreto que será utilizada no dimensionamento da fundação. Conforme apresentado no quadro 3, para classe de agressividade II, a classe de concreto utilizada deve ser maior ou igual a C25. Para o dimensionamento do radier foi considerado o concreto com classe C30.

Para a determinação da espessura da laje de fundação foi adotada a recomendação contida na norma técnica NBR 6118 (ABNT, 2014), onde são definidos os limites mínimos para a espessura nas lajes maciças, onde para lajes maciças e lisas sujeitas a punção dos pilares adota-se o valor mínimo de espessura de 16 cm.

Tabela 3 - Peso específico dos materiais de construção

Materiais		Peso específico aparente (kN/m ³)
Blocos	Blocos de argamassa	22
Artificiais	Tijolos furados	13
	Tijolos maciços	18
Revestimentos e concretos	Argamassa de cal, cimento e areia	19
	Argamassa de cimento e areia	21
	Argamassa de gesso	12,5
	Concreto simples	24
	Concreto armado	25

Fonte: NBR 6120 (ABNT,2019).

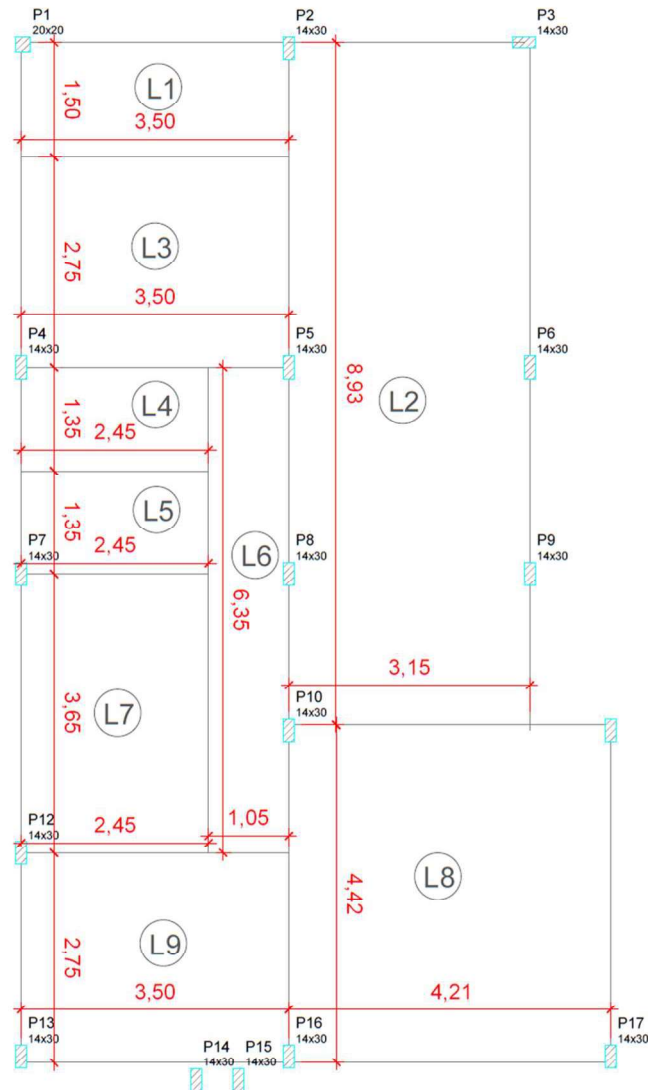
Na determinação do peso próprio, peso específico dos materiais, das cargas e sobrecargas em que a fundação está sujeita foram utilizados os valores contidos na NBR 6120 (ABNT, 2019) que dispõe sobre as cargas para o cálculo de estruturas de edificações, conforme a Tabela 2.

5.2.2 Classificação da laje de fundação quanto suas dimensões

O radier é nomeado como laje de fundação pelo fato de seu processo de cálculo e execução ser semelhante à de uma laje maciça. A classificação de suas dimensões também é realizada de forma semelhante ao das lajes. Após realizada a discretização do radier em lajes menores (Figura 34) foram classificadas quanto sua dimensão, conforme Tabela 2.

Quando a relação entre a maior dimensão e a menor dimensão é inferior ou igual a 2, os momentos fletores nas duas direções são importantes e devem ser considerados, calculando a área de aço correspondente para cada momento nas direções correspondentes (Figura 32). Se a relação entre as dimensões é superior a dois é calculado o momento para apenas uma direção (Figura 31)

Figura 34 - Discretização do radier



Fonte: Autores, 2019.

Tabela 4 - Classificação das lajes maciças apoiadas em todo o contorno

Laje	Maior Dimensão (m)	Menor Dimensão (m)	$\frac{l_1}{l_2}$	Classificação
L1	3,50	1,50	2,33	1D
L2	8,93	3,15	2,83	1D
L3	3,50	2,75	1,27	2D
L4	2,45	1,35	1,81	2D
L5	2,45	1,35	1,81	2D
L6	6,35	1,05	6,05	1D
L7	3,65	2,45	1,49	2D
L8	4,43	4,21	1,05	2D
L9	3,50	2,75	1,27	2D

Fonte: Autores, 2019.

Conforme demonstrado na Tabela 4, para cada laje foi feita a verificação quanto a suas dimensões, para determinar quais seriam calculadas em apenas uma direção e quais deveriam ser calculadas nas duas direções.

5.2.3 Cargas atuantes na fundação

A determinação da carga em que a fundação está sujeita foi deliberada calculando o peso da estrutura da edificação e das cargas normais e adicionais consideradas no projeto estrutural da edificação. A posição de cada pilar foi definida no projeto estrutural, conforme a Figura 35.

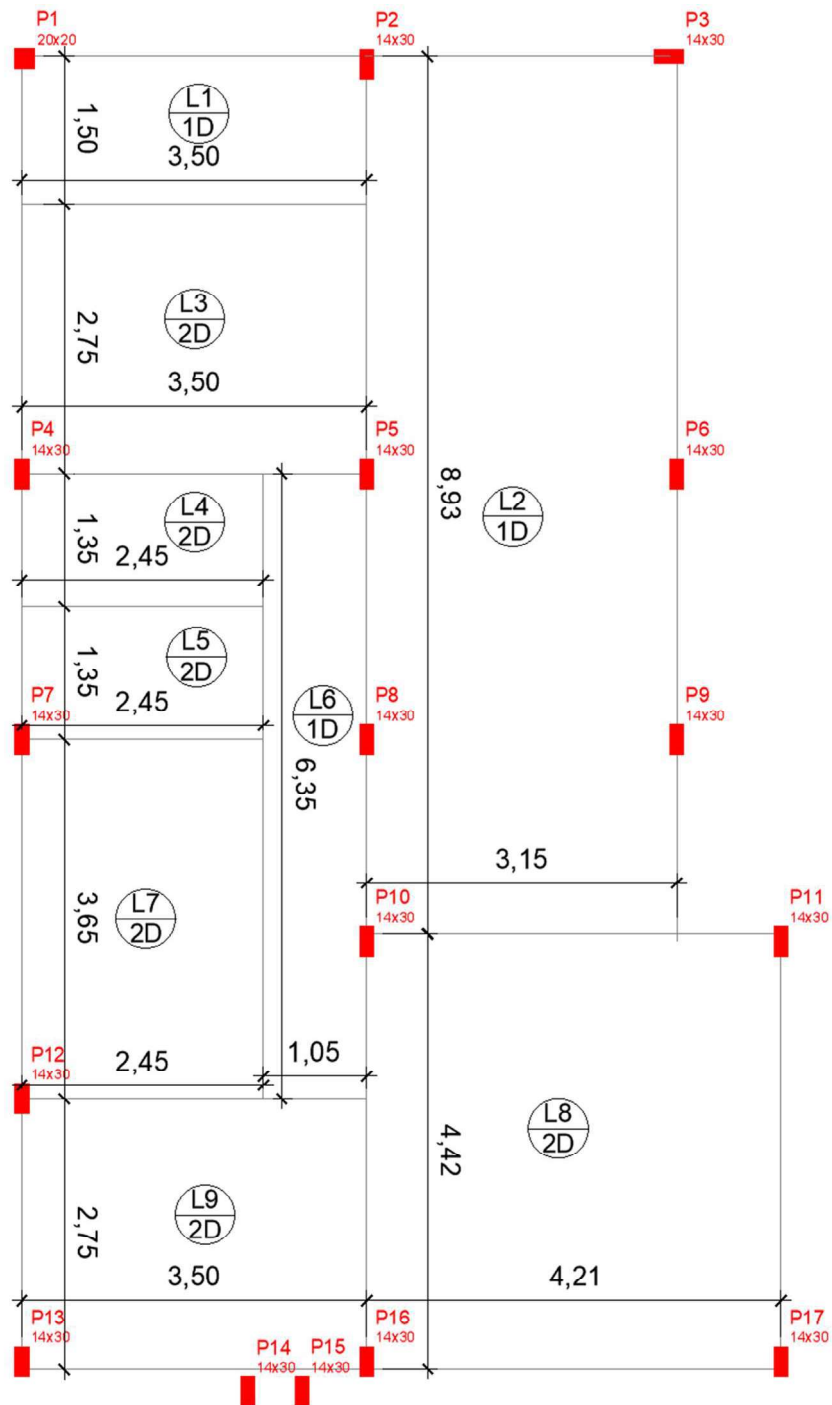
O cálculo da carga que os pilares aplicam na fundação foi realizado considerando a carga máxima de cada pilar, determinada no projeto estrutural, Tabela 2, e sua respectiva área de influência na laje de fundação, demonstrada na Figura 36. Com a posição de cada pilar e as cargas aplicadas já determinados pelo projeto estrutural foi realizado o cálculo do carregamento total obtido para cada laje discretizada.

Tabela 5 – Pilares projeto estrutural

Nome	Seção (cm)	Carga Máx. (tf)
P1	20x20	4,6
P2	14x30	7,3
P3	14x30	3,8
P4	14x30	7,8
P5	14x30	10,9
P6	14x30	5,1
P7	14x30	6,5
P8	14x30	5,1
P9	14x30	4,1
P10	14x30	10,3
P11	14x30	5,3
P12	14x30	6
P13	14x30	2,9
P14	14x30	0
P15	14x30	0
P16	14x30	8,4
P17	14x30	5,1

Fonte: Autores, 2019.

Figura 35 - Posição dos pilares no radier



Fonte: Autores, 2019.

A seção retangular de cada pilar foi determinada na etapa inicial do projeto estrutural. Posteriormente foram calculadas as cargas que cada pilar irá receber, considerando o peso próprio da estrutura e as eventuais sobrecargas.

A Figura 36 mostra o diagrama das áreas de influência correspondentes para cada pilar da edificação. A área de influência do pilar é delimitada sempre traçando uma reta no ponto

médio ente dois pilares até que todos os pontos médios sejam traçados formando as figuras correspondentes as áreas de cada pilar.

A Tabela 5 informa as cargas que foram utilizadas para o cálculo do carregamento total ao qual a laje de fundação estará submetida. O carregamento dos pilares foi obtido dividindo-se as cargas máximas, Tabela 3, pelas áreas de influência correspondentes a cada pilar.

A Tabela 6 determina o dimensionamento do peso da laje, do peso do revestimento correspondente e das cargas aplicadas em cada laje. Para o peso da laje foi utilizado o peso específico do concreto armado especificado na NBR 6120 (ABNT,2019) de 25 kN por metro cúbico e considerado a espessura da laje de 16cm conforme determinado no subtópico 5.2.1.

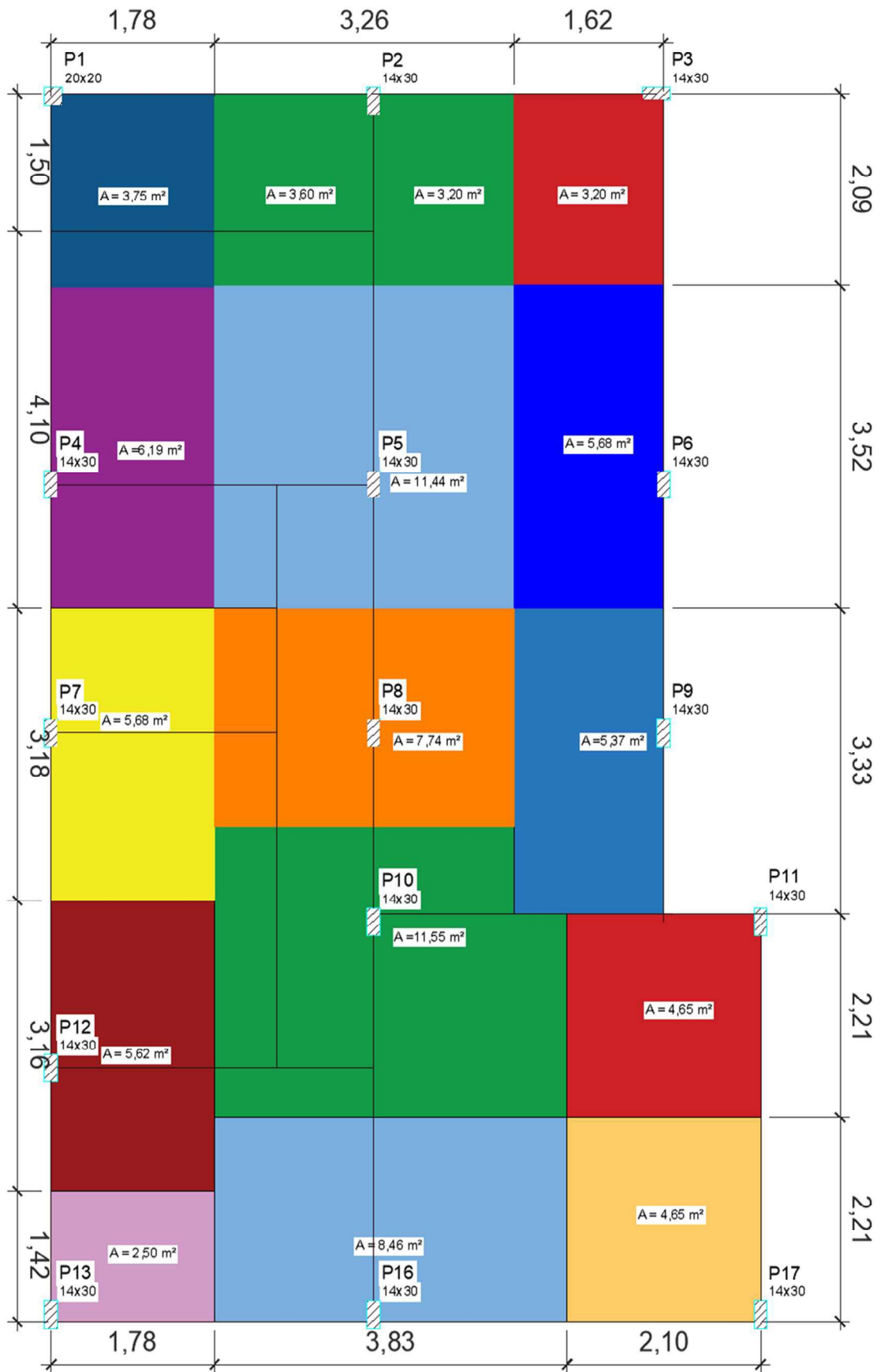
O peso correspondente ao revestimento é determinado considerando que será aplicado sobre o radier uma camada para regularização do contrapiso de argamassa de cimento e areia com espessura de 5cm e peso específico determinado pela NBR 6120 (ABNT, 2019) de 21 kN por metro cúbico.

O carregamento advindo das paredes foi determinado utilizando o peso específico para paredes em alvenaria de 10 centímetros e reboco em argamassa de 2,5 centímetros em cada lado, conforme a NBR 6120 (ABNT,2019) o carregamento considerado para as paredes foi de 2,35 kN por metro quadrado. Dessa forma foi calculada a área de paredes que estão apoiadas sobre cada laje considerando a altura das paredes com 2,85 metros e determinando a área desse carregamento no radier.

O valor adotado para as sobrecargas foi utilizado conforme a NBR 6120 (ABNT,2019) onde há um valor mínimo das cargas verticais para cada local. Para área de serviço, salas e cozinha o valor mínimo adotado para a sobrecarga é de 2,0 kN por metro quadrado. Em quartos, banheiros e corredores o valor mínimo para a sobrecarga é de 1,5 kN por metro quadrado. Para garagens e estacionamentos utiliza-se o valor de sobrecarga de 3 kN por metro quadrado.

Após a obtenção individual dos carregamentos parciais advindos da estrutura, do revestimento, das paredes, dos pilares e das sobrecargas os valores são somados para obtenção do carregamento total atuante em cada laje do radier discretizado.

Figura 36 - Área de influência dos pilares no radier



Fonte: Autores, 2019.

Tabela 6 – Cálculo do carregamento exercido nas lajes.

Laje	Peso próprio (kN/m ²)	Sobrecarga (kN/m ²)	Revestimento (kN/m ²)	Carregamento parede (kN/m ²)	Carregamento Pilares (kN/m ²)	Carregamento Total (kN/m ²)
L1	4,00	2,00	1,05	4,97	31,17	43,19
L2	4,00	2,00	1,05	4,71	50,86	62,62
L3	4,00	1,50	1,05	6,75	19,61	32,91
L4	4,00	1,50	1,05	12,15	16,21	34,91
L5	4,00	1,50	1,05	12,15	13,50	32,20
L6	4,00	1,50	1,05	9,24	47,34	63,13
L7	4,00	1,50	1,05	7,34	13,71	27,60
L8	4,00	3,00	1,05	2,74	38,03	48,82
L9	4,00	1,50	1,05	7,03	57,67	71,25

Fonte: Autores, 2019.

5.2.4 Condições de contorno e cálculo dos esforços

Após o cálculo e as verificações das áreas de aço e espaçamento é definida a bitola e espaçamento do aço a ser utilizado na armadura. A área da seção de barras da armadura passiva por unidade de comprimento (cm²/m) em bitolas padronizadas é determinada na Tabela 7.

Tabela 7 - Bitolas e espaçamento das barras

Espaçamento (cm)	Bitolas Ø (mm)					
	5,0	6,3	8,0	10,0	12,5	16,0
7,0	2,81	4,45	7,18	11,22	17,53	28,72
7,5	2,62	4,16	6,7	10,47	16,36	26,81
10,0	1,96	3,12	5,03	7,85	12,27	20,11
13,0	1,51	2,4	3,87	6,04	9,44	15,47
16,0	1,23	1,95	3,14	4,91	7,67	12,57
18,0	1,09	1,73	2,79	4,35	6,82	11,17
19,0	1,03	1,64	2,65	4,13	6,46	10,58
20,0	0,98	1,56	2,51	3,93	6,14	10,05

Fonte: Carvalho e Figueiredo Filho (2014)

Definida a bitola e espaçamento das armaduras faz-se adequação das barras para todo radier e posteriormente é feito o detalhamento da armadura positiva e negativa em toda a área da fundação. No próximo tópico demonstrado como é feito o cálculo dos momentos fletores e das áreas de aço para cada laje discretizada, de L1 até L9.

5.2.5 Cálculos dimensionamento

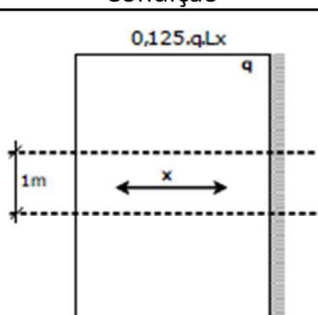
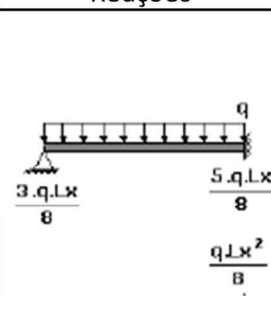
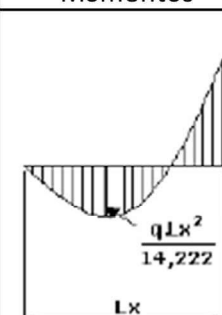
As lajes que formam todo o radier foram desmembradas e classificadas quanto suas dimensões para determinar em quais delas seriam necessário calcular a armadura para as duas direções e quais seriam calculadas apenas para uma direção, conforme apresentado na Tabela 2.

Após esta etapa faz a análise da condição de contorno da laje, determinando se ela possui lados engastados e quantos são. A condição de contorno determina a forma do cálculo do momento fletor e das reações nas extremidades das lajes de fundação.

Será demonstrado o roteiro de cálculo para uma laje 1D e uma laje 2D, sendo as demais lajes mostrando apenas os resultados por seguirem o mesmo procedimento de cálculo.

5.2.5.1 Procedimento de cálculo para a laje L1

Quadro 4 - Condição Laje L1 - 1D

Condição	Reações	Momentos
		
<p>Onde:</p> <p>q = Carregamento total aplicado na laje de fundação [KN].</p> <p>Lx = Menor dimensão da laje [m].</p>		

Fonte: Carvalho e Figueiredo Filho (2014).

$$M_x = \frac{43,19 \cdot 1,5^2}{14,222} = 6,833 \text{ KN.m/m} \quad (15)$$

$$KMD = \frac{1,4 \cdot 6,833 \cdot 10^6}{1000 \cdot 120^2 \cdot \frac{30}{1,4}} = 0,0310 \quad (16)$$

$$Kz = 0,966 \quad (17)$$

$$A_{s,principal} = \frac{1,4 \cdot 6,833 \cdot 10^4}{0,966 \cdot 120 \cdot \frac{500}{1,15}} = 1,898 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (18)$$

Tabela 8 - Armadura principal L1

M_x (kN.m/m)	KMD	Kz	$A_{s,calculada}$ (cm ² /m)	$A_{s,min}$ (cm ² /m)	$A_{s,adotada}$ (cm ² /m)
6,83	0,031	0,966	1,898	2,4	2,4

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 9 - Armadura principal L1

\varnothing (mm)	Espaçamento (cm)
6,3	13

Fonte: Autores, 2019.

$$A_{s,secundária} = 1,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

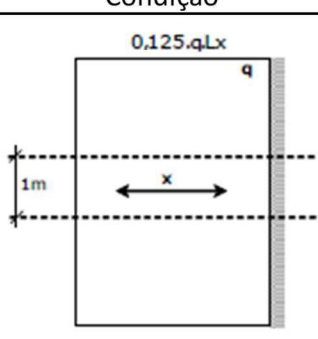
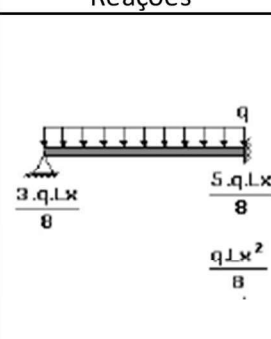
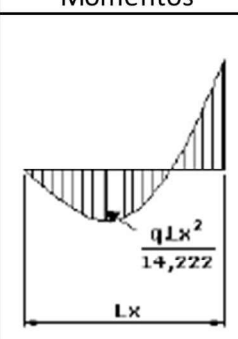
Tabela 10 - Armadura secundária L1

\varnothing (mm)	Espaçamento (cm)
5,0	16

Fonte: Autores, 2019.

Laje L2

Quadro 5 - Condição Laje L2 - 1D

Condição	Reações	Momentos
 <p>0,125.q.Lx</p> <p>q</p> <p>1m</p> <p>x</p>	 <p>q</p> <p>$\frac{3 \cdot q \cdot Lx}{8}$</p> <p>$\frac{5 \cdot q \cdot Lx}{8}$</p> <p>$\frac{q \cdot Lx^2}{8}$</p>	 <p>$\frac{q \cdot Lx^2}{14,222}$</p> <p>Lx</p>
<p>Onde:</p> <p>q = Carregamento total aplicado na laje de fundação [KN].</p> <p>Lx = Menor dimensão da laje [m].</p>		

Fonte: Carvalho e Figueiredo Filho (2014).

Tabela 11 - Armadura principal L1

M_x (kN.m/m)	KMD	Kz	$A_{s,calculada}$ (cm ² /m)	$A_{s,min}$ (cm ² /m)	$A_{s,adotada}$ (cm ² /m)
43,69	0,1982	0,8656	13,54	2,4	13,64

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 12 - Armadura principal L1

\varnothing (mm)	Espaçamento (cm)
12,5	9

Fonte: Autores, 2019.

$$A_{s,secundária} = 2,708 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Tabela 13 - Armadura secundária L1

\varnothing (mm)	Espaçamento (cm)
8,0	18

Fonte: Autores, 2019.

Laje L3

Quadro 6 - Condição Laje L3 – 2D

Condição				
l_x/l_y	m_x	m_y	M_x (kN.m/m)	M_y (kN.m/m)
0,8	33,8	18,6	8,41	4,63

Fonte: Carvalho e Figueiredo Filho (2014).

Armadura na direção X:

$$M_x = 0,001 \cdot q \cdot l^2 \cdot m_x \quad (19)$$

Onde:

M_x = Momento calculado na direção X [kN.m/m]

q = Carga total aplicada na laje de fundação [kN]

l = Menor dimensão da laje de fundação [m]

m_x = Esforço encontrado na tabela para lajes 2D.

$$M_x = 0,001 \cdot 32,91 \cdot 2,75^2 \cdot 33,80 = 8,41 \text{ kN.m/m} \quad (20)$$

$$KMD = \frac{1,4 \cdot 8,41 \cdot 10^6}{1000 \cdot 120^2 \cdot \frac{30}{1,4}} = 0,038 \quad (21)$$

$$K_z = 0,962 \quad (22)$$

$$A_{s,x} = \frac{1,4 \cdot 8,41 \cdot 10^4}{0,962 \cdot 120 \cdot \frac{500}{1,15}} = 2,346 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (23)$$

Tabela 14 - Armadura Direção X L3

Mx (kN.m/m)	KMD	Kz	$A_{s,calculada}$ (cm²/m)	$A_{s,min}$ (cm²/m)	$A_{s,adotada}$ (cm²/m)
8,41	0,038	0,962	2,346	2,4	2,4

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 15 - Armadura principal L1

Ø (mm)	Espaçamento (cm)
6,3	13

Fonte: Autores, 2019.

Armadura na direção Y:

$$M_y = 0,001 \cdot q \cdot l^2 \cdot m_y \quad (24)$$

Onde:

M_y = Momento calculado na direção Y [kN.m/m]

q = Carga total aplicada na laje de fundação [kN]

l = Menor dimensão da laje de fundação [m]

m_y = Esforço encontrado na tabela para lajes 2D.

$$M_y = 0,001 \cdot 32,91 \cdot 2,75^2 \cdot 18,60 = 4,63 \text{ kN.m/m} \quad (25)$$

$$KMD = \frac{1,4 \cdot 4,63 \cdot 10^6}{1000 \cdot 120^2 \cdot \frac{30}{1,4}} = 0,021 \quad (26)$$

$$Kz = 0,974 \quad (27)$$

$$A_{s,y} = \frac{1,4 \cdot 4,63 \cdot 10^4}{0,974 \cdot 120 \cdot \frac{500}{1,15}} = 1,275 \text{ cm}^2/\text{m} \quad (28)$$

Tabela 16 - Armadura Direção Y L3

M_y (kN.m/m)	KMD	Kz	$A_{s,calculada}$ (cm ² /m)	$A_{s,min}$ (cm ² /m)	$A_{s,adotada}$ (cm ² /m)
4,63	0,021	0,974	1,275	2,4	2,4

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 17 - Armadura principal L3

\emptyset (mm)	Espaçamento (cm)
6,3	13

Fonte: Autores, 2019.

Lajes L4 e L5

Quadro 7 - Condições lajes L4 e L5

Condição				
l_x/l_y	m_x	m_y	M_x (kN.m/m)	M_y (kN.m/m)
0,55	40,6	12,1	2,58	0,77

Fonte: Carvalho e Figueiredo Filho (2014).

Tabela 18 - Armadura Direção X L4 e L5

M_x (kN.m/m)	KMD	Kz	$A_{s,calculada}$ (cm ² /m)	$A_{s,mín}$ (cm ² /m)	$A_{s,adotada}$ (cm ² /m)
2,58	0,0117	0,9823	0,705	2,4	2,4

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 19 - Armadura principal X L4 e L5

\emptyset (mm)	Espaçamento (cm)
6,3	13

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 20 - Armadura Direção Y L4 e L5

M_y (kN.m/m)	KMD	Kz	$A_{s,calculada}$ (cm ² /m)	$A_{s,mín}$ (cm ² /m)	$A_{s,adotada}$ (cm ² /m)
0,77	0,004	0,992	0,21	2,4	2,4

Fonte: Autores, 2019.

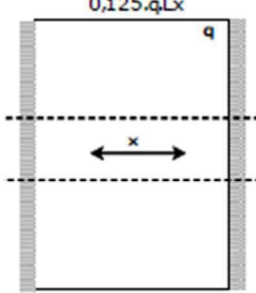
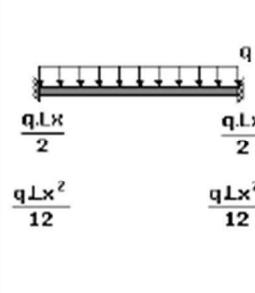
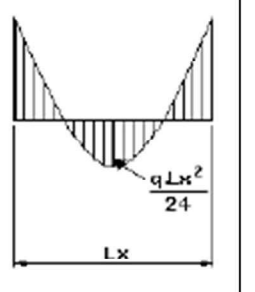
Tabela 21 - Armadura principal Y L4 e L5

\emptyset (mm)	Espaçamento (cm)
6,3	13

Fonte: Autores, 2019.

Laje L6

Quadro 8 - Condição Laje L6 - 1D

Condição	Reações	Momentos
		
<p>Onde:</p> <p>q = Carregamento total aplicado na laje de fundação. Lx = Menor dimensão da laje.</p>		

Fonte: Carvalho e Figueiredo Filho (2014).

Tabela 22 - Armadura principal L1

M_x (kN.m/m)	KMD	Kz	$A_{s,calculada}$ (cm ² /m)	$A_{s,min}$ (cm ² /m)	$A_{s,adotada}$ (cm ² /m)
2,90	0,013157	0,9808	0,7933	2,4	2,4

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 23 - Armadura principal L1

\emptyset (mm)	Espaçamento (cm)
6,3	13

Fonte: Autores, 2019.

$$A_{s,secundária} = 1,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Tabela 24 - Armadura secundária L1

\emptyset (mm)	Espaçamento (cm)
5,0	16

Fonte: Autores, 2019.

Laje L7

Quadro 9 - Condições lajes L7

Condição				
l_y/l_x	m_x	m_y	M_x (kN.m/m)	M_y (kN.m/m)
0,6	25,9	44,6	4,3	7,4

Fonte: Carvalho e Figueiredo Filho (2014).

Tabela 25 - Armadura Direção X L7

M_x (kN.m/m)	KMD	Kz	$A_{s,calculada}$ (cm ² /m)	$A_{s,min}$ (cm ² /m)	$A_{s,adotada}$ (cm ² /m)
4,30	0,01951	0,9755	1,183	2,4	2,4

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 26 - Armadura principal L7

\varnothing (mm)	Espaçamento (cm)
6,3	13

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 27 - Armadura Direção Y L7

M_y (kN.m/m)	KMD	Kz	$A_{s,calculada}$ (cm ² /m)	$A_{s,mín}$ (cm ² /m)	$A_{s,adotada}$ (cm ² /m)
7,40	0,03357	0,96495	2,058	2,4	2,4

Fonte: Autores, 2019.

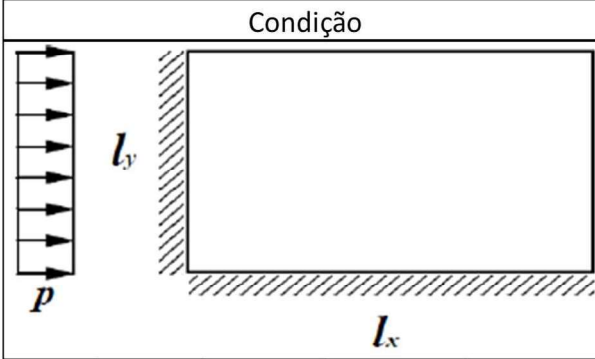
Tabela 28 - Armadura principal Y L7

\varnothing (mm)	Espaçamento (cm)
6,3	13

Fonte: Autores, 2019.

Laje L8

Quadro 10 - Condições lajes L8

Condição				
				
l_x/l_y	m_x	m_y	M_x (kN.m/m)	M_y (kN.m/m)
0,95	30,8	28,4	26,65	24,58

Fonte: Carvalho e Figueiredo Filho (2014).

Tabela 29 - Armadura Direção X L8

M_x (kN.m/m)	KMD	Kz	$A_{s,calculada}$ (cm ² /m)	$A_{s,mín}$ (cm ² /m)	$A_{s,adotada}$ (cm ² /m)
26,65	0,1209	0,916	7,802	2,4	7,85

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 30 - Armadura principal X L8

\varnothing (mm)	Espaçamento (cm)
10,0	10

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 31 - Armadura Direção Y L8

M_y (kN.m/m)	KMD	Kz	$A_{s,calculada}$ (cm ² /m)	$A_{s,min}$ (cm ² /m)	$A_{s,adotada}$ (cm ² /m)
24,575	0,1115	0,92143	7,156	2,4	7,18

Fonte: Autores, 2019.

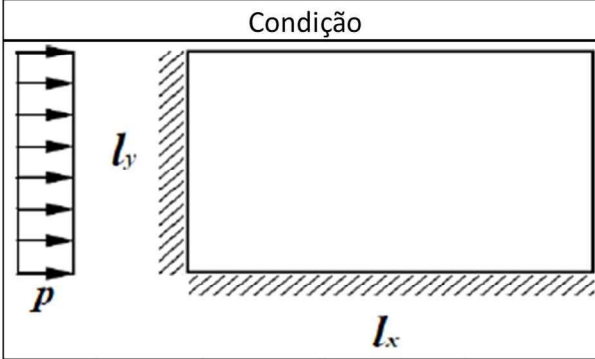
Tabela 32 - Armadura principal Y L8

\varnothing (mm)	Espaçamento (cm)
8,0	7

Fonte: Autores, 2019.

Laje L9

Quadro 11 - Condições lajes L9

Condição				
				
l_x/l_y	m_x	m_y	M_x (kN.m/m)	M_y (kN.m/m)
0,75	42,8	26,6	23,06	14,33

Fonte: Carvalho e Figueiredo Filho (2014).

Tabela 33 - Armadura Direção X L9

M_x (kN.m/m)	KMD	Kz	$A_{s,calculada}$ (cm ² /m)	$A_{s,min}$ (cm ² /m)	$A_{s,adotada}$ (cm ² /m)
23,06	0,1046	0,9252	6,688	2,4	6,70

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 34 - Armadura principal X L9

\varnothing (mm)	Espaçamento (cm)
10,0	19

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 35 - Armadura Direção Y L9

M_y (kN.m/m)	KMD	Kz	$A_{s,calculada}$ (cm ² /m)	$A_{s,min}$ (cm ² /m)	$A_{s,adotada}$ (cm ² /m)
14,33	0,065	0,9455	4,066	2,4	4,13

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 36 - Armadura principal Y L9

\varnothing (mm)	Espaçamento (cm)
10,0	19

Fonte: Autores, 2019.

Após a apresentação dos procedimentos de cálculo para lajes 1D as demais foram calculadas e foram obtidos os resultados demonstrados na Tabela 37. Determinadas as áreas de aço para a armadura principal de cada laje 1D foram selecionadas as bitolas e espaçamento das barras de aço, determinadas na Tabela 38, para cada direção de armação da laje.

Tabela 37 - Resultados lajes 1D

Lajes 1D	M_x (kN.m/m)	KMD	Kz	$A_{s,calc}$ (cm ² /m)	$A_{s,min}$ (cm ² /m)	$A_{s,adot.}$ (cm ² /m)
L1	6,83	0,031	0,966	1,90	2,40	2,40
L2	43,69	0,198	0,865	13,54	2,40	13,64
L6	2,90	0,013	0,98	0,79	2,40	2,40

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 38 - Armaduras obtidas lajes 1D

Lajes 1D	Armadura principal	Armadura Secundária
L1	\varnothing 6,3 mm c/13cm	\varnothing 5,0 c/16cm
L2	\varnothing 12,5mm c/9cm	\varnothing 8,0mm c/18cm
L6	\varnothing 6,3 c/13cm	\varnothing 5,0 c/16cm

Fonte: Autores, 2019.

As Tabela 39 e 40 mostram os resultados obtidos nos cálculos das armaduras para as lajes calculadas nas duas direções, primeiramente da armadura calculada para o eixo X e posteriormente para a armadura calculada para o eixo Y.

Tabela 39 - Resultados em X Lajes 2D

Lajes 2D	Mx (kN.m/m)	KMD	Kz	$A_{s,calc}$ (cm ² /m)	$A_{s,min}$ (cm ² /m)	$A_{s,adot.}$ (cm ² /m)	Armadura Direção X
L3	8,41	0,038	0,962	2,35	2,40	2,40	Ø6,3 c/13cm
L4	2,58	0,012	0,982	0,71	2,40	2,40	Ø6,3 c/13cm
L5	2,58	0,012	0,982	0,71	2,40	2,40	Ø6,3 c/13cm
L7	4,3	0,02	0,9755	1,183	2,4	2,4	Ø6,3 c/13cm
L8	26,65	0,121	0,916	7,802	2,4	7,85	Ø10,0 c/10cm
L9	23,06	0,105	0,9252	6,688	2,4	6,7	Ø10,0 c/19cm

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 40 - Resultados em Y Lajes 2D

Lajes 2D	My (kN.m/m)	KMD	Kz	$A_{s,calc}$ (cm ² /m)	$A_{s,min}$ (cm ² /m)	$A_{s,adot.}$ (cm ² /m)	Armadura Direção Y
L3	4,63	0,021	0,974	1,28	2,40	2,40	Ø6,3 c/13cm
L4	0,77	0,004	0,992	0,21	2,40	2,40	Ø6,3 c/13cm
L5	0,77	0,004	0,992	0,21	2,40	2,40	Ø6,3 c/13cm
L7	7,4	0,034	0,965	2,058	2,4	2,4	Ø6,3 c/13cm
L8	24,575	0,112	0,9214	7,156	2,4	7,18	Ø8,0 c/7cm
L9	14,33	0,065	0,9455	4,066	2,4	4,13	Ø10,0 c/19cm

Fonte: Autores, 2019.

Após a obtenção das reações e momentos aplicados em cada laje de fundação e calculada as áreas de aço correspondentes foram escolhidas as bitolas de aço a serem utilizadas com seus devidos espaçamentos, conforme a Tabela 7, de forma a atender os valores calculados.

Com as bitolas de aço escolhidas nas duas direções para cada laje de fundação foi calculado o quantitativo de aço a ser utilizado, demonstrado na Tabela 41. O cálculo do quantitativo é realizado considerando o peso específico por metro de cada bitola de aço. Com as medidas lineares detalhadas em projeto faz-se o cálculo para cada laje da metragem de barras de cada bitola a serem utilizadas e posteriormente é calculado o peso total utilizado de cada tipo de barra.

Tabela 41 - Quantitativos

QUANTIDADE DE AÇO		
Ø	Comprimento (m)	Peso (Kg)
5.0	103,20	16,51
6.3	687,95	171,99
8.0	29178,98	71,59
10.0	495,98	312,47
12.5	365,00	365,00
	CA – 50 TOTAL + 10%	1013,50
	CA – 60 TOTAL	16,51

Fonte: Autores, 2019.

6 CONCLUSÃO

O intuito deste trabalho foi dimensionar uma fundação do tipo radier de uma casa residencial com um pavimento para o perfil do solo da região de Anápolis.

O solo da região sudeste apresenta um nível de água elevado com predominância de um solo fino e NSPT crescente, o que torna possível ser feita esse tipo de fundação devido a residência possuir uma baixa carga aplicada ao solo.

A escolha desse tipo de fundação possui uma execução simples e rápida não necessitando de mão de obra especializada, logo para construções de baixo custo, residências populares, sua utilização é constantemente recomendada.

O dimensionamento do radier foi feito utilizando as cargas que a estrutura aplicará, somadas com as sobrecargas e carregamento das paredes. O carregamento advindo dos pilares foi obtido através do projeto estrutural gerado para a edificação, então foi realizada a análise das áreas de influência das cargas dos pilares na laje de fundação conforme demonstrado no tópico 5.2.3. Então para cada pilar a carga aplicada foi dividida por sua área de influência, determinando a carga em kN por metro quadrado que cada pilar exercerá na fundação.

O radier foi dividido em lajes menores correspondentes a cada cômodo da residência, resultando em nove lajes de fundação que foram calculadas separadamente de acordo com o resultante de todas as cargas aplicadas em cada uma.

De acordo com o que foi apresentado, entende-se que as metas foram atingidas, utilizando o método de cálculo de lajes maciças no dimensionamento da fundação do tipo radier fazendo analogia ao método da grelha, com resultados satisfatórios.

A análise feita mostrou que mesmo com o solo de consistência mole, o radier é suportado devendo apenas ser dada atenção quanto ao recalque por adensamento, algo que pode ser estudado em trabalhos futuros como também um orçamento comparando-se o radier com outro tipo de fundação superficial.

O solo influencia o radier de modo que quanto menor sua tensão admissível mais ele torna esta fundação onerosa, pelo fato de se aumentar a rigidez de acordo com os métodos citados no tópico 2.5.1.

Conclui-se que para o dimensionamento de um radier ainda se possui alguns obstáculos, como por exemplo uma normativa brasileira específica. Embora haja semelhança com o dimensionamento de lajes maciças de concreto armado para o cálculo do radier devem ser considerados outros parâmetros como a reação do solo e as cargas advindas da estrutura. Mesmo que se tenha normas estrangeiras para a fundamentação dos cálculos, como por

exemplo a ACI 360R-92, tais normas não asseguram de que se fazendo em um país com métodos construtivos diferenciados e uma região com solos diferentes o cálculo, dimensionamento e execução do radier será correto e eficaz.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto e execução de Fundações: **NBR6122**. 2010
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento: **NBR6118**. 2014
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cargas para o cálculo de estruturas e edificações: **NBR6120**. 2019
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio: **NBR6484**. 2001
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Prova de carga direta sobre terreno de fundação: **NBR6489**. 1984
- ALMEIDA, L.C. **Laje Sobre Solo para Fundação de Residências**, 2001. Dissertação de Mestrado da UNICAMP/FEC.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE – ACI. **Design of slabs on grade** (ACI 360R-92), 1997.
- ALEXANDRE JÚNIOR, Mário César. Coeficientes de recalque horizontal e vertical do solo. [S.L.], 2012. Disponível em: <<http://faq.altoqi.com.br/content/174/1045/pt-br/coeficientes-de-recalque-horizontal-e-vertical-do-solo.html>> . Acesso em: out. 2019.
- BARBOZA, Aline da Silva Ramos. Contribuição à análise estrutural de sistemas lajes: vigas de concreto armado mediante analogia de grelha. 1992. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, 1992. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/ees/alramos/resumos.html#alramos92>>. Acesso em: 30 ago. 2019.
- BERBERIAN, Dickran. **Engenharia de fundações**. Brasília: Geotech Press, 2015.
- CAMPOS, J. C. Elementos de fundações em concreto. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
- CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e suas Aplicações: Fundamentos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 1988.
- CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO, Jasson Rodrigues de. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado segundo a NBR 6118:2003. São Carlos, SP: 2007
- CUNHA, Ana Paula Montserrate de Melo; SANTOS, Laysa Jhesica Leal dos. **Viaduto da av. brasil - Anápolis - GO - Um estudo das condições geomorfológicas**. 2017. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, UniEvangelica, Anápolis, 2017.
- DÉCOURT, L. Investigações geotécnicas. In: Hachich et Al. Fundações: Teoria e Prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 2009.

D-GEO GEOLOGIA E AMBIENTAL. 00: Relatório de sondagens a percussão. 00 ed. São Paulo: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense, 2012. 26 p. Disponível em: <<http://dap.ifc.edu.br/wp-content/uploads/sites/11/2014/06/RSPT-Relat%C3%B3rio-de-Sondagens-SPT-Brusque.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

DÓRIA, L. E. S. **Projeto de estrutura de fundação em concreto do tipo radier**. 2007. 108p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Alagoas. Maceió, 2007.

FARIA, R. Fundações: **Radier**. São Paulo: ed. Pini. Equipe de Obra N. 83, 01 mai. 2015.

HACHICH, Waldemar; FALCONI, Frederico F.; SAES, José Luiz. **Fundações: Teoria e Prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2009.

LIMA, Eduardo Campos. **Radiers: Conheça as etapas de execução das fundações rasas de concreto armado, reforçado com fibras ou protendido**. 2011. Disponível em: <<http://equipedeobra17.pini.com.br/construcao-reforma/42/fundacoes-radiers-241672-1.aspx>>. Acesso em: ago. 2019.

MANTUANO, Raphael Martins. **Comparação entre os métodos de dimensionamento e influência do processo executivo no comportamento de estacas hélice**. 2013. 87 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, UFRJ, Rio de Janeiro, 2013.

NETO, Antonio Dias Ferraz Nápoles; VARGAS, Milton. História das fundações. In: NETO. A et al. **Fundações: Teoria e Prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2012. p. 17-50.

PACHECO, Thiago Mendonça. **Análise comparativa de custos entre o radier e fundação em sapata corrida utilizadas em obras de padrão popular de quatro pavimentos no município de Feira de Santana, Bahia**. 2010. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2010.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

PORDEUS, Victor Costa. Viabilidade econômica da utilização dos radiers na construção de habitações de pequeno porte. 2009. 124 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, 2009. Disponível em: <http://www.deecc.ufc.br/Download/Projeto_de_Graduacao/2009/Viabilidade%20Economicada%20Utilizacao%20dos%20Radiers%20na%20Construcao%20de%20Habitacoes%20de%20Pequeno%20Porte.pdf>. Acesso em: ago. 2019.

QUARESMA, Arthur Rodrigues; Danziger, Fernando. Investigações Geotécnicas. In: NETO. A et al. **Fundações: Teoria e Prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2012. p. 119-156.

SCHNAID, Fernando; ODEBRECHT, Edgar. **Ensaio de Campo**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

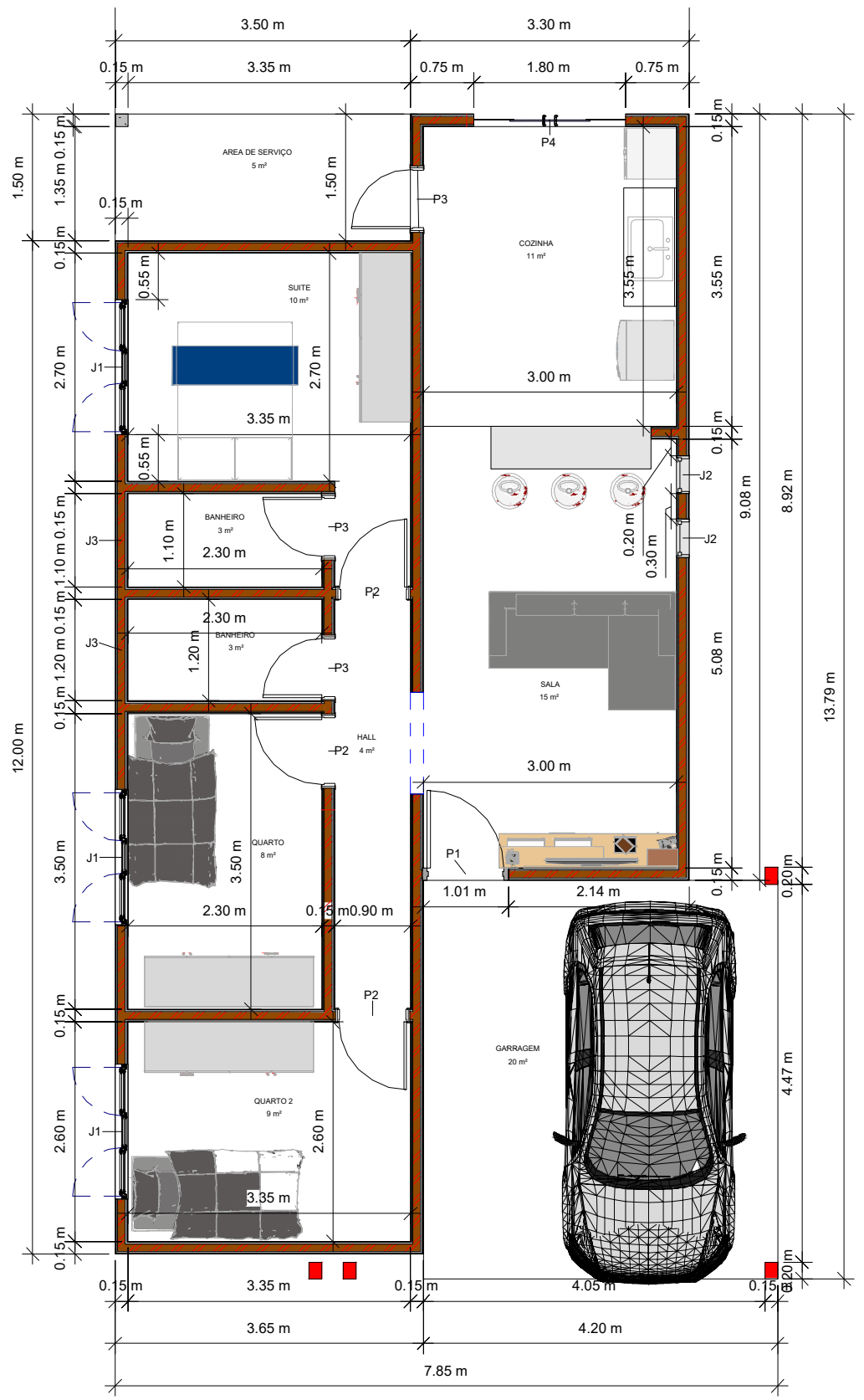
SOUZA, FÁBIO ALBINO DE (São Paulo). Cimento Itambé. **Para cada tipo de solo, um tipo de radier**: Para projetar e dimensionar esse tipo de laje, é preciso fazer o equilíbrio entre cálculo estrutural e análise do terreno onde ele será construído. Massa Cinzenta, São Paulo, 11 dez. 2013. Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/para-cada-tipo-de-solo-um-tipo-de-radier/>>. Acesso em: 30 abr. 2019

TEIXEIRA, Alberto Henriques; GODOY, Nelson Silveira de. **Análise, Projeto E Execução De Fundações Rasas**. In: NETO. A et al. Fundações: Teoria e Prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 2012. p. 227-264.

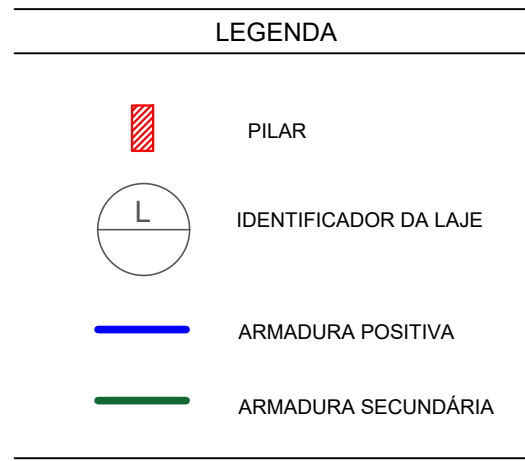
TIZOTT, Rafael Mallmann. **Comparação do custo benefício entre dois tipos de fundações: sapata rígida e radier**. 2013. 117 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013. Disponível em: <<file:///D:/marco/Downloads/TCC%20Rafael%20Mallmann%20Tizott.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

VELLOSO, Dirceu de Alencar.; LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações**: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. Concepção de Obras de Fundações. In: NETO. A et al. Fundações: Teoria e Prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 2012. p. 211-226.

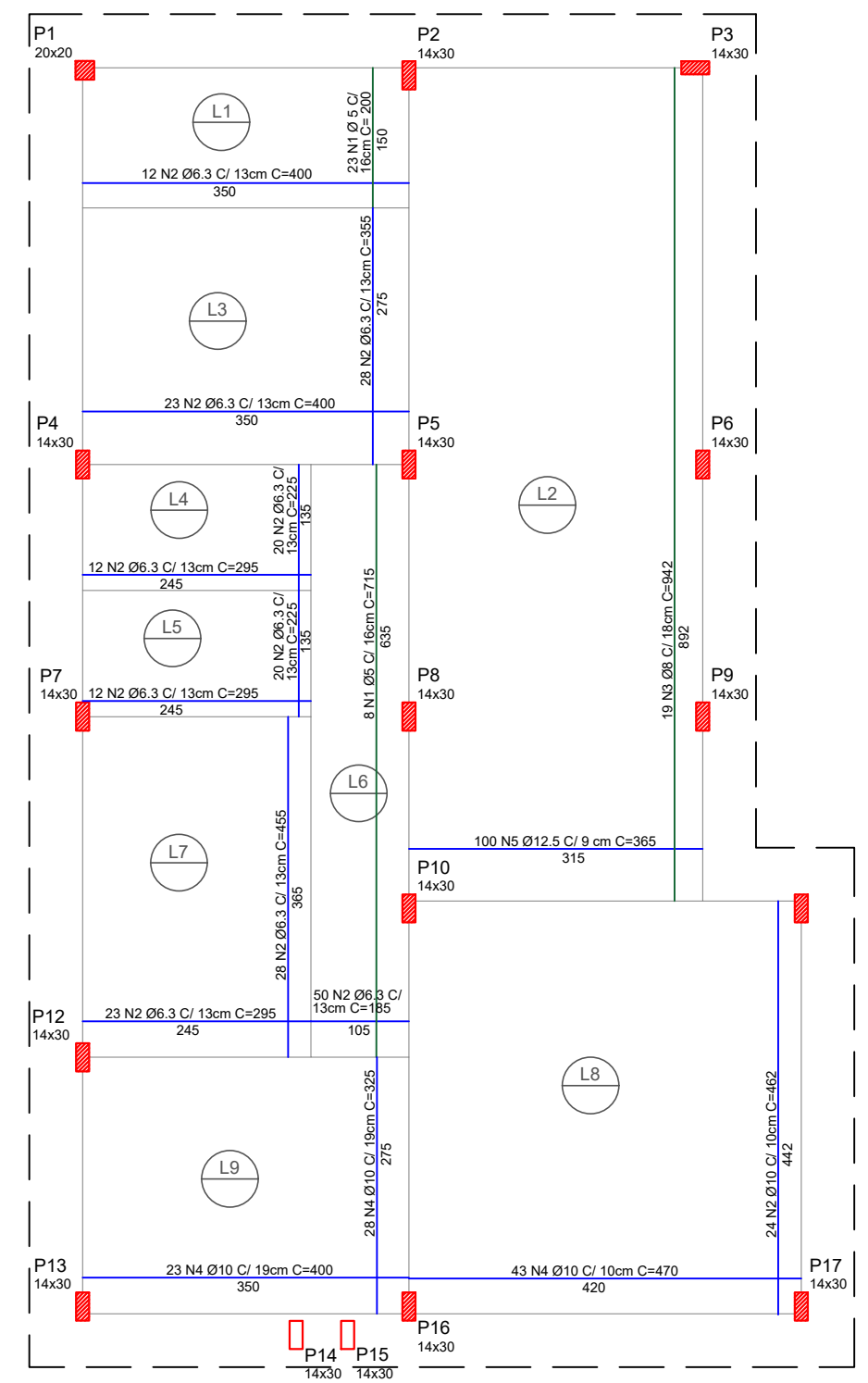


PLANTA BAIXA
1:75



QUANTIDADE DE AÇO

Ø	Comprimento (m)	Peso (Kg)
5.0	103,20	16,51
6.3	687,95	171,99
8.0	178,98	71,59
10.0	495,98	312,47
12.5	365,00	365,00
CA-50 TOTAL + 10%		1013,15
CA-60 TOTAL		16,51



DETALHAMENTO ARMADURA POSITIVA E SECUNDÁRIA
1:75

APÊNDICE - A

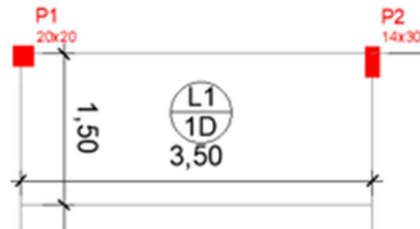
EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL - ESTUDO DIMENSIONAMENTO RADIER

AUTORES:		1 1
ALEXANDER SANTOS DE MOURA MARCOS VINICIUS BORGES FRAZÃO		
ENDEREÇO:		
BAIRRO JUNDIAÍ, ANÁPOLIS -GO		
DATA:	ESCALA:	
DEZ/2019	INDICADA	

Apêndice B – Memorial de Cálculo

Laje L1

Dimensão:



$$\frac{3,50}{1,50} = 2,33 > 2 \therefore \text{Laje 1D}$$

Espessura definida de acordo com o item 13.2.4.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014) = 16cm.

Carregamentos:

Peso próprio:

$$Peso_{próprio} = Espessura * \gamma_{conc.armado}$$

$$Peso_{próprio} = 0,16 * 25$$

$$P_p = \frac{4 \text{ kN}}{\text{m}^2}$$

Sobrecarga:

Definida de acordo com a NBR 6120 (ABNT, 2019), para área de serviço = 2,0 kN/m²

Carregamento Revestimento:

Camada de 5cm de argamassa de cimento e areia $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$

$$Revestimento = 0,05 * 21$$

$$Revestimento = \frac{1,05 \text{ kN}}{\text{m}^2}$$

Carregamento Paredes:

Parede com 15cm acabada. Bloco de concreto = 10cm.

Argamassa = 5cm.

$$\gamma_{parede} = (0,10 * 13) + (0,05 * 21)$$

$$\gamma_{par} = 2,35 \text{ kN/m}^2$$

$$Carga = \frac{\gamma_{parede} * h_{parede} * Dimensões_{parede}}{\text{Área da laje}}$$

$$Carga = \frac{2,35 * 2,85 * (3,35 + 0,55)}{3,5 * 1,5} = 4,97 \text{ kN/m}^2$$

Carregamento Pilares:

$$Carregamento_{Pilar} = \frac{Carga \text{ Pilar em kN}}{\text{Área de influência na laje}}$$

$$P_1 = \frac{45,11}{2,625} = 17,19 \text{ kN/m}^2$$

$$P_2 = \frac{(71,58 \div 2)}{2,56} = 13,98 \text{ kN/m}^2$$

$$Total_{pilares} = 31,17 \text{ kN/m}^2$$

$$Carregamento_{Total} = 43,19 \text{ kN/m}^2$$

Momento e Área de aço:

$$M_x = \frac{43,19 * 1,5^2}{14,222} = 6,833 \text{ kN.m/m}$$

$$KMD = 0,031$$

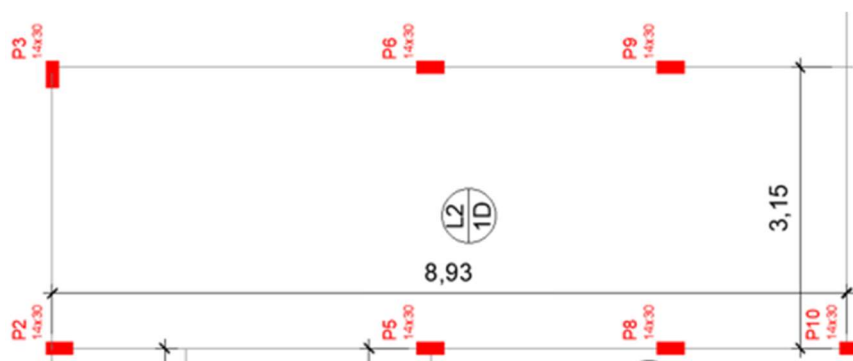
$$K_z = 0,966$$

$$A_{s,principal} = \frac{1,4 * 6,833 * 10^4}{0,966 * 120 * \frac{500}{1,15}} = 1,898 \text{ cm}^2/m$$

$$A_{s,secundária} = 1,2 \text{ cm}^2/m$$

Laje L2

Dimensão:



$$\frac{8,93}{3,15} = 2,83 > 2 \therefore \text{Laje 1D}$$

Espessura definida de acordo com o item 13.2.4.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014) = 16cm.

Carregamentos:

Peso próprio:

$$Peso_{próprio} = Espessura * \gamma_{conc.armado}$$

$$Peso_{próprio} = 0,16 * 25$$

$$P_p = \frac{4 \text{ kN}}{m^2}$$

Sobrecarga:

Definida de acordo com a NBR 6120 (ABNT, 2019), para
cozinha = 2,0 kN/m²

Carregamento Revestimento:

Camada de 5cm de argamassa de cimento e areia $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$

$$Revestimento = 0,05 * 21$$

$$Revestimento = \frac{1,05 \text{ kN}}{m^2}$$

Carregamento Paredes:

Parede com 15cm acabada. Bloco de concreto = 10cm.

Argamassa = 5cm.

$$\gamma_{parede} = (0,10 * 13) + (0,05 * 21)$$

$$\gamma_{parede} = 2,35 \text{ kN/m}^2$$

$$Carga = \frac{\gamma_{parede} * h_{parede} * Dimensões_{parede}}{\text{Área da laje}}$$

$$Carga = 4,71 \text{ kN/m}^2$$

Carregamento Pilares:

$$Carregamento_{Pilar} = \frac{\text{Carga Pilar em kN}}{\text{Área de influência na laje}}$$

$$P_2 = \frac{(71,58 \div 2)}{2,56} = 13,98 \text{ kN/m}^2$$

$$P_3 = \frac{37,27}{3,2} = 11,65 \text{ kN/m}^2$$

$$P_6 = \frac{50}{5,68} = 8,80 \text{ kN/m}^2$$

$$P_9 = \frac{40,21}{5,37} = 7,49 \text{ kN/m}^2$$

$$P_5 = \frac{(106,89 \div 2)}{5,72} = 9,34 \text{ kN/m}^2$$

$$P_8 = \frac{(50 \div 2)}{3,87} = 6,46 \text{ kN/m}^2$$

$$Total_{pilares} = 50,86 \text{ kN/m}^2$$

$$Carregamento_{Total} = 62,62 \text{ kN/m}^2$$

Momento e Área de aço:

$$M_x = \frac{62,62 * 3,15^2}{14,222} = 43,69 \text{ kN.m/m}$$

$$KMD = 0,198$$

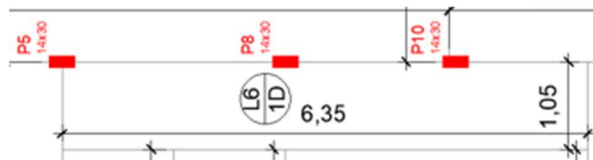
$$K_z = 0,8656$$

$$A_{s,principal} = \frac{1,4 * 43,69 * 10^4}{0,8656 * 120 * \frac{500}{1,15}} = 13,54 \text{ cm}^2/m$$

$$A_{s,secundária} = 2,708 \text{ cm}^2/m$$

Laje L6

Dimensão:



$$\frac{6,35}{1,05} = 6,05 > 2 \therefore \text{Laje 1D}$$

Espessura definida de acordo com o item 13.2.4.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014) = 16cm.

Carregamentos:

Peso próprio:

$$Peso_{próprio} = Espessura * \gamma_{conc.armado}$$

$$Peso_{próprio} = 0,16 * 25$$

$$P_p = \frac{4 \text{ kN}}{m^2}$$

Sobrecarga:

Definida de acordo com a NBR 6120 (ABNT, 2019), para
cozinha = 2,0 kN/m²

Carregamento Revestimento:

Camada de 5cm de argamassa de cimento e areia $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$

$$Revestimento = 0,05 * 21$$

$$Revestimento = \frac{1,05 \text{ kN}}{m^2}$$

Carregamento Paredes:

Parede com 15cm acabada. Bloco de concreto = 10cm.

Argamassa = 5cm.

$$\gamma_{parede} = (0,10 * 13) + (0,05 * 21)$$

$$\gamma_{parede} = 2,35 \text{ kN/m}^2$$

$$Carga = \frac{\gamma_{parede} * h_{parede} * Dimensões_{parede}}{Área da laje}$$

$$Carga = 9,24 \text{ kN/m}^2$$

Carregamento Pilares:

$$Carregamento_{Pilar} = \frac{Carga \text{ Pilar em kN}}{Área de influência na laje}$$

$$Total_{pilares} = 47,34 \text{ kN/m}^2$$

$$Carregamento_{Total} = 63,13 \text{ kN/m}^2$$

Momento e Área de aço:

$$M_x = \frac{63,13 * 1,05^2}{24} = 2,90 \text{ kN.m/m}$$

$$KMD = 0,01315$$

$$K_z = 0,9808$$

$$A_{s,principal} = \frac{1,4 * 2,9 * 10^4}{0,9808 * 120 * \frac{500}{1,15}} = 0,7933 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} < A_{s,min} \therefore A_s = 2,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,secundária} = 1,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Laje L3

$$\frac{3,5}{2,75} = 1,27 < 2 \therefore \text{Laje 2D}$$

Espessura definida de acordo com o item 13.2.4.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014) = 16cm.

Carregamentos:

Peso próprio:

$$Peso_{próprio} = Espessura * \gamma_{conc.armado}$$

$$Peso_{próprio} = 0,16 * 25$$

$$P_p = \frac{4 \text{ kN}}{\text{m}^2}$$

Sobrecarga:

Definida de acordo com a NBR 6120 (ABNT, 2019), para sala e quartos = 1,5 kN/m²

Carregamento Revestimento:

Camada de 5cm de argamassa de cimento e areia $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$

$$Revestimento = 0,05 * 21$$

$$Revestimento = \frac{1,05 \text{ kN}}{\text{m}^2}$$

Carregamento Paredes:

Parede com 15cm acabada. Bloco de concreto = 10cm.

Argamassa = 5cm.

$$\gamma_{parede} = (0,10 * 13) + (0,05 * 21)$$

$$\gamma_{parede} = 2,35 \text{ kN/m}^2$$

$$Carga = \frac{\gamma_{parede} * h_{parede} * Dimensões_{parede}}{\text{Área da laje}}$$

$$Carga = 6,75 \text{ kN/m}^2$$

Carregamento Pilares:

$$Carregamento_{Pilar} = \frac{Carga \text{ Pilar em kN}}{\text{Área de influência na laje}}$$

$$Total_{pilares} = 19,61 \text{ kN/m}^2$$

$$Carregamento_{Total} = 32,91 \text{ kN/m}^2$$

Momento e Área de aço:

Condição				
lx/ly	mx	my	Mx (kN.m/m)	My (kN.m/m)
0,8	33,8	18,6	8,41	4,63

Armadura na direção X:

$$M_x = 0,001 \cdot q \cdot l^2 \cdot mx$$

$$M_x = 0,001 \cdot 32,91 \cdot 2,75^2 \cdot 33,80 = 8,41 \text{ kN.m/m}$$

$$KMD = \frac{1,4 \cdot 8,41 \cdot 10^6}{1000 \cdot 120^2 \cdot \frac{30}{1,4}} = 0,038$$

$$K_z = 0,962$$

$$A_{s,x} = \frac{1,4 \cdot 8,41 \cdot 10^4}{0,962 \cdot 120 \cdot \frac{500}{1,15}} = 2,346 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Armadura na direção Y:

$$M_y = 0,001 \cdot q \cdot l^2 \cdot m_y$$

$$M_y = 0,001 \cdot 32,91 \cdot 2,75^2 \cdot 18,60 = 4,63 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$$

$$KMD = \frac{1,4 \cdot 4,63 \cdot 10^6}{1000 \cdot 120^2 \cdot \frac{30}{1,4}} = 0,021$$

$$K_z = 0,974$$

$$A_{s,y} = \frac{1,4 \cdot 4,63 \cdot 10^4}{0,974 \cdot 120 \cdot \frac{500}{1,15}} = 1,275 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{s,min} \therefore A_s = 2,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Laje L4 e L5

$$\frac{2,45}{1,35} = 1,81 < 2 \therefore \text{Laje 2D}$$

Espessura definida de acordo com o item 13.2.4.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014) = 16cm.

Carregamentos:

Peso próprio:

$$Peso_{próprio} = Espessura \cdot \gamma_{conc.armado}$$

$$Peso_{próprio} = 0,16 \cdot 25$$

$$P_p = \frac{4 \text{ kN}}{\text{m}^2}$$

Sobrecarga:

Definida de acordo com a NBR 6120 (ABNT, 2019), para sala e quartos = 1,5 kN/m²

Carregamento Revestimento:

Camada de 5cm de argamassa de cimento e areia $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$

$$\text{Revestimento} = 0,05 * 21$$

$$\text{Revestimento} = \frac{1,05 \text{ kN}}{\text{m}^2}$$

Carregamento Paredes:

Parede com 15cm acabada. Bloco de concreto = 10cm.

Argamassa = 5cm.

$$\gamma_{\text{parede}} = (0,10 * 13) + (0,05 * 21)$$

$$\gamma_{\text{parede}} = 2,35 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Carga} = \frac{\gamma_{\text{parede}} * h_{\text{parede}} * \text{Dimensões}_{\text{parede}}}{\text{Área da laje}}$$

$$\text{Carga} = 12,15 \text{ kN/m}^2$$

Carregamento Pilares:

$$\text{Carregamento}_{\text{Pilar}} = \frac{\text{Carga Pilar em kN}}{\text{Área de influência na laje}}$$

$$\text{Total}_{\text{pilares}} = 16,21 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Carregamento}_{\text{Total}} = 34,91 \text{ kN/m}^2$$

Momento e Área de aço:

Condição				
lx/ly	mx	my	Mx (kN.m/m)	My (kN.m/m)
0,55	40,6	12,1	2,58	0,77

Armadura na direção X:

$$M_x = 0,001 \cdot q \cdot l^2 \cdot mx$$

$$M_x = 0,001 \cdot 34,91 \cdot 1,35^2 \cdot 40,6 = 2,58 \text{ kN.m/m}$$

$$KMD = \frac{1,4 \cdot 2,58 \cdot 10^6}{1000 \cdot 120^2 \cdot \frac{30}{1,4}} = 0,0117$$

$$K_z = 0,9823$$

$$A_{s,x} = \frac{1,4 \cdot 2,58 \cdot 10^4}{0,9826 \cdot 120 \cdot \frac{500}{1,15}} = 0,705 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{s,min} \therefore A_s = 2,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Armadura na direção Y:

$$M_y = 0,001 \cdot q \cdot l^2 \cdot my$$

$$M_y = 0,001 \cdot 34,91 \cdot 1,35^2 \cdot 12,1 = 0,77 \text{ kN.m/m}$$

$$KMD = \frac{1,4 \cdot 0,77 \cdot 10^6}{1000 \cdot 120^2 \cdot \frac{30}{1,4}} = 0,004$$

$$K_z = 0,992$$

$$A_{s,y} = \frac{1,4 \cdot 0,77 \cdot 10^4}{0,992 \cdot 120 \cdot \frac{500}{1,15}} = 0,21 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{s,min} \therefore A_s = 2,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Laje 8

$$\frac{4,21}{4,43} = 0,95 < 2 \therefore \text{Laje 2D}$$

Espessura definida de acordo com o item 13.2.4.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014) = 16cm.

Carregamentos:

Peso próprio:

$$Peso_{próprio} = Espessura * \gamma_{conc.armado}$$

$$Peso_{próprio} = 0,16 * 25$$

$$P_p = \frac{4 \text{ kN}}{\text{m}^2}$$

Sobrecarga:

Definida de acordo com a NBR 6120 (ABNT, 2019), para garagem = 3 kN/m²

Carregamento Revestimento:

Camada de 5cm de argamassa de cimento e areia $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$

$$Revestimento = 0,05 * 21$$

$$Revestimento = \frac{1,05 \text{ kN}}{\text{m}^2}$$

Carregamento Paredes:

Parede com 15cm acabada. Bloco de concreto = 10cm.

Argamassa = 5cm.

$$\gamma_{parede} = (0,10 * 13) + (0,05 * 21)$$

$$\gamma_{parede} = 2,35 \text{ kN/m}^2$$

$$Carga = \frac{\gamma_{parede} * h_{parede} * Dimensões_{parede}}{\text{Área da laje}}$$

$$Carga = 2,74 \text{ kN/m}^2$$

Carregamento Pilares:

$$\text{Carregamento}_{\text{Pilar}} = \frac{\text{Carga Pilar em kN}}{\text{Área de influência na laje}}$$

$$\text{Total}_{\text{pilares}} = 38,03 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Carregamento}_{\text{Total}} = 48,82 \text{ kN/m}^2$$

Momento e Área de aço:

Condição				
lx/ly	mx	my	Mx (kN.m/m)	My (kN.m/m)
0,95	30,8	28,4	26,65	24,58

Armadura na direção X:

$$M_x = 0,001 \cdot q \cdot l^2 \cdot m_x$$

$$M_x = 0,001 \cdot 48,82 \cdot 4,21^2 \cdot 30,8 = 26,651 \text{ kN.m/m}$$

$$KMD = \frac{1,4 \cdot 26,651 \cdot 10^6}{1000 \cdot 120^2 \cdot \frac{30}{1,4}} = 0,1209$$

$$K_z = 0,916$$

$$A_{s,x} = \frac{1,4 \cdot 26,65 \cdot 10^4}{0,916 \cdot 120 \cdot \frac{500}{1,15}} = 7,802 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Armadura na direção Y:

$$M_y = 0,001 \cdot q \cdot l^2 \cdot m_y$$

$$M_y = 0,001 \cdot 48,82 \cdot 4,21^2 \cdot 28,4 = 24,575 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$$

$$KMD = \frac{1,4 \cdot 24,575 \cdot 10^6}{1000 \cdot 120^2 \cdot \frac{30}{1,4}} = 0,1115$$

$$K_z = 0,92143$$

$$A_{s,y} = \frac{1,4 \cdot 24,575 \cdot 10^4}{0,92143 \cdot 120 \cdot \frac{500}{1,15}} = 7,156 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Laje L9

$$\frac{3,5}{2,75} = 1,05 < 2 \therefore \text{Laje 2D}$$

Espessura definida de acordo com o item 13.2.4.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014) = 16cm.

Carregamentos:

Peso próprio:

$$Peso_{próprio} = Espessura \cdot \gamma_{conc.armado}$$

$$Peso_{próprio} = 0,16 \cdot 25$$

$$P_p = \frac{4 \text{ kN}}{\text{m}^2}$$

Sobrecarga:

Definida de acordo com a NBR 6120 (ABNT, 2019), para sala e quartos = 1,5 kN/m²

Carregamento Revestimento:

Camada de 5cm de argamassa de cimento e areia $\gamma = 21 \text{ kN}/\text{m}^3$

$$Revestimento = 0,05 \cdot 21$$

$$Revestimento = \frac{1,05 \text{ kN}}{\text{m}^2}$$

Carregamento Paredes:

Parede com 15cm acabada. Bloco de concreto = 10cm.
 Argamassa = 5cm.

$$\gamma_{parede} = (0,10 * 13) + (0,05 * 21)$$

$$\gamma_{parede} = 2,35 \text{ kN/m}^2$$

$$Carga = \frac{\gamma_{parede} * h_{parede} * Dimensões_{parede}}{\text{Área da laje}}$$

$$Carga = 7,03 \text{ kN/m}^2$$

Carregamento Pilares:

$$Carregamento_{Pilar} = \frac{Carga \text{ Pilar em kN}}{\text{Área de influência na laje}}$$

$$Total_{pilares} = 57,67 \text{ kN/m}^2$$

$$Carregamento_{Total} = 71,25 \text{ kN/m}^2$$

Momento e Área de aço:

Condição				
lx/ly	mx	my	Mx (kN.m/m)	My (kN.m/m)
0,75	42,8	26,6	23,06	14,33

Armadura na direção X:

$$M_x = 0,001 \cdot q \cdot l^2 \cdot mx$$

$$M_x = 0,001 \cdot 71,25 \cdot 2,75^2 \cdot 42,8 = 23,06 \text{ kN.m/m}$$

$$KMD = \frac{1,4 \cdot 23,06 \cdot 10^6}{1000 \cdot 120^2 \cdot \frac{30}{1,4}} = 0,1046$$

$$K_z = 0,9252$$

$$A_{s,x} = \frac{1,4 \cdot 23,06 \cdot 10^4}{0,9252 \cdot 120 \cdot \frac{500}{1,15}} = 6,68 \text{ cm}^2/m$$

Armadura na direção Y:

$$M_y = 0,001 \cdot q \cdot l^2 \cdot m_y$$

$$M_y = 0,001 \cdot 71,25 \cdot 2,75^2 \cdot 26,6 = 14,33 \text{ kN.m/m}$$

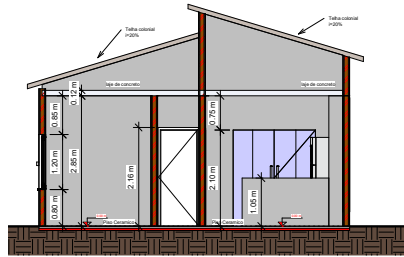
$$KMD = \frac{1,4 \cdot 14,33 \cdot 10^6}{1000 \cdot 120^2 \cdot \frac{30}{1,4}} = 0,065$$

$$K_z = 0,9455$$

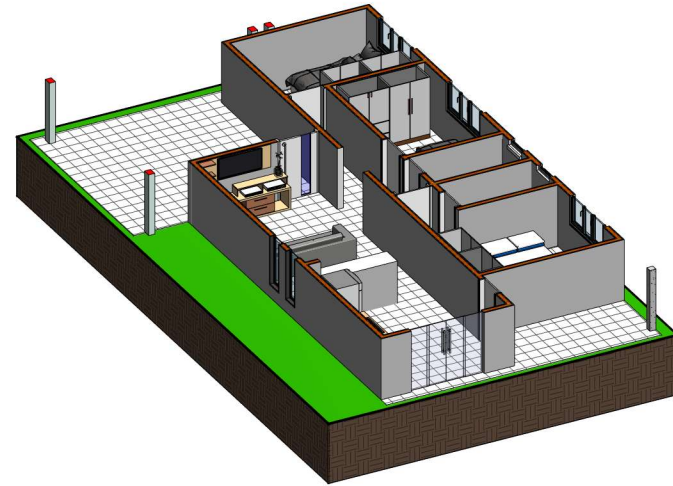
$$A_{s,y} = \frac{1,4 \cdot 14,33 \cdot 10^4}{0,9455 \cdot 120 \cdot \frac{500}{1,15}} = 4,066 \text{ cm}^2/m$$



7 Vista 3D 19_2
1: 1

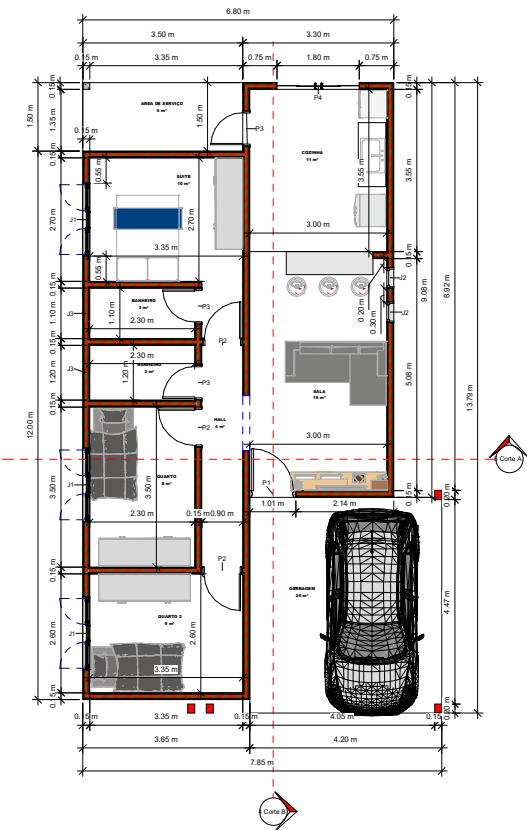


5 Corte A
1: 50

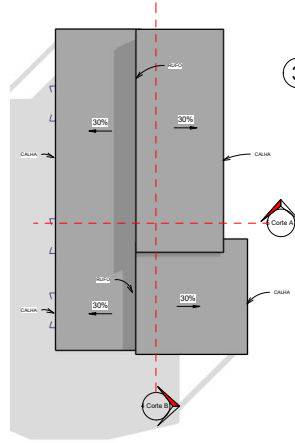


3 3D HUMANIZADA

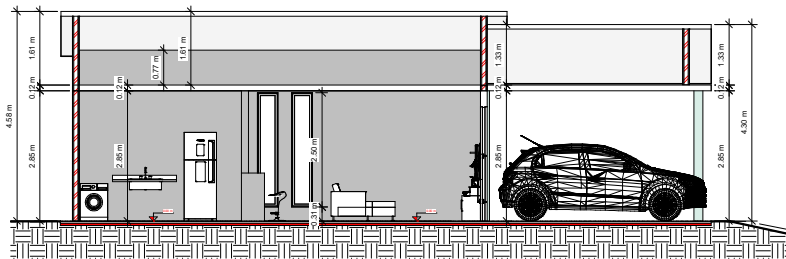
QUADRO DE ÁREAS		
Número	Nome	Área
1	SUITE	10 m ²
2	BANHEIRO	3 m ²
3	BANHEIRO	3 m ²
4	QUARTO	8 m ²
5	QUARTO 2	8 m ²
6	HALL	4 m ²
7	COZINHA	11 m ²
8	SALA	15 m ²
9	ÁREA DE SERVIÇO	5 m ²
10	GARRAGE M	20 m ²



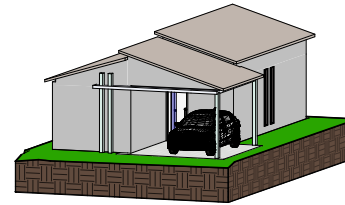
1 PLANTA BAIXA 1/100
1: 50



2 PLANTA DE COBERTURA
1: 100



4 Corte B
1: 50



6 3D ARQUITETURA

Quantitativo De Portas			
tipo	Altura	Largura	Quantidade
P1	2,50 m	0,91 m	1
P2	2,10 m	0,80 m	3
P3	2,10 m	0,70 m	3
P4	2,10 m	1,80 m	1

Quantitativo De Janelas			
tipo	Altura	Largura	Quantidade
J1	1,20 m	1,60 m	3
J2			2
J3			2

APOVAÇÃO:

PROJETO

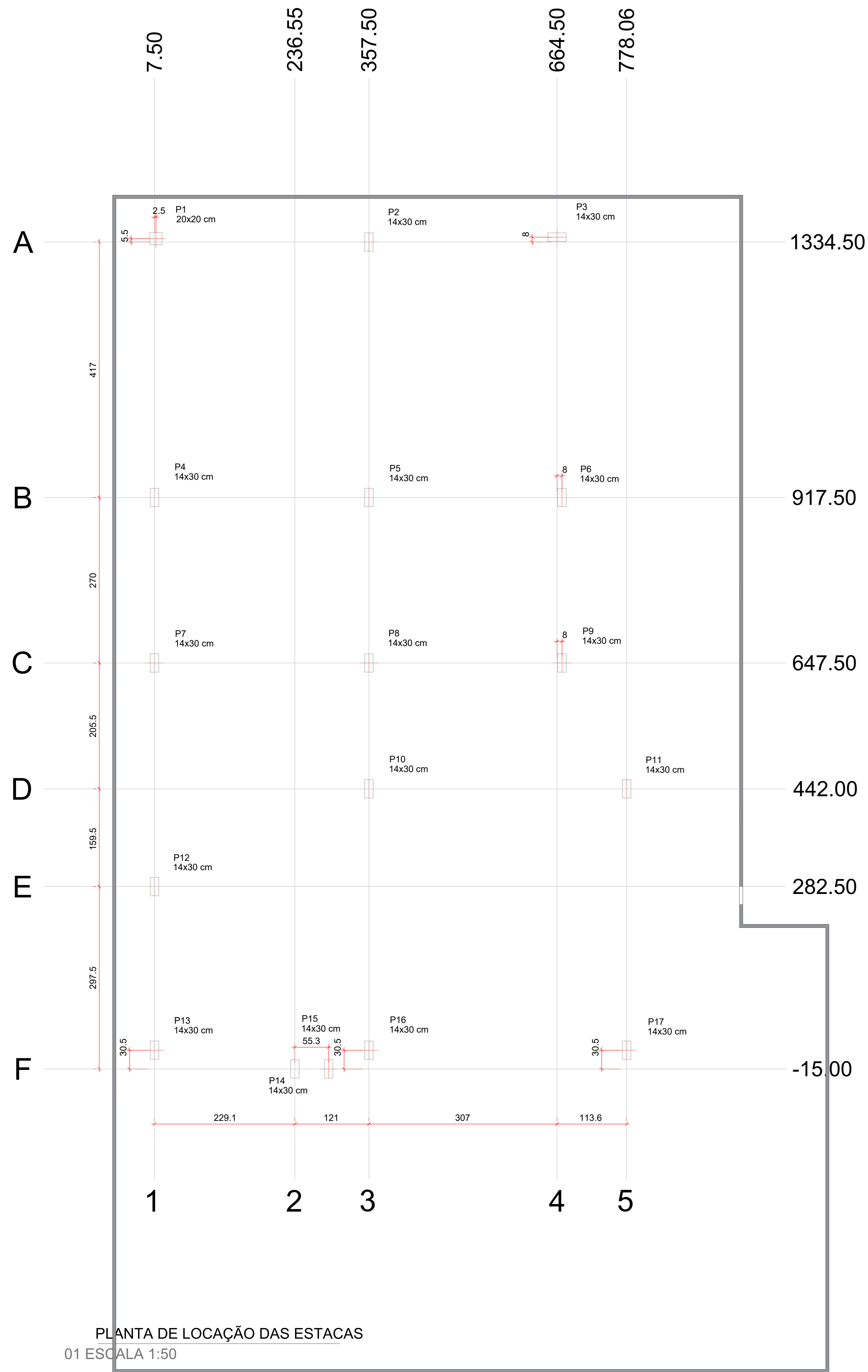
ENDEREÇO: _____

RESPONSÁVEL: _____

PROPOSTA: _____

CONTÉUDO: _____

PRANCHA:	
1/1	

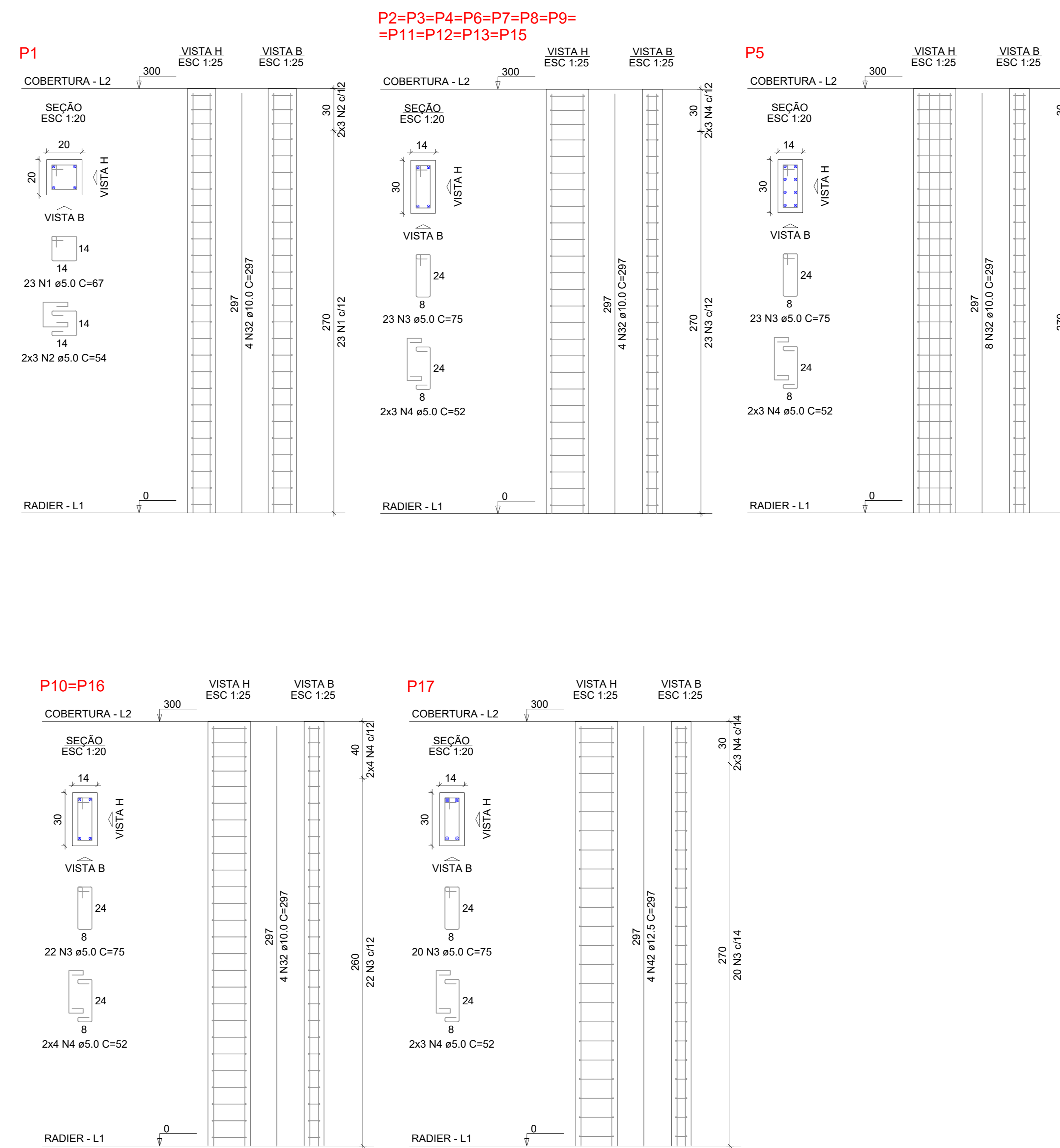


PLANTA DE LOCAÇÃO DAS ESTACAS
01 ESCALA 1:50

Nome	Seção (cm)	X (cm)	Y (cm)	Carga Máx. (tf)	Carga Min. (tf)	Pilar		My Máximo (kgf.m)		Fx Máximo (tf)		Fy Máximo (tf)	
						Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo
P1	20x20	10.00	1340.00	4.6	4.4	0	0	0	0	0.2	0.0	0.1	0.0
P2	14x30	357.50	1334.50	7.3	6.9	0	0	0	0	1.3	0.0	1.7	0.0
P3	14x30	664.50	1342.50	3.8	3.5	0	0	0	0	0.8	0.0	1.5	0.0
P4	14x30	7.50	917.50	7.8	6.5	0	0	0	0	0.0	-2.8	2.9	0.0
P5	14x30	357.50	917.50	10.9	9.0	0	0	0	0	3.9	0.0	0.0	-1.5
P6	14x30	672.50	917.50	5.1	4.7	0	0	0	0	0.1	0.0	0.0	-2.2
P7	14x30	7.50	647.50	6.5	5.1	0	0	0	0	0.0	-0.3	0.0	-0.6
P8	14x30	357.50	647.50	5.1	3.7	0	0	0	0	0.2	0.0	0.0	-1.5
P9	14x30	672.50	647.50	4.1	3.8	0	0	0	0	0.1	0.0	1.1	0.0
P10	14x30	357.50	442.00	10.3	9.5	0	0	0	0	0.0	-2.8	2.9	0.0
P11	14x30	778.06	442.00	5.3	5.0	0	0	0	0	3.0	0.0	0.8	0.0
P12	14x30	7.50	282.50	6.0	5.6	0	0	0	0	0.0	-0.1	0.1	0.0
P13	14x30	7.50	15.50	2.9	2.8	0	0	0	0	0.0	-1.3	0.0	-0.3
P14	14x30	236.55	-15.00	0.0	-0.1	0	0	0	0	0.1	0.0	0.0	0.0
P15	14x30	291.80	-15.00	0.0	0.0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.1	0.0
P16	14x30	357.50	-15.50	8.4	7.9	0	0	0	0	0.0	-0.3	0.0	-1.6
P17	14x30	778.06	-15.50	5.1	4.8	0	0	0	0	1.6	0.0	0.0	-1.1

Os esforços indicados nesta tabela são os valores máximos obtidos pela envoltória de todas as combinações definidas para as fundações. Para análises complementares, deve-se consultar o relatório de esforços na fundação, que apresenta os valores calculados para cada combinação.

Localção no eixo X			Localção no eixo Y		
Coordenadas (cm)	Nome		Coordenadas (cm)	Nome	
7.50	P4, P7, P12, P13		1342.50	P3	
10.00	P1		1340.00	P1	
236.55	P14		1334.50	P2	
291.80	P15		1334.50	P4, P5, P6	
357.50	P2, P5, P8, P10, P16		917.50	P7, E1, P8, P9	
664.50	P3		442.00	P10, P11	
672.50	P6, P9		282.50	P12	
778.06	P11, P17		15.50	P13, P16, P17	
			-15.00	P14, P15	



RESUMO DOS PILARES
02 ESCALA 1:50

TÍTULO: **ESTRUTURAL**

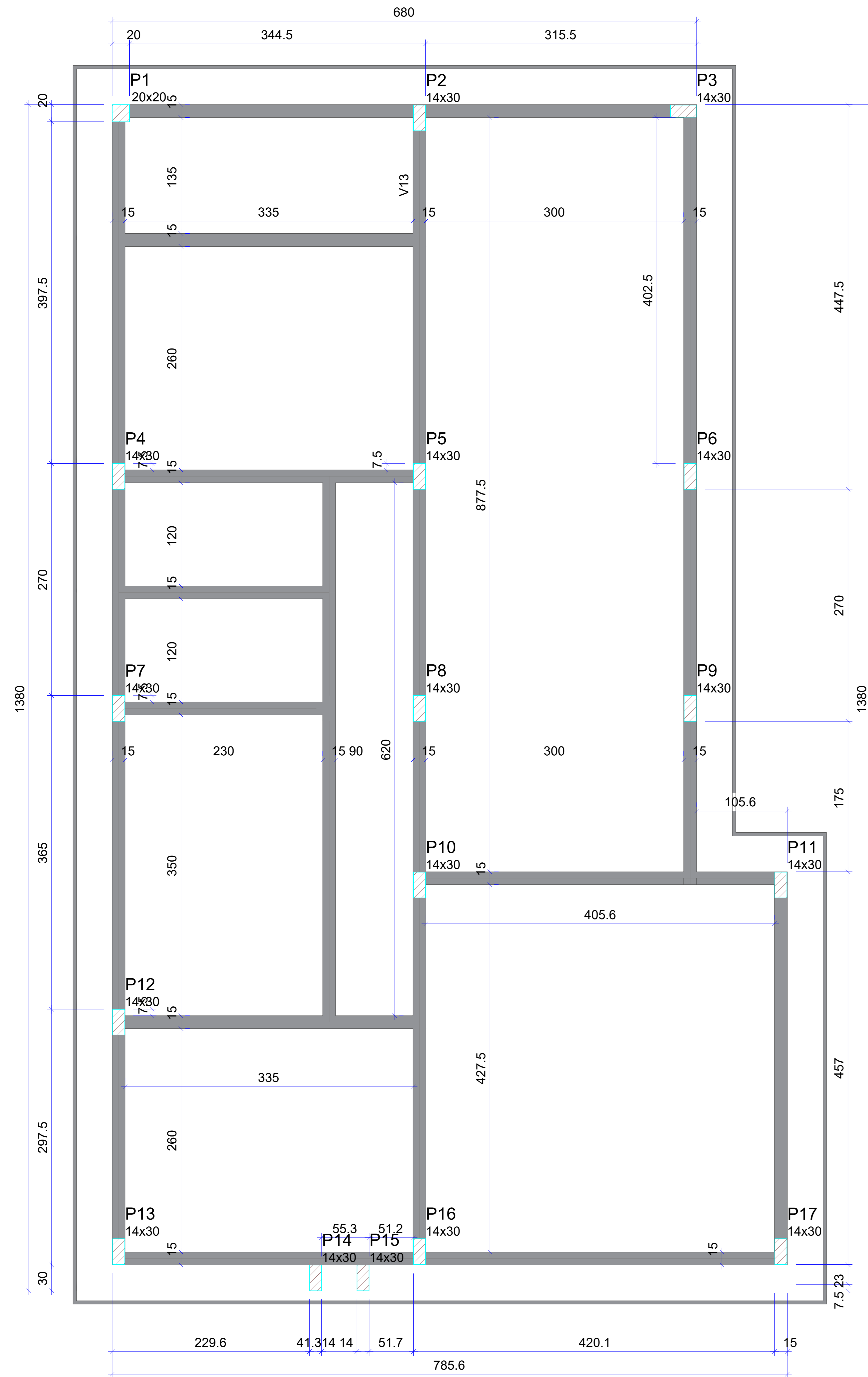
Conteúdo: **PLANTA DE LOCAÇÃO DAS ESTACAS, RESUMO DOS PILARES**

ENDEREÇO: Bairro Jundiá, Anápolis - GO

PROPRIETÁRIO (A):	
AUTOR(A) DO PROJETO:	
RESP. TÉCNICO (A):	
CREA N°:	

Área do terreno:	Áreas	%	ESCALA:	FRANCHA:
Área construída:			INDICADA	
Área permeável:				
DESENHO:	ALEXANDER SANTOS DE MOURA		DATA:	
	MARCOS VINÍCIUS FRAZZIO		DEZ/2019	

1/4



Características dos materiais	
fck	
(kgf/cm ²)	
300	

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

Pilares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P1	20x20	0	0
P2	14x30	0	0
P3	14x30	0	0
P4	14x30	0	0
P5	14x30	0	0
P6	14x30	0	0
P7	14x30	0	0
P8	14x30	0	0
P9	14x30	0	0
P10	14x30	0	0
P11	14x30	0	0
P12	14x30	0	0
P13	14x30	0	0
P14	14x30	0	0
P15	14x30	0	0
P16	14x30	0	0
P17	14x30	0	0

Legenda dos pilares	
	Pilar que passa

Legenda das paredes	
	Parede

APROVAÇÃO:

TÍTULO: **ESTRUTURAL**

Conteúdo: **FORMAS BALDRAME**

ENDEREÇO: Bairro Jundiá, Anápolis - GO

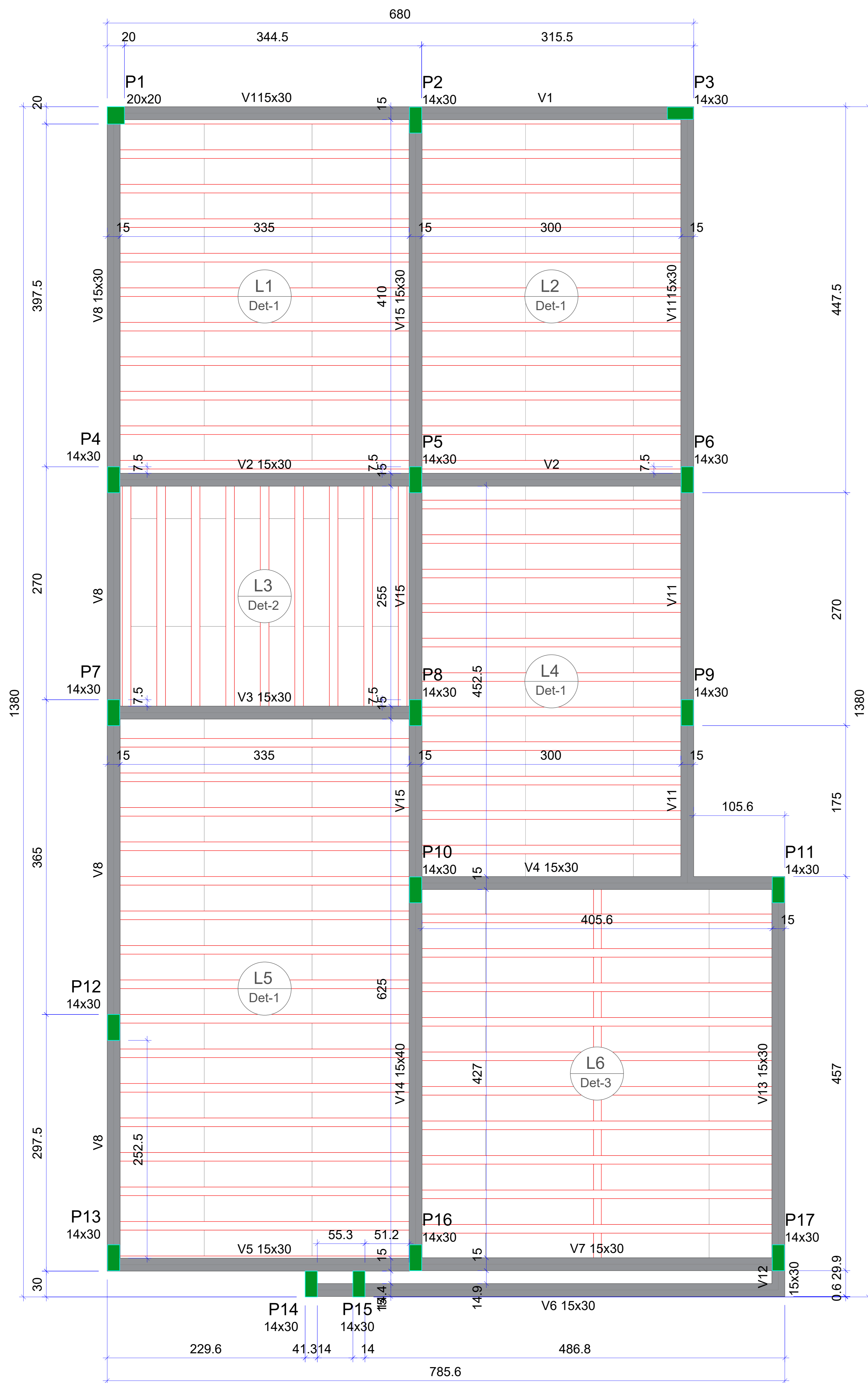
PROPRIETÁRIO (A):	_____
AUTOR(A) DO PROJETO:	_____
RESP. TÉCNICO (A):	_____
CREA N°	_____

Área do terreno:	Áreas	%	ESCALA:	FRANCHA:
Área construída:			INDICADA	
Área permeável:				

DESENHO: Alexander Santos de Moura
Marcos Vinícius Frazão

DATA: DEZ/2019

2/4



Blocos de enchimento						
Detalhe	Tipo	Nome	Dimensões(cm)		Quantidade	
			hb	bx	by	
1/2	EPS Unidirecional	B8/30/125	8	30	125	168
3	EPS Unidirecional	B12/30/125	12	30	125	44

Vigas			
Nome	Seção	Elevação	Nível
	(cm)	(cm)	(cm)
V1	15x30	0	300
V2	15x30	0	300
V3	15x30	0	300
V4	15x30	0	300
V5	15x30	0	300
V6	15x30	0	300
V7	15x30	0	300
V8	15x30	0	300
V11	15x30	0	300
V12	15x30	0	300
V13	15x30	0	300
V14	15x40	0	300
V15	15x30	0	300

Lajes									
Nome	Tipo	Dados			Sobrecarga (kgf/m²)				
		Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Peso próprio (kgf/m²)	Adicional	Acidental	Localizada	Água
L1	Treliçada 1D	12	0	300	151	232	50	-	0
L2	Treliçada 1D	12	0	300	151	232	50	-	0
L3	Treliçada 1D	12	0	300	151	182	200	-	300
L4	Treliçada 1D	12	0	300	151	232	50	-	0
L5	Treliçada 1D	12	0	300	151	232	50	-	0
L6	Treliçada 1D	16	0	300	182	232	50	-	0

Características dos materiais
 fck (kgf/cm²)
 300
 Dimensão máxima do agregado = 19 mm

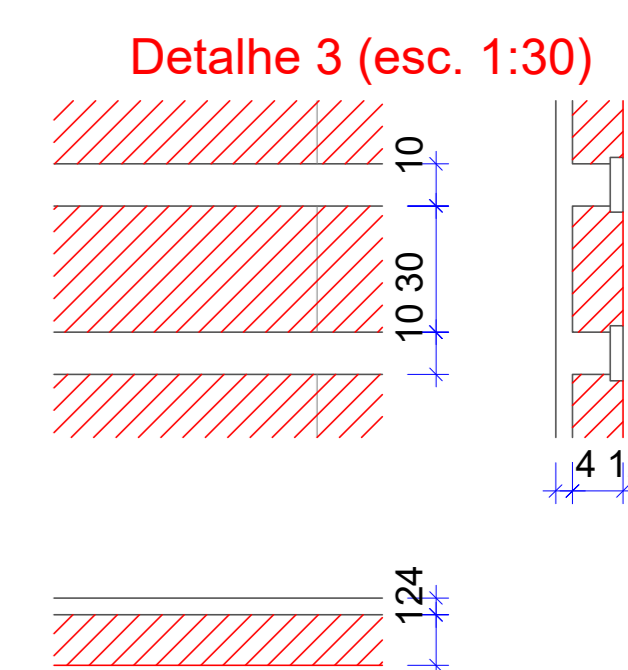
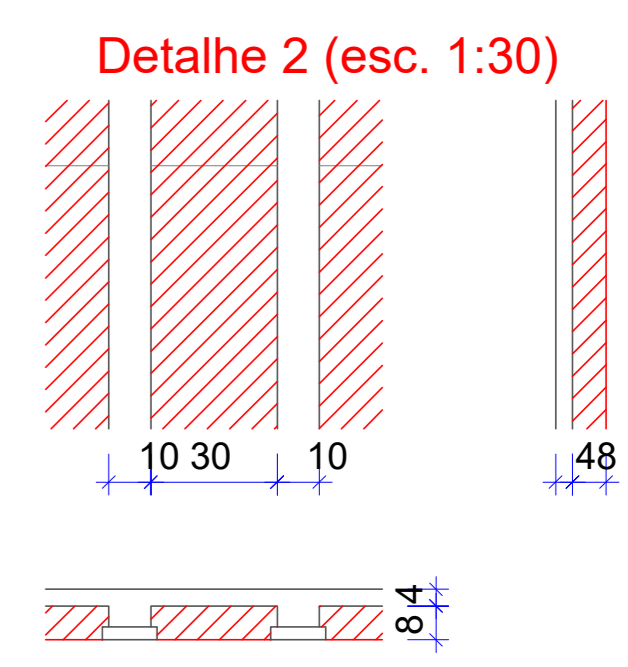
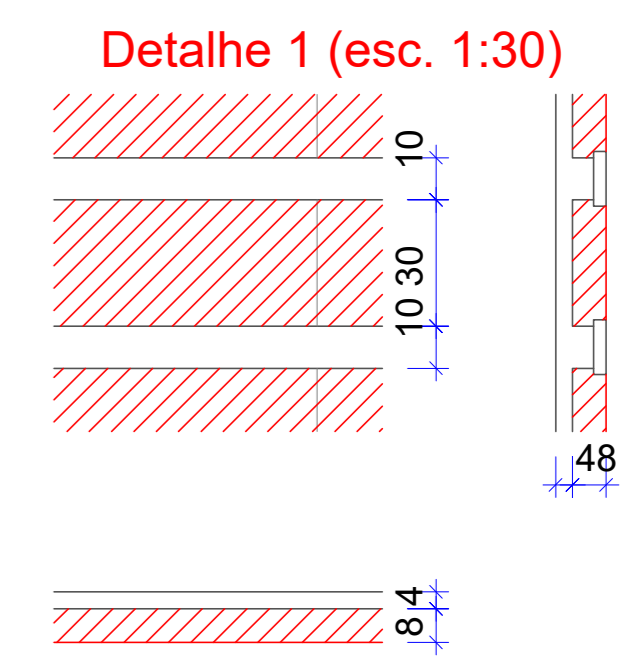
Pilares			
Nome	Seção	Elevação	Nível
	(cm)	(cm)	(cm)
P1	20x20	0	300
P2	14x30	0	300
P3	14x30	0	300
P4	14x30	0	300
P5	14x30	0	300
P6	14x30	0	300
P7	14x30	0	300
P8	14x30	0	300
P9	14x30	0	300
P10	14x30	0	300
P11	14x30	0	300
P12	14x30	0	300
P13	14x30	0	300
P14	14x30	0	300
P15	14x30	0	300
P16	14x30	0	300
P17	14x30	0	300

Legenda dos pilares

Pilar que morre

Legenda das vigas e paredes

Viga



APROVAÇÃO:

TÍTULO: **ESTRUTURAL**

Conteúdo: **FORMAS PAVIMENTO COBERTURA**

ENDEREÇO: Bairro Jundiá, Anápolis - GO

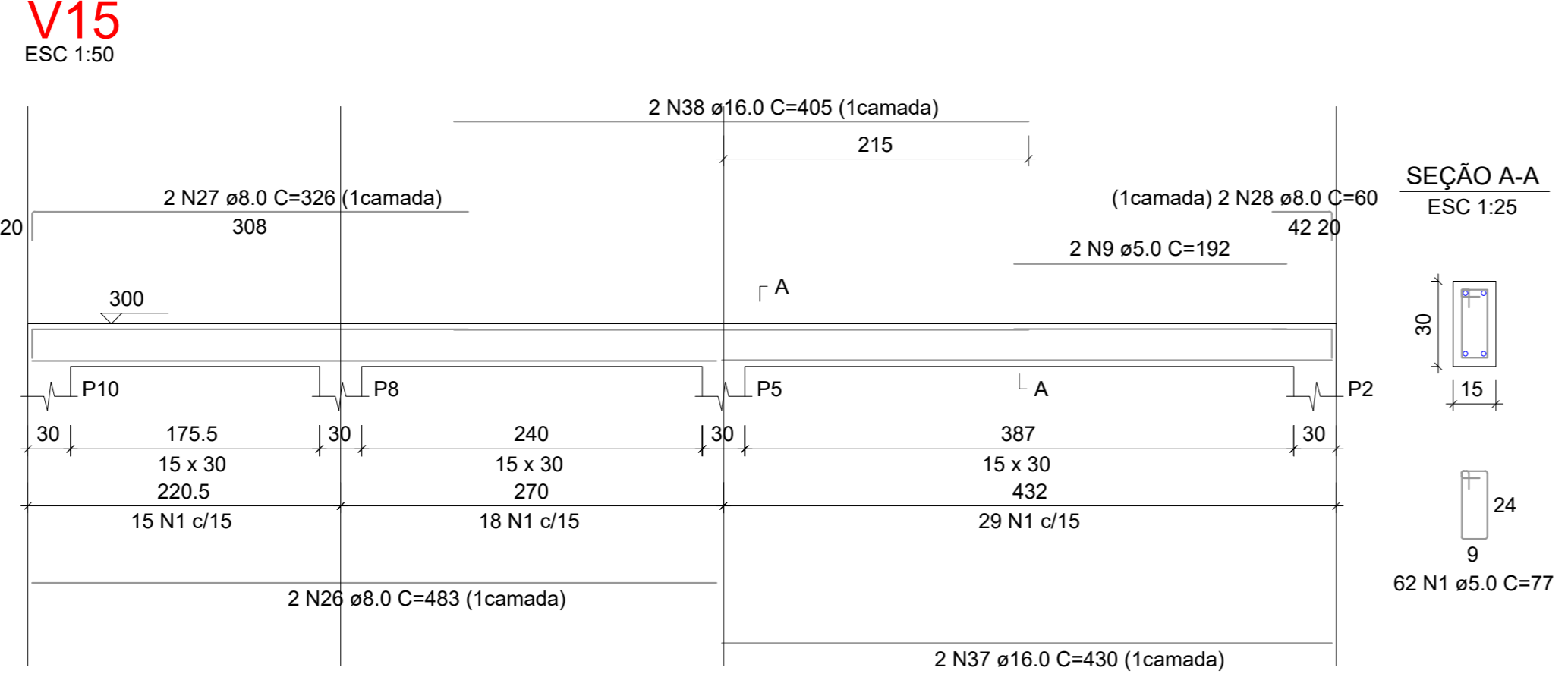
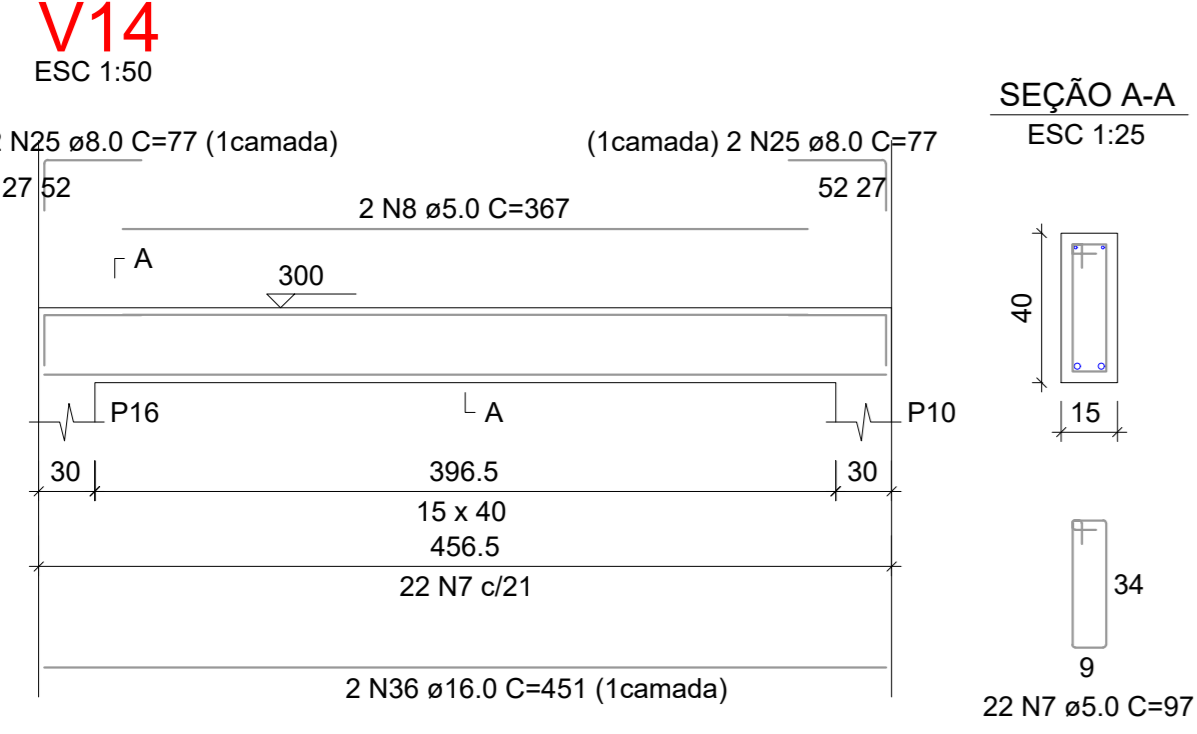
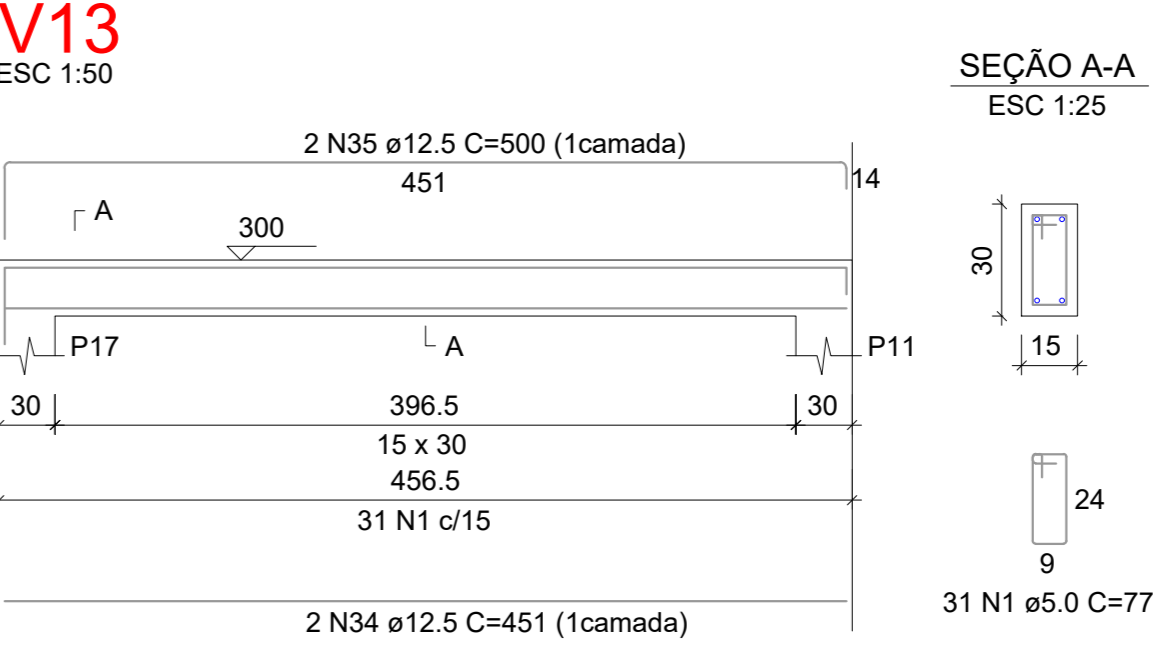
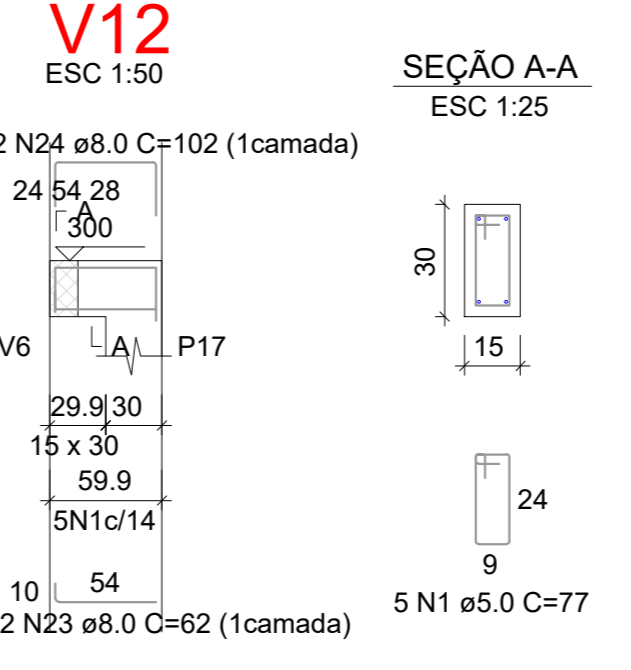
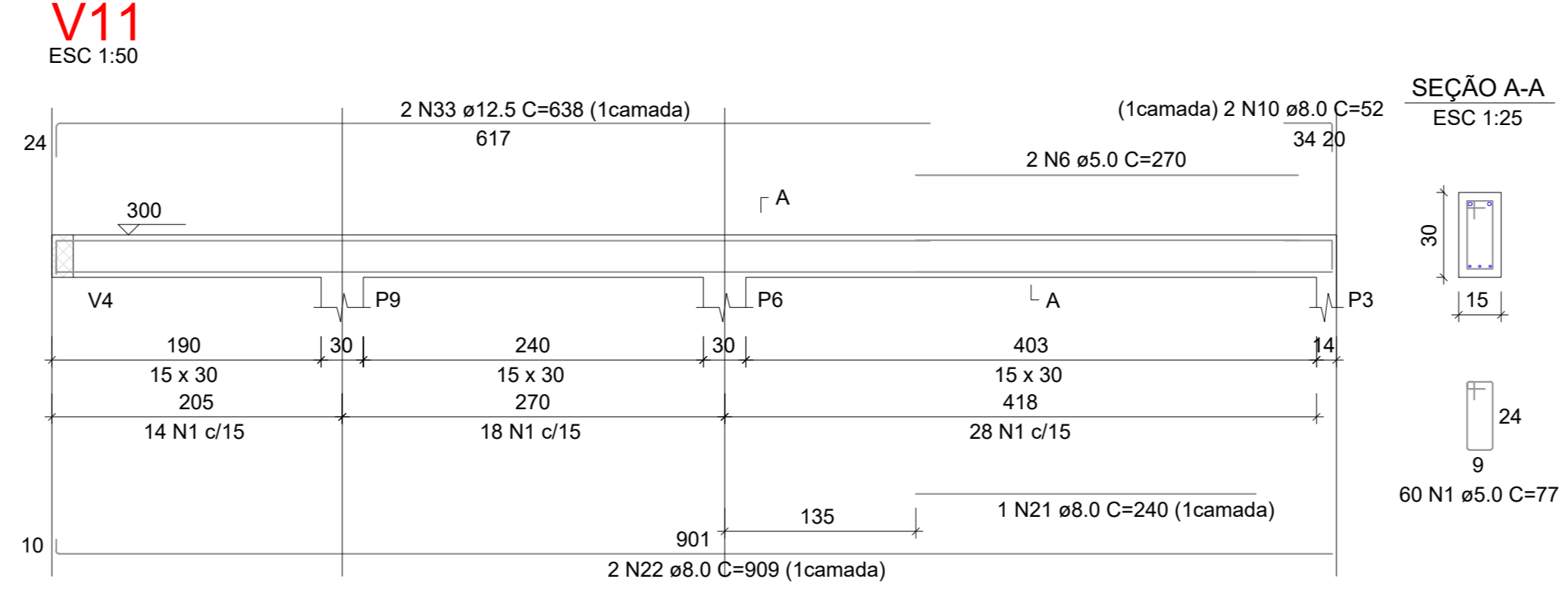
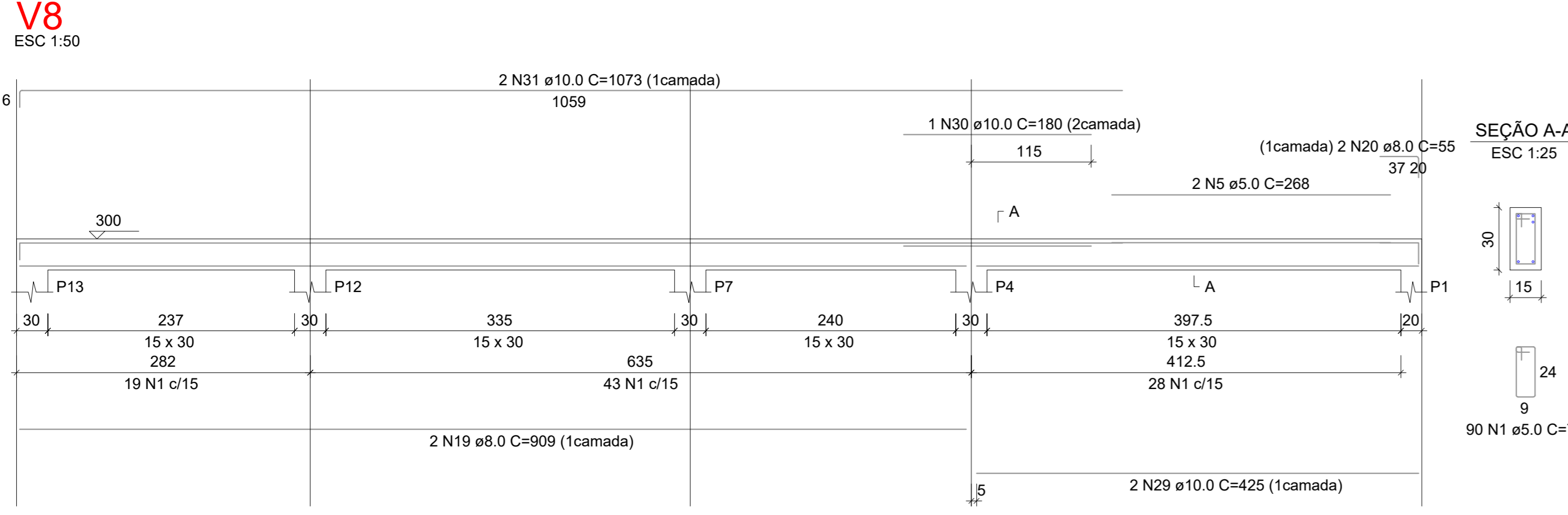
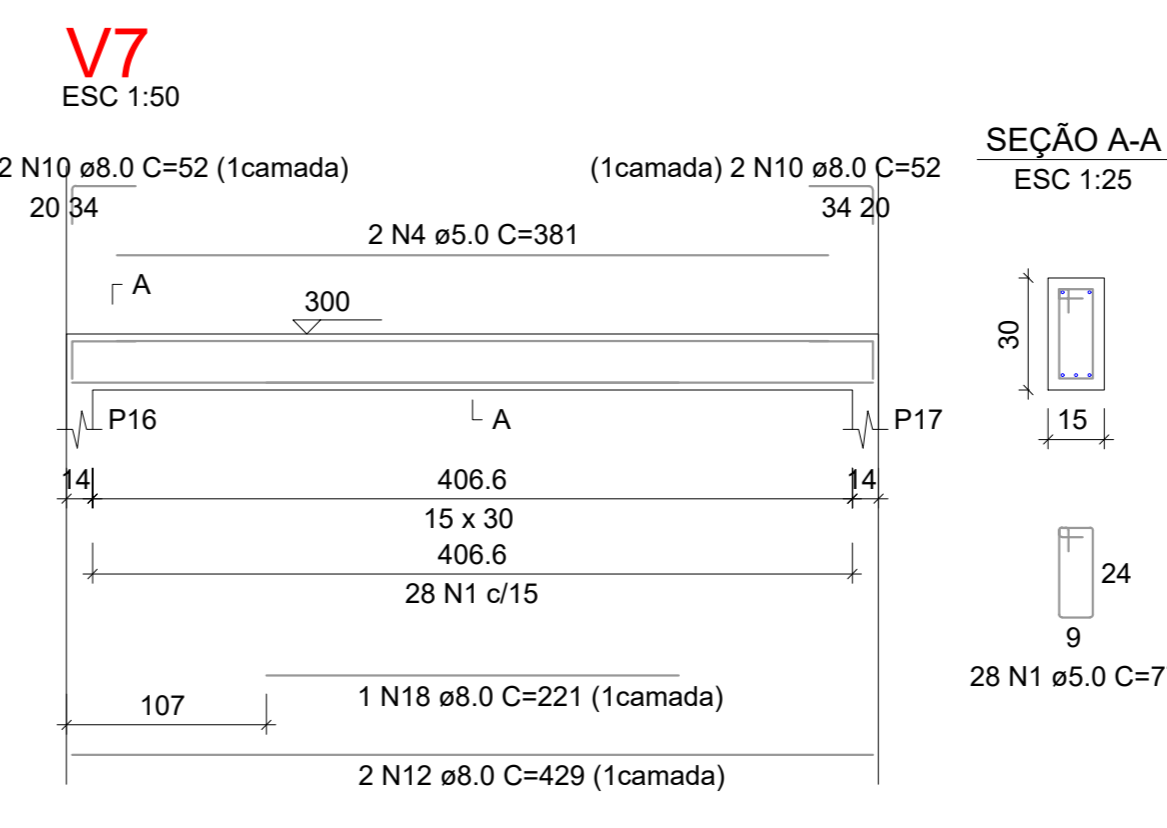
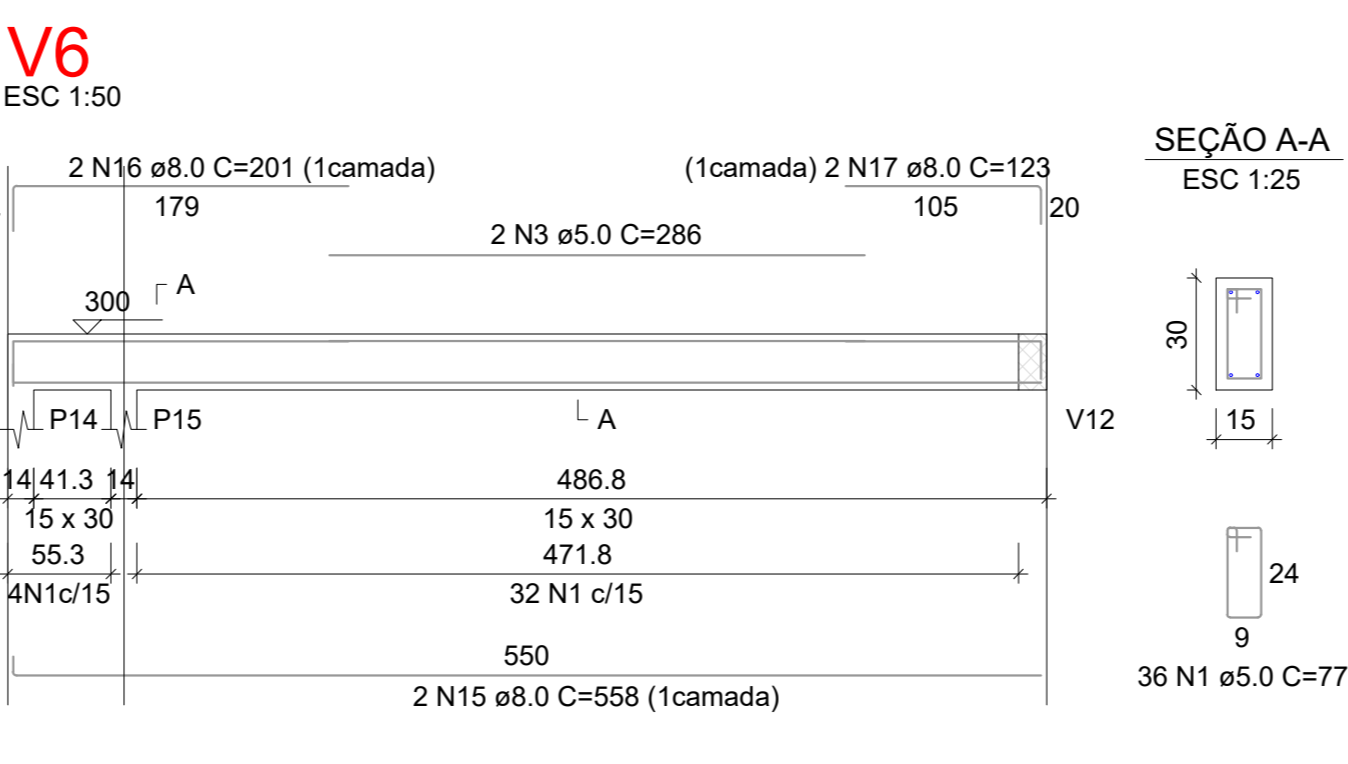
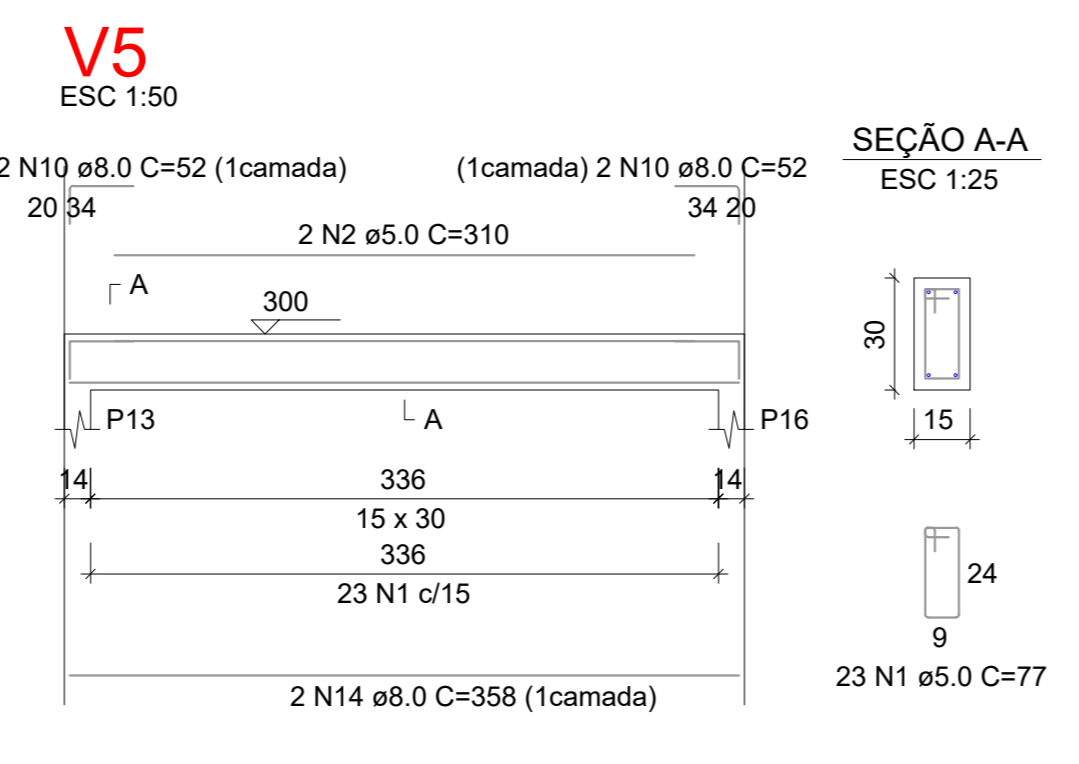
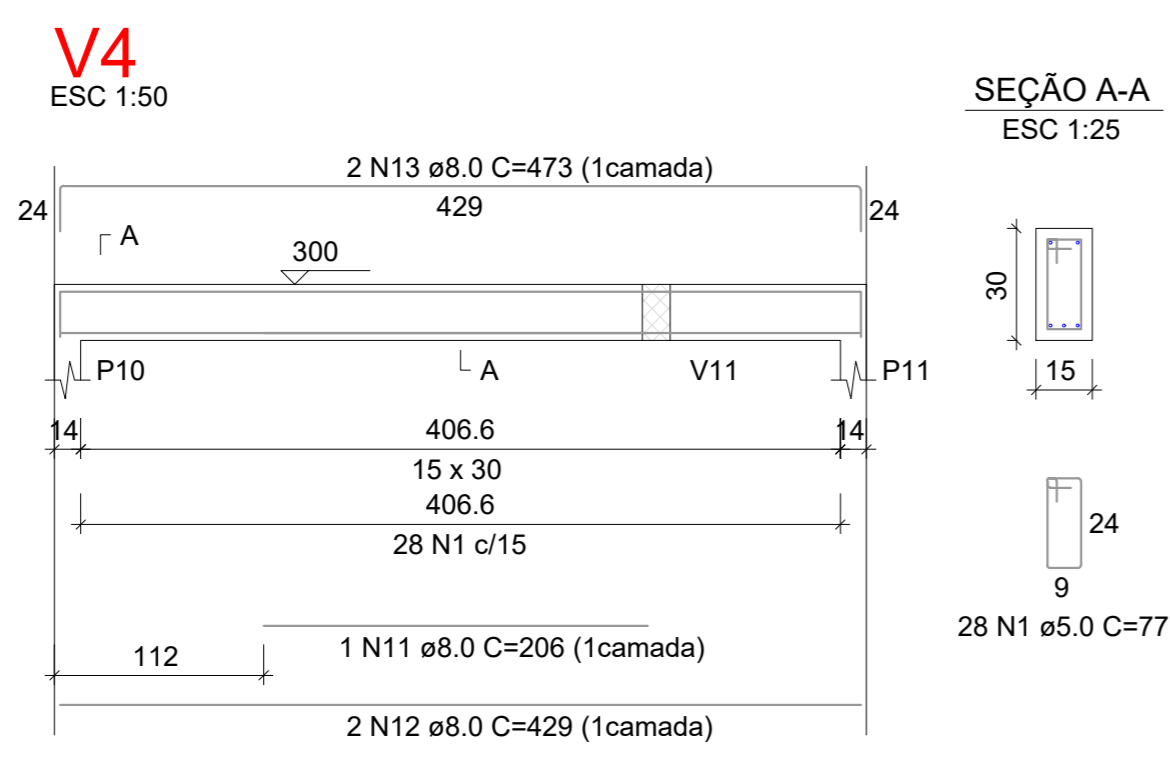
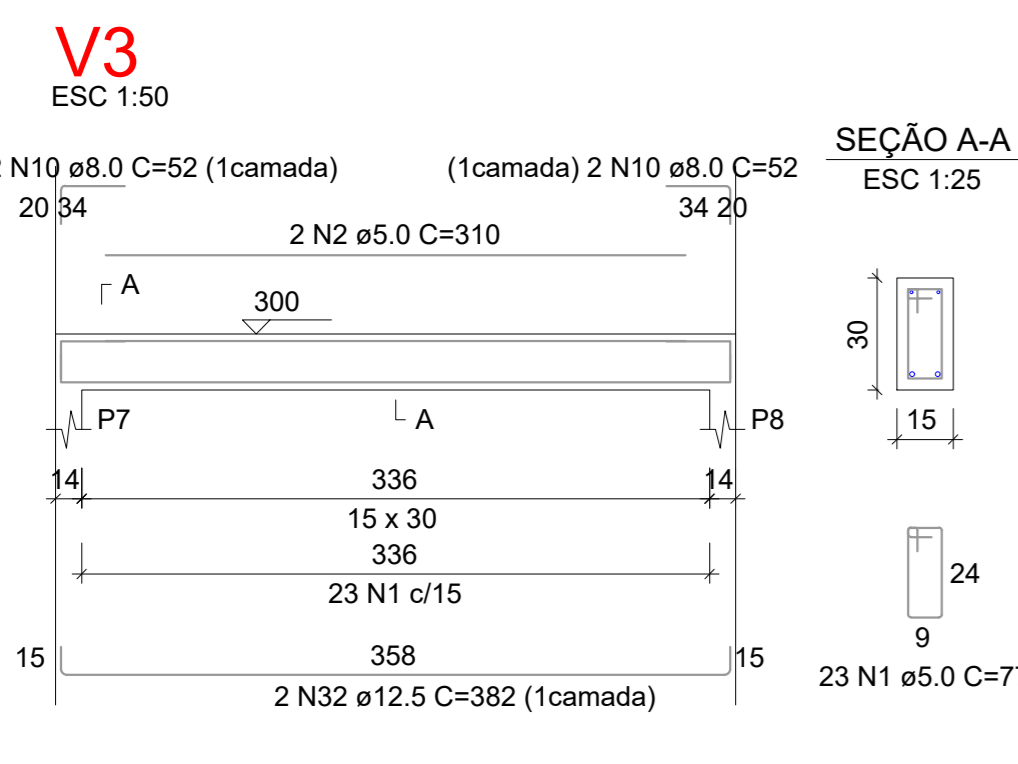
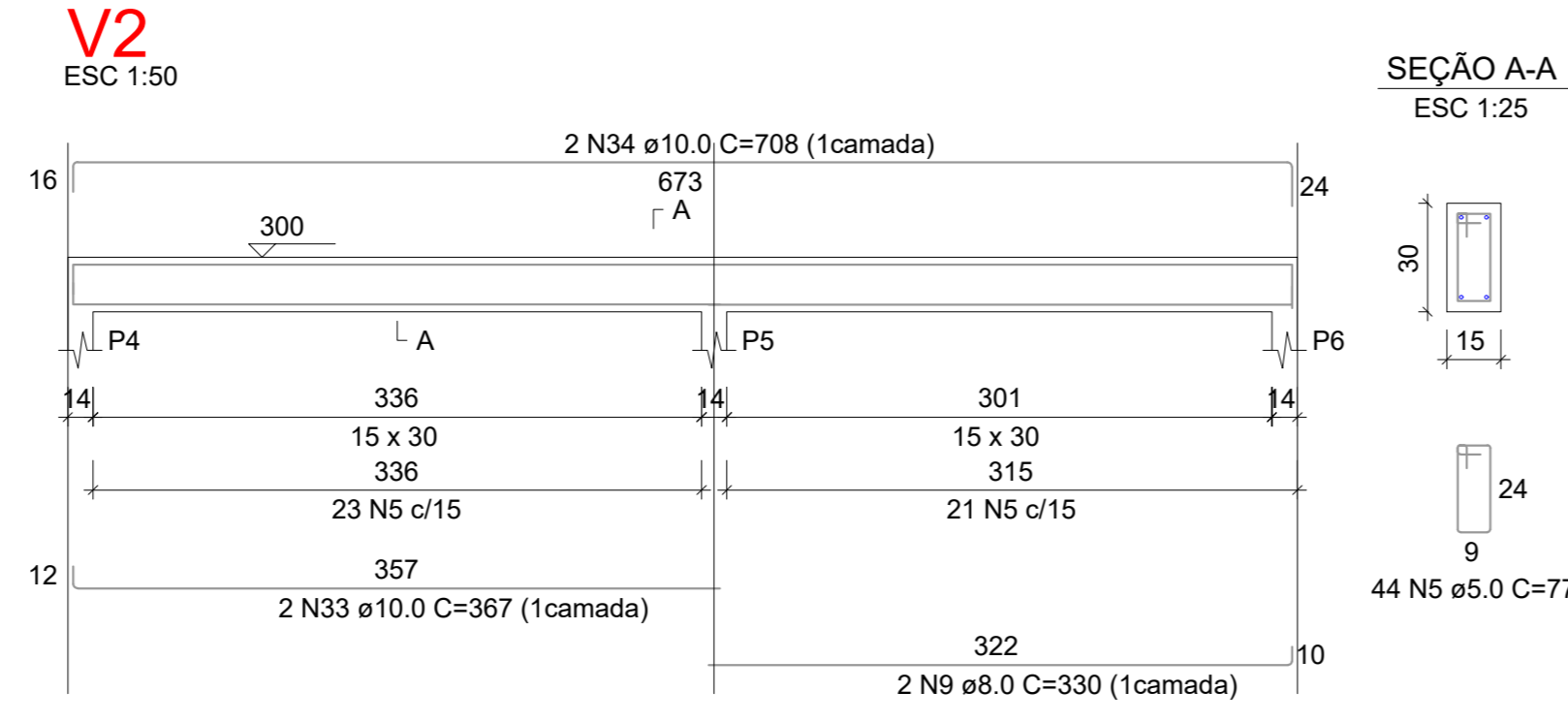
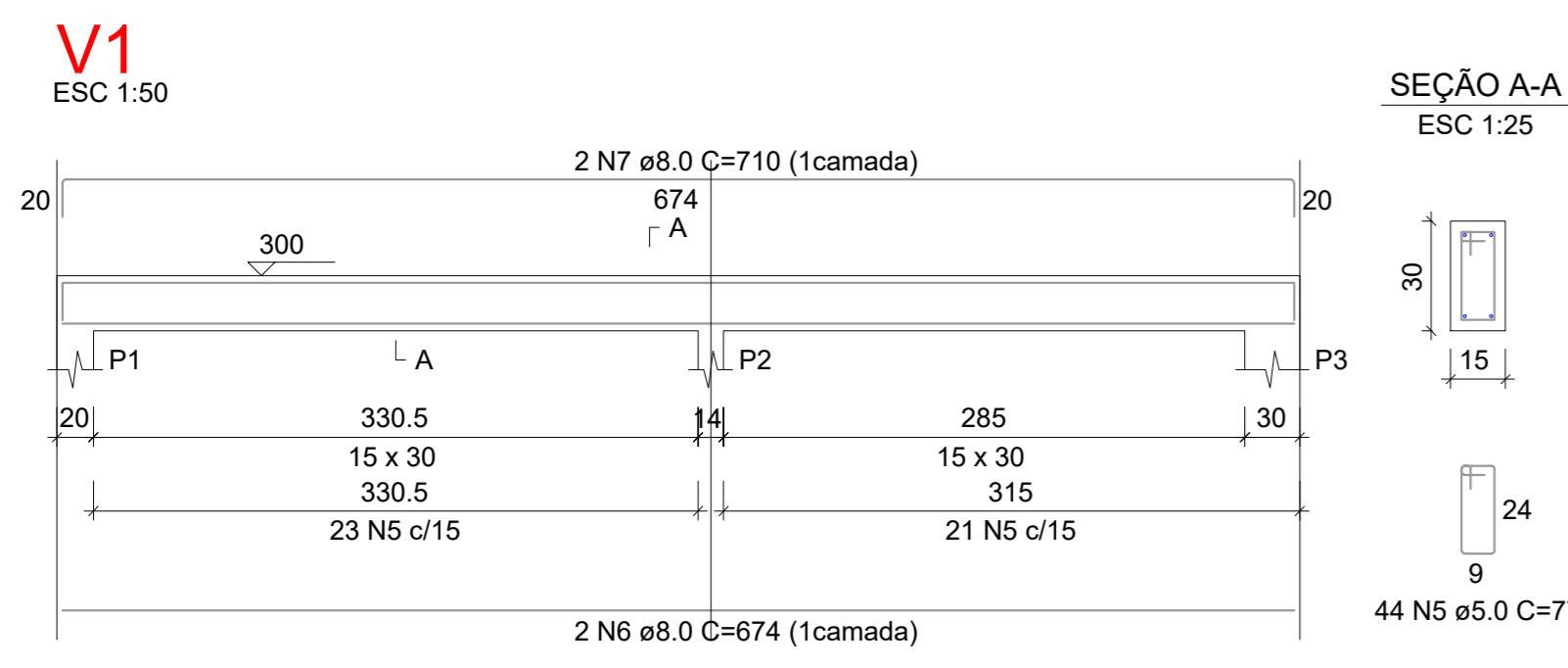
PROPRIETÁRIO (A):	
AUTOR(A) DO PROJETO:	
RESP. TÉCNICO (A):	
CREA N°:	

Área do terreno:	Áreas	%	ESCALA:	PRANCHA:
Área construída:			INDICADA	
Área permeável:				

DESENHO: Alexander Santos de Moura, Marcos Vinícius Frazão

DATA: DEZ/2019

3/4



RELAÇÃO DO AÇO

ÁÇO N	DIAM (mm)	QUANT	C. UNIT (cm)	TOTAL (cm)
CA50	2	5.0	388	77
	3	5.0	298	596
	4	5.0	381	762
	5	5.0	268	536
	6	5.0	270	540
	7	5.0	367	734
	8	5.0	102	204
	9	5.0	22	44
	10	8.0	14	52
	11	8.0	1	8
	12	8.0	4	32
	13	8.0	4	32
	14	8.0	3	24
	15	8.0	3	24
	16	8.0	2	16
	17	8.0	1	8
	18	8.0	1	8
	19	8.0	1	8
	20	8.0	1	8
	21	8.0	1	8
	22	8.0	1	8
	23	8.0	1	8
	24	8.0	1	8
	25	8.0	1	8
	26	8.0	1	8
	27	8.0	1	8
	28	8.0	1	8
	29	10.0	1	40
	30	10.0	1	40
	31	10.0	1	40
	32	12.5	1	50
	33	12.5	1	50
	34	12.5	1	50
	35	12.5	1	50
	36	15.0	1	75
	37	15.0	1	75
	38	15.0	1	75
	39	15.0	1	75
	40	15.0	1	75

RESUMO DO AÇO

ÁÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 10% (kg)
CA50	8.0	126.6	54.9
	10.0	31.8	21.5
	12.5	39.4	41.8
	15.0	25.7	44.7
CA60	5.0	366.2	62.1
PESO TOTAL (kg)			
CA50		162.9	
CA60		62.1	

Volume de concreto (C-25) = 7.66 m³
 Área de forma = 48.20 m²

DETALHAMENTO VIGAS
 01 ESCALA 1:50

APROVAÇÃO:

TÍTULO: **ESTRUTURAL**

Conteúdo: **DETALHAMENTO VIGAS**

ENDEREÇO: Barro Jundiá, Anápolis - GO

PROPRIETÁRIO (A):	
AUTOR(A) DO PROJETO:	
RESP. TÉCNICO (A):	
CREA N°:	

Área do terreno:	Áreas	%	ESCALA:	FRANCHA:
Área construída:			INDICADA	
Área permeável:				

DESENHO: Alexander Santos de Moura
 Marcos Vinícius Frazão

DATA: DEZ/2019

4/4

ANEXO A - TABELA VALORES KMD E KZ

Quadro KMD para cálculo de armadura longitudinal de seções retangulares

KMD	Concreto C50				Concreto C55				Concreto C60				Concreto C65				Concreto C70				Concreto C75				Concreto C80			
	KX	KZ	ϵ_c	ϵ_s	KX	KZ	ϵ_c	ϵ_s	KX	KZ	ϵ_c	ϵ_s	KX	KZ	ϵ_c	ϵ_s	KX	KZ	ϵ_c	ϵ_s	KX	KZ	ϵ_c	ϵ_s	KX	KZ	ϵ_c	ϵ_s
0,0100	0,0148	0,9941	0,1502	10,0000	0,0154	0,9939	0,1566	10,0000	0,0161	0,9938	0,1634	10,0000	0,0168	0,9936	0,1707	10,0000	0,0175	0,9934	0,1786	10,0000	0,0184	0,9932	0,1870	10,0000	0,0192	0,9930	0,1960	10,0000
0,0150	0,0223	0,9911	0,2276	10,0000	0,0232	0,9909	0,2375	10,0000	0,0242	0,9906	0,2480	10,0000	0,0253	0,9904	0,2592	10,0000	0,0264	0,9901	0,2712	10,0000	0,0276	0,9898	0,2841	10,0000	0,0289	0,9895	0,2980	10,0000
0,0200	0,0298	0,9881	0,3068	10,0000	0,0310	0,9878	0,3202	10,0000	0,0324	0,9875	0,3345	10,0000	0,0338	0,9871	0,3498	10,0000	0,0353	0,9868	0,3662	10,0000	0,0370	0,9864	0,3838	10,0000	0,0387	0,9860	0,4029	10,0000
0,0250	0,0373	0,9851	0,3877	10,0000	0,0389	0,9847	0,4048	10,0000	0,0406	0,9843	0,4230	10,0000	0,0424	0,9838	0,4426	10,0000	0,0443	0,9834	0,4636	10,0000	0,0464	0,9829	0,4863	10,0000	0,0486	0,9824	0,5106	10,0000
0,0300	0,0449	0,9820	0,4704	10,0000	0,0468	0,9816	0,4913	10,0000	0,0489	0,9811	0,5137	10,0000	0,0510	0,9805	0,5378	10,0000	0,0534	0,9800	0,5636	10,0000	0,0558	0,9794	0,5915	10,0000	0,0585	0,9788	0,6215	10,0000
0,0350	0,0526	0,9790	0,5549	10,0000	0,0548	0,9784	0,5799	10,0000	0,0572	0,9778	0,6066	10,0000	0,0597	0,9772	0,6354	10,0000	0,0625	0,9766	0,6663	10,0000	0,0654	0,9759	0,6996	10,0000	0,0685	0,9752	0,7356	10,0000
0,0400	0,0603	0,9759	0,6414	10,0000	0,0628	0,9753	0,6706	10,0000	0,0656	0,9746	0,7019	10,0000	0,0685	0,9739	0,7355	10,0000	0,0716	0,9731	0,7717	10,0000	0,0750	0,9723	0,8108	10,0000	0,0786	0,9715	0,8531	10,0000
0,0450	0,0680	0,9728	0,7299	10,0000	0,0709	0,9721	0,7635	10,0000	0,0740	0,9713	0,7995	10,0000	0,0773	0,9705	0,8382	10,0000	0,0809	0,9697	0,8800	10,0000	0,0847	0,9688	0,9252	10,0000	0,0888	0,9678	0,9741	10,0000
0,0500	0,0758	0,9697	0,8205	10,0000	0,0791	0,9689	0,8586	10,0000	0,0825	0,9680	0,8996	10,0000	0,0862	0,9671	0,9437	10,0000	0,0902	0,9662	0,9914	10,0000	0,0944	0,9652	1,0429	10,0000	0,0990	0,9641	1,0989	10,0000
0,0550	0,0837	0,9665	0,9133	10,0000	0,0873	0,9656	0,9562	10,0000	0,0911	0,9647	1,0023	10,0000	0,0952	0,9637	1,0521	10,0000	0,0996	0,9627	1,1059	10,0000	0,1043	0,9615	1,1642	10,0000	0,1093	0,9604	1,2275	10,0000
0,0600	0,0916	0,9634	1,0083	10,0000	0,0955	0,9624	1,0562	10,0000	0,0997	0,9614	1,1078	10,0000	0,1042	0,9603	1,1635	10,0000	0,1090	0,9591	1,2238	10,0000	0,1142	0,9579	1,2892	10,0000	0,1197	0,9566	1,3603	10,0000
0,0650	0,0996	0,9602	1,1056	10,0000	0,1038	0,9591	1,1587	10,0000	0,1084	0,9580	1,2160	10,0000	0,1133	0,9568	1,2780	10,0000	0,1186	0,9555	1,3451	10,0000	0,1242	0,9542	1,4180	10,0000	0,1302	0,9528	1,4974	10,0000
0,0700	0,1076	0,9570	1,2054	10,0000	0,1122	0,9558	1,2640	10,0000	0,1172	0,9546	1,3273	10,0000	0,1225	0,9533	1,3958	10,0000	0,1282	0,9519	1,4700	10,0000	0,1343	0,9505	1,5509	10,0000	0,1408	0,9490	1,6391	10,0000
0,0750	0,1156	0,9537	1,3077	10,0000	0,1206	0,9525	1,3720	10,0000	0,1260	0,9512	1,4416	10,0000	0,1317	0,9498	1,5170	10,0000	0,1378	0,9483	1,5988	10,0000	0,1444	0,9467	1,6880	10,0000	0,1515	0,9451	1,7855	10,0000
0,0800	0,1238	0,9505	1,4126	10,0000	0,1291	0,9491	1,4830	10,0000	0,1349	0,9477	1,5591	10,0000	0,1410	0,9462	1,6418	10,0000	0,1476	0,9446	1,7316	10,0000	0,1547	0,9430	1,8297	10,0000	0,1623	0,9412	1,9370	10,0000
0,0850	0,1320	0,9472	1,5203	10,0000	0,1377	0,9458	1,5970	10,0000	0,1438	0,9443	1,6801	10,0000	0,1504	0,9427	1,7703	10,0000	0,1574	0,9410	1,8686	10,0000	0,1650	0,9392	1,9761	10,0000	0,1731	0,9372	2,0939	10,0000
0,0900	0,1402	0,9439	1,6308	10,0000	0,1463	0,9424	1,7142	10,0000	0,1529	0,9408	1,8045	10,0000	0,1599	0,9391	1,9028	10,0000	0,1674	0,9372	2,0101	10,0000	0,1754	0,9353	2,1275	10,0000	0,1841	0,9333	2,2565	10,0000
0,0950	0,1485	0,9406	1,7444	10,0000	0,1550	0,9390	1,8347	10,0000	0,1620	0,9372	1,9327	10,0000	0,1694	0,9354	2,0395	10,0000	0,1774	0,9335	2,1562	10,0000	0,1859	0,9314	2,2842	10,0000	0,1952	0,9293	2,4250	10,0000
0,1000	0,1569	0,9372	1,8611	10,0000	0,1638	0,9355	1,9587	10,0000	0,1711	0,9337	2,0648	10,0000	0,1790	0,9317	2,1806	10,0000	0,1875	0,9297	2,3073	10,0000	0,1966	0,9275	2,4464	10,0000	0,2063	0,9252	2,5999	10,0000
0,1050	0,1653	0,9339	1,9810	10,0000	0,1726	0,9320	2,0863	10,0000	0,1804	0,9301	2,2009	10,0000	0,1887	0,9281	2,3262	10,0000	0,1977	0,9259	2,4635	10,0000	0,2073	0,9236	2,6146	10,0000	0,2176	0,9211	2,7815	10,0000
0,1100	0,1739	0,9305	2,1044	10,0000	0,1815	0,9285	2,2178	10,0000	0,1897	0,9265	2,3414	10,0000	0,1985	0,9243	2,4767	10,0000	0,2079	0,9220	2,6252	10,0000	0,2181	0,9196	2,7890	10,0000	0,2290	0,9170	2,9703	10,0000
0,1150	0,1824	0,9270	2,2314	10,0000	0,1905	0,9250	2,3532	10,0000	0,1991	0,9228	2,4864	10,0000	0,2084	0,9206	2,6323	10,0000	0,2183	0,9181	2,7928	10,0000	0,2290	0,9156	2,9701	10,0000	0,2405	0,9128	3,1668	10,0000
0,1200	0,1911	0,9236	2,3621	10,0000	0,1995	0,9214	2,4929	10,0000	0,2086	0,9192	2,6361	10,0000	0,2183	0,9168	2,7932	10,0000	0,2288	0,9142	2,9664	10,0000	0,2400	0,9115	3,1582	10,0000	0,2521	0,9086	3,3714	10,0000
0,1250	0,1998	0,9201	2,4967	10,0000	0,2087	0,9178	2,6370	10,0000	0,2182	0,9155	2,7908	10,0000	0,2284	0,9129	2,9599	10,0000	0,2393	0,9102	3,1466	10,0000	0,2511	0,9074	3,3537	10,0000	0,2639	0,9043	3,5847	10,0000
0,1300	0,2086	0,9166	2,6355	10,0000	0,2179	0,9142	2,7858	10,0000	0,2278	0,9117	2,9508	10,0000	0,2385	0,9091	3,1326	10,0000	0,2500	0,9062	3,3337	10,0000	0,2624	0,9032	3,5000	10,0000	0,2757	0,9000	3,5000	9,1930
0,1350	0,2174	0,9130	2,7786	10,0000	0,2272	0,9106	2,9395	10,0000	0,2376	0,9079	3,1164	10,0000	0,2488	0,9052	3,3116	10,0000	0,2608	0,9022	3,5000	9,9202	0,2738	0,8991	3,5000	9,2852	0,2877	0,8957	3,5000	8,6638
0,1400	0,2264	0,9094	2,9263	10,0000	0,2365	0,9069	3,0983	10,0000	0,2474	0,9041	3,2879	10,0000	0,2591	0,9012	3,4975	10,0000	0,2717	0,8981	3,5000	9,3824	0,2852	0,8948	3,5000	8,7706	0,2999	0,8913	3,5000	8,1718
0,1450	0,2354	0,9058	3,0787	10,0000	0,2460	0,9031	3,2627	10,0000	0,2574	0,9003	3,4656	10,0000	0,2696	0,8972	3,5000	9,4838	0,2827	0,8940	3,5000	8,8810	0,2968	0,8905	3,5000	8,2908	0,3121	0,8869	3,5000	7,7131
0,1500	0,2445	0,9022	3,2363	10,0000	0,2555	0,8994	3,4327	10,0000	0,2674	0,8964	3,5000	9,5893	0,2801	0,8932	3,5000	8,9948	0,2938	0,8898	3,5000	8,4125	0,3086	0,8862	3,5000	7,8424	0,3245	0,8824	3,5000	7,2844
0,1550	0,2537	0,8985	3,3991	10,0000	0,2652	0,8956	3,5000	9,6982	0,2775	0,8925	3,5000	9,1116	0,2908	0,8891	3,5000	8,5367	0,3050	0,8856	3,5000	7,9736	0,3204	0,8818	3,5000	7,4223	0,3371	0,8778	3,5000	6,8827
0,1600	0,2630	0,8948	3,5000	9,8104	0,2749	0,8918	3,5000	9,2311	0,2878	0,8885	3,5000	8,6632	0,3016	0,8850	3,5000	8,1067	0,3164	0,8813	3,5000	7,5616	0,3325	0,8774	3,5000	7,0278	0,3498	0,8732	3,5000	6,5054
0,1650	0,2723	0,8911	3,5000	9,3531	0,2847	0,8879	3,5000	8,7917	0,2981	0,8845	3,5000	8,2414	0,3124	0,8809	3,5000	7,7022	0,3279	0,8770	3,5000	7,1739	0,3446	0,8729	3,5000	6,6567	0,3627	0,8685	3,5000	6,1504
0,1700	0,2818	0,8873	3,5000	8,9222	0,2947	0,8840	3,5000	8,3777	0,3085	0,8804	3,5000	7,8440	0,3234	0,8767	3,5000	7,3209	0,3395	0,8727	3,5000	6,8085	0,3569	0,8684	3,5000	6,3067	0,3757	0,8638	3,5000	5,8156
0,1750	0,2913	0,8835	3,5000	8,5154	0,3047	0,8800	3,5000	7,9868	0,3191	0,8764	3,5000	7,4686	0,3346	0,8724	3,5000	6,9608	0,3513	0,8683	3,5000	6,4634	0,3693	0,8638	3,5000	5,9762	0,3889	0,8590	3,5000	5,4993
0,1800	0,3009	0,8796	3,5000	8,1306	0,3148	0,8760	3,5000	7,6171	0,3298	0,8722	3,5000	7,1136	0,3458	0,8681	3,5000	6,6202	0,3632	0,8638	3,5000	6,1368	0,3820	0,8592	3,5000	5,6634	0,4023	0,8542	3,5000	5,1999
0,1850	0,3107	0,8757	3,5000	7,7662	0,3251	0,8720	3,5000	7,2668	0,3406	0,8680	3,5000	6,7773	0,3572	0,8638	3,5000	6,2974	0,3752	0,8593	3,5000	5,8273	0,3947	0,8544	3,5000	5,3668	0,4159	0,8		